

Inhaltsverzeichnis

| | | |
|-------|---|----|
| A. | BEDROHTE GEWÄSSER | 1 |
| 1. | Wasserverschmutzung - Ursachen und Folgen | 1 |
| 2. | Salz-Gehalte der Binnengewässer | 2 |
| 2.1 | Natürliche Salzkonzentrationen | 3 |
| 2.2 | Zivilisatorische Salz-Belastungen | 5 |
| 3. | Wasserbedarf - Abwassereinleitungen - Schadstoffe im Wasser | 6 |
| 4. | Giftige Schwermetalle | 11 |
| 4.1 | Spurenstoffe | 11 |
| 4.2 | Metalle - Schwermetalle | 13 |
| 4.3 | Schadwirkungen der Schwermetalle | 15 |
| 4.4 | Schädlichkeitsgrenzen für Schwermetalle im Wasser | 24 |
| 4.4.1 | Schädlichkeitsgrenzen für biologische Kläranlagen, für das Selbstreinigungs- vermögen von Gewässern, sowie für Fische und andere Wassertiere | 25 |
| 4.4.2 | Grenzwerte für Beregnungswasser | 26 |
| 4.4.3 | Grenz- und Richtwerte für Schwermetalle im Roh- und Trinkwasser | 26 |
| 5. | Schwermetalle im Fluß- und Seewasser | 29 |
| 6. | Herkunft von Schwermetallverunreinigungen in Gewässern | 33 |
| 6.1 | Allgemeines | 33 |
| 6.2 | Spezielle Beispiele: Quecksilber, Cadmium und Blei | 36 |
| 6.3 | Herkunft des Zinks im Rheinwasser | 40 |
| 7. | Umwelt-Belastung durch Schwermetalle | 41 |
| B. | SCHWERMETALL-GEHALTE IN AQUATISCHEN SEDIMENTEN | 47 |
| 8. | Sedimente als Verschmutzungs-Indikatoren | 47 |
| 8.1 | Allgemeines | 47 |
| 8.2 | Probenahme, Aufbereitung und Messungen | 50 |
| 8.3 | Schwermetalle im Wasser, in Schwebstoffen und in Sedimenten | 51 |

| | | |
|--------|--|-----|
| 9. | Natürliche Schwermetall-Gehalte und Bindungsarten in limnischen Sedimenten | 56 |
| 9.1 | Natürliche Gehalte - zivilisatorische Belastung | 56 |
| 9.2 | Geochemischer Tongestein-Standard | 57 |
| 9.3 | Fossile Flußsedimente | 57 |
| 9.4 | Hochwassersedimente | 60 |
| 9.5 | Sedimente aus Gewässern in industriearmen Regionen | 61 |
| 9.6 | Natürliche Bindungsarten von Schwermetallen in limnischen Sedimenten | 63 |
| C. | SCHWERMETALLANREICHERUNGEN IN BINNENGEWÄSSERN DER BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND | 67 |
| 10. | Flüsse in der Bundesrepublik Deutschland: Hydrologie, Hydrochemie und Sedimente | 67 |
| 10.1 | Hydrologie | 67 |
| 10.2 | Hydrochemie | 71 |
| 10.3 | Sedimente (Allgemeine Daten) | 76 |
| 11. | Schwermetallanreicherungen in den Sedimenten von Binnengewässern der Bundesrepublik Deutschland | 80 |
| 11.1 | Schwermetalle in den Sedimenten des Bodensees und seiner wichtigsten Zuflüsse | 82 |
| 11.2 | Schwermetalle in den Sedimenten des Rheins | 84 |
| 11.3 | Schwermetalle in den Sedimenten deutscher Flüsse - Überblick | 87 |
| 11.4 | Mittelwerte - Reihenfolge der Schwermetall- Belastung | 100 |
| 11.5 | Konzentrationsschwankungen der einzelnen Schwermetalle | 102 |
| 11.6 | Anreicherungs-faktoren | 103 |
| 11.7 | Schwermetalltransport in Flüssen der BRD | 105 |
| 12. | Schwermetalle im Elbe- und Rhein-Ästuar sowie in küstennahen Gebieten von Nord- und Ostsee | 110 |
| 12.1 | Mündungsgebiete von Elbe und Rhein; Deutsche Bucht | 110 |
| 12.2 | Ostsee | 116 |
| 13. | Lokale Schwermetallanreicherung | 117 |
| 13.1 | Cadmium in Sedimenten - Beispiel Neckar | 117 |
| 13.1.1 | Cadmium in Sedimenten - Allgemeines | 117 |
| 13.1.2 | Cadmium und andere Schwermetalle im Neckar | 118 |
| 13.2 | Quecksilberanreicherungen in Sedimenten - Beispiel Wupper | 125 |
| 13.3 | Chromanreicherungen in der Weschnitz | 133 |

| | | |
|--------|---|-----|
| 14. | Korrelationen | 136 |
| 14.1 | Korrelationen zwischen den einzelnen Schwermetallen | 137 |
| 14.2 | Beziehungen zwischen den Metallkonzentrationen im Sediment: Schwermetall-Gehalt im Wasser | 137 |
| 14.3 | Korrelation Schwermetalle: Organischer Kohlenstoff bzw. Sulfid-Schwefel | 138 |
| D. | PROZESSE DER SCHWERMETALLANREICHERUNG IN SEDIMENTEN: SEDIMENT-WASSER-WECHSELWIRKUNGEN | 141 |
| 15. | Bindungsarten der Schwermetalle im Schwebgut und Sediment umweltbelasteter Gewässer | 141 |
| 16. | Schwermetallanreicherungen | 142 |
| 16.1 | Schwermetallanreicherung durch Kationenaustausch und Adsorption | 142 |
| 16.2 | Schwermetallanreicherung durch Fällung und Mitfällung; Stabilitätsbeziehungen | 147 |
| 16.2.1 | Fällung | 147 |
| 16.2.2 | Mitfällung | 147 |
| 16.2.3 | Stabilitätsbeziehungen | 149 |
| 16.3 | Metallanreicherung durch wasserunlösliche Huminsäuren (Chelatisierung) | 152 |
| 16.4 | Relative Anteile der einzelnen Bindungsarten | 153 |
| 17. | Immobilisierung - Remobilisierung von Schwermetallen; Verhalten synthetischer Komplexbildner | 155 |
| E. | AUSWIRKUNGEN VON SCHWERMETALLANREICHERUNGEN IN BINNENGEWÄSSERN | 159 |
| 18. | Schwermetallanreicherungen in Fischen | 159 |
| 18.1 | Cadmium in Fischen von Neckar und Enz | 159 |
| 18.2 | Quecksilber in Fischen des Rheins | 161 |
| 19. | Eliminierung von Schwermetallen bei der Wasser-Reinigung | 164 |
| 19.1 | Künstliche Grundwasseranreicherung durch Uferfiltration | 164 |
| 19.2 | Schwermetalle bei der Trinkwasseraufbereitung | 180 |
| 19.3 | Schwermetalle im Abwasser | 181 |
| F. | ZUSAMMENFASSUNG - SCHLUSSFOLGERUNGEN - AUSBLICK | 185 |
| 20. | Schwermetallanreicherungen | 185 |
| 21. | Auswirkungen der erhöhten Schwermetallkonzentrationen | 185 |

| | |
|--|-----|
| 22. Maßnahmen | 187 |
| Anhang: G. UNTERSUCHUNGSMETHODEN | 191 |
| 23. Entnahme von Wasser- und Sedimentproben | 191 |
| 23.1 Entnahme von Wasserproben für die Bestimmung der Haupt- und Spurenelemente | 191 |
| 23.1.1 Geräte und Reagenzien | 191 |
| 23.1.2 Vorbereitung der Flaschen und Geräte | 191 |
| 23.1.3 Probenahme | 191 |
| 23.2 Entnahme von Sedimentproben | 192 |
| 23.3 Entnahme von Schwebstoffproben | 192 |
| 24. Analysenverfahren | 193 |
| 24.1 Die mechanische Sedimentanalyse | 193 |
| 24.2 Die mineralogische Analyse | 194 |
| 24.3 Chemische Analyse der Haupt-Anionen im Wasser | 195 |
| 24.4 Atomabsorptionsspektrometrische Bestimmung der Spurenmetalle | 195 |
| LITERATURVERZEICHNIS | 205 |
| SACHVERZEICHNIS | 221 |