



LAWA-AO

Rahmenkonzeption Monitoring

Teil B

Bewertungsgrundlagen und Methodenbeschreibungen

## **Arbeitspapier IV.2**

Empfehlung zur langfristigen Trendermittlung  
nach der Verordnung zum Schutz der Oberflächengewässer

Stand: 27. Februar 2013

## 1 Einleitung

Entsprechend Artikel 3 (3) der Richtlinie 2008/105/EG, umgesetzt durch § 11 Abs. 1 der Verordnung zum Schutz der Oberflächengewässer (Oberflächengewässerverordnung – OGewV) vom 20. Juli 2011 (BGBl. I S. 1429), müssen die Mitgliedstaaten langfristige Trendermittlungen bezüglich der prioritären Stoffe durchführen, die dazu neigen sich in Biota, Sedimenten oder Schwebstoffen anzusammeln.

Dabei sind die folgenden aufgeführten Stoffe besonders zu berücksichtigen:

Nummer	Bezeichnung des prioritären Stoffes
(2)	Anthracen
(5)	Bromierte Diphenylether
(6)	Cadmium und Cadmiumverbindungen
(7)	C10-C13-Chloralkane
(12)	Bis(2-ethyl-hexyl)phthalat (DEHP)
(15)	Fluoranthren
(16)	Hexachlorbenzol
(17)	Hexachlorbutadien
(18)	Hexachlorcyclohexan
(20)	Blei und Bleiverbindungen
(21)	Quecksilber und Quecksilberverbindungen
(26)	Pentachlorbenzol
(28)	Polycyclische aromatische Kohlenwasserstoffe
(30)	Tributylzinnverbindungen

Nach § 11 Abs. 1 OGewV sind diese Schadstoffe mindestens alle drei Jahre in Biota, Sedimenten oder Schwebstoffen zu überwachen, es sei denn, die zuständige Behörde legt aufgrund des aktuellen Wissensstandes ein anderes Intervall fest.

Nach § 11 Abs. 2 OGewV sind Maßnahmen zu ergreifen, mit denen sichergestellt werden soll, dass Konzentrationen dieser Stoffe in den Sedimenten und/oder den betreffenden Biota nicht signifikant ansteigen.

## 2 Empfehlung

Die Trendermittlungen sind an ausgewählten Überblicksmessstellen durchzuführen, welche die großräumige Überwachung bedeutender Teileinzugsgebiete umfasst. Die Auswahl geeigneter Messstellen wird i.d.R. in den Flussgebieten und nach Möglichkeit auch bundesweit koordiniert, um ein Mindestmaß an Vergleichbarkeit und räumlicher Abdeckung zu gewährleisten.

Für die Trendermittlung fließen die Befunde als jährliche Konzentrationen in die Betrachtung ein. Von besonderer Wichtigkeit ist, die zur Untersuchung eingesetzten Matrices, Methoden

und Verfahren (Probenahme, Aufschluss, Analytik), wie beispielsweise das untersuchte Gewebe einer Fischart, die untersuchte Kornfraktion des Sediments, über den gesamten Beobachtungszeitraum konstant bzw. vergleichbar zu halten.

Die langfristige Trendermittlung erfolgt nach begründeter Auswahl der maßgebenden Matrix' nach den folgenden Kriterien:

- RaKon Teil B Arbeitspapier IV.3 „Konzeption für Biota-Untersuchungen zur Überwachung von Umweltqualitätsnormen gemäß RL 2008/105/EG“, Stand: 18.10.2011 (Beschluss der 143. LAWA am 22./23.3.2012)
- RaKon Teil B Arbeitspapier IV.4 „Empfehlungen für Schwebstoff- und Sedimentuntersuchungen an Überblicksmessstellen“ (Entwurf, Stand: 27.2.2013).

Diese Arbeitspapiere enthalten konkrete Empfehlungen, die die nachfolgend aufgeführten Ausführungen ergänzen.

## **2.1 Biota**

Für Trenduntersuchungen mittels Biota sind prinzipiell Fische, Weichtiere (z.B. Muscheln) und weitere Wirbellose geeignet – im Binnenbereich werden in erster Linie Fische untersucht, im Küsten- und Übergangsbereich können auch Untersuchungen von Muscheln hinzukommen. Dabei können die Organismen entweder direkt dem zu untersuchenden Gewässer entnommen werden (passives Monitoring) oder künstlich eingebracht und über einen definierten Zeitraum exponiert werden (aktives Monitoring).

Das Vorhandensein von geeigneten Biota hängt von den jeweiligen Gewässertypen ab, so dass die Auswahl der Biota auf die jeweils anzutreffenden Begebenheiten abzustimmen ist. Es sind gewässertypische und möglichst standorttreue Organismen zu wählen, die möglichst häufig in dem zu untersuchenden Gewässer auftreten, damit das Fangen und die Untersuchung dieser Art über einen möglichst langen Zeitraum gewährleistet werden kann.

Die in der „Konzeption für Biota-Untersuchungen zur Überwachung von Umweltqualitätsnormen gemäß RL 2008/105/EG“ (RaKon Teil B Arbeitspapier IV.3) enthaltenen detaillierten Kriterien – differenziert dargestellt für die Binnenoberflächen- und Küstengewässer – sind möglichst auch für die Trendbetrachtung zu übernehmen. Somit können die Ergebnisse der einmal durchgeführten Biota-Untersuchungen sowohl zur Trendermittlung als auch zur Bewertung nach Umweltqualitätsnormen (UQN) verwendet werden, wodurch ggf. durchzuführende Doppeluntersuchungen entfallen würden.

## **2.2 Sedimente**

Sedimentuntersuchungen bieten sich insbesondere in Seen bzw. in Fließgewässern mit strömungsberuhigten Zonen (z.B. oberhalb von Wehren, Buhnen, Altarmen) an, um möglichst feinkörniges und aktuell abgelagertes Sediment erhalten zu können. Die Probenahme soll die Sedimentoberfläche erfassen, die den aktuellen Zustand repräsentiert und einem definierten Zeitraum zugeordnet werden kann. Die Probenahmetechnik muss daher die Sedimentationsrate berücksichtigen.

Um repräsentative Untersuchungsergebnisse zu erhalten, werden in einem definierten Streckenabschnitt einer Messstelle jeweils 4–5 Einzelproben der Sedimentoberfläche entnommen, die zu einer Mischprobe vereinigt werden.

Sedimentuntersuchungen zur Trendermittlung sollten möglichst jährlich, zumindest im Abstand von 3 Jahren, durchgeführt werden. Bei Beginn einer Untersuchungsreihe oder im Zeitraum von 2010 bis 2015 (Berücksichtigung des Bewirtschaftungszeitraums) sind mindestens jährliche Untersuchungen empfehlenswert. Liegen mehrere Werte innerhalb eines Jahres vor, wird der Medianwert bestimmt, weil er unempfindlicher gegenüber Ausreißern ist.

Bei der anzuwendenden Methodik ist einerseits darauf zu achten, langjährige Datenreihen fortführen zu können, andererseits sind auch die entsprechenden Guidance-Dokumente und insbesondere die Kriterien der OGeWV zu beachten. Nach Anlage 11 OGeWV sind die Sedimentuntersuchungen prinzipiell in einer Fraktion < 63 µm durchzuführen.

Dies bedeutet, dass

- a) bei Schwermetallen die in der Vergangenheit bevorzugte < 20 µm-Fraktion auch weiterhin beibehalten werden kann, aber
- b) bei organischen Stoffen die bisherige Vorgehensweise, die Untersuchung und Angabe der Befunde überwiegend in der Gesamtsedimentprobe bzw. < 2 mm-Fraktion durchzuführen, nicht mehr den Kriterien der OGeWV entspricht.

Es wird auf RaKon Teil B Arbeitspapier IV.4 „Empfehlungen für Schwebstoff- und Sedimentuntersuchungen an Überblicksmessstellen“ hingewiesen.

Es wird empfohlen die Sedimentuntersuchungen unter Berücksichtigung folgender Kriterien durchzuführen:

- Schwermetalle in der < 63 µm-Fraktion;  
liegen langjährige Datenreihen hinsichtlich der < 20 µm-Fraktion vor, so wird empfohlen, diese an wenigen ausgewählten Messstellen zusätzlich fortzuführen.
- Organische Stoffe in der < 63 µm-Fraktion;  
beträgt der < 63 µm-Kornanteil mehr als 80%<sup>1</sup>, so ist auch eine Untersuchung der Gesamtprobe möglich.

Der Vorteil einer Untersuchung durchweg in der < 63 µm-Fraktion besteht darin, dass deren Ergebnisse auch zur Bewertung der UQN nach Anlage 7 OGeWV verwendet werden können. Nachteilig kann sich auswirken, dass hierdurch langjährige Datenreihen abgebrochen und erst wieder neu aufgebaut werden müssten.

Die Sedimentprobenahmen sollen zu Niedrigwasserzeiten durchgeführt werden. Im tidebeeinflussten Küstenbereich erfolgt sie bei Tideniedrigwasser, so dass in bestimmten Regionen die trocken gefallenen Wattgebiete direkt beprobt werden können. Die Probenahme erfolgt je nach Sedimentationsrate mittels Sedimentgreifer, Stechrohr oder in Wattgebieten und kleineren Gewässern direkt mit Hilfe von Löffeln – siehe RaKon Teil B Arbeitspapier IV.4.

## 2.3 Schwebstoffe

Grundsätzlich können Schwebstoffe anstatt von Sedimenten für Trenduntersuchungen herangezogen werden, insbesondere wenn

---

<sup>1\*</sup> Der Wert 80% enthält folgenden Prüfvorbehalt: Anhand von Messungen soll geprüft werden, ob der Prozentsatz von 80 auf einen niedrigeren Wert (z.B. 70, 65 oder 60) gesenkt werden kann.

- in bestimmten Gewässerregionen keine geeigneten Sedimentprobenahmen durchgeführt werden können.
- es vorteilhafter ist, einen definierten Sedimentationszeitraum (rezentes Sediment) mittels Verwendung von Schwebstoffen abzubilden.
- bereits langjährige Schwebstoff-Untersuchungsreihen vorliegen.

Zur Entnahme von Schwebstoffproben kommen hauptsächlich folgende Techniken zur Anwendung: die Verwendung von Durchlaufzentrifugen sowie stationären und mobilen Absetzbecken bzw. entsprechenden Fallen/Sammelkästen. Zudem können über Filtration Schwebstoffproben gewonnen werden. Jedoch ist die Probenmenge i.d.R. knapp bemessen, so dass sie für eine Untersuchung, insbesondere der organischen Stoffe, kaum ausreicht.

Während bei Durchlaufzentrifugen die Probenahme üblicherweise einige Stunden dauert (sie hat mehr den Charakter von Einzelproben), werden bei Absetzbecken i.d.R. Monatsmischproben erstellt.

Bei Verwendung von Absetzbecken werden Schwebstoffe nicht quantitativ aus der Wasserphase abgetrennt, insbesondere Feinpartikel werden nicht vollständig erfasst. Beim Einsatz von Durchlaufzentrifugen ist die Abtrennung dagegen nahezu vollständig. Dies ist bei der anzuwendenden Methodik zu berücksichtigen.

Schwebstoffuntersuchungen zur Trendermittlung sollen mindestens viermal pro Jahr durchgeführt werden, wobei eine monatliche Probenahmefrequenz anzustreben ist. Auch bei den Schwebstoffen ist, wie bei den Sedimenten beschrieben, auf die Fortführung von langjährigen Datenreihen zu achten.

Zur Trendermittlung wird der Medianwert eines Jahres verwendet, weil er unempfindlicher gegenüber Ausreißern ist (so werden beispielsweise die für eine Trendbetrachtung weniger repräsentativen Befunde bei Hochwässern eliminiert).

Schwebstoffuntersuchungen sind unter Berücksichtigung folgender Kriterien durchzuführen:

1. Bei Schwebstoffentnahme mittels Durchlaufzentrifuge erfolgt die Untersuchung
  - sowohl der Schwermetalle als auch der organischen Stoffe in der Gesamtprobe (entspricht erfahrungsgemäß in etwa der Feinkornfraktion  $< 63 \mu\text{m}$ ).
2. Bei Schwebstoffentnahme mittels Absetzbecken/Sammelkästen erfolgt die Untersuchung
  - der Schwermetalle in der  $< 63 \mu\text{m}$ -Fraktion;  
liegen langjährige Datenreihen hinsichtlich der  $< 20 \mu\text{m}$ -Fraktion vor, so wird empfohlen, diese an wenigen ausgewählten Messstellen zusätzlich fortzuführen.
  - der organische Stoffe in der  $< 63 \mu\text{m}$ -Fraktion;  
beträgt der  $< 63 \mu\text{m}$ -Kornanteil mehr als 80%<sup>2\*</sup>, so ist auch eine Untersuchung der Gesamtprobe möglich.

---

<sup>2\*</sup> Der Wert 80% enthält folgenden Prüfvorbehalt: Anhand von Messungen soll geprüft werden, ob der Prozentsatz von 80 auf einen niedrigeren Wert (z.B. 70, 65 oder 60) gesenkt werden kann.

Auch an dieser Stelle wird auf RaKon Teil B Arbeitspapier IV.4 „Empfehlungen für Schwebstoff- und Sedimentuntersuchungen an Überblicksmessstellen“ hingewiesen, das ausführliche und weitergehende Aspekte zum Thema Schwebstoffe enthält.

## **2.4 Empfohlene Matrix**

Der CIS-Leitfaden „Guidance Document No. 25 on Chemical Monitoring of Sediment and Biota under the Water Framework Directive“ (veröffentlicht unter <https://circabc.europa.eu/sd/d/7f47ccd9-ce47-4f4a-b4f0-cc61db518b1c/Guidance%20No%2025%20-%20Chemical%20Monitoring%20of%20Sediment%20and%20Biota.pdf>) stellt die Anreicherungsfaktoren der zu berücksichtigenden Stoffe zusammen. Details enthält Tabelle 1 (Auszug aus dem CIS-Leitfaden). Demgemäß sind zur UQN-Überwachung sowie zur Trendermittlung der geforderten Stoffe die Matrices Biota und Schwebstoffe bzw. Sedimente (mit Ausnahme von Cadmium und Blei) durchweg geeignet.

Tabelle 1: Empfohlene Matrix des CIS-Leitfadens Nr. 25 für die 14 prioritären Stoffe,  
 die dazu neigen sich in Biota, Sedimenten oder Schwebstoffen anzusammeln

P = zu bevorzugende Matrix, O = optionale Matrix, N = nicht empfohlen, n. a. = nicht anwendbar

Prioritärer Stoff	BCF	Log K <sub>ow</sub>	Sediment / Schwebstoff	Biota
Anthracen	162–1440	4.5	O	O
Bromierte Diphenylether <sup>a</sup>	14350–1363000	6.6	P	P
Cadmium und Cadmiumverbindungen		n.a.	n.a.	n.a.
	0.5-623		P*	O*
C <sub>10</sub> -C <sub>13</sub> -Chloralkane	1173–40900	4.4–8.7	P	P
Bis(2-ethyl-hexyl)phthalat (DEHP)	737–2700	7.5	O	O
Fluoranthen	1700–10000	5.2	P	P
Hexachlorbenzol	2040–230000	5.7	P	P
Hexachlorbutadien	1,4–29000	4.9	O	P
Hexachlorcyclohexan <sup>b</sup>	220–1300	3.7–4.1	O	P
Blei und Bleiverbindungen		n.a.	n.a.	n.a.
	20–1470**	5,7*	P*	O*
Quecksilber und Quecksilberverbindungen <sup>c</sup>		n.a.	O	P
Pentachlorbenzol	1100–260000	5.2	P	O
Polycyclische aromatische Kohlenwasserstoffe <sup>d</sup>	9–22000	5.8–6.7	P	P
Tributylzinnverbindungen	500–52000	3.1–4.1	O	P

<sup>a</sup> einschließlich Bis(pentabromophenyl)ether, Octabrom-Derivate und Pentabrom-Derivate

<sup>b</sup> HCH (alle Isomere) - BCF (Lindan)

<sup>c</sup> Methylquecksilber

<sup>d</sup> einschließlich Benzo(a)pyren, Benzo(b)fluoranthen, Benzo(g,h,i)perylene, Benzo(k)fluoranthen, Indeno(1,2,3-cd)-pyren. Für diese Verbindungen sollte die Metabolisierung in höheren trophischen Ebenen berücksichtigt werden.

\* Empfehlung des EK Stoffe auf der Grundlage der Datenblätter für Cadmium und Blei (veröffentlicht unter <https://circabc.europa.eu>)

\*\* Fische mit BCF = 20, Crustaceen mit BCF = 1470, Mollusken mit BCF = 680 (als Nahrungsmittel für Raubfische usw.)

Die Log<sub>KOW</sub>-Werte sind der CIS-Leitlinie „Guidance Document No. 19 on Surface Water Chemical Monitoring under the Water Framework Directive“ entnommen (veröffentlicht unter <https://circabc.europa.eu/sd/d/e54e8583-faf5-478f-9b11-41fda9e9c564/Guidance%20No%2019%20-%20Surface%20water%20chemical%20monitoring.pdf>).

Die BCF-Werte sind den Datenblättern der prioritären Stoffe entnommen (veröffentlicht unter [https://circabc.europa.eu/faces/jsp/extension/wai/navigation/container.jsp?FormPrincipal: idcl=FormPrincipal: id3&FormPrincipal\\_SUBMIT=1&id=8d2c7c28-358e-4ddf-8a0e-149f6667c19f&javax.faces.ViewState=rO0ABXVyABNbTGphdmEubGFuZy5PYmplY3Q7kM5YnxBzKWwCAAB4cAAAAAN0AAEycHQAKy9qc3AvZXh0ZW5zaW9uL3dhaS9uYXZpZ2F0aW9uL2NvbnRhaW5lci5qc3A=](https://circabc.europa.eu/faces/jsp/extension/wai/navigation/container.jsp?FormPrincipal: idcl=FormPrincipal: id3&FormPrincipal_SUBMIT=1&id=8d2c7c28-358e-4ddf-8a0e-149f6667c19f&javax.faces.ViewState=rO0ABXVyABNbTGphdmEubGFuZy5PYmplY3Q7kM5YnxBzKWwCAAB4cAAAAAN0AAEycHQAKy9qc3AvZXh0ZW5zaW9uL3dhaS9uYXZpZ2F0aW9uL2NvbnRhaW5lci5qc3A=) ).

In Deutschland werden für Trenduntersuchungen bevorzugt Schwebstoffe bzw. Sedimente herangezogen, da diese von den meisten Ländern bereits langjährig untersucht werden und entsprechend umfangreiche Erfahrungen vorliegen. Es wird empfohlen, bei der bisherigen Vorgehensweise zu bleiben, bis ausreichende Erfahrungen mit dem Biota-Monitoring vorliegen, um neu zu entscheiden.

## 2.5 Statistische Methode

Die Feststellung eines signifikant steigenden Trends der Konzentrationen prioritärer Stoffe, die in Sedimenten oder Biota oder Schwebstoffen akkumulieren, erfolgt mit Hilfe von statistischen Verfahren:

- Liegt eine Normalverteilung der Messergebnisse vor, kann die Trendermittlung mittels linearer Regression erfolgen. Die Signifikanz wird mit Hilfe eines t-Tests ermittelt, mit dem die Nullhypothese getestet wird, dass die Steigung der Regressionsgeraden Null ist. Trifft die Nullhypothese zu, bzw. ist sie nicht mit der geforderten Sicherheit widerlegbar, liegt kein signifikanter Trend vor.

$$t = \frac{r \cdot \sqrt{n-2}}{\sqrt{1-r^2}} \quad \text{mit } t_{krit}(n-2; 1-\alpha), \alpha = \text{Signifikanzniveau}$$

r = Korrelationskoeffizient  
n = Anzahl der Messwerte

- Wird die Normalverteilung der Daten nicht nachgewiesen, ist der nicht-parametrische Mann-Kendall-Trendtest anzuwenden.

Da jeweils nur auf einen steigenden Trend getestet wird, handelt es sich um einseitige Tests.

Ein steigender Trend ist dann als signifikant zu bezeichnen, wenn die statistische Wahrscheinlichkeit, dass es sich um einen Trend handelt, mindestens 95 % beträgt (d.h. die Irrtumswahrscheinlichkeit kleiner als 5 % ist; dies entspricht einem Signifikanzniveau  $\alpha$  von 0,05).

Für die Trendermittlung werden die vorliegenden Konzentrationen jeweils auf ein Kalenderjahr bezogen, bei mehreren Messergebnissen innerhalb eines Jahres wird der Median gebildet. Um einen Trend ermitteln zu können, müssen Medianwerte aus statistischen Gründen für mindestens 5 Jahre vorliegen.

Der Trend wird grundsätzlich für einen Zeitraum von 12 Jahren (bezogen auf zwei Bewirtschaftungszeiträume) ermittelt. Sollten z.B. für den ersten Berichtszeitraum noch keine ausreichende Anzahl an Jahreswerten für eine Trendermittlung zur Verfügung stehen oder wurden die Untersuchungszyklen aufgrund festgestellter, geringer Änderungen gedehnt (z. B. für



Seen), so kann der betrachtete Zeitraum soweit ausgedehnt werden, bis 5 Jahreswerte vorliegen.

Bei Kenngrößen, deren Gehalte durchweg unter der Bestimmungsgrenze liegen, kann das Untersuchungsintervall auf > 3 Jahre ausgedehnt werden.

Bei der statistischen Bewertung von Trends sind auch immer Experten gefordert, die aufgrund ihrer Erfahrungen die Analysenwerte besser einschätzen können.

**Anmerkung:**

Es wird auf Grundlage bisheriger Erfahrungen empfohlen, dass vorzugsweise der Mann-Kendall-Trendtest zur Trendermittlung herangezogen wird, da die Normalverteilung der Untersuchungsergebnisse nicht immer gegeben ist.

Hierfür steht z.B. das Werkzeug „MAKESENS“ unter <http://en.ilmatieteenlaitos.fi/makesens> zur Verfügung (Basis: Excel; Entwickler: Finnish Meteorological Institute).

Da „MAKESENS“ nur einen zweiseitigen Test anbietet, die Fragestellung nach OGewV jedoch einen einseitigen Test erfordert, ist bei Anwendung dieses Tools das Signifikanzniveau  $\alpha = 0,1$  maßgeblich (d.h. das Symbol „+“ in der Spalte „Signific.“ zeigt bereits einen signifikanten Trend nach OGewV an).

Ein ausführliches Berechnungsbeispiel für die Trend-Auswertung mittels „MAKESENS“ findet sich im Anhang 1.

## Anhang 1: Berechnungsbeispiel zur Trendermittlung mit dem Werkzeug MAKESENS

Die folgenden 16 Zeitreihen (Hg in Brassen, µg/kg Frischgewicht) sollen mit MAKESENS auf signifikant steigende Trends nach OGWV überprüft werden.

Jahr	Saar 1	Saar 2	Rhein 1	Rhein 2	Rhein 3	Rhein 4	Donau 1	Donau 2	Donau 3	Elbe 1	Elbe 2	Elbe 3	Elbe 4	Elbe 5	Saale	Mulde
1993										397,7	552,7	294,4	246,8	346,5		
1994	72,6	79,5								497,3	557,4	881,1	635,2	358,2		
1995	79,8	87,0	169,8	253,3	166,9	278,2				514,6	641,4	679,3	606,7	336,6	261,9	825,3
1996	91,0	108,5	162,6	285,8	161,0	350,0				466,6	450,8	599,8	571,9	342,0	193,7	653,4
1997	107,8	102,5	175,0	194,2	114,6	268,8				352,3	426,6	453,1	591,5	260,5	216,8	606,4
1998	126,2	110,1	166,1	205,7	69,6	219,7				356,7	474,3	604,4	429,4	245,4	258,7	543,8
1999	101,9	119,1	212,7	209,0	104,0	154,6				418,3	522,4	513,9	327,0	271,4	285,7	498,3
2000	100,0	149,4	229,2	212,0	95,5	240,2				357,4	362,3	375,6	243,6	273,0	368,2	293,8
2001	93,7	124,7	181,6	232,2	90,7	171,3				364,5	420,8	316,0	218,0	199,2	334,1	295,4
2002	115,5	132,7	213,9	272,4	96,4	169,7				318,3	401,9	197,6	276,9	120,5	370,0	299,7
2003	111,4	130,8	182,9	198,1	79,3	137,0				248,0	322,9	302,8	307,1	101,5	323,1	186,0
2004	91,7	142,1	210,4	247,4	81,9	176,0	108,1	117,3	337,5	300,3	380,9	289,8	359,6	130,6	384,6	232,2
2005	86,3	101,9	225,5	246,6	92,1	195,1	98,1	188,8	344,2	305,4	414,2	260,3	394,8	98,2	433,6	224,9
2006	97,9	120,1	112,2	244,0	127,5	185,1	88,7	141,8	305,0	301,2	352,4	236,3	306,2	114,3	383,3	264,3
2007	105,8	136,1	136,4	153,6	112,7	122,6	89,5	113,6	253,7	164,3	307,7	339,6	299,6	121,3	447,7	262,1
2008	84,9	116,2	140,6	272,3	118,8	189,6	125,6	153,2	387,3	226,6	304,4	258,1	269,0	127,8	370,8	196,0
2009	87,8	116,3	108,5	212,1	187,0	214,0	73,2	172,0	323,3	229,7	324,1	284,6	223,0	111,4	346,1	223,5

Dateneingabe in MAKESENS:

The screenshot shows the 'ANNUAL DATA' input window. At the top, there is a text box containing 'Hg in Brassen'. Below it is a button labeled 'CALCULATE TREND STATISTICS'. A dropdown menu is set to '16' for 'Number of annual values in the calculation'. Below the dropdown are two rows for selecting the first and last years of the calculation, both set to 1993 and 2009. The main part of the window is a data table with columns for 'Year' and 16 regions: Saar 1, Saar 2, Rhein 1, Rhein 2, Rhein 3, Rhein 4, Donau 1, Donau 2, Donau 3, Elbe 1, Elbe 2, Elbe 3, Elbe 4, Elbe 5, Saale, and Mulde. The data table contains the same values as the table in the previous block. At the bottom, there is a navigation bar with 'Annual data' selected.

1. In das Datenblatt „Annual Data“ wird die Datenmatrix eingetragen bzw. hineinkopiert. Bis zu 25 Zeitreihen können parallel eingegeben und berechnet werden. Nicht vorhandene Jahreswerte werden freigelassen; „kleiner als“-Werte sollten mit „0“ eingetragen werden (insbesondere bei unterschiedlichen Bestimmungsgrenzen im Verlauf einer Zeitreihe), damit keine scheinbaren Trends durch veränderte Bestimmungsgrenzen entstehen können.
2. Für jede Zeitreihe muss das erste und letzte Jahr für die Berechnung festgelegt werden (geschieht nicht automatisch). Evtl. monierte Zirkelbezüge nach dem Hineinkopieren von Datenreihen sollten sich nach dem Anpassen der Jahreszahlen auflösen. Normalerweise wird die Betrachtung die gesamte Zeitreihe umfassen, die Trendermittlung kann aber auch z.B. auf die letzten Jahre (mindestens 5) beschränkt werden, um die aktuelle Entwicklung zu beurteilen.
3. Die Schaltfläche „CALCULATE ...“ startet die Berechnung – hierfür muss die Ausführung von Makros in Excel aktiviert sein. Nach Durchführung der Berechnung springt das Tool automatisch zum Daten-

blatt „Figure“, wo die einzelnen Zeitreihen grafisch dargestellt werden; für einen Gesamtüberblick ist jedoch das Datenblatt „Trend Statistics“ besser geeignet, das deshalb hier genauer betrachtet wird.

Gesamtauswertung im Datenblatt „Trend Statistics“:

TREND STATISTICS															
Hg in Brassens															
Time series	First year	Last Year	Mann-Kendall trend			Sen's slope estimate									
			Test S	Test Z	Signific.	Q	Qmin99	Qmax99	Qmin95	Qmax95	B	Bmin99	Bmax99	Bmin95	Bmax95
Saar 1	1993	2009	16	-0,05		-0,223	-2,683	2,975	-2,067	2,153	98,14	119,99	71,87	115,19	76,07
Saar 2	1993	2009	16	1,94	+	2,565	-1,197	5,761	-0,034	4,843	98,73	134,22	77,05	118,08	82,75
Rhein 1	1993	2009	15	-0,69		-2,382	-11,365	6,146	-8,147	3,968	184,53	290,34	142,79	250,46	150,70
Rhein 2	1993	2009	15	0,00		0,011	-8,285	6,994	-5,706	6,022	232,11	298,48	167,04	277,84	174,34
Rhein 3	1993	2009	15	0,10		0,382	-6,080	7,141	-4,952	5,444	101,71	151,12	33,90	140,96	47,40
Rhein 4	1993	2009	15	-1,68	+	-7,600	-17,442	4,095	-16,075	2,658	283,90	362,30	138,54	347,65	150,54
Donau 1	1993	2009	6	-5		-6,200					174,40				
Donau 2	1993	2009	6	3		8,975					21,85				
Donau 3	1993	2009	6	-1		-2,840					368,74				
Elbe 1	1993	2009	17	-3,83	***	-17,117	-23,898	-8,064	-21,395	-10,255	488,58	538,29	397,7	530,79	413,105
Elbe 2	1993	2009	17	-3,91	***	-16,369	-24,206	-8,056	-21,296	-9,978	552,7	619,754	474,407	593,56	490,66
Elbe 3	1993	2009	17	-3,17	**	-25,008	-49,677	-3,686	-42,190	-9,185	564,89	811,964	345,49	763,68	431,562
Elbe 4	1993	2009	17	-2,35	*	-21,522	-35,243	3,220	-29,046	-1,962	585,99	677,186	274,896	664,25	331,701
Elbe 5	1993	2009	17	-3,75	***	-17,794	-24,017	-10,420	-22,750	-12,775	346,5	391,334	284,095	381,2	311,6
Saale	1993	2009	15	3,17	**	14,758	3,565	24,769	6,744	23,090	197,15	305,576	119,394	269,64	130,607
Mulde	1993	2009	15	-3,76	***	-35,573	-61,191	-9,017	-53,637	-14,073	721,66	865,446	380,854	820,95	447,245
0	0	0	0												
0	0	0	0												
0	0	0	0												
0	0	0	0												
0	0	0	0												
0	0	0	0												
0	0	0	0												
0	0	0	0												
0	0	0	0												

Die drei markierten Spalten stellen die Auswertung des Mann-Kendall-Trendtests dar. Die ersten beiden Spalten beinhalten die Ergebnisse der S- bzw. Z-Teststatistik. Die S-Statistik kommt bei weniger als 10 Messwerten zum Einsatz und die Z-Statistik ab 10 Messwerten (genauere Beschreibung im MAKESENS User Manual), d.h. für jede Messreihe liegt jeweils ein Testergebnis zur Beurteilung vor. Je größer (bzw. kleiner) der entsprechende Wert ist, desto eindeutiger ist der Trend, wobei negative Werte für einen fallenden Trend stehen und positive für einen steigenden.

In der dritten Spalte wird die Signifikanz der berechneten Z- bzw. S-Werte mittels Symbolen dargestellt; kein Eintrag in dieser Spalte bedeutet, dass in der Zeitreihe kein signifikanter Trend vorliegt, die Symbole +, \*, \*\* und \*\*\* stehen für signifikante Trends mit unterschiedlichen Signifikanzniveaus und zwar von  $\alpha = 0,1$  (+) bis  $\alpha = 0,001$  (\*\*\*).

Diese Angaben beziehen sich alle auf einen sog. zweiseitigen Test, bei dem sowohl auf steigende als auch auf fallende Trends getestet wird. Für die OGewV sind jedoch nur steigende Trends relevant, weshalb hier einseitige Tests zum Einsatz kommen. Die Signifikanzniveaus in MAKESENS (immer zweiseitig) sind daher durch 2 zu teilen, um die Signifikanz für einen einseitigen Test zu beurteilen. Das Symbol „+“ steht also bei einem einseitigen Test für das Signifikanzniveau  $\alpha = 0,05$  und entspricht damit der Vorgabe der OGewV. Die anderen Symbole (\*, \*\* und \*\*\*) stehen für noch signifikantere Trends und sind nach OGewV ebenfalls relevant.

Die restlichen Angaben auf dem Datenblatt (Sen's slope estimate) sind für die Trendbeurteilung nach OGewV nicht von Bedeutung.

Für die Gesamtauswertung nach OGewV heißt das, dass an den Messstellen **Saar 2** und **Saale** signifikant steigende Trends nach OGewV vorliegen. An den Messstellen **Rhein 4**, **Elbe 1**, **Elbe 2**, **Elbe 3**, **Elbe 4**, **Elbe 5** und **Mulde** liegen signifikant fallende Trends vor (negative Z-Werte), die nach OGewV jedoch nicht relevant sind. An den anderen Messstellen sind keine signifikanten Trends nachweisbar.

## Anhang 2: Bundesweites Messnetz zur langfristigen Trendüberwachung

Tabelle 1: Trendmessnetz für Schwebstoff-/Sedimentuntersuchungen



Anh-2\_Tab-1\_LAWA  
\_Trend\_Messnetz\_Sc

Tabelle 2: Trendmessnetz für Biota-Untersuchungen



Anh-2\_Tab-2\_LAWA  
\_Trend\_Messnetz\_Bic

Karte mit dem Trendmessnetz für Schwebstoff-/Sedimentuntersuchungen



TrendMST\_130117.j  
pg