

---

# Chemische Elemente und ihre Spezies

---

Georg Schwedt

# Chemische Elemente und ihre Spezies

Mobilität, Bioverfügbarkeit,  
Toxizität und Analytik

 Springer Spektrum

Georg Schwedt  
Bonn, Deutschland

ISBN 978-3-662-55828-7      ISBN 978-3-662-55829-4 (eBook)  
<https://doi.org/10.1007/978-3-662-55829-4>

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://dnb.d-nb.de> abrufbar.

Springer Spektrum

© Springer-Verlag GmbH Deutschland 2018

Das Werk einschließlich aller seiner Teile ist urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung, die nicht ausdrücklich vom Urheberrechtsgesetz zugelassen ist, bedarf der vorherigen Zustimmung des Verlags. Das gilt insbesondere für Vervielfältigungen, Bearbeitungen, Übersetzungen, Mikroverfilmungen und die Einspeicherung und Verarbeitung in elektronischen Systemen.

Die Wiedergabe von Gebrauchsnamen, Handelsnamen, Warenbezeichnungen usw. in diesem Werk berechtigt auch ohne besondere Kennzeichnung nicht zu der Annahme, dass solche Namen im Sinne der Warenzeichen- und Markenschutz-Gesetzgebung als frei zu betrachten wären und daher von jedermann benutzt werden dürften.

Der Verlag, die Autoren und die Herausgeber gehen davon aus, dass die Angaben und Informationen in diesem Werk zum Zeitpunkt der Veröffentlichung vollständig und korrekt sind. Weder der Verlag noch die Autoren oder die Herausgeber übernehmen, ausdrücklich oder implizit, Gewähr für den Inhalt des Werkes, etwaige Fehler oder Äußerungen. Der Verlag bleibt im Hinblick auf geografische Zuordnungen und Gebietsbezeichnungen in veröffentlichten Karten und Institutionsadressen neutral.

Planung: Dr. Rainer Münz

Illustrationen: Wolfgang Zettlmeier

Gedruckt auf säurefreiem und chlorfrei gebleichtem Papier

Springer Spektrum ist Teil von Springer Nature

Die eingetragene Gesellschaft ist Springer-Verlag GmbH Deutschland

Die Anschrift der Gesellschaft ist: Heidelberger Platz 3, 14197 Berlin, Germany

---

## Vorwort

Am Anfang stand im Dezember des Jahres 1978 der Habilitationsvortrag des Autors an der damaligen Gesamthochschule (heute Universität) Siegen zum Thema „Methoden zur Untersuchung chemischer Spezies von Elementspuren in natürlichen Wässern“.

Zu diesem Zeitpunkt hatte ich mich zwar mit der Spurenanalytik sowohl anorganischer als auch organischer Stoffe beschäftigt, die Speziesanalytik kam nur in einer Veröffentlichung vor – zur flüssigkeitschromatografischen Analyse von Chrom-Ionen in den Oxidationsstufen +3 bzw. +6 als Chromat (als Derivate und noch nicht als Ionen).

Nach der Habilitation ziehen sich Publikationen zum Thema Elementspezies als roter Faden durch meine Liste der Veröffentlichungen bis in das 21. Jahrhundert.

Definiert wurde der Begriff *Elementspezies* allgemein als Zustands- und Bindungsformen chemischer Elemente in ihrer Matrix, also nicht nur im Wasser sondern auch in Böden und Schlämmen, vor allem zunächst auch in den Sedimenten von Flüssen zur Beurteilung der Mobilität, und von meinen Mitarbeitern im Anorganisch-chemischen Institut der Universität Göttingen auch in Lebensmitteln wie Wein, dann an der Universität Stuttgart im Institut für Lebensmittelchemie und Analytische Chemie vor allem in Lebensmitteln auch zu Mineralstoffen und zuletzt im Institut für Anorganische und Analytische Chemie der TU Clausthal schwerpunktmäßig im Bereich der Umweltwissenschaften – s. auch Anhang.

Anhand der zahlreichen in diesen Arbeiten vorgestellten Fallbeispiele und der zu einer Problemlösung entwickelten Analysenverfahren ist dieses Buch entstanden.

Auf der Basis von Grundkenntnissen in den Methoden der instrumentellen Analytik werden Konzepte der Elementspezies-Analytik (engl. *speciation*) vermittelt und deren Bedeutung für die Bewertung von Daten über die Gehalte und Wirkungen von Elementen besprochen. Nicht der Gesamtgehalt eines Elementes allein, die Dosis, bestimmt deren Wirkung. Entscheidend sind die Element-Bindungsformen, als Spezies bezeichnet, um die Mobilisierbarkeit von Schwermetallen, deren Toxizität oder auch die Bioverfügbarkeit von Mineralstoffen beurteilen zu können. Anhand zahlreicher Beispiele aus der langjährigen Praxis des Autors, von der Umwelt- bis in die Lebensmittelanalytik, werden vor allem auch Analysenstrategien der Elementspezies-Analytik vorgestellt. Das Buch vermittelt eine anwendungsbezogene Brücke von der Spuren- zur Speziesanalytik, in der die genannten speziellen Begriffe ausführlich beschrieben werden.

Es wendet sich sowohl an Studenten in interdisziplinären Studiengängen der angewandten Naturwissenschaften – von der Chemie, Biologie, Forensik und Toxikologie in der Medizin, Umwelttechnik, Geologie speziell Geochemie bis zur Land- und Forstwirtschaft – und auch an interessierte Laien. Den Letzteren wird anhand der Fallspiele aus dem Alltag ein problemorientiertes und kritisches Denken und Verstehen der Wirkungen chemischer, oft auch als allgemein toxisch geltender Elemente in Abhängigkeit von ihren Spezies vermittelt.

---

# Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Einleitung</b> . . . . .	1
	Literatur. . . . .	8
<b>2</b>	<b>Von Bindungsformen, Mobilisierbarkeit, Bioverfügbarkeit und Toxizität zu den Elementspezies</b> . . . . .	9
	Literatur. . . . .	12
<b>3</b>	<b>Speciation: Methoden und Analysenstrategien im Überblick</b> . . . . .	13
3.1	Zur Methodik allgemein . . . . .	13
3.2	Wasseranalytik . . . . .	16
3.3	Feststoffanalytik (Umweltproben) . . . . .	17
3.4	Lebensmittelanalytik . . . . .	18
3.5	Verbundverfahren und Analysenschemata zur Entwicklung von Analysenstrategien . . . . .	20
	Literatur. . . . .	22
<b>4</b>	<b>Mobilisierbarkeit von Schwermetallen</b> . . . . .	23
4.1	Klärschlämme . . . . .	24
4.2	Erzabraumhalden . . . . .	26
4.3	Das pH-stat-Verfahren . . . . .	28
	Literatur. . . . .	29
<b>5</b>	<b>Toxizität – nicht allein die Dosis macht’s</b> . . . . .	31
5.1	Dosis-Wirkungs-Beziehungen und der Einfluss der Spezies . . . . .	31
5.2	Leuchtbakterientest – ein Biolumineszenztest zur Beurteilung der Toxizität . . . . .	35
	Literatur. . . . .	37
<b>6</b>	<b>Bioverfügbarkeit essenzieller sowie auch toxisch wirkender Elemente</b> . . . . .	39
6.1	Calcium . . . . .	39
6.2	Eisen. . . . .	46
6.3	Kupfer . . . . .	51
6.4	Nickel. . . . .	56

---

6.5	Iod .....	57
6.6	Selen.....	60
	Literatur.....	63
<b>7</b>	<b>Strategien der Elementspezies-Analytik an ausgewählten Beispielen.....</b>	<b>65</b>
7.1	Die Spezies von Schwefel und Stickstoff im Alltag .....	65
7.2	Elementspezies in Getränken: Kaffee, Tee und Rotwein.....	82
7.3	Charakterisierung und Quantifizierung von Mineralstoffbindungen in Lebensmitteln und zur Frage der Calciumstabilität im Wein .....	89
7.4	Strategien der Elementspezies-Analytik und die Bioverfügbarkeit am Beispiel von Zink.....	93
7.5	Chrom im Leder und im Abwasser aus Gerbereien.....	98
7.6	Arsen .....	103
7.7	Aluminiumspezies – vom Waldsterben bis zur Alzheimer-Krankheit .....	109
	Literatur.....	113
	<b>Anhang.....</b>	<b>117</b>
	<b>Stichwortverzeichnis.....</b>	<b>119</b>