

Project 505.0500

Ontwikkeling methoden voor het aantonen en bepalen van diverse zware metalen en spoorelementen.

Projectleider: W. van Delft.

Rapport 88.79

december 1988

SOLID SAMPLING COLLOQUIA

Third International Colloquium

10-12 October 1988, Wetzlar;

Reisverslag

W. van Delft

Afdeling: Anorganische Contaminanten.

Goedgekeurd door: dr. G. Vos

Rijks-Kwaliteitsinstituut voor Land- en Tuinbouwprodukten (RIKILT)

Bornsesteeg 45, 6708 PD Wageningen

Postbus 230, 6700 AE Wageningen

Telefoon 08370-19110

Telex 75180 RIKIL

Telefax 08370-17717

Copyright 1988, Rijks-Kwaliteitsinstituut voor Land- en Tuinbouwprodukten.

Overname van de inhoud is toegestaan, mits met duidelijke bronvermelding.

VERZENDLIJST

INTERN

directeur

sectorhoofden

produktcoördinator dierlijke produkten

projectleider

afdeling Anorganische Contaminanten (7x)

projectbeheer

circulatie

bibliotheek

INHOUD	<u>blz</u>
1 INLEIDING	3
2 THEORIE EN INSTRUMENTATIE	4
3 METHODIEK	5
4 TOEPASSINGEN	8
5 CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN	9
BIJLAGE 1: Lijst met deelnemers	12

(1

(3

1 INLEIDING

Nog altijd is ontsluiting en/of het in oplossing brengen van het vaste analysemonster de meest gebruikelijke benadering, alvorens atomaire spectroscopische technieken toe te passen. De directe analyse van vaste stoffen, een relatief nieuwe ontwikkeling in de spoorelementanalyse, wordt echter in toenemende mate toegepast. Dit is het gevolg van de ontwikkeling van de analyseapparatuur en vooral de commerciële introductie van apparatuur met Zeeman-achtergrondcorrectie voor grafietoven-AAS.

Door de analyse van vaste stoffen kan niet alleen een aanzienlijke tijdwinst worden geboekt, maar kunnen tevens fouten, zoals contaminatie of juist verliezen, die gedurende de monsterontsluiting worden geïntroduceerd, worden geëlimineerd.

Aan de directe vaste-stofanalyse is echter ook een aantal problemen verbonden, zoals de monsterintroductie. De kalibratie en het beperkte dynamisch bereik van de grafietoven-techniek.

De analyse van suspensies (slurries) biedt de mogelijkheid een aantal problemen die optreden bij de vaste-stofintroductie te vermijden. Bovendien is het mogelijk slurries in een vlam of een plasma te introduceren. Met name op het gebied van de multi-elementanalyse, zoals ICP-AES en/of ICP-MS zijn de ontwikkelingen veelbelovend.

Gelet op bovenstaande ontwikkelingen is het voor het RIKILT van belang zich meer intensief met deze analysemethodieken bezig te houden. Teneinde zoveel mogelijk (praktische) kennis te vergaren en kontakten te leggen werd deelgenomen aan het derde internationale colloquium "Solid Sampling with Optical Atomic Spectroscopy". Het colloquium werd gehouden van 10-12 oktober te Wetzlar in West-Duitsland, de bakermat van de vaste-stofanalyse m.b.v. grafietoven-AAS.

Tijdens het colloquium kwamen de volgende items aan de orde:

- theorie en instrumentatie,
- methodiek
- toepassingen
 - a) anorganische toepassingen, produkt- en kwaliteitscontrole
 - b) toepassingen in biologisch en milieukundig onderzoek.

In dit verslag wordt per onderwerp een samenvatting gegeven. Een lijst met deelnemers is bijgevoegd (zie bijlage I).

2 THEORIE EN INSTRUMENTATIE

In deze sessie werden 7 lezingen gehouden over de ontwikkelingen in de apparatuur voor vaste-stofanalyse m.b.v. grafietoven-AAS.

- Door Kurfürst werd een geautomatiseerd systeem voor de introductie van vaste stoffen in de grafietoven gepresenteerd. Het systeem bestaat uit een sampler voor de dosering van vaste stoffen op een grafietplatform, een microbalans en een robotarm voor het transport van het monster van de sampler naar de microbalans en de grafietoven. Met dit computergestuurde systeem kunnen 40 monsters geheel automatisch worden verwerkt, hetgeen leidt tot tijdsbesparing en een verbetering van de herhaalbaarheid van de methode. Er dient nog naar wegen gezocht te worden om dit systeem commercieel op de markt te brengen. Het systeem is overigens hoofdzakelijk bedoeld voor het gebruik met de speciaal voor de vaste-stofanalyse ontwikkelde apparatuur van Grün Analysegeräte GmbH.
- Voor de vaste-stofanalyse m.b.v. grafietoven-Zeeman AAS (GF-ZAAS) heeft de directe techniek diverse voordelen boven de inverse of indirecte techniek. Bij de directe techniek wordt de magneet om de elementlamp geplaatst, zodat aan de afmetingen van het grafietoven-systeem geen beperkingen hoeven te worden opgelegd. Een belangrijk probleem hierbij is de stabiliteit van de lampemissie in het wisselend magnetisch veld. Vrijwel zeker kan worden gesteld dat juist door dit probleem Hitachi, Perkin-Elmer en Varian apparatuur voor de indirecte GF-ZAAS technieken ontwikkelden, waarbij de magneet om de grafietoven wordt geplaatst. Onderzoek van Hadeishi naar een stabiele lamp in een wisselend magnetisch veld heeft geleid tot een modificatie van de conventioneel toegepaste holle-kathodelampen. Dit nieuwe lamptype kan voor bijna elk (belangrijk) element worden toegepast in de apparatuur van Grün Analysegeräte GmbH.
- Voor de introductie van vaste stoffen in de grafietoven zijn in het verleden een aantal hulpmiddelen ontwikkeld: de microboat (IL); de platform boat (Grün); de miniature cup (Hitachi) en de central probe (PE). Alleen de microboat voldoet bij benadering aan de voorwaarde, dat de vaste monsters vanaf een relatief koel oppervlak in een hete gasfase worden geatomiseerd. De hiervoor genoemde systemen werden vergeleken met het door Frech ontwikkelde grafietovensysteem.

Dit systeem bestaat uit een monstercupje, geplaatst onder een opening van een grafietbuis. Vlak voor de atomisatie wordt de grafietbuis tot een voorgeselecteerde temperatuur verhit. Hierna wordt het monstercupje verhit. Deze onafhankelijke controle van de buis- (atomisatie) en cup- (verdampings) temperatuur heeft extra voordelen. Het vermindert interferentie-effecten, bewerkstelligt een scheiding tussen analyte en achtergrond en laat het gebruik van niet-resonantielijnen toe. Door het beperkte dynamisch bereik van de grafietoven-AAS techniek is met name bij de vaste-stofanalyse het gebruik van deze minder gevoelige lijnen al snel noodzakelijk.

- Alle commerciële GF-ZAAS instrumenten voor de indirecte Zeeman techniek gebruiken het transversale systeem, d.w.z. het magnetisch veld loodrecht op de optische as. Herber heeft een apparaat ontwikkeld, waarbij een longitudinaal systeem wordt toegepast. Dit heeft enkele optische en energie-technische voordelen. De toepasbaarheid van het ontwikkelde systeem werd besproken.
- Dittrich ging in op de toepassingsmogelijkheden van laser bestraling (laser ablation) voor de introductie van vaste stoffen. Deze techniek blijkt te kunnen worden gecombineerd met alle atomaire spectroscopische technieken (AAS, AES en AFS).
- In de poster van Pohl werd de ontwikkeling van een oven gepresenteerd voor de analyse van monsters van metalen, een gebied waar de vaste-stofanalyse tot nu toe geen succes is geweest.

Bovenstaande ontwikkelingen in apparatuur of grafietovensystemen zijn voor het merendeel het gevolg cq onderwerp van universitaire studies. Het is voor een belangrijk deel afhankelijk van de commerciële firma's in hoeverre deze ontwikkelingen in toekomstig verkrijgbare apparatuur worden verwerkt.

3 METHODIEK

In deze sessie van 12 lezingen waren 2 stromingen herkenbaar: de aanhangers van de slurry-introductie (i.h.a. gebruikers van Perkin-Elmer apparatuur) en de aanhangers van de vaste-stofintroductie (i.h.a. gebruikers van Grün apparatuur).

Samenvattend kan worden gesteld dat verbeteringen in grafietovenmethoden en -instrumentatie gedurende de afgelopen jaren, zoals:

- snelle signaalevaluatie gekoppeld aan piekoppervlaktemeting,
- snelle opwarming van de grafietoven; gebruik van chemische modifiers, betere grafietbuisjes en platforms,
- betrouwbare correctie van hoge achtergrond absorptie m.b.v. het Zeeman-effect, de basis hebben gelegd voor de reductie van interferenties. Dit heeft de analyse van moeilijke monsters (vaste stoffen en/of slurries) mogelijk gemaakt.

Slurries gedragen zich hierbij goeddeels als vloeistoffen. De analyse van slurries m.b.v. GF-AAS heeft daarom de volgende voordelen:

- er is geen of slechts een geringe modificatie nodig van de reeds bestaande apparatuur.
- automatisering is in principe relatief eenvoudig te realiseren.
- met een enkele inweeg zijn meerdere analyses (bijv. bepaling van meerdere elementen) mogelijk.
- calibratie is i.h.a. mogelijk tegen waterige standaarden.
- verdunnen van de slurry is mogelijk, dus slurry-introductie is eenvoudig toepasbaar voor monsters met hoge gehalten.
- de STPF-condities (Stabile Temperature Platform Furnace), standaard-additiemethode en matrixmodificatie kunnen normaal worden toegepast, zodat gebruik kan worden gemaakt van reeds ontwikkelde grafietovenmethoden.

Een nog niet bevredigend opgelost probleem is de stabiliteit van de slurry; door bezinking van de vaste-deeltjes wordt slechts gedurende een zeer korte periode een homogene deeltjesverdeling bereikt. Voorts is, door de relatief grote inweeg (100 - 500 mg), de analyse van slurries minder geschikt voor homogeniteitstudies.

De introductie van vaste stoffen en analyse m.b.v. GF-AAS is daarentegen uitermate geschikt voor homogeniteitstudies (bijv. testen van referentiematerialen of monsters voor interlaboratoriumonderzoek) en voor analyses op zeer laag concentratieniveau (ug-ng/kg). De inweeg bedraagt i.h.a. 0.1 - 15 mg, zodat ook monsters waarvan zeer weinig materiaal beschikbaar is, kunnen worden geanalyseerd. Enkele beperkingen van de vaste-stofintroductie zijn:

- er is speciaal ontwikkelde apparatuur nodig.
- de achtergrondcorrectie moet optimaal zijn, d.w.z. veelal is Zeeman achtergrondcorrectie noodzakelijk.
- de calibratie is nog altijd moeilijk. Kalibratie tegen waterige standaarden is niet altijd mogelijk, terwijl kalibratie tegen referentiematerialen kan leiden tot grote betrouwbaarheidsintervallen.

- de analyse van monsters met hogere gehalten is problematisch. Het grafietovensysteem is i.h.a. niet geschikt voor het gebruik van de minder gevoelige niet-resonantielijnen. Verdunnen met grafietpoeder of het gebruik van een (nog) kleinere inweeg leidt tot een slechte herhaalbaarheid.
- automatisering is nog altijd niet commercieel beschikbaar. De methode is daarom zeer arbeidsintensief; omdat tijdens de meting het ingewogen materiaal verloren gaat, is per meting een aparte inweeg nodig.

Hierna volgen nog enkele praktische punten uit de meest interessante lezingen t.a.v. de slurry- en de vaste-stofintroductie.

- Miller-Ihli presenteerde een methode voor de bereiding van slurries: aan een hoeveelheid vast monstermateriaal wordt verdund zuur, dat 0.04% Triton-X-100 bevat toegevoegd. Een homogene deeltjesverdeling van de slurry wordt bewerkstelligd door vlak voor de injectie in de grafietoven met de hand te mengen d.m.v. ultrasonische trilling. Bepaling van Al, Ca, Cr, Cu, Fe, Mn, Mo en Zn m.b.v. een commerciële autosampler en "STPF"-condities gaf voor een groot aantal referentiematerialen een gemiddelde precisie van $100 \pm 12\%$. Mogelijk doordat een groot deel van de elementen door het zuur wordt geëxtraheerd, heeft de deeltjesgrootte (< 600 um diameter) weinig effect op de reproduceerbaarheid.
- Garnick introduceerde een modificatie van de Perkin-Elmer autosampler AS-60, waarbij de monsters voor de injectie in de grafietoven automatisch worden gemengd d.m.v. ultrasonische trilling.
- Hoenig stabiliseerde slurries van monsters van gewas, dierlijk weefsel, grond en slib d.m.v. glycerine. Door de hoge viscositeit van glycerine werd gedurende langere tijd een homogene deeltjesverdeling bereikt. De beste resultaten werden verkregen met een verhouding van 4:1 glycerine en 5% (v/v) salpeterzuur. Het monster werd direct in het autosamplercupje afgewogen (3-100 mg) en na toevoegen van 1 ml medium gehomogeniseerd. Kalibratie vond plaats tegen waterige stand-aarden, waaraan eenzelfde hoeveelheid glycerine werd toegevoegd. Het glycerine kon tijdens de verassingsstap volledig worden verwijderd.

- Darke presenteerde de resultaten van een onderzoek naar de slurry-introductie in een inductief gekoppeld plasma (ICP) gevolgd door AES- of MS-metingen. Gebruik werd gemaakt van "de Galan" V-groove verstuiver en de "Scott" mengkamer. De belangrijkste factor die de goede werking van het systeem bepaalt is de deeltjesgrootte van het monster. Uit het onderzoek bleek dat deeltjes $< 8 \text{ um}$ of zelfs $< 5 \text{ um}$ nodig zijn om een voldoende en reproduceerbare hoeveelheid deeltjes het plasma te laten bereiken. Een slurry met dergelijk fijne deeltjes zou kunnen worden verkregen door 0.5 g monstermateriaal en 5 ml verdund salpeterzuur met 5 g zirconiumoxidekorrels in een afgesloten plastic buisje te roteren.
- Mohl stelde vast dat bij de vaste-stofintroductie en analyse m.b.v. GF-AAS in sommige gevallen het gebruik van matrixmodifiers leidt tot een aanzienlijke verbetering van de meetomstandigheden. Zo kon door het gebruik van Pd bij de bepaling van Pb en Se in gewasmonsters worden gekalibreerd tegen waterige standaarden. Door toepassing van Pd als modifier kon de verassing bij een circa 600°C hogere temperatuur plaatsvinden. Een probleem bij de toepassing van waterige matrixmodifiers is dat de methode nog meer arbeidsintensief wordt, bovendien is een goede menging van het monster met de modifier zeer kritisch.
- Een zeer elegante methode voor de bepaling van kwik in een groot aantal verschillende materialen is de vaste-stofintroductie in een speciaal hiervoor ontwikkelde oven van de firma Grün. Een hoeveelheid gedroogd materiaal (tot 100 mg) wordt op een schuitje afgewogen. Vervolgens wordt het geheel vanaf de zijkant in de op 500°C verhitte oven geschoven. Het vrijkomende kwik wordt d.m.v. van het atomaire absorptie signaal bepaald. Kalibratie vindt plaats met waterige standaarden.

4 TOEPASSINGEN

In deze sessie werden de toepassingen van de vaste-stofanalyse gerapporteerd. Het betrof hier toepassingen op anorganisch gebied, produkt- en kwaliteitscontrole enerzijds en toepassingen in biologisch, toxicologisch en milieukundig onderzoek anderzijds.

Uit een overzicht van Esser bleek dat het aantal industriële toepassingen in Duitsland in de afgelopen jaren niet drastisch is veranderd. De ontwikkeling van een autosampler en van een oven voor de analyse van monsters van metalen, zoals in dit colloquium gepresenteerd, kunnen hierin mogelijk verandering brengen. De gepresenteerde industriële toepassingen zijn:

- de bepaling van sporen zilver in koper.
- de bepaling van lood in auto-katalysatoren.
- de bepaling van sporen bismuth, cadmium, kwik, lood en thallium in gallium.

T.a.v. de kwaliteitscontrole presenteerde Stoeppler een poster over de toepassing van de vaste-stofintroductie en analyse m.b.v. GF-AAS voor het testen van de homogeniteit van referentiematerialen en materialen voor de "Environmental Specimen Bank" in West-Duitsland. Grobecker rapporteerde de resultaten van de eerste (internationale) interlaboratoriumstudie voor de analyse van biologisch en plantaardig materiaal met vaste-stofintroductie en analyse m.b.v. GF-AAS. De resultaten voor cadmium, chroom, koper, lood en kwik, uitgewerkt volgens ISO 5725, waren bevredigend.

De gepresenteerde toepassingen in biologisch, toxicologisch en milieukundig onderzoek zijn:

- monitoring van zware metalen in grond en gewas.
- directe bepaling van atmosferisch lood.
- bepaling van lood in tanden van koeien als indicator voor de mate van bloedstelling aan lood in het milieu.
- monitoring van zware metalen in het Alpenmeer Orta (Italië).
- evaluatie van lood en cadmium profielen in vogelveren.
- bepaling van spoorelementen in menselijk weefsel na biopsie en necropsie.
- bestudering van de interactie van cadmium, lood en zink in menselijke organismen.
- bepaling van chroom, lood, cadmium en nikkel in nierstenen.

5 CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN

De ontwikkeling van de vaste-stofintroductie en analyse m.b.v. GFAAS is enigszins blijven steken in de problemen rond de introductie in de grafietoven (geen automatisering) en de kalibratie. Voor de toepassing

van deze techniek is veelal speciaal ontwikkelde apparatuur benodigd. De enig commercieel verkrijgbare apparatuur wordt geleverd door Grün Analysengeräte GmbH (prijs Fl 100.000,- - Fl 120.000,-). Door een beperkte marketing van deze firma is de toepassing van de vaste-stofintroductie en analyse m.b.v. GFAAS hoofdzakelijk beperkt gebleven tot West-Duitsland. Toepassingsmogelijkheden in landbouwkundig onderzoek zijn er in principe voor de spoorelementanalyse in melkpoeders, gewas, vlees, vis en grond (laag niveau). Een bijzondere en zeer elegante toepassing is de bepaling van kwik in een groot scala gedroogde materialen. m.b.v. een speciaal ontwikkelde oven van bovengenoemde firma. Voor deze toepassing alleen, is echter de aanschaf van de benodigde apparatuur een te grote investering.

Een stormachtige ontwikkeling op het gebied van de slurry-analyse is in de nabije toekomst te verwachten. Slurry-introductie is toepasbaar zowel bij de vlam en grafietoven atomaire absorptie spectrometrie (FAAS resp. GFAAS) als bij de inductief gekoppeld plasma atomaire emissie spectrometrie (ICP-AES).

De analyse van slurries m.b.v. ICP-AES sluit mogelijk goed aan bij de momenteel op de afdeling ACON lopende onderzoeken naar de toepassing van V-groove nebulisers voor de introductie van monsters in het ICP en naar een multi-element zuurdestructie m.b.v. de microwave-techniek. Met de microwave-techniek blijkt het niet altijd mogelijk de te onderzoeken materialen volledig op te lossen. In het achterblijvend materiaal kunnen metalen zijn ingesloten (bijv. ijzer), waardoor een te laag gehalte wordt verkregen. Na verdere bewerking (roteren met zirconiumoxidekorrels) en introductie van de verkregen slurry in het ICP worden mogelijk juistere gehalten verkregen. Voor de introductie van slurries zijn V-groove nebulisers meer geschikt dan de "matrix gevoelige" cross flow nebuliser.

Voor de toepassing van slurry-introductie in de grafietoven is Zeeman achtergrondcorrectie een vereiste. Dit achtergrondcorrectiesysteem is bij het RIKILT niet voorhanden. O.a. met het oog op dit type onderzoek moet de aanschaf van een dergelijk systeem worden overwogen.

De gelegde contacten met Stoeppler (KFA, Jülich, West-Duitsland) en Pauwels (J.R.C.-CBNM, Geel, België) dienen te worden uitgebouwd. Beiden zijn nauw betrokken bij de certificering van referentiematerialen

voor de BCR. Bij Stoeppler is bovendien een uitgebreide expertise aanwezig t.a.v. de monstervoorbewerking en -ontsluiting. Via hem kan worden geput uit reeds onderzochte materialen van de Duitse "Environmental Specimen Bank".

Voor ervaring op het gebied van de vaste-stofanalyse m.b.v. GFAAS kan kontakt worden opgenomen met Herber (Coronel laboratorium, Amsterdam), de enige Nederlandse gebruiker van Grün-apparatuur tot nu toe.

Bijlage I: Deelnemerslijst.

LIST OF PARTICIPANTS, 3RD INT. SOLID SAMPLING COLLOQUIUM,

WETZLAR, OCT. 10-12, 1988

Dr. Albanbauer
Bayer. Landeskriminalamt
SG 21
Postfach 19 02 62
8000 München 19

R. Bernhardt
Grün Analysengeräte GmbH
Industriestr. 27-31
D-6330 Wetzlar

Mr. L. De Angelis
C.B.N.M.
Steenweg op Retie
B-2440 Geel
Belgium

Dr. J. Boelter
Chemische Werke Huels AG
Werk 1
Herzogstr. 28
D-4690 Herne 2

Prof. Dr. I. Atsuya
Kitami Institute of
Technology
165 Koen-cho, 090 Kitami
Hokkaido
Japan

Herrn
C. Busche
Schunk Kohlenstofftechnik
Postfach 6420
D-6300 Gießen 1

Frau
Dipl.Ing. U. Bagschik
KFA Jülich, ICH-4
Postfach 19 13
D-5170 Jülich

Cinali
G.S.G. S.p.A.
Via Galileo Galilei 2
I-20091 Bresso
Italy

Dr. D.C. Baxter
Dept. of Anal. Chem.
University of Umea
S-90187 Umea
Sweden

K. Dahl
Inst. of Occupational Health
P.O. Box 8149
Gydas Vei 8
Oslo 1
Norway

Dr. K.F. Becker
Bundesgesundheitsamt
Unter den Eichen 82/84
D-1000 Berlin 33

Miss S.A. Darke
E.M.Sc. Division, BSSI
Harwell Laboratory,
UKEA, Oxfordshire OX11 0RA
UK

Prof. Dr. K. Dittrich
Karl-Marx-Univ.,
Sektion Chemie
Talstr. 35
DDR-7010 Leipzig

Dr. C. Franchini
CRESAM, Sez. Diagn.
Chem. e Rad.
I-56010 San Piero a Grado
(Pisa)
Italy

Herrn
C. Dirscherl
Veterinär-Untersuchungsamt
Ludwig-Maximilian Universität
Veterinärstr. 13
D-8000 München

M. Franke
Bundeskriminalamt KT13
Thaerstr. 11
D-6200 Wiesbaden

Herrn
Dr. K. Dungs
Spectro A.I. GmbH
Busch Str. 10
D-4190 Kleve

Dr. W. Frech
Dept. of Anal. Chem.
University of Umea
S-90187 Umea
Sweden

A. Eifert
Inst. f. Angew. u. Techn.
Mineralogie
Universität Gießen
D-6300 Gießen

Herrn
Dr. G. Fuchs-Pohl
E. Merck
Frankfurter Str. 250
D-6100 Darmstadt

Dr. P. Esser
Anneliese Zementwerke AG
Postfach 65
D-4722 Ennigerloh

Dipl.Chem. W. Funk
Universität -GH- Duisburg
MF 150
Lothar Str. 1
D-4100 Duisburg 1

Dr. P. Fecher
Landesuntersuchungsamt
Henkestr. 9-11
D-8520 Erlangen

U. Gassert
Grün Analysengeräte
Industrie Str. 27-31
D-6300 Wetzlar

Dr. J. Fleckenstein
Institut für Produktions- und
Ökotoxikologie der Bundes-
forschungsanstalt für
Landwirtschaft
Bundesallee 50
D-3300 Braunschweig

Herrn Griebel
Zoologisches Institut
Universität Frankfurt
D-6000 Frankfurt am Main

Herrn
Dipl.Biol. K.H. Grobecker
Central Bureau for
Nuclear Measurements
Steenweg op Retie
B-2400 Geel

Dr. R.F.M. Herber
University of Amsterdam
Coronel Laboratory
Meibergdreef 15
NL-1105 AZ Amsterdam
The Netherlands

Prof. Dr. T. Hadeishi
Lawrence Berkeley Laboratory
University of California
Berkeley, CA 94720
USA

Dr. O. Hilmer
Hermann C. Stark Berlin
Werk Goslar
Postfach 2540
D-3380 Goslar

Herrn
Dipl. Geogr. E. Hahn
Büro für Monitoring
Auf der Heide 16
D-5170 Jülich

Frau
Dipl.Chem. E. Hiltenkamp
Arbeitsgruppe für Mikro- und
Spurenanalyse,
Ruhr-Univ. Bochum
Universitätsstr. 150
D-4630 Bochum

Frau
Dipl. Biol. K. Hahn
Büro für Monitoring
Auf der Heide 16
D-5170 Jülich

Dr. M. Hoenig
Institut de Recherches
Chimiques
Museumlaan 5
1980 Tervuren
Belgien

Mr.
J. Hannon
BAIRD Corporation
125 Middlesex Turnpike
Bedford, MA
USA

Herrn
Dr. J. Hoffmann
Eduard Spranger Str. 7
D-8000 München 45

Herrn Hardt
Varian GmbH
Alsfelder Str. 6
D-6100 Darmstadt

Prof. J.A. Holcombe
Dept. of Chemistry
University of Texas
Austin, TX 78712
USA

Herrn
W. Henning
Chemisches und Lebensmittel-
untersuchungsamt
Hövelstr. 8
D-4600 Dortmund

Dipl.Phys. I.C. Hsu
Grün-Optik Wetzlar GmbH
Postfach 31
D-6330 Wetzlar 21

B. Huetsch
Ringsdorff-Werke GmbH
Drachenburgstr. 1
D-5300 Bonn 2

J. Kress
Fachhochschule Fulda
Fachbereich Haushalt und
Ernährung
D-6400 Fulda

M. Kempeneer
Fachhochschule Fulda
Fachbereich Haushalt und
Ernährung
D-6400 Fulda

HerrnKrüger
Zoologisches Inst.
Univ. Frankfurt
D-6000 Frankfurt

Dr. A.M. de Kersabiec
Univ. Paris 6
Laboratoire Geochimie et
Métallologie T.16
4, Place Jussieu
F-75252 Paris, Cedex 05

Prof. Dr. U. Kurfürst
FHS Fulda
Fachbereich Haushalt und
Ernährung
Marquardstr. 36
D-6400 Fulda

Herrn
Mr. P. Kipper
Grün-Optik Wetzlar GmbH
Industriestr. 27-31
D-6330 Wetzlar 21

Dr. W. Lichtenberg
Bundeskriminalamt KT13
Thaerstr. 11
D-6200 Wiesbaden

Frau
Dipl.Biol. B. Klüßendorf
Euratom Joint Research Center
Igora
I-21020 Ispra (Varese)
Italy

Dr. P.S. Low
Climatic Research Unit
University of East Anglia
Norwich NR4 7TJ
UK

Frau
Dipl.-Ing. A. Köhler
Adam Opel AG.,
PEK-Werkstoffentwicklung
u. -prüfung
Bahnhofsplatz 1
D-6090 Rüsselsheim

M. Meier
— Bundeskriminalamt KT13
Thaerstr. 11
D-6200 Wiesbaden

Herrn
Dr. J. Krahel
Spectruma GmbH
Benzstr. 5-B
D-8011 Kirchheim

Dr. N.J. Miller-Ihli
USDA, NCC
Building 161 Barc-East
Beltsville, MD 20705
USA

Frau
D.I. C. Mohl
KFA Jülich
ICH-4
Postfach 1913
D-5170 Jülich 1

Frau Dr. B. Pohl
Varian GmbH
Alsfelderstr. 6
D-6100 Darmstadt 11

Drs. D.I. H. Muntau
EURATOM Joint Research Centre
Ispra
I-21020 Ispra (Varese)
Italy

Dr.-Ing. K. Prade
Inst. f. Umwelt-, Energie-
u. Geotechnik GmbH
Wilhelm-Will-Str. 7
6300 Wetzlar 21

Dr. G. Nonnenmacher
Degussa AG
D-6450 Hanau

A. Qu
Inst. f. Angew. u. Techn.
Mineralogie, Universität
Gießen
D-6300 Gießen

Dr.-Ing. K.D. Ohls
Hoesch Stahl AG
Postfach 105042
4600 Dortmund 1

Herrn
D.C. U. Reisch
KFA - IRW
Postfach 1913
D-5170 Jülich 1

Herrn
Dipl.Min. U. Oppermann
Shimadzu Europa GmbH
Albert-Hahn-Str. 6-10
D-4100 Duisburg

Frau
Dipl.Min. V. Rzepka-Glinder
Institut für Geologie und
Mineralogie, Uni. Gießen
Senckenbergstr. 3
D-6300 Gießen

Dr. J. Pauwels
J.R.C.-CBNM
Steenweg Naar Retie
B-2440 Geel

S. Sachsenberg
ICBM,
Postfach 2503
D-2902 Rastede

Prof. Dr. H.-J. Pesch
Pathologisches Institut der
Universität Erlangen-Nürnberg
Krankenhausstr. 8-10
D-8520 Erlangen

T. Scherer
Inst. f. Angew. u. Techn.
Mineralogie
Universität Gießen
D-6300 Gießen

Dr. G. Schlemmer
Department of Atomic
Spectroscopy, Bodenseewerk
Perkin-Elmer & Co GmbH
D-7770 Überlingen

Dr. Y. Thomassen
Inst. of Occup. Health
P.O. Box 8149 Dep
N-0033 Oslo 1
Norway

Dr. W. Schubert
Milchwerke Westfalen eG
Bielefelder Str. 66
D-4900 Herford

Herrn
K.-H. Tobies
Rheinisch-Westfälischer TÜV
Langemarckstr. 20
D-4300 Essen

Herrn
M. Seckler
SPECTRO A.I. GmbH
Bachstr. 10
D-4190 Kleve

Dr. J. Tyson
Dept. of Chemistry
University of Technology
Loughborough, Leicestershire
LE11 3TU, UK

Herrn
Dr. M. Sperling
Dept. of Atomic Spectroscopy
Bodenseewerk Perkin-Elmer
D-7770 Überlingen

W. van Delft
State Inst. f. Quality
Control of Agricultural
Products
Bornsesteeg 45
NL-Wageningen
The Netherlands

Dr. M. Stoeppler
KFA Jülich
Postfach 1913
D-5170 Jülich 1

Mr. R.L. Watters, Jr.
Chemistry, B 222
National Institute of
Standards and Technology
Gaithersburg, MD 20899
USA

Prof. Dr. G. Strübel
Angewandte und Technische
Mineralogie
Diezstr. 15
D-6300 Gießen

Frau
Dr. S. Wegner-Hambloch
Milupa AG
Bahnstr. 14-30
D-6382 Friedrichsdorf/TS

Dr. J. Stupar
Josef Stefan Institut
Jamova 39
YU-Ljubljana
Yugoslavia

Frau
Dr. R. Wittassek
Bremer Umweltinstitut
Wieland Str. 25
D-2300 Bremen