2.6 Ökotoxische Effekte von Bitterfelder Grundwasserproben

R. ALTENBURGER, K. JUNG, H. SEGNER

UFZ-Umweltforschungszentrum Leipzig-Halle GmbH, Sektion Chemische Ökotoxikologie, Permoserstraße 15, 04318 Leipzig

Im Rahmen des UFZ-Verbundvorhabens zur Sanierungsforschung in regional kontaminierten Aquiferen (SAFIRA) wurden im Jahr 1998 diverse Grundwasserproben aus vorhandenen und speziell für das Vorhaben abgeteuften Grundwassermeßstellen mit verschiedenen ökotoxikologischen Biotesten untersucht. Die Zielsetzung der Arbeiten bestand darin, herauszufinden, ob ein erkennbares Muster der Toxizitätsverteilung über die verschiedenen Meßstellen in den tertiären und quartären Grundwasserleitern besteht und ob die beobachteten Toxizitäten ausschließlich auf die Anwesenheit leichtflüchtiger Verbindungen zurückgeführt werden kann. Weiterhin wurde mit Reinstofftestungen der Frage nachgegangen, ob Kombinationstoxizitäten von Chlor- und Nitrophenolen in Konzentrationsbereichen auftreten können, in denen die Mischungskomponenten alleine keine signifikanten Effekte auszulösen vermögen.

Zur Frage der räumlichen Verteilung von nach kurzer Expositionszeit beobachtbaren, ökotoxischen Effekten, findet sich in Abbildung 1 eine Darstellung der maximal ermittelten Algentoxizitäten für die geographisch eingeordneten Probennahmestandorte. Der eingesetzte Algentest beurteilt den Reproduktionserfolg einer Suspensionskultur nach 24 h Exposition gegenüber dem Testgut im Vergleich zur Kontrolle. Die erkennbare Phytotoxizität weist ein klares Maximum in der Nähe der ehemaligen chemischen Produktionsstätten (GWM 19, Saf Bit 20/97 und 19/97) und Minima am südlichen Rand des Untersuchungsgebietes auf. Der dynamische Bereich ist indes noch wesentlich größer als dargestellt, berücksichtigt man, daß noch 500fach verdünntes Grundwasser der Probenstelle GWM 19 zu signifikanten Effekten führt, wohingegen Wasserproben aus den Probenstellen Saf Bit 15/97 und 16/97 selbst unverdünnt keine schädlichen Auswirkungen in diesem Biotest zeigen. Die Proben aus Saf Bit 7/97, dem Standort der Pilotanlage, weisen nur eine schwache Phytotoxizität auf, was für die ökotoxikologische Beurteilung der Effektivität von Sanierungsmaßnahmen Überlegungen zur Expositionsdauer und zur Art der zu beobachtenden Effekte erzeugen muß.

Abbildung 2 stellt Ergebnisse der zeitabhängigen Leuchtbakterientoxizitätstestung für verschiedene Probennahmestellen dar. Beim Vergleich der Bioteste zeigt sich zunächst eine gewisse Homogentität in der relativen Beurteilung der toxischen Belastung einzelner Probennahmestellen zu den Ergebnissen aus der Algentestung (Abb. 1).

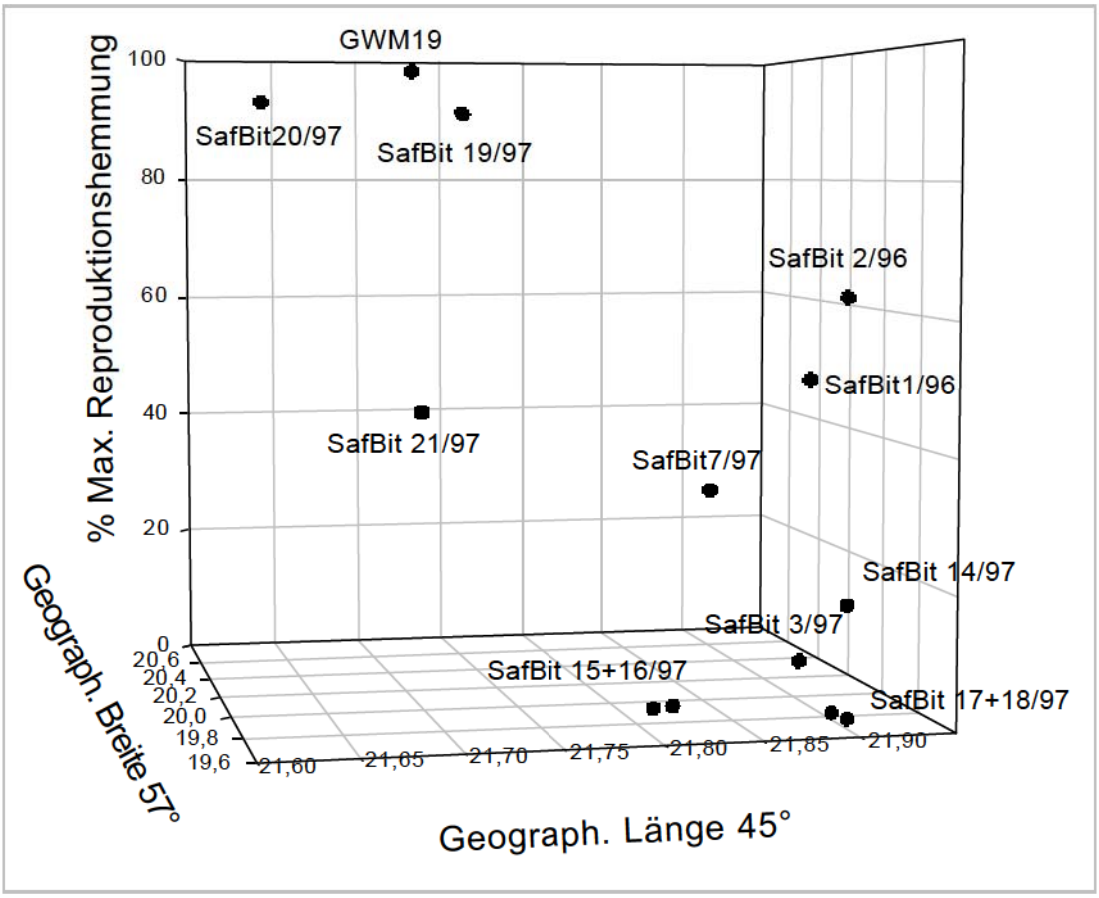

Abb.1: Maximaler algentoxischer Effekt von Grundwasserproben der verschiedenen Beprobungsstellen im SAFIRA-Projekt Bitterfeld.

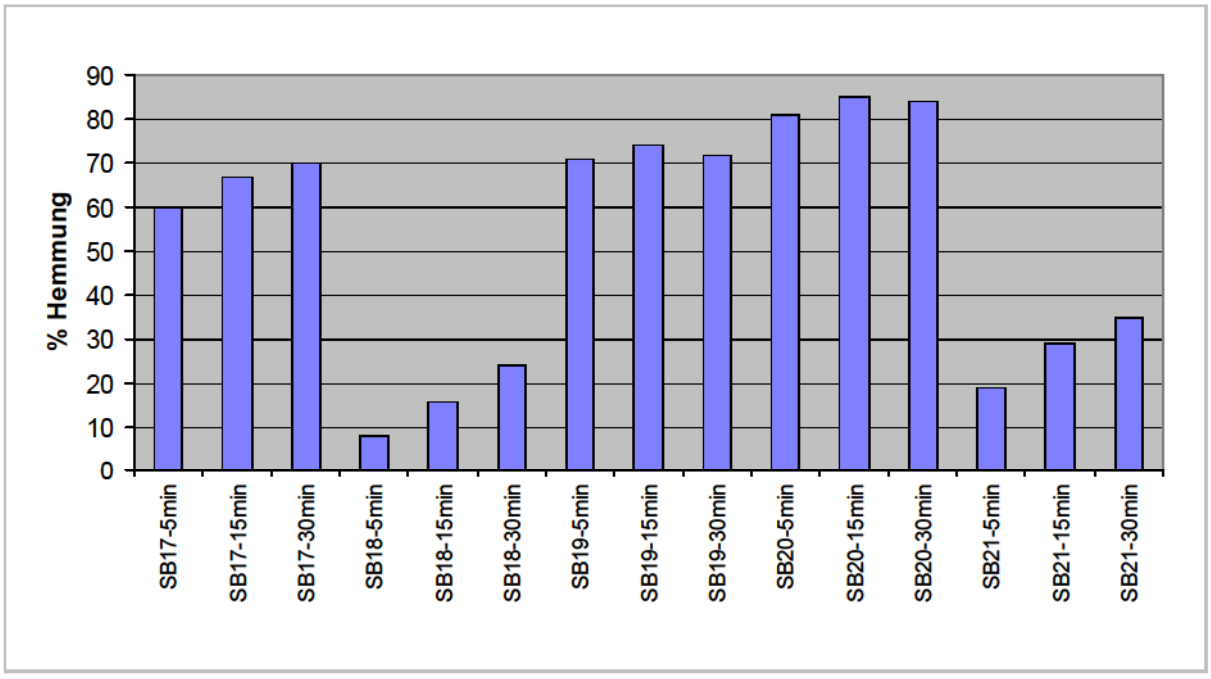

Abb.2: Kurzzeit-Leuchtbakterientoxizität von verschiedenen Grundwasserproben in Abbhängigkeit von der Expositionszeit (Verdünnungsfaktor 0,5).

Auch mit diesem Biotest wird die Probennahmestelle GWM 19 als die mit dem höchsten toxischen Potential belastete identifiziert (nicht dargestellt). Selbst eine 1000fache Verdünnung führt noch zu signifikanten Effekten. Interessanterweise vermag der Leuchtbakterientest jedoch auch noch eine Differenzierung hinsichtlich des toxischen Potentials zwischen den Standorten Saf Bit 17/97 und 18/97 am südlichen Rand des Untersuchungsgebietes vorzunehmen. Die Betrachtung des in Abbildung 2 für 5 Probennahmestellen vergleichend dargestellten zeitabhängigen Verhaltens der Effektausprägung läßt zwei typische Muster differenzieren. Zum einen weisen Proben einiger Standorte (Saf Bit 17, 18 und 21) eine mit der Expositionsdauer (5, 15 und 30 min) steigende Toxizität aus. Auf der anderen Seite zeigen Proben der Standorte Saf Bit 19 und 20 eine eher konstante Toxizitätsausprägung an. Letzteres Verhalten mag ein Indiz für die Präsenz von Schadstoffen sein, die über den Testzeitraum (aufgrund von Flüchtigkeit?) in abnehmender Konzentration vorliegen. Zum Vergleich ist in Abbildung 3 die Konzentrations- und Zeitabhängigkeit des toxischen Effektes von Monochlorbenzol in diesem Biotest dargestellt.

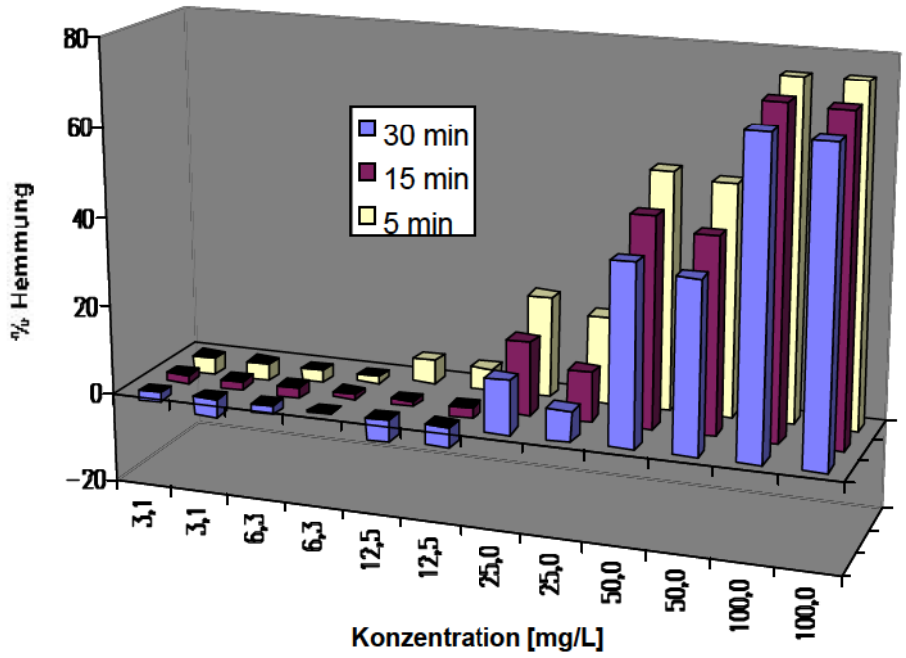

Abb.3: Kurzzeit-Leuchtbakterientoxizität von Monochlorbenzol in Abhängigkeit von der Expositionsdauer

Zu sehen ist einerseits, daß erst hohe Monobenzol-Konzentrationen ab 25 mg/l zu signifikanten akuten Effekten führen und andererseits, daß mit der Expositionszeit die beobachtbaren Effekte erkennbar abnehmen. Letzteres liegt, wie aus Untersuchungen zur realen Testkonzentration in verschiedenen Biotesten bekannt, an der hohen Flüchtigkeit

von Monochlorbenzol in diesem System. In Zusammenschau mit den Befunden, die in Abbildung 2 dargestellt sind, sollte bei Vorliegen einer rein Monochlorbenzol-abhängigen Toxizität eine deutliche Abnahme der Effekte mit der Expositionszeit zu erwarten sein. Es läßt sich also argumentieren, daß die in den Grundwasserproben beobachtbaren toxischen Effekte sich nicht ausschließlich auf die Anwesenheit des massenbilanzmäßig dominanten Monochlorbenzols zurückführen lassen.

	Konzentrations-Additivität (LOEWE Additivity)
Modell:	$c_1/EC_{x,1} + c_2/EC_{x,2} = 1$
Konsequenz:	die Einzelstoffe tragen zur Mischungstoxizität auch unterhalb individueller Wirkschwellen (NOEC[a]) bei
	Unabhängige Wirkung, Wirkungsadditivität (BLISS Independence, response addition)
Modell:	$E(c_{1,2}) = E(c_1) + E(c_2) - E(c_1)\,E(c_2)$
Konsequenz:	Mischungen haben keinen Effekt solange die Komponenten unterhalb ihrer NOEC [a] bleiben

Legende:
c kennzeichnet die applizierten Konzentrationen und E die bestimmten Effekte; EC_x bezeichnet die Konzentration, die einen bestimmten Effekt auslöst
[a] No Observed Effect Concentration

Abb. 4: Referenzkonzepte zur Beurteilung von Kombinationswirkungen

Im Rahmen von BMBF- und EU-geförderten Drittmittelkooperationsvorhaben wurde schließlich unter besonderer Beteiligung der Universität Bremen die Frage der Analyse und Beurteilung von Kombinationswirkungen von Stoffmischungen aus ähnlich wirkenden Mischungskomponenten im Bereich niedriger Effekte der beteiligten Komponenten untersucht. Für die in Betracht stehenden Grundwässer aus Bitterfeld lagen chemische Analysendaten vor, wonach immer wieder phenolartige Verbindungen nachgewiesen werden konnten. Schwach dissoziierbare Säuren, wie Chlor- und Nitrophenole, vermögen in vielen biologischen Systemen eine spezifische Entkopplung des Elektronentransportes

der Atmungskette zu bewirken und damit den Energiestoffwechsel der Organismen zu vergiften. Für die Prognose erwartbarer Kombinationswirkungen von Stoffmischungen auf der Basis von Effektinformationen über die beteiligten Substanzen stehen im wesentlichen zwei pharmakologisch begründbare Konzepte zur Verfügung (Abbildung 4). Diese unterscheiden sich wesentlich in ihrer Prognose wenn die beteiligten Stoffe alleine in Konzentrationen vorliegen, die nur geringe Effekte auslösen. Experimentell wurden nun Konzentrations-Wirkungs-Kurven für 16 phenolartige Verbindungen im Kurzzeit-Leuchtbakterientest ermittelt. Biometrisch wurden hieran Funktionen angepaßt, die eine Schätzung niedriger Effektkonzentrationen (EC1=1 % Effekt) ermöglichten. Anschließend wurde eine Mischung der 16 Stoffe hergestellt und geprüft, bei der die Einzelstoffe 1 % Effekt erwarten ließen. Die Mischungstoxizität wurde ermittelt und mit den konzeptabhängigen Vorhersagen verglichen (Abbildung 5). Es zeigt sich, daß obwohl die Konzentrationen der Einzelstoffe größtenteils erheblich unter sogenannten NOEC(no observed effect concentration)-Werten liegen, der beobachtbare Kombinationseffekt von 95 % sehr deutlich ausfällt. Weiterhin ist evident, daß das Konzept der Unabhängigen Wirkung zu einer deutlichen Unterschätzung der Kombinationstoxizität führt, während das Konzept der Konzentrationsadditivität, diesen Fall vermutlich ähnlich und spezifisch wirkender Stoffe relativ gut vorherzusagen vermag. Für die in Betracht stehenden Bitterfelder Grundwässer bedeutet dies, daß ein möglichst umfassendes Wissen über die Art und Konzentrationsbereiche von stofflichen Kontaminationen mögliche Kombinationswirkungseffekte einer Beurteilung zugänglich machen würde.

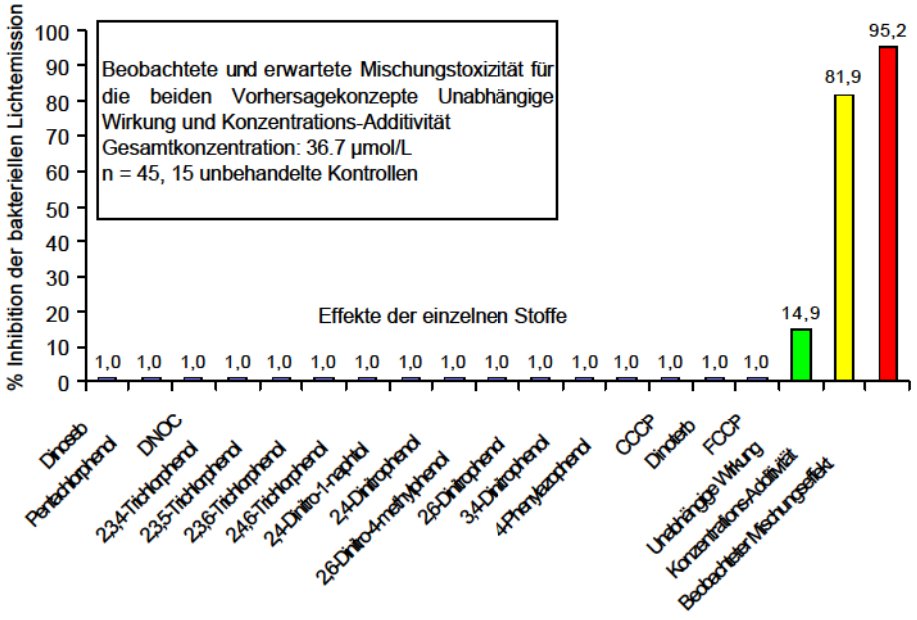

Abb. 5: Kurzzeit-Leuchtbakterientoxizität: Vorhergesagte und beobachtete Kombinationstoxizität von 16 Chlor- und Nitrophenolen in einer Mischung, bei der die Stoffe alleine betrachtet einen statistisch geschätzten, nicht signifikanten Effekt von 1% aufweisen würden.

UFZ-Bericht Nr. 17/1999

SAFIRA

2. Statusbericht

Modellstandort, Mobile Testeinheit, Pilotanlage

Holger Weiß[1)], Birgit Daus[1)], Georg Teutsch[2)]

[1)] UFZ-Umweltforschungszentrum Leipzig-Halle GmbH
PB Industrie- und Bergbaufolgelandschaften
Permoserstraße 15, 04318 Leipzig

[2)] Eberhard-Karls-Universität
Geologisches Institut
Sigwartstraße 10, 72076 Tübingen

ISSN 0948-9452