

Vorgehensweise bei der Ableitung von Geringfügigkeitsschwellenwerten (GFS-Werten) für chemische Substanzen im Grundwasser

G 5

REGINE GIHR

Zur bundeseinheitlichen toxikologischen Bewertung von Grundwasserverunreinigungen, die bereits eingetreten sind (Altlastenbearbeitung) oder die es zu verhindern gilt, werden nachvollziehbare und einheitliche Bewertungskriterien benötigt.

Hierzu gehört vor allem ein Maßstab, bis zu welchen Stoffkonzentrationen anthropogene, räumlich begrenzte Änderungen der chemischen Beschaffenheit des Grundwassers als geringfügig einzustufen sind und ab welcher Konzentration eine Grundwasserverunreinigung (= Grundwasserschaden) vorliegt [LAWA 2004].

Die Bund-/Länder-Arbeitsgemeinschaft Wasser (LAWA) hat zur Bezeichnung dieser Grenze den Begriff der Geringfügigkeitsschwelle (GFS) entwickelt und leitet GFS-Werte seit Ende der 90er Jahre nach bestimmten Regeln ab. Heute werden zur Beurteilung der **Schädlichkeit einer Grundwasserverunreinigung** für Mensch und Wasserlebewesen mit einer oder mehreren chemischen Substanzen entsprechende Geringfügigkeitsschwellenwerte herangezogen, wobei die Regeln für die Vorgehensweise bei der Werte-Ableitung entsprechend neuer Erkenntnisse im Laufe der Jahre immer wieder modifiziert wurden.

Derzeit aktualisiert die LAWA die vorhandenen GFS-Werte und damit einhergehend vereinheitlicht – „harmonisiert“ – sie die verschiedenen vorliegenden angewandten Richt-, Orientierungs- und Prüfwerte für Boden, Grund- und Oberflächenwasser in den ein-

zelnen Bundesländern, wie u. a. die der Berliner Liste (1990), der Niederländischen Liste von 1994 und der hessischen Gw-VwV von 1994. Weiter erfolgt hierbei eine Anpassung der GFS-Werte und der Vorgehensweise bei der Werte-Ableitung an die EU. Mit dem Inkrafttreten der Richtlinie 2008/105/EG, die Umweltqualitätsnormen für prioritäre Stoffe und bestimmte andere Stoffe für Oberflächenwasserkörper festlegt, war eine Anpassung und Aktualisierung der GFS-Werte für das Grundwasser erforderlich. In der Novellierung der Grundwasserverordnung erfolgt im Entwurf der Mantelverordnung vom 6.1.2011 eine Festlegung von Schwellenwerten und Prüfwerten auf der Basis der aktualisierten und EU-angepassten GFS.

Liegen bei der Altlastenbearbeitung keine GFS-Werte oder rechtlich verbindliche Umweltqualitätsnormen (UQN) für eine das Grundwasser verunreinigende chemische Substanz vor, können auf Antrag der Vollzugsbehörden im Altlastendezernat des HLUg für solche Stoffe eigene „vorläufige“ GFS-Werte nach der aktualisierten Vorgehensweise abgeleitet werden.

Die nachfolgenden Informationen geben einen **zusammenfassenden Überblick** über unsere Vorgehensweise bei der Ableitung von vorläufigen GFS-Werten nach der LAWA-Vorlage. Detailliertere Angaben finden sich in Veröffentlichungen der Länderarbeitsgemeinschaft Wasser [LAWA 2004], den Technical Guidance Documents (TGD) für Umweltqualitätsnormen [TGD-EQS 2011] und der EU-Wasserrahmenrichtlinie 2000/60/EG (WRRL) [EU 2001].

1 Was ist ein GFS-Wert?

Die Geringfügigkeitsschwelle (GFS) ist die Konzentration, bei der trotz einer Erhöhung der Stoffgehalte gegenüber (regionalen) Hintergrundwerten (sog. Basiswerten)

- keine relevanten ökotoxischen Wirkungen **und**
- keine relevanten humantoxikologischen Wirkungen auftreten können, d.h. die Anforderungen der Trinkwasserverordnung oder entsprechend abgeleiteter Werte (z. B. gesundheitlicher Orientierungswert) eingehalten werden [LAWA 2004].

Damit soll das Grundwasser

- als Trinkwasser überall für den menschlichen Gebrauch nutzbar bleiben und
- als Lebensraum intakt gehalten werden, u. a. weil Grundwasser Bestandteil des Naturhaushaltes ist und den Basisabfluss von Oberflächenwasser bildet oder den Charakter grundwasserabhängiger Feuchtgebiete beeinflusst [LAWA 2004].

2 Wie kommt eine GFS zustande?

Die Vorgehensweise bei der Festlegung eines GFS-Wertes orientiert sich an der Ableitung der Umweltqualitätsnormen (UQN) für das Oberflächenwasser nach WRRL Anhang V 1.2.6 [EU 2001] sowie der für EU-Umweltqualitätsstandards des TGD-EQS (2011).

Die Konzentrationswerte für die GFS eines Stoffes werden wirkungsorientiert, d. h. human- und ökotoxikologisch begründet, abgeleitet.

D. h. zum einen, dass über die herangezogenen – vorhandenen oder selbst über vorliegende Humantoxizitätstests abgeleiteten – Schwellenwerte für die Trinkwasser-relevante Chemikalie abgesichert wird, dass die menschliche Gesundheit nicht beeinträchtigt wird. Zum anderen werden nachteilige Wirkungen auf aquatische Lebewesen ausgeschlossen.

Beim Vergleich der beiden Angaben auf der Basis humantoxikologischer bzw. ökotoxikologischer Kriterien gilt folgendes:

1. Werden bei der Ableitung im Hinblick auf die Trinkwasserqualität bzw. auf die Nutzung als Trinkwasser und im Hinblick auf die ökotoxikologischen Kriterien unterschiedliche Konzentra-

tionswerte abgeleitet, entspricht der GFS-Wert dem niedrigeren Wert.

2. Liegen nur ökotoxikologische Daten vor, erfolgt hinsichtlich der humantoxikologischen Wirkung ein Abgleich mit dem gesundheitlichen Orientierungswert, der nach dem vom UBA entwickelten GOW-Konzept erhoben wird (GOW: gesundheitlicher Orientierungswert, siehe [UBA 2003]). Der GFS-Wert entspricht dem niedrigeren Wert.
3. Liegen nur humantoxikologische Daten vor, erfolgt hinsichtlich der ökotoxikologischen Wirkung eine Plausibilitätsprüfung im Einzelfall, da noch kein systematisches Konzept vorliegt.
4. Da die abgeleiteten Werte in Einzelfällen in sehr niedrigen Konzentrationsbereichen liegen können, wurden sie nach unten begrenzt, sofern es sich nicht um rechtsverbindliche Werte oder um Werte handelt, bei denen eine Wirkung nachgewiesen ist [LAWA 2004].

In der Abbildung 1 ist der Ablauf einer GFS-Ableitung schematisch dargestellt (Vorlage nach LAWA (2004), bearbeitet).

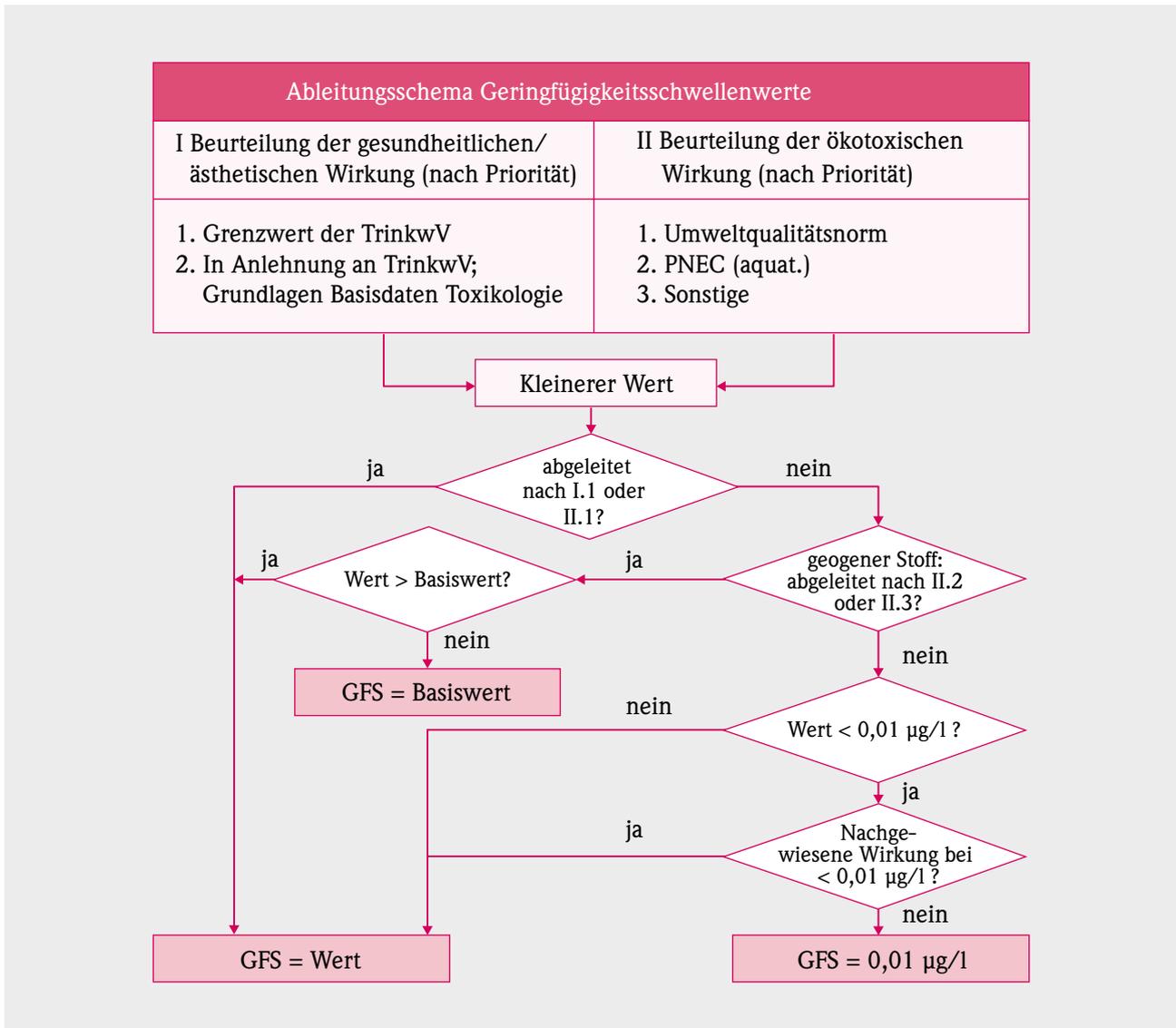


Abb. 1: Ablaufschema einer GFS-Ableitung.
 Basiswert: geogene Hintergrundbelastung eines Stoffes im Grundwasser

3 Was wird bei der Ableitung berücksichtigt?

Nachfolgend wird kurz auf die humantoxikologische Bewertung und etwas ausführlicher auf die ökotoxi-

kologische Beurteilung von Stoffdaten zur Ableitung einer GFS eingegangen.

3.1 Humantoxikologische Beurteilung einer Substanz

Entsprechen die in der Trinkwasserverordnung (TrinkwV 2001) genannten Werte für Einzelstoffe entweder der Begründungsoption

- „Unbedenklich für die menschliche Gesundheit“ oder der Option
- „Ästhetisch einwandfreie Qualität des Trinkwassers“,

sind also **weder aufbereitungs- noch verteilungstechnisch begründet**, werden diese bei der Festlegung der GFS vorrangig und unverändert übernommen [LAWA 2004].

Sind die Grenzwerte der TrinkwV (2001) aufbereitungs- oder verteilungstechnisch begründet oder fehlen Grenzwerte für relevante Parameter, wird eine gesundheitliche und ästhetische Bewertung im Einzelfall analog nach TrinkwV oder wie in LAWA (2004) beschrieben durchgeführt [LAWA 2004].

Dazu erfolgt zunächst die Durchführung einer Datenbankrecherche über Substanznamen/Trivialnamen und CAS-Registrierungsnummer (CAS: Chemical Abstracts Service), dann die Zusammenstellung aller vorhandenen Toxizitätstests für die Verbindung. Nach einer Prüfung auf Plausibilität und Validität erfolgt die Zusammenstellung der relevanten Tests, die dann die Basis für die Ableitung der GFS bilden.

Für die **menschliche Gesundheit** wird im Allgemeinen der abgeleitete **TRD-Wert** („Tolerable resorbierte Dosis“) für die langfristige orale Aufnahme herangezogen und mit den üblichen Annahmen zum Körpergewicht (70 kg für Erwachsene) und Trinkwasseraufnahme (2 l/d) auf eine **tolerable tägliche Trinkwasserkonzentration** umgerechnet. Weil Schadstoffe auch über andere Pfade aufgenommen werden, geht man von einer anteiligen Ausschöpfung über den Trinkwasserpfad von 10 % aus. D. h. max. 10 % des TRD-Wertes dürfen vom Menschen über belastetes Trinkwasser aufgenommen werden.

3.2 Ökotoxikologische Beurteilung einer Substanz

Für die Ableitung der GFS werden ökotoxikologische Daten gemäß [LAWA 2011] in folgender Reihenfolge berücksichtigt:

1. Rechtlich verbindliche, ökotoxikologisch begründete Umweltqualitätsnormen (UQN) werden vorrangig und unverändert berücksichtigt. Sie stammen insbesondere aus der Verordnung zum Schutz der Oberflächengewässer (Oberflächengewässerverordnung - OGewV), die u. a. auch die EG-Richtlinie 2008/105/EG umsetzt und alle UQN dieser Richtlinie übernommen hat.
2. Die Werte für die Predicted No Effect Concentration (PNEC) aus den Risk-Assessment-Reports (RAR) im Rahmen der „Verordnung (EWG) Nr. 793/93 des Rates vom 23.3.1993 zur Bewertung und Kontrolle der Umweltrisiken chemischer Altstoffe“ stehen nach den gesetzlich verankerten UQN an 2. Stelle. Diese Daten sind auf dem aktuellsten Stand des Wissens nach strengen, EU-weit einheitlichen und transparenten Prinzipien des TGD 2003 abgeleitet, durch eine große Zahl von Experten entsprechend den Regelungen des Europäischen Chemikalienrechtes überprüft sowie mit dem Vorliegen des Endberichtes zum Risk-Assessment report auch akzeptiert worden.
3. Liegen weder UQN noch PNEC vor, kann auf Vorschläge für Qualitätsnormen (Qualitätskriterien) zurückgegriffen werden, wenn sie analog dem TGD-EQS (2011) von anerkannten Institutionen (z. B. IKS, RIVM etc.) oder Staaten der EU zum Schutz der aquatischen Lebensgemeinschaften vorgeschlagen wurden.

Die Ableitung von GFS-Werten basiert auf stoffbezogenen ökotoxikologischen Tests an Vertretern von drei unterschiedlichen Trophiestufen (Ebenen in der Nahrungskette, „wer frisst wen“) im Wasser. Hierbei wird auf ökotoxikologische Daten aus Labor- oder Freiland-Tests mit Oberflächenwasserorganismen, i. A. Algen, Kleinkrebsen und Fischen, zurückgegriffen. (Siehe hierzu auch WRRL Anhang V 1.2.6 [EU 2001]).

Dies ist angemessen, weil es keine normierten Testverfahren mit Grundwasserorganismen gibt und angenommen werden kann, dass die Lebensgemeinschaft des Grundwassers durch das Empfindlichkeitsspektrum der Organismen in Oberflächengewässern in erster Näherung repräsentiert wird.

Die Schädwirkungen auf die Grundwasserorganismen dauern jedoch über wesentlich längere Zeiträume an, oder müssen ggfs. sogar als irreversibel angesehen werden. Dies wird bei der Übernahme von ökotoxikologischen Daten der Standardorganismen für die Ableitung der GFS jedoch nicht zusätzlich berücksichtigt [LAWA 2004].

Im Einzelnen ergibt sich die in Abbildung 2 dargestellte detaillierte schematische Vorgehensweise.

Über eine **Datenbankrecherche** zur ökotoxikologischen Wirkung erfolgt zunächst die Zusammenstellung der relevanten Toxizitätstests.

3.2.1 Einteilung in Kurz- und Langzeit-Tests

(Zur Vorgehensweise siehe hierzu auch den niederländ. RIVM Report (2007), Kap. 2.2ff.)

Nach Überprüfung der erhobenen Ökotoxizitätstests auf Plausibilität und Validität erfolgt ihre Einordnung in Langzeit- oder Kurzzeituntersuchungen, die die chronischen oder akuten Effekte auf die jeweiligen Organismen erfassen.

Bei diesen Tests sollen die Chemikalienkonzentrationen ermittelt werden, die Kurz- und Langzeitveränderungen an den Organismen hervorrufen. Manche nachteiligen Effekte auf die Wasserorganismen treten schon bei Kurzzeituntersuchungen auf, andere erst bei Langzeituntersuchungen oder umgekehrt. So kann auch eine für einen Organismus letale Konzentration bei einer Exposition über einen längeren

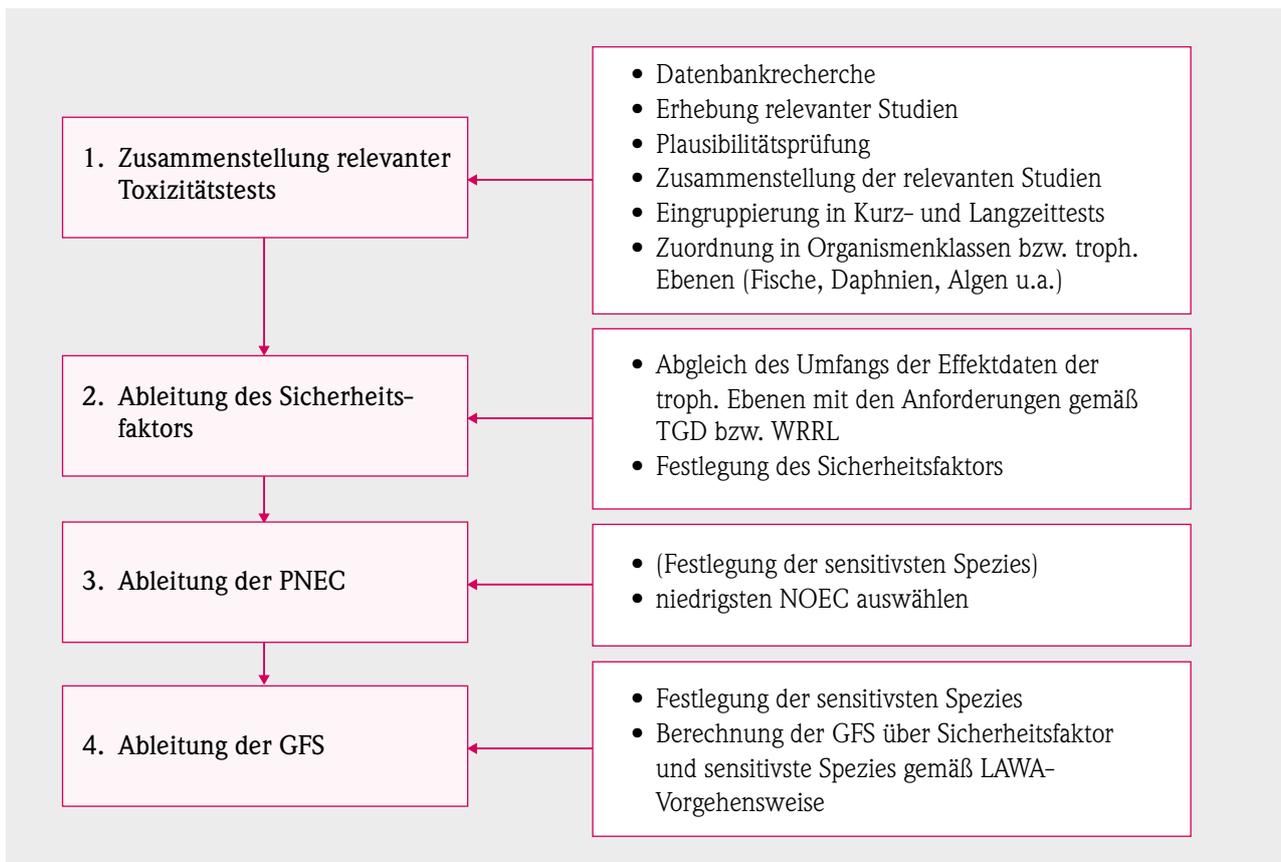


Abb. 2: Detaillierte Vorgehensweise einer GFS-Ableitung.

Zeitraum im Kurzzeittest möglicherweise noch keine Effekte hervorrufen bzw. liegt weit darüber.

Bei diesen Tests wird beobachtet, ab welcher Konzentration eine Organismenart hinsichtlich des betrachteten Effekts beeinträchtigt wird. Diese Effekte können z. B. sein:

- Vermehrungshemmung von Algen (Effektkonzentration (EC))
- Überlebensrate von Fischen (Letaldosis, letale Konzentration (LD bzw. LC))
- Überlebensrate von Kleinkrebsen (meist Daphnien)
- die höchste Expositionskonzentration eines Stoffes in subchronischen oder chronischen Studien, bei der keine statistisch signifikante behandlungsbedingte Wirkung beobachtet werden kann (No effect concentration (NOEC))

In der nachfolgenden Tabelle 1 sind Mindestdauer in Tagen (d) und statistischer Endpunkt (EC₅₀, LC₅₀ bzw. NOEC und EC₁₀) von ökotoxikologischen Tests zur Unterscheidung zwischen akuten und chronischen (verlängerten) Wirkungsdaten für verschiedene Organismenklassen nach JAHNEL et al. (2006) zusammengefasst.

Tab. 1: Unterscheidung von akuten und chronischer Wirkung nach JAHNEL et al. (2006).

Organismen	akut LC ₅₀ /EC ₅₀ *	chronisch NOEC/EC ₁₀ *
Algen	3 d	3 d
Kleinkrebse	1 d	
<i>Daphnia magna</i>		21 d
<i>Ceriodaphnia dubia</i>		7 d
Fische	4 d	28 d

* EC₅₀, EC₁₀: bei 50 % bzw. 10 % der eingesetzten Organismen tritt bei der eingesetzten Konzentration der Chemikalie ein bestimmter Effekt auf, auf den gezielt untersucht wurde.

* LC₅₀: 50 % der eingesetzten Organismen sterben bei der eingesetzten Konzentration

* NOEC: bei dieser Konzentration trat kein Effekt bei den untersuchten Organismen auf

Eine Übersicht über die aquat. Tests findet sich in TGD-EQS (2011), S. 136 ff; weitere Infos zu dem Thema sind in Kap. A 1.3 [TGD-EQS 2011] aufgeführt.

Für die aquatischen Organismen wird vorzugsweise mittels längerfristiger Monospezies-tests an Vertretern unterschiedlicher Trophiestufen (Algen, Kleinkrebsen und Fischen) die **PNEC_{aquat.}** (predicted no effect concentration) abgeleitet.

Als **PNEC** bezeichnet man die vorausgesagte Konzentration eines in der Regel umweltgefährlichen Stoffes, bis zu der sich keine Auswirkungen auf die Umwelt zeigen. Wird diese Konzentration im Wasser also unterschritten, sollten sich keine negativen Effekte an den Organismen des Ökosystems zeigen.

3.2.2 Festsetzung von Sicherheitsfaktoren

Der Sicherheitsfaktor spiegelt die gute oder schlechte Datenlage bei der Erfassung der Toxizität einer Chemikalie. Je mehr Daten von verschiedenen Spezies aus verschiedenen trophischen Ebenen und längerer Expositionsdauer vorhanden sind, desto besser repräsentiert der Datensatz das Ökosystem. Je geringer die Unsicherheit bei der Erfassung der Toxizität ist, umso geringer kann der Faktor ausfallen. Dieser Faktor ist bei Vorliegen **aller** erforderlichen Daten 10 und wird mit wachsender Datenlücke entsprechend größer.

Die PNEC_{aquat.} ergibt sich aus dem niedrigsten Testergebnis (für die empfindlichste Art), dividiert durch den erhobenen Sicherheitsfaktor.

Die Voraussetzungen für die Festlegung der Höhe der Sicherheitsfaktoren haben sich in der Historie immer wieder verändert und tun dies auch aktuell noch:

Die im TGD (2003) festgelegten Prinzipien wurden für die Entwicklung von UQN (Umweltqualitätsnormen) für Prioritäre Stoffe nach WRRL einbezogen und sind in einem Methodendokument [LEPPER

2005] beschrieben. Das Leitdokument zur Ableitung von UQN [LEPPER 2005] wurde im TGD-EQS (2011) an den aktuellen wissenschaftlichen Stand angepasst und bildet zukünftig die Grundlage für das Erarbeiten von UQN. Neben der Verwendung von Sicherheitsfaktoren sind auch statistische Verfahren, die auf der Verteilung der Empfindlichkeit der Arten (SSD-Methode: „species sensitivity distribution“) beruhen, zulässig, wenn eine gute Datenbasis dies erlaubt (mindestens 10 NOEC für vorgegebene Artengruppen) [SCHUDOMA 2011].

3.3 Festlegung der GFS

Gemäß dem Ableitungsschema (Abb. 1) erfolgt im nächsten Schritt ein Vergleich der $PNEC_{\text{aquat.}}$ auf ökotoxikologischer Basis mit dem auf humantoxikologischer Basis erhobenen „Grenzwert“.

Das empfindlichere Schutzgut der beiden beim Vergleich der pfadspezifischen tolerablen Trinkwasserkonzentrationen mit der $PNEC_{\text{aquat.}}$ wird als Basis für die Ableitung des GFS-Wertes ausgewählt.

Die hier ermittelte niedrigste Konzentration bildet die GFS der Substanz im Grundwasser.

Tab. 2: Sicherheitsfaktoren bei der GFS-Ableitung.

Effektdaten	Sicherheitsfaktor
Mind. jeweils eine akute $L(E)C_{50}$ (3 Kurzzeit-Tests) von den 3 trophischen Ebenen (Fisch, Invertebraten (bevorzugt Daphnie) und Alge (d.h. der Basisdatensatz)	1000
Eine chronische EC_{10} oder NOEC (von Fischen oder Daphnien oder einem Organismus, der für salzhaltiges Wasser repräsentativ ist)	100*
2 chronische EC_{10} oder NOEC für 2 trophische Ebenen (Fisch und/oder Daphnie oder ein Organismus, der für salzhaltiges Wasser repräsentativ ist, und/oder Algen)	50
Mind. 3 chronische EC_{10} oder NOEC von mind. 3 trophischen Ebenen (in der Regel Fische, Daphnie – oder einem Organismus, der für salzhaltiges Wasser repräsentativ ist – und Algen	10
Species sensitivity distribution (SSD) Methode	5–1 (Einzelfallbewertung)
Andere Fälle, einschließlich Felddaten oder Modell-Ökosystemen, die es erlauben, präzisere Sicherheitsfaktoren zu berechnen und zugrunde zu legen	Einzelfallbewertung

* bei der trophischen Ebene des chronischen EC_{10} /NOEC-Wertes muss es sich um die gleiche trophische Ebene der empfindlichsten Spezies mit dem niedrigsten akuten $L(E)C_{50}$ -Test handeln. Sollte dies nicht der Fall sein wird ein Sicherheitsfaktor von 1 000 angewendet. Weitere Anmerkungen siehe Fußnoten S. 37 ff. des TGD 2011.

4 Aktuelle Arbeiten des HLUG zum Thema

Für folgende Substanzen wurden vom HLUG im Jahre 2011/2012 vorläufige GFS-Werte abgeleitet:

- Bleialkyle
- Formaldehyd
- 1,3,5-Trioxan
- Diacetonketogulonsäure (Dikegulac)
- Diaceton-L-sorbose (DAS)

- Triacetonamin (TAA)
- Uran (Aktualisierung, in Arbeit)

Die Ableitungen sind teilweise als pdf-Dateien auf der Homepage des HLUG abgelegt und können dort eingesehen oder heruntergeladen werden:

www.hlug.de/start/altlasten/altlastenbearbeitung/gfs-werte.html

5 Literatur

- Berliner Liste 1990: Bewertungskriterien für die Beurteilung kontaminierter Standorte in Berlin. Bek. v. 19.11.1990, StadtUm IV E 2, Berlin 1990 (Amtsblatt für Berlin, 40. Jhrg., Nr. 65, 28.12.1990)
- EU 2001: EU-Wasserrahmen-Richtlinie 2000/60/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 23.10.2000 zur Schaffung eines Ordnungsrahmens für Maßnahmen der Gemeinschaft im Bereich der Wasserpolitik (ABl. L 327 vom 22.12.2000, geändert durch: Entscheidung Nr. 2455/2001/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 20.11.2001 (Amtsblatt L 331, Seite 1 vom 15.12.2001), 2000 L0060-DE-16.12.2001-001.001-1, Kapitel 1.2.6)
- EWG 1993: Verordnung (EWG) Nr. 793/93 DES RATES vom 23. März 1993 zur Bewertung und Kontrolle der Umweltrisiken chemischer Altstoffe. ABl. L 84 vom 5.4.1993, S. 1
- Hess. Gw-VwV 1994: Gesamtfassung der Verwaltungsvorschrift zu § 77 des Hessischen Wassergesetzes für die Sanierung von Grundwasser- und Bodenverunreinigungen im Hinblick auf den Gewässerschutz (Gw - VwV) vom 19. Mai 1994 (StAnz. S. 1590), unter Berücksichtigung der Änderungen vom 30. September 1994 (StAnz. S. 2839) Stand 02.02.2000
- IKSR: Internationale Kommission zum Schutze des Rheins www.iksr.org/
- JAHNEL et al. 2006: Jahnel, J.; Neamatu, M.; Schudoma, D.; Frimmel, F.H.: Bestimmung von Umweltqualitätsnormen für potenziell gewässerrelevante Stoffe. Acta hydrochim. Hydrobiol. 2006 (34) 389–397
- LAWA 2004: Ableitung von Geringfügigkeitsschwellenwerten für das Grundwasser. Hrsg. Länderarbeitsgemeinschaft Wasser (LAWA). Düsseldorf 12 (2004) 1–213
- LAWA 2011: Ableitung von Geringfügigkeitsschwellenwerten für das Grundwasser. Aktualisierte und überarbeitete Fassung vom Stand: 26.9.2011, S. 8 (unveröffentlicht)
- LEPPER 2005: Lepper P.: Manual on the methodological framework to derive environmental quality standards for priority substances in accordance with Article 16 of the Water Framework Directive (2000/60/EC). Schmallenberg, Germany: Fraunhofer-Institute Molecular Biology and Applied Ecology. (2005) 1–47
- MantelVO 2011: Verordnung der Bundesregierung. Verordnung zur Festlegung von Anforderungen für das Einbringen und das Einleiten von Stoffen in das Grundwasser, an den Einbau von Ersatzbaustoffen und für die Verwendung von Boden und bodenähnlichem Material. Arbeitsentwurf vom 6.11.2011.
- Niederländische Liste 1994: Interventions- (I-Werte) und Referenzwerte (S-Werte) für Böden und Grundwasser. In: Bodenschutz. Schmidt Verlag, 18. Lfg., 1995, S. 8936
- OGewV (2011): Verordnung zum Schutz der Oberflächengewässer (Oberflächengewässerverordnung – OGewV) vom 25. Juli 2011 (BGBl I Nr. 37)
- RIVM: Netherlands National Institute for Public Health and the Environment (Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu (RIVM))
- RIVM Report 2007: van Vlaardingen, P.L.A.; Verbruggen, E.M.J.: Guidance for the derivation of environmental risk limits within the framework of „International and national environmental quality standards for substances in the Netherlands“ (INS) Revision 2007. RIVM report 601782001/2007. National Institute for Public Health and the Environment Bilthoven, Niederlande (2007) 1–146
- RL 2008/105/EG: Richtlinie 2008/105/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 16. Dezember 2008 über Umweltqualitätsnormen im Bereich der Wasserpolitik und zur Änderung und anschließenden Aufhebung der Richtlinien des Rates 82/176/EWG, 83/513/EWG, 84/156/EWG, 84/491/EWG und 86/280/EWG sowie zur Änderung der Richtlinie 2000/60/EG (ABl. L 348 vom 24.12.2008, S. 84)

- SCHUDOMA 2011: Mail von Herrn Schudoma an Fr. Gühr vom 17.11.2011 sowie seine Stellungnahme zu dem Artikel vom 14.12.2011, unveröffentlicht
- TGD 2003: European Chemicals Bureau, Institute for Health and Consumer Protection: Technical Guidance Document on Risk Assessment. Part II: Chapter 3 – Environmental Risk Assessment. 2003. 337 Seiten. <http://ecb.jrc.ec.europa.eu/tgd/>
- TGD-EQS 2011: Technical Guidance for Deriving Environmental Quality Standards. Common Implementation Strategy for the Water Framework Directive (2000/60/EC). Technical Report-2011-055, Guidance Document No. 27 (2011) 1–203
- TrinkwV 2001: Verordnung über die Qualität von Wasser für den menschlichen Gebrauch (Trinkwasserverordnung – TrinkwV 2001). Bekanntmachung der Neufassung der Trinkwasserverordnung vom 28.11.2011. BGBl. Teil I, Nr. 61, S. 2 370–2 396
- UBA 2003: Bewertung der Anwesenheit teil- oder nicht bewertbarer Stoffe im Trinkwasser aus gesundheitlicher Sicht. Empfehlung des Umweltbundesamtes nach Anhörung der Trinkwasserkommission beim Umweltbundesamt. Bundesgesundheitsbl – Gesundheitsforsch – Gesundheitsschutz 3 (2003) 46: 249–251 DOI 10.1007/s00103-002-0576-7

