

# Ermittlung von Hintergrundwerten und Ableitung von Schwellenwerten für das Grundwasser in Europa

W4

GEORG BERTHOLD & JOHANN-GERHARD FRITSCHKE

Die Europäische Wasserrahmenrichtlinie (EG-WRRL-Richtlinie 2000/60/EG) nennt als Parameter für die Charakterisierung des chemischen Zustands in Anhang V, 2.3.2, die Konzentration von Schadstoffen und die Leitfähigkeit im Grundwasser. Des Weiteren fordert sie in Anhang II, 2.2., die Bestimmung von natürlichen Hintergrundwerten von Stoffen im Grundwasser, die auf Basis verschiedener Typologien (Hydrogeologie, Geologie, Grundwasserströmungsverhältnisse) abgeleitet werden sollen. Sie nennt keine konkrete Verfahrensanleitung zur Ableitung der natürlichen Grundwasserbeschaffenheit, die als Grundlage der Ableitung von Schwellenwerten dient. Sie nennt auch keine konkreten Werte für Qualitätsnormen (Schwellenwerte) mit Ausnahme des Verweises auf bereits bestehende Rechtsvorschriften der Gemeinschaft (z. B. Nitratrichtlinie).

Die Grundwassertochterrichtlinie (Richtlinie 2006/118/EG), die in ihrer Endfassung am 12.12.2006 im Amtsblatt der Europäischen Union veröffentlicht wurde, nennt Kriterien für die Beurteilung des guten chemischen Zustands des Grundwassers und Kriterien für die Ermittlung und Umkehrung signifikanter und anhaltender steigender Trends sowie für die Festlegung der Ausgangspunkte für die Trendumkehr.

„Grundwasserqualitätsnorm“ bezeichnet nach dieser Richtlinie eine Umweltqualitätsnorm, ausgedrückt als die Konzentration eines bestimmten Schadstoffs im Grundwasser, die aus Gründen des Gesundheits- und Umweltschutzes nicht überschritten werden darf.

Als konkrete Qualitätsnormen werden 50 mg/l  $\text{NO}_3$  sowie 0,1  $\mu\text{g/l}$  (Summe 0,5  $\mu\text{g/l}$ ) für die Wirkstoffe (bzw. Summe der Wirkstoffe) aus



Pestiziden und deren Abbau- und Reaktionsprodukten genannt. Von den Mitgliedstaaten sind für alle Schadstoffe und Verschmutzungsindikatoren, die dazu führen, dass Grundwasserkörper oder Gruppen von Grundwasserkörpern einen guten chemischen Grundwasserzustand nicht erreichen, Schwellenwerte festzulegen. Eine Liste zählt diejenigen Schadstoffe auf, für die die Mitgliedsstaaten mindestens Schwellenwerte abzuleiten haben:

1. Stoffe, Ionen oder Indikatoren, die natürlicherweise und/oder infolge menschlicher Tätigkeiten vorkommen können:  
Arsen  
Cadmium  
Blei  
Quecksilber  
Ammonium  
Chlorid  
Sulfat
2. Von Menschen hergestellte synthetische Stoffe  
Trichlorethylen  
Tetrachlorethylen
3. Parameter, die Einträge von Salzen oder anderen Stoffen anzeigen<sup>1</sup>  
Leitfähigkeit

<sup>1</sup> Für Salzkonzentrationen als Folge menschlicher Tätigkeiten können die Mitgliedstaaten beschließen, Schwellenwerte entweder für Sulfat und Chlorid oder für die Leitfähigkeit festzulegen.

Schwellenwerte können auf nationaler Ebene, auf Ebene der Flussgebietseinheit oder des im Hoheitsgebiet des Mitgliedstaats gelegenen Teils der internationalen Flussgebietseinheit oder auf Ebene der einzelnen Grundwasserkörper oder Gruppen von Grundwasserkörpern gelten.

Von der EU-Kommission wurde im Rahmen des 6. EU-Forschungsprogramms das Projekt BRIDGE (**B**ackground **c**riteria for the **I**dentification of **G**roundwater **t**hresholds) initiiert, das eine europaweit einheitliche Methodik zur Ableitung von Hintergrundwerten und Schwellenwerten entwickeln sollte. 27 Organisationen (Universitätsinstitute, Behörden, Firmen) aus 17 Ländern waren daran beteiligt, um die unterschiedlichsten hydrogeologischen Verhältnisse, verschiedene Lösungsansätze und Betrachtungsweisen zu einer einheitlichen Methodik zu bündeln.

## 1 Ableitung von Hintergrundwerten

Die Ableitung geht von der Erkenntnis aus, dass die natürlichen Stoffinhalte des Grundwassers in erster Linie von der chemischen Gesteinsbeschaffenheit des Grundwasserleiters bestimmt werden. Auf dem Fließweg über den Sickerwasserbereich durch den Grundwasserleiter spielen darüber hinaus die Mächtigkeit und Beschaffenheit der Grundwasserüberdeckung, die Grundwasserfließgeschwindigkeit, Ionenaustauschprozesse, Temperatur, Redoxpotenzial und viele weitere Faktoren eine wichtige Rolle.

Die nachfolgend beschriebene Methodik zur Ableitung von Hintergrundwerten wurde maßgeblich von den deutschen Teilnehmern initiiert:

Als hydrogeologische Bezugseinheiten (Typologien) werden im BRIDGE-Projekt größere hydrogeologisch definierte Einheiten verwandt, die in ihrer Charakteristik den hydrogeologischen Räumen bzw. Teilräumen entsprechen, wie sie z. B. für die Charakterisierung der Grundwasserkörper für die Bestandsaufnahme in Hessen verwendet wurden bzw. als „hydrogeologische Einheiten“ bereits seit längerer Zeit die Basis für die Betrachtung der Grundwasserbeschaffenheit in Hessen darstellen. Dies steht im Einklang mit dem LAWA-Forschungsprojekt „Die natürliche, ubiquitär überprägte Grundwasserbe-

Aus Deutschland nahmen drei Institutionen an diesem Projekt teil:

- Hessisches Landesamt für Umwelt und Geologie
- Forschungszentrum Jülich, Institut für Chemie und Dynamik der Geosphäre, Agrosphäre (ICG IV)
- Umweltbundesamt

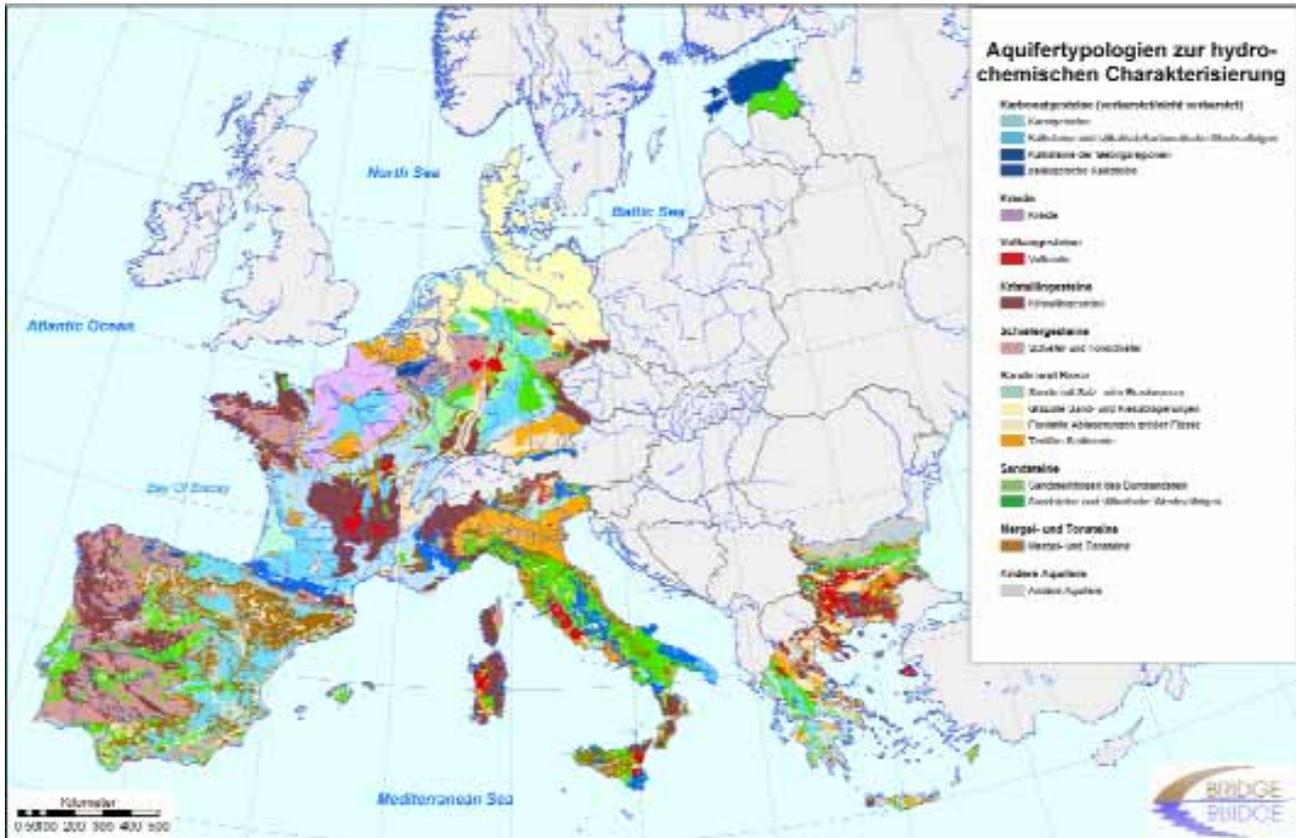
Somit war von deutscher Seite eine gute Mischung zwischen wissenschaftlich ausgerichteten Institutionen und anwenderbezogenen Interessen der Behörden gewährleistet.

Das „Kick Off Meeting“ zum Auftakt des Vorhabens fand am 11. und 12. Januar 2005 statt, die Abschlussveranstaltung am 15.12.2006. Das Forschungsvorhaben wurde von der BRGM (Frankreich) koordiniert.

Im Folgenden werden die wichtigsten Ergebnisse des Projekts skizziert.

„schaffenheit in Deutschland“ (KUNKEL et al. 2004), aber auch mit ähnlichen Methodiken in Frankreich und anderen europäischen Ländern. Europaweit ist es von Bedeutung, dass eine derartige Bezugsebene vorhanden ist, um vergleichbare Ergebnisse zu erhalten. In Abb. 1 sind die daraufhin im BRIDGE-Projekt verwendeten Aquifertypologien dargestellt.

Zur Ermittlung natürlicher geogen bedingter Hintergrundwerte (NHW) werden durch ein Präselektionsverfahren zunächst alle Proben mit einem Hinweis auf anthropogene Beeinflussungen (Nachweis von Pflanzenschutzmitteln, Nitratkonzentrationen > 10 mg/l) und mit unstimmgiger Ionenbilanz von der weiteren Auswertung ausgeschlossen. Den unterschiedlichen Grundwasserleitertypen werden dann die verbliebenen Grundwasseranalysen zugeordnet. Die inneren 90 % aller Werte (alle Konzentrationen zwischen 10 Perzentil und 90 Perzentil) werden als die natürliche Variationsbreite eines Stoffes innerhalb der jeweiligen Aquifertypologie angesehen. Das 90 Perzentil innerhalb einer Aquifertypologie für jeden Stofftyp wird als Obergrenze der natürlichen Hintergrundbeschaffenheit für den betreffenden Grundwasserleitertyp definiert. Die hessischen Grundwasserbeschaffenheitsberichte der vergangenen Jahre wählten übrigens den gleichen Ansatz.



**Abb. 1:** Verbreitung der wichtigsten Grundwasserleitertypen („Aquifertypologien“) in Dänemark, Deutschland, Niederlande, Belgien, Frankreich, Spanien, Italien, Griechenland und Estland (FZ Jülich, in BRIDGE-Deliverable D 18, gesonderte Veröff. in Vorbereitung).

Getestet wurde das Verfahren in 16 Pilotgebieten („case study areas“); die deutschen Teilnehmer wählten dazu den Oberrheingraben und zu Vergleichszwecken den Schwarzwald und die schwäbische Alb aus. Neben dem 90-Perzentil wurde von allen Teil-

nehmerländern auch das 97,7-Perzentil getestet, das naturgemäß weniger konservative Schwellenwerte zur Folge hat, da bei dieser Betrachtungsweise bereits Anomalien, die in jedem Aquifertyp auftreten können, in die Bewertung einfließen.

## 2 Festlegung von Schwellenwerten

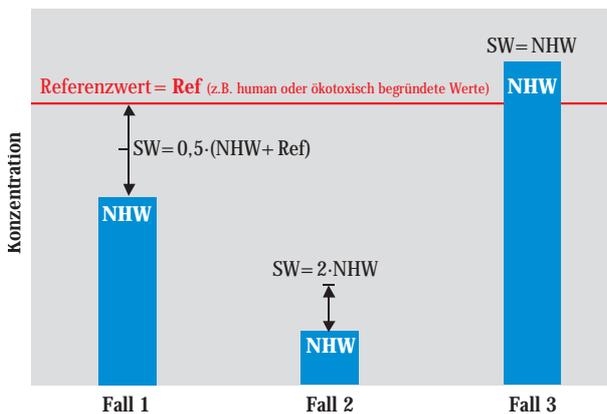
Wie in Abb. 2 stichpunktartig skizziert, ist der erste Schritt bei der Ableitung die Auswahl geeigneter hydrogeologischer Räume. Diese sollten nicht zu kleinteilig gewählt werden, damit einerseits regionale geologische Besonderheiten nicht so stark gewichtet werden und andererseits eine ausreichende Datenmenge für die anschließende statistische Betrachtung vorhanden ist.

Diese ist notwendig, da im nächsten Schritt die anthropogen überprägten Beschaffenheitsdaten mit Hilfe der Nitratkonzentrationen (> oder < 10 mg/l Nitrat) aus dem Datensatz eliminiert werden. Für die Ableitung werden schließlich Referenzwerte und natürliche Hintergrundbeschaffenheit zueinander in Beziehung gesetzt.



**Abb. 2:** Fließschema zur Ableitung der natürlichen Hintergrundbeschaffenheit sowie Schwellenwerten.

Die daraus resultierenden Fälle (1 bis 3) sind in Abb. 3 visualisiert.



**Abb. 3:** Fallunterscheidungen zur Ableitung von parameterbezogenen Schwellenwerten für „Aquifertypen“ (aus FZ Jülich, in BRIDGE-Deliverable 18, Dez. 2006, gesonderte Veröff. in Vorbereitung)

Bei der Ableitung von Schwellenwerten wurde im BRIDGE-Projekt kontrovers diskutiert, ob das Grundwasser an sich flächenhaft zu schützen und deshalb

mit Schwellenwerten zu versehen sei, ob es also einen eigenen Rezeptor darstellt, oder ob die Stoffkonzentrationen im Grundwasser an einem bestimmten Punkt lediglich in Bezug auf einen anderen Rezeptor (z. B. Oberflächengewässer, grundwasserabhängiges Landökosystem, Trinkwassergewinnungsanlage) betrachtet werden sollten. Die deutschen Teilnehmer vertraten hierbei den allgemeinen flächendeckenden Grundwasserschutz mit dem Bezug auf das Grundwasser selbst als Rezeptor.

Aus diesen beiden Auffassungen wurde für die Ableitung von Schwellenwerten ein Konzept entwickelt, das beide Möglichkeiten offen lässt. Der Entscheidungsbaum ist in der unten stehenden Abbildung dargestellt. Aus den vorhandenen Analysen wird zunächst ein Hintergrundwert abgeleitet. Bei der von den deutschen Teilnehmern vorgeschlagenen und bevorzugten Vorgehensweise wird dann folgendermaßen vorgegangen: Im ersten Schritt wird der gemessene Wert mit dem Hintergrundwert verglichen und im Schritt 2a ein Schwellenwert nach der weiter unten erläuterten Methode abgeleitet. Der Vergleich der Analyse mit dem Schwellenwert zeigt dann den guten oder schlechten Zustand an.

Wie aus Abb. 4 zu ersehen ist, sind im alternativen Ansatz zur Ableitung von Schwellenwerten wesentlich mehr Entscheidungsschritte vorgesehen als dies im „deutschen Ansatz“ der Fall ist. Der Analysenwert wird mit einem Qualitätsstandard (QS) verglichen, der je nach Rezeptor einen ökotoxikologischen Grenzwert (z. B. für Oberflächengewässer) oder einen humantoxikologischen Grenzwert (z. B. Trinkwassergrenzwert) darstellt. Eine weitere Erweiterung erfährt dieses Verfahren durch die Berücksichtigung von Verdünnungs- und Abbau-faktoren. Das entsprechende Fließschema für beide Lösungsansätze ist in der nachfolgenden Grafik veranschaulicht.

In der Praxis werden in vielen Fällen allerdings nur vereinzelt die notwendigen Eingangsgrößen (Verdünnungsfaktoren, Abbauraten, Sorptionsraten) vorhanden sein, so dass ein flächenhafter Einsatz der alternativen Ableitungsmethode in der Regel nur mit Schätzgrößen zu realisieren ist. Von Vorteil bei der alternativen Ableitung von Schwellenwerten ist allerdings, dass auch die Rezeptoren „Oberflächengewässer“ sowie „betroffene Ökosysteme“ eine rezeptorbezogene Bewertung erfahren.

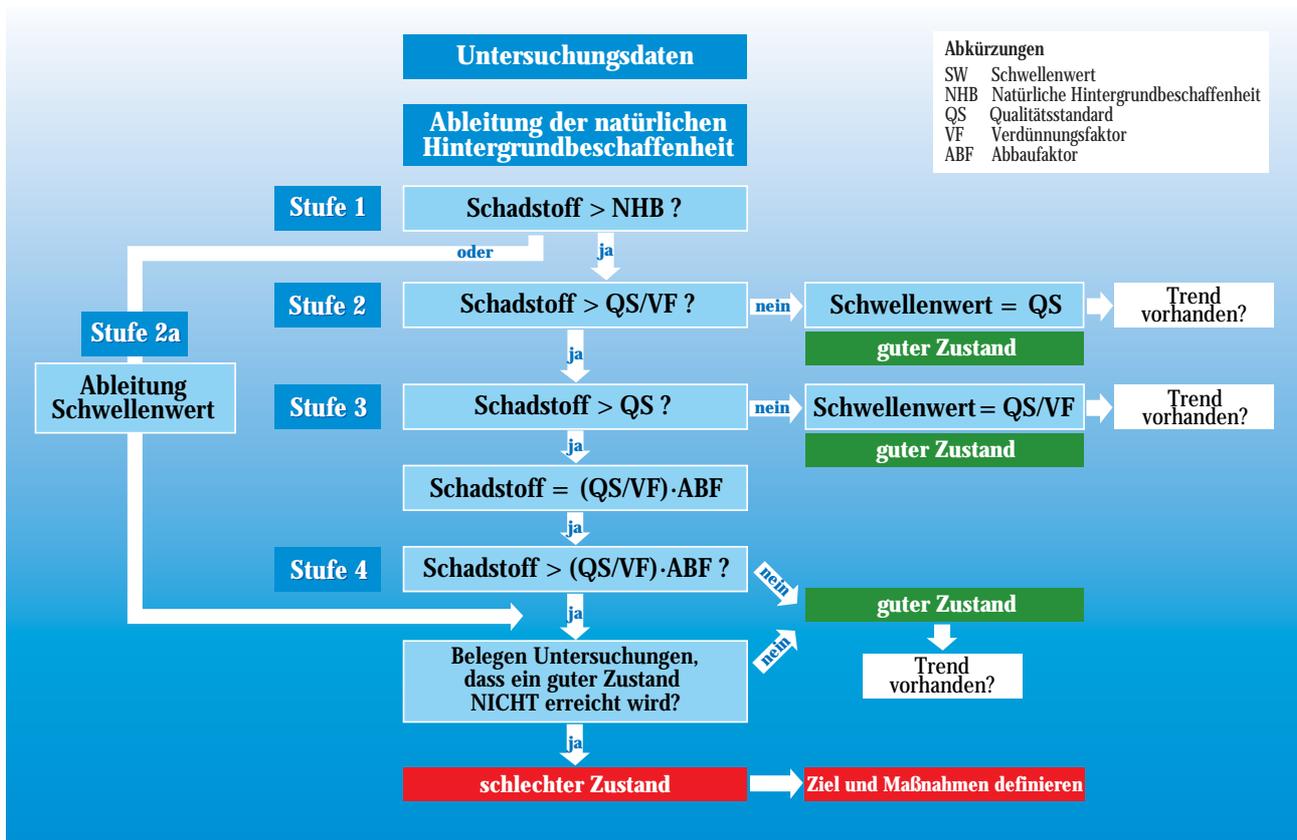
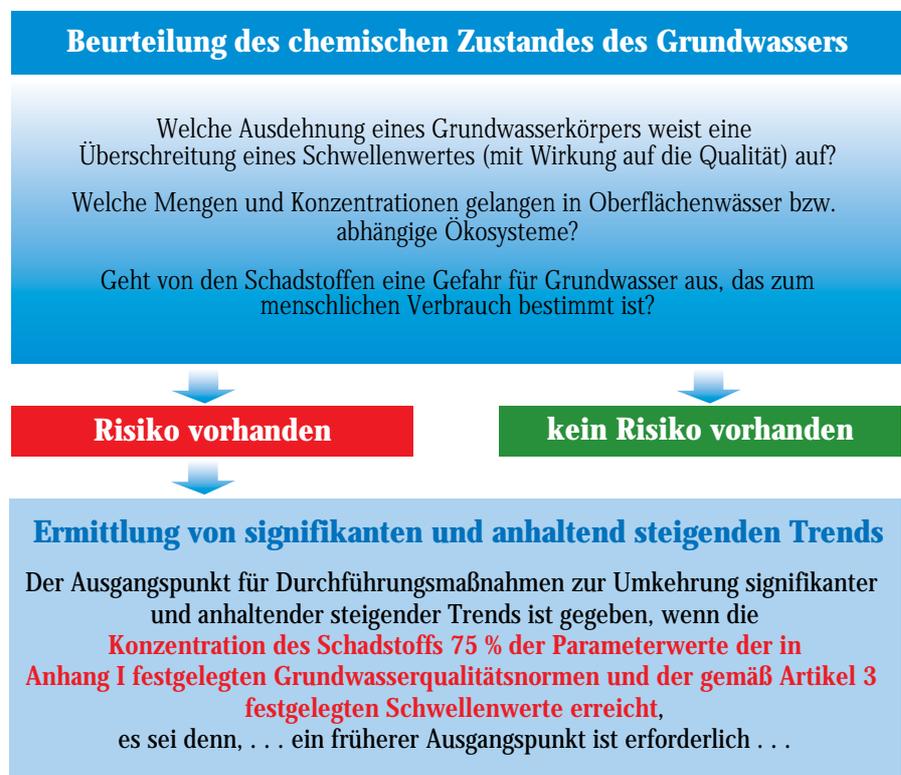


Abb. 4: Alternative Ableitung von Schwellenwerten (nach MÜLLER, D. et al, 2006, BRIDGE-Deliverable 18, verändert).

Mit Inkrafttreten der Grundwasserrichtlinie 2006/118/EG (Tochterrichtlinie) spielen Schwellenwerte eine grundlegende Rolle hinsichtlich der Beurteilung des chemischen Zustandes des Grundwassers. Neben der zeitlichen Entwicklung der Grundwasserbeschaffenheit (Trend) sind die Schwellenwerte verantwortlich für die Bewertung eines Grundwasserkörpers. Die Rolle der Schwellenwerte bei der Bewertung der Grundwasserbeschaffenheit wird in Abb. 5 dargestellt.

Abb. 5: Beurteilung des chemischen Zustands anhand von Schwellenwerten sowie deren zeitliche Entwicklung.



## Zusammenfassung

Mit der Einführung der Schwellenwerte wurde die Beurteilung der Grundwasserbeschaffenheit (risk, not at risk) auf eine wesentlich breitere Basis gestellt, als dies in der Vergangenheit der Fall war. In der Regel wurden bisher in Deutschland sowie auf EG-Ebene zur Abschätzung des guten bzw. schlechten Zustandes der Grundwasserbeschaffenheit vornehmlich der Parameter Nitrat verwandt. Zukünftig sind jedoch alle Parameter, von denen eine Belastung für die Grundwasserqualität ausgeht, in die Risikoabschätzung zu integrieren. Damit erlangen die Schwellenwerte die gleiche Relevanz wie die Parameter Nitrat und Pflanzenschutzmittelrückstände, für die Qualitätsnormen bestehen. In Anbetracht der heterogenen geologischen, klimatischen sowie hydrogeologischen Verhältnisse gibt die Tochterrichtlinie kein fixes Verfahren für die Ableitung von Schwellenwerten vor. Alle Mitgliedstaaten können daher frei entscheiden, wie sie die zu bewertenden Räume definieren, welche Ableitungsmethode zur Charakterisierung der natürlichen Hintergrundbeschaffenheit gewählt wird, welches Medium (z. B. Grundwasser, Oberflächenwasser, betroffene Ökosysteme) als Rezeptor gewählt wird sowie in welchen Relationen die

Schwellenwerte zu Qualitätsnormen gesetzt werden. In Extremfall würde dies dazu führen, dass für vergleichbare Typologien in Europa gänzlich unterschiedliche Schwellenwerte für gleiche Parameter entstehen und somit eine Vergleichbarkeit bzw. Bewertung von Schadwirkungen auf den Wasserkreislauf nur schwer möglich wären. Letztlich würde dies zu völlig unterschiedlichen Maßnahmen und Auflagen führen, die wiederum ein Ungleichgewicht im wirtschaftlichen Wettbewerb bedingen würden.

Hauptziel des BRIDGE-Projektes, in dem 17 EU-Staaten ihren Sachverstand eingebracht haben, war die Erarbeitung einer Methode für die Ableitung von Schwellenwerten. Die wichtigsten Ergebnisse sind:

- Die Einigung auf die Verwendung der Aquifertypologien
- Die Auftrennung der Datenbestände in natürliche und anthropogen überprägte Anteile
- Die Verwendung des 90 Perzentils als Obergrenze des natürlichen Hintergrunds
- Die Erarbeitung von einfachen und handhabbaren Methoden zur Ableitung von Schwellenwerten für die Grundwasserbeschaffenheit.

## Literatur

Der Öffentlichkeit zugängliche Dokumente des Projekts („Deliverables“) sind einsehbar unter <http://nfp-at.eionet.eu.int/Public/irc/eionet-circle/bridge/library>.

KUNKEL, R., WENDLAND, F., VOIGT, H. J., HANNAPPEL, S. (2004): Die natürliche, ubiquitär überprägte Grundwasserbeschaffenheit in Deutschland. Schriften des Forschungszentrums Jülich, Reihe Umwelt/Environment, Band 47.

MÜLLER, D.; BLUM, A., HART, A., HOOKEY, J., KUNKEL R., SCHEIDLEDER, A.; TOMLIN, C. & WENDLAND, F. (2006): Final Proposal For a Methodology To Set Up Groundwater Threshold Values In Europe. – BRIDGE-Deliverable D 18; <http://nfp-at.eionet.europa.eu/irc/eionet-circle/bridge/info/data/en/index.htm>