

## Methode zur Ableitung von Sedimentqualitätskriterien (SQK)

Sedimentqualitätskriterien (SQK) können zur Bewertung der Sedimentqualität verwendet werden, indem die Umweltkonzentrationen für Einzelsubstanzen mit den entsprechenden Qualitätskriterien verglichen werden. Die Ableitung der SQK basiert weitgehend auf dem Technischen Leitfaden der EU zur Ableitung von Umweltqualitätsnormen (TGD), der 2018 von der Europäischen Kommission veröffentlicht wurde [1]. Der Ableitungsprozess umfasst die folgenden Schritte (Abbildung 1):

1. Suche nach akuten Toxizitätsdaten (LC/EC50), chronischen Toxizitätsdaten (NOEC) und Feld-/Mesokosmen-Daten. Wenn keine Daten zur Sedimenttoxizität verfügbar sind, können Daten zur Toxizität der Wassersäule verwendet werden (siehe Schritt 3).
2. Bewertung der Datenqualität: Die gesammelten Daten werden auf Relevanz und Zuverlässigkeit geprüft [2,3].
3. SQK-Ableitung: Je nach Datenverfügbarkeit sind drei verschiedene Ansätze möglich:

Ableitung des SQK mit der "**Spezies-Sensitivitätsverteilungsmethode**" (SSD). Alle relevanten und zuverlässigen Toxizitätsdaten, die für die verschiedenen Arten verfügbar sind, werden geordnet und aufgetragen (die niedrigste Effektkonzentration pro Art und Endpunkt), und die Stoffkonzentration berechnet, die 95 % aller Arten schützt (HC5). Diese Methode kann dann angewendet werden, wenn vorzugsweise mehr als 15, aber mindestens 10 Effektdaten von verschiedenen Arten verfügbar sind, die mindestens 8 taxonomische Gruppen abdecken. Um SQK für den Schutz pelagischer Arten abzuleiten, müssen normalerweise die folgenden Taxa vertreten sein: eine Fischart und eine zweite Familie aus dem Tierstamm Chordata, eine Krebstierart, ein Insekt, ein anderer Tierstamm als Anthropoda oder Chordata, eine Insektenordnung oder ein beliebiger Tierstamm, der nicht bereits vertreten ist, Algen oder Cyanobakterien und eine höhere Pflanze. Eine Anleitung zur Verwendung der SSD für die Ableitung von Sedimentschwellenwerten ist derzeit nicht verfügbar, vorläufige Empfehlungen sind in ECHA (2014) [4] enthalten. Um die

Restunsicherheit zu berücksichtigen, wird der HC5 durch einen Sicherheitsfaktor geteilt. Standardmässig wird ein Sicherheitsfaktor von 5 verwendet, der jedoch auf der Grundlage der mit der HC5-Ableitung verbundenen Unsicherheiten (Qualität der Daten, Diversität und Repräsentativität der Daten, Qualität des Fits) reduziert werden kann.

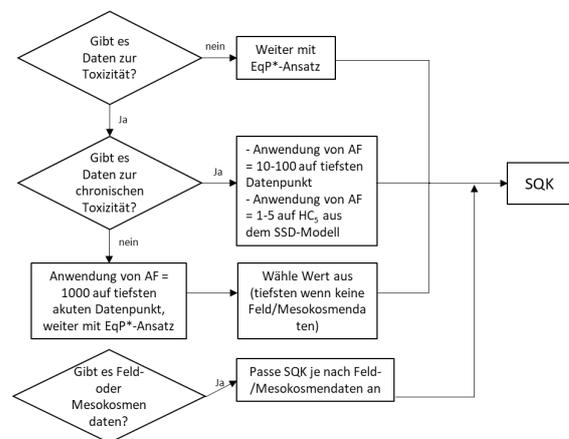


Abbildung 1: Verfahren zur Ableitung eines SQK [1].

\* zeigt an, dass die Anwendung eines zusätzlichen Sicherheitsfaktors von 10 für Stoffe mit einem  $\log K_{ow} > 5$  erforderlich ist.

Ableitung des SQK mit der **Sicherheitsfaktor-Methode**. Dazu wird der niedrigste verlässliche und relevante Wirkdatensatz ausgewählt (vorzugsweise ein NOEC oder ein EC10 aus einem chronischen Test) und durch einen Sicherheitsfaktor geteilt. Der Sicherheitsfaktor (Tabelle 1: Sicherheitsfaktoren für die Ableitung von Qualitätsstandards für Sedimente auf der Grundlage des niedrigsten verfügbaren NOEC/EC10 aus Langzeittests (aus [1]).) wird entsprechend der Anzahl der verfügbaren Daten zu anderen Arten gewählt, die unterschiedliche Gattungen und Ernährungsweisen repräsentieren (z. B. epibenthische Weidegänger, sedimentfressende Würmer, benthische Filtrierer). Liegen nur Ergebnisse aus Kurzzeitversuchen mit sedimentlebenden Organismen vor, wird auf den niedrigsten zuverlässigen Wert ein Sicherheitsfaktor von 1000 angewendet. In dieser Situation sollte auch ein SQK mit dem Equilibrium-Partitioning-Ansatz abgeleitet werden, und der niedrigere Wert der beiden würde als SQK vorgeschlagen.

Tabelle 1: Sicherheitsfaktoren für die Ableitung von Qualitätsstandards für Sedimente auf der Grundlage des niedrigsten verfügbaren NOEC/EC10 aus Langzeittests (aus [1]).

Verfügbare Daten	Sicherheitsfaktor
Kurzzeitversuchen mit sedimentlebenden Organismen (LC50 oder EC50)	1000
Ein Langzeittest (NOEC oder EC10)	100
Zwei Langzeittests (NOEC oder EC10) mit Arten, die unterschiedliche Lebens- und Ernährungsweisen repräsentieren	50
Drei Langzeittests (NOEC oder EC10) mit Arten, die unterschiedliche Lebens- und Ernährungsweisen repräsentieren	10

Entwicklung des SQK mit der "**Equilibrium Partitioning**"-Methode (EqP) aus Toxizitätsdaten aus der Wassersäule. Der EqP-Ansatz, der auf der von Di Toro et al. (1991) [5] entwickelten Methode zur Ableitung von Richtlinien für die Sedimentqualität basiert, geht davon aus, dass die Toxizität einer nichtionischen organischen Chemikalie im Sediment proportional zu ihrer Konzentration im Porenwasser ist. Der SQK kann wie folgt berechnet werden:

$$SQK = QS_{fw,\ddot{o}ko} \times K_{OC}$$

wobei  $QS_{fw,\ddot{o}ko}$  das Qualitätskriterium für Oberflächengewässer auf der Grundlage von Langzeittests ist und  $K_{OC}$  der Verteilungskoeffizient der chemischen Verbindung zwischen dem organischen Kohlenstoff im Sediment und dem Wasser. Für diese Methode ist es notwendig, den genauesten Verteilungskoeffizienten für die chemische Verbindung zu finden.

- Vergleich der erhaltenen Werte von SQK, die durch die verschiedenen Methoden abgeleitet wurden, mit **Feld- oder Mesokosmen-Daten** (falls vorhanden).

Weil für einige Stoffe nur wenige Daten zur Sedimenttoxizität vorhanden sind, ist die Anwendung eines relativ hohen Sicherheitsfaktors erforderlich, um die verbleibenden Unsicherheiten bei der Ableitung der SQK zu berücksichtigen. Es ist möglich,

dass die vorgeschlagenen SQK zu niedrig liegen, was die Beurteilung ihrer Einhaltung erschwert. Aus diesem Grund werden die SQK als endgültig (D) oder vorläufig (P) eingestuft, je nachdem, wie viele Effektdaten für ihre Ableitung verwendet wurden: SQK gelten als definitiv, wenn der angewendete Sicherheitsfaktor  $\leq 50$  ist. Wenn der angewendete Sicherheitsfaktor  $> 50$  ist oder der SQK ausschliesslich aus Wassertoxizitätsdaten mit Hilfe des EqP-Ansatzes abgeleitet wurde, werden SQK als vorläufig betrachtet.

Effektdaten aus Tests, bei denen die Bioverfügbarkeit maximiert ist, werden bevorzugt, da sie ein Worst-Case-Szenario darstellen und daher zur Ableitung von protektiveren Werten führen. Für Substanzen, bei denen die Bioverfügbarkeit vom OC-Gehalt des Sediments abhängt, kann die Variabilität berücksichtigt werden, die durch Toxizitätswerte entsteht, die bei unterschiedlichen OC-Konzentrationen gemessen wurden, indem jeder Effektdatenwert auf ein Standardsediment mit einem Standard-OC-Gehalt normalisiert wird. Das "Standard"-Sediment der EU hat einen Standard-OC-Gehalt von 5 %. Das "Standard"-Sediment der Schweiz, das ein Worst-Case-Szenario repräsentiert, wurde auf einen OC-Gehalt von 1% festgelegt (ca. 10. Perzentil des in Schweizer Sedimenten gemessenen OC-Gehalts).

Die SQK werden stets für Sedimente mit 1 % TOC als ungünstigstem Fall abgeleitet. Die gemessenen Umweltkonzentrationen sollten mit der folgenden Formel auf 1 % TOC normalisiert werden:

$$MEC_{norm} = \frac{MEC}{f_{TOC}}$$

Mit:

$MEC_{norm}$  = Umweltkonzentration (MEC) normalisiert auf 1% TOC

$MEC$  = Umweltkonzentration, nicht normalisiert

$f_{TOC}$  = Gesamtgehalt an organischem Kohlenstoff in %

Eine Normalisierung der gemessenen Konzentrationen wird immer dann empfohlen, wenn der TOC-Gehalt im Sediment zwischen 1 und 10 % liegt. Die Normalisierung auf den TOC-Gehalt geht von einer linearen Beziehung zwischen dem TOC-Gehalt und der Bioverfügbarkeit aus, welche die Toxizität kontrolliert. Jenseits des Bereichs von 1-10 % TOC bringt die Normalisierung einen gewissen Grad an Unsicherheit mit sich, die im Rahmen der Bewertung berücksichtigt werden sollte.

## Referenzen

- [1] European Commission, «Guidance No 27 - Deriving Environmental Quality Standards - version 2018,» European Commission Publications Office, Brussels, 2018.
- [2] Moermond C, Kase R, Korkaric M, Ågerstrand M. (2016) CRED: criteria for reporting and evaluating ecotoxicity data. *Environmental Toxicology and Chemistry* 35: 1297-1309.
- [3] Casado-Martinez MC, Mendez-Fernandez L, Wildi M, Kase R, Ferrari BJD, Werner I. (2017) Incorporation of sediment specific aspects in the CRED evaluation system: recommendations for ecotoxicity data reporting. SETAC Europe 27<sup>th</sup> Annual Meeting, Brussels.
- [4] ECHA, European Chemical Agency. 2014. Principles for environmental risk assessment of the sediment compartment: proceedings of the topical scientific workshop. Helsinki (FI): ECHA. 81 p.
- [5] Di Toro DM, Zarba CS, Hansen DJ, Berry WJ, Swartz RC, Cowan CE, Pavlou SP, Allen HE, Thomas NA, Paquin PR. (1991). Technical basis for establishing sediment quality criteria for nonionic organic chemicals using equilibrium partitioning. *Environmental Toxicology and Chemistry* 10: 1541-1583.