

# Interpretationshilfe Saprobie

## Einführung

Der Saprobienindex wurde bereits vor über hundert Jahren als bioindiziertes Maß für den Gehalt an leicht abbaubaren organischen Substanzen entwickelt (KOLKWITZ & MARSSON 1909) und seit dem kontinuierlich weiter optimiert. Die Berechnung erfolgt auf Grundlage von Häufigkeitsklassen.

Im aktuellen PERLODES-Verfahren bestimmt der inzwischen typspezifisch bewertete Saprobienindex (ROLAUFFS ET AL. 2003) als eines von drei gleichberechtigten Bewertungsmodulen (Saprobie, Allgemeine Degradation und Versauerung) die Gesamtbewertung des ökologischen Zustands bzw. Potenzials nach dem „one-out-all-out-Prinzip“. Dazu wird der Saprobienindex anhand von typspezifisch festgelegten Schwellenwerten den fünf ökologischen Zustands-/Potenzialklassen der WRRL zwischen „sehr gut“ (Kl. 1) und „schlecht“ (Kl. 5) zugeordnet.

## Ökologische Aussagefähigkeit

Unter <http://www.fliessgewaesserbewertung.de/kurzdarstellungen/core-metrics/deutscher-saprobienindex/> wird die ökologische Aussagefähigkeit des Saprobienindex wie folgt beschrieben:

„Der Saprobienindex gibt in erster Linie den saprobiellen Zustand eines Gewässers wieder. Je höher der Index ist, desto höher ist die Intensität des Abbaus organischer Substanzen und desto mehr Nahrung steht dem Makrozoobenthos zur Verfügung; eine erhöhte Abbautätigkeit ist zwangsläufig mit einem sinkenden Gehalt an gelöstem Sauerstoff verbunden. Mit zunehmender Saprobie verschiebt sich folglich die Lebensgemeinschaft hin zu solchen Taxa, die Defizite im Sauerstoffgehalt tolerieren können. Diese Taxa gehören überwiegend den ökologischen Gilden Detritusfresser, Feinsedimentbewohner sowie Profundal- und Potamalbewohner an, der Anteil rheophiler Taxa nimmt dagegen ab. Bei Saprobienindices über 3,0 dominieren tolerante Chironomiden und Oligochaeten, bis, bei noch höheren Sauerstoffdefiziten, auch diese den Mikroorganismen weichen und Massenvorkommen des Abwasserpilzes *Sphaerotilus natans* zu beobachten sind.

Die Saprobieklasse bewertet die Abweichung vom saprobiellen Grundzustand des jeweiligen Gewässertyps.

### Reaktion auf Belastung\*

Der Metric-Wert nimmt mit steigender saprobieller Belastung zu.

Eine geringfügigere Zunahme des Metric-Wertes ist auf Grund weiterer Belastungsarten mit potamalisierender Wirkung (Aufstau, Feinsedimenteintrag etc.) zu beobachten.

Gewässerversauerung führt zu einer Abnahme des Saprobienindex.

\* Die Reaktion auf unterschiedliche Belastungsarten sowie die Typspezifität dieser Reaktionen sind bisher kaum untersucht.“

Basierend auf über 13.300 Datensätzen von Makrozoobenthosproben des operativen WRRL-Monitorings aller Bundesländer konnte im Rahmen des UBA-Vorhabens ReBio (*Weiterentwicklung der biologischen Bewertungsverfahren zur EG-Wasserrahmenrichtlinie unter besonderer Berücksichtigung der großen Flüsse*, aktuell in Bearbeitung) nachgewiesen werden, dass der multimetrische Index (MMI) des Moduls „Allgemeine Degradation“ und der Saprobienindex in fast allen LAWA-Gewässertypen hoch signifikant miteinander korreliert sind

(Ausnahmen: Typen 21\_S und 23; für die Typen 10 und 20 existieren verfahrensbedingt keine MMI-Werte) (Abbildungen 1 und 2).

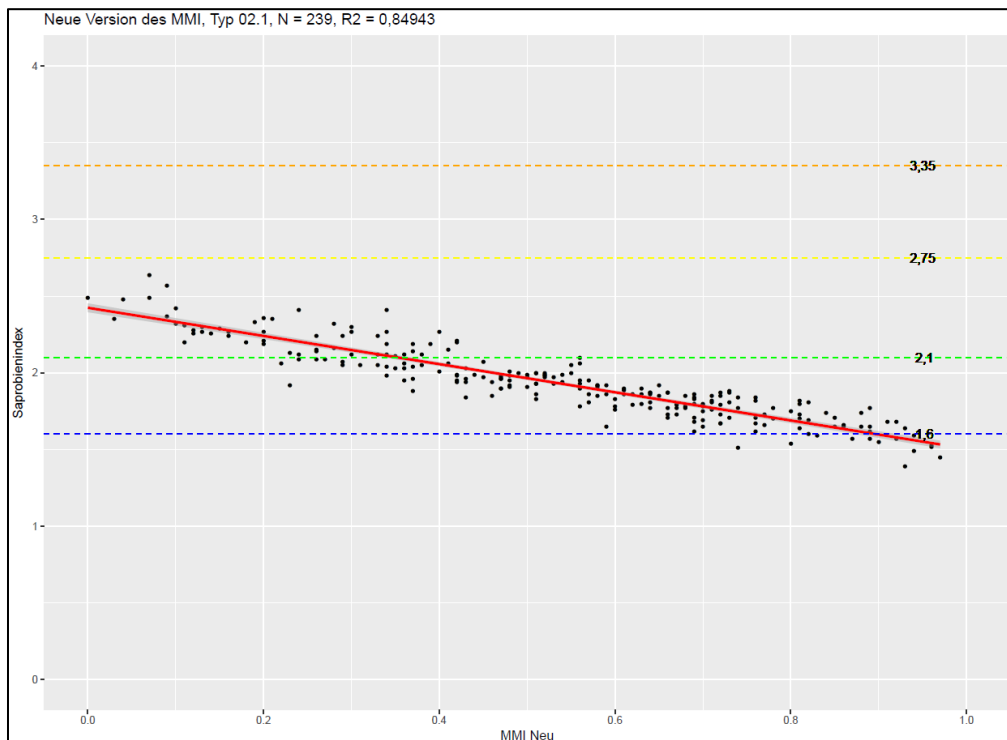


Abbildung 1: Korrelation zwischen dem MMI der Allgemeinen Degradation und dem Saprobienindex beim LAWA-Typ 2.1 ( $r^2 = 0,85$ ).

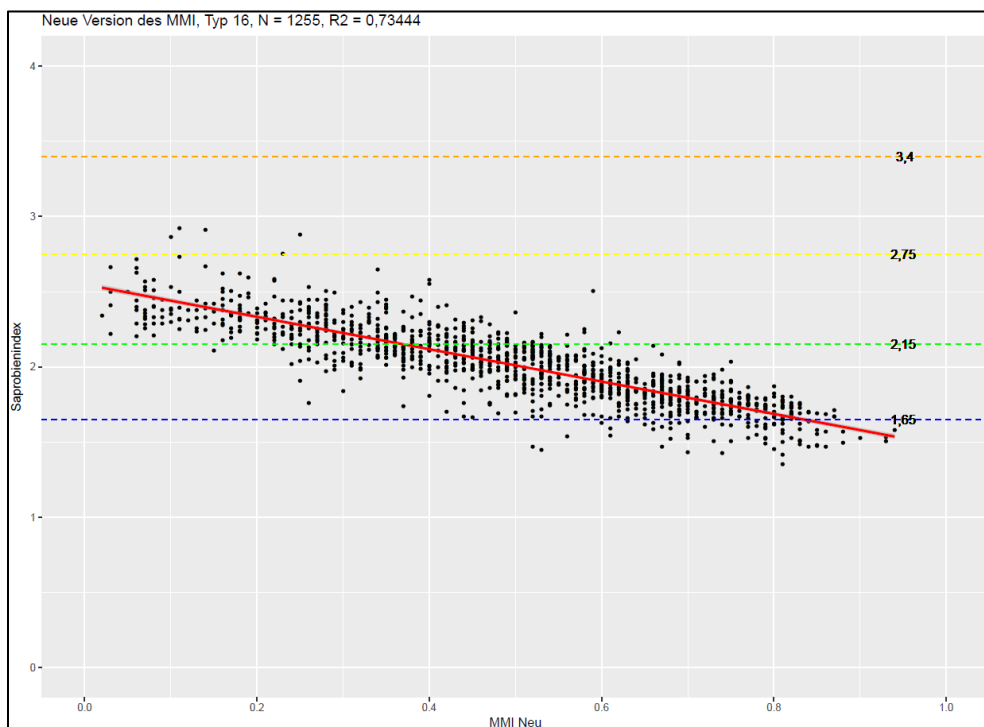


Abbildung 2: Korrelation zwischen dem MMI der Allgemeinen Degradation und dem Saprobienindex beim LAWA-Typ 16 ( $r^2 = 0,73$ ).

Die Bestimmtheitsmaße ( $r^2$ ) der linearen Regressionen zwischen dem MMI und dem Saprobienindex liegen bei den in Tabelle 1 dargestellten Gewässertypen überwiegend im Wertebereich zwischen 0,6 und 0,8 (kleinstes  $r^2 = 0,27$  [Typ 12]; größtes  $r^2 = 0,85$  [Typ 2.1]). Hierbei wurden die Typen 21\_N, 21\_S und 23 aus der Betrachtung ausgeschlossen, da ihre Korrelationen nur ungenügend statistisch abgesichert sind (Bestimmtheitsmaße kleiner 0,20, teils unzureichende Signifikanzniveaus bzw. niedrige Fallzahlen).

Tabelle 1: Korrelationen zwischen dem MMI (Modul „Allgemeine Degradation“) und dem Saprobienindex für die unterschiedlichen LAWA-Fließgewässertypen.

Gewässertypen				Gewässertypen			
Korrelation zw. MMI und SI				Korrelation zw. MMI und SI			
LAWA-Typen	N	r <sup>2</sup>	p-Wert	LAWA-Typen	N	r <sup>2</sup>	p-Wert
Typ 01.1	26	0,76	4,58E-09	Typ 09.1_K	66	0,67	3,73E-17
Typ 01.2	23	0,72	1,81E-07	Typ 09.1_gs	61	0,58	4,58E-13
Typ 02.1	239	0,85	1,25E-99	Typ 09.2	425	0,61	3,95E-88
Typ 02.2	77	0,73	1,68E-23	Typ 11	687	0,56	9,78E-126
Typ 03.1	95	0,81	1,18E-35	Typ 12	274	0,27	6,35E-21
Typ 03.2	52	0,76	3,76E-17	Typ 14	1492	0,56	9,59E-272
Typ 04	31	0,69	4,57E-09	Typ 15	435	0,59	3,73E-86
Typ 05	2820	0,82	0	Typ 15_groß	217	0,33	6,20E-21
Typ 05.1	648	0,83	6,12E-251	Typ 16	1255	0,73	0
Typ 06	779	0,80	6,12E-274	Typ 17	431	0,54	1,25E-73
Typ 06_K	272	0,79	8,14E-94	Typ 18	286	0,56	1,66E-52
Typ 06_gs	97	0,68	1,31E-25	Typ 19_N	301	0,39	1,29E-34
Typ 07	661	0,75	1,72E-202	Typ 19_S	117	0,37	2,55E-13
Typ 09	944	0,79	0	Typ 21_N	143	0,13	5,10E-06
Typ 09.1	357	0,63	7,55E-80	Typ 21_S	15	0,07	0,17843
				Typ 23	36	0,20	0,0037078

Im Rahmen verschiedener LAWA-Projekte (HALLE & MÜLLER 2014 und 2017a) zur datenbasierten Ableitung ökologischer Schwellenwerte für die allgemeinen physikalisch-chemischen Parameter (ACP) wurde nachgewiesen, dass sowohl die MMI-Werte als auch die (nicht klassifizierten) Saprobienindex-Werte häufig ähnlich stark auf die unterschiedlichen Parameter reagieren (mit etwas besseren Korrelationen der Saprobie bei den klassischen saprobiellen bzw. Saprobie-assoziierten Parametern organischer, aber auch trophischer Belastungen). Salinare Ionenbelastungen wirken sich stärker auf den MMI aus. Ebenso zeigt sich, dass auch die statistischen Zusammenhänge zwischen der hydromorphologischen Gewässerausprägung und dem Saprobienindex nur wenig geringer als zwischen der Hydromorphologie und dem MMI ausfallen (HALLE & MÜLLER 2017b). Insbesondere reagieren beide Module besonders stark auf die Strömungsbedingungen sowie auf sommerliche Wassertemperaturen, wobei erhöhte Fließgeschwindigkeiten (insbesondere bei turbulenten Strömungsverhältnissen) und niedrige Sommerwassertemperaturen die Werte beider Module stark zu besseren Bewertungen hin verschieben.

Beide Bewertungsmodule (Saprobie und „Allgemeine Degradation“) weisen somit in ihren spezifischen ökologischen Aussagefähigkeiten zwar Unterschiede auf, die annähernd ihrem jeweiligen Zweck entsprechen, zeichnen sich aber auch durch große Übereinstimmungen ihrer indikativen Eigenschaften aus. Jedoch ist fast immer der MMI des Moduls „Allgemeine Degradation“ schlechter bewertet und bestimmt somit die Gesamtbewertung der jeweiligen

Probe. In Anbetracht der hoch signifikanten Korrelationen zwischen beiden Modulen, kann daraus nicht der generelle Schluss gezogen werden, dass wasserqualitative (bzw. saprobielle oder Saprobie-assoziierte) Defizite heute nur noch in Ausnahmefällen von Bedeutung wären. Vielmehr ist dafür die im Vergleich zur „Allgemeinen Degradation“ erheblich tolerantere typspezifische Bewertung des Moduls Saprobie (vor allem bei den schlechteren Bewertungsklassen) verantwortlich zu machen.

Zur Vermeidung derartiger bewertungsbedingter Fehlschlüsse ist es erforderlich, an den Saprobienindex den gleichen Bewertungsmaßstab wie an den multimetrischen Index des Moduls „Allgemeine Degradation“ anzulegen.

## Neue Schwellenwerte

Auf Grundlage der hoch signifikanten Korrelationen der MMI-Werte mit den Werten des Saprobienindex wurden neue Schwellenwerte zur fünf-stufigen Bewertung des Saprobienindex aus den linearen Regressionen für die MMI-Schwellenwerte (0,20; 0,40; 0,60 und 0,80) abgeleitet (siehe Tabelle 2).

Tabelle 2: Neu abgeleitete und aktuelle Schwellenwerte für die fünf-stufige Bewertung des Saprobienindex.

Gewässertypen LAWA-Typen	Saprobieschwellen bei neuem MMI-Wert				Aktuelle Saprobieschwellen der ÖZ-Klassen			
	0,2	0,4	0,6	0,8	5/4	4/3	3/2	2/1
Typ 01.1	1,68	1,54	<b>1,41</b>	1,28	3,25	2,55	<b>1,80</b>	1,20
Typ 01.2	1,89	1,76	<b>1,64</b>	1,51	3,30	2,60	<b>1,90</b>	1,35
Typ 02.1	2,24	2,06	<b>1,87</b>	1,69	3,35	2,75	<b>2,10</b>	1,60
Typ 02.2	2,32	2,16	<b>2,01</b>	1,85	3,40	2,80	<b>2,20</b>	1,70
Typ 03.1	2,06	1,93	<b>1,80</b>	1,67	3,35	2,65	<b>2,00</b>	1,45
Typ 03.2	2,18	2,04	<b>1,90</b>	1,76	3,35	2,75	<b>2,10</b>	1,60
Typ 04	2,11	2,01	<b>1,91</b>	1,81	3,35	2,75	<b>2,10</b>	1,60
Typ 05	2,06	1,85	<b>1,65</b>	1,45	3,35	2,65	<b>2,00</b>	1,45
Typ 05.1	2,10	1,90	<b>1,70</b>	1,50	3,35	2,75	<b>2,10</b>	1,60
Typ 06	2,19	1,97	<b>1,74</b>	1,52	3,40	2,80	<b>2,20</b>	1,70
Typ 06_K	2,39	2,20	<b>2,00</b>	1,81	3,40	2,80	<b>2,20</b>	1,70
Typ 06_gs	2,32	2,08	<b>1,85</b>	1,62	3,40	2,80	<b>2,20</b>	1,70
Typ 07	2,10	1,91	<b>1,73</b>	1,54	3,35	2,75	<b>2,10</b>	1,60
Typ 09	2,17	1,99	<b>1,81</b>	1,64	3,35	2,75	<b>2,10</b>	1,60
Typ 09.1	2,14	2,03	<b>1,92</b>	1,81	3,40	2,80	<b>2,20</b>	1,70
Typ 09.1_K	2,38	2,24	<b>2,11</b>	1,98	3,40	2,85	<b>2,25</b>	1,80
Typ 09.1_gs	2,30	2,16	<b>2,03</b>	1,89	3,40	2,85	<b>2,25</b>	1,80
Typ 09.2	2,19	2,10	<b>2,02</b>	1,93	3,40	2,85	<b>2,25</b>	1,80
Typ 11	2,39	2,24	<b>2,09</b>	1,93	3,40	2,85	<b>2,25</b>	1,80
Typ 12	2,29	2,23	<b>2,17</b>	2,11	3,45	2,95	<b>2,40</b>	2,00
Typ 14	2,36	2,19	<b>2,02</b>	1,86	3,40	2,85	<b>2,25</b>	1,80
Typ 15	2,29	2,18	<b>2,08</b>	1,98	3,45	2,90	<b>2,30</b>	1,85
Typ 15_groß	2,29	2,22	<b>2,15</b>	2,08	3,45	2,90	<b>2,30</b>	1,85
Typ 16	2,33	2,12	<b>1,90</b>	1,69	3,40	2,75	<b>2,15</b>	1,65
Typ 17	2,26	2,18	<b>2,09</b>	2,01	3,45	2,90	<b>2,30</b>	1,85
Typ 18	2,44	2,24	<b>2,04</b>	1,84	3,40	2,85	<b>2,25</b>	1,80
Typ 19_N	2,36	2,25	<b>2,14</b>	2,04	3,45	2,90	<b>2,35</b>	1,90
Typ 19_S	2,30	2,16	<b>2,03</b>	1,89	3,45	2,90	<b>2,30</b>	1,85

Damit können die ökologischen Bedeutungen beider Module (Saprobie und „Allgemeine Degradation“) bzw. der von ihnen schwerpunktmäßig indizierten Habitatfaktorenkomplexe des Makrozoobenthos unmittelbar miteinander verglichen werden.

Für die LAWA-Typen 21\_N, 21\_S und 23 wurden aufgrund der nur geringen Bestimmtheitsmaße bzw. Signifikanzniveaus keine neuen Saprobie-Schwellenwerte abgeleitet.

Die nachfolgende Tabelle 3 zeigt, dass die größten Verschärfungen gegenüber den aktuellen Klassengrenzen bei den schlechtesten Bewertungsklassen auftreten, während die aktuellen Schwellenwerte zwischen den Klassen „sehr gut“ und „gut“ in den meisten Fällen etwas toleranter werden.

Tabelle 3: Änderungen der neu abgeleiteten gegenüber den aktuellen Schwellenwerten der Bewertungsklassen des Saprobienindex.

Gewässertypen	Änderung der Saprobieschwellen der ÖZ-Klassen			
	5/4	4/3	3/2	2/1
Typ 01.1	-1,57	-1,01	-0,39	0,08
Typ 01.2	-1,41	-0,84	-0,26	0,16
Typ 02.1	-1,11	-0,69	-0,23	0,09
Typ 02.2	-1,08	-0,64	-0,19	0,15
Typ 03.1	-1,29	-0,72	-0,20	0,22
Typ 03.2	-1,17	-0,71	-0,20	0,16
Typ 04	-1,24	-0,74	-0,19	0,21
Typ 05	-1,29	-0,80	-0,35	0,00
Typ 05.1	-1,25	-0,85	-0,40	-0,10
Typ 06	-1,21	-0,83	-0,46	-0,18
Typ 06_K	-1,01	-0,60	-0,20	0,11
Typ 06_gs	-1,08	-0,72	-0,35	-0,08
Typ 07	-1,25	-0,84	-0,37	-0,06
Typ 09	-1,18	-0,76	-0,29	0,04
Typ 09.1	-1,26	-0,77	-0,28	0,11
Typ 09.1_K	-1,02	-0,61	-0,14	0,18
Typ 09.1_gs	-1,10	-0,69	-0,22	0,09
Typ 09.2	-1,21	-0,75	-0,23	0,13
Typ 11	-1,01	-0,61	-0,16	0,13
Typ 12	-1,16	-0,72	-0,23	0,11
Typ 14	-1,04	-0,66	-0,23	0,06
Typ 15	-1,16	-0,72	-0,22	0,13
Typ 15_groß	-1,16	-0,68	-0,15	0,23
Typ 16	-1,07	-0,63	-0,25	0,04
Typ 17	-1,19	-0,72	-0,21	0,16
Typ 18	-0,96	-0,61	-0,21	0,04
Typ 19_N	-1,09	-0,65	-0,21	0,14
Typ 19_S	-1,15	-0,74	-0,27	0,04

Um die Saprobie-Werte einer Probestelle unmittelbar mit den MMI-Werten auf demselben Bewertungsniveau zu vergleichen (d.h. ohne vorherige Bewertung gemäß den neu abgeleiteten Klassengrenzen), können die Saprobie-Werte mit den nachstehenden Formeln (siehe Tabelle 4) auch in einen typspezifischen Saprobie-Score zwischen 0 und 1 umgerechnet werden. Sollte im Einzelfall ein Wert unter oder über dem Wertebereich 0 bis 1 berechnet werden, ist der Wert auf 0 auf- bzw. auf 1 abzurunden.

Tabelle 4: Formeln zur Berechnung eines Scores (y) zwischen 0 und 1 für den Saprobienindex (x).

Gewässertypen	Formeln für neuen SI-Score
LAWA-Typen	SI-Score (y) [0-1] aus SI (x)
Typ 01.1	$y = -1,534078x + 2,770129$
Typ 01.2	$y = -1,600951x + 3,220817$
Typ 02.1	$y = -1,088359x + 2,638100$
Typ 02.2	$y = -1,273700x + 3,157150$
Typ 03.1	$y = -1,533574x + 3,3591$
Typ 03.2	$y = -1,430206x + 3,313167$
Typ 04	$y = -1,960345x + 4,342538$
Typ 05	$y = -0,984031x + 2,223530$
Typ 05.1	$y = -0,999186x + 2,300351$
Typ 06	$y = -0,897045x + 2,163929$
Typ 06_K	$y = -1,039794x + 2,682996$
Typ 06_gs	$y = -0,867475x + 2,208578$
Typ 07	$y = -1,077006x + 2,461497$
Typ 09	$y = -1,149237x + 2,687342$
Typ 09.1	$y = -1,803659x + 4,055613$
Typ 09.1_K	$y = -1,530222x + 3,835195$
Typ 09.1_gs	$y = -1,489203x + 3,618466$
Typ 09.2	$y = -2,370952x + 5,386059$
Typ 11	$y = -1,309096x + 3,331270$
Typ 12	$y = -3,360537x + 7,879180$
Typ 14	$y = -1,178372x + 2,986129$
Typ 15	$y = -1,935680x + 4,628257$
Typ 15_groß	$y = -2,781641x + 6,579416$
Typ 16	$y = -0,929097x + 2,367422$
Typ 17	$y = -2,438260x + 5,703612$
Typ 18	$y = -0,997194x + 2,631584$
Typ 19_N	$y = -1,857010x + 4,579573$
Typ 19_S	$y = -1,489362x + 3,620411$

## Generelle Interpretationshinweise

Für eine kausale Belastungsanalyse reichen die Bewertungsergebnisse der Perloides-Module Saprobie und „Allgemeine Degradation“ allein nicht aus, um zwischen einer primär stofflichen oder hydromorphologischen Belastungssituation zu unterscheiden. Vielmehr sind dafür die Arten- und Abundanzverhältnisse anhand geeigneter faktorenspezifischer Einzelmetriks (z.B. funktionale Gruppen bzw. Traits oder parameterspezifische Taxapräferenzen und Indexwerte) im Vergleich zu den messbaren Habitatbedingungen auszuwerten. Wenn jedoch beide Module anhand desselben Maßstabs bewertet werden, können zumindest tendenzielle indikatorische Unterschiede zwischen ihnen zur Geltung kommen.

Generell ist zu berücksichtigen, dass sich hydromorphologische und wasserqualitative Prozesse direkt und in ihren biozönotischen Auswirkungen sehr stark gegenseitig beeinflussen, so dass z.B. auch strukturelle Renaturierungsmaßnahmen zur Verbesserung der wasserqualitativen Habitatbedingungen führen können (z.B. über Veränderungen der Licht-, Temperatur- und Strömungsverhältnisse).

## Literatur

- HALLE, M. & A. MÜLLER (2014): LAWA ACP-PROJEKT O 3.12: 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 unter [http://www.laenderfinanzierungsprogramm.de/cms/WaBoAb\\_prod/WaBoAb/Vorhaben/LAWA/Vorhaben\\_des\\_Ausschusses\\_Oberflaechengewaesser\\_und\\_Kuestengewaesser\\_\(AO\)/O\\_3.12/LAWA\\_ACP\\_Projekt\\_O3.12\\_Endbericht\\_17Apr2014.pdf](http://www.laenderfinanzierungsprogramm.de/cms/WaBoAb_prod/WaBoAb/Vorhaben/LAWA/Vorhaben_des_Ausschusses_Oberflaechengewaesser_und_Kuestengewaesser_(AO)/O_3.12/LAWA_ACP_Projekt_O3.12_Endbericht_17Apr2014.pdf).
- HALLE, M. & A. MÜLLER (2017a, noch unveröffentlicht): LAWA ACP-PROJEKT O 3.15: 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).
- HALLE, M. & A. MÜLLER (2017b, noch unveröffentlicht): Auswertung der Ergebnisse aus dem biologischen WRRM-Monitoring der Fließgewässer in NRW. Endbericht. Erarbeitet vom Projektteam umweltbüro essen & chromgruen im Auftrag des Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz NRW (LANUV NRW).
- KOLKWITZ, R. & M. MARSSON (1909): Ökologie der tierischen Saprobien. Beiträge zur Lehre von der biologischen Gewässerbeurteilung. Internationale Revue der gesamten Hydrobiologie und Hydrographie 2: 126-152.
- ROLAUFFS, P., HERING, D., SOMMERHÄUSER, M., JÄHNIG, S. & S. RÖDIGER (2003): Entwicklung eines leitbildorientierten Saprobienindex für die biologische Fließgewässerbewertung. Umweltbundesamt Texte 11/03. Forschungsbericht 200 24 227.