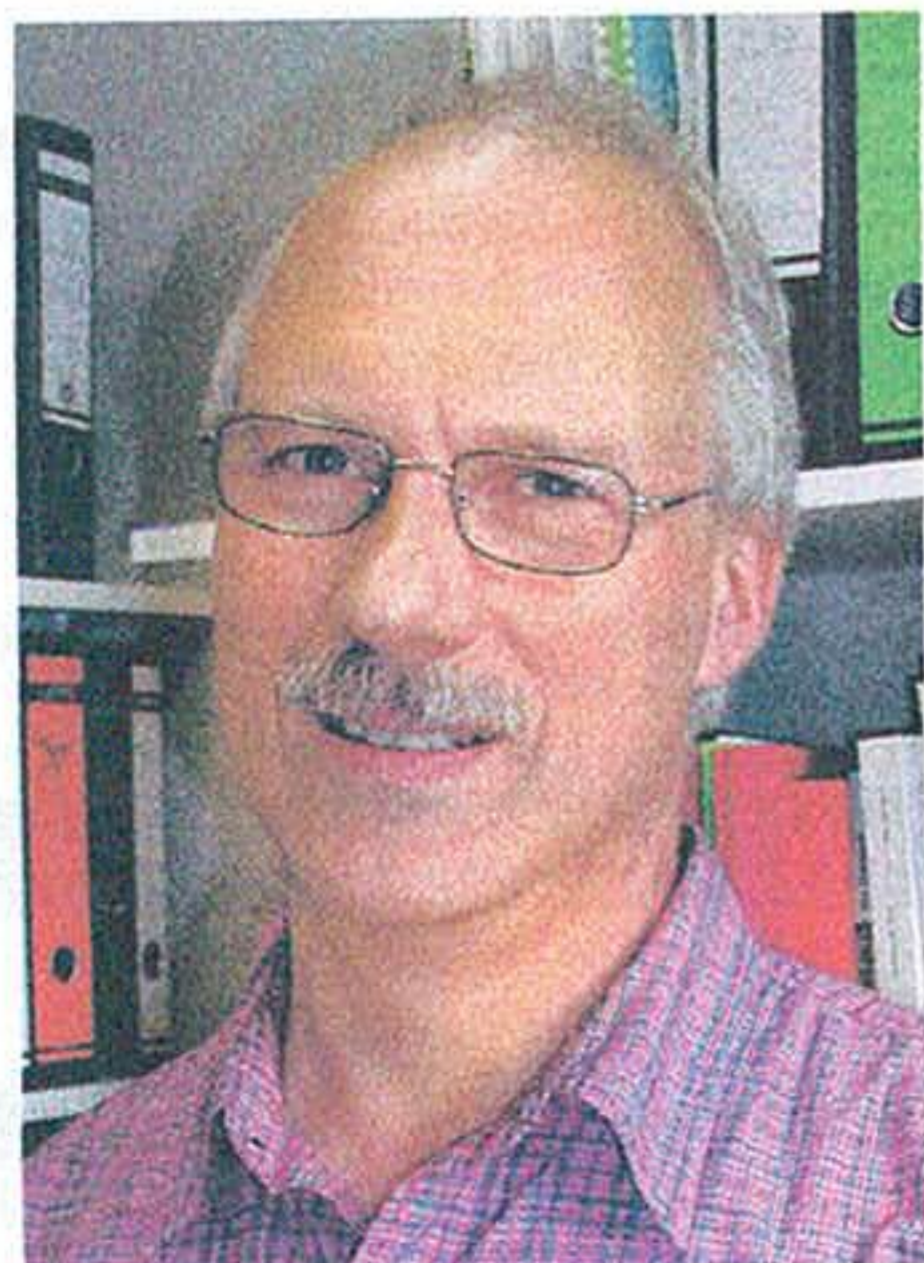


Partikel im Rauchgas

Rohgas-Analyse bei der Müllverbrennung als Basis für die Prozesssteuerung



► Dipl.-Phys. Christian Deuerling, Institut für Ökologische Chemie, GSF – Forschungszentrum für Umwelt und Gesundheit



► Dr. Jürgen Maguhn, Institut für Ökologische Chemie, GSF – Forschungszentrum für Umwelt und Gesundheit

Ein Hauptkostenfaktor während des Betriebes einer Müllverbrennungsanlage (MVA) ist die Hochtemperatur (HT)-Korrosion, die selbst die eingesetzten hochwertigen Stähle stark abzehrt. Hervorgerufen wird die HT-Korrosion durch Chloride, die aus dem Brenngut gasförmig oder als Partikel ins Rauchgas übergehen, welche dann durch Thermophorese oder aufgrund ihrer Trägheit an den Oberflächen im Kessel abgeschieden werden (Hochtemperatur-Chlorid-Korrosion).

Die Chlorid-Korrosion ist bei hoher Temperatur um ein Vielfaches aggressiver als Korrosion durch HCl oder Sulfate. Wenn sich die Sulfatierung von Partikeln (Umwandlung der Chloride in Sulfate) im MVA-Rauchgas, die zu einer verringerten Korrosion im Kessel führt, durch Messung der Konzentrationsverhältnisse SO_2 zu HCl zu Gesamtchlor erfassen ließe, stünde ein online messbarer Parametersatz zu Verfügung, um aktiv in die Anlagensteuerung einzugreifen und so prozessintegriert zu einer Verringerung der rauchgasseitigen Korrosion beizutragen. Dieser Ansatz wird aktuell in einem Forschungsprojekt wissenschaftlich auf seine technische Umsetz-

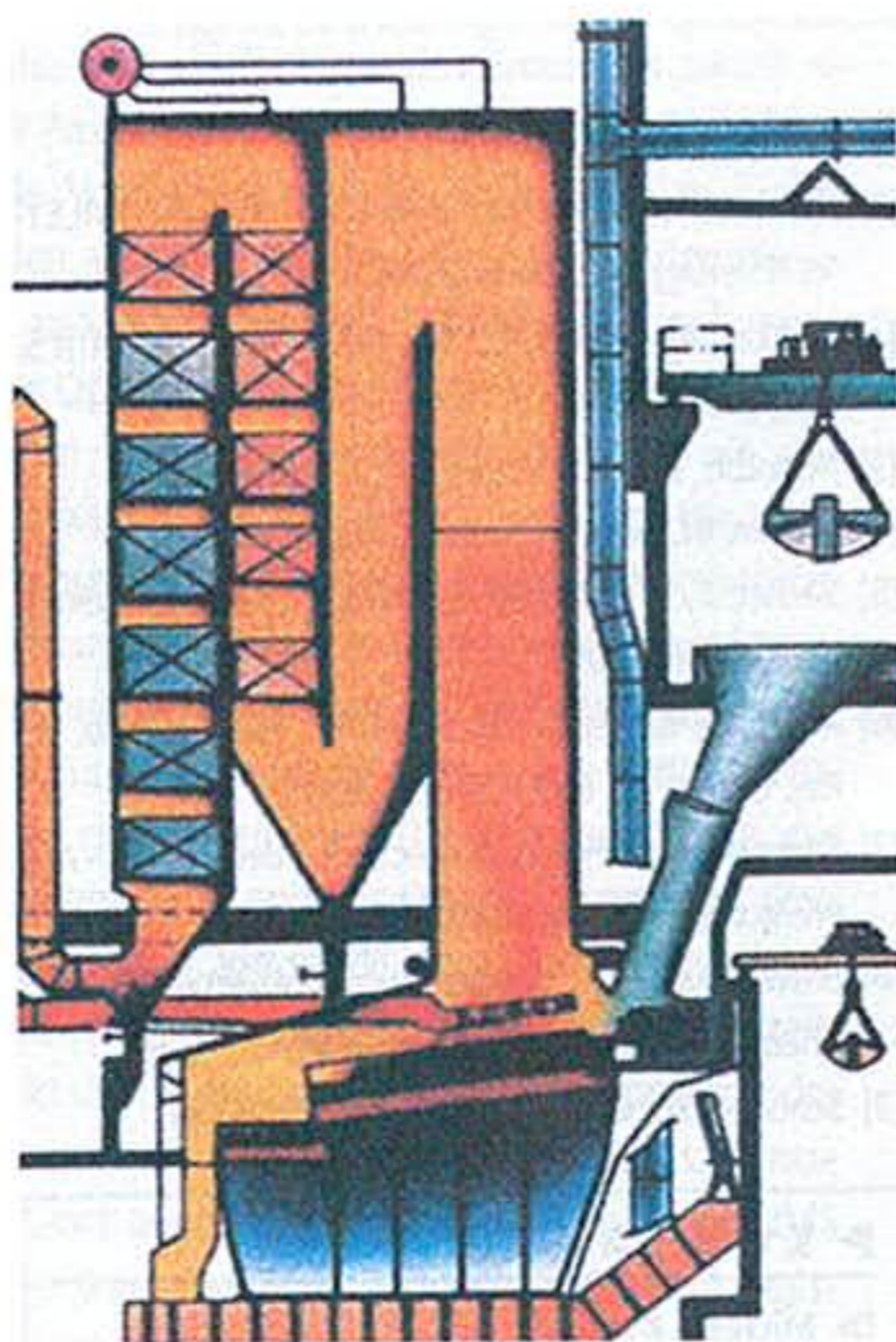
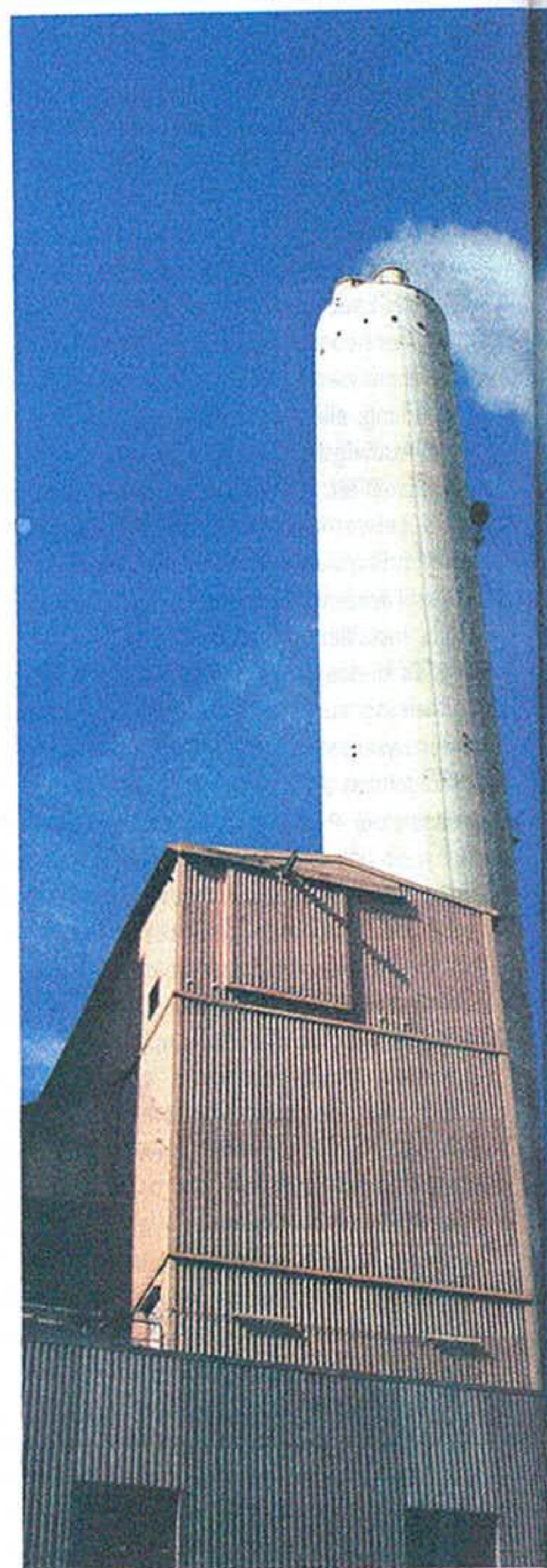


Abb. 1: Querschnitt eines Kessels einer Müllverbrennungsanlage. Zu sehen sind der Müllaufgabebetrachter, der Rost und die vier vertikalen Züge, bevor das Rohgas den Kessel verlässt und gereinigt wird. Einbauten zur Dampferzeugung sind vor allem im 3. (rote Pakete) und 4. Zug (blaue Pakete) vorhanden.



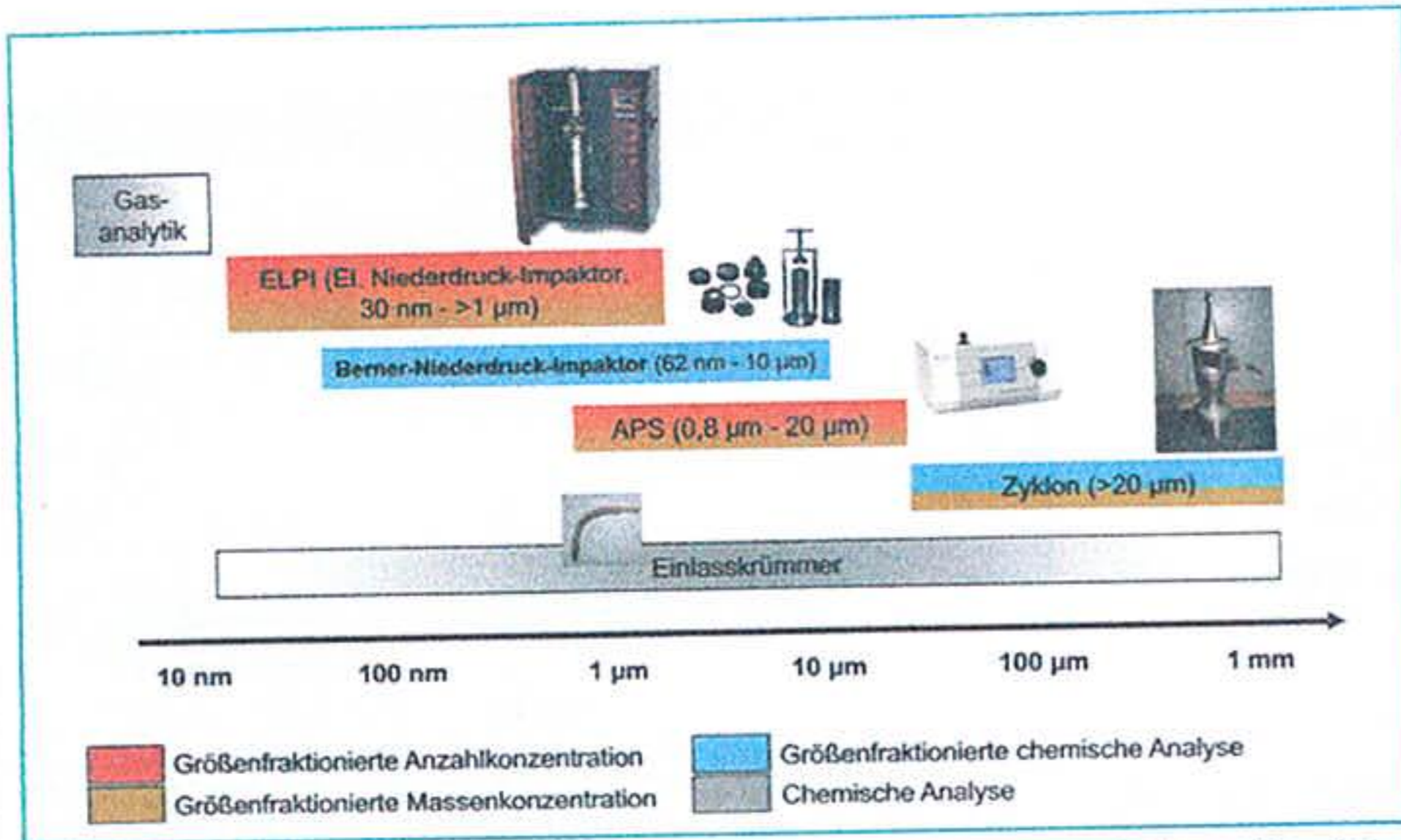


Abb. 2: Darstellung der jeweiligen Partikelgrößen-Messbereiche der eingesetzten Analysegeräte auf einer logarithmischen Skala. Die farbliche Kodierung weist auf die unterschiedlichen Analyseverfahren hin.

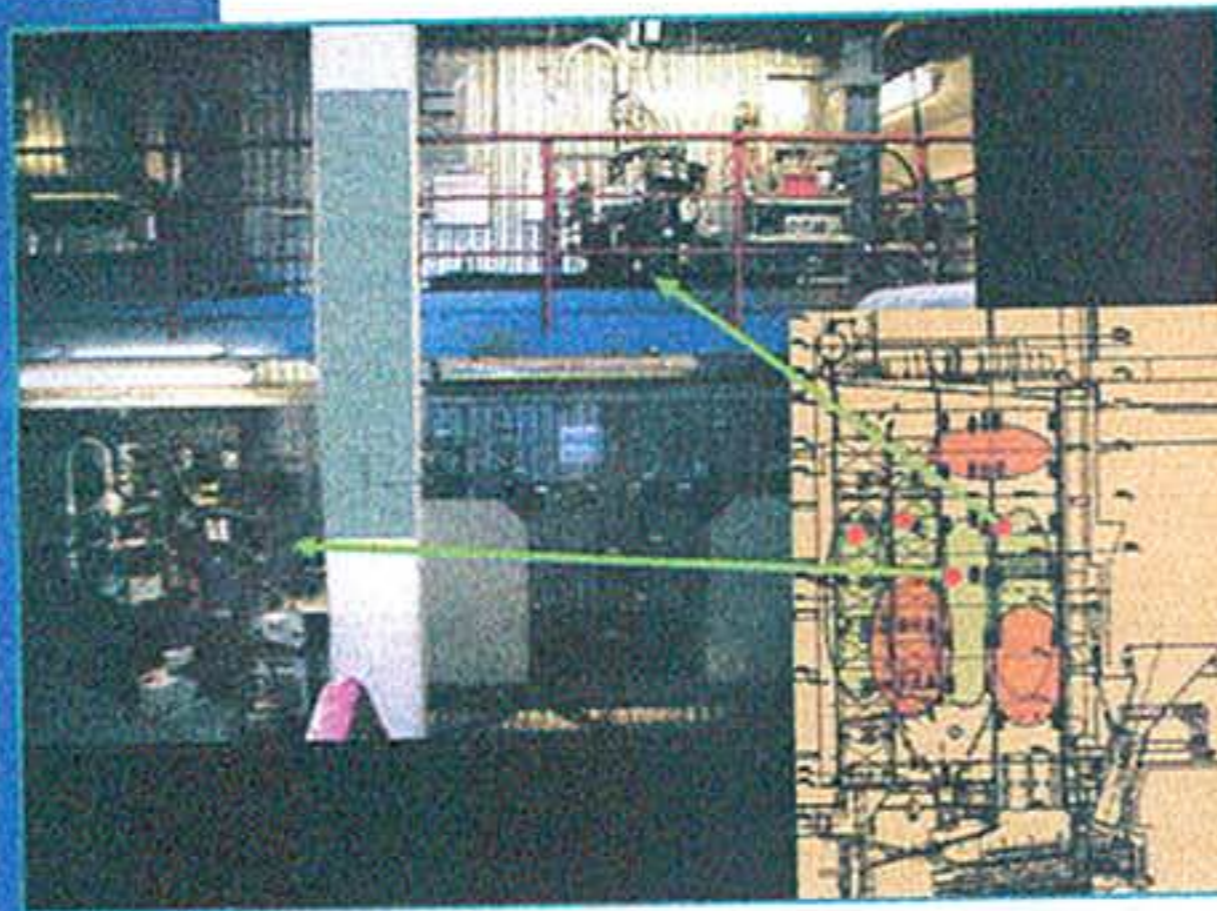


Abb. 3: Blick auf eine Messung im 1. (rechts oben) und 2. Zug (links unten). In der Skizze des Kesselaufbaus sind alle vier Messpunkte – einer pro Zug – als rote Punkte eingezeichnet. Der Müllaufgabe (unten rechts) folgen in dieser Anlage die vier vertikalen Züge des Kessels. Die Korrosionsgefährdeten Bereiche sind rot, die relevanten Messbereiche grün unterlegt.

barkeit hin untersucht. Das Projekt wird in Kooperation mit Industriepartnern (GKS – Gemeinschaftskraftwerk Schweinfurt als Projektleiter) und interdisziplinären Projektgruppen aus mehreren Instituten (GSF, BfA, Universität Augsburg, Cutec) umgesetzt. Das übergeordnete Ziel des

Projekts ist die Schaffung einer notwendigen Wissensgrundlage für eine prozessintegrierte Verminderung von Korrosionseffekten in MVA. Die bekannten Mechanismen verschiedener Korrosionsvorgänge können im MVA-Betrieb nicht gezielt beeinflusst werden, da das Zusammenwirken reaktiver Bestandteile im Rauchgas, bereits gebildeter Reaktionsprodukte an Kesselwänden sowie Wärmetauschern und verschiedenster Kombinationen von Betriebszuständen der Anlage zu kompliziert ist, um mit singulären Ursache-Wirkungs-Ketten erfasst werden zu können. Lediglich die Beobachtung von Veränderungen in den Belägen gab bisher Hinweise auf Sulfatierungsschritte. Diese Beprobungen fanden jedoch nur im Stillstand der Anlagen statt.

Um die Sulfatierung des Rauchgases zu quantifizieren und Primärmaßnahmen auf ihre Wirksamkeit hin zu überprüfen, muss das Rauchgas an den relevanten Stellen des Kessels analysiert werden. Quantitativ zu bestimmen sind die sauren Anteile der Gasphase und eine größenfraktionierte chemische Analyse der Partikelphase. Von Relevanz für die untersuchten Fragestellungen sind dabei Partikel mit einem aerodynamischen Durchmesser von etwa 10 nm bis zu 100 µm – der Messbereich überspannt also vier Größenordnungen.

Die Differenzierung nach unterschiedlichen Partikelgrößen begründet sich aus der unterschiedlichen Entstehungsart von Partikeln, deren größenabhängigem Aufbau und andererseits ihrem unterschiedlichen Verhalten im Flugstrom. Ein größeres Partikel (z.B. 20 µm) kann geschichtet aufgebaut oder ein poröses Ascheteilchen sein und wird aufgrund seiner größeren Trägheit leichter an Hindernissen abgeschieden. Ein kleines Partikel (<100 nm) ist meist aus einer Substanz (Salz) aufgebaut, kann außerhalb des Feuerraumes durch Nukleation entstanden sein und wird dem Flugstrom weitgehend folgen, kann aber leicht durch thermophoretische Effekte abgeschieden werden und nach der Abscheidung weiter in einen vorhandenen Belag diffundieren.

Die hohen Temperaturen im Kessel machen eine Entnahme des Rauchgases aus dem Kessel notwendig, denn nur „off-stack“ können die

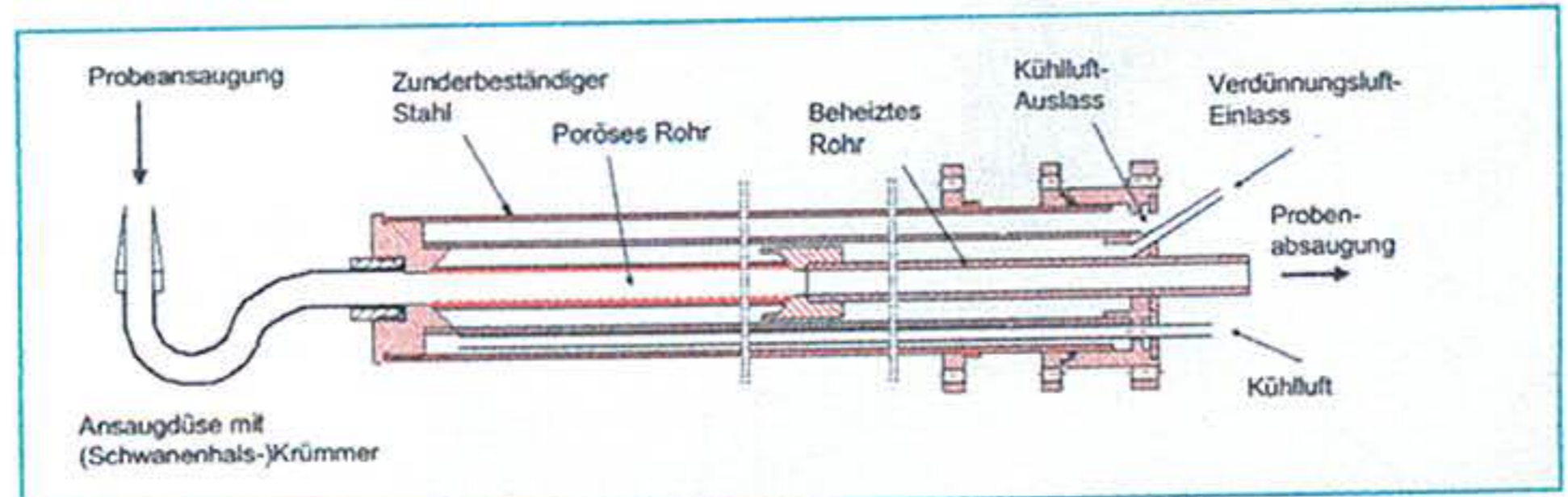


Abb. 4: Prinzipskizze der PTD-Lanze (PTD: Porous tube diluter) mit Verdünnungsgas-Zufuhr und Luftkühlung. Nicht eingezeichnet ist ein integriertes Pitot-Rohr zur Messung der Strömungsgeschwindigkeit im Rauchgas. Das Verdünnungsverhältnis wird über die Bestimmung des CO₂-Gehalts im Rauchgas vor und nach Verdünnung bestimmt.

BioView®



Online Fluoreszenz-Spektrometer für die Prozessanalytik

Das BioView® System misst zweidimensionale Fluoreszenzspektren direkt in industriellen Produktionsprozessen.

Anwendungsgebiete:

- Biotechnologie
- Pharmazeutische Industrie
- Chemische Industrie

DELTA

Venlighedsvej 4
DK-2970 Hoersholm
Tel.: (+45) 72 19 40 00
biotech@delta.dk

www.delta.dk/bioview

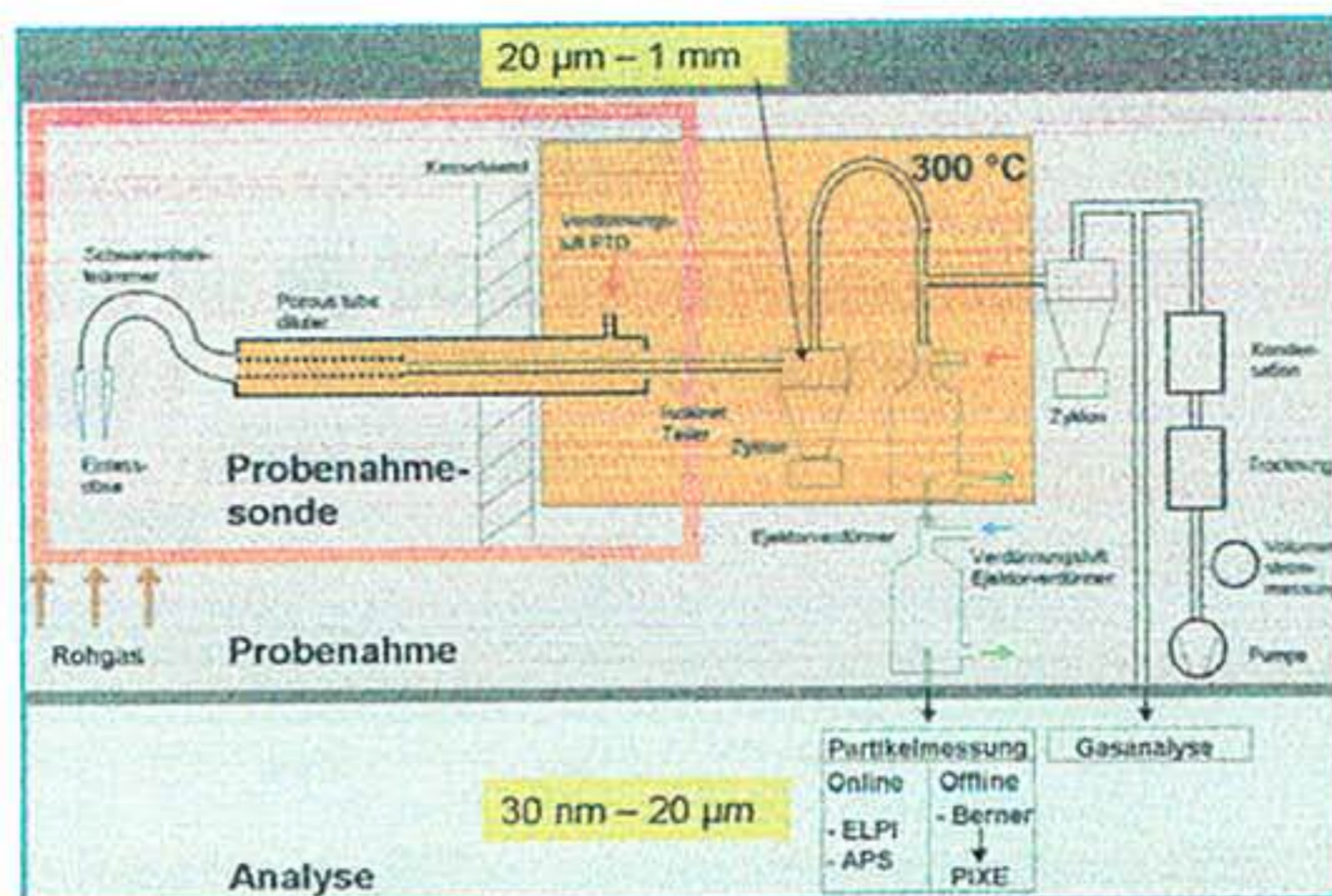


Abb. 5: Probenahmesystem mit Gas- und Partikelzweig. Das auf 300 °C temperierte Rauchgas wird erst nach 1:5-Verdünnung durch das poröse Rohr und 1:10-Verdünnung im ersten Ejektor-Verdünner auf Raumtemperatur gebracht, um Kondensationen und Agglomeration zu vermeiden

chemischen Reaktionen gestoppt und die Aerosolkomponenten differenziert untersucht werden. Die Qualität einer „off-stack“-Analyse ist stark abhängig von der Probenahme. Um den Anforderungen an die Aufgabenstellung gerecht zu werden, wird das Probenaaerosol auf der Probenahmestrecke auf einer konstanten Temperatur von 300 °C gehalten und schnell und stark verdünnt – insgesamt um den Faktor 500, um die chemischen Partikeleigenschaften „einzufrieren“ und eine zeit-, anzahl- und größen aufgelöste Analyse zu ermöglichen.

Für die größenfraktionierte Abscheidung der Aerosolpartikel werden Niederdruck-Impaktoren eingesetzt. Zum einen ein Niederdruckimpaktor nach Prof. Berner, der in einer 8-stufigen Kaskade Partikel zwischen 63 nm und 8 µm (aerodynamischer Durchmes-

ser) fraktioniert und auf Substraten abscheidet. Die Substrate können dann der quantitativen chemischen Analyse zugeführt werden. Diese wird berührungsfrei durch Protonen-induzierte Röntgen-Emission (PIXE) durchgeführt.

Im Wechsel mit dem Berner-Impaktor wird ein elektrischer Niederdruckimpaktor (ELPI: Electrical Low Pressure Impactor, Dekati Oy, Finnland) eingesetzt, der die Partikelanzahl auf den Impaktorstufen einer 12-stufigen Impaktorkaskade zwischen 30 nm und 10 µm online misst. Hierzu werden die Partikel des gemessenen Gases vor dem Eintritt in die Impaktorkaskade elektrisch aufgeladen; diese Ladung wird dann beim Impaktieren wieder abgegeben und über Elektrometer registriert. Parallel zu beiden Impaktoren kommt ein APS (Aerodynamic Particle Sizer, TSI, USA) zur größenfraktionierten An-

Perfect Chromatography for Winners

Für ausführliche Infos:
www.knauer.net

HPLC · SMB · OSMOMETRY

Wissenschaftliche Gerätebau
Dr. Ing. Herbert Knauer GmbH
Hegauer Weg 38 · D-14163 Berlin · Germany
Tel.: +49 (0)30 8097 27-0 · Fax: +49 (0)30 801 50 10
E-Mail: info@knauer.net · Internet: www.knauer.net

KNAUER bietet Komplettlösungen für analytische und präparative HPLC sowie Simulated Moving Bed Chromatographie.

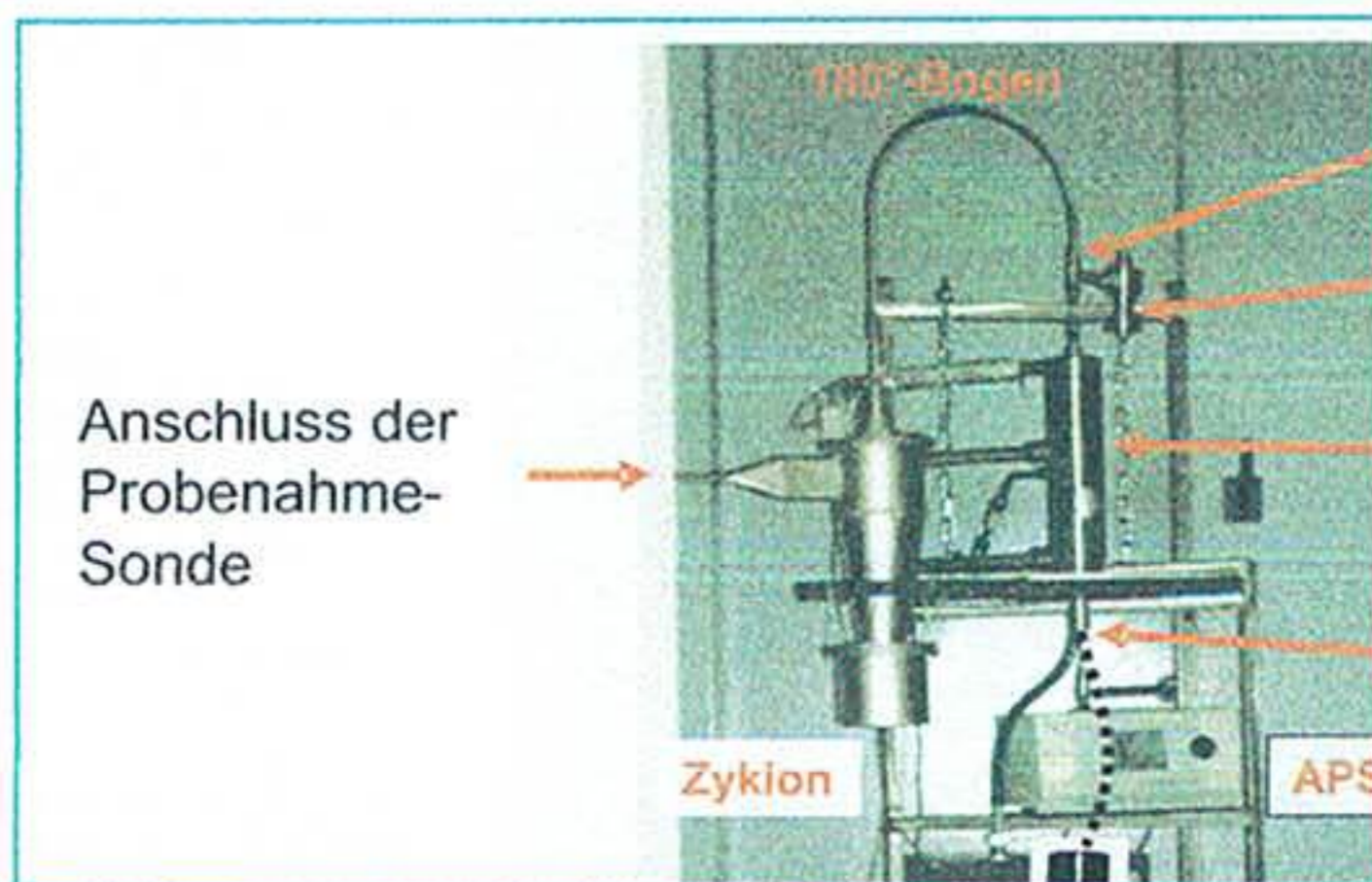


Abb. 6: Foto des noch unverkleideten Messaufbaus

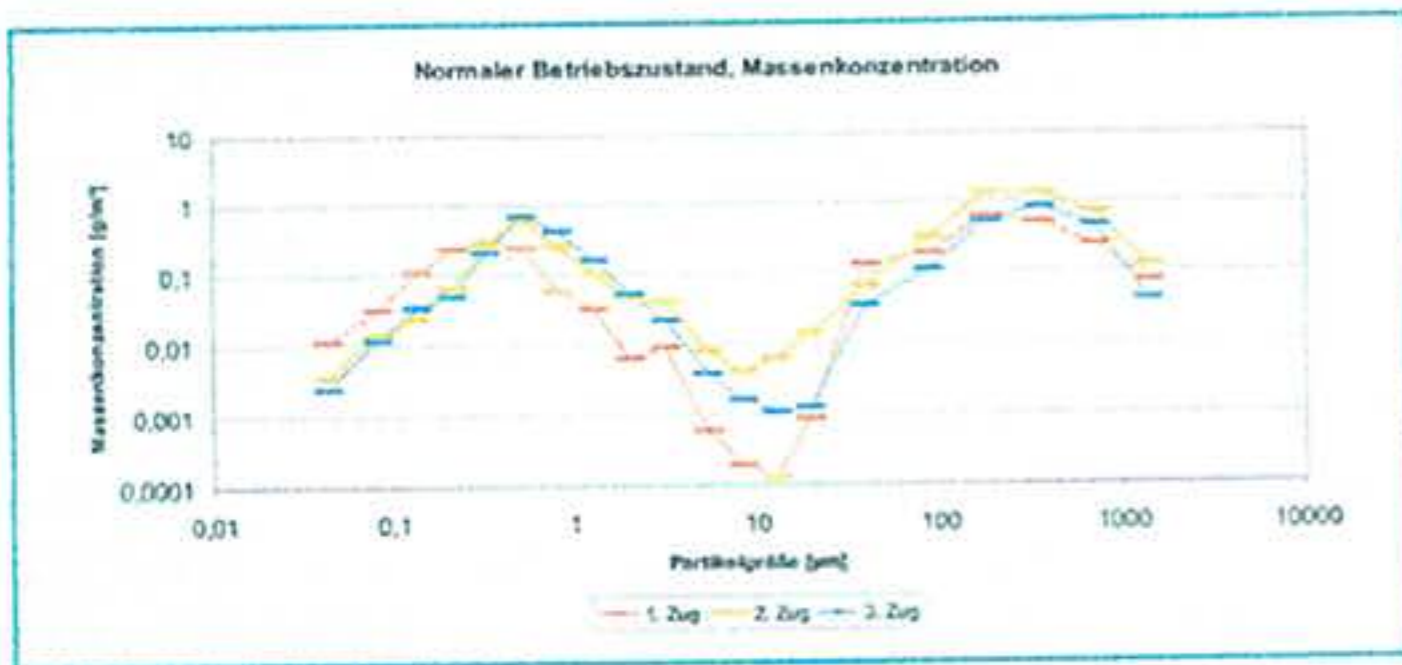


Abb. 7: Örtliche Variabilität der größenfraktionierten Partikelmasse im 1., 2. und 3. Zug (vorläufige Ergebnisse)

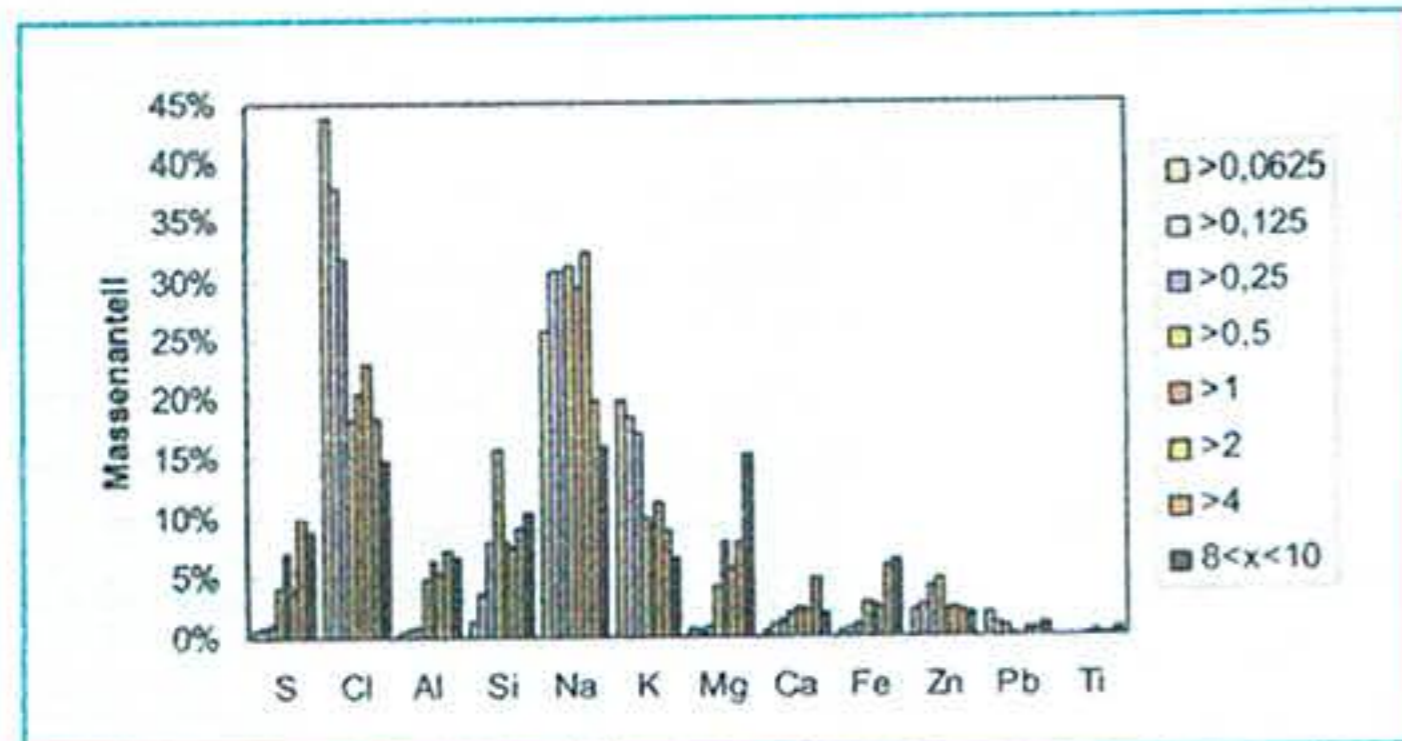


Abb. 8: Größenfraktionierte chemische Zusammensetzung der Partikel < 10 µm aus dem 1. Zug. PIXE-Analyse von Proben des eingesetzten Berner Inpaktors

zahlbestimmung der Partikel im Bereich von 800 nm bis 20 µm zum Einsatz. Dieses Gerät erweitert einerseits den oberen Größen-Messbereich und kontrolliert andererseits permanent die Partikelanzahlkonzentration.

Vor der Messung wird das Aerosol mit einer zweistufigen Ejektor-Verdünerkaskade 100-fach verdünnt.

Unabdingbar sind Messungen in den Bereichen im Kessel, wo die Korrosion am stärksten ist, bei den Einbauten des Dampfkreislaufes im Temperaturbereich zwischen 650 °C und 400 °C. Für Primärmaßnahmen bereits in der Brennkammer ist auch die Analyse des Rauchgases möglichst nahe am Rost notwendig, bei Temperaturen von ca. 800–900 °C. Aufgrund unvermeidbarer Schwankungen der Betriebsparameter und der Zusammensetzung des Brennguts ist es notwendig, jede Messung auf einen Referenzpunkt zu beziehen. Das macht den synchronen Betrieb zweier Messaufbauten bei jeder Messung an zwei verschiedenen Messstellen nötig, an der eigentlichen Messstelle und einem Referenz-Messpunkt, hier im 2. Zug, der

einen Vergleich der verschiedenen Messungen ermöglicht. Für das aktuelle Projekt wurde zur Probenahme eine PTD-Sonde (PTD: Porous tube diluter) für den Einsatz im Temperaturbereich von 200–900 °C entwickelt. Sie hat eine Gesamtlänge von 150 cm und einen Gesamtdurchmesser von 55 mm. Über einen Quarzglas-Krümmen wird das Rauchgas isokinetisch aus dem senkrecht zur Entnahmebohrung strömenden Rauchgas abgesaugt. Nach der 90°-Umlenkung im Krümmen wird das Rauchgas in einem 50 cm langen Rohr weitergeleitet, das aus einer porösen Keramik besteht und über dessen Poren partikelfreie Verdünnungsluft über die gesamte Innenfläche des Rohres einströmt, wodurch das Rauchgas homogen um den Faktor 5 verdünnt wird. Das Verdünnungsgas ist – so wie der folgende Probenahmeaufbau – auf 300 °C temperiert, so dass das Rauchgas ausreichend abgekühlt wird, um die hochtemperaturrelevanten chemischen Reaktionen zu stoppen; andererseits bleibt das verdünnte Gas noch heiß genug, um etwaige Kondensationen vor der endgültigen Verdünnung zu vermeiden.

EINWEG
SCHUTZHANDSCHUHE
AUS CHLOROPREN

Semperguard
CRX

NEU!

- Hochqualitative Chloroprenformel für ähnlichen Komfort wie bei Naturlatex
- Extra Länge 300 mm für besseren Halt und mehr Schutz am Unterarm
- Puderfrei und silikonfrei und dadurch Vermeidung von derartiger Kontamination

sempermed®
INDUSTRIAL

Für weitere Information kontaktieren Sie bitte:

Semperit Technische Produkte GmbH & Co KG
Sempermed Industrial

A - 1031 Wien, Modecenterstr. 22
Tel.: +43 1 79 777 - 520, Fax: +43 1 79 777 - 630
sempermed@semperit.at, www.sempermed.com

Die Verdünnung vermindert zudem eine Agglomeration der Partikel und chemische Reaktionen.

Das so vorkonditionierte Proben aerosol passiert einen Zyklon mit einer Trenngrenze von ca. 25 µm (die gesammelten Partikel werden über eine 5-stufige Siebung in die Größenfraktionen >1 mm, >0,5 mm, >0,25 mm, >125 µm und >63 µm getrennt und chemisch analysiert). Das Proben aerosol gelangt dann über eine Edelstahlbrücke zu einem isokinetischen Teiler, wo ein Teil für die Analyse der Gasphase und Kontrolle der Absaugleistung und Verdünnung in der Sonde abgeleitet wird.

Danach tritt das Aerosol in die bereits erwähnte zweistufige Ejektor-Verdünnerkaskade ein. Jede Stufe verdünnt die Probe um den Faktor 10, so dass bereits nach der ersten Stufe eine ausreichende Verdünnung erreicht ist, um die zweite Stufe mit kalter Reinfluft zu betreiben, ohne dass es noch zu Kondensationen kommen kann.

Erste Ergebnisse zur zeit- und orts aufgelösten größenfraktionierten Analyse der chemischen Zusammensetzung des Rohgases (Partikel- und Gasphase) im Kesselverlauf wurden bereits im Rahmen eines VDI-Forums und auf der EAC 2005 präsentiert. Stellvertretend dafür dokumentieren die beiden folgenden Abbildungen (Abb. 7 und 8) zum ersten Mal die größenfraktionierte Veränderung der chemischen und physikalischen Partikeleigenschaften im Kesselverlauf.

Das Thema der Korrosion von Rohrbündeln im Kessel von Müllverbrennungsanlagen ist nach wie vor hoch aktuell. Es zeigt sich, dass die Bewältigung der Korrosionsproblematik immer noch – und für spürbare Fortschritte immer mehr – auf verlässliche Daten und Modelle aus der elementaren Analyse der Zusammensetzung des Rauchgas-Aerosols im Kessel angewiesen ist. Die Ursachen und die unterschiedlichen Ausmaße der Korrosion bei den verschiedenen Müllverbrennungsanlagen in Deutschland können ohne Aussagen über örtlich, zeitlich und größen aufgelöste Zusammensetzung und Ort und Zeit-

punkt der Sulfatierung von Partikeln bisher nur unzureichend erklärt, prognostiziert und noch weniger beeinflusst werden. Derartig komplexe Wirkmechanismen können in die vorhandenen Modelle, die ihre Datensammlung und Interpretation erst am Kesselende platzieren, nicht implementiert werden.

Bei erfolgreicher Durchführung des Projekts besteht die Erwartung einer deutlichen Verminderung der Korrosionsproblematik. Damit bieten sich alle bayerischen MVA oder auch Stromerzeuger mit ähnlichen Problemen als potenzielle Nutzer der erzielten Kenntnisse und entwickelten Technologien an. Im Rahmen von Fachtagungen und Kongressen wird das Know-how dieser Technologieentwicklung nicht nur in Bayern, sondern im gesamten Bundesgebiet verfügbar gemacht.

Danksagung

Dieses Projekt wird vom Bayerischen Staatsministerium für Umwelt, Gesundheit und Verbraucherschutz im Rahmen der EU-Strukturförderung für regionale Entwicklung (EFRE) gefördert.

Literatur

- [1] Deuerling, C., Maguhn, J., Nordsieck, H., Reznikov, G., Zimmermann, R., Warnecke, R.: Particle sampling in the hot flue gas of a municipal waste incineration plant. Poster, EAC 2005, Gent, Ref. 697
- [2] Deuerling, C.; Maguhn, J.; Nordsieck, H.; Zimmermann, R.; Warnecke, R.: Gas- und Aerosoldynamik in Leerzügen von MVA. In: VDI-Wissensforum (Hrsg.): Korrosion und Beläge in Großfeuerungsanlagen – Seminar am 14.–15. Juni 2005 in Hannover. VDI-Verlag, Düsseldorf (2005)
- [3] Maguhn, J.; Zimmermann, R.; Karg, E.; Kettrup, A.: On-line measurement of the particle-size distribution in the stack gas of a waste incineration plant. *J. Aerosol Sci.* 31, Suppl. 1, S 873–874 (2000)
- [4] Maguhn, J.; Karg, E.; Kettrup, A.; Zimmermann, R.: On-line Analysis of the Size

Distribution of Fine and Ultrafine Aerosol Particles in Flue and Stack Gas of a Municipal Waste Incineration Plant: Effects of Dynamic Process Control Measures and Emission Reduction Devices. *Environ. Sci. Technol.* 37, 4761–4770 (2003)

- [5] Mikkanen, P.: Fly ash particle formation in kraft recovery boilers. Thesis, VTT Publications 421, Technical research centre of Finland, ESPOO (2000)
- [6] Schroer, C.; Konys, J.: Rauchgasseitige Hochtemperaturkorrosion in Müllverbrennungsanlagen. Wissenschaftliche Berichte des FZ Karlsruhe, FZKA 6695
- [7] VDI-Richtlinie 2066, Blatt 1: Messen von Partikeln; Staubmessungen in strömenden Gasen; Gravimetrische Bestimmung der Staubbelastung; Übersicht (1975)
- [8] Warnecke, R.: Neue Ansätze zum Verständnis der rauchgasseitigen belaginduzierten Korrosion bei unterschiedlichen physikalischen Bedingungen. In: VDI-Wissensforum (Hrsg.): Beläge und Korrosion in Großfeuerungsanlagen beim Einsatz heizwert- und schadstoffreicher Fraktionen – Seminar am 23.–24. Juni 2003 in Göttingen. VDI-Verlag, Düsseldorf (2003)

► KONTAKT

Dipl.-Phys. Christian Deuerling
Dr. Jürgen Maguhn
 GSF – Forschungszentrum für Umwelt und Gesundheit
 Institut für Ökologische Chemie
 Neuherberg
 Tel.: 089/3187-4531
 Fax: 089/3187-3510
 maguhn@gsf.de
 www.gsf.de

Dr.-Ing. Ragnar Warnecke
 GKS – Gemeinschaftskraftwerk Schweinfurt GmbH





KRÜSS gratuliert GIT!
 Profitieren sie als Leser
 von unserem Jubiläumsangebot



MBL2100
nur € 590,-

www.krueess.com

GPC Kompetenz-Zentrum

PSS ist eine der weltweit führenden Firmen auf dem Gebiet der Polymeranalytik. Das umfassende Liefer- und Leistungsspektrum beinhaltet:

- Intelligente GPC Lösungen für QC, R&D, und Analytiklabors
- Erprobte Geräte, Detektoren und Software
- Spezifische GPC Säulen und Standards
- Zuverlässige Auftrags-Analytik

PSS Polymer Standards Service GmbH
 D-55120 Mainz

Tel.: +49 (0) 61 31-962 39-0
 www.polymer.de · info@polymer.de

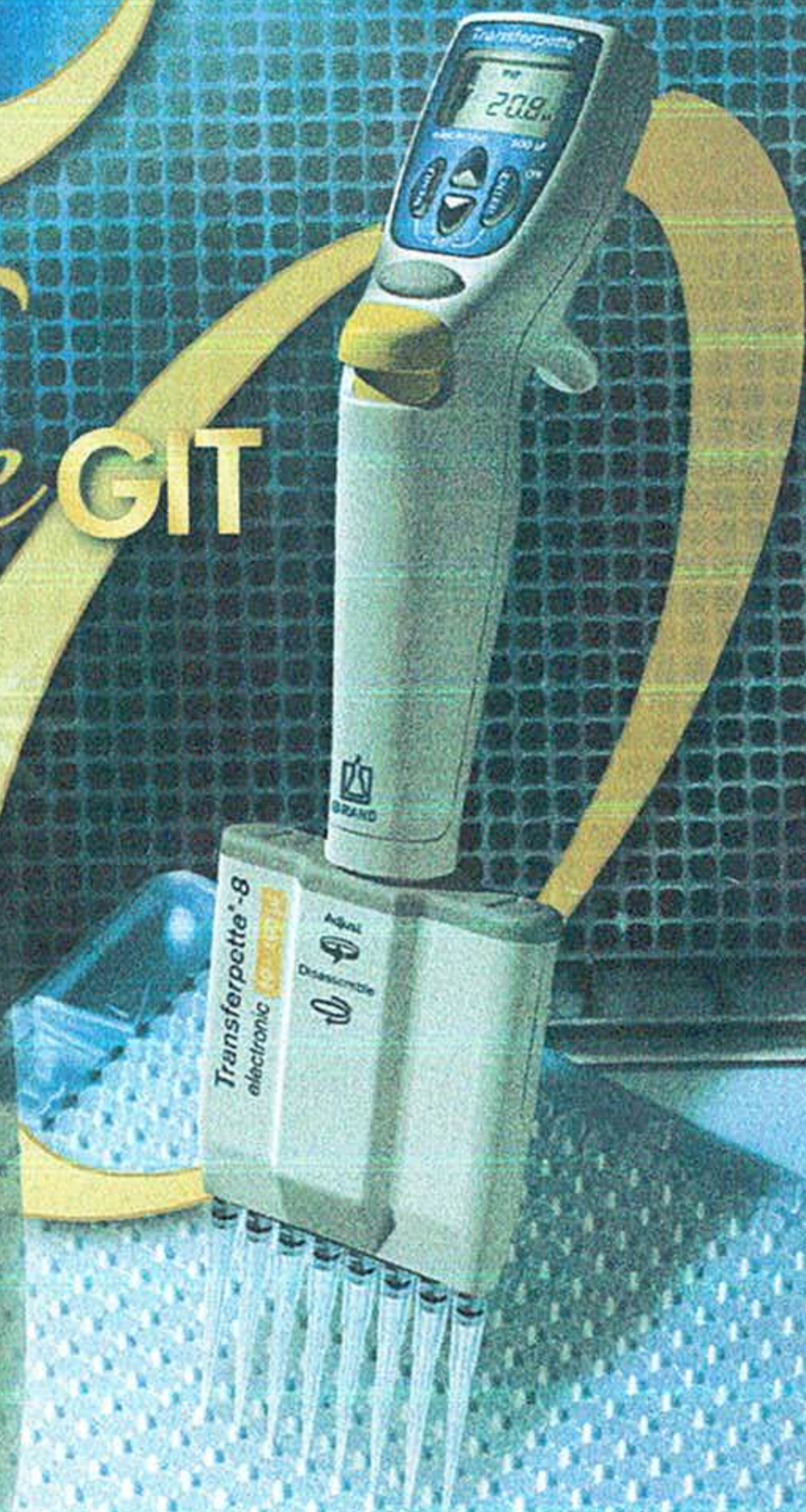
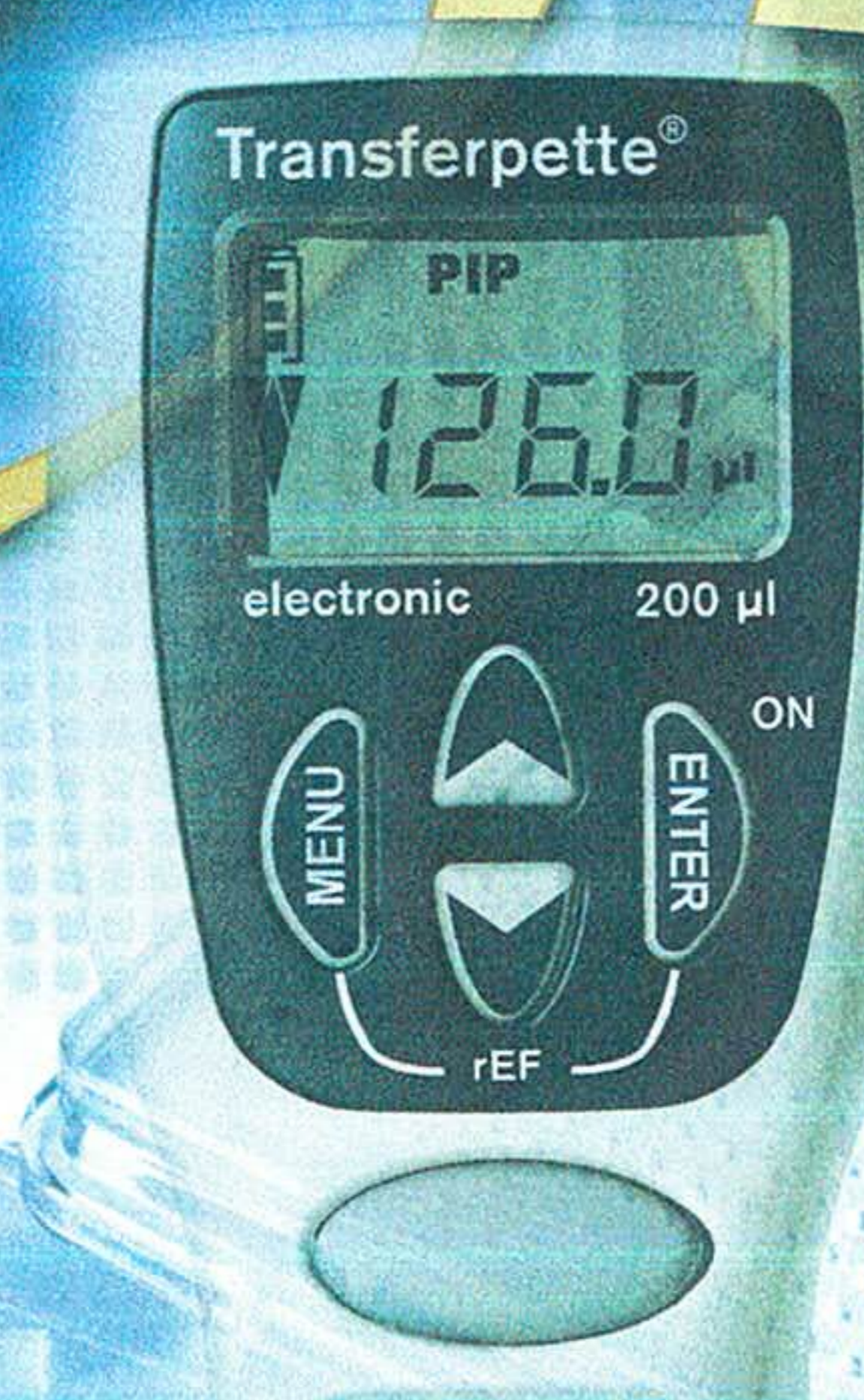
50. Jahrgang
Oktober 2006

10

GIT

LABOR-
FACHZEITSCHRIFT
JUBILÄUMSAUSGABE

Jahre GIT



GIT VERLAG

A Wiley Company

www.gitverlag.com

FIRMA	SEITE
Alfa Aesar	835
AMA Fachver.f. Sensorik	834
Analytik Jena	842
Applied Biosystems	844
Aquasant	949
Barkey	869
BASF	816, 910
Bayer	824
Bayer HealthCare	854, 938
Bähr Thermoanalyse	951
Berghof Products + Instruments	959, 961
Bergische Univers.	897
BKA Wiesbaden	963
Brand Fabrik für Laborgeräte	Titelseite, 844, 934
Broen Armaturen	874
Bruker BioSciences	847
Bruker Optik	941
Büchi Labortechnik	818, 846
Edmund Bühler	863
Camag	952
CEM	863, 900
ChemPur	940
Martin Christ	823
Degussa	828
Delta Light & Optics	916
Dialog EDV Systementwicklung	908
DKI Dt. Kunststoff- Inst.	950
Duran Produktions	842, 2.US
Düperthal Sicherheitstechnik	844, 942
Elementar Analysensys.	826
ETG Entwicklungs- und Technologie	892
FH Gießen- Friedberg	848
FH Wiesbaden	930
Fraunhofer Ges.	812
Friedrich Miescher Inst.f. Biomedical Research	880
C. Gerhardt	883
Gerstel	845
GFL Ges.f. Labortechnik	945
Gilson International	876
GIT VERLAG	809, 884
Gonotec Ges.f. Meß- & Regeltechnik	958
GSF FZ f. Umwelt und Gesundheit	914

FIRMA	SEITE
Hach Lange	846
Hecht Glaswarenfabrik	923
Heidolph Instruments	847, 866
Henkel	904
Hirschmann Laborgeräte	846, 946
Hohenloher Spezialmöbelwerk Schaffitzel	847
Huber Kältemaschinenbau	927, 931
Ilmvac	962
Ismatec	913
Juchheim	944
Julabo Labortechnik	846, 921
Dr. Kernchen	948
Kirsch Gewerbekühlung	952
Dr. Ing. H. Knauer Wissenschaftliche Gerätebau	844, 916
KNF Neuberger	847, 900
Köttermann Labortechnik	845, 899
Krüss	830
A. Krüss Optronic	918
LABChemicals Müller & Zillger	940
LAT Labor- + Analysentechn.	944
Lauda Dr.R. Wobser	845, 859
Leica Microsystems	887
Lemo Elektronik	909
Gebr. Liebisch	959
Memmert	831
Merck	820
Metrohm	842
Mettler- Toledo	841, 843
MLE Dresden	932
MPI Magdeburg	919
Mytron Bio und Solartechnik	944
Neochema	908
Nikon	843, 871
Otto Nordwald	932
Ohaus Waagen Vertriebs	Beilage, 846
Olympus Deutschland	877
Olympus Life and Material Science Europa	842
Anton Paar	847, 955, 965
Pfeiffer Vacuum	845
Pragmatis	911
PreSens	881
PSS Polymer Standards Service	846, 918

FIRMA	SEITE
Reichert Chemietechnik	845
Retsch	875
Rheodyne LP	815
Ritter	870
Carl Roth	827
Sartorius	843
Schmidt & Haensch Feinmechanik	911
Schott Instruments	810, 847, 906
Semperit Holding	917
Axel Semrau	847
Shimadzu Deutschland	843, 891, 895
Siegfried	872
Sigma Laborzentrifugen	823
Skán	951
Spectaris Dt. Industriever. f. optische, med. & mechatron. Tech.	832
Spectro Analytical Instr.	813, 842
Spetec	929
Tecan Deutschland	845
Techn. Univers. Berlin	947
Th. Geyer	892
Thermo Electron	842
Thermo Electron Deutschland	851
T&P Triestram & Partner	822
TU Darmstadt	953
Tuttnauer Beit Shemes	836, 837
Univers. Bayreuth	907
Univers. Dortmund	956
Univers. Freiburg	857
Univers. Hamburg	864, 943
Univers. Hannover	894
Univers. Heidelberg	926
Univers. Münster	868
Univers. Siegen GHS	960
Univers. Tübingen	862
Univers. Tübingen NMI	890
Vacuubrand	865
Varian Deutschland	844, 850
Waldner Laboreinrichtungen	846, 867
Weiss Umwelttechnik Simulationsanlagen-Messtechnik	957
Whatman	844
WILEY-VCH Verlag	840
WTW	843
Carl Zeiss Jena	843
Carl Zeiss Microlmaging	4.US

IMPRESSUM

Herausgeber:
GIT VERLAG GmbH & Co. KG

Bereichsleitung
Anna Seidinger
Tel.: 06151/8090-195
a.seidinger@gitverlag.com

Objektleitung
Dr. Katja Habermüller
Tel.: 06151/8090-208
k.habermueller@gitverlag.com

Anzeigenleitung
Heinz B. Beckmann
Tel.: 06151/8090-127
h.beckmann@gitverlag.com

Redaktion
Dr. Margareta Dellert-Ritter (Chefredakteurin)
Tel.: 06151/8090-136
m.dellert-ritter@gitverlag.com

Tina Weber (Assistenz)
Tel.: 06151/8090-261
t.weber@gitverlag.com

Redaktion/Verkauf
Osman Bal
Tel.: 06151/8090-197
o.bal@gitverlag.com

Dr. Martin Friedrich
Tel.: 06151/8090-171
m.friedrich@gitverlag.com

Oliver Gerber
Tel.: 06151/8090-123
o.gerber@gitverlag.com

Stefanie Krauth
Tel.: 06151/8090-191
s.krauth@gitverlag.com

Christa Katharina Schemel-Trumpfheller
Tel.: 06151/8090-140
c.trumpfheller@gitverlag.com

Dr. Frank Volz
Tel.: 06151/8090-220
f.volz@gitverlag.com

Andreas Zimmer
Tel.: 06151/8090-178
a.zimmer@gitverlag.com

Herstellung
GIT VERLAG GmbH & Co. KG
Dietmar Edhofer (Leitung)
Nicole Schramm (Anzeigen)
Bernd Happel (Redaktion)
Tanja Landau (Layout)

Wissenschaftliche Schriftleitung
Prof. Dr. E. Stadlbauer, Gießen

Wissenschaftlicher Beirat
Prof. Dr. R. van Eldik, Erlangen/Nürnberg
Prof. Dr. R. Kniep, Dresden
Prof. Dr. H.P. Latscha, Heidelberg
Prof. Dr. K.K. Unger, Mainz

GIT VERLAG GmbH & Co. KG

Rösslerstraße 90
64293 Darmstadt
Tel.: 06151/8090-0
Fax: 06151/8090-144
info@gitverlag.com
www.gitverlag.com

Bankkonten
Dresdner Bank Darmstadt
Konto Nr.: 01715501/00, BLZ: 50880050

Zur Zeit gilt Anzeigenpreisliste Nr. 44 vom 1. Oktober 2006

2006 erscheinen 12 Ausgaben von „GIT Labor-Fachzeitschrift“ plus 1 „Sonderausgabe“ „GIT Spezial Separation“
Druckauflage: 25.000 (IVW-geprüft, 4. Quartal 2005)
50. Jahrgang 2006



Abonnement
12 Ausgaben 115 € zzgl. 7% MwSt.
Einzelheft 13 € zzgl. MwSt. und Porto
Schüler und Studenten erhalten unter Vorlage einer gültigen Bescheinigung 50% Rabatt.
Abonnementbestellungen gelten bis auf Widerruf; Kündigungen 6 Wochen vor Jahresende.
Abonnementbestellungen können innerhalb einer Woche schriftlich widerrufen werden, Versandreklamationen sind nur innerhalb von 4 Wochen nach Erscheinen möglich.

Originalarbeiten:

Die namentlich gekennzeichneten Beiträge stehen in der Verantwortung des Autors. Nachdruck, auch auszugsweise, nur mit Genehmigung der Redaktion und mit Quellenangabe gestattet. Für unaufgefordert eingesandte Manuskripte und Abbildungen übernimmt der Verlag keine Haftung.

Dem Verlag ist das ausschließliche, räumlich, zeitlich und inhaltlich eingeschränkte Recht eingeräumt, das Werk/den redaktionellen Beitrag in unveränderter Form oder bearbeiteter Form für alle Zwecke beliebig oft selbst zu nutzen oder Unternehmen, zu denen gesellschaftsrechtliche Beteiligungen bestehen, so wie Dritten zur Nutzung übertragen. Dieses Nutzungsrecht bezieht sich sowohl auf Print- wie elektronische Medien unter Einschluss des Internets wie auch auf Datenbanken/Datenträgern aller Art.

Alle etwaig in dieser Ausgabe genannten und/oder gezeigten Namen, Bezeichnungen oder Zeichen können Marken oder eingetragene Marken ihrer jeweiligen Eigentümer sein.

Druck
pva, Druck und Medien, Landau

Printed in Germany
ISSN 0016-3538