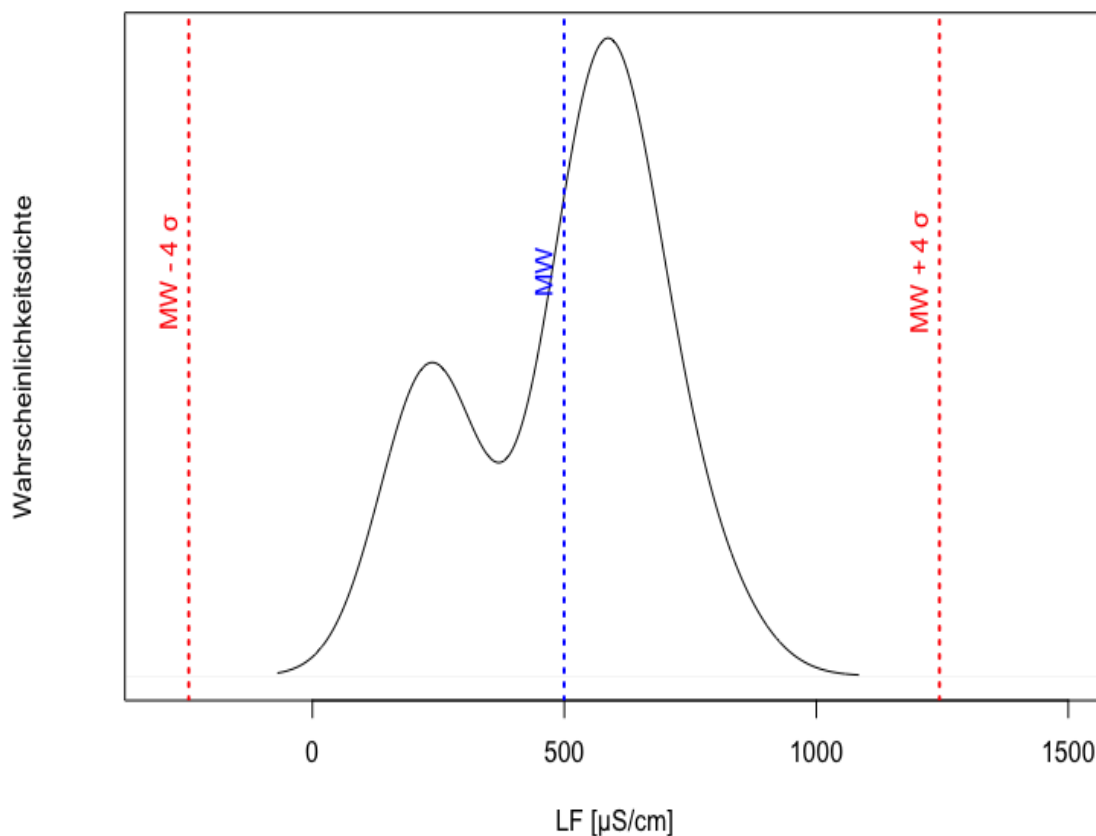


# Abschließende Arbeiten zu Korrelationen zwischen biologischen Qualitätskomponenten und allgemeinen physikalisch-chemischen Parametern (ACP) in Fließgewässern

LAWA-Projekt O 3.16 des Länderfinanzierungsprogramms „Wasser, Boden und Abfall“ 2016



ID	Typ/Typgruppe	LAWA-Typen	Okoregion	Bach/Fluss/Strom	Geoch	Indikatortyp (nicht nachweisb. bis gering = kein Eintrag; mittel = "1"; hoch = "-2")	Sensitivität (keine I. oder S. nur gering = kein Eintrag; mittel = "1"; hoch = "-2")	Wirksamkeit des ACP (Summe aus I. und S.)	Maßgebliche BOK	0.3.15_SW_K11	OGewW_SW_K12	Empfehlungs-SW_K11	Empfehlungs-SW_K12	Empfehlungs-SW_K13	Empfehlungs-SW_K14
NH4N_01_Z	1.1.1	1.1, 2.1, 3.1	A	B	K	2	2	4	MZB-AD	k.A.	0,100	0,002	0,144	0,286	0,428
NH4N_14_Z	11 NTS	11s TL	T	B	S	2	2	4	MZB-AD	k.A.	0,100	0,071	0,148	0,311	0,653
NH4N_06_Z	2.1.2	9.1, 9.1_K	M	F	K	6	5	11	DIA-GES; MAP	0,090	0,100	0,073	0,111	0,148	0,186
NH4N_19_Z	3.1.3	15g, 20	T	S	K	2	2	4	DIA-SAP	0,090	0,200	0,082	0,126	0,196	0,303
NH4N_04_Z	2.2.1	5, 5.1, 11 MG	M	B	S	10	8	18	FIBS, MZB-AD; PoD	0,060	0,100	0,082	0,118	0,170	0,244
NH4N_03_Z	2.1.1	6, 7, 6_K	M	B	K	2	2	4	MZB-AD	0,030	0,100	0,085	0,138	0,225	0,365
NH4N_07_Z	2.2.2	9, 12 MG	M	F	S	8	8	16	MAP; MZB-AD; PoD	0,040	0,100	0,086	0,129	0,171	0,214
NH4N_11_Z	3.2.1 K	16k, 14k	T	B	K	2	2	4	MZB-AD	0,190	0,200	0,105	0,238	0,370	0,503
NH4N_10_Z	19 NT	19 TL	T	B	K	2	2	4	MZB-AD	0,150	0,200	0,143	0,210	0,309	0,453
NH4N_09_Z	18	18	T	B	K	2	2	4	DIA-GES; DIA-TRO	0,130	0,200	0,171	0,291	0,495	0,841
NH4N_18_Z	17	17	T	F	-	1	1	2	MAP	0,150	0,200	0,190	0,213	0,235	0,258
NH4N_15_Z	15	15	T	F	K	1	1	2	MZB-AD	0,170	0,200	0,250	0,301	0,353	0,404



Auftraggeber:



## **Bund/Länder- Arbeitsgemeinschaft Wasser (LAWA)**

Projektleitung: Eva Bellack (Niedersächsischer Landesbetrieb für Wasserwirtschaft, Küsten- und Naturschutz – NLWKN)

Zuständiger Expertenkreis der LAWA:

LAWA-Expertenkreis „Biologische Bewertung Fließgewässer und Interkalibrierung“ (Federführung: Obfrau Eva Bellack) im Auftrag des LAWA-AO

Auftragnehmer:

## **Projektteam umweltbüro essen & chromgruen**



**umweltbüro essen**

### **umweltbüro essen Bolle & Partner GbR**

Rellinghauser Str. 334f  
45 136 Essen

Telefon: +49 (0) 201 / 86061 – 0  
Telefax: +49 (0) 201 / 86061 – 29  
eMail: [info@umweltbuero-essen.de](mailto:info@umweltbuero-essen.de)  
Internet: [www.umweltbuero-essen.de](http://www.umweltbuero-essen.de)

Bearbeiter: Dipl.-Biol. Martin Halle

## **chromgruen**

### **chromgruen Planungs- und Beratungs-GmbH & Co KG**

Gründelle 3  
42 555 Velbert

Telefon: +49 (0) 2052/92730 – 44  
Telefax: +49 (0) 2052/92730 – 59  
eMail: [info@chromgruen.de](mailto:info@chromgruen.de)  
Internet: [www.chromgruen.de](http://www.chromgruen.de)

Bearbeiter: Dr. Andreas Müller

Ort, Datum:

Essen/Velbert 05. Juli 2019

## Vorwort

Allgemein physikalisch-chemische Parameter (ACP) haben eine Wirkung auf die Besiedlung von Fließgewässern und damit auf die Bewertungsergebnisse der einzelnen biologischen Qualitätskomponenten nach der EG- Wasserrahmenrichtlinie. Diese Wirkung so genau wie möglich zu beschreiben, war Auftrag und Inhalt der hier zusammenfassend dargestellten Arbeiten aus den Jahren 2012 bis 2019.

Auf der Basis von fachlich überprüften statistischen Zusammenhängen zwischen den ACP und den biologischen Bewertungsergebnissen wurden zunächst Orientierungswerte an der für die Umsetzung der Wasserrahmenrichtlinie wichtigen Grenze zwischen den ökologischen Zustandsklassen „gut“ und „mäßig“ abgeleitet. Diese Orientierungswerte dienen der Interpretation der Bewertungsergebnisse biologischer Qualitätskomponenten und fanden als „unterstützende Qualitätskomponente der allgemein physikalisch-chemischen Parameter“ nach einem harmonisierenden Abstimmungsprozess überwiegend Eingang in das Arbeitspapiers II der Rahmenkonzeption Monitoring (RaKon) Teil B (LAWA 2015) und anschließend in Anlage 7, Tabelle 2.1.2 der Oberflächengewässerverordnung (OGewV 2016).

Die Orientierungswerte der OGewV sind maßgeblich für das Verwaltungshandeln und dienen der Öffentlichkeit als ein wichtiger vereinfachter Maßstab zur Beurteilung von Gewässergütedaten. Im Gegensatz zu den chemischen Grenzwerten (OGewV, Anlage 6 und 8), bei denen hohe Sicherheitsfaktoren angesetzt wurden, besteht bei den Orientierungswerten der ACP der Anspruch, diese Sicherheitsfaktoren so gering wie möglich zu halten, um eine möglichst direkte Beziehung zur biologischen Bewertung zu gewährleisten. Bei günstigen sonstigen Voraussetzungen, wie z. B. besonders guten Habitatbedingungen, kann in Einzelfällen trotz Nicht-Einhaltung der Orientierungswerte der gute ökologische Zustand erreicht werden. Umgekehrt kann der gute ökologische Zustand trotz Einhaltung der Orientierungswerte verfehlt werden, wenn sonstige Defizite vorhanden sind.

Dieses Vorgehen orientiert sich an der Gemeinsamen Umsetzungsstrategie für die Wasserrahmenrichtlinie, Leitfaden Nr. 13<sup>1</sup>, der die Überprüfung der Kompatibilität zwischen biologischer Bewertung und unterstützenden ACP in einem stufenweisen Prozess empfiehlt. Dieser Prozess wurde mit den Folgeprojekten fortgesetzt und zunächst auf die Klassenstufe sehr gut – gut für die Ableitung der Hintergrundwerte sowie um weitere Parameter wie z. B. Kalium ausgedehnt. Diese Ergebnisse können nun einem Praxistest unterzogen und bei der nächsten Aktualisierung der OGewV berücksichtigt werden

Weitere über die Interpretation vorliegender biologischer Befunde hinausgehende Anforderungen ergaben sich mit dem Urteil des EuGH vom 01.07.2015 (Az. C 461/13). Hiernach wurde deutlich, dass das Verschlechterungsverbot nach Art. 4 Abs. 1 EG-Wasserrahmenrichtlinie bei der Zulassung jedes Vorhabens zu beachten ist und sich im Rahmen des ökologischen Zustands bzw. Potentials auf die Verschlechterung der maßgeblichen Qualitätskomponente bezieht. Daraus ergab sich die Notwendigkeit, die Auswirkungen von Vorhaben auf die Bewertung der einzelnen biologischen Qualitätskomponenten über alle Klassenstufen im Rahmen einer Prognose zur Einhaltung des Verschlechterungsverbots abzuschätzen.

Im hier vorliegenden abschließenden Projekt O 3.16 wurden die bis dahin gewonnenen Erkenntnisse zusammengefasst und Schwellenwerte für sämtliche Klassengrenzen des ökologischen Zustands abgeleitet. Es wurde aufgezeigt, dass die einzelnen biologischen Qualitätskomponenten unterschiedliche Toleranzen in Bezug auf die ACP aufweisen. Auch reagieren die biologischen Bewertungsverfahren gewässertypabhängig unterschiedlich stark auf Veränderungen der ACP. Die angewandten statistischen Auswertungen profitieren im besonderen Maße von der

---

<sup>1</sup> Common Implementation Strategy for the Water Framework Directive (2000/60/EC), Guidance Document No. 13: Overall approach to the classification of ecological status und ecological potential

zugrunde gelegten großen Menge und hohen Qualität der Daten sowie der gewählten Methode. Aufgrund der hohen Variabilität biologischer Systeme und der Vielzahl überlagernder Einflüsse (z. B. Gewässerstruktur, Schadstoffbelastung) sind die abgeleiteten Schwellenwerte nicht uneingeschränkt auf jede Situation im Gewässer übertragbar, liefern jedoch einen groben Rahmen, der die Expertise von Gewässerökologen dort unterstützen kann, wo Vorgaben der OGewV derzeit noch fehlen.

# Inhaltsverzeichnis

Vorwort .....	3
Abbildungsverzeichnis .....	6
Tabellenverzeichnis .....	6
1 Einleitung .....	7
2 Ableitung von Schwellenwerten für die ökologischen Zustandsklassen „mäßig“ und „unbefriedigend“ .....	7
2.1 Aufgaben- und Problemstellung .....	7
2.2 Datengrundlage .....	9
2.3 Methodik der Schwellenwertableitungen und weitergehenden Auswertungen 12	
2.4 Ergebnisse der Schwellenwertableitungen.....	16
2.4.1 Aufbau der als Anlage beigefügten Ergebnisdatei >O3.16_ACP-Schwellenwerte_2018-06-18.xlsx<.....	17
3 Validierung der „physiko-chemischen Leitwerte“ der Steckbriefe der bundesdeutschen Fließgewässertypen .....	20
3.1 Aufgabenstellung .....	20
3.2 Datengrundlage .....	20
3.3 Methodik .....	21
3.4 Untersuchungsergebnisse .....	22
3.5 Fachlich abgestimmte Ergebnisse .....	23
4 Zusammenfassung der Ergebnisse der LAWA-Vorhaben zu ACP und damit in Zusammenhang stehender Projekte der Länder .....	27
5 Literatur.....	28

## Digitale Anlagen

- Zur Ableitung von Schwellenwerten für die ökologischen Zustandsklassen „mäßig“ und „unbefriedigend“
  - Fallzahlen\_der\_Untersuchungsdaten\_fuer\_Degradationsstufen.pdf
  - acp\_dia\_degradationsstufen\_boxplots-2018-04-04.pdf
  - acp\_dia\_degradationsstufen\_boxplots-ALLE\_PLOTS\_Auswahl-2018-04-05.pdf
  - acp\_fibs\_degradationsstufen\_boxplots-2018-04-04.pdf
  - acp\_fibs\_degradationsstufen\_boxplots-ALLE\_PLOTS\_Auswahl-2018-04-05.pdf
  - acp\_mphy\_degradationsstufen\_boxplots-2018-04-04.pdf
  - acp\_mphy\_degradationsstufen\_boxplots-ALLE\_PLOTS\_Auswahl-2018-04-05.pdf
  - acp\_mzb\_degradationsstufen\_boxplots-2018-04-04.pdf
  - acp\_mzb\_degradationsstufen\_boxplots-ALLE\_PLOTS\_Auswahl-2018-04-05.pdf
  - acp\_pod\_degradationsstufen\_boxplots-2018-04-04.pdf
  - acp\_pod\_degradationsstufen\_boxplots-ALLE\_PLOTS\_Auswahl-2018-04-05.pdf
  - O3.16\_ACP-Schwellenwerte\_2018-06-18.xlsx
- Zur Validierung der „physiko-chemischen Leitwerte“
  - Physiko-chemische\_Leitwerte\_Histogramme.pdf
  - Physiko-chemische\_Leitwerte\_Wahrscheinlichkeitsdichten.pdf
  - Fallzahlen\_Physiko-Chemie.pdf
- Zur Zusammenfassung der Ergebnisse der LAWA-Vorhaben zu ACP
  - Zusammenfassung\_4\_ACP-Projekte\_Final\_28Feb2019.docx

## Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Verfügbare Datenpaare – Diatomeenbewertungen und ACP .....	9
Abbildung 2: Verfügbare Datenpaare – Makrophytenbewertungen und ACP .....	10
Abbildung 3: Verfügbare Datenpaare – Bewertungen des Sonstigen Phytobenthos und ACP .....	10
Abbildung 4: Verfügbare Datenpaare – Bewertungen der Fischfauna und ACP .....	11
Abbildung 5: Verfügbare Datenpaare – Bewertungen des Makrozoobenthos und ACP .....	11
Abbildung 6: Häufigkeit der Untersuchungsdaten in den einzelnen Typgruppen am Beispiel der BQK Diatomeen und dem Parameter Chlorid .....	12
<i>Abbildung 2-7: Rangfolge der Gewässertypgruppen im Hinblick auf die für ihren ökologischen Zustand maßgebliche Wirksamkeit aller ACP .....</i>	<i>15</i>
<i>Abbildung 2-8: Rangfolge der ACP im Hinblick auf ihre Wirksamkeit auf den ökologischen Zustand auf die Gesamtheit aller Fließgewässertypen .....</i>	<i>15</i>
<i>Abbildung 2-9: Rangfolge der BQK bzw. BQK-Bewertungsmodule im Hinblick auf die Abhängigkeit ihrer ökologischen Zustandsbewertung von der Gesamtheit aller ACP ...</i>	<i>16</i>
<i>Abbildung 2-10: Exemplarischer Screenshot von einem der „blauen“ Tabellenblätter .....</i>	<i>16</i>
Abbildung 11: Fallzahlen für den Parameter Gesamthärte für mit sehr gut oder gut bewertete MZB-Proben .....	20
Abbildung 12: Normalverteilte Daten mit 4-Sigma-Bereich .....	21
Abbildung 13: Verteilung der Jahresmittelwerte der Leitfähigkeit an weitgehend unbelasteten Messstellen, LAWA-Typ 12, N = 14 .....	22

## Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Zuordnung der LAWA-Typen zu den Typgruppen (bei den verwendeten Daten) .	12
Tabelle 2: Fachliche abgestimmte Ergebnisse physiko-chemischer Leitwerte .....	23

# 1 Einleitung

Gemäß Anhang V der EG-Wasserrahmenrichtlinie (WRRL) (Richtlinie 2000/60/EG) haben die im Folgenden aufgeführten **allgemeinen chemischen und physikalisch-chemischen Qualitätskomponenten**:

- Temperaturverhältnisse,
- Sauerstoffhaushalt,
- Salzgehalt,
- Versauerungszustand und
- Nährstoffverhältnisse.

eine unterstützende Funktion für die in Fließgewässern mittels der biologischen Qualitätskomponenten vorzunehmenden ökologischen Zustandseinstufungen.

Im Zeitraum von 2012 bis 2015 wurden – im Auftrag der LAWA, aber auch verschiedener Bundesländer — mehrere Vorhaben zur Untersuchung der Zusammenhänge zwischen biologischen Qualitätskomponenten und allgemeinen chemischen und physikalisch-chemischen Parametern in Fließgewässern durchgeführt (LAWA 2014, 2015b, 2017, LfULG 2015). Dabei wurden insbesondere

- Orientierungs- und Hintergrundwerte für die allgemeinen chemischen und physikalisch-chemischen Parameter abgeleitet sowie
- taxabezogene Präferenzbereiche in Form von Schwerpunktkonzentrationen für die Parameter Chlorid, Sulfat und Eisen ermittelt (im Fall von Chlorid für MZB und Diatomeen, ansonsten nur für MZB).

Zur Abrundung der Ergebnisse der Vorgängerprojekte sollten in diesem Vorhaben folgende Aufgaben bearbeitet werden:

1. **Ableitung von Schwellenwerten für die ökologischen Zustandsklassen „mäßig“ und „unbefriedigend“** für die bereits in den Vorgängerprojekten bearbeiteten allgemeinen physikalisch-chemischen Parameter (ACP) zzgl. der Sommermittelwerte der Wassertemperatur und der Leitfähigkeit. Parameter, für die bereits in den Vorgängerprojekten auf der vorhandenen Datenbasis mit den angewandten Verfahren keine belastbaren oder plausiblen Schwellenwerte für die ökologischen Zustandsklassen „sehr gut/gut“ und „gut/mäßig“ ableitbar waren, sind hiervon auszunehmen: z.B.  $\text{pH}_{\min}$ - oder  $\text{pH}_{\max}$ -Werte.
2. **Validierung der „physiko-chemischen Leitwerte“ der Steckbriefe der bundesdeutschen Fließgewässertypen**, die die Größenordnungen und Spannweiten der gesteinsbürtigen bzw. geochemischen Parameter Leitfähigkeit, pH-Wert, Karbonathärte und Gesamthärte im gewässertypspezifischen Referenzzustand beschreiben.
3. **Erstellung einer Zusammenfassung der Projektergebnisse** der LAWA-Vorhaben O 3.12, O 6.14, O 3.15, O 3.16 sowie der damit in Zusammenhang stehenden Projekte

## 2 Ableitung von Schwellenwerten für die ökologischen Zustandsklassen „mäßig“ und „unbefriedigend“

### 2.1 Aufgaben- und Problemstellung

Für die allgemeinen physikalisch-chemischen Parameter (ACP), für die bereits in den vorausgegangenen sog. ACP-Projekten (LAWA 2014, 2015b, 2017, LfULG 2015) Schwellenwerte für die ökologischen Zustandsklassen „sehr gut“ und „gut“ abgeleitet worden sind (zzgl. Leitfähigkeit und Sommermittelwerte der Wassertemperatur),

sollten nach derselben Methodik auch die oberen Schwellenwerte für die Klassen „mäßig“ und „unbefriedigend“ ermittelt werden.

Für die wasserwirtschaftliche Praxis sind letztlich nicht nur die ACP-Schwellenwerte zwischen den ökologischen Zustandsklassen „gut“ und „mäßig“, sondern zwischen allen fünf ökologischen Zustandsklassen von Bedeutung. Sie werden zum einen im Rahmen der Interpretation der Monitoringergebnisse für die Erklärung von Zusammenhängen zwischen den ACP-Messwerten und den biologisch ermittelten ökologischen Zustandsbewertungen benötigt. Zum anderen können sie eine wertvolle Grundlage für Abschätzungen der ökologischen Wirksamkeit sowohl von Belastungen, wie z.B. Einleitungen, als auch von Maßnahmen sein. Im Rahmen von sog. Fachbeiträgen zur WRRL sind sie daher von großer Bedeutung. Schwellenwerte könnten eine Hilfestellung für die Fragestellung sein, welche Konsequenzen eine die Gewässerkonzentrationen der ACP beeinflussende Planung für die Einhaltung des Verbesserungsgebots sowie des Verschlechterungsverbots nach WHG hat. Dies ist deshalb von besonderer Bedeutung, da Verschlechterungen oder Verbesserungen des ökologischen Zustands aus juristischer Perspektive nur durch Veränderungen der ökologischen Zustandsklassen definiert werden, die sich an den Klassengrenzen entscheiden.

Ein rein rechnerischer pauschaler Faktor, mit dem ausgehend von den bereits vorliegenden ACP-Schwellenwerten der ökologischen Zustandsklassen „sehr gut“ und „gut“ um die Schwellenwerte der schlechteren Bewertungsklassen zu beschreiben, greift deshalb zu kurz, weil die Größenentwicklung der vier Schwellenwerte an der Abfolge der Bewertungseinstufungen der biologischen Bewertungsverfahren ausgerichtet sein muss. Je nach ACP, Gewässertyp/-gruppe und Biologischer Qualitätskomponente können hier sehr unterschiedliche Funktionszusammenhänge zwischen den ACP und den ökologischen Zustandsbewertungen bestehen. In Folge dessen könnte in bestimmten Konzentrationsbereichen der ACP keine belastbare Schwellenwertableitung mehr für die betroffenen ökologischen Zustandsklassen möglich sein.

Eine besondere Herausforderung für die Vervollständigung der ACP-Schwellenwerte hinsichtlich der bislang noch nicht abgeleiteten Schwellenwerte liegt in der Konsistenz der alten und neuen Schwellenwerte zueinander. Diesbezüglich sei auch auf die verschiedenen Schritte des bisherigen Ableitungs- und Ausweisungsprozesses für die Schwellenwerte der beiden besten ökologischen Zustandsklassen hingewiesen. Auf Grundlage einer großen Zahl von Einzelergebnissen pro Gewässertypgruppe und biologischer Qualitätskomponente wurde eine Wertauswahl der jeweils empfindlichsten und statistisch belastbarsten Biologischen Qualitätskomponente getroffen. Darauf aufbauend wurden, neben arithmetischen Rundungen der Schwellenwerte, auch Schwellenwerte auf der Grundlage fachlich begründeter Analogieschlüsse im Rahmen des sog. Harmonisierungsprozesses für verschiedene Gewässertypgruppen beschlossen. Letzteres diente dazu, für eine maximale Plausibilität der einzelnen Schwellenwerte untereinander zu sorgen. Außerdem wurden so auch für einige Gewässertypgruppen Schwellenwerte definiert, die selbst nicht nach dem Ableitungsverfahren als belastbare Schwellenwerte hergeleitet werden konnten.

Besonders stark von Rundungen und/oder Analogieschlüssen betroffen waren die ACP: BSB<sub>5</sub>, Ammonium-N/Ammoniak-N und Phosphat.

Schon bei der im Rahmen des LAWA-Projekts O 3.15 durchgeführten Ableitung der ACP-Schwellenwerte für die ökologische Zustandsklasse „sehr gut“ zeigte sich, dass bei einigen Gewässertypgruppen dieser mehrstufige Ableitungsprozess und sicherlich auch die, im Vergleich zum Vorgängerprojekt, noch einmal verbesserte Datengrundlage zu Inkonsistenzen im Hinblick auf die Relationen der jeweils ableitbaren Schwellenwerte für die ökologischen Zustandsklassen „sehr gut“ und „gut“ zueinander geführt haben.

Zudem wurden für einzelne ACP und Gewässertypgruppen trotz Erfüllung der vorher



definierten Belastbarkeitsanforderungen der Schwellenwertableitungen die ermittelten Schwellenwerte nicht in die novellierten Fassungen von RaKon II und OGewV übernommen, da noch Fragen offen geblieben waren (z. B. Chlorid und Wassertemperatur).

## 2.2 Datengrundlage

Die Auswertung erfolgte auf der Grundlage von Monitoringdaten der Länder. Die Daten umfassten einen Zeitraum von 2004 bis 2016, da auch Daten aus den Vorgängerprojekten verwendet wurden. Verwendet wurden jeweils Datenpaare von Bewertungsergebnissen biologischer Qualitätskomponenten (Diatomeen, Makrophyten, Sonstiges Phytobenthos, Fische, Makrozoobenthos) und den zu betrachtenden ACP-Messwerten. Letztere wurden – falls erforderlich – zu Jahreskennwerten (i. d. R. Mittelwerte, im Falle von pH und O<sub>2</sub> wurden Extremwerte – Minima/Maxima – bestimmt) verrechnet und ggf. noch weiter zeitlich aggregiert (3-Jahresmittelwerte wie auch in den Vorgängerprojekten).

Die Daten wurden in eine Projektdatenbank (PostgreSQL) überführt und strukturell vereinheitlicht.

In den folgenden Abbildungen sind zunächst die verfügbaren Fallzahlen für die einzelnen BQK und Parameter dargestellt.

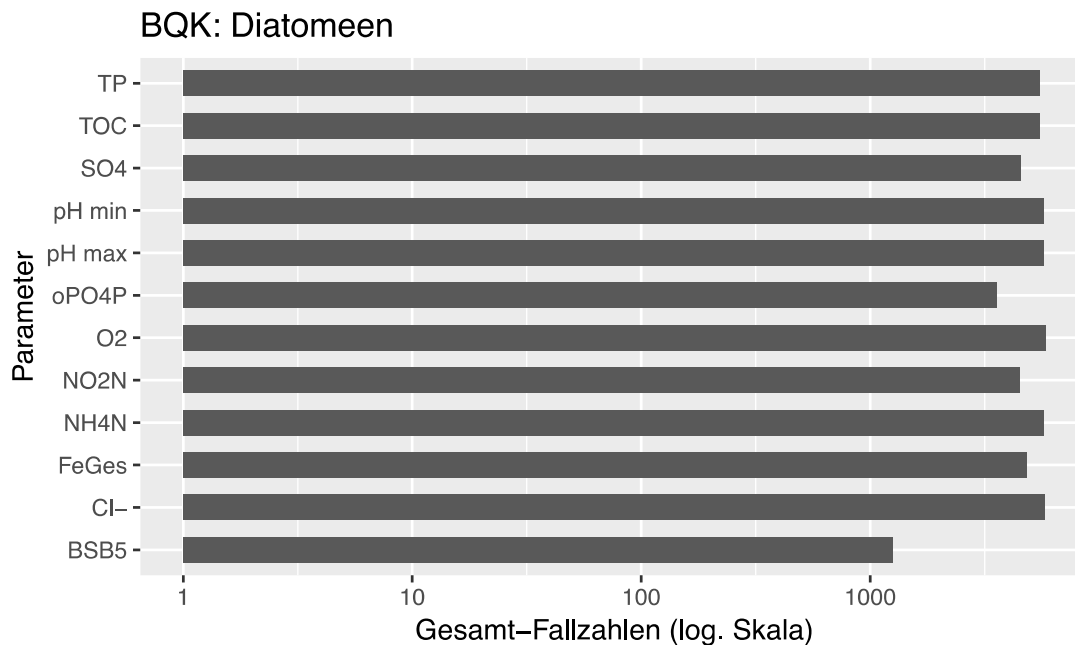


Abbildung 1: Verfügbare Datenpaare – Diatomeenbewertungen und ACP

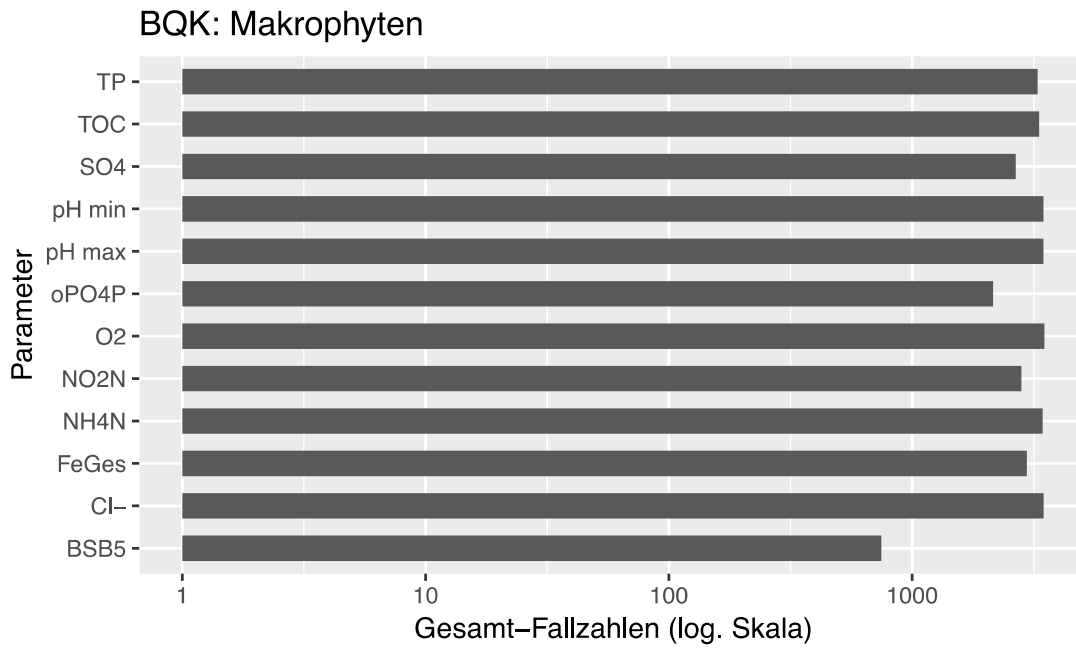


Abbildung 2: Verfügbare Datenpaare – Makrophytenbewertungen und ACP

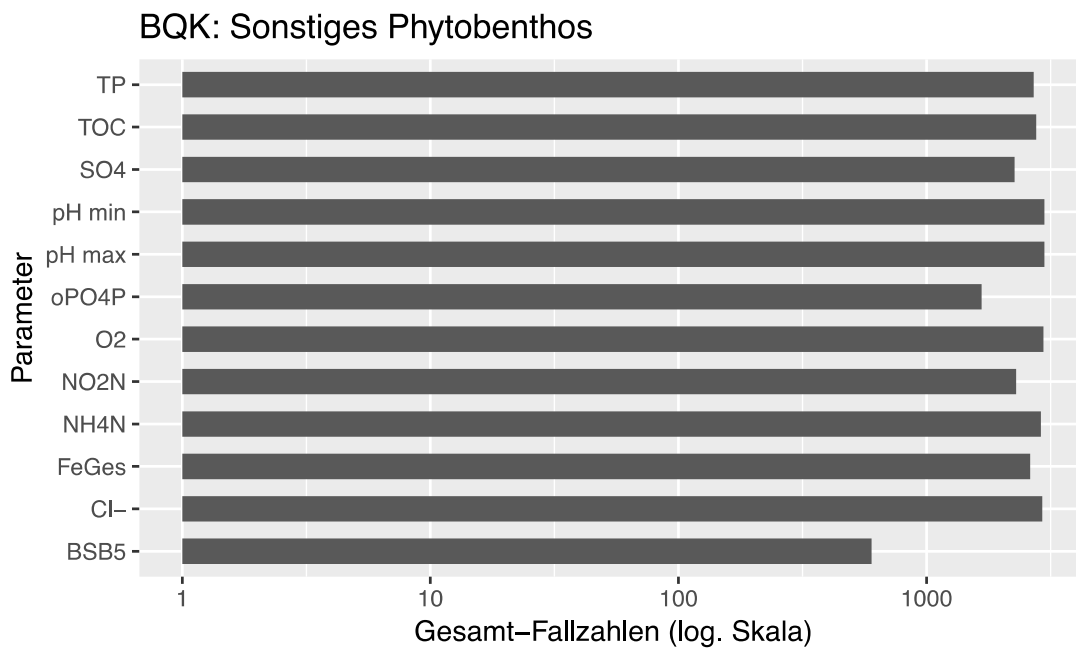


Abbildung 3: Verfügbare Datenpaare – Bewertungen des Sonstigen Phytobenthos und ACP

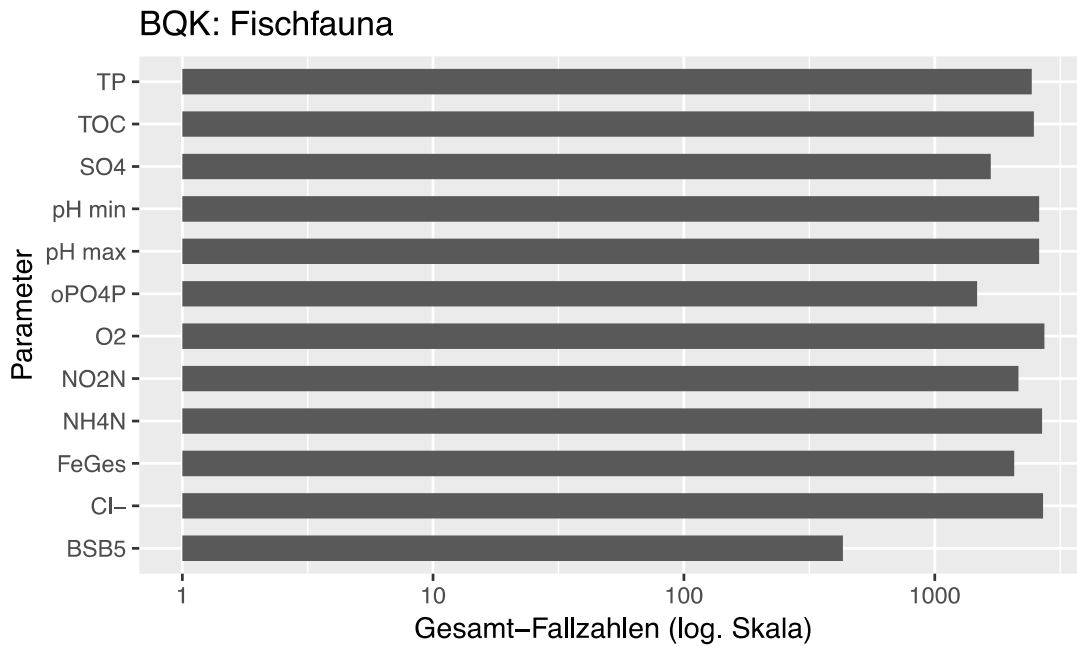


Abbildung 4: Verfügbare Datenpaare – Bewertungen der Fischfauna und ACP

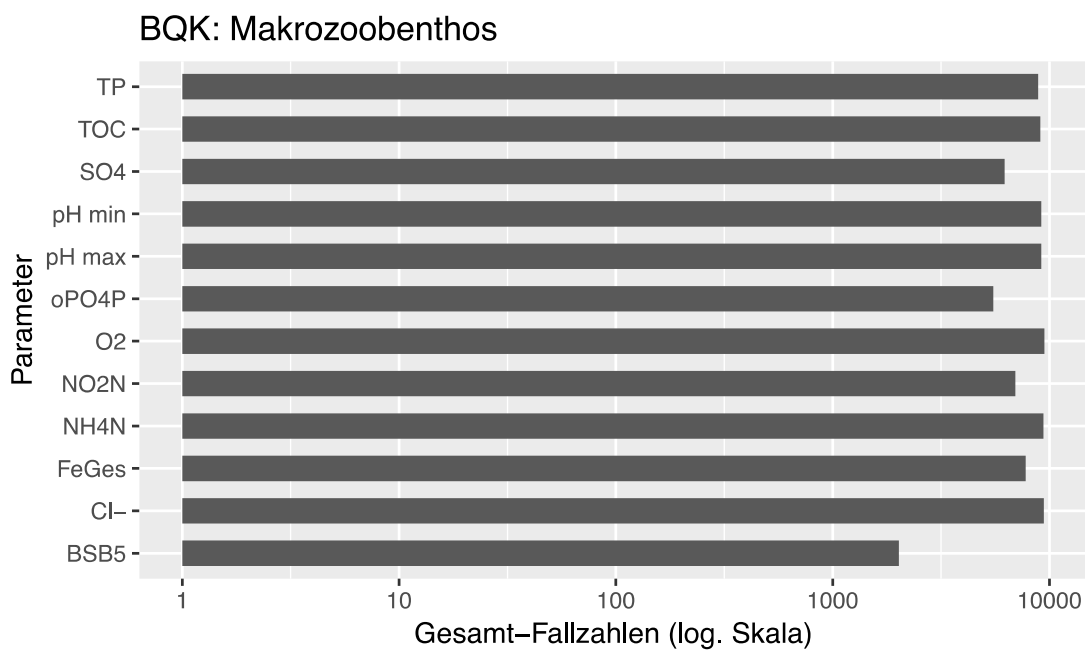


Abbildung 5: Verfügbare Datenpaare – Bewertungen des Makrozoobenthos und ACP

In den Abbildungen ist unmittelbar zu erkennen, dass für die BQK Makrozoobenthos deutlich mehr Datensätze zur Verfügung standen als für die übrigen biologischen Qualitätskomponenten.

Außerdem war der Parameter BSB<sub>5</sub> in erkennbar geringeren Fallzahlen vertreten.

Ebenso war die typologische Verteilung der Fallzahlen sehr heterogen, wie in der folgenden Abbildung am Beispiel der Kombination Diatomeen – Chlorid gezeigt wird (alle übrigen entsprechenden Abbildungen sind als digitale Anlagen beigefügt).

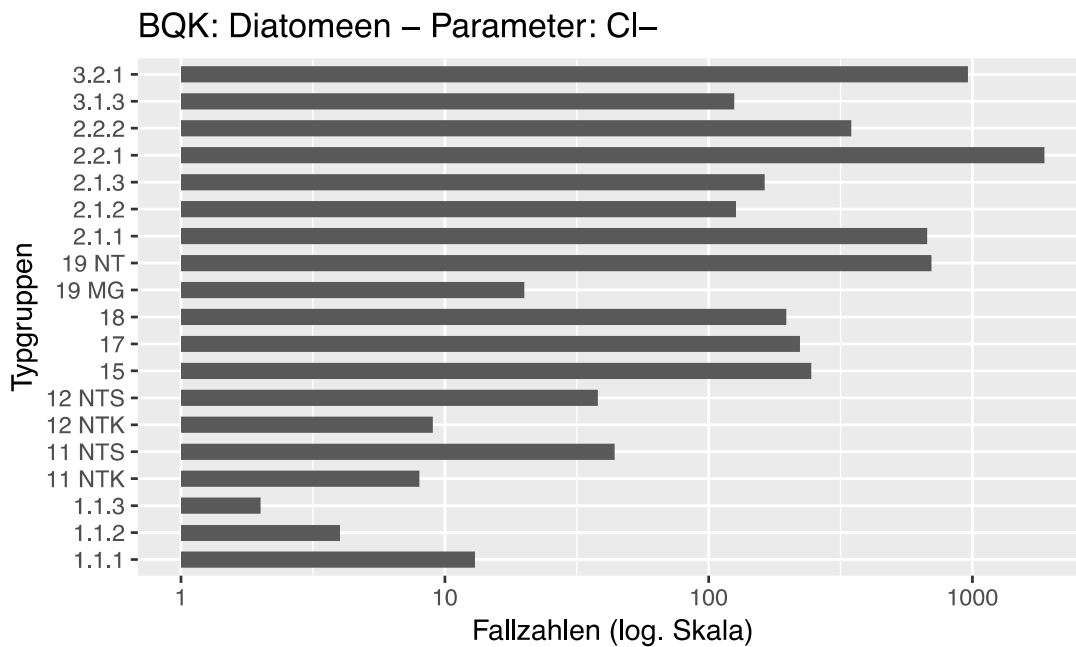


Abbildung 6: Häufigkeit der Untersuchungsdaten in den einzelnen Typgruppen am Beispiel der BQK Diatomeen und dem Parameter Chlorid

Die Zuordnung der LAWA-Typen zu den Typgruppen ist für die verwendeten Daten in der folgenden *Tabelle 1* dargestellt.

Tabelle 1: Zuordnung der LAWA-Typen zu den Typgruppen (bei den verwendeten Daten)

Typgruppe	Zugeordnete LAWA-Typen
1.1.1	1.1, 2.1, 3.1
1.1.2	1.2, 2.2, 3.2
1.1.3	4
11 NTK	11 (basenreich / karbonatisch)
11 NTS	11 (basenarm / silikatisch)
12 NTK	12 (basenreich / karbonatisch)
12 NTS	12 (basenarm / silikatisch)
15	15
17	17
18	18
19 MG	19 (Ökoregion: Mittelgebirge)
19 NT	19 (Ökoregion: Tiefland)
2.1.1	6, 6 K, 7
2.1.2	9.1, 9.1 K
2.1.3	10, 9.2
2.2.1	5, 5.1
2.2.2	9
21 N	21 N
3.1.3	15 G, 20
3.2.1	14, 16

### 2.3 Methodik der Schwellenwertableitungen und weitergehenden Auswertungen

Vom Grundprinzip her wurden den Schwellenwertableitungen, wie in den Vorgängerprojekten, die Oberen Whisker (bei ACP mit Anforderungen an Mindestwerte, wie z. B. die Sauerstoffkonzentration: Untere Whisker) der jeweiligen ökologischen Zustandsklassen zugrunde gelegt.

Es wird vorausgesetzt, dass plausible ACP-Schwellenwerte der ökologischen Zustandsklassen zueinander in einer systematisch ansteigenden bzw. abfallenden Abfolge stehen, je nachdem, ob die Belastungswirkung des jeweiligen Parameters durch eine Konzentrationserhöhung oder -verringering verursacht wird.

Um basierend auf den aktuell vorliegenden Datengrundlagen und unabhängig von den zuvor für die beiden ökologischen Zustandsklassen „sehr gut“ und „gut“ abgeleiteten und „harmonisierten“ Schwellenwerten eine plausible Abfolge der ACP-Grenzkonzentrationen (Schwellenwerte) zwischen allen fünf ökologischen Zustandsklassen gewährleisten zu können, wurden diesmal nur dann Schwellenwerte abgeleitet, wenn sich die fünf Oberen Whisker der ökologischen Zustandsklassen durch mathematisch beschreibbare Funktionen (Linear- oder Exponentialfunktionen) mit hinreichendem Bestimmtheitsmaß ( $R^2$ -Wert) beschreiben lassen.

Nicht für alle ACP, BQK, Gewässertypgruppen und Bewertungsklassen liegen jedoch hinreichend viele ACP-BQK-Datenpaare für eine derartige Funktionsableitung vor.

Konkret wurde wie folgt vorgegangen:

1. Die Schwellenwertableitungen wurden zunächst für alle Biologischen Qualitätskomponenten (BQK) bzw. BQK-Bewertungsmodule getrennt vorgenommen.
2. Dazu wurden im ersten Schritt die am besten passenden Trendfunktionen über die für den jeweiligen ACP relevanten Oberen bzw. Unteren Whisker der ökologischen Zustandsklassen (ÖZ-Klassen) ermittelt und mit diesen die einzelnen BQK-spezifischen Schwellenwerte der ÖZ-Klassen 1 bis 4 berechnet.
3. Sofern folgende Voraussetzungen für eine Funktionsableitung über 4 bzw. 5 Bewertungsklassen erfüllt sind wurde die bestmögliche lineare oder exponentiale Approximationsfunktion bestimmt, um damit die Schwellenwerte der Klassen 1 bis 4 zu ermitteln: fachlich plausible Richtung der Steigung der Funktion,  $p$ -Wert  $< 0,054$  und  $R^2$ -Wert  $\geq 0,7$ .
4. Wurde dagegen mindestens eine der stat. Voraussetzungen nicht erfüllt, wurden die relevanten Whisker der einzelnen ÖZ-Klassen als sog. 2. Wahlwerte eingestuft. Sie gingen in die BQK-übergreifende Gesamtschwellenwertableitung pro ACP und typologischer Fallgruppe nur in Ausnahmefällen mit ein. Wenn z.B. nur für eine der Bewertungsklassen keine Datenpaare vorlagen, die Werte der anderen Klassen aber einer plausiblen Abfolge folgten, wurden auch die 2. Wahlwerte bei der Gesamtschwellenwertableitung mitberücksichtigt.
5. Der Ableitung der Gesamtschwellenwerte der ÖZ-Klassen wurden die jeweils anspruchsvollsten BQK-spezifischen Schwellenwerte pro ÖZ-Klasse zu Grunde gelegt. Da die einzelnen abgeleiteten Funktionen über die relevanten Whisker BQK-spezifisch unterschiedliche Steigungen und Funktionsverläufe zeigen, können bei einem ACP auch mehrere BQK ausschlaggebend für die unterschiedlichen ÖZ-Klassen sein.
6. Im nächsten Schritt wurden für die einzelnen ACP und Typgruppen die am besten passenden Trendfunktionen über die jeweils anspruchsvollsten BQK-spezifischen Schwellenwerte der ÖZ-Klassen ermittelt, um anschließend mittels dieser Funktionen Gesamtschwellenwertempfehlungen für die ÖZ-Klassen 1 bis 4 bestimmen zu können.

Ergänzend zu den so abgeleiteten Gesamtschwellenwertempfehlungen wurden die jeweils in die Herleitung der Approximationsfunktionen eingeflossenen maßgeblichen BQK / BQK-Module (also diejenigen mit den anspruchsvollsten Schwellenwerten bei mindestens einer ÖZ-Klasse) gesondert gelistet. Daraus wurde in einer Gesamtübersicht über alle Gewässertypgruppen für die einzelnen ACP bestimmt, welche BQK am häufigsten und welche am seltensten schwellenwertbestimmend sind.

Zusätzlich wurde eine Auswertung der abgeleiteten Schwellenwerte im Hinblick darauf, wie spezifisch und belastbar eine BQK auf den jeweiligen ACP im Vergleich zu anderen BQK reagiert, vorgenommen. Diese als „Indikativität“ bezeichnete Eigenschaft der BQK wurde darauf basierend eingeschätzt, wie steil und homogen bzw. kontinuierlich die bewertungsrelevanten Whisker der 5 bzw. 4 Bewertungsklassen aufeinander folgen. Hierfür wurde die Indikativität jeweils einer der drei folgenden Klassen (mit Punktezahlen) zugeordnet:

- Keine bis geringe Indikativität (0 I-Punkte)
- Mittlere Indikativität (1 I-Punkt)
- Hohe Indikativität (2 I-Punkte)

Davon unterschieden wurde die „Sensitivität“ als Maß dafür, wie empfindlich die BQK auf den speziellen ACP reagiert, also ob sie bereits auf relativ geringe oder erst auf vergleichsweise hohe Konzentrationserhöhungen mit einer schlechteren ökologischen Zustandsbewertungen reagiert unabhängig davon wie steil oder gleichförmig diese Reaktion ist. Auch für die Sensitivität wurde immer dann eine entsprechende Schätzeinstufung in drei Klassen vorgenommen, wenn die Indikativität mindestens als „mittel“ eingestuft wurde:

- Keine bis geringe Sensitivität (0 S-Punkte)
- Mittlere Sensitivität (1 S-Punkt)
- Hohe Sensitivität (2 S-Punkte)

Durch Aufsummierung der Indikations- und der Sensitivitätspunkte pro BQK bzw. BQK-Bewertungsmodul und ACP lässt sich die Einschätzung der BQK-spezifischen Wirksamkeit des ACP zwischen wirkungslos (0 W-Punkte) und besonders wirksam (4 W-Punkte) quantifizieren.

Die Summe aller BQK-spezifischen W-Punkte eines ACP pro Gewässertypgruppe (zw. 0 und 20) wurde als Maß für die ökologische Gesamtbedeutung des ACP für die Gewässertypgruppe gebildet.

Auf dieser Grundlage ließ sich auswerten, welche Gewässertypgruppe die höchsten Indikativitäts-, Sensitivitäts- und Wirksamkeitswerte sowohl gegenüber einzelnen als auch gegenüber allen ACP aufweist.

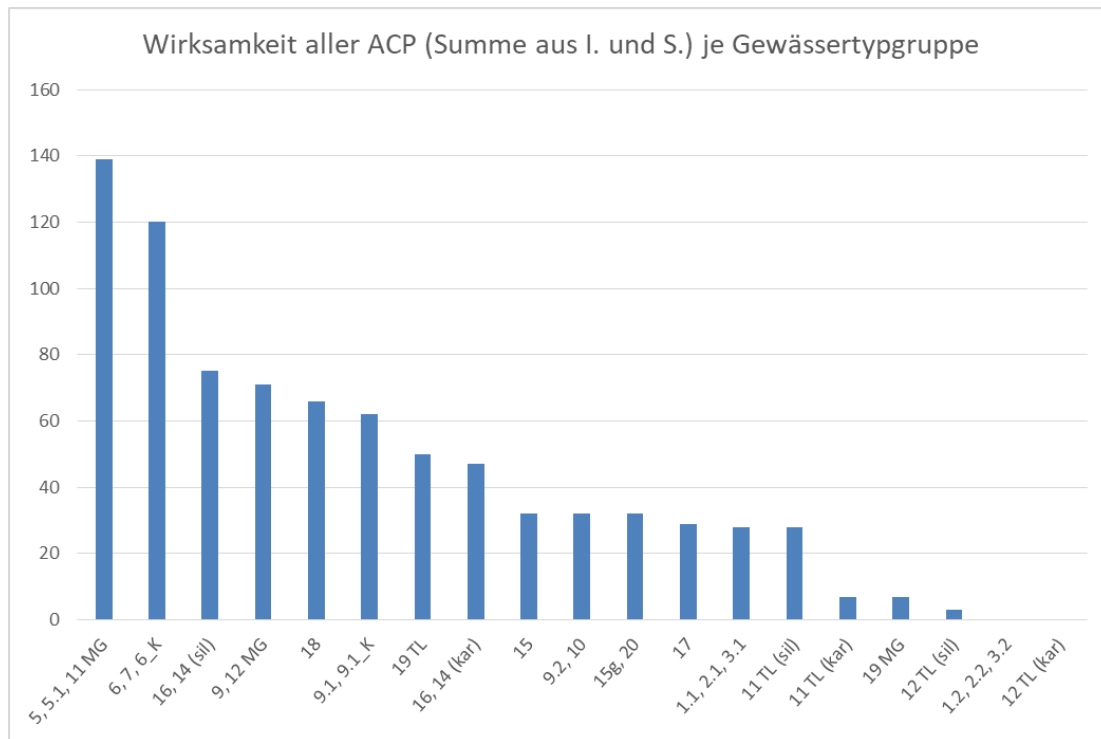


Abbildung 2-7: Rangfolge der Gewässertypgruppen im Hinblick auf die für ihren ökologischen Zustand maßgebliche Wirksamkeit aller ACP

Durch Aufsummierung aller Gewässertypgruppen-spezifischen Indikativitäts-, Sensitivitäts- und Wirksamkeitswerte je ACP lassen sich auch die ACP nach ihrer ökologischen Gesamtbedeutung sortieren.

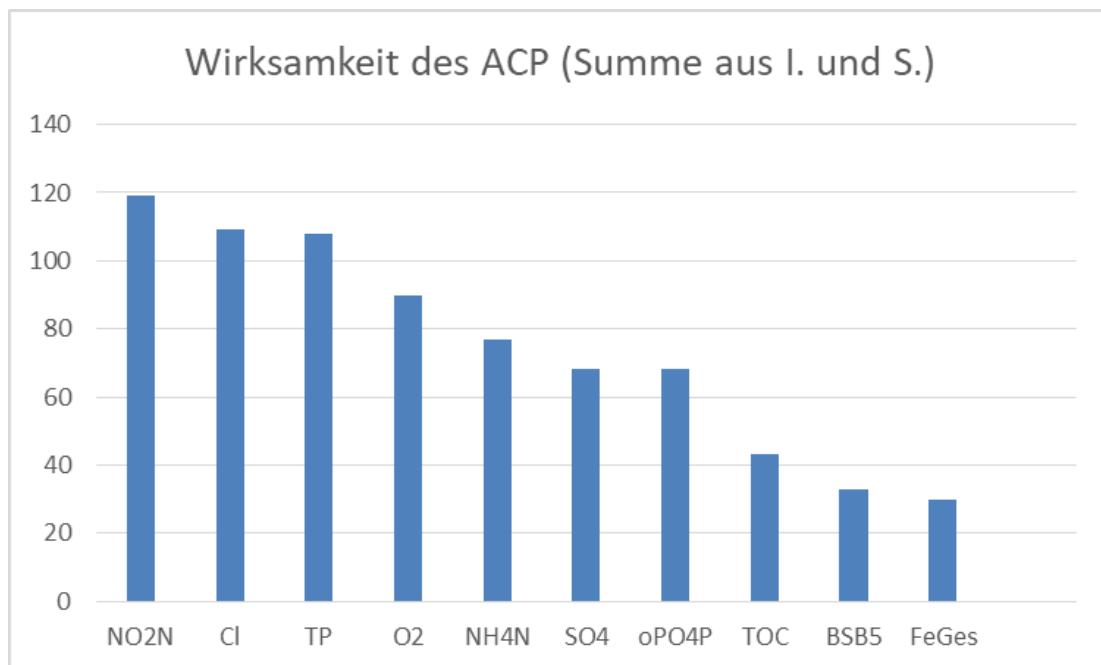


Abbildung 2-8: Rangfolge der ACP im Hinblick auf ihre Wirksamkeit auf den ökologischen Zustand auf die Gesamtheit aller Fließgewässertypen

Zudem wurde auf der Grundlage eine entsprechende Rangordnung der BQK / BQK-Module im Hinblick auf alle ACP ermittelt

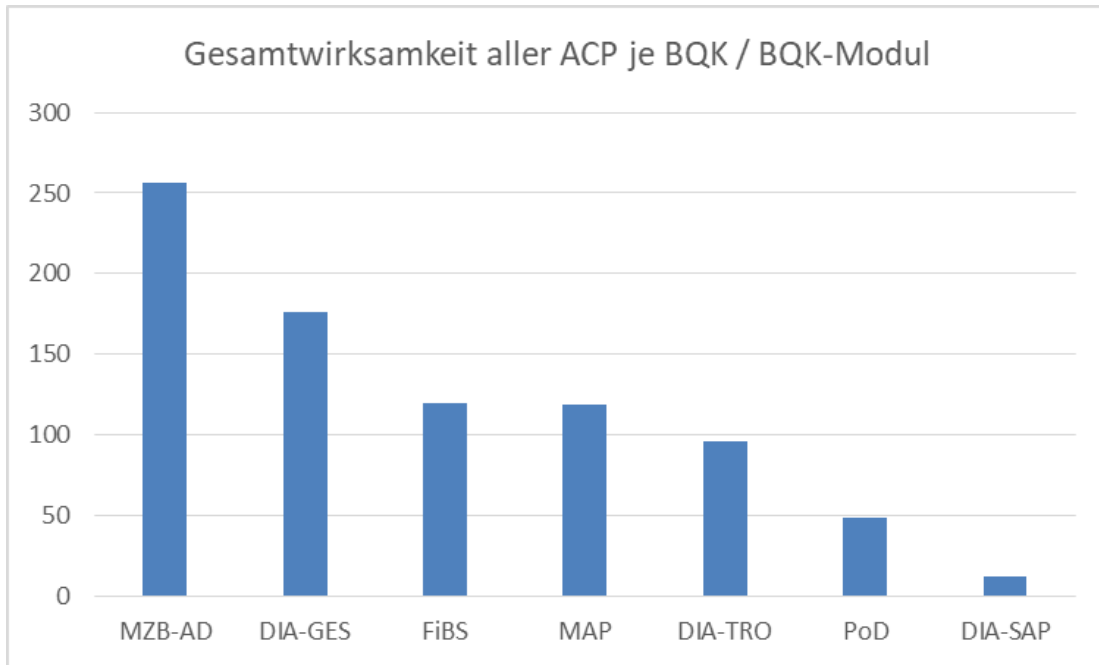


Abbildung 2-9: Rangfolge der BQK bzw. BQK-Bewertungsmodule im Hinblick auf die Abhängigkeit ihrer ökologischen Zustandsbewertung von der Gesamtheit aller ACP

## 2.4 Ergebnisse der Schwellenwertableitungen

Sämtliche Ergebnisse der einzelnen Schritte der Schwellenwertableitung (inkl. der statistischen Kenngrößen) bis hin zu den empfohlenen Gesamtschwellenwerten und diversen Diagrammdarstellung sind der als Anlage beigefügten Excel-Datei >O3.16\_ACP-Schwellenwerte\_2018-06-18.xlsx< zu entnehmen.

Die Datei enthält insgesamt 38 Tabellenblätter. Sämtliche Spaltenköpfe der einzelnen Tabellenblätter sind mittels der Microsoft-Kommentarfunktion erklärt (Kommentare werden sichtbar, wenn der Mauszeiger auf das jeweilige Feld bewegt wird).

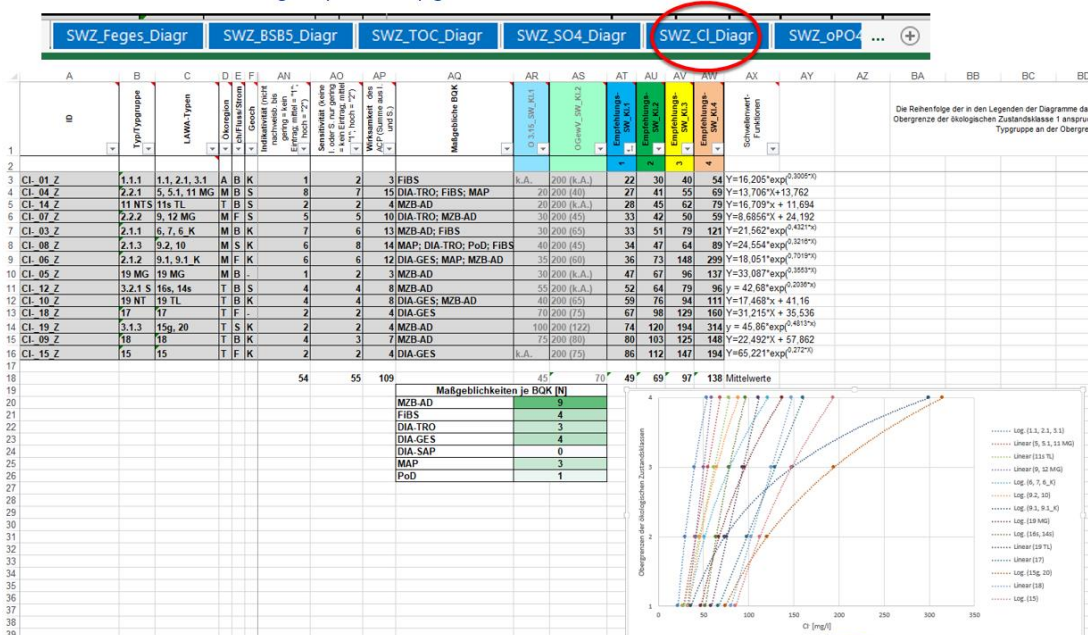


Abbildung 2-10: Exemplarischer Screenshot von einem der „blauen“ Tabellenblätter

Es ist festzustellen, dass mit der verbesserten Datenbasis und der weiterentwickelten systematischen Ableitungsmethodik ein erfolgreicher Lösungsansatz für die mit der Aufgabenstellung verbundenen, eingangs dargestellten Grundsatzprobleme



entwickelt werden konnte. Die so abgeleiteten ACP-Schwellenwerte bestätigen die in den Vorgängerprojekten ermittelten Größenordnungen weitestgehend, zeigen im Detail aber auch Abweichungen.

### 2.4.1 Aufbau der als Anlage beigefügten Ergebnisdatei >O3.16\_ACP-Schwellenwerte\_2018-06-18.xlsx<

#### Graues Tabellenblatt >AlleSW\_mit\_Formeln<

Im ersten Tabellenblatt (1.282 Zeilen und 26 Spalten) sind sämtliche Ergebnisse der ACP-Schwellenwertableitungen für die Parameter BSB5, Cl-, FeGes, NH<sub>4</sub>-N, NO<sub>2</sub>-N, O<sub>2</sub>, o-PO<sub>4</sub>-P, pH<sub>max</sub>, pH<sub>min</sub>, SO<sub>4</sub>, TOC und TP in dieser alphabetischen Reihenfolge untereinander aufgelistet. Dazu wurden die Gewässertypgruppen der vorausgegangenen LAWA-ACP-Projekte verwendet, beginnend mit den Alpen- und Alpenvorlandbächen und endend mit den großen Flüssen und Strömen des Tieflands (s. Spalten B und C). Die Spalten D, E und F geben Auskunft über die Ökoregion, Gewässergrößenordnung und Geochemie. Die Schwellenwertableitungen wurden jeweils für Gesamt- oder Modulbewertungsergebnisse der Standardverfahren der biologischen Qualitätskomponenten bzw. Teilkomponenten durchgeführt und sind für jeden ACP und jede Typgruppe alphabetisch untereinander aufgelistet (s. Spalte H „BQK“): DIA-GES (PHYLIB-Diatomeen Gesamtbewertung) – DIA-SAP (PHYLIB-Diatomeen Modul Saprobie) – DIA-TRO (PHYLIB-Diatomeen Modul Trophie) – FiBS (FiBS-Gesamtbewertung der Fische) – MAP (PHYLIB-Makrophyten Gesamtbewertung) – MZB-AD (Makrozoobenthos-PERLODES Bewertung Modul Allgemeine Degradation) – PoD (PHYLIB-Phytobenthos ohne Diatomeen Gesamtbewertung). Je nach Verfügbarkeit von Messwertpaaren (ACP-BQK) kann die Zahl der qualitätskomponentenspezifischen Ergebnisse je ACP und Typgruppe zwischen 1 und 7 liegen. Die grau unterlegten Zeilen mit „Z“ in der Spalte H „BQK“ dient der Zusammenfassung und Schwellenwertempfehlung je ACP und Typgruppe.

In den Spalten I bis M sind die schwellenwertrelevanten Whisker der 5 Bewertungsklassen (bzw. 4 bei den Diatomeen-Teilbewertungen) dann angegeben, wenn folgende Mindestanforderungen an eine auf allen Bewertungsklassen basierende Schwellenwertableitung (Mehrklassenableitung) NICHT erfüllt sind:

- d. h. wenn der Signifikanzwert p der linearen oder exponentialen Regression über die relevanten Whisker der Bewertungsklassen den Höchstwert von 0,054 übersteigt,
- einen gerundeten R<sup>2</sup>-Wert von 0,7 unterschreitet,
- weniger als 5 bzw. 4 Whisker der Bewertungsklassen vorliegen,
- die Gesamtfallzahl der auswertbaren Datenpaare unter 30 liegt oder
- die Abfolge der einzelnen Whisker unplausibel ist, weil sie sich z.B. entgegengesetzt zur erwartbaren Belastungsabfolge darstellt.

Alle Spalten, die bewertungsrelevante Whisker-Werte mit mindestens einer dieser Mindestanforderungsverletzungen enthalten oder sich unmittelbar auf diese beziehen (Spalten I bis T), sind mit dem Vorsatzkürzel „2W\_“ im Spaltenkopf („2. Wahl“) gekennzeichnet. Den Spalten N bis T ist zu entnehmen wie die obigen Einzelkriterien jeweils erfüllt oder verletzt sind.

Die bewertungsrelevanten Whisker all der Fälle, bei denen dagegen alle obigen Mindestanforderungen einer Mehrklassenableitung der Schwellenwerte erfüllt sind, sind in den Spalten U bis Y aufgeführt. Die Namen der Spaltenköpfe dieser Spalten sowie der unmittelbar auf sie bezogenen Spalten Z bis AI beginnen mit dem Vorsatzkürzel „MKI\_“ (Mehrklassenableitung), wobei die Spalten Z bis AE die maßgeblichen Einzelkriterien für die Mindestanforderungen enthalten. In den Spalten AF bis AI sind die mittels Mehrklassenableitung, d. h. mit linearen oder potentialen

Regressionsfunktionen über die jeweiligen Whisker der 5 bzw. 4 [nur bei DIA] Bewertungsklassen berechneten Schwellenwerte der Bewertungsklassen 1 bis 4 aufgeführt.

Die Spalten AJ und AK enthalten Einstufungen der *Indikativität* und *Sensitivität* der jeweiligen biologischen Qualitätskomponente oder Teilbewertungskomponente für den betreffenden ACP bezogen auf die jeweilige Gewässertypgruppe. Dabei steht *Indikativität* (kein Eintrag = keine bis geringe *Indikativität*; 1 = mittlere I.; 2 = hohe I.) dafür, wie steil und homogen bzw. kontinuierlich die bewertungsrelevanten Whisker der 5 bzw. 4 Bewertungsklassen aufeinander folgen. Die *Sensitivität* dient als Kenngröße für den Grad der Empfindlichkeit der jeweiligen biologischen Qualitätskomponente oder Teilbewertungskomponente für den betreffenden ACP, bezogen auf die jeweilige Gewässertypgruppe (d. h. je niedriger die ableitbaren Schwellenwerte der Bewertungsklassen, bzw. je höher bei der Sauerstoffkonzentration ausfallen, desto höher ist der Grad der *Sensitivität*). Vorausgesetzt die *Indikativität* ist mit mindestens "1" eingestuft worden, wurde die Empfindlichkeit der BQK gegenüber dem jeweiligen ACP in Relation zu der anderen BQK der Typgruppe eingestuft (kein Eintrag = keine bis geringe *Sensitivität*; 1 = mittlere S.; 2 = hohe S.).

Spalte AL fasst die Indikativitäts- und Sensitivitätsklassen als Maß für die Gesamtwirksamkeit des betreffenden ACP auf die jeweiligen biologischen Qualitätskomponenten oder Teilbewertungskomponenten für die typgruppenspezifischen Schwellenwerte zusammen. Dabei sind Werte zw. 0 (bedeutungslos) und 4 (besonders wirksam) je Zeile möglich.

Die in den grau unterlegten Z-Zeilen der Spalte AL dargestellten Summen aller Wirksamkeitswerte pro BQK einer Typgruppe werden so gebildet, dass bei den Diatomeen nur das Modul (GES, TRO oder SAP) mit dem höchsten Zahlenwert gewertet wird. Die Gesamtsumme kann somit maximal 20 betragen (bei jeweils 4 für DIA, FiBS, MAP, MZB-AD und PoD).

In Spalte AM „Maßgebliche BQK“ sind Eintragungen nur in den grau unterlegten Z-Zeilen vorhanden. Hier sind jeweils die biologischen Qualitätskomponenten oder Teilbewertungskomponenten angegeben, die bei mindestens einer Bewertungsklasse den anspruchsvollsten Schwellenwert bei hinreichender Belastbarkeit bzw. *Wirksamkeit* aufweisen und daher Relevanz für die abzuleitenden Empfehlungsschwellenwerte für den jeweiligen ACP und die betreffende Gewässertypgruppe haben.

Die Spalten AN und AO enthalten allein zu Vergleichszwecken die Schwellenwerte des LAWA-ACP-Projekts O 3.15 für die Bewertungsklasse 1 (sog. Hintergrundwertempfehlungen) bzw. die Schwellenwerte der OGewV für die Bewertungsklasse 2 (sog. Orientierungswerte).

Die Eintragungen in den Spalten AP bis AS entsprechenden Projektempfehlungen für die Schwellenwerte der Bewertungsklassen 1 bis 4 der einzelnen Gewässertypgruppen in den grau unterlegten Z-Zeilen. Die teilweise auch in anderen Zeilen bestimmter biologischer Qualitätskomponenten oder Teilbewertungskomponenten vorhandenen Eintragungen entsprechen lediglich Zwischenschritten der Herleitung der Empfehlungswerte. Im Tabellenblatt >AlleSW\_mit\_Formeln< sind alle Eintragungen in den Spalten AP bis AS als Formeln der jeweiligen Regressionsfunktionen über die jeweils anspruchsvollsten und am besten belastbaren Einzelschwellenwerte vorgenommen worden, es sei denn es konnten keine Schwellenwertempfehlungen für die jeweiligen Gewässertypgruppen und ACP abgeleitet werden (die verwendeten Regressionsfunktionen sind zudem noch in der Spalte AT zu finden). In letzterem Fall steht in den Zellen der jeweiligen Z-Zeilen das Kürzel „k. A.“ für keine „keine Aussage“ möglich.

**Graues Tabellenblatt >AlleSW\_ohne\_Formeln<**

Das Tabellenblatt entspricht dem Tabellenblatt >AlleSW\_mit\_Formeln< mit der einzigen Ausnahme, dass alle Zellen ausschließlich Werte enthalten (d. h. keine Formeleinträge).

**Blaue Tabellenblätter >SWZ\_ACP\_Diagr<**

In den blauen Tabellenblättern sind die typgruppenbezogenen Schwellenwertempfehlungen (Z-Zeilen) für die Bewertungsklassen 1 bis 4 für jeden ACP gesondert in einem eigenen Tabellenblatt zusammengestellt und zusätzlich zur Veranschaulichung in einem Punkt-Diagramm mit Trendlinien aufbereitet.

Unter den jeweiligen Tabellen finden sich die Summen aller Einstufungen für „*Indikativität*“, „*Sensitivität*“ und „*Wirksamkeit*“ sowie die Mittelwerte der einzelnen Schwellenwertempfehlungen je Bewertungsklasse.

Zudem findet sich darunter noch eine Tabelle mit den einzelnen biologischen Qualitätskomponenten oder Teilbewertungskomponenten, für die die jeweilige Anzahl an Fällen angegeben ist, in denen sie die Schwellenwertempfehlung maßgeblich beeinflusst haben (Zahl der Maßgeblichkeiten für die Schwellenwertempfehlung).

**Hellgrüne Tabellenblätter >Typgruppennummer<**

Die hellgrünen Tabellenblätter dienen dazu die einzelnen Gewässertypgruppen miteinander hinsichtlich der „*Indikativität*“, „*Sensitivität*“ und „*Wirksamkeit*“ der biologischen Qualitätskomponenten oder Teilbewertungskomponenten für alle ausgewerteten ACP vergleichen zu können. Dazu sind jeweils unter den Tabellen die Summen aller Einstufungen für „*Indikativität*“, „*Sensitivität*“ und „*Wirksamkeit*“ gebildet worden.

**Dunkelgrüne Tabellenblätter >BQK<**

Die dunkelgrünen Tabellenblätter haben den Zweck die einzelnen biologischen Qualitätskomponenten oder Teilbewertungskomponenten miteinander hinsichtlich ihrer „*Indikativität*“, „*Sensitivität*“ und „*Wirksamkeit*“ für alle ausgewerteten ACP vergleichen zu können. Dazu sind jeweils unter den Tabellen die Summen aller Einstufungen für „*Indikativität*“, „*Sensitivität*“ und „*Wirksamkeit*“ gebildet worden.

### 3 Validierung der „physiko-chemischen Leitwerte“ der Steckbriefe der bundesdeutschen Fließgewässertypen

#### 3.1 Aufgabenstellung

Im Jahr 2004 wurde eine erste Beschreibung der deutschen Fließgewässertypen in Form von zweiseitigen Steckbriefen vorgelegt (POTTGIESSER & SOMMERHAUSER 2004). Diese wurde im Jahr 2008 durch das Umweltbüro Essen (ube) ergänzt und aktualisiert (UBA-Vorhaben "Aktualisierung der Steckbriefe der bundesdeutschen Fließgewässertypen", FKZ 360 15 007 sowie LAWA- Projekt-Nr. O 8.06 "Ergänzung der Steckbriefe der deutschen Fließgewässertypen um typspezifische Referenzen und Bewertungsverfahren aller Qualitätskomponenten"). Die darin enthaltenen Angaben zu physiko-chemischen Leitwerten der Parameter Leitfähigkeit, Gesamthärte, Karbonathärte und pH sollten im Rahmen dieses Vorhabens anhand vorliegender Monitoringdaten validiert werden.

#### 3.2 Datengrundlage

Für die hier durchgeführten Auswertungen wurden – wie schon in den Vorgängerprojekten – Monitoringdaten der Länder verwendet. Da nur Messstellen berücksichtigt werden konnten, die eine gute oder sehr gute ökologische Zustandsbewertung bzgl. des Makrozoobenthos aufwiesen, ergaben sich relativ geringe Fallzahlen. Dies galt umso mehr, als hier – im Unterschied zu den Schwellenwertableitungen – keine typologische Aggregation möglich war, da die Betrachtungen LAWA-typspezifisch zu erfolgen hatten. Exemplarisch ist dies in der folgenden Grafik für den Parameter Gesamthärte dargestellt.

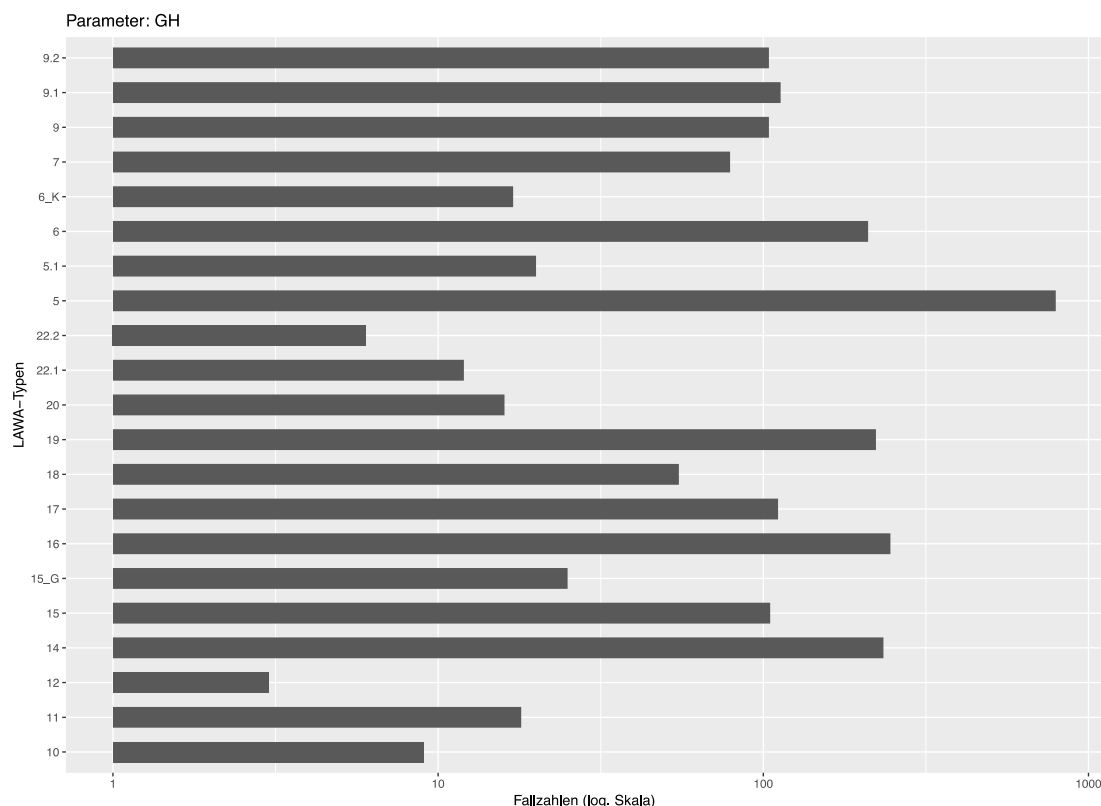


Abbildung 11: Fallzahlen für den Parameter Gesamthärte für mit sehr gut oder gut bewertete MZB-Proben

Die übrigen Darstellungen sind als digitale Anlage beigefügt.

### 3.3 Methodik

Die in o.g. "Steckbriefen" beschriebenen Wertebereiche der physiko-chemischen Leitwerte haben einen rein deskriptiven Charakter und sollen Lesern eine Einschätzung über "typische" Werte geben.

Zur Entwicklung einer tragfähigen Methodik war es erforderlich, eine Operationalisierung dieser Begrifflichkeiten vorzunehmen. Dies erfolgte in verschiedenen Ansätzen.

Für den Fall normal-verteilter Daten, wäre es bspw. möglich, die Standardabweichung  $\sigma$  (Sigma) bzw. Vielfache davon heranzuziehen und ausgehend vom Mittelwert (bei der Normalverteilung identisch mit dem Verteilungsmaximum) ein "typisches" Intervall zu beschreiben. In dem in *Abbildung 12* exemplarisch dargestellten Fall spannt der sog. 4-Sigma-Bereich ein Intervall auf, in dem sich 94–99 % der Datensätze befinden.

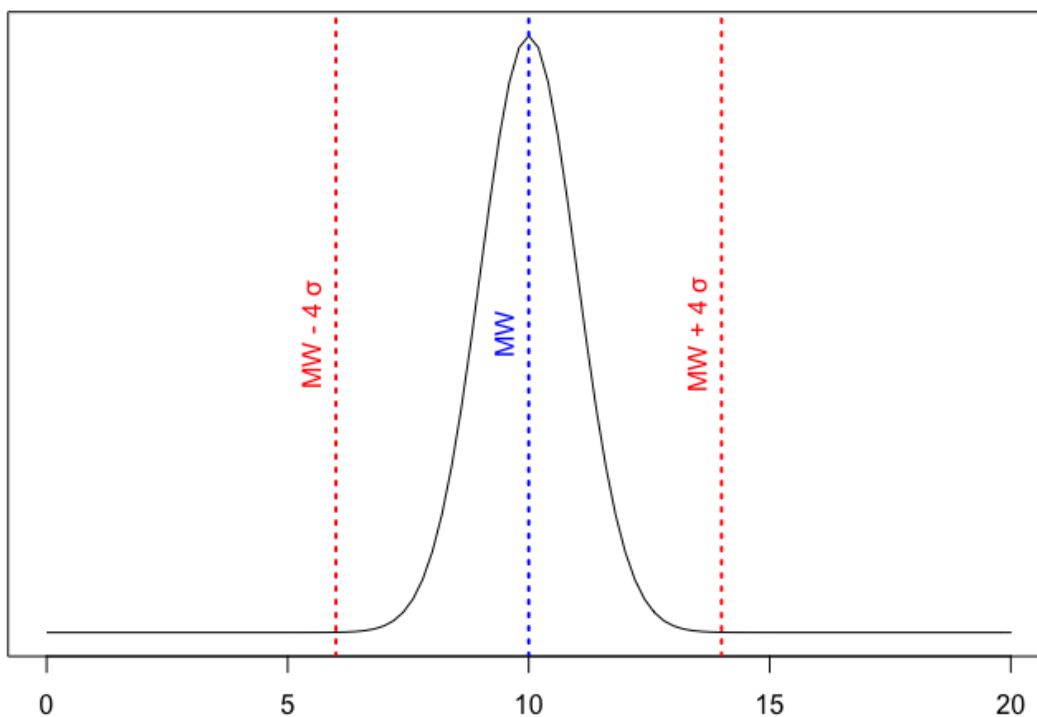


Abbildung 12: Normalverteilte Daten mit 4-Sigma-Bereich

Wären die betrachteten Daten normal verteilt, wäre dies ein einfacher und leicht nachvollziehbarer Lösungsansatz. Ggf. müsste lediglich über die Größe des Intervalls fachlich entschieden werden.

Dieser Ansatz sollte sinnvollerweise nur solche Gewässer bzw. Messstellen betrachten, bei denen biologische Qualitätskomponenten einen sehr guten oder guten Zustand und damit annähernd typspezifische Verhältnisse indizieren. Dabei ist jedoch zum Einen zu berücksichtigen, dass die biologischen Qualitätskomponenten unterschiedlich auf die physiko-chemischen Komponenten reagieren und entsprechende Untersuchungsergebnisse in unterschiedlicher Datendichte vorliegen. Zum anderen werden durch diesen Ansatz solche Probestellen ausgeschlossen, an denen die physiko-chemischen Leitwerte zwar typkonform ausgeprägt sind, aber andere Faktoren – physiko-chemischer Natur oder auch z.B. hydromorphologische Veränderungen – einen sehr guten oder guten ökologischen Zustand verhindern.

Erschwert wird die Analyse dadurch, dass eine Differenzierung nach LAWA-Typen erforderlich ist, so dass die Fallzahlen geeigneter Messpunkte unter Umständen sehr gering sein können.

Da sich die Komponente Makrozoobenthos (MZB) schon in den Vorgängerprojekten als besonders tragfähig für die Beurteilung physiko-chemischer Einflüsse gezeigt hat

und für diese Komponente die meisten Datensätze vorliegen, wurde bei diesem Ansatz das Modul "Allgemeine Degradation" des MZB als Auswahlkriterium herangezogen.

### 3.4 Untersuchungsergebnisse

Bei Analyse der Messdaten der physiko-chemischen Leitwerte zeigte sich schnell, dass die zugrunde liegenden Verteilungen einer Normalverteilung nur ungenügend entsprechen. Exemplarisch ist dies in der folgenden Abbildung am Beispiel der Leitfähigkeit dargestellt.

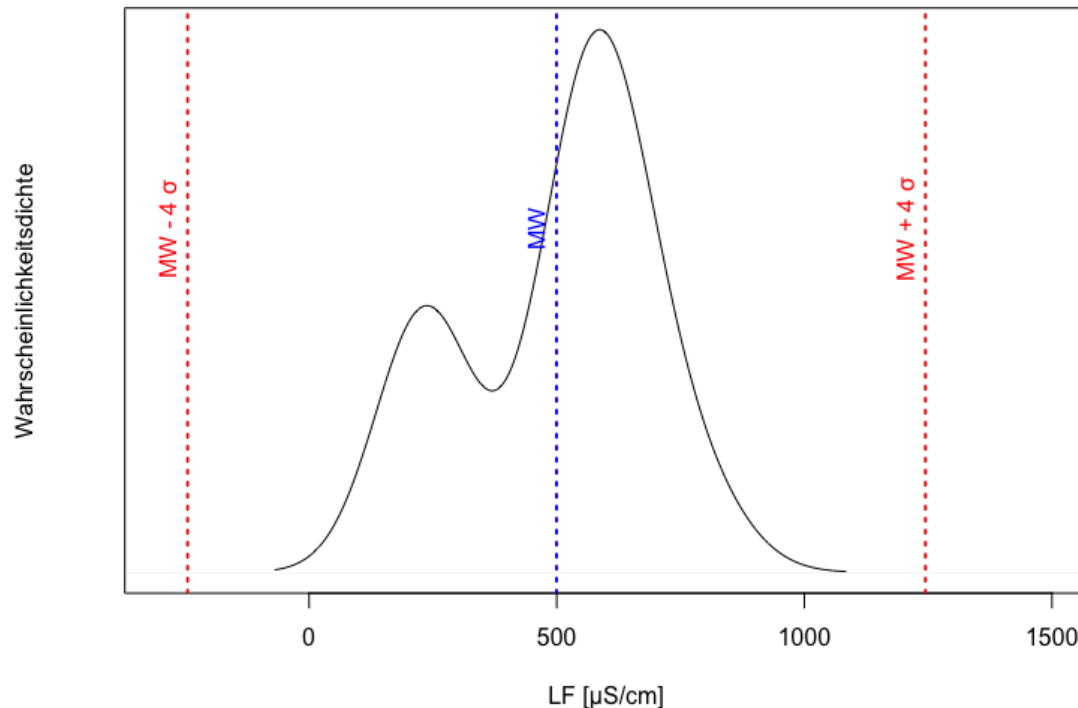


Abbildung 13: Verteilung der Jahresmittelwerte der Leitfähigkeit an weitgehend unbelasteten Messstellen, LAWA-Typ 12, N = 14

Die deutliche Ausprägung eines zweiten lokalen Maximums zeigt, dass hier eine Überlappung von zwei systematisch unterschiedlichen Teilmengen gegeben ist, deren Messwerte zwei unterschiedliche Verteilungsmuster aufweisen.

Die Ursachen für derartige Ausprägungen könnten nur durch aufwändige Analyse der Vor-Ort-Verhältnisse ermittelt werden. Denkbar sind u. a.:

- Prinzipielle, aber nicht für die Zuweisung des Gewässertyps relevante Unterschiede, z.B. hinsichtlich geochemischer Ausprägungen
- Fehlzurordnung von Gewässertypen

Dabei ist allerdings auch zu berücksichtigen, dass derartige Effekte insbesondere bei kleinen Fallzahlen deutlicher zutage treten. So können bei Fallzahlen < 50 bereits wenige Werte eine erkennbare Verzerrung in der Verteilungsfunktion bewirken oder ein zweites Maximum ausbilden.

Letztlich hatten diese Effekte aber zur Folge, dass eine weitgehende automatisierte Auswertung anhand z.B. einem vorgegebenen Vielfachen der Standardabweichung wie oben beschrieben nicht umsetzbar war.

Stattdessen wurden die Verteilungsgraphen visuell ausgewertet und auf dieser Basis die Plausibilisierung der bisher in den Fließgewässertypsteckbriefen vorgenommen.

### 3.5 Fachlich abgestimmte Ergebnisse

Die Ergebnisse wurden den Ländern zur Stellungnahme vorgelegt und auf Grundlage dieser Stellungnahmen im Rahmen einer Sitzung des LAWA-AO-Expertenkreises „Biologische Bewertung Fließgewässer und Interkalibrierung“ am 19. Juni 2018 in Potsdam fachlich abgestimmt.

Die Resultate sind in der folgenden Tabelle dargestellt.

Tabelle 2: Fachliche abgestimmte Ergebnisse physiko-chemischer Leitwerte

LAWA-Typ	Geochemie	Parameter	Abgeleitete Werte		Abgestimmte Werte	
			von	bis	von	bis
1.1	kar	GH	54	85	54	85
1.1	kar	KH	22	67	22	67
1.1	kar	LF	170	450	150	350
1.1	kar	pH	7,7	8,5	7,5	8,5
1.2	kar	GH	45	85	45	85
1.2	kar	KH	22	67	22	67
1.2	kar	LF	170	450	200	400
1.2	kar	pH	7,7	8,5	7,5	8,5
2.1	kar	GH	45	85	45	85
2.1	kar	KH	22	67	22	67
2.1	kar	LF	300	400	300	600
2.1	kar	pH	7,9	8,4	7,5	8,5
2.2	kar	GH	45	85	45	85
2.2	kar	KH	22	67	22	67
2.2	kar	LF	300	400	300	600
2.2	kar	pH	7,9	8,4	7,5	8,5
3.1	kar	GH	45	85	45	85
3.1	kar	KH	22	67	22	67
3.1	kar	LF	250	450	400	500
3.1	kar	pH	7,8	8,5	7,5	8,5
3.2	kar	GH				
3.2	kar	KH				
3.2	kar	LF				
3.2	kar	pH			7,5	8,5
4	kar	GH	45	85	45	85
4	kar	KH	22	67	22	67
4	kar	LF	250	350	250	400
4	kar	pH	8	8,6	7,5	8,5
5	sil	GH	1	10	1	5
5	sil	KH	0,1	6	1	< = 3
5	sil	LF	50	300	40	300
5	sil	pH	6,5	8	7	8
5.1	sil	GH	1	5	1	5
5.1	sil	KH	0,1	3	1	< = 3
5.1	sil	LF	50	180	50	300
5.1	sil	pH	5	8	7,5	8
6	kar	GH	10	50	10	30

LAWA-Typ	Geochemie	Parameter	Abgeleitete Werte		Abgestimmte Werte	
			von	bis	von	bis
6	kar	KH	8	40	9	12
6	kar	LF	450	800	500	800
6	kar	pH	7	8,5	7,5	8,5
6_K	kar	GH	15	100	10	60
6_K	kar	KH	10	20	10	20
6_K	kar	LF	400	2500	500	2500
6_K	kar	pH	7	8,2	7,5	8,5
7	kar	GH	8	34	8	30
7	kar	KH	6	17	5	18
7	kar	LF	400	900	350	750
7	kar	pH	7,5	8,5	7,5	8,5
9	sil	GH	6	10	2	8
9	sil	KH	1	6	1	< = 3
9	sil	LF	75	350	80	400
9	sil	pH	7	8	7	8
9.1	kar	GH	11	25	10	30
9.1	kar	KH	8	14	3	6
9.1	kar	LF	450	800	350	800
9.1	kar	pH	7,5	8,5	7,5	8,5
9.1_K	kar	GH	15	100	10	50
9.1_K	kar	KH	10	20	10	20
9.1_K	kar	LF	400	2500	500	2500
9.1_K	kar	pH	7	8,2	7,5	8,5
9.2	kar	GH	5	13	8	15
9.2	kar	KH	4	10	6	8
9.2	kar	LF	300	600	300	800
9.2	kar	pH	7	8,5	7,5	8,5
10	kar	GH	k.A.	k.A.	8	11
10	kar	KH	4	10	4	10
10	kar	LF	350	500	350	800
10	kar	pH	7	8,5	7,5	8,5
11	sil/ba	GH	3	8	1	5
11	sil/ba	KH	3	6	3	6
11	sil/ba	LF	350	500	150	500
11	sil/ba	pH	6,5	7,5	6	7
11	kar/br	GH	12,5	25	12,5	25
11	kar/br	KH	5	16	5	16
11	kar/br	LF	350	900	350	900
11	kar/br	pH	7	8	7	8
12	sil/ba	GH	8	14	8	14
12	sil/ba	KH	3	6	3	6
12	sil/ba	LF	350	500	150	450
12	sil/ba	pH	6,5	7,5	6	7
12	kar/br	GH	11	20	11	20
12	kar/br	KH	5	15	5	15



LAWA-Typ	Geochemie	Parameter	Abgeleitete Werte		Abgestimmte Werte	
			von	bis	von	bis
12	kar/br	LF	500	900	500	900
12	kar/br	pH	7	8	7	8
14	sil/ba	GH	3	8	3	10
14	sil/ba	KH	1	5	1	6
14	sil/ba	LF	1	350	50	400
14	sil/ba	pH	6	7,5	7	8
14	kar/br	GH	8	25	8	25
14	kar/br	KH	5	20	5	20
14	kar/br	LF	350	750	350	800
14	kar/br	pH	7	8,5	7,5	8,5
15	kar/br	GH	8	25	13	20
15	kar/br	KH	5	20	5	20
15	kar/br	LF	400	850	400	850
15	kar/br	pH	7	8,5	7,5	8,5
15	sil/ba	GH			4	10
15	sil/ba	KH			2	4
15	sil/ba	LF			200	600
15	sil/ba	pH			7	8
15_G	kar	GH	8	25	8	25
15_G	kar	KH	5	20	5	20
15_G	kar	LF	400	850	400	850
15_G	kar	pH	7	8,5	7,5	8,5
16	sil/ba	GH	5	20	5	20
16	sil/ba	KH	1	5	1	5
16	sil/ba	LF	1	400	1	400
16	sil/ba	pH	6	7,5	6	7,5
16	kar/br	GH	8	28	8	28
16	kar/br	KH	3	15	3	15
16	kar/br	LF	400	900	400	900
16	kar/br	pH	7	8,5	7	8,5
17	sil/ba	GH	8	10	8	10
17	sil/ba	KH	6	6	6	6
17	sil/ba	LF	450	450	250	450
17	sil/ba	pH	7,5	7,5	7	8
17	kar/br	GH	12	25	10	25
17	kar/br	KH	7	15	7	15
17	kar/br	LF	500	800	500	900
17	kar/br	pH	7,5	8,5	7,5	8,5
18	kar	GH	14	28	14	28
18	kar	KH	10	20	10	20
18	kar	LF	450	750	750	1250
18	kar	pH	7	8,2	7,5	8,5
18	sil	GH				
18	sil	KH				
18	sil	LF			450	750

LAWA-Typ	Geochemie	Parameter	Abgeleitete Werte		Abgestimmte Werte	
			von	bis	von	bis
18	sil	pH			7	8
19	kar	GH	k.A.	k.A.	14	20
19	kar	KH	k.A.	k.A.	7	11
19	kar	LF	k.A.	k.A.	550	850
19	kar	pH	k.A.	k.A.	7,5	8,5
19	sil	GH			3	10
19	sil	KH			2	6
19	sil	LF			250	550
19	sil	pH				
20	kar	GH	15	20	15	20
20	kar	KH	5	10	5	10
20	kar	LF	500	900	500	900
20	kar	pH	7	8,5	7	8,5
21_N	kar	GH				
21_N	kar	KH				
21_N	kar	LF				
21_N	kar	pH			7,5	8,5
21_S	kar	GH				
21_S	kar	KH				
21_S	kar	LF				
21_S	kar	pH			7,5	8,5
22.1		GH	k.A.	k.A.		
22.1		KH	k.A.	k.A.		
22.1		LF	k.A.	k.A.		
22.1		pH	k.A.	k.A.		
22.2		GH	k.A.	k.A.		
22.2		KH	k.A.	k.A.		
22.2		LF	k.A.	k.A.		
22.2		pH	k.A.	k.A.		
22.3		GH				
22.3		KH				
22.3		LF				
22.3		pH				
23	kar	GH	15	30	15	30
23	kar	KH	10	17,5	10	17,5
23	kar	LF	700	3000	700	3000
23	kar	pH	7,5	8,5	7,5	8,5

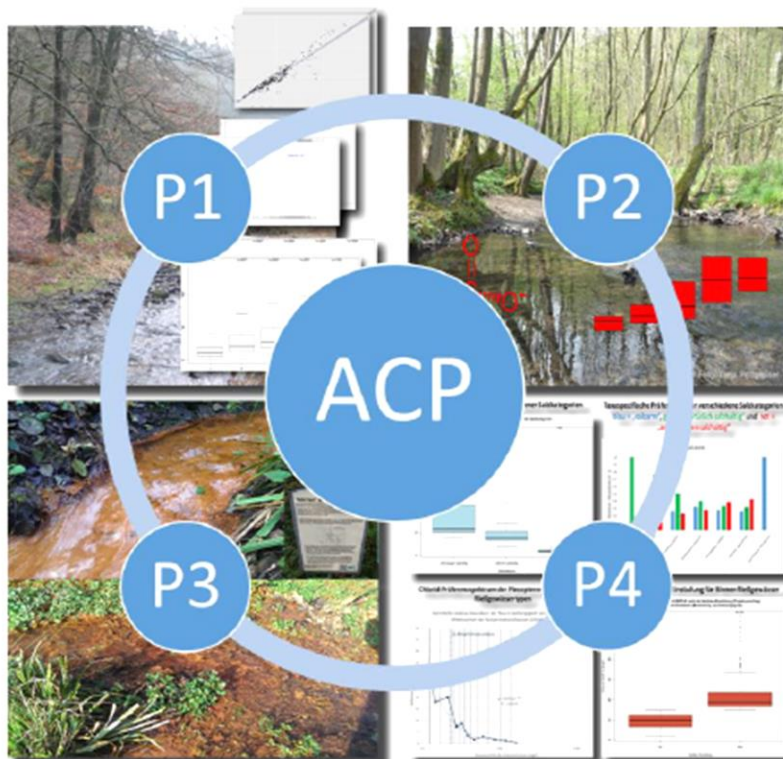
## 4 Zusammenfassung der Ergebnisse der LAWA-Vorhaben zu ACP und damit in Zusammenhang stehender Projekte der Länder

Der 42-seitige Bericht zur Zusammenfassung der Ergebnisse aus vier im Auftrag der LAWA und des LfULG Sachsen erstellten F+E-Projekten zu ACP-Schwellenwerten und Präferenzspektren wurde als gesondertes Dokument abgegeben.



**Korrelationen zwischen biologischen Qualitätskomponenten und allgemeinen physikalisch-chemischen Parametern (ACP) in Fließgewässern**

Zusammenfassung der Ergebnisse aus vier im Auftrag der LAWA und des LfULG Sachsen erstellten F+E-Projekten zu Schwellenwerten und Präferenzspektren



## 5 Literatur

### Zusammengefasste ACP-Projekte

- [P1] **LAWA ACP-Projekt O 3.12** (Halle, M. & A. Müller (2014)): Korrelation zwischen biologischen Qualitätskomponenten und allgemeinen physikalisch-chemischen Parametern. Endbericht. Erarbeitet vom Projektteam umweltbüro essen & chromgruen im Rahmen des Länderfinanzierungsprogramms „Wasser, Boden und Abfall“ (LFP O 3.12), Download (zuletzt aufgerufen am 28.02.2019) unter <http://www.laenderfinanzierungsprogramm.de/static/LFP/Dateien/LAWA/AO/o-3-12-endbericht.pdf>. Anlagen (zuletzt aufgerufen am 28.02.2019) unter: <http://www.laenderfinanzierungsprogramm.de/static/LFP/Dateien/LAWA/AO/o-3-12-anlagen.zip>
- [P2] **LFULG Sulfat-Projekt** (Halle, M. & A. Müller (2015a)): Typspezifische Ableitung von Orientierungswerten für den Parameter Sulfat. Endbericht. Projektteam umweltbüro essen & chromgruen im Auftrag des Sächsischen Landesamt für Umwelt Landwirtschaft und Geologie (LfULG) zum LAWA-Projekt O 3.12 des Länderfinanzierungsprogramms „Wasser, Boden und Abfall“, Download (zuletzt aufgerufen am 28.02.2019) unter <http://www.laenderfinanzierungsprogramm.de/static/LFP/Dateien/LAWA/AO/o-3-12-zu-vorwort.pdf>. Anlagen (zuletzt aufgerufen am 28.02.2019) unter: <http://www.laenderfinanzierungsprogramm.de/static/LFP/Dateien/LAWA/AO/o-3-12-zu-abschlussbericht.pdf>.
- [P3] **LAWA Eisen-Projekt O 6.14** (Halle, M. & A. Müller (2015b)): Fließgewässertypspezifische Ableitung von Orientierungswerten und taxaspezifischen Präferenzspektren des Makrozoobenthos für den Parameter Eisen. Endbericht. Erarbeitet vom Projektteam umweltbüro essen & chromgruen im Rahmen des Länderfinanzierungsprogramms „Wasser, Boden und Abfall“ (LFP O 6.14) und finanziert von der Flussgebietsgemeinschaft Elbe (FGGE), Download (zuletzt aufgerufen am 28.02.2019) unter <http://www.laenderfinanzierungsprogramm.de/static/LFP/Dateien/LAWA/AO/o-6-14-abschlussbericht.pdf>.
- [P4] **LAWA ACP-Projekt O 3.15** (Halle, M. & A. Müller (2017)): Ergänzende Arbeiten zur Korrelation zwischen biologischen Qualitätskomponenten und Allgemeinen physikalisch-chemischen Parametern in Fließgewässern. Endbericht. Erarbeitet vom Projektteam umweltbüro essen & chromgruen im Rahmen des Länderfinanzierungsprogramms „Wasser, Boden und Abfall“ (LFP O 3.15). Download (zuletzt aufgerufen am 28.02.2019) unter: [http://www.laenderfinanzierungsprogramm.de/static/LFP/Dateien/LAWA/AO/o-3\\_15-LAWA\\_ACP\\_Projekt\\_Endbericht\\_10Mai2017\\_1.pdf](http://www.laenderfinanzierungsprogramm.de/static/LFP/Dateien/LAWA/AO/o-3_15-LAWA_ACP_Projekt_Endbericht_10Mai2017_1.pdf). Download Anlage 1 (zuletzt aufgerufen am 28.02.2019) unter: [http://www.laenderfinanzierungsprogramm.de/static/LFP/Dateien/LAWA/AO/o-3\\_15-LFP\\_DigAn\\_01\\_MZB\\_Praeferenzspektren\\_fuer\\_Salzkategorien.xlsx](http://www.laenderfinanzierungsprogramm.de/static/LFP/Dateien/LAWA/AO/o-3_15-LFP_DigAn_01_MZB_Praeferenzspektren_fuer_Salzkategorien.xlsx). Download Anlage 2 (zuletzt aufgerufen am 28.02.2019) unter: [http://www.laenderfinanzierungsprogramm.de/static/LFP/Dateien/LAWA/AO/o-3\\_15-LFP\\_DigAn\\_02\\_MZB\\_Praeferenzspektren\\_CI\\_NH4.xlsx](http://www.laenderfinanzierungsprogramm.de/static/LFP/Dateien/LAWA/AO/o-3_15-LFP_DigAn_02_MZB_Praeferenzspektren_CI_NH4.xlsx). Download Anlage 3 (zuletzt aufgerufen am 28.02.2019) unter: [http://www.laenderfinanzierungsprogramm.de/static/LFP/Dateien/LAWA/AO/o-3\\_15-LFP\\_DigAn\\_03\\_DiatomeenBundesliste%2bProjHalobiestufen%2bSWPK\\_CI\\_P.xlsx](http://www.laenderfinanzierungsprogramm.de/static/LFP/Dateien/LAWA/AO/o-3_15-LFP_DigAn_03_DiatomeenBundesliste%2bProjHalobiestufen%2bSWPK_CI_P.xlsx).

## Regelwerke und Gesetze

LAWA-AO – Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Wasser: Ständiger Ausschuss „Oberirdische Gewässer und Küstengewässer“ (2007): Rahmenkonzeption Monitoring (RaKon) Teil B – Bewertungsgrundlagen und Methodenbeschreibungen, Arbeitspapier II Hintergrund- und Orientierungswerte für physikalisch-chemische Komponenten. 13 S..

LAWA-AO – Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Wasser: Ständiger Ausschuss „Oberirdische Gewässer und Küstengewässer“ (2015): Rahmenkonzeption Monitoring (RaKon) Teil B – Bewertungsgrundlagen und Methodenbeschreibungen, Arbeitspapier II Hintergrund- und Orientierungswerte für physikalisch-chemische Qualitätskomponenten zur unterstützenden Bewertung von Wasserkörpern entsprechend EG-WRRL. Stand 09.01.2015. Download (zuletzt aufgerufen am 28.02.2019) unter [http://www.wasserblick.net/servlet/is/142684/RaKon%20B%20-%20Arbeitspapier-II\\_Stand\\_09012015.pdf?command=downloadContent&filename=RaKon%20B%20-%20Arbeitspapier-II\\_Stand\\_09012015.pdf](http://www.wasserblick.net/servlet/is/142684/RaKon%20B%20-%20Arbeitspapier-II_Stand_09012015.pdf?command=downloadContent&filename=RaKon%20B%20-%20Arbeitspapier-II_Stand_09012015.pdf).

OGewV (2016) – Oberflächengewässerverordnung (Verordnung zum Schutz der Oberflächengewässer) vom 20. Juni 2016 (BGBl. I S. 1373). Download (zuletzt aufgerufen am 28.02.2019) unter: [https://www.gesetze-im-internet.de/bundesrecht/ogewv\\_2016/gesamt.pdf](https://www.gesetze-im-internet.de/bundesrecht/ogewv_2016/gesamt.pdf).

Richtlinie 2000/60/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 23. Oktober 2000 zur Schaffung eines Ordnungsrahmens für Maßnahmen der Gemeinschaft im Bereich der Wasserpolitik (ABl. L 327, 22.12.2000, p.1) (Wasserrahmenrichtlinie (WRRL)).

WHG – Wasserhaushaltsgesetz (Gesetz zur Ordnung des Wasserhaushalts) vom 31. Juli 2009 (BGBl. I S. 2585), das zuletzt durch Artikel 1 des Gesetzes vom 4. August 2016 (BGBl. I S. 1972) geändert worden ist. Download (zuletzt aufgerufen am 28.02.2019) unter: [http://www.gesetze-im-internet.de/bundesrecht/whg\\_2009/gesamt.pdf](http://www.gesetze-im-internet.de/bundesrecht/whg_2009/gesamt.pdf).