



Beiträge des Instituts für Umweltsystemforschung
der Universität Osnabrück

Herausgeber: Prof. Dr. Michael Matthies

Beitrag Nr. 51

Untersuchung des Einflusses ausge- wählter Wetterprozesse auf den Fern- transport und die Persistenz von Chemi- kalien mit dem Modell ELPOS

Timm Heitmeyer

Juli 2008



Institut für
Umweltsystemforschung
Universität Osnabrück

ISSN-Nr. 1433-3805

**Beiträge des Instituts für Umweltsystemforschung
der Universität Osnabrück**

ISSN 1433-3805

Herausgeber:

Prof. Dr. Michael Matthies
Universität Osnabrück
Institut für Umweltsystemforschung
Barbarastr. 12

D-49069 Osnabrück

Tel. 0541/969-2575

Fax. 0541/969-2599

E-Mail: matthies@uos.de

<http://www.usf.uni-osnabrueck.de>

© USF – Institut für Umweltsystemforschung, Universität Osnabrück

Untersuchung des Einflusses ausgewählter
Wetterprozesse auf den Ferntransport und die
Persistenz von Chemikalien mit dem Modell
ELPOS

Timm Heitmeyer, Universität Osnabrück

24. Juli 2008

Kapitel 1

Einleitung

Es soll untersucht werden welchen Einfluss variable Wetterbedingungen auf den Ferntransport und die Persistenz von Umweltchemikalien haben. Bisher wurden im betrachteten Modell ELPOS konstante Werte für die Niederschlagsmenge, die Windgeschwindigkeit und die Höhe der atmosphärischen Mischungsschicht verwendet.

Ziel des Projekts war es eine reale Wetterstatistik aus der Vergangenheit mit dem Modell zu verknüpfen um herauszufinden inwiefern sich diese variablen Daten auf die charakteristische Reichweite und die Persistenz von Umweltchemikalien auswirken. Es wurden also die Abweichungen der räumlichen und zeitlichen Reichweiten zwischen herkömmlicher und neuer Berechnungsgrundlage ermittelt.

Kapitel 2

Daten und Methoden

Grundlage der Untersuchung ist das Modell ELPOS (Environmental Long-range and Persistence of Organic Substances)[1]. Es handelt sich dabei um ein Multimedia-Modell, das von Andreas Beyer entwickelt wurde und im Jahre 2002 in der Version 1.0.1 als Excel-Spreadsheet Verwendung fand. Der aktuellen Untersuchung liegt die spätere Version 2.1 aus dem Jahr 2005 zugrunde.

Das Modell ermöglicht u.a. die Berechnung von Kenngrößen für die Persistenz und das Ferntransportverhalten von Chemikalien in einer generischen Umwelt. ELPOS ist ein als Excel-Spreadsheet implementiertes Multimedia-Modell (Level III) zur Berechnung des stabilen Fließgleichgewichtszustandes einer Chemikalie in der Umwelt unter der Annahme konstanter Emissionsraten. Als Ergebnis liefert das Modell u.a. die für die vorliegende Arbeit wichtigen Werte einer Chemikalie für die Gesamtpersistenz (Pov) und die charakteristische Reichweite (CTD) als Maß für den Ferntransport. Als Eingabedaten benötigt das Modell für die Transport-, Verteilungs- und Abbauprozesse zum einen substanzspezifische Parameter wie Verteilungskoeffizienten und Halbwertszeiten sowie zum anderen Parameter zur Beschreibung der Umwelt (u.a. Niederschlagsmenge, Windgeschwindigkeit und Höhe der atmosphärischen Mischungsschicht).

Bisher wurden für die letzten drei genannten Parameter für das Wetter konstante Werte benutzt, die das durchschnittliche Wettergeschehen in Mitteleuropa charakterisieren. Ziel der vorliegenden Arbeit ist die Untersuchung, auf welche Weise variable Werte für die Wetterparameter die charakteristische Reichweite und die Persistenz beeinflussen.

Es liegt eine 3-dimensionale Ausbreitungsstatistik der KfK-Karlsruhe vor[2]. Über 10 Jahre wurden halbstündlich Mittelwerte der Windgeschwindigkeit, Niederschlagsmenge und der Stabilitätsklasse aufgezeichnet. Jede der sechs Pasquill'schen Stabilitätsklassen (A-F) ist direkt mit einer jeweiligen Höhe der atmosphärischen Mischungsschicht verknüpft[3], sodass jener Parameter leicht für das ELPOS-Modell verwendet werden kann. Die gesamte Datenmenge wurde in vier Niederschlagsstufen, acht Windgeschwindigkeitsstufen und sechs Stabilitätsklassen zusammengefasst, sodass 192 relative Häufigkeiten vorliegen.

Um ein variables Wetter zu simulieren wird Excel mit dem Programm "Crystal Ball"[4] verknüpft. Als Datengrundlage benötigt Crystal Ball Verteilungen, sodass die relativen Häufigkeiten der KfK-Statistik zunächst in Verteilungen von Mischungsschichthöhe, Niederschlagsmenge und Windgeschwindigkeit zusammengefasst werden müssen. Crystal Ball liefert nun pro Monte-Carlo-Schritt basierend auf den Verteilungen ein Tupel von drei konkreten Werten für die Windgeschwindigkeit, die Niederschlagsmenge und die Mischungsschichthöhe. Für jede Substanz wird die Persistenz und die charakteristische Reichweite 20000 mal mit unterschiedlichen Wetterparametern berechnet. Dadurch erhält man stabile Mittelwerte für Persistenz und Reichweite. Diese Mittelwerte werden nun mit den herkömmlich berechneten Werten für die Persistenz und die charakteristische Reichweite verglichen. Um die Abweichungen gut einordnen zu können, werden die Berechnungen für 3175 hypothetische Chemikalien durchgeführt. Bei diesen Chemikalien variiert der $\log K_{oa}$ von -1 bis 15 und der $\log K_{ow}$ von -11 bis 2. Ebenso werden die Halbwertszeiten in Luft und in Wasser variiert.

Um die Berechnungen vergleichbar zu machen, werden die vorher verwendeten durchschnittlichen Wetterparameter für Mitteleuropa (4 m/s Windgeschwindigkeit, 1000 m Mischungsschichthöhe und 700 mm/a Niederschlag) im Excel-Spreadsheet von ELPOS an die durchschnittlichen Wetterparameter der KfK-Statistik angepasst. Dazu wird die Windgeschwindigkeit auf 4,5 m/s erhöht und die Mischungsschichthöhe auf 550 m erniedrigt. Die durchschnittliche Niederschlagsmenge liegt in beiden Fällen bei 700 mm/a.

Kapitel 3

Ergebnisse und Diskussion

In den Abbildungen[5] wird die Abweichung zwischen den herkömmlich deterministisch berechneten Werten der Persistenz und charakteristischen Reichweite und den probabilistisch berechneten Werten dargestellt.

3.1 Charakteristische Reichweite

Die Abweichungen im Fall der charakteristischen Reichweite werden als erstes betrachtet. Weil die Abweichungen unabhängig von der Halbwertszeit im Wasser sind, ergeben sich für 5 verschiedene Halbwertszeiten in der Luft die 5 Diagramme in Abbildung 3.1.

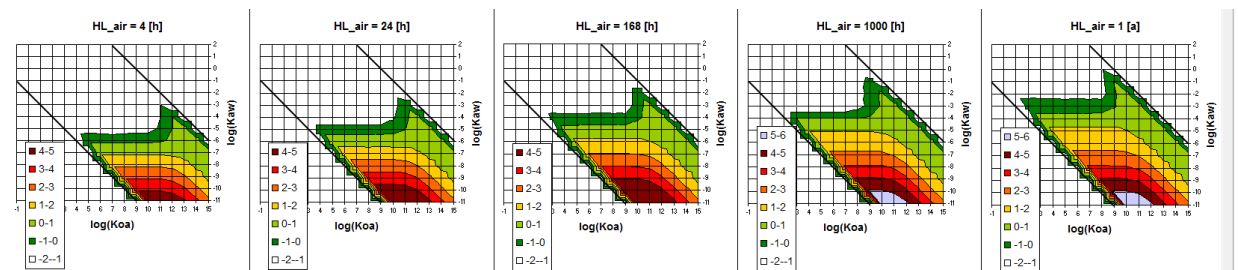


Abbildung 3.1: Überblick der Abweichungen zwischen deterministisch und probabilistisch berechneter CTD

Es wurden nur die Substanzen betrachtet, deren $\log K_{oa}$ - $\log K_{aw}$ -Kombination innerhalb des im Diagramm mit schwarzen Linien markierten Bereichs liegen.

Die Zahlen, die lt. Legende den Farben zugeordnet sind, geben die Abweichungen in Zehnerpotenzen an. Im weißen Bereich kommen demnach Abweichungen von 0-10% vor, im dunkelgrünen Bereich Abweichungen von 10-100% und so fort. Offensichtlich werden die Abweichungen im roten Bereich exorbitant groß.

Man kann sehen, dass die Abweichungen mit steigender Halbwertszeit in der Luft zunehmen. Der farbige Bereich dehnt sich mit zunehmender Halbwertszeit aus, der Bereich der geringen Abweichungen bis 10% nimmt deutlich ab.

Abbildung 3.2 zeigt exemplarisch ein einzelnes Diagramm für die Halbwertszeit in der Luft von 24 Stunden.

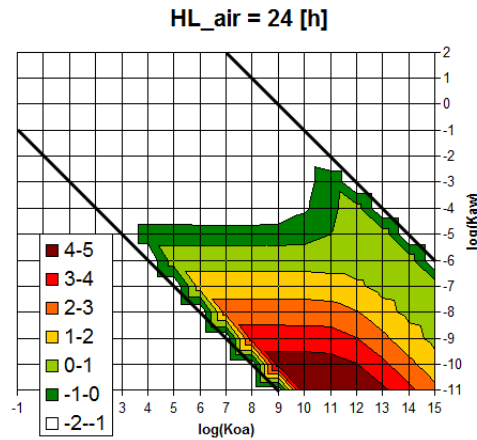


Abbildung 3.2: Abweichungen zwischen deterministisch und probabilistisch berechneter CTD für $HL_{air} = 24h$

Solange man Substanzen betrachtet, deren $\log K_{aw} \geq -3$ ist, gibt es praktisch keine Abweichungen zwischen den deterministisch und den probabilistisch berechneten Werten für die charakteristische Reichweite. Der $\log K_{oa}$ ist unproblematisch, wenn er zu Substanzen gehört, die den Wert $\log K_{oa} \leq 4$ haben.

Es ist so, dass im Diagramm im Bereich links-oben sehr hohe charakteristische Reichweiten vorkommen. Die Reichweiten nehmen ab je weiter rechts-unten die Substanz liegt. Bei den hohen Werten für die charakteristische Reichweite (bis zu 200000 km) stimmen die deterministisch und probabilistisch berechneten Werte also sehr gut überein. Chemikalien mit einer hohen Reichweite werden mit beiden Berechnungsmethoden gleich bewertet. Man kann keine Methode dafür kritisieren, dass sie eine charakteristische Reichweite im Vergleich zur anderen Methode unterschätzt bzw. überschätzt.

Im roten Bereich des Diagramms kommen charakteristische Reichweiten vor, die lt. den bisherigen deterministischen Berechnungen sehr klein sind, d.h. Reichweiten zwischen 0 und 20 km. Diese kleinen Werten ergeben sich nach den probabilistischen Berechnungen nicht. Die extrem hohen Abweichungen treten bspw. auf, wenn eine deterministisch berechnete Reichweite von 1 km einer probabilistisch berechneten Reichweite von 2000 km gegenübersteht. Den Grund für diese hohe Abweichung liefert der Parameter Niederschlag. Im bisher verwendeten Modell wurde der jährliche Niederschlag (meist 700 mm/a) als konstant angesehen, es gab also einen immer andauernden Niederschlag von knapp 2 mm pro Tag. Bei den deterministischen Rechnungen führt also ein dauerhafter Niederschlag dazu, dass einzelne Substanzen unmittelbar aus der Luft ausgewaschen werden und somit nur eine äußerst geringe charakteristische Reichweite aufweisen. Dieses ist bei Chemikalien zu beobachten, bei denen der $\log K_{aw} \leq -9$ ist. Jene Substanzen verteilen sich in einer Luft-Wasser-Umgebung zum größten Teil umgehend ins Wasser.

Im nun neu entwickelten Modell tritt der andauernde konstante Niederschlag nicht mehr auf. In 91% der betrachteten Fälle liegt der Niederschlag lt. KfK-Statistik bei 0 mm/h. Dies führt nun dazu, dass eine Chemikalie - wenn kein Niederschlag auftritt - durch die variable Windgeschwindigkeit durchaus weit transportiert werden kann. Dadurch, dass lt. KfK-Statistik auch in der niederschlagsfreien Zeit hohe Windgeschwindigkeiten auftreten können, können sich hohe charakteristische Reichweiten ergeben. Es ist also vorstellbar, dass das bisher verwendete Modell dazu führen kann, dass Chemikalien je nach Wetter in ihrer charakteristischen Reichweite unterschätzt werden. In Trockenperioden könnte die charakteristische Reichweite nach deterministischen Berechnungen als zu klein angesehen werden. Allerdings muss man betonen, dass es praktisch keine umweltrelevanten Chemikalien gibt, deren $\log K_{aw}$ kleiner als -8 ist. Das oben erwähnte Extrembeispiel (1 km Reichweite bei deterministischer gegenüber 2000 km bei probabilistischer Berechnung) hat also nur theoretischen Wert und keinen Bezug zur Praxis.

3.2 Persistenz

In Bezug auf die Persistenz treten weitaus geringere Abweichungen zwischen der deterministisch bzw. probabilistisch berechneten Persistenz auf. Bei 2136 hypothetischen Substanzen ist es so, dass der probabilistisch berechnete Wert

größer ist als der deterministisch berechnete Wert. Demnach ist bei 1039 der hypothetischen Substanzen die probabilistisch berechnete Persistenz kleiner.

Im Gegensatz zum Fall der charakteristischen Reichweite sind die Abweichungen nicht unabhängig von der Halbwertszeit in Wasser. Die hypothetischen Substanzen haben Halbwertszeiten in Wasser von einem Tag, einer Woche, 1000 Stunden, einem Jahr oder zehn Jahren. Die Halbwertszeiten in der Luft liegen natürlich unverändert zu oben bei vier Stunden, einem Tag, einer Woche, 1000 Stunden bzw. einem Jahr. Es ergeben sich also 25 Abbildungen für jeden Kombination von Halbwertszeiten. Es gibt keine allzu großen Unterschiede zwischen den Bildern, deshalb greife ich exemplarisch vier Abbildungen heraus.

Die Abweichungen für die kleinsten Halbwertszeiten (24 Stunden in Wasser, 4 Stunden in Luft) sieht man in Abbildung 3.3. Zum größten Teil treten Abweichungen von bis zu 10% auf (weißer Bereich).

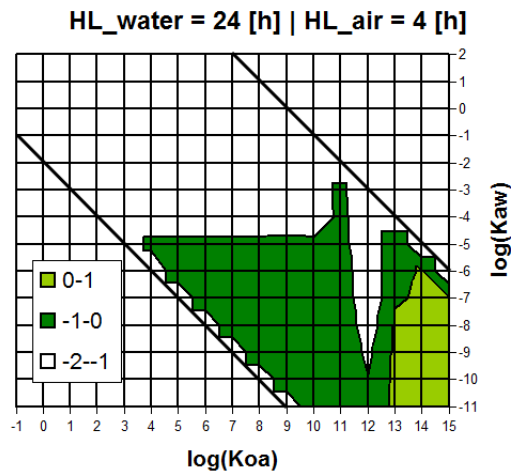


Abbildung 3.3: Abweichungen zwischen deterministisch und probabilistisch berechneter Persistenz für HL_water = 24h, HL_air = 4h

Es gibt zwar auch größere Abweichungen, aber keinesfalls so extreme Unterschiede wie bei der charakteristischen Reichweite. Auch hier ist es wieder so, dass im linken oberen Bereich der Abbildung ($\log K_{aw} > -3$ und $\log K_{oa} < 4$) quasi keine Abweichungen festzustellen sind. Wiederum sind die größten Abweichungen wie vorher im rechten unteren Bereich der Abbildung (sehr hoher $\log K_{oa}$ und sehr kleiner $\log K_{aw}$). Hier kann nun allerdings nicht wie vorher zwischen un-

terschiedlich großen absoluten Werten unterschieden werden. Natürlich ist die Persistenz sehr stark an die Halbwertszeiten in Wasser und in Luft gebunden. Bei den in Abbildung 3.3 geringen Halbwertszeiten ergeben sich natürlich auch nur sehr geringe Persistenzen.

In welchem Maß sich andere Kombinationen von Halbwertszeiten unterscheiden zeigt die folgende Abbildung 3.4.

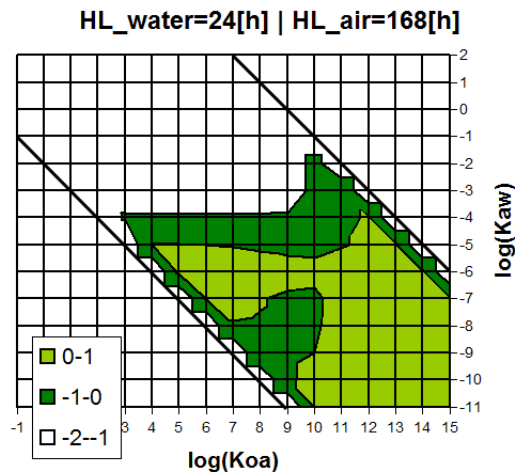


Abbildung 3.4: Abweichungen zwischen deterministisch und probabilistisch berechneter Persistenz für $HL_water = 24h$, $HL_air = 168h$

Grundsätzlich gibt es wieder einen relativ großen Bereich mit sehr geringen Abweichungen von bis zu 10%. Im Vergleich zu Abbildung 3.3 werden nun Substanzen dargestellt, die eine höhere Halbwertszeit in Luft haben. Es gibt einen durchaus nicht kleinen Bereich, in dem Unterschiede von bis zu einer Zehnerpotenz zwischen probabilistisch und deterministisch berechneter Persistenz auftreten.

Allerdings gibt es dann bei recht ähnlichen Substanzen (etwas höhere Halbwertszeit in Wasser) auch wieder geringere Abweichungen als vorher (siehe Abbildung 3.5).

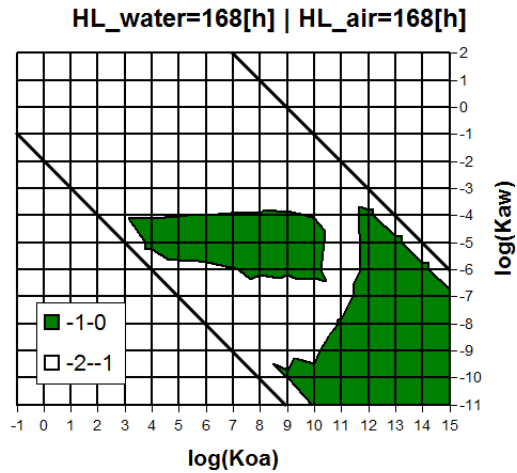


Abbildung 3.5: Abweichungen zwischen deterministisch und probabilistisch berechneter Persistenz für $HL_water = 168h$, $HL_air = 168h$

Hier gibt es wieder größtenteils sehr geringe Abweichungen (bis zu 10%, weißer Bereich). Allerdings fehlt nun der hellgrüne Bereich der Abweichungen mit bis zu einer Zehnerpotenz. Für diese Substanzen kann man also sagen, dass die probabilistisch berechnete Persistenz sehr gut mit der herkömmlich deterministisch berechneten Persistenz übereinstimmt. Bei rund der Hälfte der hypothetischen Substanzen (13 von 25 Abbildungen) ergibt sich ein ähnliches Bild. In jenen Abbildungen gibt es keinen hellgrünen Bereich mit relativ großen Abweichungen.

Im Gegensatz zu allen vorherigen Abbildungen gibt es in Bezug auf die Persistenz nun aber durchaus auch Substanzen mit großem K_{aw} , bei denen etwas höhere Abweichungen vorkommen. In Abbildung 3.6 sieht man, dass auch im oberen Bereich höhere Abweichungen auftreten.

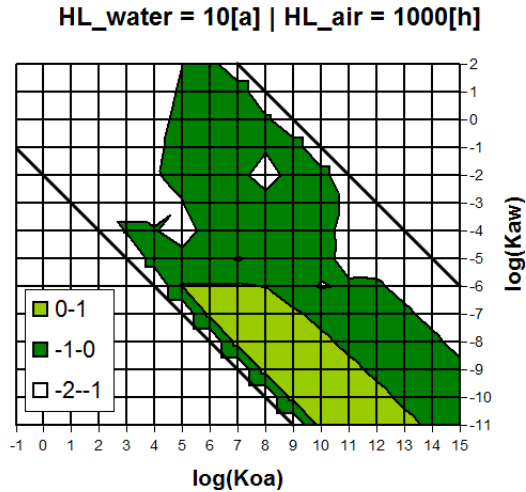


Abbildung 3.6: Abweichungen zwischen deterministisch und probabilistisch berechneter Persistenz für $HL_{water} = 10a$, $HL_{air} = 1000h$

Allerdings gibt es im Bereich $\log K_{oa} < 3$ in jedem der vorliegenden Fälle nur sehr geringe Abweichungen von bis zu 10% (Ecke links-oben).

Im Vergleich zur charakteristischen Reichweite treten bei der Persistenz zwar weitaus geringere Abweichungen auf, allerdings kann man nicht sagen, dass die deterministisch berechneten Werte in jedem Fall sehr gut mit den probabilistisch berechneten Werten übereinstimmen. Für zwei Drittel der hypothetischen Substanzen ergeben sich - wie bereits erwähnt - negative Abweichungen. Dies bedeutet, dass die probabilistisch berechnete Persistenz höher ist als die herkömmlich berechnete Persistenz, was in Bezug auf Umweltchemikalien natürlich weitaus weniger schwerwiegend ist als eine Unterschätzung. Bei einem Drittel der Substanzen ergibt sich nämlich bei probabilistischer Berechnung eine kleinere Persistenz als vorher. Wenn man die geringen Abweichungen von bis zu 10% herausnimmt, bleiben zumindest noch rund ein Sechstel der hypothetischen Substanzen über, bei denen der probabilistisch berechnete Wert für die Persistenz kleiner ist als bei herkömmlich deterministischer Rechnung.

Literaturverzeichnis

- [1] Beyer, A., Matthies, M. (2001) Criteria for Atmospheric Long-Range Transport Potential and Persistence of Pesticides and Industrial Chemicals. *Umweltforschungsplan des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit*
- [2] Hübschmann, W. (1978) Umweltmeteorologie. *Jahresbericht 1978 der Abteilung Sicherheit Kfk 2775, S. 181-189*
- [3] Trenkle, B., Münzer, B. (1987) EXAIR Analytisches Modell für den Transport, die Anreicherung und den Abbau in der unteren Atmosphäre. *S. 12*
- [4] Oracle Deutschland GmbH (2007) Crystall Ball 7 Professional Edition
- [5] Stroebe, M. (2003) Excel-Spreadsheet Spaceplots.xls *ETH Zürich*

Beiträge des Instituts für Umweltsystemforschung der Universität Osnabrück

1. Eberhard Umbach: Umweltverträgliches Wirtschaftssystem in den Bereichen Abfall und Emissionen. März 1997.
2. Stefan Trapp, Bernhard Reiter, Michael Matthies: Überprüfung und Fortentwicklung der Bodenwerte für den Boden-Pflanze-Pfad - Teilprojekt Transferfaktoren Boden-Pflanze. August 1997.
3. Michael Matthies (Hrsg.): Stoffstromanalyse und Bewertung. September 1997.
4. Dirk Melcher: Quantifizierung, Klassifizierung und Modellierung der Phytotoxizität organischer Chemikalien. Oktober 1997.
5. Stefan Schwartz: Organische Schadstoffe in der Nahrungskette - Vorstudie zur Validierung von Expositionsmodellen. November 1997.
6. Volker Berding: Private Hausbrunnen - Vergleichende Bewertung von Maßnahmen zur Verbesserung der Trinkwasserqualität. Oktober 1997.
7. Horst Malchow (Hrsg.): Modellbildung und -anwendung in den Wissenschaften I. Januar 1998.
8. Birgit Radtke: Bifurkationen in einem Modell mariner Planktodynamik. Januar 1998.
9. Werner Berens: Konzeption eines Umweltinformationssystems für die Universität Osnabrück. Juni 1998.
10. Michael Matthies (Hrsg.): Studienprojekte 1998. September 1998.
11. Michael Matthies (Hrsg.): Globaler Wandel. September 1998.
12. Klaus Brauer (Hrsg.): Institutsbericht. September 1998.
13. Klaus Brauer, Horst Malchow, Michael Matthies, Eberhard Umbach (Hrsg.): Materialien des Arbeitstreffens Systemwissenschaft in der Lehre, Universität Osnabrück, 29./30.9.1998. Dezember 1998.
14. Horst Malchow (Hrsg.): Modellbildung und -anwendung in den Wissenschaften II. Dezember 1998.
15. Horst Malchow (Hrsg.): Modellbildung und -anwendung in den Wissenschaften III. August 1999.
16. Michael Matthies (Hrsg.): Regionale Nachhaltigkeit. September 2000.
17. Markus Klein: Langjähriger Wasserhaushalt von Gras- und Waldbeständen. Entwicklung, Kalibrierung und Anwendung des Modells LYFE am Groß-Lysimeter St. Arnold. Juni 2000.
18. Markus Brune: Multimediale Umweltmodellierung mit Fuzzy-Mengen. Juli 2000.
19. Michael Matthies (Hrsg.): Fraktale in Hydrologie und Biologie. Oktober 2000.
20. Stefan Fuest (Dissertation): Regionale Grundwassergefährdung durch Nitrat. Dezember 2000.
21. Carsten Schulze (Dissertation): Modelling and evaluating the aquatic fate of detergents. Januar 2001.

Die Beiträge können gegen einen Selbstkostenpreis (ca. 10 EUR pro Exemplar) beim Institut für Umweltsystemforschung, Universität Osnabrück, 49069 Osnabrück bestellt werden. Alle folgenden Beiträge sind herunter zu laden unter <http://www.usf.uos.de/usf/beitraege/>.

22. Horst Malchow (Hrsg.): Modellbildung und -anwendung in den Wissenschaften IV. Januar 2001.
23. Horst Malchow (Hrsg.): Modellbildung und -anwendung in den Wissenschaften V. August 2001.
24. Kai Leßmann (Diplomarbeit): Probabilistic Exposure Assessment. Parameter Uncertainties and their Effects on Model Output. November 2002.

25. Frank M. Hilker (Diplomarbeit): Parametrisierung von Metapopulationsmodellen. März 2003.
26. Nadja Rüger (Diplomarbeit): Habitat suitability for *Populus euphratica* in the Northern Amudarya delta - a fuzzy approach. Juni 2003.
27. Claudia Pahl-Wostl, Eva Ebenhöh (Hrsg.): Komplexe Adaptive Systeme. Juli 2003.
28. Horst Malchow (Hrsg.): Chaos und Ordnung in Natur und Gesellschaft. Dezember 2004.
29. Andreas Focks (Diplomarbeit): Modeling the transfer of antibiotic drug resistance genes between *E. coli* strains. Juni 2005.
30. Christiane Zarfl (Diplomarbeit): Modellierung von Arsen in der Mulde. Juni 2005.
31. Sven Lautenbach (Dissertation): Modellintegration zur Entscheidungsunterstützung für die Gewässergütebewirtschaftung im Einzugsgebiet der Elbe. November 2005.
32. Frank M. Hilker and Frank H. Westerhoff: Control of chaotic population dynamics: Ecological and economic considerations. November 2005.
33. Harold Fellermann (Diplomarbeit): Micelles as containers for protocells. Dezember 2005.
34. Jens Newig, Oliver Fritsch (Hrsg.): Effektivität von Beteiligungsprozessen. Mai 2006.
35. Ba Kien Tran (Diplomarbeit): Modellierung biologischer Invasionen mit Reaktions-Diffusionsgleichungen. Juli 2006.
36. Ivo Siekmann (Diplomarbeit): Agentenbasierte Modellierung von Persönlichkeitsunterschieden auf der Grundlage der PSI-Theorie. Juli 2006.
37. Tobias Ceglarek (Diplomarbeit): Irreguläre Oszillationen in drei- und vierkomponentigen populationsdynamischen Modellen. September 2006.
38. Horst Malchow (Hrsg.): Komplexe Systeme und nichtlineare Dynamik in Natur und Gesellschaft. Dezember 2006.
39. Jens Newig, Veronika Gaube, Karin Berkhoff, Kai Kaldrack, Britta Kastens, Juliana Lutz, Bianca Schlussmeier, Heidelinde Adensam, Helmut Haberl, Claudia Pahl-Wostl, Armand Colard, Bettina Aigner, Rudolf Maier, Wolfgang Punz: Partizipative Modellbildung, Akteurs- und Ökosystemanalyse in Agrarintensivgebieten. Juli 2007.
40. Bert Wecker, Bakhtiyor Karimov, Bakhtiyar Kamilov, Uwe Waller, Michael Matthies, Helmut Lieth: Sustainable Aquaculture in Recirculating Systems – Feasibility Study for the Catchment Area of the Aral Sea. März 2007.
41. Michael Matthies (Hrsg.): Klimawandel. Oktober 2007.
42. Nina Hüffmeyer (Diplomarbeit): Modellierung von Zink in der Ruhr – Emissionspfade und Belastungsanalyse. August 2006.
43. Jutta Wissing (Diplomarbeit): Georeferenzierte hydromorphologische Charakterisierung von Flussgebieten. November 2006.
44. Jan Priegnitz (Diplomarbeit): Analyse von Koffein als Abwassermarker in Fließgewässern. April 2007.
45. Johannes Witt (Diplomarbeit): Pharmacokinetics of sulfadiazine in pigs. Mai 2006.
46. Wibke Avenhaus (Diplomarbeit): Implementation von GREAT-ER mit ArcGIS und ArcHydro. August 2007.
47. Horst Malchow (Hrsg.): Komplexe Systeme und nichtlineare Dynamik in Natur und Gesellschaft. Juli 2008.
48. Christian Ehling (Diplomarbeit): Abschätzung des Bioakkumulationspotentials organischer Verbindungen in der menschlichen Nahrungskette. August 2008.
49. Michael Matthies (Hrsg.): Neue Problemstoffe (Emerging Pollutants). Oktober 2008
50. Christiane Zarfl: Chemical Fate of Sulfadiazine in Soil: Mechanisms and Modelling Approaches. November 2008.