

# Biologische Überwachung der fluorexponierten Arbeitnehmer in der Schweiz: Entwicklung der inneren Fluorbelastung über die letzten 10 Jahre

Marcel Jost<sup>1</sup>, Gilbert Rudaz<sup>2</sup>, Bernard Liechti<sup>1</sup>

Die biologische Überwachung von Arbeitnehmern hat sich zur Beurteilung der Gesundheitsgefährdung durch chemische Arbeitsstoffe neben Raumlufmessungen und klinischen arbeitsmedizinischen Untersuchungen bewährt. Die Beurteilung der inneren Belastung respektive Beanspruchung von Arbeitnehmern durch chemische Arbeitsstoffe anhand der biologischen Überwachung kann im Gegensatz zur Raumlufmessung unterschiedliche inhalative, perkutane und gastrointestinale Aufnahmen eines Arbeitsstoffes sowie individuelle Verhaltensweisen des Metabolismus und der Ausscheidung mitberücksichtigen. Durch Vergleich der gemessenen Belastungs- und Beanspruchungsparameter mit den aus epidemiologischen Studien hergeleiteten Arbeitsstofftoleranzwerten (BAT-Werten) kann eine Gesundheitsgefährdung der Arbeitnehmer durch das biologische Monitoring somit häufig zuverlässiger beurteilt werden als aufgrund von Raumlufmessungen.

Bei länger dauernden Expositionen mit anorganischen Fluoridverbindungen besteht für die Arbeitnehmer die Gefahr der Entwicklung einer Fluorose, einem Krankheitsbild des Bewegungsapparates, welches mit einer schmerzhaften Einschränkung der Gelenkbeweglichkeit einhergeht. Radiologisch sind neben Veränderungen in der Knochenstruktur Ansatzverkalkungen von Sehnen und Bändern zu erkennen. Das entscheidende Kriterium für die Diagnose ist die Knochenbiopsie mit Mikroradiographie und Bestimmung des Fluoridgehaltes des Knochens. In der Schweiz besteht eine Gefährdung von Arbeitnehmern durch anorganische Fluoridverbindungen nur in der Aluminiumherstellung. In den vier Betriebsteilen (drei Betriebe mit Schmelzflusselektrolyse, ein Raffinationsbetrieb) werden rund 250 Arbeitnehmer beschäftigt. Seit Bestehen der obligatorischen Unfallversicherung wurden 77 Fälle von Fluorose als Berufskrankheit anerkannt (durchschnittliches Alter bei Anerkennung 57.1 Jahre, Bereich 42 bis 71 Jahre), bei 60% der Fluorose-Patienten lag eine medizinische Invalidität vor. Zwischen 1962 und 1971 wurden 56 Fälle anerkannt, das heisst rund fünf Fälle pro Jahr, in den folgenden Fünfjahresperioden (1972–1976; 1977–1981; 1982–1986) wurden je 6 bis 8 Fälle anerkannt, das heisst 1 bis 2 Fälle pro Jahr.

Im Rahmen der arbeitsmedizinischen Vorsorge wird in der Schweiz bei sämtlichen Arbeitnehmern der alumi-

niumherstellenden Industrie neben regelmässigen klinischen Untersuchungen seit 1976/77 die biologische Überwachung zur Beurteilung der inneren Fluoridbelastung eingesetzt. Die Resultate der biologischen Überwachung dieser Arbeitnehmer seit Aufnahme der Untersuchung 1976/77 sollen mit dem Ziel dargestellt werden, einen Überblick über die aktuelle Fluoridbelastung der gefährdeten Arbeitnehmer in der Schweiz zu geben, aus einem Vergleich der Fluoruriewerte mit den biologischen Arbeitsstofftoleranzwerten die Fluorosegefährdung in der Schweiz zu bewerten, sowie aufgrund eines Vergleiches der gemessenen äusseren und inneren Fluoridbelastung (Raumlufmessung gegenüber biologischer Messung) den heute in der Schweiz gültigen MAK-Wert (maximaler Arbeitsplatzkonzentrationswert) von 1,5 mg pro m<sup>3</sup> zu bewerten.

## Umfang der arbeitsmedizinischen Vorsorgeuntersuchungen, Methodik

### a) Überwachte Betriebe

Durch die arbeitsmedizinischen Vorsorgeuntersuchungen werden alle vier aluminiumherstellenden Betriebsteile in der Schweiz erfasst, drei Betriebe mit Schmelzflusselektrolyse von Aluminium sowie ein Betriebsteil mit Raffination von Aluminium. Bei der Elektrolyse wird der Tonerde (Aluminiumoxid) Kryolith (Natriumaluminiumfluorid) beigelegt, damit der Schmelzpunkt der Tonerde von 2000° auf 950 bis 1000° gesenkt werden kann. Die Arbeitnehmer werden dadurch mit Fluorwasserstoff und Fluorid in Stäuben exponiert. Bei der Raffination werden Fluoridsalze verwendet, früher in fester Form (damit Entwicklung von Fluorwasserstoff und Fluorid in Stäuben), heute in flüssiger Form. Die vier Betriebsteile haben folgende Charakteristika:

- A: Schmelzflusselektrolysebetrieb: pre-baked Elektroden. Seit 1981 Quellenabsaugung und gekapselte Öfen.
- B: Schmelzflusselektrolysebetrieb: pre-baked Elektroden und Söderberg Elektroden. Offene Öfen, seit 1980 Quellenabsaugung.
- C: Raffinationsbetrieb: die Öfen sind offen, keine Quellenabsaugung, lediglich Raumventilation. Arbeitsmedizinische Massnahmen zur Verbesserung der persönlichen Hygiene 1979 vorgeschrieben, Verminderung der Exposition mit Fluoriden durch Zugabe der Fluoridsalze in flüssiger Form 1981.
- D: Schmelzflusselektrolysebetrieb: pre-baked Elektroden. Die Öfen sind offen, seit 1980 Quellenabsaugung.

<sup>1</sup> SUVA, Medizinische Abteilung/Gruppe Arbeitsmedizin, Luzern

<sup>2</sup> Alusuisse SA, Werkarzt, Chippis

*b) Überwachte Arbeitnehmer*

Bei Beginn der biologischen Überwachung 1976/77 waren in den vier Betrieben 264 Arbeitnehmer beschäftigt (A: 88; B: 104; C: 36; D: 36). Zum Teil infolge Restrukturierungsmaßnahmen verminderte sich die Anzahl der beschäftigten Arbeitnehmer bis 1986 auf 242 (A: 82; B: 93; C: 27; D: 40). Das Durchschnittsalter der exponierten Arbeitnehmer betrug bei Aufnahme der biologischen Überwachung 41,0 Jahre, am Ende der Untersuchung 44,9 Jahre.

*c) Überwachung der Fluoridexposition*

Die Überwachung der Fluoridexposition resp. der fluorexponierten Arbeitnehmer wird gewährleistet durch:

- Raumlufmessungen zur Beurteilung der äusseren Fluoridbelastung, im allgemeinen 1- bis 2jährlich (stationäre Probenentnahme sowie Personal sampling).
- Biologische Überwachung zur Beurteilung der inneren Fluoridbelastung: Bestimmung des Urinfluorids durch ionenselektive Elektrode. Probenentnahme als Vorschichtwert (nach 48 Stunden Expositions-freiheit), als Mass für das Body burden, zudem als Nachschichtwert (nach 3-4 Arbeitstagen abends) als

Mass für die aktuelle Exposition. Die Werte werden als mg Fluorid pro Liter Urin ausgedrückt; in Betriebsteilen A-C wird zudem eine Korrektur auf ein spezifisches Gewicht von 1024 vorgenommen, im Betriebsteil D bei besonderer Indikation eine Korrektur auf ein Gramm Urin-Kreatinin. Die Bestimmungen finden 6-monatlich statt (in Betriebsteil A seit 1986 nur noch 12monatlich).

- Klinische arbeitsmedizinische Vorsorgeuntersuchungen zur Erkennung von Frühmanifestationen einer Fluorose: Diese Untersuchung findet 4jährlich statt, sie umfasst Anamnese, Aufnahme eines Status sowie Röntgenuntersuchungen von Becken, Ellenbogen und Vorderarmen.

*d) Beurteilung der Gefährdung durch die Fluoridexposition*

Beurteilungsgrundlage für die Beurteilung der Gefährdung von exponierten Arbeitnehmern aufgrund der gemessenen Urin-Fluorid-Werte ist der biologische Arbeitsstofftoleranzwert (BAT-Wert). Basierend vor allem auf den Untersuchungen von Kaltreider (1) und Dinman (2) folgert das NIOSH, dass bei Vorschichtwerten unter 5 mg/l und Nachschichtwerten unter 8 mg/l (korrigiert auf ein spezifisches Gewicht von

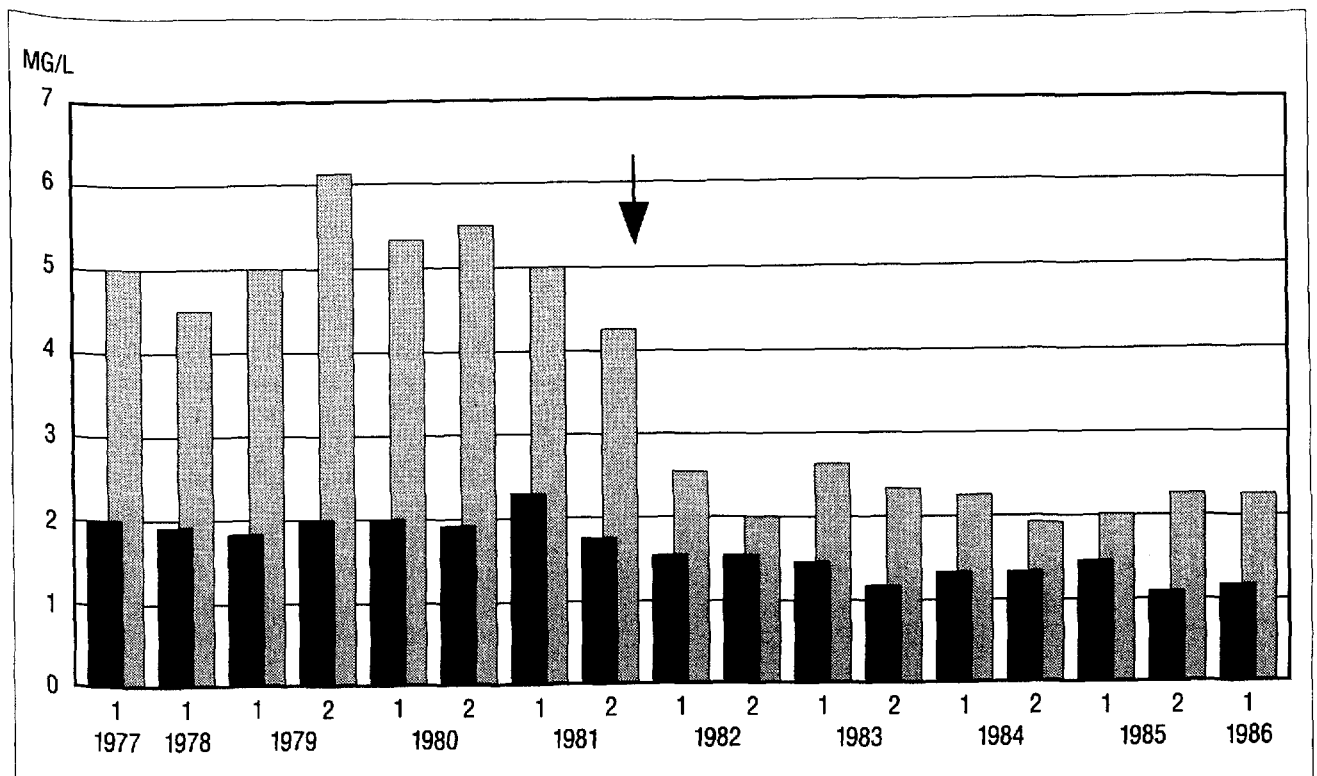


Abb. 1. Betrieb A - Fluorid Urin. Urinfluoridwerte im Betrieb A, 1977-1986.

Schwarze Säule = Vorschichtwerte.  
 Schraffierte Säule = Nachschichtwerte.  
 Pfeil = Installation von geschlossenen Öfen und Quellenabsaugung.

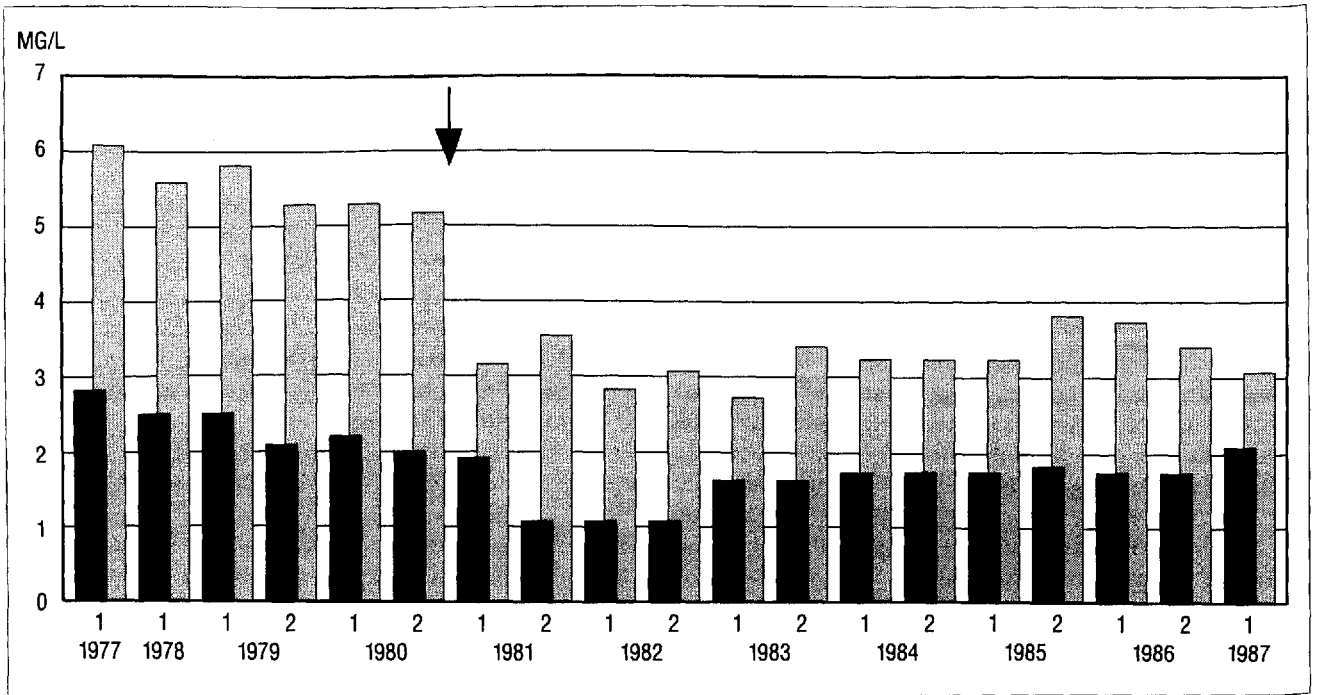


Abb. 2. Betrieb B – Fluorid Urin. Urinfluoridwerte im Betrieb B, 1977–1987.

Schwarze Säule = Vorsichtswerte.  
 Schraffierte Säule = Nachschichtwerte.  
 Pfeil = Installation von Quellenabsaugungen.

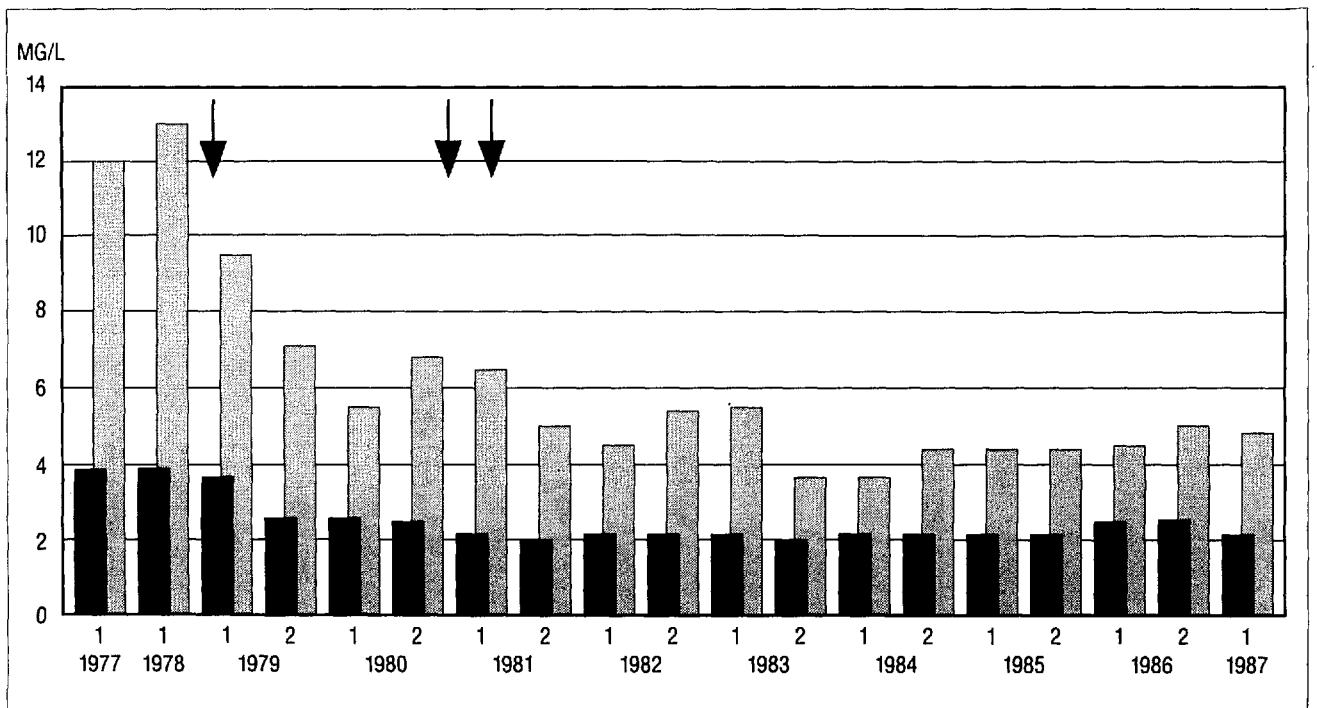


Abb. 3. Betrieb C – Fluorid Urin. Urinfluoridwerte im Betrieb C, 1977–1987.

Schwarze Säule = Vorsichtswerte.  
 Schraffierte Säule = Nachschichtwerte.  
 Pfeil = Verbesserung der persönlichen Arbeitshygiene.  
 Doppelpfeil = Zugabe des Elektrolytes in flüssiger Form.

1024) keine Gefährdung der Arbeitnehmer im Sinne der Entwicklung einer Fluorose bestehe; in den USA wurden deshalb die BAT-Werte auf 4 mg/l Vorschicht und 7 mg/l Nachschicht festgelegt (3). Der Vergleich der bei den Arbeitnehmern der Aluminiumindustrie in der Schweiz gemessenen Fluoruriewerte mit den BAT-Werten gestattet somit eine Beurteilung der zukünftigen Fluorosegefährdung dieser Arbeitnehmer.

**Resultate der biologischen Überwachung**

*a) Entwicklung der inneren Fluoridbelastung in den Betriebsteilen A-D*

- Im Betrieb A (Abb. 1) betrug 1977 die Urinfluoridwerte vor der Arbeitsschicht  $2.1 \pm 1.1$  mg/l, nach der Arbeitsschicht gemessen  $5.0 \pm 2.1$  mg/l, sie lagen somit leicht unter dem BAT-Wert. Nach Installation einer Quellenabsaugung sowie Schliessen der Öfen (Pfeil) 1981 lässt sich eine signifikante Abnahme der Nachschichtwerte als Mass für die aktuelle Exposition erkennen; die Nachschichtwerte betragen 1986 noch  $2.2 \pm 1.1$  mg/l, die Vorschichtwerte  $1.1 \pm 0.7$  mg/l. Sie lagen somit deutlich unter dem BAT-Wert.
- Im Betrieb B (Abb. 2) waren die Urinfluoridwerte mit  $6.2 \pm 3.3$  mg/l nach der Arbeitsschicht und  $2.8 \pm 1.8$  mg/l vor der Arbeitsschicht 1977 nur knapp unter dem BAT-Wert. Nach Installation der Quellenabsaugung 1980 lässt sich auch in diesem Betriebsteil eine deutliche Reduktion der Nachschichtwerte als Mass für die aktuelle Exposition erkennen, wobei die Reduktion geringer ausfällt als im Betriebsteil A. 1986 betragen die Nachschichtwerte noch  $3.4 \pm 1.6$  mg/l, die Vorschichtwerte  $1.7 \pm 0.9$  mg/l, sie lagen somit deutlich unter den BAT-Werten.
- Im Betriebsteil C (Abb. 3) waren 1977 die Nachschichtwerte mit  $12.0 \pm 6.9$  mg/l deutlich über den BAT-Werten, die Vorschichtwerte mit  $3.8 \pm 1.7$  mg/l nur geringfügig unter dem BAT-Wert auf Gruppenbasis. Durch Verbesserung der persönlichen Hygiene konnte bereits eine deutliche Reduktion der Nachschichtwerte als Mass für die aktuelle Exposition erreicht werden. Nach Zugabe des Elektrolytes in flüssiger Form 1981 lässt sich eine weitere Reduktion der Nachschichtwerte erkennen. 1986 betragen die Nachschichtwerte noch  $4.9 \pm 1.7$  mg/l, die Vorschichtwerte  $2.6 \pm 0.9$  mg/l, sie lagen somit ebenfalls unter dem BAT-Wert.
- Im Betriebsteil D waren die Nachschichtwerte mit  $7.2 \pm 4.3$  mg/l 1977 auf Gruppenbasis über dem BAT-Wert. Nach Installation von Quellenabsaugungen 1980 konnte ebenfalls eine deutliche Reduktion der Nachschichtwerte auf im Mittel rund 4 mg/l als Mass für die aktuelle Exposition erreicht werden; nach Neukonzeption des Betriebes betragen die Nachschichtwerte 1987 noch  $3.3 \pm 1.95$  mg/l, lagen somit deutlich unter dem BAT-Wert.

*b) Individuelle Urinfluoridwerte*

Die Anzahl der Überschreitungen des biologischen

Arbeitsstofftoleranzwertes der Nachschichtwerte bei der individuellen Auswertung sind in Abbildung 4 zusammengestellt (2. Semester 1984 bis 1. Semester 1987). Im Betriebsteil A lassen sich durchwegs keine individuellen BAT-Wert-Überschreitungen erkennen; im Betriebsteil B werden bei 2-9% der Arbeitnehmer BAT-Wert-Überschreitungen beobachtet; im Betriebsteil C sind es 7-18%, im Betriebsteil D 0-16%. In den meisten Fällen betreffen die BAT-Wert-Überschreitungen immer wieder andere Arbeitnehmer (nach zeitlich begrenzter stärkerer Fluoridexposition). Die individuellen BAT-Wert-Überschreitungen werden in jedem Falle einzeln abgeklärt. Zum Teil kommen sie aufgrund dieser Abklärungen durch vor der Analyse durchgeführte Tätigkeiten mit erhöhter Fluoridexposition zustande, zum Teil müssen sie aufgrund der Arbeitsplatzanalyse und der Reduktion der Fluorurie nach verbesserter persönlicher Hygiene der Nichtbeachtung der persönlichen Hygienevorschriften angelastet werden.

*c) Einfluss der Urinverdünnung auf die Resultate*

Gemäss der Empfehlung des NIOSH von 1976 werden in den Betriebsteilen A-C alle Resultate der Urinfluoridwerte zusätzlich auf ein spezifisches Gewicht von 1024 korrigiert. In Abbildung 5 ist die Verteilung der Urinkonzentrationen für 1986 in den drei Betriebsteilen dargestellt (Vorschichtwerte gestrichelt, Nachschichtwerte ausgezogene Linie). Der Grossteil der Werte des spezifischen Gewichtes des Urines liegt zwischen 1015 und 1025. Einen stark konzentrierten Urin mit einem spezifischen Gewicht über 1025 findet sich bei 20 % der Arbeitnehmer, etwas häufiger nach der Arbeitsschicht, eine starke Verdünnung mit Werten

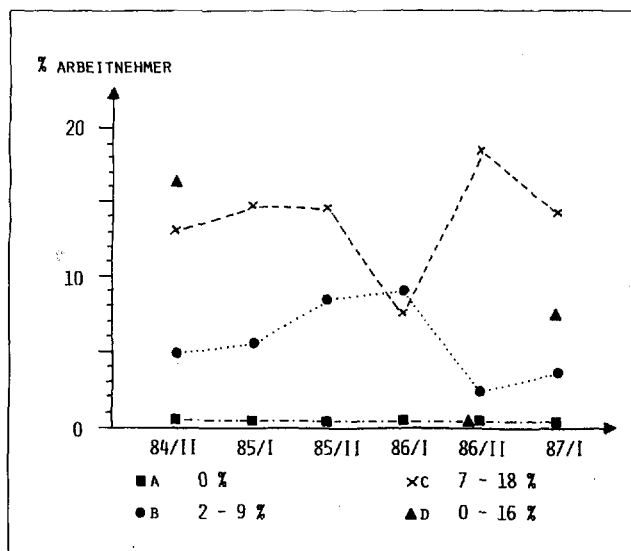


Abb. 4. Individuelle Werte (Nach-Schicht > BAT) Überschreitungen der BAT-Werte bei der Urinfluoridbestimmung nach Arbeitsschicht, vom 2. Semester 1984 bis 1987 (Prozent Arbeitnehmer mit Nachschichtwerten über 7 mg/l). Auswertung für die einzelnen Betriebsteile A-D.

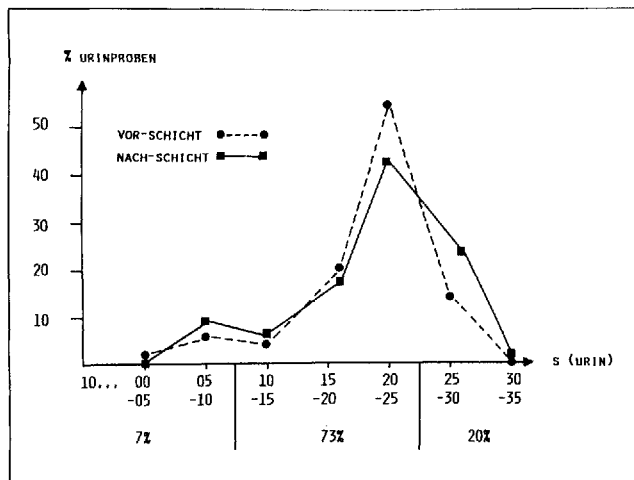


Abb. 5. Einfluss der Urinverdünnung auf die Urinfluoridwerte. Auf der Abszisse spezifisches Gewicht des Urins der Proben 1986 in Fünferschritten; auf der Ordinate Anzahl der Urinproben in Prozent bei den einzelnen spezifischen Gewichten. Darstellung separat für Vorschichtwerte und Nachschichtwerte.

unter 1010 bei 7% der Arbeitnehmer. Auf individueller Basis ergeben sich somit zum Teil deutliche Korrekturen der unkorrigierten Werte; auf Gruppenbasis ergeben sich für die unkorrigierten und korrigierten Werte keine grossen Differenzen: für 1986 betragen beispielsweise die Nachschichtwerte unkorrigiert (Betriebsteil A–C) gesamthaft 3,7 mg/l, korrigiert 4,1 mg/l.

d) Beziehung äussere-innere Fluoridbelastung

Die Beziehungen zwischen Raumluftmessung und bio-

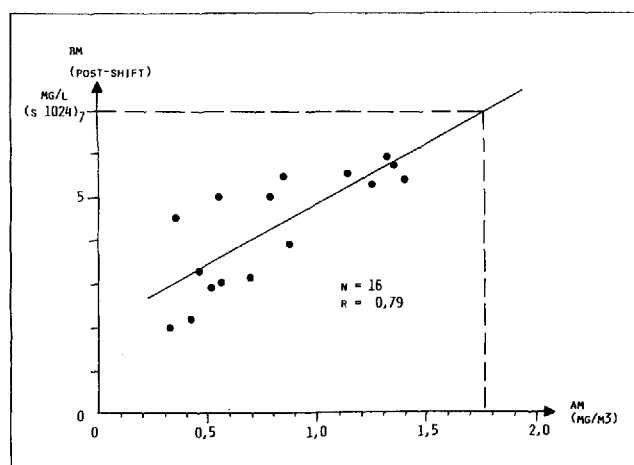


Abb. 6. Korrelation Raumluftmessung – Biologische Überwachung (Elektrolyse).

Beziehung zwischen äusserer Fluoridbelastung (Raumluftmessung, Abszisse = AM) sowie innerer Fluoridbelastung (Nachschicht-Urinfluoridwerte im biologischen Monitoring = BM) in den Elektrolysebetrieben A, B und D.

logischer Überwachung sind in Abbildung 6 dargestellt. Verglichen wurden die Mittelwerte der Nachschichtwerte des Urinfluorids (bezogen auf ein spezifisches Gewicht von 1024) als Mass für die aktuelle innere Belastung mit den im gleichen Semester durchgeführten Raumluftmessungen (Mittelwerte der Messungen im Personal sampling), Resultate aus den Elektrolysebetrieben. Es ergibt sich eine signifikante lineare Korrelation ( $R = 0,79$ ), wobei extrapoliert einem Urinfluoridwert von 7 mg/l (biologischer Arbeitstoftoleranzwert) eine äussere Fluoridbelastung von rund  $1,75 \text{ mg/m}^3$  entspricht. Eine Einschränkung ergibt sich dadurch, dass Raumluftmessungen und biologische Messungen nicht am gleichen Tag stattfanden und dass durch das Tragen von Schutzmasken während belastenden Arbeitssituationen die innere Belastung reduziert wird.

Diskussion

Die industrielle Fluorose ist ein Krankheitsbild, welches zu einer vollständigen oder teilweisen Invalidität führen kann (4–6). In der Schweiz nimmt die Zahl der anerkannten Fälle in den letzten Jahren ab, zurzeit werden pro Jahr noch 1–2 Fälle von industrieller Fluorose beobachtet. Es handelt sich dabei um Arbeitnehmer, welche bereits jahrelang vor der Verbesserung der persönlichen Arbeitshygiene sowie der technischen Massnahmen zur Reduktion der Fluoridbelastung am Arbeitsplatz in der Elektrolyse oder Raffination bei der Aluminiumherstellung gearbeitet haben. Neben Raumluftmessungen zur Beurteilung der äusseren Belastung durch chemische Noxen sowie klinischen arbeitsmedizinischen Vorsorgeuntersuchungen zur Früherkennung von Berufskrankheiten hat sich die biologische Überwachung zur Beurteilung der inneren Exposition der Arbeitnehmer als dritter Grundpfeiler zur Überwachung von Arbeitnehmern mit Expositionen von chemischen Noxen etabliert (7). 1976/77 wurde deshalb die biologische Überwachung auch bei Fluoridexposition in der Aluminiumindustrie in der Schweiz aufgenommen.

In allen Betriebsteilen kann über die letzten 10 Jahre eine deutliche Reduktion der inneren Fluoridbelastung der Arbeitnehmer beobachtet werden. Die Reduktion der Vorschichtwerte, welche das Body burden repräsentieren, ist dabei graduell. Die Abnahme der Nachschichtwerte, welche die aktuelle Fluoridexposition widerspiegeln, ist zeitlich klar mit den technischen und organisatorischen Massnahmen am Arbeitsplatz korreliert. Im Betriebsteil A konnte die eindrucklichste Reduktion der Nachschichtwerte durch Quellenabsaugungen und das Schliessen der Öfen erreicht werden, heute werden aber auch in den Betriebsteilen mit Quellenabsaugungen bei offenen Öfen (B und D) Werte deutlich unter dem biologischen Arbeitstoftoleranzwert gemessen. Einzig im Raffinationsbetrieb (C) wird auch heute der biologische Arbeitstoftoleranzwert auf Gruppenbasis nur wenig unterschritten. Aufgrund der bekannten Bezie-

hungen zwischen Urinfluoridausscheidung und klinisch manifester Fluorose (1–3) kann davon ausgegangen werden, dass sich die Fluorosegefährdung in der Schweiz in den letzten 10 Jahren weiterhin erheblich verringert hat. Für neueingetretene Arbeitnehmer dürfte wahrscheinlich kein Fluorose-Risiko mehr bestehen.

Die biologische Überwachung gestattet neben der Analyse auf Gruppenbasis auch eine Analyse beim einzelnen Arbeitnehmer. Hier sind vor allem die individuellen Nachschichtkonzentrationen zu beachten, da sie ein Mass für die aktuelle Exposition des einzelnen Arbeitnehmers darstellen und somit aufzeigen, bei welchen Arbeitssituationen eventuell Verbesserungen anzubringen sind resp. bei welchen Arbeitnehmern die Arbeitshygiene ungenügend ist. Es zeigt sich, dass in Betriebsteilen mit optimalen technischen Einrichtungen (A) keine Überschreitungen des BAT-Wertes auf individueller Basis beobachtet werden. Grössere Beachtung muss der persönlichen Hygiene in Betrieben geschenkt werden, in welchen zwar aufgrund der Raumluftmessungen die MAK-Werte unterschritten werden und auf Gruppenbasis die BAT-Werte ebenfalls deutlich unterschritten werden, die technischen Einrichtungen jedoch nicht einer Maximallösung entsprechen (Betriebsteile B–D).

Aufgrund der grossen Streuung der Urinverdünnungen ist für die Bewertung der individuellen Fluoridausscheidung eine Korrektur notwendig. Diese wird in der Schweiz gemäss den Empfehlungen des NIOSH auf ein spezifisches Gewicht von 1024 durchgeführt; diese Korrektur wurde auch in den zu der BAT-Wert-Festsetzung führenden epidemiologischen Studien vorgenommen.

Die Gegenüberstellung von Raumluftmessungen und biologischen Messungen zeigt, dass der BAT-Wert für den Nachschichtwert als Mass für die aktuelle Exposition sowie der MAK-Wert für die Raumluftmessungen für die schweizerischen Elektrolysebetriebe einigermaßen gut übereinstimmen. Andererseits erscheint der MAK-Wert einiger anderer Staaten (wie USA und BRD, je 2,5 mg/m<sup>3</sup>) im Verhältnis zu den entsprechenden Werten zu hoch, wie dies schon Dinman (2) aufgrund seiner Korrelation zwischen biologischen Werten und Raumluftmesswerten beschrieb.

Durch technische organisatorische und verhaltensbezogene Massnahmen konnte aufgrund der Messwerte der biologischen Überwachung die innere Fluoridbelastung der Arbeitnehmer der Aluminiumindustrie in der Schweiz deutlich verringert werden. Damit kann angenommen werden, dass bei den rund 250 Arbeitnehmern in Schmelzflusselektrolysebetrieben und Raffinationsbetrieben in der Schweiz die Fluorosegefährdung über die letzten 10 Jahre ebenfalls geringer geworden ist. Aufgrund der bekannten Beziehungen zwischen Fluorurie und Fluorosegefährdung (1–3) kann erwartet werden, dass für neueingetretene Arbeitnehmer in der Aluminiumindustrie in der Schweiz keine Fluorosegefährdung mehr besteht.

### Zusammenfassung

In der Schweiz besteht eine Gefährdung der Arbeitnehmer durch anorganische Fluoride (Fluorose) nur für Arbeitnehmer der Aluminiumherstellung (Schmelzflusselektrolyse, Raffination). Im Rahmen der arbeitsmedizinischen Vorsorge wird bei allen Arbeitnehmern dieser Betriebe in der Schweiz neben klinischen Untersuchungen eine biologische Überwachung mit Bestimmung des Urinfluorids (Vorschicht und Nachschicht) durchgeführt. Die Resultate der biologischen Überwachung (4 Betriebe, Zahl der Arbeitnehmer 1977 264, 1986 242) werden dargestellt. Zeitlich korrelierend mit den technischen Verbesserungen konnte über die letzten 10 Jahre eine deutliche Reduktion der Fluorurie beobachtet werden, die BAT-Werte werden heute auf Gruppenbasis deutlich unterschritten. Aufgrund des Vergleiches der inneren Fluoridbelastung mit den heute gültigen biologischen Arbeitsstofftoleranzwerten kann gefolgert werden, dass die Gefährdung der Arbeitnehmer in der Aluminiumherstellung durch die Fluoridexposition über die letzten 10 Jahre deutlich geringer geworden ist, für neueingetretene Arbeitnehmer besteht wahrscheinlich heute kein Fluoroserisiko mehr.

### Résumé

#### Surveillance biologique des travailleurs exposés aux fluorures anorganiques en Suisse

En Suisse, le risque d'une exposition aux fluorures anorganiques (fluorose) existe seulement pour les travailleurs occupés à la fabrication de l'aluminium (électrolyse et raffination). Dans le cadre de la prévention médicale la CNA organise, pour les travailleurs concernés, une surveillance biologique avec détermination du fluor urinaire avant et après exposition. Ces déterminations biologiques sont complémentaires aux examens médicaux périodiques. Les résultats de cette surveillance biologique sont présentés (4 entreprises avec 264 travailleurs en 1977 et 242 travailleurs en 1986). En parallèle avec les améliorations techniques prises ces 10 dernières années, nous avons observé une nette diminution de la fluorurie et actuellement les valeurs obtenues se situent nettement en dessous des valeurs BAT. Si nous comparons aujourd'hui la charge interne par les fluorures et les valeurs BAT actuellement valables, nous constatons que le danger pour un travailleur affecté à la production de l'aluminium et ainsi exposé au risque de fluorose a nettement diminué au cours des ces 10 dernières années. Pour les travailleurs nouvellement engagés, il n'existe aujourd'hui probablement plus de risques de contracter une fluorose.

### Summary

#### Biological monitoring in Swiss workers with occupational fluoride exposure

In Swiss plants a risk of industrial fluorosis exists only for workers in the aluminum industry (electrolysis of Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, raffination of aluminum). Exposure to fluorides is assessed by ambient monitoring, by health surveillance (early detection of fluorosis) and by biological monitoring (urinary fluoride determinations, pre-shift and post-shift).

The results of biological monitoring in the 4 plants in Switzerland are presented (1976/77–1986; 1977 264 workers, 1986 242 workers). During the period from 1976/77–1986 a significant reduction of the urinary fluoride excretion in exposed workers was observed. This reduction was correlated in time with technical measures to reduce external fluoride exposure of workers. Urinary fluoride excretion was within limits of biological exposure indices at the end of the observation period in all plants (on group base). Therefore the risk of industrial fluorosis seems to be eliminated in newly engaged workers and significantly lowered in the other workers of the Swiss aluminum industry.

### Literatur

- [1] Kaltreider N.L., Elder M.J., Cralley L.V., Colwell M.O.: Health survey of aluminium workers with special reference to fluoride exposure. *J. Occup. Med.* 1972; 14: 531–541
- [2] Dinman B.D., Elder M.J., Bonney B.S., Bovard P.G., Colwell M.O.: A 15-year retrospective study of fluoride excretion on bony radiopacity among Aluminium smelter workers - Pt. 4. *J. Occup. Med.* 1976; 18: 21–25

- [3] U.S. Department of Health, Education and Welfare: *Criteria for a recommended standard: Occupational exposure to hydrogen fluoride*. 1976
- [4] Boillat M.-A. et al: Fluorose industrielle. Schweiz. Med. Wochenschrift. 1979; Supplementum 8
- [5] Maillard J.-M., May P., Boillat M.-A., Detwiler W.: Quelques aspects de la fluorose industrielle en Suisse. Archives des maladies professionnelles de médecine du travail et de Sécurité Sociale. 1975; 36: 409–420
- [6] Schlegel H.: Industrielle Skelettfluorose. Sozial- und Präventivmedizin. 1974; 19: 269–274
- [7] Jost M.: Biologische Überwachung am Arbeitsplatz. Sozial- und Präventivmedizin. 1986; 31: 117–124

*Korrespondenzadresse:*

Dr. med. M. Jost  
Medizinische Abteilung/Gruppe Arbeitsmedizin  
SUVA, Postfach, 6002 Luzern