

Schwerpunktthema: Platin in Umweltkompartimenten

Deposition, Verteilung sowie Bedeutung für den Menschen und sein Nahrungsnetz

Stand und Forschungsbedarf

¹Sönke Lustig*, ²Rudolph Schierl, ³Friedrich Alt, ⁴Eckard Helmers, ⁵Klaus Kümmerer**

¹ GSF – Forschungszentrum für Umwelt und Gesundheit, Institut für Ökologische Chemie, Ingolstädter Landstraße 1, D-85758 Neuherberg

² Ludwig-Maximilians-Universität München, Klinikum Innenstadt, Institut für Arbeits- und Umweltmedizin, Ziemssenstraße 1, D-80336 München

³ ISAS-Institut für Spektrochemie und angewandte Spektroskopie, Bunsen-Kirchhoffstraße 11, D-44139 Dortmund

⁴ Chemisches Institut im Amt für Umweltschutz, Stafflenbergstraße 81, D-70184 Stuttgart

⁵ Universitätsklinikum Freiburg, Institut für Umweltmedizin und Krankenhaushygiene, Hugstetterstraße 55, D-79106 Freiburg

* Korrespondenzautor

** für die Teilnehmer am 3. Pt-Analytikertreffen, GSF-Forschungszentrum, 14.–15. 10. 1996

Zusammenfassung

Seit der Einführung von PKW mit katalytischer Abgasreinigung im Jahre 1984 begann eine intensive Diskussion über die Emission der Platingruppenmetalle und deren Auswirkungen auf Mensch und Umwelt. Aus arbeitsmedizinischen Untersuchungen ist bekannt, daß verschiedene Platinverbindungen als starke Allergene wirken und das noch in äußerst geringen Dosierungen. Trotz eines regen Interesses in Wissenschaft und Öffentlichkeit an diesem hochaktuellen Thema mangelte es bis heute an einer Zusammenfassung und Koordination der Forschungsarbeiten und -ergebnisse aus den verschiedenen Wissenschaftsbereichen. Dieser Bericht faßt die bisherigen Erkenntnisse aus Sicht der Analytischen Chemie, Ökologie, Toxikologie und Arbeitsmedizin zusammen und zeigt auf, daß v.a. hinsichtlich der Bilanzierung der Emissionsquellen sowie der Bioverfügbarkeitsabschätzung für Platin und vermehrt für Palladium und Rhodium noch erheblicher Forschungsbedarf besteht.

Schlagwörter: Platin, Abgaskatalysatoren, Platingruppenmetalle, PGM, Palladium, Rhodium, Bioverfügbarkeit, Speziation, Biomonitoring, Zytostatika

Abstract

Platinum and Its Environmental Compartments: Deposition and Distribution, as well as Its Significance to Mankind and the Nutritional Network – Present State and Research Requirements

Since the introduction of automotive exhaust catalysts in 1984, an intensive discussion started about the emission of platinum group metals and their effect on mankind and the environment. Several platinum compounds are known to be potent sensitizers, even at very small doses. In spite of both the scientific and public interest in this important field, the collection and coordination of scientific research and its conclusions continues to be a lacking. The present results from analytical chemistry, ecology, toxicology and occupational medicine are summarized here. This state of the art indicates the great need for further investigations concerning especially the assessment of emission sources and bioavailability studies for platinum as well as palladium and rhodium.

Keywords: Platinum; exhaust catalysts; platinum group metals; PGM; palladium; rhodium; bioavailability; speciation; biomonitoring; cytostatics

1 Einleitung

Die Platingruppenmetalle (Ruthenium, Rhodium, Palladium, Osmium, Iridium und Platin) (PGM) zählen zu den seltensten Elementen in der Erdkruste (Häufigkeit \bar{O} : 0.001 – 1 $\mu\text{g kg}^{-1}$ [1]).

Steigende Platinkonzentrationen in verkehrsnahen Umweltpollen, die um den Faktor 100 – 1000 über dem geogenen Untergrundwert liegen, sorgten in letzter Zeit für Aufmerksamkeit. Für ein anderes PGM-Metall, das Palladium, steht dies zu erwarten, da es Platin in Katalysatoren teilweise ersetzen soll. Die technische Anwendung der PGM ist vielfältig. Als Hauptabnehmer für Platin gelten die Schmuckindustrie, die ca. 30 % der Weltjahresproduktion (1996: 137 x 10³ kg) abnimmt, sowie die Automobil-Katalysator-Branche, die 1996 ebenfalls 30 % verarbeitete [2]. Neben den Autoabgaskatalysatoren (Pt, Rh, Pd), stellen v.a. die zunehmend verwendeten Zytostatika (Cisplatin, Carboplatin) sowie palladiumhaltige Dentallegierungen möglicherweise Quellen für großflächige Emissionen und Verteilungen von PGM in die Umwelt dar. Die emittierten Spezies liegen dabei möglicherweise in biologisch aktiver und verfügbarer Form vor, wie aus verschiedenen Arbeiten hervorgeht [3–6].

2 Analytik

Gab es bei der Einführung des BMFT Edelmetallprogrammes (1986) nur wenige analytische Verfahren zur Bestimmung von Platin und anderen PGM in den umweltrelevanten Konzentrationsbereichen, so steht mittlerweile eine ganze Reihe leistungsfähiger Techniken zur Verfügung: DPSV, ICP-MS (Q und HR) (NWG mit USN $\leq 0,1 \text{ ng/L}$ für ¹⁹⁵Pt), IDMS, NAA, GFAAS und ICP-OES (in Verbindung mit Anreicherungsverfahren). Damit ist es nach geeigneter Probenvorbereitung (Aufschluß, Abtrennung, Anreicherung) möglich, PGM-Mengen im sub-ppt (10⁻⁹ g/kg)-Be-

reich zu bestimmen [7–12]. Auch in der Speziationsanalytik sind Fortschritte gemacht worden. SEC, CE und HPLC als Trennmethode werden meist mit einem ICP-MS als metallspezifischem Detektor gekoppelt und erlauben auch hier bereits Nachweisgrenzen für einzelne (Pt-) Spezies bis in den unteren ppt (10^{-9} g/L)- Bereich [13–15]. Aktivitäten auf dem Gebiet der Speziationsanalytik werden in Zukunft sicher weiter zunehmen, da diese essentiell für die Bewertung der Bioverfügbarkeit von PGM ist.

3 Umweltkompartimente

Die Hauptquelle für die steigenden Platingehalte in Umweltproben stellen derzeit Pkw mit Abgaskatalysator dar. Aufgrund der hohen Betriebstemperaturen und durch mechanischen Abrieb wird Platin v.a. in elementarer Form emittiert [16]. Während vor einigen Jahren noch eine Gesamtemission von wenigen kg Pt pro Jahr auf die Fläche der Bundesrepublik angenommen wurde [17], ergibt sich durch Hochrechnung der aktuellen Umweltdaten (Tabelle 1) eine Gesamtbelastung von 200–500 kg Pt/a. Diese im Vergleich zum geogenen Hintergrund erhebliche Menge, läßt die Beeinflussung empfindlicher Stoffkreisläufe in der Umwelt, etwa durch Katalyse, derzeit nicht ausschließen. Zudem wird die Anzahl Katalysator geregelter Pkw in Deutschland und Europa weiter stark ansteigen. Tabelle 1 gibt einen Überblick über Platinkonzentrationen in biologischen und Umweltproben.

Während bei verkehrsnahen Proben die hohen Platingehalte hauptsächlich durch Pt-Emissionen aus Katalysator-Pkw bedingt sind, stellen z.B. bei Klärschlamm, Industrie und Krankenhäuser ebenfalls wichtige Emittenten dar [25, 26], wobei bislang keine detaillierte Auflistung und Quantifizierung der Emissionsquellen besteht. Untersuchungen mit einem Straßenstaub ergaben, daß das elementare, feinverteilte Platin nach Kontakt mit einem Boden nicht inert bleibt, sondern zu – noch nicht näher charakterisierten – Verbindungen reagiert [6, 33]. Über den Zeitraum mehrerer Monate hinweg sind diese Platin-Spezies jedoch weitgehend im Boden immobilisiert und erwiesen sich innerhalb einer Vegetationsperiode auch nicht als pflanzenverfügbar [29].

4 Arbeitsmedizin

Schon vor Jahrzehnten gab es erste arbeitsmedizinische Berichte über Gesundheitsprobleme durch Platinsalze (KARASEK 1911, CAROZZI 1934 und HUNTER 1945) [36–38]. Seit her wurden eine Reihe von Untersuchungen durchgeführt, die belegen, daß die Sensibilisierungsrate auch bei Belastungen unterhalb des derzeit gültigen MAK-Wertes ($2 \mu\text{g}/\text{m}^3$) bei etwa 20 % liegt [39, 40]. Die deutschen Berufsgenossenschaften haben seit 1990 in 64 Fällen eine allergisch bedingte Berufskrankheit durch Platin anerkannt (z.B. Platinose). Um die individuelle Belastung besser zu erfassen, wird neben der Überwachung der Platinkonzentrationen in der Luft vermehrt das Biomonitoring eingesetzt [8, 32]. Für Platinsalze hat sich dabei eine rasche Auf-

Tabelle 1: Platin-Konzentrationen in biologischen und Umweltproben

Probe	Pt-Konzentration	
Böden	unkultiviert [18–20]	\varnothing 0,14 $\mu\text{g kg}^{-1}$
	kultiviert [18–22]	\varnothing 1,12 $\mu\text{g kg}^{-1}$
	verkehrsnah [23, 24]	\varnothing 20,9 $\mu\text{g kg}^{-1}$
Wasser	Trinkwasser [23]	0,1 ng L^{-1}
	Regenwasser [18]	0,2 ng L^{-1}
	Meerwasser [19]	0,5 ng L^{-1}
	Straßenablauf [25]	2–52 ng L^{-1}
	Abwasser, Großkrankenhaus [26]	110–176 $\text{ng L}^{-1} \equiv 330 \text{ g a}^{-1}$
Pflanzen, Gemüse, Lebensmittel	Gras, verkehrsfremd [18, 19]	0,1–0,3 $\mu\text{g kg}^{-1}$
	Gras, verkehrsnah [27, 28]	0,8–3 $\mu\text{g kg}^{-1}$
	Ackerbohne ^a , Frucht [29]	\varnothing 0,06 $\mu\text{g kg}^{-1}$
	Mais, Kolben ^a [29]	\varnothing 0,04 $\mu\text{g kg}^{-1}$
	Zwiebel ^a [29]	\varnothing 0,40 $\mu\text{g kg}^{-1}$
	Kartoffel ^a [29]	\varnothing 0,29 $\mu\text{g kg}^{-1}$
	Radieschen ^a [29]	\varnothing 0,74 $\mu\text{g kg}^{-1}$
	Mehl [23]	\leq 0,04 $\mu\text{g kg}^{-1}$
	Vollkorn [23]	\leq 0,04 $\mu\text{g kg}^{-1}$
	Honig [23]	\leq 0,002 $\mu\text{g kg}^{-1}$
Kuhmilch, England [30]	0,001–0,05 $\mu\text{g L}^{-1}$	
Dünger [18, 28]	Mineral-	\varnothing 0,1 $\mu\text{g kg}^{-1}$
Treibstoffe [23]	Benzin	0,0002 ng L^{-1}
	Diesel	0,0006 ng L^{-1}
Klärschlamm [24, 26]	ländliches Gebiet	2–10 $\mu\text{g kg}^{-1}$
	Kleinstadt	\leq 50 $\mu\text{g kg}^{-1}$
	Großstadt	150 $\mu\text{g kg}^{-1}$
Luft/Staub	Luft (Aerosol) [22, 31]	0,3–30 pg m^{-3}
	Luftstaub [22]	5–130 $\mu\text{g kg}^{-1}$
	Straßenstaub [9, 24]	60–250 $\mu\text{g kg}^{-1}$ ^b
Körperflüssigkeiten, human [8, 9, 21, 32–34]	Urin, normal	0,0005–0,014 $\mu\text{g L}^{-1}$
	Urin, beruflich exponierte Personen	0,021–2,90 $\mu\text{g L}^{-1}$
	Blutplasma, normal	\leq 0,0008–0,0069 $\mu\text{g L}^{-1}$
	Blutplasma, beruflich exponierte Personen	0,095–0,28 $\mu\text{g L}^{-1}$
	Vollblut, normal	\leq 0,0008–0,0069 $\mu\text{g L}^{-1}$
	Vollblut, beruflich exponierte Personen	0,032–0,18 $\mu\text{g L}^{-1}$
^a kultiviert in Boden, der mit Staub aus einem Autobahntunnel (Pt: 60 $\mu\text{g}/\text{kg}$) kontaminiert wurde. ^b Die Pt-Konzentrationen in Straßenstäuben steigen seit Einführung des Pkw-Katalysators in Deutschland stetig an [9]. Eine ähnliche Entwicklung wird für Pt und Pd jetzt in Belgien, England und Spanien beobachtet. Dort liegen die Konzentrationen wegen der späteren Einführung des Pkw-Katalysators derzeit noch niedriger.		

nahme- und Ausscheidungskinetik herausgestellt [33, 41], wobei überprüft werden muß, ob dies auch für Platinmetallstaub gilt. Andernfalls sollte bei Luftmessungen zwischen Platinstaub und -salzen differenziert werden.

Die Verbindung Cisplatin hat ein kanzerogenes Potential, weshalb im Umgang das Minimierungsgebot gilt. Ein Biomonitoring von Platin im Urin entsprechend exponierter Personen im Krankenhausdienst zeigt, daß diese im allgemeinen im Normbereich der unbelasteten Bevölkerung (1–20 ng/g Kreatinin) liegen [33, 42]. In Einzelfällen beobachtete geringfügige Konzentrationserhöhungen können je-

doch nicht immer eindeutig einer beruflichen Exposition zugeordnet werden, da auch Personen ohne berufliche Belastung manchmal erhöhte Werte aufweisen, deren Ursache noch nicht bekannt ist.

5 Medizinische Verwendung

Seit ROSENBERG 1965 die zytotoxischen Eigenschaften von cis-Diaminodichloroplatin(II) entdeckte [43], werden die platinhaltigen Verbindungen als platinhaltige Zytostatika (v.a. Cisplatin und Carboplatin) zur Krebsbekämpfung, zum Teil mit beachtlichen Erfolgen (z.B. Hodentumor > 90 % Heilung), eingesetzt. Neuerdings werden auch Platin(IV)- und mehrkernige Platinkomplexe erprobt. Es hat sich gezeigt, daß das Platin größtenteils innerhalb weniger Tage und Wochen wieder ausgeschieden wird [44]. Ein kleiner, langzeitgespeicherter Teil, führt dazu, daß die Platinurinausscheidung von Patienten auch 8 Jahre nach der letzten Therapie noch 500-fach über dem normalen Median liegt [45]. Daneben sind noch die Exposition des Krankenhauspersonals (siehe oben) und der Eintrag von ausgeschiedenem Platin in die Kläranlagen zu beachten [26].

6 Forschungsbedarf

Aufgrund der Erkenntnisse aus der Arbeitsmedizin sowie der steigenden Gehalte von Platin (und zunehmend Palladium) in Umweltproben, ist eine weitere Forschung auf diesem Gebiet dringend notwendig, zumal die Umweltkonzentrationen möglicherweise soweit ansteigen könnten, daß ein Risiko für Mensch und Umwelt nicht mehr ausgeschlossen werden kann.

Unter Berücksichtigung der bisher geleisteten Forschungsarbeit besteht in folgenden Bereichen z.T. noch erheblicher Forschungsbedarf:

1. Es fehlen flächendeckende Daten in allen Bereichen. Bisher wurden nur Abschätzungen bzw. Modellrechnungen anhand lokaler Einzeldaten gemacht. Beispielsweise fehlen weitgehend Luftstaub-Daten um die Aerosolbelastung durch Pt abschätzen zu können.
2. Es besteht dringender Bedarf eines umweltrelevanten Standardreferenzmaterials für Platin und andere PGM zur analytischen Absicherung.
3. Es fehlt eine breitere Datenbasis beim Biomonitoring (Blut, Urin).
4. Die Datenlage zur Verteilung weiterer, in der Katalysatorteknik verwendeter PGM (Rh und insbesondere Pd) ist noch sporadischer als beim Pt. Hier sind weitere analytisch-methodische Anstrengungen erforderlich.
5. Es fehlen Bewertungen über die ökotoxikologische Relevanz der vorliegenden Umweltkonzentrationen.
6. Das Forschungsgebiet der Speziesanalytik muß weiter forciert werden. Nur durch Kenntnis der jeweiligen Spezies können Aussagen über die Bioverfügbarkeit von PGM sowie deren langfristiger Einfluß auf Mensch und Umwelt gemacht werden. Insbesondere fehlen

Langzeitversuche zu Transformationsverhalten und Bioverfügbarkeit Katalysator-emittierten Platins im Boden.

7. Es fehlen Abschätzungen der in Zukunft zu erwartenden Anreicherungen von PGM in der Umwelt. Die Mobilität sollte quantifiziert, der Ein- und Austrag modelliert werden.

7 Verwendete Abkürzungen

CE	Kapillarelektrophorese
DPSV	Differentielle Pulsinversvoltammetrie
GFAAS	Graphitrohr-Atomabsorptionsspektrometrie
HPLC	Hochleistungsflüssigkeitschromatographie
ICP-OES	Induktiv gekoppeltes Plasma – optische Emissionsspektrometrie
ICP-MS (Q und HR)	Induktiv gekoppeltes Plasma – Massenspektrometrie (Quadrupol und Hochoflösend)
IDMS	Isotopenverdünnungsmassenspektrometrie
MAK-Wert	Maximale-Arbeitsplatz-Konzentration-Wert
NAA	Neutronenaktivierungsanalyse
NWG	Nachweisgrenze
PGM	Platingruppenmetalle
SEC	Größenausschlußchromatographie
USN	Ultraschallzerstäuber

8 Literatur

- [1] A.F. HOLLEMAN; E. WIBERG (Hrsg.): Lehrbuch der anorganischen Chemie, 101. Aufl., de Gruyter, Berlin, New York (1995)
- [2] JOHNSON MATTHEY (1996): Platinum Metals Rev. 40/3: 127
- [3] D. FREIESLEBEN; B. WAGNER; H. HARTL; W. BECK; M. HOLLSTEIN; F. LUX (1993): Z. Naturforsch. 48b: 847
- [4] B. SKERSTUPP; H. URBAN (1994): Ann. Meet. GACMAC, Waterloo, Canada, Prog Abst A 104
- [5] J. MESSERSCHMIDT; F. ALT; G. TOLG (1994): Anal. Chim. Acta 291: 161–167
- [6] S. LUSTIG; S. ZANG; B. MICHALKE; P. SCHRAMMEL; W. BECK (1996): Sci. Tot. Environ. 188: 195–204
- [7] D. WILDHAGEN; V. KRIVAN (1993): Anal. Chim. Acta 274: 257
- [8] J. MESSERSCHMIDT; F. ALT; G. TOLG; J. ANGERER; K.H. SCHALLER (1992): Fresenius J. Anal. Chem. 343: 391–394
- [9] P. SCHRAMMEL; I. WENDLER; S. LUSTIG (1995): Fresenius J. Anal. Chem. 353: 115–118
- [10] T. SCHILLING; P. SCHRAMMEL; B. MICHALKE; G. KNAPP (1996): Microchim. Acta 124: 235–240
- [11] L. MOENS; F. VANHAECKE; J. RIONDATO; R. DAMS (1995): JAAS 10: 569–574
- [12] M. PARENT; H. VANHOE; L. MOENS; R. DAMS (1996): Fresenius J. Anal. Chem 354: 664–667
- [13] J. W. OLESIK; J.A. KINZER; S.V. OLESIK (1995): Anal. Chem. 67/1: 1–12
- [14] B. MICHALKE (1996): Fresenius J. Anal. Chem. 354/5–6: 557–565
- [15] W.R.L. CAIRNS; L. EBDON; S.J. HILL (1996): Fresenius J. Anal. Chem. 355: 202–208
- [16] R. SCHIÖGL; G. INDLKOFER; P. OELHAFEN (1987): Angew. Chem. 99: 312–322.
- [17] H.P. KÖNIG; R.F. HERTEL: Verbundvorhaben Edelmetallemissionen (VPT 05/06), Abschlußbericht, Hannover (1990)
- [18] J. ANGERER; K.H. SCHALLER (eds): Analysis of Hazardous Substances in Biological Materials, Vol. 4, VCH Verlagsgesellschaft, Weinheim (1994)
- [19] E. MERIAN (ed): Metals and their compounds in the environment, VCH Verlagsgesellschaft, Weinheim (1991)
- [20] O.G. KOCH; G.A. KOCH-DEDIC: Handbuch der Spurenanalyse, Vol. 2, Springer Verlag (1974)

- [21] W. WEGSCHEIDER; M. ZISCHKA (1993): Fresenius J. Anal. Chem. 346: 525–529
- [22] J. MESSERSCHMIDT; F. ALT; J. ANGERER; K.H. SCHALLER (1992): Fresenius J. Anal. Chem. 335: 813–816
- [23] F. ALT; H.R. ESCHNAUFER; B. MERGLER; J. MESSERSCHMIDT; G. TÖLG (1996): Fresenius J. Anal. Chem. im Druck
- [24] F. ZEREINI; C. ZIENTEK; H. URBAN: UWSF – Z. Umweltchem. Ökotox. (1993): 5/3: 130–134
- [25] D. LASCHKA; M. NACHTWEY, in: S. LUSTIG, P. SCHRAMMEL (Hrsg.): 3. Platin-Anwendertreffen, Proceedings, GSF-Forschungszentrum, Neuherberg (1996)
- [26] K. KUMMERER; E. HELMERS (1997): Sci. Total. Env. 193: 179–184
- [27] E. HELMERS; N. MERGEL; R. BARCHET (1994): Z. Umweltchem. Ökotox. 6/3: 130–134
- [28] M. WÄBER; D. LASCHKA; L. PEIGHI. (1996):UWSF – Z. Umweltchem. Ökotox. 8/1: 3–7
- [29] S. LUSTIG; S. ZANG; B. MICHALKE; P. SCHRAMMEL; W. BECK (1997): Fresenius J Anal Chem. im Druck
- [30] H. WILDNER, in: S. LUSTIG, P. SCHRAMMEL (Hrsg.): 3. Platin-Anwendertreffen, Proceedings, GSF-Forschungszentrum, Neuherberg (1996)
- [31] R. SCHIERL; G. FRUHMANN (1996): Sci Tot Environ. 182: 21–23
- [32] A. WEBER; K.H. SCHALLER; J. ANGERER; F. ALT; M. SCHMIDT; D. WELTLE (1991): Verh. Dtsch. Ges. Arbeitsmed. 31: 611–614
- [33] A.S. ENSSLIN; A. PETHRAN; R. SCHIERL; G. FRUHMANN (1994): Int. Arch. Occup. Heath. 65: 339–342
- [34] R. SCHIERL; A.S. ENSSLIN; G. FRUHMANN (1994): Verhandl. Dt. Ges. Arbeitsmed. 34: 291–294
- [35] S. LUSTIG; S. ZANG; B. MICHALKE; P. SCHRAMMEL; W. BECK (1996): Book of Abstracts, 26th Int. Symp. Env. Anal. Chem. Poster TH 42, Vienna
- [36] S.R. KARASEK; M. KARASEK (1911): State Commission Occ. Dis. Rep. III: 97
- [37] L. CAROZZI (1934): Occupation and Health 2: 669
- [38] D. HUNTER; R. MILTON; K.M.A PERRY (1945): Br J Ind Med 2: 92–98
- [39] K.M. VENABLES; M.B. DALLY; A.J. NUNN; J.F. STEVENS; R. STEPHENS et al. (1989): BMJ 299: 939–941
- [40] U. BOLM-AUDORFF; H.G. BIENFAIT; J. BURKHARD; A.H. BURY; R. MERGET et al. (1992): Int. Arch. Occup. Environ. Health 64: 257–260
- [41] R. SCHIERL; A. PETHRAN; G. FRUHMANN: Proc. Biological Monitoring in Occup. and Environm. Health, Helsinki (1996)
- [42] R. SCHIERL; CH. VAN DE WEYER; G. FRUHMANN(1996): Verh. Dtsch. Ges. Arbeitsmed. 36: 373–375
- [43] B. ROSENBERG; L. VAN CAMP; T. KRIGAS (1965): Nature, 205: 698–699
- [44] G. EHNINGER; C. HAAG; K. WILMS (1984): Tumor Diagn. Ther. 5: 147
- [45] R. SCHIERL; B. ROHRER; J. HOHNLOSER (1995): Cancer. Chemother. Pharmacol. 36: 75–78

Visitieren Sie unsere Website:

<http://www.ecomed.de>

Wählen Sie „Naturwissenschaften“, sodann „Wissenschaftliche Fachzeitschriften“,

und hier sind sie:

Wissenschaftliche Fachzeitschriften für Umweltwissenschaften, insbesondere Umweltchemie & Ökotoxikologie, Umweltmanagementsysteme und -strategien, Ökobilanzen/Produktlinienanalyse, Life Cycle Assessment, Chemiepolitik, Umwelterziehung, Umweltrecht und Umweltgesetzgebung und schließlich Umweltmedizin.

Ein Netz in der ecomed-Website

Für weitere Informationen: a.heinrich@ecomed.de

Netscape - [ecomed-Verlag: Naturwissenschaften: Wissenschaftliche Zeitschriften]

Datei Bearbeiten Ansicht Gehe Lesezeichen Optionen Verzeichnis Fenster Hilfe

ecomed
Verlagsgesellschaft AG & Co. KG

Rudolf-Diesel Straße 3
86899 Landsberg
Tel. 08191/1250
Fax 08191/125-492

➔ Verlag
➔ Konzern
➔ Order
➔ home
➔ email

Naturwissenschaften

Wissenschaftliche Fachzeitschriften
Anfragen bitte an: a.heinrich@ecomed.de

**UMWELTMEDIZIN IN
FORSCHUNG UND PRAXIS**

Umweltwissenschaften
Schadstoff-Forschung

THE INTERNATIONAL JOURNAL OF
LIFE CYCLE ASSESSMENT LCA DOCUMENTS

ENVIRONMENTAL SCIENCE
AND
POLLUTION RESEARCH

Dokument Übermitteln