

Bedeutung der Fluorid-Überwachung in der Aluminium-Industrie

Christian Schlatter¹ und Alfred Steinegger²

Vor Jahren wurde die Bestimmung der Fluoridausscheidung in der Aluminium-Industrie eingeführt, um Fluorose-verdächtige Personen zu erkennen. Durch sukzessive Verbesserungen der Arbeitsplatzverhältnisse in der Aluminium-Elektrolyse konnten die Fluoridexpositionen so weit gesenkt werden, dass heute die industrielle Fluorose als eine Berufskrankheit der Vergangenheit bezeichnet werden kann. Auf Tabelle 1 sind die Mittelwerte der Fluoridkonzentration im Urin sowohl vor Arbeitsbeginn nach mindestens 2-tägiger Arbeitspause (Preshift) wie unmittelbar nach einer Periode von ca. 5 Arbeitsschichten zu 8 Stunden (Postshift) aus 3 Betrieben aufgeführt. Zwischen den Fluoridgehalten in Blut und Urin besteht eine feste Beziehung. Die Nieren-Clearance beim Gesunden beträgt etwa 100 ml/min. Die Blutkonzentration ihrerseits steht in konstanter Beziehung sowohl zu den Fluoridgehalten in den weichen Geweben mit rascher Kinetik als auch zu denjenigen in den Knochen mit langen Halbwertszeiten von etwa 8 Jahren. Die Bestimmung der Urinausscheidung unmittelbar am Ende einer Arbeitsperiode (Postshift-Messung) gibt Aufschluss über die während dieser kurzen Periode erfolgte Exposition. Die Preshift-Werte sind ein Mass für die Langzeitbelastung mit Fluoriden (Knochenspeicherung). Beim Betrieb 1 handelt es sich um ein modernes Werk, bei welchem 1982 die offenen Elektrolyseöfen mit Metallhauben abgedeckt und die Tonerde in geschlossenem System zugeführt wurden. Diese Massnahme hatte eine deutliche Abnahme der Fluoridgehalte in der Luft und damit auch der Exposition der Arbeiter zur Folge. Bei Betrieb 2 wurde 1985 eine Abdeckung installiert. Bei diesem zweiten System muss nach wie vor die Tonerde nach Öffnen der Dekel offen zugeführt werden. Dies erklärt die geringere Abnahme der Werte bei Werk 2. Beim Werk 3 handelt es sich um einen alten Betrieb sowie eine relativ alte Belegschaft, die zu einem beträchtlichen Teil bereits schon vor 10 bis 20 Jahren bei sehr viel schlechteren Arbeitsplatzverhältnissen tätig war. Dies erklärt die recht konstanten Preshift-Werte dieser Gruppe bis zum Jahre 1986. In diesem Betrieb wurde keine Abdeckung installiert, hingegen wurden ein System zur lokalen Absaugung der Reaktionsstoffe sowie eine lokale Tonerdezufuhr eingesetzt. Generell werden heute Preshift-Werte bis 4 und Postshift-Werte bis 7 mg pro 1 Urin (USA) oder pro g

Tab. 1. Mittlere Fluorid-Messwerte bei drei Alusuisse-Betrieben im Verlaufe von 10 Jahren.

	Betrieb 1	Betrieb 2	Betrieb 3
1976/1977			
Preshift-Urin	2.1 mg F/l	–	2.7 mg F/l
Postshift-Urin	5.0 mg F/l	–	6.2 mg F/l
1980			
Preshift-Urin	2.1 mg F/l	1.9 mg F/l	2.2 mg F/l
Postshift-Urin	5.3 mg F/l	3.9 mg F/l	5.3 mg F/l
Luft	2.0 mg F/m ³	1.5 mg F/m ³	1.9 mg F/m ³
1986			
Preshift-Urin	1.2 mg F/l	1.4 mg F/l	2.7 mg F/l
Postshift-Urin	2.3 mg F/l	2.9 mg F/l	4.4 mg F/l
Luft	0.4 mg F/m ³	0.5 mg F/m ³	0.6 mg F/m ³

Urinkreatinin (BRD) als sicher zur Verhinderung einer Arbeitsplatzfluorose betrachtet. Somit geben die in allen 3 Werken gefundenen Mittelwerte nicht zu Besorgnis Anlass.

Gleichwohl ist es sinnvoll, die regelmässige Bestimmung der Fluoridausscheidung beizubehalten, allerdings zu einem anderen Zweck als früher. Bei Kenntnis der relativen Gehalte verschiedener Schadstoffe in der Luft im Vergleich zu den Fluorid-Luftwerten kann somit anhand der Fluoridwerte im Urin auch die Exposition der untersuchten Person gegenüber weiteren

Tab. 2. Urin-Fluorid-Messwerte bei verschiedenen Arbeitsgruppen aus Werk 2, 1983.

Arbeitsplatz	Maskentragen							
	Ja				Nein			
	Preshift		Postshift		Preshift		Postshift	
n	\bar{x} mg F/l	n	\bar{x} mg F/l	n	\bar{x} mg F/l	n	\bar{x} mg F/l	
Vorarbeiter spezifische	6	1.27	13	3.94	2	2.27	4	7.06
Ofenarbeiter	11	1.49	26	2.65	2	2.32	4	6.12
Hallenarbeiter	15	1.45	23	3.34	9	1.55	11	6.73
Anodenwechsler	10	2.09	16	4.07	5	2.67	11	8.85
Aluminium-Schöpfer	1	1.02	2	2.28	10	1.76	16	4.89
Ofenkontrolleure	3	1.73	3	3.82	1	1.59	2	6.72
Unterhaltsequipe	2	1.28	6	3.92	5	2.29	12	6.20
Total	48	1.56	89	3.39	34	1.97	60	6.50

¹ Institut für Toxikologie, ETH und Universität Zürich

² Schweizerische Aluminium AG, Zürich

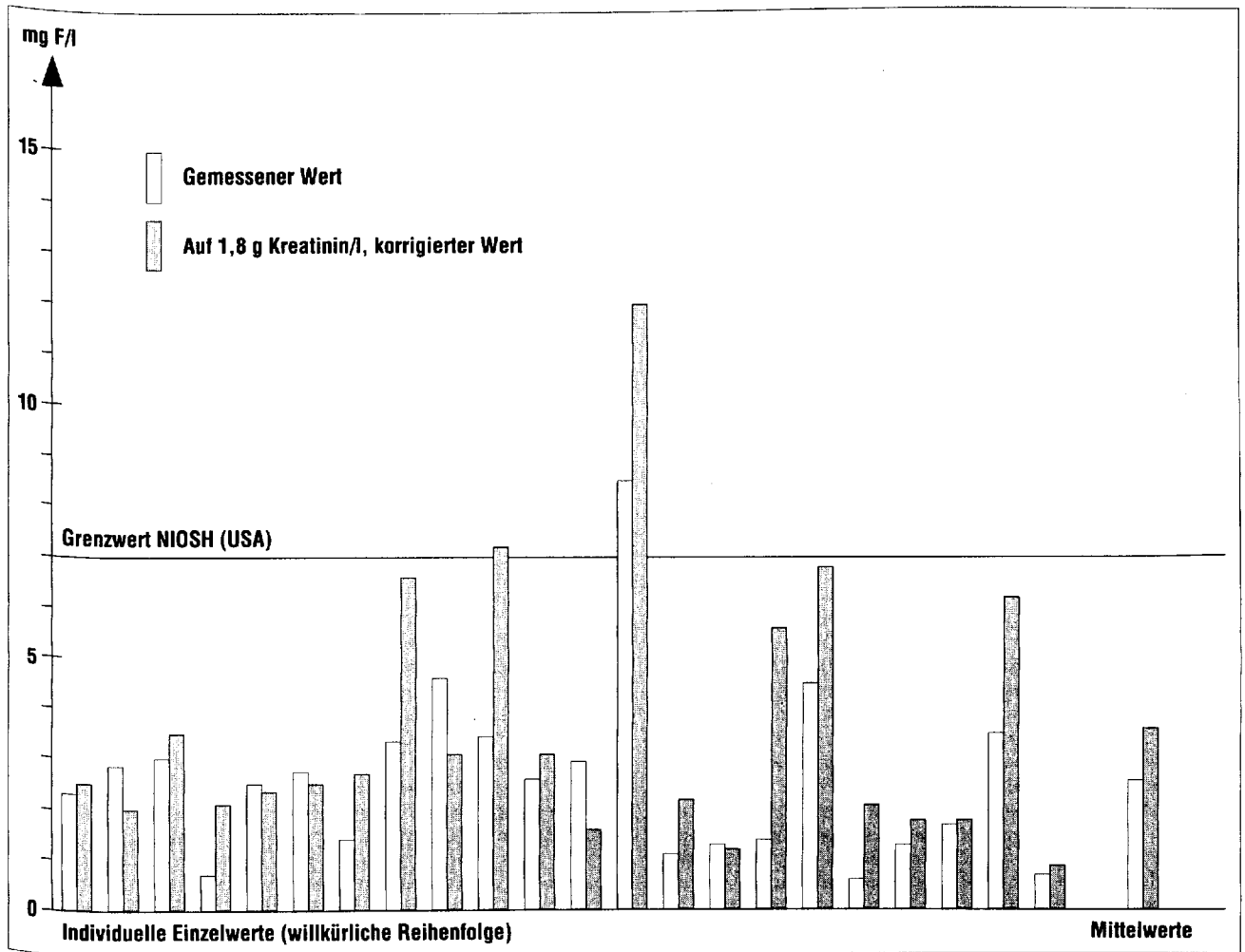


Abb. 1. Postshift-Werte bei 22 Elektrolyse-Arbeitern (Anodenwechsler) aus Betrieb 2, 1986.

Schadstoffen abgeschätzt werden. Es können auch interindividuelle Unterschiede erfasst werden. Die auf Tabelle 2 aufgeführten Mittelwerte von verschiedenen Arbeitsplätzen aus Betrieb 2, 1983 zeigen, dass die durchschnittlichen Belastungen um höchstens Faktor 2 verschieden sind. Erwartungsgemäss finden sich die höchsten Werte bei den Anodenwechslern. Bei dieser Arbeit wird aus technischen Gründen kurzzeitig viel Staub entwickelt. Durch Tragen von persönlichen Schutzmasken kann generell die Belastung auf die Hälfte reduziert werden. Eine weitere Schutzmassnahme, die aber hier nicht durch Messwerte dokumentiert ist, ist die Arbeit von geschlossenen mobilen Kabinen aus.

Auf der Abbildung 1 sind als Beispiel die individuellen Werte bei einer Gruppe von Arbeitern mit gleicher Tätigkeit aufgezeichnet. Da die Urinvolumina sehr stark unterschiedlich sein können je nach den Trinkgewohnheiten, wurden die Messwerte auch auf die durchschnittliche Kreatinin-Tagesausscheidung von 1,8 g bezogen. Diese in der Arbeitshygiene allgemeine übliche Korrektur sollte allerdings bei der Fluorid-Überwachung in Zukunft noch verfeinert werden, da

die Fluorid-Clearance vom Urinvolumen abhängig ist. Es fällt auf, dass die Belastung der einzelnen Individuen stark unterschiedlich ist. Aus dem Mittelwert ist nicht ersichtlich, dass ein einzelner Arbeiter recht hohe Werte aufwies. In diesem Fall wurde die Arbeitstechnik des Arbeiters überprüft, und er wurde so instruiert, dass auch er in Zukunft seine Tätigkeit mit geringerer Exposition durchführen konnte. Es ist darum unerlässlich, dass auch die jeweiligen Einzelwerte beurteilt werden und dass nicht nur auf Mittelwerte abgestellt wird.

Zusammenfassung

Bedeutung der Fluorid-Überwachung in der Aluminium-Industrie
 Vor Jahren wurde die Bestimmung der Fluoridausscheidung in der Aluminium-Industrie eingeführt, um Fluorose-verdächtige Personen zu erkennen. Durch sukzessive Verbesserungen der Arbeitsplatz-Verhältnisse bei der Aluminium-Elektrolyse konnten die Fluoridexpositionen so weit gesenkt werden, dass heute die industrielle Fluorose als eine Berufskrankheit der Vergangenheit bezeichnet werden kann. Generell gelten heute Werte bis 7 mg F/l Urin (USA) oder pro g Kreatinin (BRD) am Ende einer Arbeitsperiode als sicher zur Verhinderung einer Arbeitsplatzfluorose. Die heute in den Alusuisse-Werken beobachteten Werte liegen unter 5 mg/l. Vor 10 Jah-

ren wurden noch Mittelwerte bis 6,2 mg/l gefunden. Gleichwohl ist es sinnvoll, die regelmässige Bestimmung der Fluoridausscheidung beizubehalten, allerdings zu einem andern Zweck als früher. Die Bestimmung der Urinausscheidung unmittelbar am Ende einer Arbeitsperiode (Postshift-Messung) gibt Aufschluss über die während dieser kurzen Periode erfolgte Exposition. Bei Kenntnis der relativen Gehalte verschiedener Schadstoffe in der Luft im Vergleich zu den Fluorid-Luftwerten kann somit anhand der Fluoridwerte im Urin auch die Exposition der untersuchten Person gegenüber weiteren Schadstoffen abgeschätzt werden. Es können auch interindividuelle Unterschiede erfasst werden. Es hat sich gezeigt, dass es auch bei an sich identischen Arbeitsplätzen immer wieder einzelne Individuen gibt, die wesentlich höhere Werte aufweisen als ihre Kollegen. Die Messung vor Arbeitsbeginn (Preshift-Messung) widerspiegelt die langzeitigen Expositionsverhältnisse und kann zur Charakterisierung der grundsätzlichen Situation an verschiedenen Arbeitsplätzen und/oder des unterschiedlichen arbeitshygienischen Verhaltens einzelner Individuen benützt werden. Werte von weniger als 4 mg/l Urin (USA) oder pro g Kreatinin (BRD) gelten heute als sicher.

Résumé

Importance de la surveillance du fluoride dans l'industrie de l'aluminium

La détermination des sécrétions de fluorure dans l'industrie de l'aluminium fut introduite il y a quelques années pour dépister les personnes susceptibles d'avoir contracté la fluorose. Les expositions au fluorure purent être si considérablement réduites par des améliorations successives des places de travail dans l'électrolyse de l'aluminium, que la fluorose en tant que maladie professionnelle peut être considérée comme faisant partie du passé. Aujourd'hui, on considère généralement que des valeurs jusqu'à 7 mg F/l d'urine (USA) ou par g de créatinine (RFA) à la fin d'une période de travail sont une sécurité suffisante pour empêcher une fluorose professionnelle. Les valeurs actuellement mesurées dans les usines Alusuisse sont en dessous de 5 mg/l. Il y a dix ans, on trouvait encore des valeurs moyennes jusqu'à 6,2 mg/l. Il est néanmoins important de continuer à déterminer régulièrement les sécrétions de fluorure, mais pour d'autres raisons qu'auparavant. La détermination des sécrétions dans l'urine immédiatement après une période de travail (mesure Postshift) nous renseigne sur l'exposition ayant eu lieu durant cette courte période. Ayant connaissance des teneurs de différentes substances toxiques dans l'air en comparaison avec la teneur de fluorure dans l'air, on peut évaluer l'exposition des personnes examinées à d'autres substances toxiques à l'aide des valeurs de fluorure dans l'urine. On peut aussi prendre en considération des différences inter-

individuelles. Comme on a pu le constater, il existe toujours, dans des conditions de travail identiques, des individus qui ont des valeurs de fluorure considérablement plus élevées que leurs collègues. La mesure au début des périodes de travail (mesure Preshift) reflète les conditions d'exposition à long terme et peut contribuer à la caractérisation de la situation fondamentale de différents postes de travail et/ou du comportement variable au point de vue hygiène de travail de différents individus. Des valeurs de moins de 4 mg/l d'urine (USA) ou par g de créatinine (RFA) sont considérées comme sûres aujourd'hui.

Summary

Importance of Fluoride Control in the Aluminium Industry

Fluoride emission determination was introduced in the aluminium industry some years ago in order to detect subjects suspected of having fluorosis. Fluoride exposure has been reduced by means of successive improvements in working conditions in aluminium reduction plants to such an extent that today industrial fluorosis can be said to be an occupational disease of the past. Generally values of up to 7 mg F/l urine (USA) or per g of creatinine (FRG) at the end of a working period apply today as guaranteed to prevent fluorosis developing at the workplace. The values observed today at Alusuisse plants are below 5 mg/l. Ten years ago mean values of up to 6.2 mg/l were found. It is nevertheless expedient to continue with a regular determination of fluoride emission, however for a different purpose than before. The determination of the urine output directly at the end of a working period (postshift measurement) shows the exposure during this short period. Once the relative contents of different pollutants in the air compared to the fluoride air values are known, the exposure of the subject examined to other pollutants can be estimated on basis of the fluoride values in the urine. Differences between individuals can also be recorded. It has been found that even at identical workplaces there are individuals time and time again who have considerably higher values than their co-workers. The measurement from the start of work (preshift measurement) reflects the long time exposure conditions and can be used to characterize the basic situation at different workplaces and/or the different behaviour of specific individuals at the workplace from the occupational hygiene point of view. Values of less than 4 mg/l urine (USA) or per g creatinine (FRG) are today considered to be safe.

Korrespondenzadresse:

Prof. Christian Schlatter
Institut für Toxikologie
ETH und Universität Zürich
Schorenstrasse 16, 8603 Schwerzenbach