



infernum
Interdisziplinäres Fernstudium
Umweltwissenschaften

Ökologie und Umweltchemie

Lehreinheit 3

Studienbrief: Umweltanalytik



Interdisziplinäres Fernstudium Umweltwissenschaften – infernum

Lehreinheit 3

Umweltanalytik

von

Heiko Lohmann, Thomas Marzi und Ute Merrettig-Bruns



FernUniversität in Hagen



Fraunhofer
UMSICHT

infernum ist ein Studienangebot der FernUniversität in Hagen in wissenschaftlicher Kooperation mit dem Fraunhofer-Institut für Umwelt-, Sicherheits- und Energietechnik UMSICHT in Oberhausen.

Impressum

Titel: Umweltanalytik

Kursnummer: 71423

Modul: Ökologie und Umweltchemie

Von: Heiko Lohmann, Thomas Marzi und Ute Merrettig-Bruns

© 2025 FernUniversität in Hagen, Hagen & Fraunhofer UMSICHT, Oberhausen

Alle Rechte vorbehalten.

Studienangebot: Interdisziplinäres Fernstudium Umweltwissenschaften (infernum)

Der Inhalt dieses Dokumentes darf ohne vorherige schriftliche Erlaubnis durch die FernUniversität in Hagen nicht (ganz oder teilweise) reproduziert, benutzt oder veröffentlicht werden. Das Copyright gilt für alle Formen der Speicherung und Reproduktion, in denen die vorliegenden Informationen eingeflossen sind, einschließlich und zwar ohne Begrenzung Magnetspeicher, Computerausdrucke und visuelle Anzeigen. Alle in diesem Dokument genannten Gebrauchsnamen, Handelsnamen und Warenbezeichnungen sind zumeist eingetragene Warenzeichen und urheberrechtlich geschützt. Warenzeichen, Patente oder Copyrights gelten gleich ohne ausdrückliche Nennung. In dieser Publikation enthaltene Informationen können ohne vorherige Ankündigung geändert werden.

Inhaltsverzeichnis

Inhaltsverzeichnis	I
Abbildungsverzeichnis	III
Tabellenverzeichnis	IV
Symbolverzeichnis	V
1 Einführung und Lehrziele	- 1 -
2 Umweltanalytik	- 2 -
2.1 Begriff	- 2 -
2.2 Konzepte	- 2 -
2.3 Der analytische Prozess	- 4 -
2.4 Übungsaufgabe	- 7 -
3 Probennahme	- 8 -
3.1 Feststoffe	- 10 -
3.2 Flüssigkeiten	- 12 -
3.3 Gase	- 13 -
3.4 Übungsaufgabe	- 15 -
4 Probenlagerung und -transport	- 16 -
4.1 Einflüsse der Umwelt	- 16 -
4.2 Wechselwirkungen mit Materialien	- 16 -
4.3 Übungsaufgabe	- 18 -
5 Probenvorbereitung	- 19 -
5.1 Zerkleinerung	- 19 -
5.2 Trocknung	- 19 -
5.3 Aufschlüsse	- 20 -
5.4 Auslaugversuche (Elutionstests)	- 21 -
5.5 Extraktion mit organischen Lösemitteln	- 23 -
5.6 Adsorption an festen Phasen	- 25 -
5.7 Übungsaufgabe	- 26 -
6 Messtechnik	- 27 -
6.1 Chemisch-Physikalische Methoden	- 27 -
6.2 Biologische Messverfahren	- 39 -
6.3 Übungsaufgabe	- 49 -
7 Auswertung und statistische Bewertung von Analysedaten	- 50 -

7.1	Kalibrierung eines Analysenverfahrens	- 50 -
7.2	Messabweichungen	- 52 -
7.3	Unsicherheitsfortpflanzung	- 56 -
7.4	Nachweis- und Bestimmungsgrenze	- 57 -
7.5	Matrixeffekte	- 59 -
7.6	Vergleich mit Grenzwerten.....	- 62 -
7.7	Übungsaufgabe.....	- 66 -
8	Glossar	- 67 -
9	Lösungen der Übungsaufgaben	- 70 -
10	Literaturverzeichnis	- 74 -
10.1	Verwendete Literatur	- 74 -
10.2	Fachzeitschriften.....	- 75 -

Abbildungsverzeichnis

Abb. 2.1:	Ablauf einer Titration nach Mohr zur Bestimmung der Cl^- -Konzentration (eigene Darstellung)	- 3 -
Abb. 2.2:	Teststäbchen für halbquantitative Bestimmung der Chlorid-Ionen-Konzentration (eigene Darstellung)	- 4 -
Abb. 2.3:	Enantiomere R-(–)-o,p'-DDT und S-(+)-o,p'-DDT (eigene Darstellung)	- 4 -
Abb. 2.4:	Der analytische Prozess (eigene Darstellung in Anlehnung an Otto 2019)	- 5 -
Abb. 2.5:	Schwermetalleintrag (Cadmium und Blei) an ländlichen Stationen in NRW 1986-2023. Normierung auf das Jahr 1986 = 1 (LANUK 2024b)	- 6 -
Abb. 3.1:	Möglicher Aufbau eines mit Schadstoffen belasteten Grundstücks (eigene Darstellung)	- 9 -
Abb. 3.2:	Beprobung eines Bodenaushub/Hausmüll-Gemisches (eigene Darstellung)	- 12 -
Abb. 3.3:	Isokinetische Probennahme mit Rückhaltung von Stäuben und Absorption von Schwermetallen mittels einer sauren Lösung (eigene Darstellung)	- 14 -
Abb. 4.1:	Stoffverluste bei der Verwendung unterschiedlicher Transportgefäße (Tewag 2015)	- 17 -
Abb. 5.1:	Flüssig-Flüssig Extraktion mit einem Scheidetrichter (eigene Darstellung)	- 24 -
Abb. 5.2:	Fest-Flüssig-Extraktion mit Hilfe einer Soxhlet-Apparatur (eigene Darstellung)	- 25 -
Abb. 6.1:	Chromatographische Trennung (eigene Darstellung)	- 29 -
Abb. 6.2:	Prinzipieller Aufbau einer chromatographischen Trennung (eigene Darstellung)	- 30 -
Abb. 6.3:	Dünnschichtchromatographie (eigene Darstellung)	- 31 -
Abb. 6.4:	Prinzipieller Aufbau eines Gaschromatographen (eigene Darstellung)	- 32 -
Abb. 6.5:	Schema einer HPLC-Apparatur (eigene Darstellung)	- 34 -
Abb. 6.6:	Emissions-, Absorptions- und Fluoreszenzvorgänge (eigene Darstellung)	- 35 -
Abb. 6.7:	Prinzipieller Aufbau eines Emissionsspektrometers (eigene Darstellung)	- 35 -
Abb. 6.8:	Prinzipieller Aufbau eines Absorptionsspektrometers (eigene Darstellung)	- 36 -
Abb. 6.9:	Infrarotschwingungen im Wassermolekül (eigene Darstellung)	- 37 -
Abb. 6.10:	Prinzipieller Aufbau eines Fluoreszenzspektrometers (eigene Darstellung)	- 38 -
Abb. 7.1:	Kalibriergerade (eigene Darstellung nach Otto 2019)	- 50 -
Abb. 7.2:	Kalibriergerade für die spektrometrische Bestimmung der Cu^+ -Konzentration (eigene Darstellung)	- 52 -
Abb. 7.3:	Auswirkungen zufälliger und systematischer Messabweichungen; die Analyse gleicht dabei dem Schuss eines Bogenschützen auf eine Zielscheibe (eigene Darstellung nach Six Sigma 2025)	- 53 -
Abb. 7.4:	Ermittlung der Nachweisgrenze über das Signal/Rausch-Verhältnis (eigene Darstellung nach Petrozzi 2010)	- 58 -
Abb. 7.5:	Prinzip der Standardaddition (eigene Darstellung nach Petrozzi 2010)	- 60 -
Abb. 7.6:	Kalibriergerade des Standardadditions-Versuchs (eigene Darstellung)	- 61 -
Abb. 7.7:	Extrapolierte Kalibriergerade des Standardadditions-Versuchs (eigene Darstellung)	- 62 -

Tabellenverzeichnis

Tab. 3.1:	Homogene und heterogene Gemenge (eigene Darstellung nach Schröter et al. 1990)	8 -
Tab. 3.2:	Mindestvolumen der Einzel- und Laborprobe in Abhängigkeit von der Korngröße (eigene Darstellung nach LAGA 2019)	10 -
Tab. 3.3:	Zusammensetzung der abgesiebten Fraktion (Sieb 10 cm) bei drei Proben (eigene Darstellung)	12 -
Tab. 5.1:	Sequentielle Elution eigene Darstellung nach (Calmano und Förstner 1982)	23 -
Tab. 6.1:	In der Literatur beschriebene instrumentelle analytische Methoden für ausgewählte Parameter und Matrices (eigene Darstellung)	28 -
Tab. 6.2:	Beispielhafte chromatographische Verfahren (eigene Darstellung)	30 -
Tab. 6.3:	Standardverfahren zur Bestimmung der Ökotoxizität in verschiedenen Medien (eigene Darstellung)	42 -
Tab. 6.4:	Erfassungsbereich der Messparameter bei Untersuchung des biologischen Abbaus (eigene Darstellung)	44 -
Tab. 6.5:	Standardtestverfahren zur Untersuchung des biologischen Abbaus in aquatischen Systemen (eigene Darstellung)	45 -
Tab. 6.6:	Testverfahren unter anaeroben Bedingungen (eigene Darstellung)	46 -
Tab. 6.7:	Testverfahren zur Prüfung der Abbaubarkeit im Boden (eigene Darstellung)	47 -
Tab. 7.1:	Messergebnisse der Cu ⁺ -Standardlösungen (eigene Darstellung nach Palmer 2014)	51 -
Tab. 7.2:	Ergebnisse Blindwertmessungen (eigene Darstellung nach Palmer 2014)	55 -
Tab. 7.3:	Ergebnisse Blindwertmessungen und berechnete Werte für Mittelwert, Standardabweichung und RSD (eigene Darstellung nach Palmer 2014)	55 -
Tab. 7.4:	Wiederfindungsrate für die Elemente Aluminium, Kupfer und Eisen (eigene Darstellung nach Palmer 2014)	56 -
Tab. 7.5:	Berechnete Nachweis- und Bestimmungsgrenzen für die Aluminium, Kupfer und Eisen (eigene Darstellung nach Palmer 2014)	59 -
Tab. 7.6:	Mit unterschiedlichen Verfahren ermittelte Nachweis- und Bestimmungsgrenzen für 1-Hydroxypyren mittels Gaschromatographie (Gries et al. 2024)	59 -
Tab. 7.7:	Messergebnisse der Standardaddition (eigene Darstellung)	61 -
Tab. 7.8:	Ausgewählte Parameter, deren Konzentration sich im Verteilungsnetz einschließlich der Trinkwasser-Installation in der Regel nicht mehr erhöht (eigene Darstellung mit Daten aus BMJV 2023)	64 -