

Beitragsserie: EU-Chemikalienpolitik

Hrsg.: Dr. Henning Friege, AWISTA GmbH, Düsseldorfer Abfallwirtschafts- und Stadtreinigungsbetrieb, Höherweg 100, D-40233 Düsseldorf (HFriege@awista.de)

Grundwassergefährdung durch Holzschutzmittel

MCPELMO 3.0 – Ein mathematisches Simulationsprogramm zur Abschätzung der Grundwassergefährdung unter Holzlagerflächen in Deutschland

Michael Klein^{1*} und Michael Herrmann²

¹ Fraunhofer-Institut für Molekularbiologie und Angewandte Ökologie, Auf dem Aberg 1, D-57392 Schmallenberg-Grafschaft (klein@iuct.fhg.de)

² Umweltbundesamt, Postfach 33 00 22, D-14191 Berlin (michael.herrmann@uba.de)

* Korrespondenzautor (michael.herrmann@uba.de)

DOI: <http://dx.doi.org/10.1065/uwsf2003.07.060>

Zusammenfassung

Ziel und Hintergrund. Mit der Umsetzung der EU-Richtlinie 98/8/EG in ein nationales Biozidgesetz im Juni 2002 werden alle bioziden Produkte zukünftig einem Zulassungsverfahren unterworfen. Voraussetzung einer Zulassung ist u.a., dass das Biozidprodukt keine schädlichen Auswirkungen auf Umwelt und Gesundheit hat. Für Holzschutzmittel ist dabei neben anderen Kriterien zu prüfen, ob durch Auswaschung aus behandelten Hölzern ein Eintrag in das Grundwasser erfolgen kann. Besonderer Augenmerk gilt dabei holzimpregnierenden Betrieben, die ihre behandelten Hölzer auf unbefestigten Flächen im Freiland lagern.

Methoden. Basierend auf bestehenden Versionen des Versickerungsmodells PELMO wurde eine Version speziell für die Abschätzung des Versickerungsverhaltens von Holzschutzmitteln unter Lagerplätzen von Holz-Imprägnierbetrieben in Deutschland entwickelt. Das stochastische Modell verarbeitet dabei 22 ausgewählte Versickerungsszenarien, die ihrerseits aus der Verknüpfung von Leitböden aus 12 Bodenregionen und Wetterdaten von 9 Klimastationen abgeleitet wurden. Diese Szenarien werden gewichtet mit den Standortdaten von Holzimprägnierbetrieben in Deutschland. Als Ergebnis der Simulationsrechnungen werden statistische Wahrscheinlichkeiten für die Konzentrationen im Sickerwasser unter Holzlagerplätzen in den vom Anwender ausgewählten Regionen angegeben.

Ergebnisse und Diskussion. Die Ergebnisprotokolle der Simulationsrechnungen beinhalten sowohl mittlere Sickerwasserkonzentrationen als auch frei wählbare Perzentile (50–99), sowie die jeweils maximale Standortkonzentration. Die Ergebnisse können in Relation zur Gesamtfläche der Bundesrepublik, den jeweiligen forstlich genutzten Flächenanteilen, oder zur Dichte von Holzschutzmittel anwendenden Betrieben dargestellt werden. Neben der Konzentration der Ausgangssubstanz können auch für mehrere Abbauprodukte Konzentrationen in der Grundwasserneubildung berechnet werden.

Schlussfolgerungen. Das beschriebene Modell ist insbesondere zum Vergleich der Grundwassergefährdung durch verschiedenen Holzschutzmittel geeignet. Die vergleichende Bewertung stellt ein neues Element der EU-Politik zur Chemikaliensicherheit dar, das zum ersten Mal in der Biozidrichtlinie 98/8/EG festgeschrieben wurde. Die Ergebnisse der Modellrechnungen identifizieren aber auch besonders gefährdete Regionen in Deutschland, für die geeignete Risikominderungsmaßnahmen ergriffen werden müssen um das dortige Grundwasser zu schützen.

Schlagwörter: Biozide; EU-Biozid-Richtlinie 98/8/EC; EU-Chemikalienpolitik; Grundwasser; Holzimprägnierung; Holzschutzmittel; stochastische Modelle; Versickerung; Versickerungsmodell PELMO; vergleichende Bewertung; Versickerungsmodell MC-PELMO 3.0

Abstract

MC-PELMO 3.0 – A computer model to estimate groundwater contamination caused by leaching of wood preservatives from storage sites of treated wood in Germany

Goal and Background. As a consequence of the implementation of EU Directive 98/8/EC into national law in June 2002, all biocidal products will be subjected to an authorization procedure. Condition for issue of an authorization is that the product or its residues do not exert unacceptable effects on human and animal health or on surface water and groundwater. Hence, among other issues, impact of wood preservatives on groundwater is to be assessed. Focus is particularly on impregnating plants with open-air storage sites for treated wood.

Methods. Based on already in-use versions of the leaching model PELMO, an advanced version (MC-PELMO 3.0) was developed with a specific focus on estimating groundwater contamination under storage sites at wood preserving facilities in Germany. The model processes twenty-two different leaching scenarios that were derived from twelve characteristic soil profiles representing pedological regions in Germany along with recorded meteorological data from nine weather stations. These data are related to geographic distribution of industrial wood preserving activity. The model calculates statistic probabilities of concentrations of wood preservatives in seepage water beneath timber storage sites of regions to be selected by the user.

Results and Discussion. The reports provided by MC-PELMO 3.0 include mean average concentrations, 55 to 99 percentiles, and single maximum concentrations for each of the scenarios. The results can be related to the total area of Germany, its forest area or to the density of preservation activity in various regions. Beside concentrations of the parent compounds, those of degradation products may be calculated for the seepage water.

Conclusion. The described model is a particularly useful tool for comparative assertion of various wood preservative products under aspects of the exposure of groundwater resources. Comparative assertion is a new element within EU-chemicals policy, for the first time materialized in the biocidal products directive 98/8/EC. Furthermore, the results of model calculations identify vulnerable regions in Germany for which appropriate risk management measures have to be taken in order to protect groundwater from contamination.

Keywords: Biocides; comparative assertion; EU-Biocidal Products Directive 98/8/EC; EU-chemicals policy; ground water contamination; leaching; leaching model PELMO; leaching model MC-PELMO 3.0; probabilistic modelling; wood preservatives

1 Ziel und Hintergrund

Zu den Bioziden zählen neben Desinfektionsmitteln, Prozesskonservierungsmitteln, Insektiziden und Rodentiziden, u.a. auch Holzschutzmittel. Anders als bei Pflanzenschutzmitteln gibt es in Deutschland bisher keine umfassende Vorabkontrolle vor dem Inverkehrbringen von solchen Produkten. Die Richtlinie 98/8/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 16. Februar 1998 über das Inverkehrbringen von Biozidprodukten [1] legt nunmehr die Bestimmungen für die Harmonisierung der Zulassung von Bioziden auf europäischer Ebene fest. Neben der Beseitigung von Handelshemmnissen aufgrund unterschiedlicher Zulassungsregime soll mit dieser Richtlinie ein hohes Schutzniveau für Mensch, Tier und Umwelt sichergestellt werden. Ein Gesetz zur nationalen Umsetzung dieser EU-Richtlinie 98/8/EG (Biozidgesetz) ist am 28. Juni 2002 in Kraft getreten [2].

Mindestvoraussetzung für eine Zulassung eines Biozidprodukts wird es zukünftig sein, dass der oder die in einem Produkt enthaltenen bioziden Wirkstoffe in einer EU-weit geltenden 'Liste zulässiger Wirkstoffe' (Anhänge I bzw. IA der Richtlinie) für die jeweilige Indikation aufgeführt sind. Der gemeinschaftlichen Entscheidung über die Aufnahme oder Nichtaufnahme eines Wirkstoffs in diesen Anhang I geht eine Stoffbewertung hinsichtlich potentieller schädlicher Auswirkungen auf Mensch oder Umwelt voraus. Alte, bereits auf dem Markt befindliche Wirkstoffe werden gemäß Artikel 16 Absatz 2 der Richtlinie in einem 10-Jahresprogramm einer Bewertung unterzogen. In der Verordnung der Kommission (EG) Nr. 1896/2000 vom 7. September 2000 über die erste Phase des Programms gemäß Artikel 16 Absatz 2 der Richtlinie 98/8/EG [3] wird die Anforderung gestellt, dass Holzschutzmittel im Rahmen des Prüfprogramms unter der Richtlinie 98/8/EG prioritär bewertet werden.

Am Beginn der Aufnahme von Wirkstoffen dieser Produktgruppen in Anhang I oder IA der Richtlinie steht die Erarbeitung eines umfangreichen Datenpaketes gem. Art. 11 der Richtlinie bis Ende März 2004 (Art.7 Abs.1 u. 5 der genannten EU-Verordnung). Innerhalb eines Jahres ist dann eine Bewertung des jeweils festgelegten EU Mitgliedstaates (Rapporteur) vorzulegen.

Die Richtlinie 98/8/EG enthält darüber hinaus ein für die Stoffbewertung innerhalb der EU neues Element, die sogenannte vergleichende Bewertung. Das bedeutet, dass entgegen der bisher geltender Praxis die Zulassungsbehörden ein Produkt nicht mehr in jedem Fall zulassen müssen, wenn keine eindeutigen Risiken für Umwelt und Gesundheit nachweisbar sind. Mit dem Verweis auf aus gesundheitlicher oder aus Umweltsicht deutlich weniger bedenkliche Konkurrenzprodukte kann zukünftig einem Produkt die Zulassung versagt oder eine bereits bestehende sogar wieder entzogen werden.

Die Richtlinie 98/8/EG fordert an mehreren Stellen, so in Artikel 5 Absatz 1b, und in Anhang VI Paragraph 82, den Schutz des Grundwassers vor unannehmbaren Auswirkungen von bioziden Wirkstoffen und deren Abbauprodukten als eine der Zulassungsvoraussetzungen für biozide Produk-

te. Vor der Zulassung eines Holzschutzmittels ist von den Zulassungsbehörden somit zukünftig auch zu prüfen, ob und gegebenenfalls in welchen Mengen seine Wirkstoffe oder deren Abbauprodukte in das Grundwasser gelangen können. Eine Gefährdung ist in diesem Kontext aus historischer Erfahrung insbesondere bei gewerblichen Imprägnierbetrieben zu erwarten, welche das behandelte Holz vor der Weiterverwendung auf offenen Lagerplätzen zwischenlagern.

2 Methoden

2.1 Stochastische Modellansätze

Die Forderung, das Versickerungsverhalten von Chemikalien in den Untergrund in quantitativem Maße abzuschätzen, besteht auch in anderen Regelungsbereichen, wie bei Pflanzenschutzmitteln oder Sickerwasseraustritt aus Deponien. In der Vergangenheit wurden deshalb mathematische Simulationsmodelle entwickelt, die auf die jeweils spezifischen Fragestellungen zugeschnitten sind. Die Ergebnisse solcher Modellberechnungen sind mittlerweile routinemäßiger Bestandteil von Expositionsbewertungen der Zulassungsbehörden geworden.

Die meisten dieser Modelle berechnen die Versickerung einer Chemikalie für ein bestimmtes Szenario, das heißt für eine singuläre Situation hinsichtlich aller Klima-, Boden- und Chemikaliendaten. Zum Beispiel könnte mit den Modellen berechnet werden, wie viel von einem Wirkstoff mit gegebenen Adsorptions- und Abbaukonstanten) in einem bestimmten Bodenprofil (mit zwar tiefenabhängigen aber sonst festen Bodenparametern für Korngröße, Kohlenstoffgehalt und Biomasse) unter den Klimabedingungen beispielsweise von Hamburg des Jahres 1978 versickert.

Mit den Modellen ist es also möglich, eine festgelegte und deshalb einzigartige Situation in der Umwelt zu simulieren. Wiederholungen einer Simulation mit dem gleichen Szenario führen automatisch auch wieder zum gleichen Resultat. Man bezeichnet daher alle diese Modelle als deterministisch.

Der Vergleich der Ergebnisse der Simulationen mit realen Umweltdaten macht jedoch eine Schwierigkeit dieser deterministischen Modelle deutlich. Im Gegensatz zu den Simulationen findet man in der Umwelt kein konstantes, reproduzierbares Verhalten von Wirkstoffen sondern ein Spektrum verschiedener Werte, selbst wenn die Daten am gleichen Standort und im gleichen Jahr gemessen werden. Dies ist eine Folge der Tatsache, dass alle wichtigen Eingabeparameter keine konstanten Größen darstellen, sondern bei jeder Wiederholung Schwankungen unterworfen sind.

Für die Interpretation der Ergebnisse deterministischer Modellansätze ergibt sich somit die Schwierigkeit, das singuläre Rechenergebnis sinnvoll der Schar möglicher realer Ergebnisse zuzuordnen. Da letztlich aber nicht das Verhalten einer Substanz bei einem einzigen Szenario, sondern die Wahrscheinlichkeit des Überschreitens bestimmter Konzentrationen im Sickerwasser (z.B. die Überschreitung des Grenzwertes von 0.1 µg/l der Trinkwasserverordnung) von Inter-

esse ist, sind die Ergebnisse deterministischer Modellansätze in ihrer tatsächlichen Aussage limitiert.

Eine Möglichkeit, die Ergebnisse von Simulationsmodellen besser den Messungen in der Umwelt gegenüberzustellen, ist eine Erweiterung von deterministischen zu stochastischen Modellen.

Stochastische Modelle benötigen zusätzlich zu den verschiedenen Eingabeparametern Informationen zur Häufigkeitsverteilung dieser Größen. Da die Ursache für die Schwankungen des Versickerungsverhaltens von Chemikalien in der Schwankungsbreite wichtiger Eingabegrößen (Niederschlag, Sorption, Abbau, Wasserhaushalt) liegen, kann nur eine Berücksichtigung der Verteilung dieser Größe und damit eine Erfassung ihrer Schwankungen zu einer angemessenen Beschreibung der realen Umwelt führen. Die Ergebnisse stochastischer Modelle stellen im Gegensatz zu den deterministischen Modellen keine einzelnen Zahlenwerte dar, sondern Häufigkeitsverteilungen des entsprechenden berechneten Parameters, z.B. der Konzentration im Sickerwasser.

Im Rahmen des Forschungsvorhabens 297 23 663 'Anwendung von Modellen zur Abschätzung der Grundwassergefährdung durch organische Stoffe aus Reststoffen' [6] wurde das deterministische Versickerungsmodell PELMO zu einem stochastischen Modell MCPELMO 2.0 weiterentwickelt. Dieses Programm wurde nunmehr gezielt für die Anwendung der Berechnung des Eintrags von Holzschutzmitteln unter Holzlagerplätzen zur Version MCPELMO 3.0 erweitert.

2.2 Spezifische Modellanforderungen für Holzschutzmittel

Um die Gefährdung eines Grundwassereintrags von Holzschutzmitteln unter Lagerplätzen abschätzen zu können sind Informationen zu drei Schlüsselfragen entscheidend.

- i. mit welchen Konzentrationen ist im Regenablauf unter frisch imprägnierten Holz zu rechnen?
- ii. wie ist die räumlich Verteilung der Anwenderbetriebe in Deutschland?
- iii. wie ist die räumliche Verteilung von grundwasser-sensiblen Flächen in Deutschland?

Der unter (i) aufgeführte Parameter hängt von einer Vielzahl von Faktoren ab. Deshalb wurde bei der Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung ein Forschungsvorhaben bearbeitet, mit dem Ziel, den Einfluss der jeweiligen Randbedingungen (Produktformulierung, Kinetik der Freisetzung, Temperatur, etc.) zu untersuchen und aus diesen Informationen eine geeignete Standard-Prüfvorschrift zur Messung des Auswaschverhaltens behandelter Hölzer zu entwickeln [4]. Aus diesen im Labor gewonnenen Messdaten werden dann für die Modellrechnungen Wirkstoffkonzentrationen für das ablaufende Regenwasser abgeleitet, welches auf den Boden gelangt. Das Umweltbundesamt plant, die vorgeschlagene Prüfvorschrift ab November 2003 in einem von der Europäischen Kommission co-finanzierten internationalen Laborvergleichstest zu validieren.

Um den spezifischen Anforderungen einer Bewertung des Versickerungsverhaltens unter Holzlagerplätzen von Imprägnierbetrieben gerecht zu werden, ist es sinnvoll die geographische Verbreitung solcher Betriebe zu kennen und zu be-

rücksichtigen. Nur so kann eine sinnvolle Zuordnung zu geologischen und meteorologischen Häufigkeiten erfolgen. Zur Beantwortung der unter Punkt (ii) genannte Frage wurde daher vom Umweltbundesamt beim Institut Fresenius ein Gutachten mit dem Ziel in Auftrag gegeben, statistische Daten zur geographischen Verteilung von Holzschutzmittel anwendenden Betrieben in Deutschland zu sammeln [5].

Der Eintrag von Stoffen in Grundwasser-führende Schichten mit dem Sickerwasser wird einerseits bestimmt durch die Art und Mächtigkeit der Deckschichten über dem Grundwasser, andererseits natürlich auch durch die Menge und Verteilung der Niederschläge, sowie der jährliche Tempera-

turgang. Die hierfür notwendigen Informationen (iii) wurden bereits in einem früheren Forschungsvorhaben bereits gesammelt und aufbereitet [6].

Wie bereits in dem Computerprogramm MCPELMO 2.0 sind auch in der neuen Version MCPELMO 3.0 insgesamt 22 verschiedene Versickerungsszenarien definiert. Sie basieren auf einer Verknüpfung von 12 Bodenregionen auf Grundlage der Leitböden der Bodenübersichtskarte der Bundesrepublik Deutschland im Maßstab 1 : 1.000.000 von 1995 [7] mit neun Klimastationen. Für die aktuelle Erweiterung des Programms wurden dann die vorhandenen Standortdaten zu den Holzimprägnierbetrieben gewichtet den 22 Versickerungsszenarien zugeordnet. Die Angaben zu der Verteilung der Betriebe in Deutschland wurde basierend auf dem Gutachten von Langer und Forst [5] vorgenommen. Die Autoren haben für jedes Bundesland die Anzahl der Betriebe, die Holzschutzmittel verarbeiten, zusammengestellt. Deutliche Branchenschwerpunkte lagen in Bayern (28%), gefolgt von Baden-Württemberg (24%) und Nordrhein-Westfalen (17%).

Die Ergebnisse sind in der Tabelle 1 dargestellt. Die Zahlen sind allerdings weniger eine Folge unterschiedlicher Strukturen sondern eher verursacht durch die unterschiedlichen Flächen der Bundesländer. Für die Verwendung in dem Computerprogramm wurden die Daten daher in flächenbezogene 'Betriebsdichten' transformiert (Einheit: Anzahl Betriebe / 1000 km²).

Durch die veränderte Darstellung ergeben sich gewisse Verschiebungen bei der geographischen Verteilung der Betriebe. Zwar zeigt sich auch hier die Bedeutung der Imprägnierbetriebe in den großen Flächenländern Nordrhein-Westfalen, Bayern und Baden-Württemberg, jedoch weisen die kleinen Küstenbundesländer Hamburg und Bremen die absolut höchsten Dichten aus. Es ist anzunehmen, dass die Ursachen im Einsatz von Holzschutzmitteln im Schiffbau zu suchen sind.

Da die Betriebsdichte in den verschiedenen Bundesländern für die Berechnung der Versickerungsgefahr ein sinnvollerer Maß darstellt, als die numerische Anzahl der Betriebe wurde im folgenden von der Betriebsdichte ausgegangen. Es wurde keine Aufschlüsselung zwischen Betrieben mit Druckimprägnierung und solchen mit Tauchimprägnierung vorgenommen.

Ausgegangen wurde von der Verteilung der Versickerungsszenarien, wie sie bereits in dem Forschungsvorhaben 297

Tabelle 1: Dichte der Betriebe mit Imprägnieranlagen in verschiedenen Bundesländern (Anzahl/1000 km²)

Bundesland	Kürzel	Druckimprägnierung	Tauchimprägnierung	Summe
Schleswig-Holstein	SH	0,13	1,50	1,63
Hamburg	HH	1,53	10,72	12,25
Mecklenburg-Vorpommern	MV	0,18	0,73	0,91
Bremen	HB	2,85	19,94	22,79
Niedersachsen	NS	0,61	5,61	6,22
Sachsen-Anhalt	SAH	0,00	0,60	0,60
Brandenburg	BRB	0,14	0,99	1,13
Berlin	B	1,14	5,69	6,83
Nordrhein-Westfalen	NRW	1,20	10,51	11,71
Hessen	HE	0,19	3,05	3,25
Thüringen	TH	0,12	3,44	3,56
Sachsen	SA	0,27	2,02	2,29
Rheinland-Pfalz	RHP	0,77	7,11	7,88
Saarland	SL	0,38	3,85	4,23
Baden-Württemberg	BW	1,71	14,52	16,22
Bayern	BY	0,93	8,33	9,25
Deutschland	D	0,66	6,00	6,67

23 663 des Umweltbundesamts 'Anwendung von Modellen zur Abschätzung der Grundwassergefährdung durch organische Stoffe aus Reststoffen' [6] verwendet wurde. Eine Darstellung der Versickerungsszenarien ist in der **Abb. 1** dargestellt, die Flächenrepräsentanz mit verschiedenen statistischen Analysen der Struktur in **Tabelle 2**.

Die Aufstellung macht deutlich, dass die Dichte der Imprägnierbetriebe in den verschiedenen Regionen etwa um eine Größenordnung schwankt (Minimum: Szenario 3 'Flusslandschaften (Östlicher Teil)': 0.91 Betriebe/1000 km², Maximum: Szenario 21 'Berg- und Hügelländer mit hohem Anteil an Ton- und Schluffschiefern': 11.98 Betriebe/1000 km²).

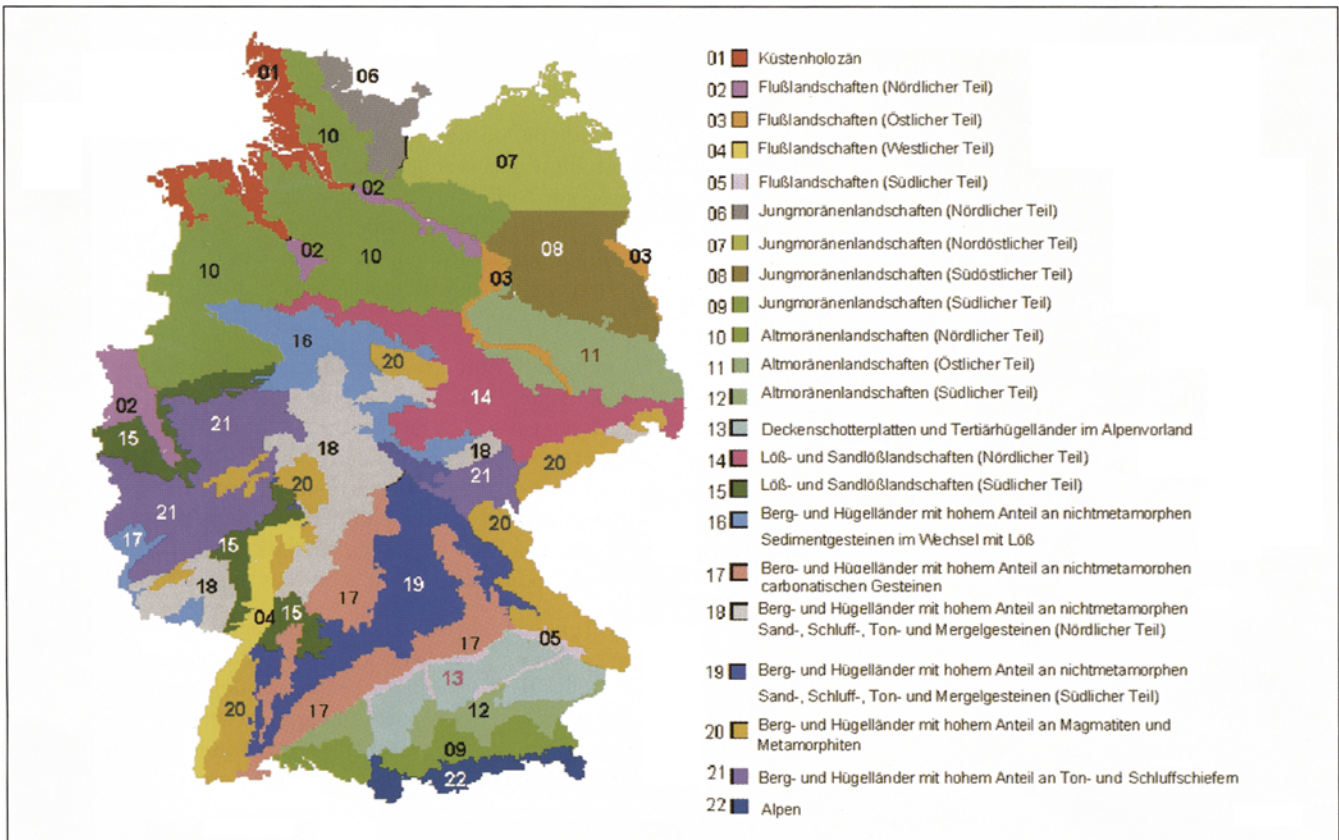


Abb. 1: Versickerungsszenarien von MCPOLMO 3.0

Tabelle 2: Anzahl und Dichte der Betriebe mit Imprägnieranlagen

Nr.	Fläche (km ²)	Anzahl (-)	Dichte (Zahl/1000km ²)	Anteil an Gesamtanzahl der Betriebe in D(%)
1	7889	31,59	4,00	1,34
2	6803	63,39	9,32	2,70
3	3137	2,84	0,91	0,12
4	6272	69,24	11,04	2,95
5	2460	22,99	9,35	0,98
6	5714	9,27	1,62	0,39
7	21925	20,37	0,93	0,87
8	17195	24,25	1,41	1,03
9	9139	97,21	10,64	4,14
10	58408	340,06	5,82	14,48
11	15207	19,69	1,29	0,84
12	7648	87,52	11,44	3,73
13	13241	123,47	9,32	5,26
14	23587	58,95	2,50	2,51
15	13098	142,88	10,91	6,08
16	16101	115,72	7,19	4,93
17	21386	273,55	12,79	11,65
18	24616	133,60	5,43	5,69
19	23480	264,76	11,28	11,27
20	22266	128,62	5,78	5,48
21	31465	281,33	8,94	11,98
22	4490	37,72	8,40	1,61

Bisher wurden mit dem Simulationsprogramm MCPPELMO stets Einträge auf den Boden simuliert, die vorher vom Anwender durch die Angabe des Datums und eines auf die Fläche bezogenen Anwendungsmenge (Einheit: kg/ha) festgelegt wurden. Ein derartiger Eintrag ist für die aktuelle Fragestellung nicht sinnvoll. Vielmehr sind Einträge vor allem in Abhängigkeit der aktuellen Niederschlagsituation zu erwarten.

Das Programm wurde daher so erweitert, dass es Einträge mit dem täglichen Niederschlagsereignis verarbeiten kann. Der Benutzer gibt lediglich eine bestimmte Konzentration des Holzschutzmittels im Niederschlag vor, die dann durch das Computerprogramm in eine Eintragsrate umgerechnet wird. Die Umrechnung erfolgt dabei nach folgender Gleichung:

$$\text{Eintrag} = \text{Konzentration} \times \text{Niederschlag} / 100$$

Eintrag: täglicher Eintrag des Holzschutzmittels auf den Boden (kg/ha)

Konz.: Konzentration des Holzschutzmittels im Niederschlag (mg/L)

Niederschlag: täglicher Niederschlag (mm/d)

Zur Berechnung des weiteren Verhaltens der Holzschutzmittelwirkstoffe im Boden können sowohl der chromatographische Stofftransport im Boden als auch der schnelle Stofftransport durch Makroporen berechnet werden. MCPPELMO 3.0

ist im Unterschied zu MCPPELMO 2.0 außerdem in der Lage, das Schicksal von bis zu 9 Abbauprodukten des Wirkstoffs simultan zu berechnen.

Das Programm kann über das Internet vom Server des Fraunhofer-Instituts für Molekularbiologie und Angewandte Ökologie geladen werden (<http://www.ime.fhg.de/download/MCPPELMO/>).

3 Ergebnisse und Schlussfolgerungen

Ein Beispiel für die Berechnung des Versickerungsverhaltens eines fiktiven Holzschutzmittelwirkstoffs (A) und eines seiner Abbauprodukte (Metabolit A1) ist im folgenden kurz illustriert: Die Substanz A wird bei einem K_{oc} von 172 an der organischen Substanz des Bodens nur mäßig adsorbiert. Der Primärabbau zum Metaboliten A1 erfolgt mit einer Halbwertszeit von ca. 4 Wochen. Verflüchtigungsverluste werden als vernachlässigbar eingestuft. Der Metabolit A1 wird seinerseits mit einer Halbwertszeit von knapp 70 Tagen entweder zu CO_2 mineralisiert oder als gebundener Rückstand der weiteren vertikalen Verlagerung irreversibel entzogen. Es wird ferner unterstellt, dass das Niederschlagswasser, das auf den Boden gelangt mit einer Anfangskonzentration von 0.1 mg/L des Wirkstoffs kontaminiert ist (Tabelle 3).

Tabelle 3: Substanzspezifische Eingabedaten für Bespielsimulation

	Ausgangssubstanz A	Metabolit A1
Konzentration im Regenwasser (mg/L):	0.10	-
Molekulare Masse (mol/g)	200.00	150.00
K_{oc} (L/kg):	172.00	52.00
Henry Konstante (J/mol):	0	-
DT_{50} (d) der Bildung des Metaboliten A1	28.17	-
DT_{50} (d) der Bildung von CO_2 und gebundenen Rückständen	68.96	100.01

Tabelle 4: Simulationsergebnisse von MCPELMO 3.0 für eine Beispielsubstanz A und ihren Metaboliten A1

Szenario	Fiktiver Wirkstoff A (Ausgangsverbindung)		Abbauprodukt (Metabolit A1)	
	90th percentile	Relevance (%)	90th percentile	Relevance (%)
1	0.00 µg/L	2.22%	6.26 µg/L	2.22%
2	0.00 µg/L	1.91%	1.32 µg/L	1.91%
3	0.00 µg/L	0.88%	0.00 µg/L	0.88%
4	0.00 µg/L	1.76%	0.19 µg/L	1.76%
5	0.00 µg/L	0.69%	0.09 µg/L	0.69%
6	0.00 µg/L	1.61%	28.20 µg/L	1.61%
7	0.00 µg/L	6.17%	11.59 µg/L	6.17%
8	0.00 µg/L	4.84%	8.59 µg/L	4.84%
9	0.00 µg/L	2.57%	12.69 µg/L	2.57%
10	0.00 µg/L	16.43%	20.07 µg/L	16.43%
11	0.00 µg/L	4.28%	7.49 µg/L	4.28%
12	0.00 µg/L	2.15%	11.38 µg/L	2.15%
13	0.00 µg/L	3.72%	9.70 µg/L	3.72%
14	0.00 µg/L	6.63%	0.17 µg/L	6.63%
15	0.00 µg/L	3.68%	2.71 µg/L	3.68%
16	0.00 µg/L	4.53%	21.79 µg/L	4.53%
17	0.00 µg/L	6.02%	0.10 µg/L	6.02%
18	0.00 µg/L	6.92%	29.28 µg/L	6.92%
19	0.00 µg/L	6.60%	5.49 µg/L	6.60%
20	0.04 µg/L	6.26%	41.17 µg/L	6.26%
21	0.15 µg/L	8.85%	44.13 µg/L	8.85%
22	0.00 µg/L	1.26%	46.83 µg/L	1.26%
	Mean related to total scenario area: 0.02 µg/L		Mean related to total scenario area: 16.87 µg/L	

Simulationsrechnungen über jeweils 106 Jahre wurden für alle der 22 möglichen Szenarien in Deutschland durchgeführt. In Tabelle 4 sind als 90-Perzentil-Werte der erwarteten Konzentrationen des Wirkstoffs A und seines Metaboliten A1 in der Grundwasserneubildung wiedergegeben.

Aus den errechneten Werten und aus der graphischen Darstellung in Abb. 2 lässt sich ablesen, dass die Ausgangsverbindung selbst insbesondere in bergigen Regionen mit Böden mit hohem Ton- und Schluffanteil in tiefere Schichten verlagert werden kann. Dies beruht auf der Kombination von hohen Niederschlagswerten und der Neigung dieser Böden zur Bildung von Makroporen, in denen ein, durch Adsorptionsvorgänge kaum retardierter Stofftransport erfolgt. Solche Regionen sind v.a. in den Mittelgebirgen Nordrhein-Westfalens und im Südwesten des Freistaats Sachsen verbreitet (siehe Abb. 2). Bezogen auf die gesamte Fläche Deutschlands werden unter den Holzlagerplätzen durchschnittliche Konzentrationen vom 0.02 µg/L des Wirkstoffs A errechnet.

Im Gegensatz zum Wirkstoff A ist für seinen Metaboliten A1 ein Eintrag in das Grundwasser zu erwarten. Die errechneten Konzentrationen liegen dabei deutlich über dem allgemeinen Grenzwert für Pestizide in der Trinkwasserrichtlinie 98/83/EG [8] von 0.1 µg/L. Zudem sind die durch relevanten Grundwassereintrag betroffenen Flächenanteile bedeutend höher als bei der Ausgangsverbindung selbst (Abb. 3). Bei einer nachgewiesenen biologischen Wirksamkeit des Metaboliten wäre eine Zulassung des Wirkstoffs A daher nicht möglich. Denkbar wären jedoch spezielle Auflagen bei seiner Anwendung, z.B. der Lagerung behandelte Hölzer ausschließlich auf befestigten und überdachten Flächen.. In jedem Falle würde aber die Mobilität des Metaboliten A1 im Boden den Wirkstoff A als Kandidaten für eine vergleichende Bewertung mit den Umweltprofilen anderen Wirkstoffe qualifizieren.

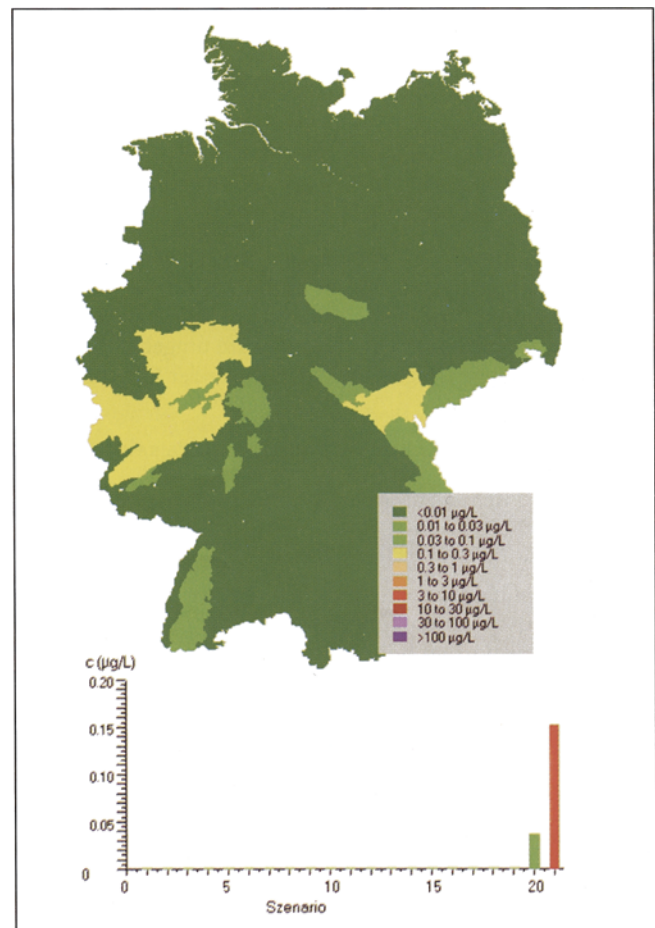


Abb. 2: Geschätzte Konzentrationen des fiktiven Wirkstoffs im Grundwasser unter Imprägnierbetrieben, dargestellt als 90-Perzentile

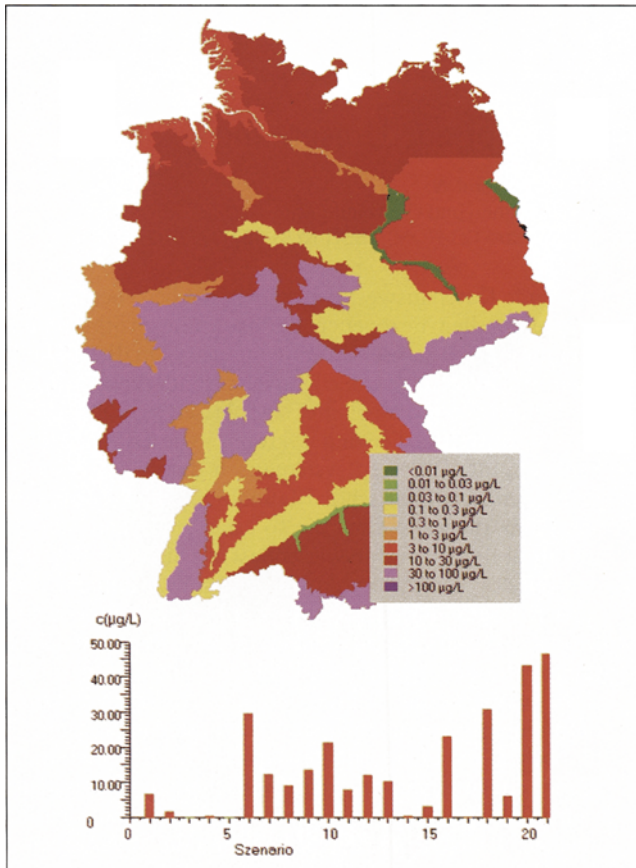


Abb. 3: Geschätzte Konzentrationen des Metaboliten A1 im Grundwasser unter Imprägnierbetrieben in verschiedenen Regionen Deutschlands

4 Ausblick

Aufbauend auf Erfahrungen beim Einsatz mathematischer Simulationsmodelle zur Berechnung des Grundwassereintrags von Pflanzenschutzmitteln wurde eine Modellversion entwickelt, mit der das Versickerungsverhalten von industriell angewandten Holzschutzmitteln unter Lagerplätzen von Imprägnierbetrieben in Deutschland abgeschätzt werden kann. Es beschränkt sich in seinen Aussagen nicht auf ein vom Benutzer mehr oder weniger willkürlich gewähltes 'worst case' Szenario, sondern liefert regional differenzierte Aussagen über die statistischen Wahrscheinlichkeit des Eintrags eines Wirkstoff bzw. seiner Abbauprodukte in das Grundwasser an den

Betriebsstandorten. Die Berechnungen basieren dabei auf der unterschiedlichen geologische Disposition repräsentativer Standorte, lokalen langjährigen Klimadaten, sowie der räumlichen Verteilung von Imprägnierbetrieben in den jeweiligen Regionen. Das Model MCPELMO 3.0 ist somit ein wichtiges Werkzeug sowohl der Behörden wie auch der Antragsteller bei der künftigen Zulassung von Holzschutzmitteln dar. Es liefert der Industrie wie auch den Zulassungsbehörden die notwendigen Informationen um das Grundwassergefährdungspotential verschiedener Produkte und Formulierungen, insbesondere auch in vergleichender Bewertung, abzuschätzen. Darüber hinaus bietet es die Möglichkeit, sensible Regionen zu identifizieren und entsprechende Beschränkungen oder Auflagen für die Verwendung der Produkte im Kontext von regionalem Risiko-Managements zu erlassen.

Literatur

- [1] EU (1998): Directive of the European Parliament and of the Council No 98/8/EC of 16 February 1998 on the placing of biocidal products on the market. Official Journal NO. L 123, 24/04/1998 P. 1–63
- [2] Anonymus (2002): Gesetz zur Umsetzung der Richtlinie 98/8/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 16. Februar 1998 über das Inverkehrbringen von Biozid-Produkten (Biozidgesetz) vom 20. Juni 2002 (BGBl. I No.40 vom 27. Juni 2002, S. 2076–2088)
- [3] EU (2000): Verordnung 1896/2000 der Kommission vom 7. September 2000 über die erste Phase des Programms gemäß Artikel 16 Absatz 2 der Richtlinie 98/8/EG des EP und des Europäischen Rates über Biozidprodukte L228/6 vom 8. September 2000
- [4] Schoknecht U, Horn W, Jann O, Wegner R (2002): Biozidmissionen aus Materialien. Umweltbundesamt Berlin, UBA 2002 / FKZ 299 67 410
- [5] Langer W, Forst S (2001): Erhebung struktureller Daten über industrielle und gewerbliche Anwender von Holzschutzmitteln in Deutschland. Umweltbundesamt Berlin, UBA2001 / FKZ 350 04 008
- [6] Klein M (2000): Die Anwendung von Modellen zur Abschätzung der Grundwassergefährdung durch organische Stoffe aus Reststoffen. Umweltbundesamt Berlin, UBA 2001 / FKZ 97 23 663
- [7] Hartwich R, Behrens J, Eckelmann W, Haase G, Richter A, Roeschmann G, Schmidt R (1995): Bodenübersichtskarte der Bundesrepublik Deutschland 1:1.000.000. Karte mit Erläuterungen, Textlegende und Leitprofilen. Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe, Hannover
- [8] EU (1998): Richtlinie 98/83/EG des Rates vom 3. November 1998 über die Qualität von Wasser für den menschlichen Gebrauch. ABl. L 330 vom 5.12.1998, 32–54

Eingegangen: 19. März 2003

Akzeptiert: 18. Juli 2003

OnlineFirst: 19. Juli 2003

Dr. Michael Herrmann (Jg. 1955, Dipl. Ing. agr. TU München 1980, Dr. agr. TU München 1983) arbeitete bis 1986 am Institut für Ökologische Chemie der GSF in München. Nach dem Wechsel ans Umweltbundesamt war er u.a. verantwortlich für die Entwicklung von Abschätzmethoden zur Umweltexposition durch Chemikalien und Pflanzenschutzmittel. Von 1998 bis 2002 erarbeitete er Umweltbewertungsstrategien für biozide Produkte im Vorfeld des Vollzugs des neuen Biozidgesetzes. Seit Anfang 2002 ist er im Bereich Nationale und Internationale Chemikaliensicherheit des Umweltbundesamtes beschäftigt. Je nach Aufgabengebiet Mitarbeit in verschiedenen nationalen und internationalen Gremien zur Umweltbewertung von Chemikalien. (Autorenindex: <http://scientificJournals.com/autor?id=2488>)

Dr. Michael Klein (Jg. 1959, Dipl. Chem. Universität Duisburg 1984, Dr. rer. nat. Universität Duisburg 1987) ist seit dem Beginn seiner Tätigkeit am Fraunhofer-Institut für Molekularbiologie und Angewandte Oekologie (früher: Umweltchemie und Ökotoxikologie) im Jahr 1987 in der Expositionsanalyse von Schadstoffen tätig. Zur Zeit leitet er dort die Abteilung 'Expositionsanalyse'. Er hat zahlreiche Computermodelle entwickelt, mit denen das Verhalten von Umweltchemikalien in den verschiedenen Umweltkompartimenten (Wasser, Boden, Luft) berechnet werden kann. Schwerpunkt seiner Arbeiten war dabei die Berechnung des Versickerungsverhaltens von Pflanzenschutzmitteln in der Bodenpassage unter Berücksichtigung von Boden-, Klima- und Substanzeigenschaften. Er ist Mitglied in verschiedenen nationalen und internationalen Gremien und als Gutachter für Fachzeitschriften tätig. (Autorenindex: <http://scientificJournals.com/autor?id=2514>)