

Umsetzung der Wasserrahmenrichtlinie: Bestimmung der bioverfügbaren Fraktionen von Blei und Nickel mittels Bioligandenmodell-basierter Software

Heinz Rüdel¹

¹Fraunhofer Institute for Molecular Biology and Applied Ecology IME, Germany

e-mail: heinz.ruedel@ime.fraunhofer.de

In den letzten Jahren setzte sich die Auffassung durch, dass weder die Gesamtgehalte von Metallen noch deren gelöste Konzentrationen in Oberflächenwasser geeignete Parameter für die Bewertung der Gewässerqualität sind. Stattdessen werden zunehmend die bioverfügbaren Anteile der Metalle im Wasser für die Bewertung verwendet. Auch bei der Umsetzung der Wasserrahmenrichtlinie wird dies nun bei der Überwachung der Metalle Blei und Nickel genutzt, für die so genannte bioverfügbare Umweltqualitätsnormen (UQN) abgeleitet wurden. Schutzgut sind die pelagischen Lebensgemeinschaften, deren chronische Beeinträchtigung verhindert werden soll. Gemäß UQN-Richtlinie (2013/39/EU) sind die bioverfügbaren Metallkonzentrationen unter Berücksichtigung von Wasserparametern wie der Konzentration an gelöstem organischen Kohlenstoff (DOC), der Wasserhärte und dem pH-Wert des Wassers zu bestimmen.

Ein grundlegendes Konzept, mit dem die Bioverfügbarkeit von Metallen beschrieben werden kann, ist das Bioligandenmodell (BLM). Dieses ermöglicht, die Bioverfügbarkeit gelöster Metalle zu bestimmen, indem die relevanten Umweltfaktoren berücksichtigt werden. Metallspezifische BLMs wurden für verschiedene biologische Spezies und sowohl akute als auch chronische Expositionen entwickelt. Der BLM-Ansatz ist in der wissenschaftlichen Literatur beschrieben und BLMs wurden für die EU-Risikobewertung von Metallen und Metallverbindungen verwendet (z.B. für Kupfer und Blei).

In der Vergangenheit wurde der Einsatz des BLM-Ansatzes im Routinemonitoring für die ortsspezifische Bewertung von Oberflächenwasser allerdings durch die hohen Datenanforderungen der BLMs behindert. Die zwischenzeitliche Entwicklung von benutzerfreundlicher BLM-basierter Software (z.B. www.Bio-met.net, www.PNEC-pro.com) ermöglicht jedoch die Berücksichtigung der Bioverfügbarkeit bei der Bewertung von Monitoringdaten von relevanten Metallen. Solche Werkzeuge benötigen nur wenige, häufig bekannte Wasserparameter als Eingabewerte (meistens pH, Ca-Konzentration, DOC).

In diesem Beitrag werden die Vor- und möglichen Nachteile der BLM-basierten Bioverfügbarkeitsbewertung vorgestellt. Diskutiert werden die Aspekte Umsetzbarkeit, Gültigkeitsbereiche und die Vergleichbarkeit der Ergebnisse unterschiedlicher Software. Insbesondere wird auch die in einem LAWA-Arbeitspapier beschriebene Umsetzung für Deutschland vorgestellt. Abschließend werden Empfehlungen für die zukünftige regulatorische Anwendung des Bioverfügbarkeitskonzepts gegeben.

Bestimmung der bioverfügbaren Fraktionen von Blei und Nickel mittels Bioligandenmodell-basierter Software

Heinz Rüdel (heinz.ruedel@ime.fraunhofer.de)

Fraunhofer-Institut für Molekularbiologie und Angewandte Oekologie (Fraunhofer IME), 57392 Schmallenberg



Einleitung

In den letzten Jahrzehnten setzte sich in der Wissenschaft die Auffassung durch, dass weder die Gesamtgehalte von Metallen noch deren gelöste Konzentrationen in Oberflächenwasser geeignete Parameter für die Bewertung der Gewässerqualität sind. Stattdessen sollten die bioverfügbaren Anteile der Metalle im Wasser für die Risikobewertung verwendet werden (Rüdel et al. 2015).

Bei der Umsetzung der Wasserrahmenrichtlinie (WRRL) wird dies nun für die Überwachung der Metalle Blei (Pb) und Nickel (Ni) genutzt, für die so genannte bioverfügbare Umweltqualitätsnormen (UQN) abgeleitet wurden. Empfindlichstes Schutzgut ist die pelagische Lebensgemeinschaft, deren chronische Beeinträchtigung verhindert werden soll. Gemäß UQN-Richtlinie (2013/39/EU, EU 2013) sind die bioverfügbaren Metallkonzentrationen unter Berücksichtigung von Wasserparametern wie der Konzentration an gelöstem organischem Kohlenstoff (DOC), der Wasserhärte (als Calcium (Ca)-Konzentration) und dem pH-Wert des Wassers zu bestimmen. Außerdem ist die lokale Hintergrundkonzentration des Metalls zu berücksichtigen.

Ein grundlegendes Konzept, mit dem die Bioverfügbarkeit von Metallen beschrieben werden kann, stellt das Bioligandenmodell (BLM) dar. Dieses ermöglicht, die Bioverfügbarkeit gelöster Metalle zu bestimmen, indem die relevanten Umweltfaktoren berücksichtigt werden. Metallspezifische BLMs wurden für verschiedene biologische Spezies und sowohl akute als auch chronische Expositionen entwickelt. Der BLM-Ansatz ist in der wissenschaftlichen Literatur beschrieben und BLMs wurden für die EU-Risikobewertung von Metallen und Metallverbindungen verwendet (z.B. für Kupfer und Blei).

Vorgehen

Die Bewertungsergebnisse der aktuellsten Versionen von zwei frei verfügbaren Softwareanwendungen (Bio-met 4.0 2017, PNEC-pro 6 2017) wurden evaluiert. Beide Tools ermöglichen die Auswertung von Monitoringdaten und die Ermittlung lokaler Qualitätsstandards für Pb und Ni sowie Cu und Zn (hier nicht präsentiert). Die Abhängigkeiten der mit den Softwareapplikationen ausgegebenen lokalen Qualitätsstandards (Bio-met als HC5; PNEC-pro als PNEC) von den Parametern Ca- und DOC-Konzentration sowie pH wurden ermittelt und die Ergebnisse aus beiden Anwendungen gegenübergestellt.

Die Berechnungen basieren auf einem Standardszenario (Median deutscher Gewässer-Monitoringdaten: Ca-Konzentration 40 mg/L, DOC 2,9 mg/L, pH 7,6). Jeweils ein Parameter wurde variiert, während die anderen konstant gehalten wurden.

Beispieldaten: Ergebnisse Bio-met 4.0

pH	DOC (mg/L)	Ca (mg/L)	Ni Local HCS (Bio-met) (µg/L)	Biof	Notes	flag pH
6.00	2.9	40	12.8	0.31	Local HCS has been calculated using an appropriate value from within the validated range. See the Guidance Manual, Section 2.4, for more information.	pH is below the lower end of the validated range.
6.20	2.9	40	12.8	0.31	Local HCS has been calculated using an appropriate value from within the validated range. See the Guidance Manual, Section 2.4, for more information.	pH is below the lower end of the validated range.
6.40	2.9	40	12.8	0.31	Local HCS has been calculated using an appropriate value from within the validated range. See the Guidance Manual, Section 2.4, for more information.	pH is below the lower end of the validated range.
6.60	2.9	40	12.8	0.31		
6.80	2.9	40	11.9	0.35		
7.00	2.9	40	10.9	0.37		
7.20	2.9	40	9.9	0.41		
7.40	2.9	40	8.1	0.49		
7.60	2.9	40	7.4	0.54		
7.80	2.9	40	6.3	0.63		

Schlussfolgerung

Die behördliche Akzeptanz von Risikobewertungen unter Berücksichtigung der BLM-basierten Metallbioverfügbarkeit nimmt zu. Im Kontext der WRRL wurden für die Bewertung von Oberflächenwasser-Monitoringdaten für die Metalle Pb und Ni UQN abgeleitet, die die bioverfügbaren Fraktionen berücksichtigen (EU 2013). Die Umsetzung in der Routineüberwachung erfordert die Verfügbarkeit geeigneter Werkzeuge für die Bioverfügbarkeitsbewertung.

Der Vergleich der beiden dafür entwickelten frei verfügbaren Applikationen Bio-met und PNEC-pro zeigt, dass diese insbesondere für Ni signifikant unterschiedliche Risikobewertungsergebnisse liefern können (siehe Abb. 1). Somit kann die Entscheidung, ob die UQN für ein Gewässer eingehalten wird oder nicht, davon abhängen, welches Werkzeug angewendet wird. Ein Nachteil bei PNEC-pro ist, dass eine Bewertung für Ni erst bei DOC-Werten >2,5 mg/L (Pb: >2,1 mg/L) möglich ist. Ein Teil der deutschen Gewässer hat allerdings niedrigere DOC-Gehalte, so dass keine Ni/Pb-Bewertung mit PNEC-pro erfolgen kann.

Gegenwärtig wird ein europäisches Leitliniendokument ausgearbeitet, das zur Erzielung konsistenter Ergebnisse bei der Nutzung verschiedener anwenderfreundlicher BLM-basierter Software-Tools beitragen soll.

Ergebnisse

Die Abbildungen zeigen die Ergebnisse der Berechnungen mit den beiden BLM-basierten Software-Applikationen. Im Bereich häufig vorliegender Wassereigenschaften zeigen beide BLM-basierten Tools eine akzeptable Übereinstimmung im Bereich eines Faktors von 2. An den äußeren Grenzen treten teilweise größere Abweichungen auf. Für den wichtigsten Parameter, DOC, ist die Übereinstimmung gut. Besonders auffallend ist, dass PNEC-pro lineare Funktionen ausgibt, während Bio-met stufenförmige Ausgabedaten erzeugt.

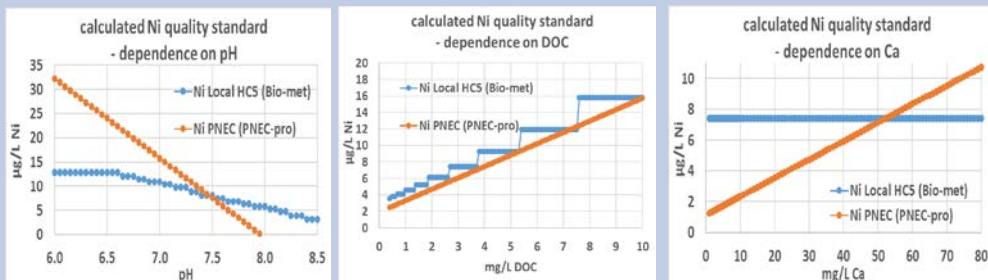


Abb. 1: Einfluss der Variation von pH-Wert sowie DOC- und Ca-Konzentrationen auf die berechneten lokalen Nickel-Qualitätsnormen. PNEC: Konzentration, bei der kein Effekt zu erwarten ist (predicted no-effect concentration); HCS: Konzentration, bei der die empfindlichsten 5% der aquatischen Arten gefährdet sind. Grenzen Bio-met: pH 6,5 - 8,7; Ca 2 - 88 mg/L. PNEC-pro (Vink 2018): pH 5,9 - 8,7, Ca 2,4 - 83 mg/L, DOC 2,5 - 25,8 mg/L.

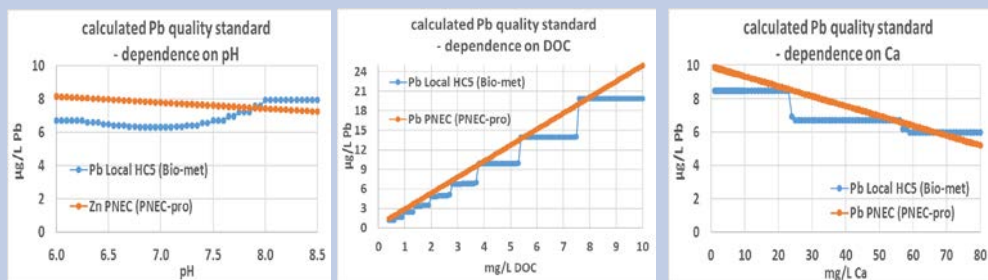


Abb. 2: Einfluss der Variation von pH-Wert sowie DOC- und Ca-Konzentrationen auf die berechneten lokalen Blei-Qualitätsnormen. Grenzen (Vink 2018): für Bio-met/PNEC-pro: pH 6,3 - 8,4, Ca 3,6 - 204 mg/L; nur PNEC-pro: DOC 2,1 - 22,4 mg/L.

Referenzen

- Bio-met Version 4.0. 2017. Software Applikation. www.Bio-met.net.
- EU (2013) RICHTLINIE 2013/39/EU DES EUROPÄISCHEN PARLAMENTS UND DES RATES vom 12. August 2013 zur Änderung der Richtlinien 2000/60/EG und 2008/105/EG in Bezug auf prioritäre Stoffe im Bereich der Wasserpolitik. Amtsblatt der Europäischen Union L 226/1.
- PNEC-pro Version 6. 2017. Software Applikation. www.PNEC-pro.com.
- Rüdel H. et al. (2015) Consideration of the bioavailability of metal/metalloid species in freshwaters: experiences regarding the implementation of biotic ligand model-based approaches in risk assessment frameworks. Environ Sci Pollut Res Int 22, 7405-7421
- Vink J. (2018) Presentation. Urecht (NL), 15.06.2018

Danksagung: Dieser Beitrag wurde auf Grundlage des IUPAC-unterstützten Projekts "Consideration of bioavailability of metals/metal compounds in the aquatic environment" (#2011-060-1-600; Rüdel et al. 2015) erstellt. IUPAC-Projektteam: Heinz Rüdel (Leitung), Cristina Díaz Muñoz, Hemda Garelick, Nadia Kandile, Bradley W. Miller, Leonardo Pantoja, Willie Peijnenburg, Diane Purchase, Yehuda Shevah, Patrick Van Sprang, Martina Vijver und Jos P.M. Vink.