



LAWA-AO

Rahmenkonzeption Monitoring

Teil B

Bewertungsgrundlagen und Methodenbeschreibungen

**Arbeitspapier IV.2**

Empfehlung zur langfristigen Trendermittlung  
nach der Verordnung zum Schutz von Oberflächengewässern  
vom 20. Juni 2016 (BGBl. I S. 1373)

Stand: 20. Juni 2016

Die LAWA-VV hat im Umlaufverfahren 09/2017 das vorliegende Arbeitspapier zur Kenntnis genommen und den Ländern zur Anwendung empfohlen.

## 1 Einleitung

Entsprechend Artikel 3 (6) der Richtlinie 2013/39/EU, umgesetzt durch § 15 Abs. 1 der Verordnung zum Schutz von Oberflächengewässern (Oberflächengewässerverordnung – OGewV) vom 20. Juni 2016 (BGBl. I S. 1373) 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 (Tributylzinn-Kation)
34	Dicofol
35	Perfluoroktansulfonsäure und ihre Derivate (PFOS)
36	Quinoxifen
37	Dioxine und dioxinähnliche Verbindungen
43	Hexabromcyclododecan (HBCDD)
44	Heptachlor und Heptachlorepoxyd

Nach § 15 Abs. 1 der OGewV vom 20. Juni 2016 sind diese Schadstoffe im Regelfall 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 § 15 Abs. 2 der OGewV vom 20. Juni 2016 sind Maßnahmen zu ergreifen, mit denen sichergestellt werden soll, dass Konzentrationen dieser Stoffe in den betreffenden Biota, Sedimenten oder Schwebstoffen 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 Einzel- oder Mittelwerte eines Probenahmetermins (Biota) oder jährliche Durchschnittskonzentrationen (Sedimente und Schwebstoff) in die Betrachtung ein. Von besonderer Wichtigkeit ist die Standardisierung der zur Untersuchung eingesetzten Matrices, Methoden und Verfahren (Probenahme, Aufschluss, Analytik). Um die Untersuchungsmatrix konstant bzw. vergleichbar zu halten, Es wird empfohlen, von Beginn den gesamten Prozess in Standardarbeitsanweisungen festzulegen, um sicherzustellen, dass die Matrix und das analytische Verfahren über den gesamten Beobachtungszeitraum vergleichbar sind.

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

1. Datenreihe bereits vorhanden
2. Matrix, in der auch die Umweltqualitätsnorm (UQN) überwacht wird
3. Substanz in gewählter Matrix gut messbar

### 2.1 Biota

Für Trenduntersuchungen mittels Biota sind Fische und Weichtiere (z. B. Muscheln) geeignet. Dabei können die Organismen entweder direkt dem zu untersuchenden Gewässer entnommen werden (passives Monitoring) oder aktiv 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, geändert durch RL 2013/39/EU“ (RaKon Teil B Arbeitspapier IV.3 vom 27.10.2016) enthaltenen detaillierten Kriterien – differenziert dargestellt für die Binnenoberflächen- und Küstengewässer – sind möglichst auch für die Trendbetrachtung zu übernehmen.

Darüber hinaus ist für das Trendmonitoring sicherzustellen, dass immer exakt dieselbe Matrix beprobt wird. Insbesondere die Probennahmestelle sowie Alter, Größe, Art und Gewebe der zu untersuchenden Biota sind genau zu definieren. Analyseergebnisse aus dem Trendmonitoring können auch für die Überwachung der UQN herangezogen werden, sofern die Analytik in der für die UQN-Überwachung festgelegten Matrix erfolgt.

Das RaKon Teil B Arbeitspapier IV.3 „Konzeption für Biota-Untersuchungen zur Überwachung von Umweltqualitätsnormen gemäß RL 2008/105/EG, geändert durch 2013/39/EU“ vom 27.10.2016 (Beschluss der 153. LAWA-VV am 16./17. März 2017) enthält konkrete Empfehlungen hierzu.

## 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. Bei der anzuwendenden Probenahmetechnik ist daher auch die Sedimentationsrate zu 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.

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 vom 20. Juni 2016 zu beachten. Nach Anlage 13 der OGewV sind die Sedimentuntersuchungen prinzipiell wie folgt 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 < 2 mm-Fraktion;  
die Befunde der < 2 mm-Fraktion können nur dann für Trendaussagen verwendet werden, wenn der Anteil der < 63 µm-Fraktion bestimmt und dokumentiert wird und dieser bei den einzelnen Proben innerhalb des betrachteten Zeitraums jeweils eine vergleichbare Korngrößenverteilung aufweist.

In diesem Zusammenhang wird auf das RaKon Teil B Arbeitspapier IV.4 „Empfehlungen für Schwebstoff- und Sedimentuntersuchungen an Überblicksmessstellen“ vom 20. Juni 2016 hingewiesen.

## 2.3 Schwebstoffe

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

- 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 gemäß der LAWA-Empfehlungen „Fließgewässer der Bundesrepublik Deutschland – Schwebstoffuntersuchungen, Bestandsaufnahme 1996“ zur Anwendung: Durchlaufzentrifugen sowie stationäre und mobile Absetzbecken bzw. entsprechende Fallen bzw. 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.

Da bei Durchlaufzentrifugen die Probenahme üblicherweise einige Stunden dauert, haben diese Proben eher den Charakter von Stichproben, während Absetzbecken i.d.R. Mischproben über Wochen oder Monate liefern.

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.

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 µm).
2. Bei Schwebstoffentnahme mittels Absetzbecken bzw. Sammelkästen erfolgt die Untersuchung
  - der 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.
  - der organischen Stoffe in der < 2 mm-Fraktion; da die Korngrößenzusammensetzung bei mittels Absetzbecken bzw. Sammelkästen entnommenen Schwebstoffproben erfahrungsgemäß relativ konstant ist, muss der jeweilige Anteil der < 63 µm-Fraktion nicht zwingend bestimmt werden.

Es wird auf das RaKon Teil B Arbeitspapier IV.4 „Empfehlungen für Schwebstoff- und Sedimentuntersuchungen an Überblicksmessstellen“ vom 20. Juni 2016 hingewiesen, der 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 sowohl die Matrix Biota als auch die Matrix Schwebstoff bzw. Sediment (mit Ausnahme von Cadmium und Blei) durchweg geeignet.

In der Praxis wird i.d.R. die ausgewählte Matrix auf sämtliche Stoffe der Tabelle 1 untersucht, um das Trendmonitoring möglichst kosteneffizient durchführen zu können. Die Angaben zur bevorzugenden oder optimalen Matrix dienen daher lediglich zur Orientierung.

Tabelle 1:  
Empfohlene Matrices für die 20 prioritären Stoffe, die dazu neigen sich in Biota, Sedimenten oder Schwebstoffen anzusammeln (CIS-Leitfaden Nr. 25)

Prioritärer Stoff	BCF	Log K <sub>ow</sub>	Sediment bzw. 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
Fluoranthren	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
Dicofol	25000	4.08	P	P
Perfluoroktansulfonsäure und ihre Derivate (PFOS)	2796	n.a.	n.a.	P
Quinoxyfen	5040/7450	4.66	P	P
Dioxine und dioxinähnliche Verbindungen		7.0 – 8.6	P	O
Hexabromcyclododecan (HBCDD)	18100	5.1 – 5.6	P	P
Heptachlor und Heptachlorepoxyd	14400	5.44 – 6.10	P	P

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

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

<sup>b</sup> Biokonzentrationsfaktor (BCF) von Lindan für HCH (alle Isomere)

- c hauptsächlich Methylquecksilber
- d einschließlich Benzo(a)pyren, Benzo(b)fluoranthen, Benzo(g,h,i)perylen, 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 der bisherigen prioritären Stoffe sind der CIS-Leitlinie „Guidance Document No. 19 on Surface Water Chemical Monitoring under the Water Framework Directive“ entnommen worden (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 der bisherigen prioritären Stoffe sind den Datenblättern entnommen worden (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=.))

Die BCF- und Log<sub>KOW</sub>-Werte der neuen prioritären Stoffe Dicofol, PFOS, Quinoxifen, Dioxine und dioxinähnliche Verbindungen, Hexabromcyclododecan (HBCDD) und Summe Heptachlor und Heptachlorepid sind den Datenblättern („Neue prioritäre/prioritär gefährliche Stoffe der Richtlinie 2013/39/EU des Europäischen Parlaments und des Rates – Stoffdatenblätter“, Fraunhofer-Institut für System- und Innovationsforschung (ISI) im Auftrag des Umweltbundesamtes, Juni 2014, veröffentlicht unter [http://www.bmub.bund.de/fileadmin/Daten\\_BMU/Pool/Forschungsdatenbank/fkz\\_3709\\_67\\_219\\_emissionen\\_anhang\\_g\\_bf.pdf](http://www.bmub.bund.de/fileadmin/Daten_BMU/Pool/Forschungsdatenbank/fkz_3709_67_219_emissionen_anhang_g_bf.pdf)).

In Deutschland werden für Trenduntersuchungen derzeit bevorzugt Schwebstoffe bzw. Sedimente herangezogen, da diese von den meisten Ländern bereits langjährig untersucht werden und entsprechend umfangreiche Erfahrungen vorliegen.

Trenduntersuchungen mittels Biota werden derzeit nur beim Bund und einzelnen Ländern durchgeführt. Durch die verpflichtende UQN-Überwachung in Biota wird das entsprechende Trendmonitoring voraussichtlich in den nächsten Jahren an Bedeutung zunehmen, insbesondere bei Stoffen, bei den UQN-Überschreitungen zu verzeichnen sind.

## 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.

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

r = Korrelationskoeffizient

n = Anzahl der Messwerte

$\alpha$  = Signifikanzniveau

- 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. Sollte 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.ilmatietaenlaitos.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 der OGeWV vom 20. Juni 2016 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 der OGewV vom 20. Juni 2016 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 screen in the MAKESENS software. 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 the number of time series. Below the dropdown is a table for selecting the first and last years of the calculation, with '1993' and '2009' selected. The main data table contains 16 columns (Saar 1 to Mulde) and 17 rows (years 1993 to 2009). Red boxes and arrows highlight: '1.' pointing to the data table, '2.' pointing to the dropdown menu, and '3.' pointing to the 'CALCULATE TREND STATISTICS' button.

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.

- 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 Datenblatt „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	n	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													

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

$$\alpha = 0,1 (+) \text{ bis } \alpha = 0,001 (***)$$

Diese Angaben beziehen sich alle auf einen sog. zweiseitigen Test, bei dem sowohl auf steigende als auch auf fallende Trends getestet wird. Für den OGewV-E 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 vom 20. Juni 2016. Die anderen Symbole (\*, \*\* und \*\*\*) stehen für

noch signifikantere Trends und sind nach der OGewV vom 20. Juni 2016 ebenfalls relevant.

Die restlichen Angaben auf dem Datenblatt (Sen's slope estimate) sind für die Trendbeurteilung nach der OGewV vom 20. Juni 2016 nicht von Bedeutung.

Für die Gesamtauswertung nach der OGewV vom 20. Juni 2016 heißt das, dass an den Messstellen **Saar 2** und **Saale** signifikant steigende Trends entsprechend der OGewV vom 20. Juni 2016 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 der OGewV vom 20. Juni 2016 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



RaKon\_IV-2\_Anhang  
-2\_Tab-1\_LAWA\_Trei

### Tabelle 2: Trendmessnetz für Biota-Untersuchungen



RaKon\_IV-2\_Anhang  
-2\_Tab-2\_LAWA\_Trei

### Karte mit dem Trendmessnetz für Schwebstoff-/Sedimentuntersuchungen