

# Gewässerunterhaltung für den guten Zustand

Schriftenreihe, Heft 8/2018



# Gewässerstruktur: Monitoring zur Effizienzkontrolle an der Schwarzen Elster

Dipl. Biol. Norbert Große, Dipl. Biol. Tine Berg, Dipl. Biol. Jürgen Neumann

# Inhalt

<b>1</b>	<b>Zusammenfassung</b> .....	<b>7</b>
1.1	Wesentliche Kernaussagen .....	7
1.2	Projektzusammenfassung .....	7
<b>2</b>	<b>Anlass der Untersuchungen</b> .....	<b>11</b>
<b>3</b>	<b>Untersuchungsgebiet und –termine</b> .....	<b>12</b>
3.1	Referenzzustand .....	13
3.2	Längsschnittbetrachtung bei Untersuchungsbeginn.....	14
3.3	Beschreibung der Messstellen .....	22
3.4	Untersuchungstermine .....	25
<b>4</b>	<b>Methodik</b> .....	<b>26</b>
4.1	Physikalisch-chemische Parameter.....	26
4.2	Querprofile und Gewässersedimente .....	26
4.3	Makrozoobenthos .....	27
4.4	Makrophyten und Phytobenthos .....	28
4.5	Darstellung der Ergebnisse als ökologische Zustandsklassen .....	29
4.6	Statistische Auswertungen .....	29
<b>5</b>	<b>Ergebnisse</b> .....	<b>33</b>
5.1	Maßnahmen bzw. Veränderungen an den Untersuchungsstellen der Schwarzen Elster .....	33
5.2	Physikalisch-chemische Messwerte .....	34
5.3	Querprofilaufnahmen mit Fließgeschwindigkeit .....	36
5.4	Gewässersedimente.....	44
5.5	Makrozoobenthos .....	54
5.6	Makrophyten/Phytobenthos.....	76
5.7	Erörterung von methodischen Problemen bei der Probenahme, Eignung der Messstellen.....	79
<b>6</b>	<b>Statistische Auswertungen</b> .....	<b>80</b>
6.1	Univariate Statistik.....	80
6.2	Multivariate Statistik.....	84
<b>7</b>	<b>Bewertung</b> .....	<b>88</b>
	<b>Danksagung</b> .....	<b>94</b>
	<b>Literaturverzeichnis</b> .....	<b>95</b>

## Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Untersuchungsstellen an der Schwarzen Elster .....	12
Abbildung 2: Schwarze Elster unmittelbar unterhalb vom Teilungwehr Brischko .....	14
Abbildung 3: Vergleich der historischen und aktuellen Situation der Schwarzen Elster.....	15
Abbildung 4: Wehr Wasserkraftwerk Kobermühle .....	16
Abbildung 5: Mühlgraben mit Einlaufbauwerk Stadtteich.....	16
Abbildung 6: Fließstrecke der Schwarzen Elster parallel zur Särchener Straße.....	17
Abbildung 7: Schwarze Elster direkt unterhalb der Unterquerung der Särchener Straße .....	18
Abbildung 8: Lange Gleite mit starkem Rückstau (links) u. viel Gefällevernichtung (rechts) im Bereich Straßen- kreuzung S 95. ....	18
Abbildung 9: Wehr Keula mit Pegel und zusätzlich hilfweisem Brett-Aufstau .....	19
Abbildung 10: Einmündung von zwei rechtsseitigen Gräben, die jeweils Teiche durchfließen.....	20
Abbildung 11: Schwarze Elster kurz oberhalb Kläranlage Wittichenau. ....	20
Abbildung 12: Ablaufbereich der Kläranlage Wittichenau (links) und Verschmischungszone mit der Schwarzen Elster (rechts).....	21
Abbildung 13: Zustand der Messstellen SE_1 (links) und SE_2 (rechts) im Herbst 2015. ....	21
Abbildung 14: Messstelle SE_6 mit Mündung Altlauf (links) und Blick aufwärts (rechts), Oktober 2015. ....	22
Abbildung 15: Messstelle SE_7 Blick abwärts (links) und Blick aufwärts (rechts), Mai 2016. ....	22
Abbildung 16: Messstelle SE_8 in Fließrichtung Oktober 2015 (links) bzw. September 2016 (rechts). ....	23
Abbildung 17: Messstelle SE_1 abwärts (links) und aufwärts (rechts), September 2016. ....	24
Abbildung 18: Messstelle SE_3 abwärts (links) und aufwärts (rechts), Mai 2016.....	24
Abbildung 19: Messstelle SE_4 abwärts (links) und aufwärts (rechts), September 2016. ....	25
Abbildung 20: Durchfluss [m <sup>3</sup> /s] in der Schwarzen Elster oberhalb und unterhalb des Teilungwehres Brischko, .....	34
Abbildung 21: Querprofilaufnahme an der Messstellen SE_1.....	38
Abbildung 22: Querprofilaufnahme an der Messstellen SE_3.....	39
Abbildung 23: Querprofilaufnahme an der Messstellen SE_6.....	41
Abbildung 24: Querprofilaufnahme an der Messstellen SE_7.....	42
Abbildung 25: Querprofilaufnahme an der Messstellen SE_8.....	43
Abbildung 26: Erfassung Sedimente, September 2016 .....	54
Abbildung 27: Multimetrischer Index, Rheoindex und Artenzahl an SE_6, 2015-2017 .....	56
Abbildung 28: Shade Plot für SE_6 im Untersuchungszeitraum 2015 bis 2017 .....	57
Abbildung 29: Multimetrischer Index, Rheoindex und Artenzahl an SE_7 2016-2017 .....	59
Abbildung 30: Shade Plot für SE_7 2016-2017.....	60
Abbildung 31: Multimetrischer Index, Rheoindex und Artenzahl an SE_8 2015-2017 .....	62
Abbildung 32: Shade-Plot für SE_8 2015-2017 .....	63
Abbildung 33: Shade Plot SE_8, 8a .....	64
Abbildung 34: Multimetrischer Index, Rheoindex und Artenzahl an SE_1 2012-2017 .....	67
Abbildung 35: Shade Plot für SE_1, Herbstbeprobungen 2012 – 2017 .....	68
Abbildung 36: Multimetrischer Index, Rheoindex und Artenzahl an SE_3 2012-2017 .....	70
Abbildung 37: Shade Plot SE_3 2012 – 2017.....	71
Abbildung 38: Multimetrischer Index, Rheoindex und Artenzahl an SE_4 2012-2017 .....	73
Abbildung 39: Shade Plot für SE_4 2012 – 2017, Arten mit Relevanz > 2% .....	74
Abbildung 40: Bemerkenswerte Funde von Makrozoobenthos-Organismen: .....	75
Abbildung 41 Boxplots für DFI (links) und Saprobie (rechts) .....	81
Abbildung 42: Boxplots des Anteils EPT-Taxa und Rheoindex.....	82
Abbildung 43: Boxplots der Artenanzahl vor (Before) und nach (After) den Maßnahmen an SE_3 und SE_4.....	83
Abbildung 44: Dendrogramm für die Untersuchungsstellen 2012 - 2017 .....	85
Abbildung 45: NMDS für die Untersuchungsstellen 2015 - 2017 .....	86
Abbildung 46: NMDS für die Untersuchungsstellen 2012 - 2017 .....	87

## Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Probenahmeterminale 2015 - 2017 .....	25
Tabelle 2: Angewandte Analysenverfahren physikalisch-chemische Parameter .....	26
Tabelle 3: Anforderungen an allgemeine physikalisch-chemische Komponenten für den LAWA-Gewässertyp 15.....	26
Tabelle 4: Farbliche Darstellung der durch Indices angezeigten Gewässerqualität nach DIN 8689-2 .....	29
Tabelle 5: Veränderungen der Schwarzen Elster an den Messstellen vor den Probenahmen der Jahre 2012 bis 2017 .....	33
Tabelle 6: Messstelle SE_6: Vergleich Messwerte mit Orientierungswerten gemäß OGewV .....	35
Tabelle 7: Messstelle SE_8: Vergleich Messwerte mit Orientierungswerten gemäß OGewV .....	35
Tabelle 8: Messstelle SE_1: Vergleich Messwerte mit Orientierungswerten gemäß OGewV .....	35
Tabelle 9: Messstelle SE_4: Vergleich Messwerte mit Orientierungswerten gemäß OGewV .....	36
Tabelle 10: Lage der Querprofile an der Schwarzen Elster.....	37
Tabelle 11: Transektkartierung 2016 Sedimente Schwarze Elster Bereich SE_6,.....	44
Tabelle 12: Transektkartierung 2017 Sedimente Schwarze Elster Bereich SE_6,.....	45
Tabelle 13: Transektkartierung 2016 Sedimente Schwarze Elster Bereich SE_7,.....	46
Tabelle 14: Transektkartierung 2017 Sedimente Schwarze Elster Bereich SE_7,.....	47
Tabelle 15: Transektkartierung 2016 Sedimente Schwarze Elster Bereich SE_8,.....	48
Tabelle 16: Transektkartierung 2017 Sedimente Schwarze Elster Bereich SE_8,.....	49
Tabelle 17: Transektkartierung 2016 Sedimente Schwarze Elster Bereich SE_1,.....	50
Tabelle 18: Transektkartierung 2017 Sedimente Schwarze Elster Bereich SE_1,.....	51
Tabelle 19: Transektkartierung 2016 Sedimente Schwarze Elster Bereich SE_3,.....	52
Tabelle 20: Transektkartierung 2017 Sedimente Schwarze Elster Bereich SE_3,.....	52
Tabelle 21: Transektkartierung 2016 Sedimente Schwarze Elster Bereich SE_4,.....	53
Tabelle 22: Transektkartierung 2017 Sedimente Schwarze Elster Bereich SE_4,.....	54
Tabelle 23: Ökologischer Zustand der Schwarzen Elster Messstellen SE_6, von 2015 - 2017.....	55
Tabelle 24: Ökologischer Zustand der Schwarzen Elster Messstelle SE_2, von 2012 - 2015.....	58
Tabelle 25: Ökologischer Zustand der Schwarzen Elster Messstellen SE_7, 2016 / 2017.....	58
Tabelle 26: Ökologischer Zustand der Schwarzen Elster Messstellen SE_8, von 2015 - 2017.....	61
Tabelle 27: Ökologischer Zustand der Schwarzen Elster Messstelle SE_1, von 2012 - 2017.....	66
Tabelle 28: Ökologischer Zustand der Schwarzen Elster Messstelle SE_3, von 2012 - 2017.....	69
Tabelle 29: Ökologischer Zustand der Schwarzen Elster Messstelle SE_4, von 2012 - 2017.....	72
Tabelle 30: Ergebnisse der Bewertung Makrophyten/Phytobenthos an SE_6.....	76
Tabelle 31: Ergebnisse der Bewertung Makrophyten/Phytobenthos an SE_7.....	76
Tabelle 32: Ergebnisse der Bewertung Makrophyten/Phytobenthos an SE_8.....	77
Tabelle 33: Ergebnisse der Bewertung Makrophyten/Phytobenthos an SE_1.....	77
Tabelle 34: Ergebnisse der Bewertung Makrophyten/Phytobenthos an SE_2 (2015) .....	77
Tabelle 35: Ergebnisse der Bewertung Makrophyten/Phytobenthos an SE_3.....	78
Tabelle 36: Ergebnisse der Bewertung Makrophyten/Phytobenthos an SE_4.....	78
Tabelle 37: p-Werte des statistischen Vergleichs zwischen SE_1, SE_3 und SE_4 (2012-2014).....	80
Tabelle 38: Statistischer Vergleich (p-Werte) der Bewertungen.....	81
Tabelle 39: Statistischer Vergleich (p-Werte) der Bewertungen des MZB .....	83
Tabelle 40: Statistischer Vergleich (p-Werte) der Bewertungen.....	84
Tabelle 41: Zusammenfassung Bewertung Makrozoobenthos 2012 – 2017 .....	89
Tabelle 42: Artenzahlen an den Untersuchungsstellen 2012 – 2017 .....	90
Tabelle 43: Zusammenfassung Bewertung Makrophyten/Phytobenthos 2015 - 2017.....	92

## Abkürzungsverzeichnis

Abb.	Abbildung
BACI	Before-After Control-Impact
BfUL	Staatliche Betriebsgesellschaft für Umwelt und Landwirtschaft
bzw.	beziehungsweise
cf.	(lat. confer = vergleiche) Artbestimmung unsicher
CPOM	grobes partikuläres organisches Material
DFI	Deutscher Fauna-Index
% EPT	Anteil Ephemeroptera, Plecoptera, Trichoptera an Gesamtbiozönose
% EPTBCO	Anteil Ephemeroptera, Plecopteren, Trichoptera, Bivalvia, Coleoptera, Odonata
FPOM	feines partikuläres organisches Material
GPS	Global Positioning System
GK	Güteklasse
GKK	Gauss-Krüger Koordinaten
LF	elektrische Leitfähigkeit
LfUG	Sächsisches Landesamt für Umwelt und Geologie (Bezeichnung bis Juli 2008)
LfULG	Sächsisches Landesamt für Umwelt Landwirtschaft und Geologie (neu ab 08.2008)
Mdg.	Mündung
MF	Mineralisches Feinsubstrat (< 0,1 mm)
MKZ	Messstellenkennzahl
MP	Messpunkt, Messstelle
MZB	Makrozoobenthos
n.a.	nicht analysiert
n.b.	nicht bestimmbar
N	Stickstoff
NH <sub>4</sub> (-N)	Ammonium (-stickstoff)
NO <sub>2</sub> (-N)	Nitrit (-stickstoff)
OGewV	Oberflächengewässerverordnung
oh.	oberhalb
O <sub>2</sub>	Sauerstoff
OWK	Oberflächenwasserkörper
QK	Qualitätsklasse
P	Phosphor
POM	partikuläres organisches Material
RL	Status nach Rote Liste Deutschlands
SRP	gelöster molybdatreaktiver Phosphor (entspricht ortho-Phosphat-P)
SSI	Sauerstoffsättigungsindex
TP	Gesamtphosphat (total phosphorus)
TL	Lufttemperatur
TW	Wassertemperatur
u.a.	unter anderem
uh.	unterhalb
v.a.	vor allem
WKA	Wasserkraftanlage
WRRL	Wasserrahmenrichtlinie
z.B.	zum Beispiel

# 1 Zusammenfassung

## 1.1 Wesentliche Kernaussagen

- Eine stärker ökologisch orientierte Gewässerunterhaltung kann den ökologischen Zustand von Gewässerabschnitten in Fließgewässern des Tieflands bereits in relativ kurzen Zeiträumen verbessern.
- Ein Schlüsselfaktor zur Verbesserung der Zustandseinstufung von Gewässerabschnitten mit Unterhaltungsbedarf ist das Belassen oder die Initiierung von Strömungsdiversität, in dem z. B. im Gewässer und am Ufer wechselseitig gekrautet / gemäht wird und nicht der gesamte Pflanzenbestand entfernt wird.
- Eine gezielte Bewirtschaftung von aufwachsenden Wasserpflanzen (Makrophytenmanagement) kann in Abschnitten mit unzureichender natürlicher Beschattung aufgrund fehlender Ufergehölzvegetation zu einer Verbesserung der ökologischen Zustandseinstufung anhand der Pflanzen („Makrophyten“) und gleichzeitig der Kleinlebewesen („Makrozoobenthos“) führen.
- Sobald Strömungsgeschwindigkeiten und insbesondere Strömungsdiversität in einem Gewässerabschnitt deutlich von den natürlichen Bedingungen im Gewässer abweichen (z. B. durch Stauhaltungen oder zu groß dimensionierte Abflussquerschnitte), kommt es zu einer Verschlechterung der Zustandseinstufung bewertet anhand von Kleinlebewesen („Makrozoobenthos“).
- Massivere Eingriffe im Rahmen der Gewässerunterhaltung wie z. B. die Entschlammung von Gewässerbereichen wirken sich negativ auf die ökologische Zustandsbewertung aus.
- Naturnah strukturierte Gewässerabschnitte mit standorttypischer Gehölzvegetation und gewässertypspezifischer Verlaufsform benötigen keine Gewässerunterhaltung und weisen vergleichsweise stabile und gute Zustandseinstufungen auf.

## 1.2 Projektzusammenfassung

- Mit dem Ziel, in der Schwarzen Elster zwischen Brischko und Dörghausen den „guten“ ökologischen Zustand nach WRRL zu erreichen, wurden zwischen 2012 und 2015 im Untersuchungsgebiet verschiedene Maßnahmen (Grundberäumung, Profilvergrößerung, Veränderung Makrophytenmanagement, Einbringen von Totholz (Astpackungen) an den Uferlinien einiger Untersuchungsabschnitte) umgesetzt. Mit diesen sollten unter anderem die Voraussetzungen für die Ableitung höherer und auch dynamisierter Durchflüsse geschaffen werden. Die vorliegenden Untersuchungen zwischen 2015 und 2017 dienten der Erfassung der Auswirkungen der Maßnahmen auf die Qualitätskomponenten Makrozoobenthos und Makrophyten/Phytobenthos.
- Die Erhöhung der Durchflüsse der Schwarzen Elster unterhalb des Wehres Brischko von ursprünglich relativ konstanten ca. 0,2 - 0,3 m<sup>3</sup>/s bis zum Sommer 2015 erfolgte in einem ersten Schritt im Oktober 2015 auf rund 0,5-0,6 m<sup>3</sup>/s. Im Frühjahr 2016 wurden die Durchflüsse weiter auf ca. 1 m<sup>3</sup>/s erhöht, wenn es das Wasserdargebot der Schwarzen Elster oberhalb des Wehres Brischko erlaubte. Eine Dynamisierung im Sinne von hohen Durchflüssen deutlich oberhalb von 1 m<sup>3</sup>/s wurde bislang nicht umgesetzt. Im Juni 2017 wurde, nach einer Niedrigwasserperiode, der Durchfluss unterhalb des Wehres Brischko wieder auf ca. 0,5 m<sup>3</sup>/s verringert.
- Die Längsschnittbegehung und die chemischen sowie chemisch-physikalischen Messwerte zeigten keine Hinweise auf erhebliche Belastungsquellen zwischen den Messstellen. Die Messwerte unterhalb der KA Wit-

tichenau (SE\_1, SE\_4) unterschieden sich im Untersuchungszeitraum, außer im September 2017, nicht wesentlich von denen im Oberlauf der Kläranlage (SE\_6, SE\_8). Im Herbst 2017 war am Untersuchungstag die Phosphatkonzentration unterhalb der Kläranlage deutlich höher als im Oberlauf. Damit sind die Untersuchungsstellen grundsätzlich von der Wasserqualität her miteinander vergleichbar.

- Die Konzentrationen von Gesamtphosphor überstiegen an allen Messstellen und zu allen Zeitpunkten den Orientierungswert nach OGeV (2016). Im September 2016 war ebenfalls der Orientierungswert für reaktiven, pflanzenverfügbaren Phosphor (SRP) überschritten. In einem günstigen, dem Gewässertyp entsprechenden Bereich lagen jeweils die Konzentrationen von Ammonium (NH<sub>4</sub>-N), Sauerstoffgehalt, Wassertemperatur und pH-Wert.
- Die Bewertungen des Makrozoobenthos an den Maßnahmenbereichen ergaben vor der Erhöhung des Durchflusses bis Mai 2016 stark schwankende Zustandsklassen zwischen „mäßig“ und „schlecht“, wobei die Referenz SE\_4 weitgehend konstant als „gut“ bis kurzzeitig „mäßig“ mit Tendenz zu „gut“ eingestuft wurde. Die Ergebnisse der Makrozoobenthosuntersuchungen an den drei im Rahmen dieses Projektes neu aufgenommenen Untersuchungsstellen SE\_6, SE\_7 und SE\_8 lagen bis Mai 2016 mit ihrem „mäßigen“ (SE\_6) bzw. „unbefriedigenden“ (SE\_7, SE\_8) Zustand in der Spanne, die auch bei den bisherigen Untersuchungen der Jahre 2012-2015 an SE\_1 bis SE\_3 auftrat.
- Die Bewertungen des Makrozoobenthos an den Maßnahmenbereichen verbesserten sich infolge der Durchflusserhöhung auf ca. 1 m<sup>3</sup>/s bis zum Frühjahr 2017 um eine (SE\_3, SE\_6) bis zwei (SE\_1, SE\_7, SE\_8) Zustandsklassen. Im Frühjahr 2017 wiesen alle Untersuchungsstellen, mit Ausnahme von SE\_3, den „guten“ ökologischen Zustand auf.
- Die Verringerung des Durchflusses ab Juni 2017 auf ca. 0,5 m<sup>3</sup>/s am Wehr Brischko führte im September 2017 zur Verschlechterung der Bewertung des Makrozoobenthos an drei Untersuchungsstellen (SE\_7, SE\_8, SE\_1) und ergab den „mäßigen“ ökologischen Zustand.. An SE\_7 und SE\_8 lagen die Einstufungen an der Grenze zur guten Zustandsklasse. Im Herbst 2017 wies die Untersuchungsstelle SE\_3, trotz geringer Fließgeschwindigkeit, den „guten“ ökologischen Zustand auf, jedoch lag die Bewertung an der Klassengrenze zum „mäßigen“ Zustand.
- Die Gewässerflora wurde im Oktober 2015 erstmalig untersucht. Die Bewertung der Gewässerflora ergab an allen fünf Untersuchungsstellen eine „mäßige“ Zustandsklasse. Der Termin für die Erfassung der Gewässerflora lag, wegen des Projektbeginns, außerhalb des in der Methode empfohlenen Untersuchungszeitraums. Dadurch waren an fast allen Messstellen die Bewertungen des Moduls Makrophyten „schlecht“ und nicht abgesichert.
- Im Juli 2016 ergab sich für die Untersuchung der Gewässerflora an den Untersuchungsstellen SE\_1, SE\_3, SE\_4, SE\_6 und SE\_8 eine „mäßige“ Zustandsklasse. Die Untersuchungsstelle SE\_7 wurde mit „gut“ bewertet. Begründet liegt die bessere Gesamtbewertung an SE\_7 in der Bewertung des Moduls Makrophyten mit „sehr gut“, da in diesem Untersuchungsabschnitt die leitbildtypischen Makrophytenarten *Ranunculus penicillatus* und *Callitriche hamulata* vorkamen. Die Bewertung der Makrophyten verbesserte sich gegenüber 2015 ebenfalls an SE\_1 und SE\_3.
- Im Sommer 2017 wurde die Gewässerflora an den Abschnitten SE\_6 und SE\_7 mit „gut“ bewertet. Die anderen Abschnitte lagen weiterhin im Bereich der „mäßigen“ Zustandsklasse. Die leitbildtypische Makrophytenart *Callitriche hamulata* kam nun an allen Untersuchungsabschnitten vor.
- An SE\_8 wurden im Oktober 2015 und Mai 2016 gesonderte Untersuchungen des Makrozoobenthos an Makrophyten und den restlichen Sohlsubstraten durchgeführt. Damit konnten die Makrophyten hinsichtlich ihrer Relevanz für das Makrozoobenthos (Bedeutung der Komponente als Habitat) bewertet werden. Die getrennte Untersuchung der Besiedlung von Makrophyten und dem restlichen Gewässersediment ergab eine



nahezu identische Indexbewertung. Die sehr ähnliche Bewertung weist auf eine hohe Stabilität des Bewertungssystems PERLODES hin. Ein Vergleich der Artenzusammensetzung zwischen der Besiedlung von Makrophyten und der Besiedlung des Sediments zeigte dagegen eine geringere Ähnlichkeit (45 % bzw. 58 %) als die Ähnlichkeiten bei den Unterproben des Jahres 2012 (59 – 73 %). Die Besiedlungsdichte war auf den Makrophyten wesentlich höher und die Artenvielfalt etwas höher als auf dem Gewässersediment. Insbesondere Eintagsfliegenlarven kamen in höherer Artenvielfalt und größerer Dichte auf den Wasserpflanzen vor. Die Bedeutung der Makrophyten als Habitat für das Makrozoobenthos wurde durch die getrennten Beprobungen deutlich.

- Ab dem Frühjahr 2016 wurde das Makrophytenmanagement deutlich verringert und der Durchfluss insgesamt erhöht. Bis zum Frühjahr 2017 führte dies bei der Bewertung des Makrozoobenthos an allen Messstellen außer SE\_3 (uh. Brücke Neudorf) zu einem starken Anstieg des Rheoindex. Im Gegensatz zu den anderen Messstellen führte die Erhöhung des Durchflusses in der Schwarzen Elster an der Untersuchungsstelle SE\_3 zu keiner deutlichen Erhöhung der Fließgeschwindigkeit, vielmehr blieb diese im Durchschnitt bei unter 0,2 m/s. Ein Anstieg des Rheoindex blieb an dieser Messstelle zunächst aus und die Zustandsklasse auf Basis des Makrozoobenthos verbesserte sich nur auf „mäßig“. Im Herbst 2017 wurde SE\_3, trotz sehr geringer Fließgeschwindigkeit, knapp mit „gut“ bewertet.
- Statistische Signifikanzen zwischen den Bewertungsmetricen des Makrozoobenthos konnten aufgrund des kleinen Stichprobenumfangs nur in geringer Zahl nachgewiesen werden. Besonders das geplante statistische Design für die vergleichende Untersuchung vor und nach den Maßnahmen an den Untersuchungsstellen konnte nur bedingt angewendet werden, da es keine dreimaligen Untersuchungen der Biozönosen vor Beginn der Maßnahmen gab. Die ab 2013 durchgeführten Grundräumungen und variierenden Gewässerunterhaltungsmaßnahmen führten zu stark schwankenden Bewertungsergebnissen, wodurch viele Veränderungen der Metricen nicht statistisch signifikant waren. Der für die statistischen Analysen herangezogene Zeitraum nach den Maßnahmen lag zeitlich nahezu direkt im Anschluss an die Durchflusserhöhung im Frühjahr 2016, so dass keine Anpassungs-/Stabilisierungsphase der Biozönosen an die veränderten Bedingungen existierte. Höhere Durchflüsse wurden ab Juni 2017 nicht mehr realisiert, so dass die dritte Untersuchung im Zeitraum nach den Maßnahmen hinsichtlich des Durchflusses gegenüber den beiden vorangegangenen Untersuchungen deutlich variierte.
- Das Untersuchungsgebiet besteht überwiegend aus Kaskaden von Wehren und bei geringem Durchfluss den dazwischen liegenden gestauten Bereichen. Frei fließende Abschnitte waren bis 2016 bei Durchflüssen von ca. 0,2 m<sup>3</sup>/s selten vorhanden. Das größte Problem der Schwarzen Elster war bis 2015/16 die mangelnde Strömung (zu niedrige Fließgeschwindigkeit), hervorgerufen durch zu geringen Durchfluss und die punktuelle Gefällevernichtung. Die mangelnde Strömung führte zu großflächigen Ablagerungen organisch geprägter Schlämme insbesondere in den Rückstaubereichen. Mit Erhöhung der Durchflüsse wurde dieses Problem etwas verkleinert (Verringerung des Rückstaubereiches). Mit stärker dynamisierten Durchflüssen können Ablagerungen von Feinsedimenten weiter verringert werden.
- Die Quellen für die Schlammbelastung konnten bei der Begehung nicht geklärt werden. Die wahrscheinlichsten Ursachen, die vermutlich zusammen wirken, sind der Austrag aus Fischteichen, interne Produktion durch Makrophyten, Einbringung von Gartenabfällen durch Anwohner bzw. Kleingartenbesitzer und Falllaubbeitrag im Herbst. Bei höherer Fließgeschwindigkeit und ohne den Rückstau von Wehren würden diese organischen Stoffe weiter transportiert und deutlich weniger Probleme bereiten. Dies zeigte sich auch anhand des deutlichen Rückgangs an FPOM an den Messstellen parallel mit der Durchflusserhöhung bei der Untersuchung im September 2016.
- Die Wirksamkeit der an der Schwarzen Elster durchgeführten Maßnahmen kann durch dieses Projekt nicht abschließend beurteilt werden. Es zeigte sich, dass ein höherer Durchfluss im Untersuchungsgebiet die Be-

wertung des ökologischen Zustands des Makrozoobenthos positiv beeinflusste. Durch höhere Fließgeschwindigkeiten siedelte sich eine stärker gewässertypspezifische Artengemeinschaft an. Die weiteren durchgeführten Maßnahmen wie Entschlammung und Profilaufweitung schufen die Voraussetzungen für den schadlosen Abfluss größerer Wassermengen. Das Einbringen von Totholz in Form von Astpackungen in den Uferlinien als natürliches Hartsubstrat wird positiv für die Schaffung von Habitaten zahlreicher charakteristischer Leitarten des Gewässertyps 15 bewertet.

- Für das dauerhafte Erreichen des guten ökologischen Zustands der Qualitätskomponenten Makrozoobenthos und Makrophyten/Phytobenthos ist die Umsetzung höherer und dynamisierter Durchflüsse im Untersuchungsgebiet unabdingbar.
- Die Extensivierung des Makrophytenmanagements wirkte sich bei gleichzeitig höheren Fließgeschwindigkeiten positiv auf die Entwicklung der Bewertung der Makrophyten aus. Die Wirksamkeit des veränderten Makrophytenmanagements wird als positiv eingeschätzt, da die Makrophyten als wichtige Habitats für die Annäherung an den Referenzzustand des Gewässertyps eine wichtige Position einnehmen. Die Entwicklung charakteristischer Makrophytenbestände im Untersuchungsgebiet kann jedoch nicht entkoppelt von Durchfluss und Fließgeschwindigkeit betrachtet werden.
- Für eine Bewertung der längerfristigen Wirksamkeit wird die erneute mehrmalige Untersuchung der Gewässerabschnitte empfohlen, wenn die geplanten Maßnahmen hinsichtlich der Wassermengenbewirtschaftung und des Makrophytenmanagements über einige Jahre konsequent umgesetzt wurden. Erst dann kann eine Stabilisierung der Artengemeinschaften stattgefunden haben und das dauerhafte Erreichen des guten ökologischen Zustands als Folge der umgesetzten Maßnahmen geprüft werden.

## 2 Anlass der Untersuchungen

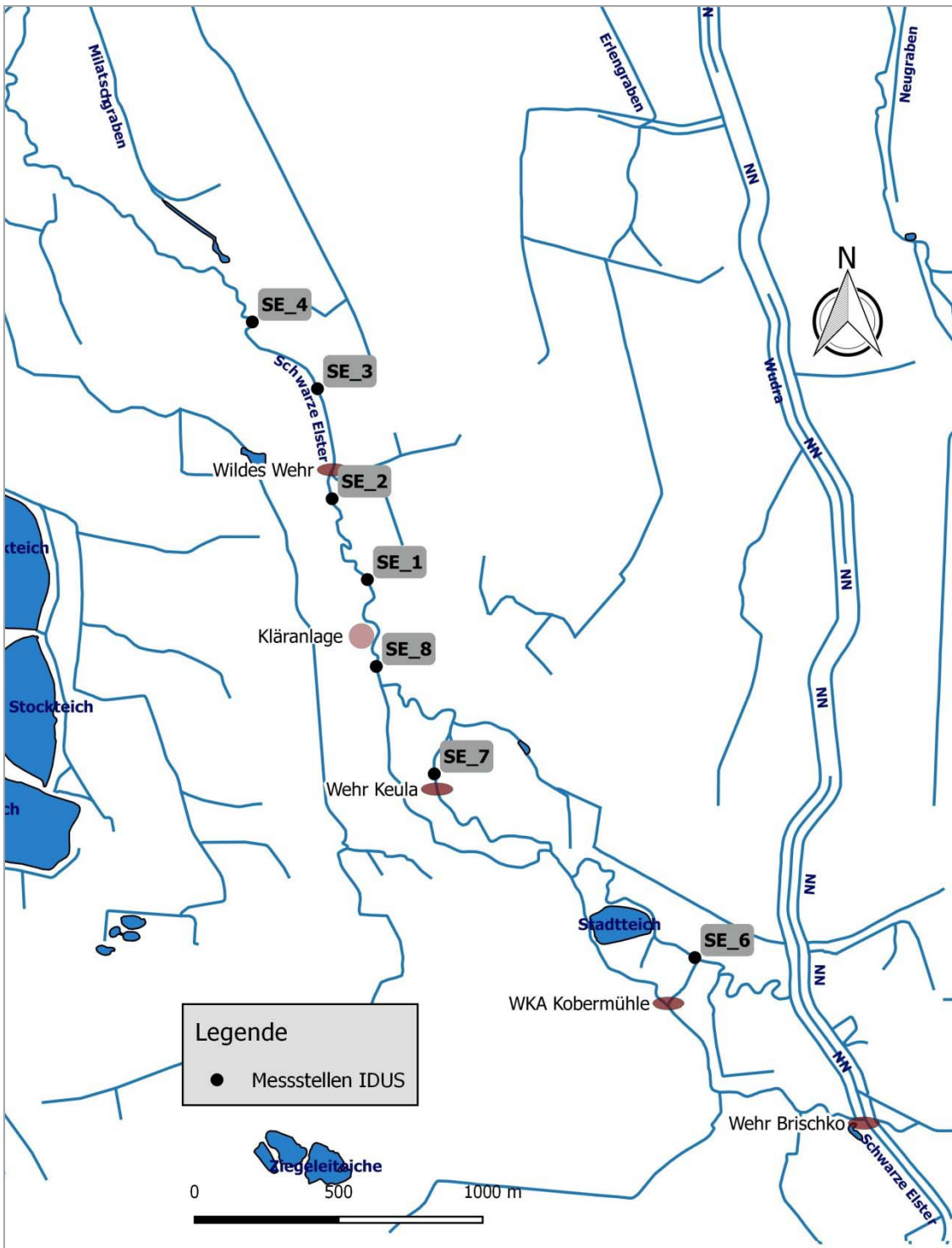
Im Rahmen des Projektes „Umsetzung der Wasserrahmenrichtlinie in Sachsen – Wirksamkeit von WRRL-Maßnahmen“ wurden zwischen 2012 und 2015 Untersuchungen an der Schwarzen Elster durchgeführt. Durch das Projekt sollen Erkenntnisse über die Wirksamkeit von Maßnahmen in Bezug auf den ökologischen Zustand von Oberflächenwasserkörpern gewonnen werden. Ziel ist dabei die Identifikation von Maßnahmen an Fließgewässern, die das Erreichen des guten ökologischen Zustands nach WRRL ermöglichen. Mithilfe eines begleitenden biologischen Monitorings sollen erste Anhaltspunkt über den Erfolg der Maßnahme, auch im Hinblick auf die Wirksamkeit an anderen Fließgewässern, gewonnen werden.

Im ursprünglich geplanten Zeitraum 2012 – 2015 konnten jedoch nur die vorbereitenden Veränderungen am Gewässer erfasst werden (Grundräumung von abgelagertem Faulschlamm, Profilaufweitung, Einbringen von Totholz an Uferlinien). Die wesentlichen Maßnahmen (Erhöhung und Dynamisierung des Durchflusses sowie Rückbau eines Wehres) fielen nicht mehr in den Untersuchungszeitraum. In diesem Folgeprojekt soll daher bis Ende 2017 eine längerfristige Effizienzkontrolle bezüglich der hydromorphologischen und der gewässerökologischen Zustandsentwicklung der Schwarzen Elster durchgeführt werden.

Die Durchflusserhöhung und beginnende Dynamisierung mit dem Ziel eines naturnäheren Abflussregimes in der Schwarzen Elster wurde ab dem Frühjahr 2016 realisiert, so dass die vorliegenden Untersuchungen nur kurzfristige Auswirkungen auf das Makrozoobenthos erfassen können. Weiterhin wurden die Unterhaltungsmaßnahmen bezüglich der Gewässerflora im Untersuchungszeitraum intensiviert, so dass auch für die Qualitätskomponente Makrophyten/Phytobenthos die Ausprägung eines naturnäheren Artenspektrums und folglich eine Verbesserung der Bewertung dieser Komponente erwartet werden darf.

# 3 Untersuchungsgebiet und –termine

Das betrachtete Untersuchungsgebiet der Schwarzen Elster beginnt unterhalb des Wehrs Kobermühle in der



Ortslage Wittichenau und endet südlich von Hoyerswerda.

**Abbildung 1: Untersuchungsstellen an der Schwarzen Elster**

Darstellung auf der Grundlage von Daten und mit Erlaubnis des Sächsischen Landesamtes für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie 2017

# Referenzzustand

Der Referenzzustand für die **Gewässerstruktur** des Fließgewässertyps 15 (Sand- und lehmgeprägte Tieflandflüsse), dem die Schwarze Elster im Untersuchungsgebiet angehört, wird in POTTGIEßER & SOMMERHÄUSER (2008) wie folgt geschildert:

„Gewundene bis mäandrierende FG in einem flachen Mulden- oder breiten Sohlental. Neben der dominierenden Sand- oder Lehmfraktion können auch Kiese nennenswerte Anteile (Ausbildung von Kiesbänken) darstellen, häufig finden sich auch Tone und Mergel, z. T. zu Platten verbacken. Wichtige Habitatstrukturen stellen natürliche Sekundärsubstrate wie Totholz, Erlenwurzeln, Wasserpflanzen und Falllaub dar. Das Profil der sandgeprägten Flüsse ist flach, Prall- und Gleithänge sind deutlich ausgebildet. In der Aue finden sich eine Vielzahl von Rinnensystemen und Altgewässern unterschiedlicher Altersstadien, ebenso wie Niedermoore. Flüsse mit höheren Lehmantteilen besitzen natürlicherweise ein tief eingeschnittenes Kastenprofil, Altgewässer sind kaum ausgebildet.“

POTTGIEßER & SOMMERHÄUSER (2008) charakterisieren die **typgerechte Besiedlung mit Makrozoobenthos** folgendermaßen:

„Die Wirbellosenbesiedlung ist relativ artenreich, obwohl nur wenige spezialisierte Organismen diesen Typ besiedeln können. Es handelt sich überwiegend um Arten langsam überströmter, detritusreicher Ablagerungen sowie wenige grabende Arten (Substratspezialisten). Die natürlichen „Hartsubstrate“ Totholz und Wasserpflanzen sind am arten- und individuenreichsten besiedelt, v.a. strömungsliebende Arten kommen hier vor. Hierzu gehören nur wenige echte Besiedler des Sandes wie die grabende Eintagsfliegenlarve *Ephemera danica* oder die Steinfliege *Isoptena serricornis*. Eingegraben in die lagestabilen detritusreichen Uferbereiche leben Arten wie die Muschel *Unio pictorum*, die Libelle *Gomphus vulgatissimus* und die Steinfliege *Taeniopteryx nebulosa*. Totholzansammlungen stellen das wichtigste Hartsubstrat dieses Flusstyps dar. Die Eintagsfliegen *Heptagenia flava* sowie Köcherfliegen der Gattung *Lype* sind in ihrem Vorkommen streng an dieses Habitat gebunden. Weitere typische Eintagsfliegenarten sind *Caenis pseudorivolorum*, *Paraleptophlebia cincta* und *Brachycercus harisella*. Daneben kommen hier noch eine Reihe weiterer flusstypischer Arten wie die Großmuschel *Unio crassus*, die Schnecke *Viviparus viviparus*, die Käfer *Haliphus fluviatilis* und *Brychius elevatus* sowie die Libelle *Ophiogomphus cecilia* vor.“

Die **typspezifische Gewässerflora** wird von POTTGIEßER & SOMMERHÄUSER (2008) folgendermaßen typisiert: hinsichtlich der Makrophyten im Untersuchungsgebiet sind Großlaichkräuter wie *Potamogeton lucens*, *Potamogeton perfoliatus* und *Potamogeton gramineus* zu erwarten, ebenso wie Arten der Gesellschaft des Einfachen Igelkolbens *Sparganium emersum*. In lehmigeren Gewässerabschnitten ist der Fließgewässertyp durch das Vorkommen von *Callitriche platycarpa* und *Callitriche stagnalis* gekennzeichnet. Zu den charakteristischen Gütezeigern gehören *Callitriche hamulata*, *Chara apera*, *Equisetum fluviatile*, *Isolepis fluitans*, *Scapania undulata*, *Sphagnum*, *Berula erecta*, *Veronica beccabunda*, flutende Formen der *Mentha aquatica*, *Potamogeton alpinus* und *Potamogeton gramineus*.

Bezüglich der Diatomeen sind hauptsächlich ubiquitäre und trophie-tolerante Arten in diesem Flusstyp vertreten. Zu den wichtigsten und auch individuenreichsten Vertretern zählen *Achnantes minutissima*, *Fragilaria brevistiata*, *Fragilaria construes*-Sippen, *Fragilaria pinnata* und *Amphora pediculus*. Als ebenfalls charakteristische Arten sind *Cocconeis neothumensis*, *Cymbella microcephala*, *Denticula tenuis*, *Gomphonema pumilum*, *Navicula cryptotenella* und *Navicula schoenfeldii* zu nennen. Die meisten Taxa des Phytobenthos sind zu mehr als einem Drittel der Klasse der Charophyceae zuzuordnen. Des Weiteren sind Taxa der Euglenophyceae als auch Ulvophyceae vermehrt in diesem Gewässertypen zu erwarten. Ebenso ist von hohen Abundan-

zen der Tribophyceae, Ulvophyceae, Chlorophyceae und Charophyceae auszugehen. Als charakteristische Arten sind auch *Chamaesiphon subglobosus*, *Merismopedia glauca*, *Phormidium corium*, *Phormidium incrustatum* (Nostocophyceae), *Audouinella*, *Audouinella chalybaea*, *Audouinella hermannii*, *Audouinella pygmaea*, *Thorea* sp. (Florideophyceae), *Gongrosira incrustans* und *Tetraspora gelatinosa* zu nennen.

### 3.1 Längsschnittbetrachtung bei Untersuchungsbeginn

#### Beginn Teilungsstecke am Wehr Brischko



**Abbildung 2: Schwarze Elster unmittelbar unterhalb vom Teilungswehr Brischko** mit Blick auf das Wehr (links) bzw. in Fließrichtung abwärts (rechts)

Bei dieser Fließstrecke handelt es sich historisch gesehen vermutlich um den Mühlgraben der Wasserkraftanlage Kobermühle (siehe Karte Abbildung 3). Aktuell geht der Rückstau vom Wehr Kobermühle nahtlos in den Rückstau des Wehrs Brischko über. Sowohl im Bereich des Abzweigs der Schwarzen Elster als auch auf der gesamten Strecke bis zum Wehr Kobermühle ist keine Strömung erkennbar und die Wassertiefe ist ausgesprochen hoch. Mittransportierter Schlamm aus dem Einzugsgebiet lagert sich in diesem Rückstaubereich ab. Das Wasser der Schwarzen Elster erschien in dem Bereich relativ klar. Kurz oberhalb vom Wehr Kobermühle ist die Schwarze Elster stark verkrautet. An Wasserpflanzen war auch der Wasserstern (*Callitriche* sp.) vorhanden, eine potentielle Zielart des Gewässertyps.

Am Wehr Brischko floss am Untersuchungstag trotz voll geöffnetem Schütz ein erheblicher Teil des Wassers über das Wehr in Richtung Wudra. Aufgrund des hohen Wasserstands der Schwarzen Elster (Aufstau vom Wehr Kobermühle her) funktioniert die Steuerung der Abflussverteilung zwischen Schwarzer Elster und Wudra nicht, d.h. der Durchfluss der Schwarzen Elster ist bei jeder hydrologischen Situation stark eingeschränkt. Dieser bis Herbst Jahr 2015 vorliegende Zustand widerspricht dem Konzept einer Abflussdynamisierung mit bis zu 3,5 m<sup>3</sup>/s durch die Schwarze Elster im Hochwasserfall. Ab dem Spätherbst 2015 fand eine gewisse Abflussdynamisierung bis zu ca. 0,6 m<sup>3</sup>/s durch leichtes Anheben des zweiten Schützes am Wehr Kobermühle statt.

Linksseitig neben dem Wehr Brischko befindet sich ein kleiner Teich, der direkt an die Schwarze Elster angeschlossen ist. Kurz unterhalb vom Wehr Brischko zweigt von der Schwarzen Elster rechtsseitig ein stark verlandeter Graben ab. Der Graben führte am Untersuchungstag wenig Wasser (ca. 1 l/s am Abzweig). Er mündet direkt vor dem nördlichen Durchlass der Särchener Straße (=unterhalb vom Wehr Kobermühle) wieder in die Schwarze Elster ein, bildet also eine Umgehungsstrecke um das Wehr Kobermühle.

Der Bereich zwischen den Wehren Brischko und Kobermühle wurde in den letzten Jahren entschlammt und gekrautet. Anschließend wurden Anwohner bei der Entsorgung von Asche in die Schwarze Elster beobachtet

und dieser Vorfall zur Anzeige gebracht (mdl. Aussage Herr Paul, Landschaftsarchitekt). Eine erneute Belastung der Schwarzen Elster durch Schlämme ist in diesem Bereich zu vermuten.

Aufgrund des hohen Aufstaus und mangels Strömung war es nicht sinnvoll, in diesen Bereich eine Messstelle zu legen (kein Fließgewässercharakter vorhanden).

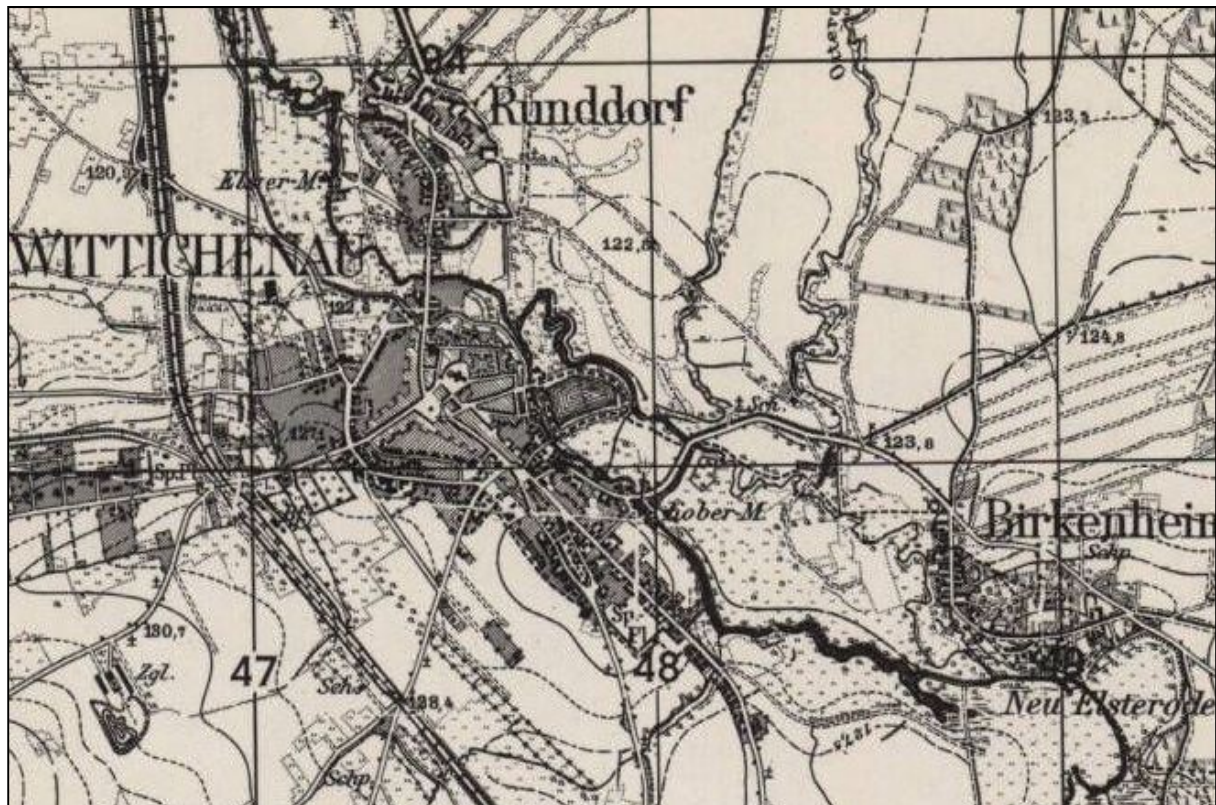


Abbildung 3: Vergleich der historischen und aktuellen Situation der Schwarzen Elster

### Wasserkraftanlage Kobermühle und Mühlgraben am Stadtteich

Das Wehr Kobermühle besitzt einen schmalen Abschlag mit sehr hohem Absturz in Richtung Schwarze Elster (siehe Abbildung 4 linkes Foto). Aktuell (Stand 2017) ist die Längsdurchgängigkeit für Fische nicht gegeben. Es scheint schwierig, in dem Bereich die geplanten 3,5 m³/s Durchfluss realisieren zu können, ohne das Wehr selbst direkt zu steuern bzw. ein Umgehungsgerinne zu schaffen. Die Art der Bewirtschaftung bzw. mögliche Bewirtschaftungsänderung des Wehres und auch die hydraulischen Fragen einer Durchleitung von 3,5 m³/s in diesem Bereich sind noch zu klären. Grundsätzlich scheint es möglich zu sein, das bestehende rechtsseitige Umgehungsgerinne (Graben parallel zur Wudra und anschließend Altlauf der Schwarzen Elster) zu reaktivieren und als Umgehungsgerinne zur Herstellung der Längsdurchgängigkeit bei ausreichendem Durchfluss der Schwarzen Elster zu bespannen.



**Abbildung 4: Wehr Wasserkraftwerk Kobermühle**

im geschlossenen Zustand (links) und einseitig leicht geöffnet zum Durchlass von Falllaub (rechts)

Bei der Probenahme am 22.10.2015 wurde beobachtet, dass die rechten Staubretter des Wehres Kobermühle im unteren Bereich leicht angehoben waren (Abbildung 4 rechtes Foto). Das an diesem Tag in großer Menge im Wasser treibende Falllaub (und weiteres organisches Material) wurde auf diese Weise weiter transportiert in den Bereich unterhalb der Wasserkraftanlage Kobermühle.



**Abbildung 5: Mühlgraben mit Einlaufbauwerk Stadtteich**

(links) sowie Schlammfang (rechts) kurz vor der Mündung in die Schwarze Elster

Das vom Wehr Kobermühle aufgestaute Wasser fließt als Mühlgraben westlich vom Stadtteich weiter. Dieser stark verkrautete Mühlgraben speist auch den Stadtteich in Wittichenau. Bei der Längsschnittbegehung am



06.10.2015 liefen nur ca. 4 l/s Wasser in den Stadtteich sowie weniger als 1 l/s parallel zum Stadtteich im weiteren Verlauf des Mühlgrabens. Zwischen dem Einlaufbauwerk zum Stadtteich (Abb. 5 linkes Foto) und der Wiedereinmündung in die Schwarze Elster ist der Mühlgraben stark verschlammmt und verkrautet. Kurz vor der Einmündung in die Schwarze Elster ist in den Mühlgraben ein Holzbrett als Schlammfang eingebracht. Oberhalb des Brettes sind starke Schlammablagerungen erkennbar (Abbildung 5 rechtes Foto). Der Stadtteich ist stark verlandet und wies im Herbst 2015 eine hohe Trübung auf. Im Bereich des Zuflusses war eine klare Fahne erkennbar (Schwarze Elster klarer als Teichwasser).

### Schwarze Elster unterhalb WKA Kobermühle

Die Schwarze Elster ist zwischen dem Wehr Kobermühle und der Einmündung des Ablaufs vom Stadtteich nur auf der Strecke parallel zur Särchener Straße frei fließend. Am Untersuchungstag war die Gewässersohle der Schwarzen Elster im Bereich oberhalb der Straßenbrücke Särchener Straße überwiegend sandig und das Wasser relativ klar. Bei diesem Abschnitt handelt es sich historisch gesehen noch um den Mühlgraben des WKA Kobermühle (siehe Abbildung 6).



**Abbildung 6: Fließstrecke der Schwarzen Elster parallel zur Särchener Straße**

Bei der Grundräumung dieses Abschnitts (oberhalb Querung Särchener Straße) wurden großflächig erhebliche Mengen an vergrabenem Müll gefunden. Dieser Müll konnte nur zum Teil geborgen und der Rest durch Astpackungen (siehe Abbildung 6 rechtes Foto) gesichert werden (mdl. Aussage Herr Paul).

Unmittelbar vor der Straßenbrücke der Särchener Straße mündet rechtsseitig der Graben in die Schwarze Elster ein, welcher am Wehr Brischko abzweigt. Bei den letzten ca. 100 m dieses Grabens handelt es sich möglicherweise um den historischen Verlauf der Schwarzen Elster. Am Untersuchungstag wies dieser stark verlandete Graben einen nur sehr geringen Durchfluss (< 4l/s) und klares Wasser auf. Im Bereich unmittelbar vor der Grabeneinmündung ist die Schwarze Elster weitgehend frei fließend, mäßig beschattet (teilweise Entwicklung von Makrophyten) und überwiegend sandig. Nach eingehender Prüfung und Vergleich mit der oberhalb und unterhalb liegenden Fließstrecke wurde entschieden, den Bereich ab unmittelbar oberhalb der Straßenbrücke als weitere Messstelle (SE\_6) festzulegen. Der Untersuchungsbereich ist gut vergleichbar mit der Referenzmessstelle SE\_4.



**Abbildung 7: Schwarze Elster direkt unterhalb der Unterquerung der Särchener Straße**

Von der Brücke Särchener Straße bis zur Einmündung des Ablaufs vom Stadtteich ist die Schwarze Elster überwiegend stark beschattet, weitgehend frei von Makrophyten und nahezu stehend. Nur direkt unter der Brücke und die ersten Meter danach ist noch Strömung und festerer Grund erkennbar (siehe Fotos Abbildung 7). Ab ca. 60 m unterhalb der Straßenbrücke beginnt ein Bereich mit starkem Rückstau und Verschlammung der Sohle. Ab dann bis zum Auslauf des Stadtteiches Wittichenau erlaubten die hohe Wassertiefe und die weiche Schlamm-schicht am Boden am 22.10.2015 selbst mit Watstiefeln keine Begehung des Gewässers (fester Grund in > 1,2 m Tiefe). Aufgrund des hohen Aufstaus und mangels Strömung ist es nicht sinnvoll, in diesen Bereich eine Messstelle zu legen (kein Fließgewässercharakter vorhanden).

Ab der Einmündung des Ablaufs des sehr stark verlandeten Stadtteiches war die Schwarze Elster etwas stärker getrübt. Die Art der Bewirtschaftung des Stadtteiches (Dauerbespannung ja/nein, Entschlammung, Fischarten) konnte im Rahmen der Gutachtensbearbeitung nicht geklärt werden.

#### Unterhalb Stadtteich Wittichenau bis Wehr Keula



**Abbildung 8: Lange Gleite mit starkem Rückstau (links) und viel Gefällevernichtung (rechts) im Bereich der Straßenkreuzung S 95.**

Unterhalb vom Stadtteich bis zur Querung der S 95 ist die Schwarze Elster stark gestaut und ohne erkennbare Strömung. Der Bereich unter der Brücke der S 95 inklusive der nachfolgenden ca. 40 m Fließstrecke ist als langgestreckte Gleite mit hoher Fließgeschwindigkeit ausgebaut (Steinsatz mit Bewuchs von Fadenalgen sowie *Sparganium* sp.). Die hohe obere Kante verursacht einen starken Rückstau bis zum Stadtteich. Knapp 100 m unterhalb der Straßenbrücke mit Gleite ist in der Schwarzen Elster ein Staubrett eingebaut, dessen Sinn unklar blieb (evtl. Wasserentnahme). Durch diese Bauwerke mit punktueller Gefällevernichtung fehlt ein

ausreichendes Gefälle auf den freien Fließstrecken, weshalb die Strömungsgeschwindigkeit zwischen den Bauwerken sehr niedrig ist.



**Abbildung 9: Wehr Keula mit Pegel und zusätzlich hilfweisem Brett-Aufstau**

zur Speisung eines rechtsseitigen Teiches (linkes Foto) sowie Absturz des unter einer Brücke gelegenen Wehres

Das nicht fischdurchgängige Wehr Keula mit Pegel (Abbildung 9) verursacht einen Rückstau bis zu dem Ende der Gleite an der S 95. Im Bereich des Pegels sowie in der anschließenden, frei fließenden Strecke (siehe Abbildung 9 linkes Foto) konnten *Ranunculus* sp. zusammen mit *Callitriche* sp. flutend vorgefunden werden. Beides sind Zielarten des vorliegenden Gewässertyps. Direkt unterhalb des Absturzes ist die Fließgeschwindigkeit zwar verringert, die Schwarze Elster aber noch frei fließend (kein Rückstau). Die Sohle der Schwarzen Elster ist unterhalb vom Wehr überwiegend sandig. Der Bereich kurz unterhalb vom Wehr erschien aufgrund der besonderen Makrophyten und der Lage (eventuelle Belastungen durch den Stadtteich) als zusätzliche Probenahmestelle interessant und wurde als SE\_7 alternativ zu der teichartig gestauten Messstelle SE\_2 festgelegt.

### Wehr Keula bis unterhalb Kläranlage Wittichenau

Ca. 200 m unterhalb vom Wehr Keula münden rechtsseitig zwei Gräben in die Schwarze Elster ein. Beim ersten handelt es sich um den Ablauf des Teiches, der kurz oberhalb vom Wehr mit Wasser aus der Schwarzen Elster gespeist wird. Am Untersuchungstag betrug der Durchfluss wegen Verstopfung des Einlaufbereichs nur ca. 4 l/s, das Zulaufrohr des Teiches erlaubt vom Durchmesser her jedoch potentiell deutlich höhere Durchflüsse. Der zweite Graben durchfließt nördlich im Bereich von Wittichenau ebenfalls einen Teich und wies am Untersuchungstag geschätzte 8 l/s Durchfluss auf. Beide Gräben waren am Untersuchungstag klar und der Mündungsbereich jeweils sandig (siehe Abb. 10). Die durchflossenen Teiche könnten grundsätzlich eine Belastungsquelle (insbesondere bei Abstau) darstellen, jedoch gab es darauf bei den bisherigen Untersuchungen diesbezüglich keine Anhaltspunkte.



**Abbildung 10: Einmündung von zwei rechtsseitigen Gräben, die jeweils Teiche durchfließen.**

Die ersten ca. 160 m Strecke unterhalb dieser beiden Grabenmündungen fließt die Schwarze Elster noch weitgehend frei und ist durch eine Baumreihe mäßig bis teils stark beschattet. Die Sohle erschien optisch überwiegend sandig zu sein. Der Bereich ist ein Beispiel für den Zielzustand (frei fließend, unverschlammt, keine laufenden Unterhaltungsmaßnahmen nötig) und weitgehend vergleichbar mit der vorhandenen Referenzmessstelle SE\_4, jedoch nicht vergleichbar mit den Messstellen SE\_1 und SE\_3. Im Gegensatz zur Referenz SE\_4 schien weniger Hartsubstrat (Totholz und flutende Baumwurzeln) vorzukommen. An dieser beschatteten, frei fließenden Stelle könnten die Auswirkungen struktureller Unterschiede (sandige Strecke ohne im Vergleich zu mit Hartsubstraten) ermittelt werden. Da es diesbezüglich in der Fachliteratur bereits ausreichend Untersuchungen gibt, die auch zusammenfassend einer breiten Öffentlichkeit bekannt gemacht sind (z.B. VON SIEMENS, 2009), erschien eine zusätzliche Messstelle in diesem Bereich nicht nötig.



**Abbildung 11: Schwarze Elster kurz oberhalb Kläranlage Wittichenau.**

Ca. 100 m oberhalb der Mündung des „Kleinen Flösschen“ bzw. ca. 250 m oberhalb der Kläranlage Wittichenau beginnt ein leichter bis mäßiger Rückstau (abhängig vom Durchfluss). Verursacht wird der Rückstau von einem nicht genehmigten Wehr, welches sich kurz unterhalb der Straßenbrücke nach Neudorf-Klösterlich befindet. Oberhalb der Mündung des Kleinen Flösschen ist die Schwarze Elster stark beschattet und ohne Wasserpflanzen (siehe Abb. 11 rechtes Foto). Der Bereich von 50 m bis 150 m oberhalb des Kläranlagenablaufs ist kaum beschattet und mit deutlichem Makrophytenbewuchs (siehe Abb. 11 linkes Foto). Der aktuelle Zustand (leichter Rückstau, Wasserpflanzen) und die durchgeführten Maßnahmen (Grundräumung erfolgt, Prallhang mit gut ausgetriebenen Weidenfaschinen) stimmen sehr gut mit dem Zustand der nachfolgenden Messstellen SE\_1 und SE\_3 überein. Das „Kleine Flösschen“ war bei allen bisherigen Probenahmen und Beggehungen trocken liegend und ist daher offensichtlich nicht von Relevanz.

Der linksseitig mündende Ablauf der Kläranlage (siehe Abbildung 12) war am Untersuchungstag klarer als das Wasser der Schwarzen Elster. Die Steinschüttung im Ablaufgraben war nur mit einer dünnen Schlammauflage bedeckt. Für die von Anwohnern behaupteten Stoßbelastungen aus der Kläranlage konnten keine sichtbaren Anhaltspunkte gefunden werden.



**Abbildung 12: Ablaufbereich der Kläranlage Wittichenau (links) und Verschmischungszone mit der Schwarzen Elster (rechts)**

Die Messstellen SE\_1 (unterhalb Kläranlage, Abbildung 13 linkes Foto) und SE\_2 (oberhalb Straßenbrücke Neudorf-Klösterlich) zeigten sich im Herbst 2015 unverändert zum Zustand im Frühjahr 2015. Bereits an der Messstelle SE\_1 ist abhängig vom Durchfluss ein mäßiger bis starker Rückstau (bis 2014 kein Rückstau) erkennbar und die Messstelle SE\_2 hat einen teichartigen Charakter mit einer Wassertiefe von > 1 m. Es ist nicht abzusehen, dass das Wehr unterhalb der Straßenbrücke entfernt wird. Daher wurde auf die Beprobung der Messstelle SE\_2 ab dem Jahr 2016 verzichtet.



**Abbildung 13: Zustand der Messstellen SE\_1 (links) und SE\_2 (rechts) im Herbst 2015.**

## 3.2 Beschreibung der Messstellen

An der ersten Messstelle im Untersuchungsgebiet **SE\_6** (unterhalb Wehr Kobermühle) ist die Schwarze Elster relativ breit ausgebaut mit trapezförmigem Ufer und im Querschnitt gleichmäßig tiefer Sohle. Die Stelle befindet sich kurz oberhalb der Mündung des ehemaligen Altlaufes der Schwarzen Elster (siehe Abbildung 14, linkes Foto). Linksseitig verläuft die Särchener Straße und rechtsseitig befindet sich Grünland mit Nutzung als Viehweide. Der Baumwuchs des rechten Ufers ist nur stellenweise lückig genug um punktuelle Entwicklungen von Wasserpflanzen zu erlauben. Die Gewässersohle war bei allen Untersuchungen überwiegend sandig und fest, jedoch verbreitet von einer dünnen Schicht grobpartikulären organischen Materials (insbesondere Falllaub und Zweige) bedeckt. Feinschlamm trat selten und Faulschlamm nicht auf. Submerse Makrophyten waren zu 5 % vorhanden, während flutende Ufervegetation nicht und flutende Baumwurzeln zu ca. 5 % auftraten. Bezüglich der Fließgeschwindigkeit, der Sohlbeschaffenheit und der Beschattung ist die Messstelle eher vergleichbar mit der Referenz SE\_4 als mit den weitgehend noch unbeschatteten, verschlammten Messstellen SE\_1 bis SE\_3 sowie SE\_8.



**Abbildung 14: Messstelle SE\_6 mit Mündung Altlauf (links) und Blick aufwärts (rechts), Oktober 2015.**

Die Messstelle **SE\_7** befindet sich kurz unterhalb des Wehres Keula in einem frei fließenden Bereich. Durch eine schwache Biegung des Gewässers ist das linke Ufer als Prallhang und das rechte Ufer als Gleithang mit beginnender Ausbildung von Längsbänken ausgeprägt. Trotz der geringen (nahe Wehr) bis mäßigen Beschattung traten Makrophyten bei der Erstuntersuchung im Jahr 2015 in nur mäßiger Dichte auf. Der Anteil von *Ranunculus* sp. und *Callitriche* sp. an den submersen Makrophyten nahm von 2015 bis 2017 kontinuierlich zu.



**Abbildung 15: Messstelle SE\_7 Blick abwärts (links) und Blick aufwärts (rechts), Mai 2016.**

Die Messstelle **SE\_8** liegt kurz oberhalb der Mündung der Kläranlage Wittichenau. Rechtsseitig befindet sich Grünland mit Einzelgehölzen und linksseitig teils Brache, teils Grünland sowie die Kläranlage Wittichenau. Der Bereich ist von der Struktur und den durchgeführten Maßnahmen sehr gut vergleichbar mit der kurz unterhalb liegenden Messstelle SE\_1 (unterhalb Kläranlage Wittichenau). Im Winter 2013/14 wurde der Bereich entschlammt (Grundberäumung) und dabei das Gewässerprofil aufgeweitet sowie Prallhangbereiche stellenweise mit Weidenlagen gesichert.

Bei niedrigem Durchfluss wurde ein mäßig starker und bei dem erhöhten Durchfluss vom 22.10.15 nur noch ein leichter bis unmerklicher Rückstau durch das Wehr unterhalb der Straßenbrücke Neudorf-Klösterlich beobachtet. Im Bereich der Messstelle waren im Oktober 2015 starke Ablagerungen von Schlamm und Detritus vorhanden. Die Gewässersohle wurde bis Mai 2016 dominiert von partikulären organischen Ablagerungen (POM), die zu 25 % aus feinem POM (organischer Schlamm) und zu 30 % aus grobem POM (insbesondere Falllaub) bestanden. Verbreitet war Ausgasung sichtbar. Schwarz reduzierter Faulschlamm kam zu 10% vor. Damit war die Sedimentbeschaffenheit vergleichbar wie an der Messstelle SE\_1 ab dem Jahr 2015 (mit Rückstau).

Im Oktober 2016 nahm der Anteil von feinen organischen Ablagerungen (FPOM, nicht jedoch grobes CPOM) deutlich ab. Aufgrund des eingeschränkten Makrophytenmanagements war der Anteil submerser Makrophyten deutlich höher als im Herbst 2015. Bei gleichem Durchfluss nahm aufgrund des geringeren Querschnittes die mittlere Fließgeschwindigkeit zu und insbesondere die Fließgeschwindigkeit über Grund erhöhte sich in Strommitte deutlich.



**Abbildung 16: Messstelle SE\_8 in Fließrichtung Oktober 2015 (links) bzw. September 2016 (rechts).**

Im Bereich der Messstelle SE\_1 war das Querprofil der Schwarzen Elster durch einwachsende Ufervegetation vor allem im Jahr 2013 stark eingengt und die Fließgeschwindigkeit hoch. Im Gleithangbereich waren unter der Vegetation weiche, ausgasende Schlammبانke hoher Mächtigkeit vorhanden, während im Bereich des Stromstriches nahezu ausschließlich sandige Substrate vorkamen. Im Jahr 2014 fand eine Sedimentberäumung mit Profilaufweitung im Gleithangbereich und Einbau von Weidenfaschinen im Prallhangbereich statt. Aufgrund der weiterhin geringen Durchflüsse (ca. 0,2 m<sup>3</sup>/s) in Kombination mit Rückstau durch Erhöhung eines unterhalb gelegenen Aufstaus sank die Fließgeschwindigkeit in den Jahren 2014 und 2015 stark ab und es kam zu erneuten Schlammablagerungen auf der Gewässersohle. Bei den Untersuchungen im Jahr 2016 waren die im Prallhangbereich gesteckten Weiden bereits kräftig gewachsen und trugen zur Teilbeschattung des Gewässers bei. Mit der Erhöhung der Durchflüsse ab Herbst 2015 auf > 0,5 m<sup>3</sup>/s machte sich der Rückstau des weiterhin bestehenden Wehres nur noch gering bemerkbar und der Anteil an sandigen, unverschlammten Sohlbereichen stieg auf 35 % an. Im Jahr 2016 fand im Rahmen des Makrophytenmanagements eine deutlich geringere und auch nicht die gesamte Gewässerbreite betreffende Entnahme von Makrophyten im Vergleich zu den Vorjahren statt.



**Abbildung 17: Messstelle SE\_1 abwärts (links) und aufwärts (rechts), September 2016.**

An der Messstelle SE\_3 sowie insbesondere flussaufwärts davon ist die Schwarze Elster durch kleinere Gehölze mäßig beschattet (absonnig), so dass sich Makrophyten und flutende Ufervegetation noch ausbreiten können. Die Dichte an Wasserpflanzen war bei der Untersuchung im Jahr 2013 deutlich höher (vor Krautung) als bei den Untersuchungen 2012 und 2014 bis 2016 (nach Krautung in unterschiedlicher Intensität). Als oberste, für das Makrozoobenthos relevanteste Sedimentschicht kam bis zur Grundräumung im Jahr 2015 überwiegend Schlamm bis Faulschlamm vor, welcher örtlich durch grobpartikuläres, organisches Material (Falllaub und abgestorbene Wasserpflanzen) bedeckt war. Das Gefälle scheint in diesem Bereich sehr gering zu sein. Bei allen Terminen und verschiedenen Abflusssituationen (0,18 – 0,59 m<sup>3</sup>/s) wurden sehr geringe Fließgeschwindigkeiten ermittelt.

Mit zunehmender Beschattung der Messstelle SE\_3 ist ein Rückgang an Makrophyten und eine Zunahme sandiger Substrate zu erwarten. Das geringe Gefälle wird vermutlich dauerhaft zu Feinsedimentablagerungen in den Randbereichen und zu geringer Strömung führen, was die Entwicklungsfreudigkeit und die mögliche Verbesserung der Zustandsklasse auf Basis des Makrozoobenthos einschränkt.



**Abbildung 18: Messstelle SE\_3 abwärts (links) und aufwärts (rechts), Mai 2016.**

Die Schwarze Elster ist im Bereich der Messstelle SE\_4 durch einen Waldsaum beschattet. Selten kamen submerse Makrophyten vor (z.B. *Callitriche* sp.). Faulschlamm kam nicht und organischer Schlamm kam nur lokal und selten vor, während Sand als Sohlsubstrat großflächig dominierte. Verbreitet war die Sohle jedoch durch eine dünne Schicht von Falllaub und weiteren grobpartikulären organischen Ablagerungen bedeckt. Vereinzelt waren die Feinwurzeln der am Ufer stehenden Bäume im Wasser flutend als Siedlungsraum für Makrozoobenthos vorhanden. Durch den geschlängelten Längsverlauf und die abwechslungsreichen Uferstrukturen erscheint das Gewässer naturnah. Die Struktur der Sohle und die Beschattung sind ähnlich wie bei den Messstellen SE\_6 und SE\_7, während zu den Messstellen



SE\_1, SE\_3 und SE\_8 deutliche Unterschiede bestehen (geringere Beschattung, mehr Makrophyten, mehr organische Ablagerungen).



Abbildung 19: Messstelle SE\_4 abwärts (links) und aufwärts (rechts), September 2016.

### 3.3 Untersuchungstermine

Ab Herbst 2015 bis Herbst 2017 wurden jeweils im Mai und September/Oktober die Untersuchungen des Makrozoobenthos vorgenommen. Im Herbst wurden zusätzlich die Querprofile der Messstellen aufgenommen und Durchflüsse bestimmt. Im Herbst 2016 und 2017 wurden die Sedimentschichtungen an allen Abschnitten untersucht. Chemische Parameter hinsichtlich der Nährstoffbelastung erfolgten gleichzeitig mit den Untersuchungen des Makrozoobenthos an vier relevanten Messstellen. Die Gewässerflora wurde im Jahr 2015 im Herbst, in den darauf folgenden Jahren im Juli aufgenommen.

**Tabelle 1: Probenahmeterminale 2015 - 2017**

Datum	chem. Analytik	Querprofil	Sediment	Zoobenthos	Gewässerflora
06.10.15	Längsschnittbegehung Untersuchungsgebiet				
22.10.15	SE_1, SE_4, SE_6, SE_8	SE_6, SE_8	-	SE_6, SE_8	-
26.10.15	-	-	-	-	SE_1-SE_4, SE_8
02.05.16	SE_1, SE_4, SE_6, SE_8	-	-	SE_1, SE_4, SE_8	-
03.05.16	-	-	-	SE_3, SE_6, SE_7	-
13.07.16	-	-	-	-	SE_1, SE_3, SE_4, SE_6, SE_7, SE_8
21.09.16	SE_1, SE_4, SE_6, SE_8	SE_1, SE_3	SE_1, SE_3, SE_4	SE_1, SE_3, SE_4	-
22.09.16	-	SE_6, SE_7, SE_8	SE_6, SE_7, SE_8	SE_6, SE_7, SE_8	-
16.05.17	-	-	-	SE_1, SE_3, SE_8	-
17.05.17	SE_1, SE_4, SE_6, SE_8	-	-	SE_4, SE_6, SE_7	-
07.07.17	-	-	-	-	SE_1, SE_3, SE_4, SE_6, SE_7, SE_8
20.09.2017	SE_1, SE_4, SE_6, SE_8	SE_1, SE_3	SE_1, SE_3, SE_4	SE_1, SE_3, SE_4	-
22.09.2017	-	SE_6, SE_7, SE_8	SE_6, SE_7, SE_8	SE_6, SE_7, SE_8	-

# 4 Methodik

## 4.1 Physikalisch-chemische Parameter

Die Vor-Ort Parameter Wassertemperatur, pH-Wert, elektrische Leitfähigkeit (LF 25°C), Sauerstoffgehalt und Sauerstoffsättigung wurden direkt im Gewässer mit Feldmessgeräten ermittelt. Die Probenahme für die chemischen Analysen erfolgte nach DIN 38402-A15. Die Probenahmegefäße und angewandten Konservierungsverfahren entsprachen DIN EN ISO 5667-3. Die Wasserproben für die Analysen auf Ammonium, SRP und TP wurden kurz nacheinander mit der fließenden Welle entnommen. Der Transport der Wasserproben erfolgte gekühlt ins Labor der IDUS GmbH. Die Untersuchungen erfolgten entsprechend der in Tabelle 2 aufgeführten Methoden. Die Prüfberichte der Laboranalysen finden sich im Anhang.

**Tabelle 2: Angewandte Analyseverfahren physikalisch-chemische Parameter**

Parameter	Methode	Anmerkungen/Gerätetyp
Temp. Luft /Temp. Wasser	DIN 38404-C4-2	WTW OXI 340
LF (el. Leitfähigkeit) 20 u. 25°C	DIN 38404-C8	WTW Cond 340i
pH-Wert	elektrometrisch, DIN 38404-C5	WTW pH 330i
Sauerstoff (Gehalt u. Sättigung)	amperometr., DIN 38408-G22	WTW OXI 340
Ammonium	DIN 38406 E5	
ortho-Phosphat	DIN EN ISO 6878 D11	
TP (Gesamt-Phosphor)	DIN EN ISO 6878 D11	

Für die orientierende Bewertung der physikalisch-chemischen Parameter nach WRRL wurden die für den vorliegenden Fließgewässertyp 15 geltenden Werte gemäß der OGewV (2016) verwendet (siehe Tabelle 3).

**Tabelle 3: Anforderungen an allgemeine physikalisch-chemische Komponenten für den LAWA-Gewässertyp 15**

Kenngroße	O <sub>2</sub> -Geh.	pH-Wert	TP	SRP	NH <sub>4</sub> -N	NO <sub>2</sub> -N	TOC	BSB <sub>5</sub>	CI
Einheit	[mg/l]	-	[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]
statist. Kenngroße	Min.	Min-Max	MW	MW	MW	MW	MW	MW	MW
Wert	> 7	7,0 – 8,5	≤ 0,10	≤ 0,07	≤ 0,2	≤ 0,05	≤ 7	≤ 4	≤ 200

MW = Mittelwert, Min = Minimum, Max = Maximum

## 4.2 Querprofile und Gewässersedimente

Die Querprofile wurden jährlich bei den Herbstprobenahmen an allen Untersuchungsstellen, außer der Referenz SE\_4, aufgenommen. Mit einem magnetisch-induktiven Strömungsmessgerät wurden die Fließgeschwindigkeiten nach den Richtlinien der LAWA und BMV (1991) ermittelt. Bei der Erfassung des Profils wurden die Uferbereiche mit eingemessen. Die Ergebnisprotokolle der Fließgeschwindigkeitsmessungen finden sich im Anhang.

Die Sedimentkerne wurden im Herbst 2016 und 2017 an jeweils drei Transekten pro Untersuchungsabschnitt mittels eines Stechrohrs aus Plexiglas entnommen. An jedem Transekt wurde im Bereich des linken Ufers, der

Gewässermitte und des rechten Ufers jeweils eine Probe entnommen. Die verschiedenen Horizonte der Sedimentkerne wurden identifiziert und vermessen. Die Aufnahme von 3 Replikaten (Transekten) an jeweils drei Punkten des Gewässerquerschnitts lässt eine Abschätzung der tatsächlichen Verhältnisse im Untersuchungsabschnitt zu. Aussagen über die Mächtigkeit abgelagerter Feinsedimente sowie die Mächtigkeit oxidiertes und reduzierter Horizonte vervollständigen die aus den Untersuchungen des Makrozoobenthos und der Gewässerflora gewonnenen Ergebnisse.

## 4.3 Makrozoobenthos

Die Probenahme des Makrozoobenthos erfolgte an allen Untersuchungsstellen nach dem WRRL-Verfahren von MEIER et al. (2006) als Lebendsortierung. Dabei handelt es sich um das aktuell in Deutschland übliche Verfahren zur Erfassung und Bewertung des Makrozoobenthos gemäß den Vorgaben der EU Wasserrahmenrichtlinie (WRRL). Die gruppenspezifischen Abundanzen der Makroorganismen ab der Abundanzklasse 4 (>30 Individuen) sind vor Ort notiert worden. Als Individuenzahl wurden hier zur Auswertung die in MEIER et al. (2006) zugeordneten Schätzzahlen eingesetzt. Bis zur Abundanzklasse 3 (max. 30 Individuen) wurden alle Organismen ausgezählt. Repräsentative Teilproben der Makroorganismen wurden in Ethanol überführt und dann im Labor bestimmt. Konserviert nicht mehr bestimmbare Arten (Turbellaria, einzelne Hirudinea) wurden vor Ort bestimmt. Naturschutzfachlich relevante bzw. dem Fischereirecht unterliegende Arten (Beifänge wie Großmuscheln, Flußkrebse, Kleinfische etc.) wurden bestimmt, fotografisch dokumentiert und schnellstmöglich zurückgesetzt.

Die Bestimmung der Makroorganismen erfolgte nach der im Literaturverzeichnis genannten Bestimmungsliteratur. Die Bestimmungstiefe orientierte sich an der Operationellen Taxaliste (2011). Diese repräsentiert den aktuellen Stand der Bestimmbarkeit und der Systematik. Die DV-Nummern für die Auswertung wurden der Operationellen Taxaliste (Stand: Mai 2011) entnommen. Die Auswertung der Ergebnisse erfolgte mit der Software ASTERICS in der zum Bearbeitungszeitpunkt aktuellsten Version 4.0.4. Die Prüfberichte finden sich im Anhang. Auf die Anlage der Probenahmeprotokolle wurde verzichtet, da relevante Informationen der Probenahme in den Prüfberichten verzeichnet sind.

Neben der Gesamtbewertung nach PERLODES für die Bewertung des ökologischen Zustands liefern die einzelnen Metrics, aus denen sich die Gesamtbewertung ergibt, wichtige Informationen zur Identifizierung von Defiziten. Die nachfolgende Beschreibung Einzelindices stammt weitgehend aus [www.fliessgewaesserbewertung.de](http://www.fliessgewaesserbewertung.de).

Der **EPT**-Anteil gibt den prozentualen Anteil der Gruppen Ephemeroptera (Eintagsfliegen), Plecoptera (Steinfliegen) und Trichoptera (Köcherfliegen) an der gesamten Makrofauna an. Die drei Insektenordnungen umfassen überwiegend belastungsintolerante Arten mit relativ hohen Habitatansprüchen. Der Parameter indiziert in erster Linie die Ungestörtheit der Gewässersohle und reagiert daher generell auf Beeinträchtigungen der Wasserqualität und der Gewässermorphologie. Ein hoher Wert steht meist für wenig gestörte, strukturreiche Gewässer. Das Programm PERLODES berechnet den Anteil der EPT-Arten aus Abundanzklassen. Dadurch ergeben sich leichte Verschiebungen im Vergleich zu den in den Prüfberichten angegebenen, genaueren Anteil auf Basis der ermittelten Individuenzahlen.

Der **Deutsche Fauna-Index** (DFI) beschreibt auf Grundlage typspezifischer Indikatorlisten die Auswirkungen morphologischer Degradation auf die Makrozoobenthoszönose. Der normierte Index liegt zwischen 0 und 1. Höhere Werte des Metrics indizieren ein strukturell intaktes Gewässer, bedingt durch das Vorkommen von Taxa, die bevorzugt Gewässer mit naturnaher Morphologie besiedeln.

Der **Rheoindex** nach BANNING (1998) gibt das Verhältnis der strömungsliebenden Taxa eines Fließgewässers zu den Stillwasserarten und Ubiquisten an und zeigt Störungen auf, die sich durch die Veränderung des Strömungsmusters (z. B. durch Ausbau und/oder Aufstau) einstellen. Der Wert liegt zwischen 0 (nur Still-

wasserarten) und 1 (nur strömungsliebende Arten). Der Index nimmt mit zunehmenden Belastungen wie Rückstau oder Feinsedimenteintrag ab.

Der Parameter „**Allgemeine Degradation**“ berechnet sich typspezifisch aus einer Reihe von Einzelparametern. Bei dem vorliegenden Gewässertyp 15 gehen die Indices EPT, Deutscher Fauna-Index, Anzahl Trichoptera-Arten und Anteil Litoral-Besiedler ein.

Der **Saprobienindex** bewertet die Auswirkungen organischer Belastung und somit auch den Einfluss abgelagerter organischer Sedimente. Der Index liegt zwischen 1,0 bis 4,0. Je höher der Index ist, desto höher ist die Intensität des Abbaus organischer Substanzen, was zwangsläufig mit einem sinkenden Gehalt an gelöstem Sauerstoff verbunden ist. Mit zunehmender Saprobie verschiebt sich die Lebensgemeinschaft hin zu solchen Taxa, die Defizite im Sauerstoffgehalt tolerieren können. Bei dem untersuchten Gewässertyp 15 sollte der Saprobienindex für einen guten Zustand  $< 2,3$  sein.

**Litoral-Besiedler** sind an die Bedingungen der Ufer und Flachwasserzonen in Seen angepasst und bevorzugen daher geringere Strömungsgeschwindigkeiten, feinere Substrate sowie höhere Sommertemperaturen als typische Fließgewässerarten. Viele Litoralarten benötigen neben submersen und/oder emersen Makrophytenbeständen kaum weitere Strukturen. In ungestörten Fließgewässern unterliegen sie meist der Konkurrenz der anspruchsvolleren Fließgewässerarten und sind daher hauptsächlich auf Altarme beschränkt. Hohe Anteile an Litoral-Besiedlern weisen auf zu geringe Strömung, Strukturarmut im submersen Bereich oder fehlende Hartsubstrate hin. Auch fehlende Beschattung mit vermehrtem Makrophytenwuchs und höheren Wassertemperaturen können Litoralarten in den gefällearmen Tieflandtypen fördern. Ferner ist zu bedenken, dass viele Ubiquisten sowohl in verschiedenen Fließgewässerzonen als auch im Litoral von Seen vorkommen und dementsprechend eine anteilige Einstufung mit Litoralpunkten für die Zonierungspräferenz besitzen. Hohe Anteile an Litoralarten können daher auch auf hohe Anteile an ubiquitären Taxa hinweisen. Entsprechend den vorherrschenden Nahrungsketten in Seen finden sich viele Filtrierer und Sedimentfresser unter den Litoral-Besiedlern. Ihr Anteil verschiebt sich daher auch unter dem Einfluss von Faktoren, welche die Nahrungskette verändern (z. B. Saprobie, Aufstau). Der Metric-Wert nimmt mit zunehmender Belastung zu.

Die Anzahl **Trichoptera**-Taxa spiegelt in erster Linie die Artendiversität wider. Da die Ordnung der Trichoptera zudem viele intolerante Taxa beinhaltet, reagiert der Metric empfindlicher auf Belastungen als die Gesamttaxazahl. Die Trichoptera beinhalten viele Arten mit relativ hohen Ansprüchen an die Habitatstruktur, insbesondere auch bezüglich terrestrischer Strukturen im Uferbereich, sowie Taxa, die auf Totholz als Nahrungsquelle oder auf CPOM zum Köcherbau angewiesen sind. Ein hoher Metric-Wert steht daher für ungestörte, strukturreiche Gewässer mit hoher Diversität an Arten und Habitaten. Der Metric-Wert nimmt mit zunehmender Belastung ab.

Um Veränderungen der Artengemeinschaften im Verlauf der Untersuchungen aufzuzeigen, wurden mit der Software PRIMER v7 (PRIMER-E Ltd., 2015) Shade-Plots erstellt, in denen alle Arten mit einer jeweils definierten Relevanz (hinsichtlich ihrer Abundanz) einbezogen waren. Der Shade-Plot stellt relevante Arten in einem Farbgradienten, der sich durch die Abundanz der jeweiligen Art ergibt, dar. Dadurch kann abgebildet werden, wie sich die Häufigkeiten der Taxa im Untersuchungszeitraum verändern. Die Abundanzen aller Taxa wurden vorab wie auch vor der Cluster-Analyse (vergl. Kapitel 3.6) wurzeltransformiert. Ebenfalls wurden vorab aus den Taxalisten die Hydrachnidia ausgeschlossen, da sie nicht nach der operationellen Taxaliste eingestuft sind und ihre Abundanzen großen Zufällen unterliegen.

## 4.4 Makrophyten und Phytobenthos

Die Kartierung der Makrophyten und die Beprobung des Phytobenthos ohne Diatomeen wurden nach der „PHYLIB-Verfahrensanleitung für die ökologische Bewertung von Fließgewässern zur Umsetzung der EU-Wasserrahmenrichtlinie“ (Makrophyten und Phytobenthos, Stand Januar 2012) des Bayerischen Landesamtes

für Umwelt durchgeführt. Die Makrophytenkartierung und die Beprobung des Phytobenthos fanden im Oktober 2015, Mitte Juli 2016 und Anfang Juli 2017 statt.

Die Bewertung der ökologischen Qualitätskomponente Makrophyten & Phytobenthos fand gemäß der EU-Wasserrahmenrichtlinie mit der Version der zum Zeitpunkt aktuellen PHYLIB Software statt (Version 4.1 bzw. 5.3). Es wurde auf der Basis der vorgefundenen Makrophyten- und Phytobenthosbesiedlung für jedes Gewässer eine ökologische Zustandsklasse berechnet, welche den Grad der Abweichung vom Referenzzustand widerspiegelt.

## 4.5 Darstellung der Ergebnisse als ökologische Zustandsklassen

Die auf Basis der Qualitätskomponenten Makrozoobenthos und Makrophyten/Phytobenthos ermittelten Indices erlauben eine Einstufung in ökologische Zustandsklassen. Die Bezeichnung der Güteklassen und die farbliche Darstellung folgen der DIN 8689-2 (2000).

**Tabelle 4: Farbliche Darstellung der durch Indices angezeigten Gewässerqualität nach DIN 8689-2**

Farbe	Klassifizierung der Fließgewässerqualität
Blau	sehr gut (1)
Grün	gut (2)
Gelb	befriedigend (3)
Orange	unbefriedigend (4)
Rot	schlecht (5)

## 4.6 Statistische Auswertungen

Für die **univariaten statistischen Analysen** zur Bewertung der Wirksamkeit der durchgeführten Maßnahmen auf das Makrozoobenthos der Schwarzen Elster wurde, wie bereits im Vorprojekt, das BACI-Design („Before-After-Control-Impact“-Design) vorgesehen. Dieses statistische Design identifiziert in diesem Anwendungsfall signifikante Unterschiede zwischen den Bewertungsergebnissen bzw. Metrices vor und nach der Durchführung von Maßnahmen oder Veränderungen im Vergleich zu einem Kontrollabschnitt. In der Umsetzung problematisch erwies sich für die Anwendung des BACI-Designs an der Schwarzen Elster einerseits das Festlegen eines echten Control-Abschnittes, der theoretisch oberhalb eines Maßnahmenbereichs liegen und in dem keine Veränderungen im Untersuchungszeitraum stattfinden sollten. Es wurde hier die Untersuchungsstelle SE\_4 (Nähe Altarm) ausgewählt, welche sich in einem naturnahen Bereich befindet und an welcher weder Makrophytenmanagement noch strukturelle Veränderungen während des gesamten Untersuchungszeitraums (2012-2017) durchgeführt wurden. Jedoch liegt SE\_4 stromabwärts des Maßnahmenbereichs der strukturellen Veränderungen. Des Weiteren war die Untersuchungsstelle von der Erhöhung und Dynamisierung sowie 2017 von der Verringerung des Durchflusses in der Schwarzen Elster gleichermaßen betroffen wie alle anderen Untersuchungsstellen, in denen Effekte der Maßnahmen zu prüfen waren. Als echter Control-Abschnitt kann SE\_4 folglich nicht betrachtet werden, jedoch als Abschnitt, der sich nah am Zielzustand der Schwarzen Elster im Untersuchungsgebiet befindet und keinen hydromorphologischen Veränderungen ausgesetzt war. Der ausgewählte Control-Abschnitt stellt aufgrund der möglichen Strahlwirkung der oberhalb im Längsverlauf

durchgeführten Maßnahmen gewissermaßen eine Mischung zwischen Control- und Impact-Abschnitt dar. Trotz der nur approximativen Erfüllung der Anforderungen an den Control-Abschnitt wurde SE\_4 als Referenzmessstelle ausgewählt, da kein geeigneterer Untersuchungsabschnitt gefunden werden konnte.

Als zweite Schwierigkeit für die Anwendung des BACI-Designs erwies sich das Fehlen von Daten, die vor dem Beginn aller Maßnahmen lagen, dabei liegt die für statistische Auswertungen minimal erforderliche Anzahl bei drei Untersuchungen. Die ersten Daten an den Messstellen SE\_1, SE\_3, die bis 2017 untersucht wurden, wurden 2012 erhoben. Geplant war die Prüfung der Wirksamkeit der Maßnahmen Extensivierung bzw. Einstellung der Krautung, sowie das Maßnahmenpaket Entschlammung, Profilaufweitung, Einbringen von Totholz an Uferlinien und Erhöhung /Dynamisierung des Durchflusses unterhalb des Wehres Brischko. An der Untersuchungsstelle SE\_1 wurde bereits 2014 die Grundräumung durchgeführt, welche sich massiv auf die Besiedlung des Abschnitts auswirkte. An SE\_3 wurde in dem Zeitabschnitt 2012 bis 2014 die Intensität des Makrophytenmanagements umgestellt bzw. die bis dahin jährlichen Unterhaltungsmaßnahmen in einem Jahr ausgesetzt. Aufgrund dessen ist es folglich auch nicht möglich, statistisch signifikante Unterschiede infolge der Unterhaltungsmaßnahmen bezüglich der Gewässerflora zu prüfen. Die größte Auswirkung auf die Biozönosen hatte die Erhöhung und Dynamisierung des Abflusses in der Schwarzen Elster, welche im Herbst 2015 und Frühjahr 2016 vollzogen wurden. Aus diesem Grund wurde die Untersuchungsperiode 2012 bis 2014 als Zeitraum vor den Maßnahmen (Before) und der Zeitraum Herbst 2016 bis Herbst 2017 als nach den Maßnahmen (After) definiert. Nach den letzten Untersuchungen im September 2017 muss festgestellt werden, dass der Durchfluss in der Schwarzen Elster seit Juni 2017 wieder auf das Niveau vor Herbst 2017 verringert wurde. Somit ist auch die Periode nach den Maßnahmen (After) nicht ohne Veränderungen. Somit ist leider weder der Zeitraum vor als auch der Zeitraum nach den Maßnahmen, die sich in nicht näher definierbarem Maße neben der natürlichen Variabilität auf die Artengemeinschaften und die Bewertungsergebnisse auswirkten. Erschwerend für eindeutige statistische Unterschiede ist zusätzlich, dass der Zeitabschnitt nach den Maßnahmen (ab Herbst 2016) aus Daten von zwei Herbst- und einer Frühjahrsprobenahme bestehen, wobei sich die Artengemeinschaften deutlich aufgrund des Lebenszyklus der Biozönose (Emergenz im Sommer sehr verbreitet) können. Anzumerken ist weiterhin, dass die Stichprobenumfänge gering und die Streuung der Daten groß war, so dass die Trennschärfe zwischen den zu vergleichenden Untersuchungsstellen oder Zeitabschnitten gering ist.

Inwieweit sich die Untersuchungsstellen SE\_1 und SE\_3 im Vergleich zueinander und gegenüber dem Referenzabschnitt SE\_4 bereits vor Umsetzung des Maßnahmenpakets (vorbereitende Maßnahmen und Durchflusserhöhung) in Bezug auf die Metrices des Makrozoobenthos (Allgemeine Degradation (MMI), Deutscher Fauna-Index (DFI), Anteil der Litoralarten, Anteil Ephemeroptera-Plecoptera-Trichoptera-Taxa (EPT), Anzahl der Trichoptera-Taxa, Saprobie, Anzahl der Arten sowie Rheoindex) signifikant unterschieden, wurde mittels ANOVA (Analysis of Variance) und Tukey HSD (Honestly Significant Difference) für die im Herbst der Jahre 2012, 2013 und 2014 erhobenen Daten getestet. Die dafür vorausgesetzte Normalverteilung und Varianzhomogenität wurden mittels Bartlett Test und Shapiro-Wilk Test geprüft.

Um die Wirksamkeit des Maßnahmenpakets (vorbereitende Maßnahmen und Durchflusserhöhung) auf das Makrozoobenthos zu beurteilen, wurden ebenfalls die Bewertungsmetrics für das Makrozoobenthos der einzelnen Messstellen herangezogen. Für alle von 2012 bis 2017 untersuchten Abschnitte (SE\_1, SE\_3, SE\_4) wurden jeweils die Ergebnisse des MZB vor und nach Umsetzung des Maßnahmenpakets (vorbereitende Maßnahmen und Durchflusserhöhung). Dafür wurde als Abschnitt vor den Maßnahmen der Zeitraum 2012-2014 und als Abschnitt nach den Maßnahmen Herbst 2016 bis Herbst 2017 bestimmt. Um statistisch signifikante Unterschiede an den Untersuchungsstellen zwischen der Periode vor den Maßnahmen (Before) und nach den Maßnahmen (After) zu prüfen, wurde der Zwei-Stichproben t-Test bzw. im Falle nicht varianzhomogener Verteilungen der Welch-Test genutzt. Die Varianzhomogenität wurde vorab mit Hilfe des Bartlett Tests geprüft.

Auf signifikante Unterschiede der Metrics des MZB zwischen den Untersuchungsabschnitten im Allgemeinen wurden die Ergebnisse der Frühjahrsuntersuchungen der Jahre 2015-2017 durch ANOVA und Tukey HSD für

die Messstellen SE\_1, SE\_3 und SE\_4 getestet, da die Frühjahrsprobenahme im empfohlenen Untersuchungszeitraum nach Methodik der WRRL liegt. Für die weiterhin untersuchten Messstellen SE\_6, SE\_7 und SE\_8 waren aufgrund des Beprobungsbeginns im Herbst 2015 bzw. Frühjahr 2016 (SE\_7) die minimalen Anforderungen an den Stichprobenumfang für Frühjahrsuntersuchungen nicht gegeben. Die Erfüllung der vorausgesetzten Normalverteilung und Varianzhomogenität wurde mittels Shapiro-Wilk und Bartlett-Test geprüft. Einflüsse des Stadtteichs und der Kläranlage Wittichenau auf die Schwarze Elster wurden durch den statistischen Vergleich der Metrics des Makrozoobenthos zwischen SE\_6 und SE\_7 (Stadtteich) sowie SE\_1 und SE\_8 (Kläranlage) geprüft. Für den Stadtteich wurden Daten ab Frühjahr 2017, für die Auswirkungen der Kläranlage Daten ab Herbst 2015 getestet. Es wurde der Zwei-Stichproben t-Test bzw. im Falle nicht varianzhomogener Verteilungen der Welch-Test genutzt. Die Varianzhomogenität wurde vorab mit dem Bartlett Test geprüft, die Normalverteilung mit dem Shapiro-Wilk-Test.

Alle aufgeführten univariaten statistischen Testverfahren wurden mit der Software R (Version 3.4.1) durchgeführt.

**Die multivariate statistische Auswertung** konzentrierte sich auf die Taxa des Makrozoobenthos der Operationellen Taxaliste. Für die Auswertungen wurde die Statistiksoftware PRIMER v7 (PRIMER-E Ltd., 2015) verwendet.

Die Struktur von Organismengemeinschaften, d.h. die Abundanz bzw. Biomasse der einzelnen im Habitat vorkommenden Arten, hat einen hohen Informationsgehalt bezüglich der einwirkenden Umweltgrößen. Werden univariate statistische Methoden zum Vergleich von Organismengemeinschaften genutzt, ist es notwendig, die oft umfangreichen Datensätze in einer einzigen Variable zu aggregieren. Solche aggregierten Größen können z.B. Gesamttaxazahl, Taxazahl spezieller Indikatororgansimen (z.B. EPT-Taxa) oder verschiedene Diversitätsindizes (z.B. Shannon-Wiener-Index) der Organismengemeinschaft sein. Diese Aggregation führt unweigerlich zu einem Verlust an Information. Aufgrund dieses Informationsverlustes ist es möglich, dass Unterschiede zwischen Gemeinschaften, obwohl existent, nicht detektiert werden können. Beim Vergleich der Strukturen von Organismengemeinschaften anhand großer Datensätze kommt daher modernen Verfahren der multivariaten Statistik ein hoher Stellenwert zu.

Die in der vorliegenden Analyse angewandten multivariaten statistischen Verfahren werden im Folgenden beschrieben (CLARKE & GORLEY, 2015).

Zur Vorbereitung einer multivariaten Analyse werden paarweise die Ähnlichkeiten für alle Organismengemeinschaften aller Messstellen und Probenahmezeitpunkte der untersuchten Daten errechnet. Als Ähnlichkeitsmaß dient dabei der Bray-Curtis-Ähnlichkeitskoeffizient (BRAY & CURTIS 1957). Der Bray-Curtis-Ähnlichkeitskoeffizient kann Werte zwischen 0 und 100 annehmen, wobei 100 der absoluten Übereinstimmung zweier Taxalisten entsprechen würde, Null hingegen aussagt, dass beide Taxalisten keine Art gemeinsam beinhalten. Ausgangspunkt dafür ist zunächst eine Datenmatrix, in der als Spaltenbezeichnung alle Untersuchungsstellen und -zeitpunkte und als Zeilenindizes alle Taxa der untersuchten Organismengruppe, die in der Gesamtheit der untersuchten Messstellen mindestens einmal gefunden wurden, zugrunde gelegt werden. Die Abundanzwerte wurden zunächst wurzel-transformiert ( $\sqrt{\cdot}$ ). Durch diese Transformation wird der Einfluss von wenigen dominanten Taxa auf die Berechnung des Bray-Curtis-Ähnlichkeitskoeffizienten gedämpft und somit die Diversitätsinformation, die in den meist zahlreichen subdominanten Arten vorhanden ist, adäquat in das Berechnungsergebnis einbezogen. Aus der dargestellten Datenmatrix ergibt sich nach der Berechnung der Bray-Curtis-Ähnlichkeitskoeffizienten für alle Untersuchungen auf der Basis der Strukturähnlichkeit ihrer Organismengemeinschaften eine trigonale Ähnlichkeitsmatrix, die Grundlage für alle multivariaten Analysen ist. Die Kohorte der Hydrachnidia (Wassermilben) wurde vor den multivariaten Analysen ausgeschlossen, da sie nicht Teil der operationellen Taxaliste ist und ihre Abundanzen zwischen Einzelfunden und Massenvorkommen zufällig schwanken.

Für alle Untersuchungsabschnitte wurde die Similarity Profile Analysis (SIMPROF) – auch Clusteranalyse genannt – durchgeführt, durch die signifikante Unterschiede in der Zusammensetzung und Abundanz der Ar-

tengemeinschaften der verschiedenen Messstellen und Zeitpunkte bestimmt werden (CLARKE & WARWICK, 2001). Als in der Ökologie gefordertes Signifikanzniveau wurde 5% ( $p \leq 0,05$ ) festgelegt. Sind die Artengemeinschaften nicht signifikant voneinander verschieden, werden sie einem gemeinsamen Cluster zugeordnet. Verschiedene Cluster werden gebildet, wenn die Struktur der Organismengemeinschaften der verschiedenen Untersuchungsstellen und/oder Probenahmezeitpunkte signifikant unähnlich zueinander sind. Durch die SIMPROF-Analyse wird statistisch getestet, ob die Unähnlichkeiten zwischen den Stichproben einer Zufallsverteilung (Nullhypothese) entsprechen oder ob es Strukturen in den Daten gibt (Bildung von Clustern).

Als Verfahren zur Darstellung von Un-/ Ähnlichkeiten von Artengemeinschaften wurde die Methode der MDS (Multi Dimensional Scaling; SHEPARD, 1962; KRUSKAL 1964; siehe auch in CLARKE & WARWICK 2001) angewendet. Durch Anwendung des für den Vergleich von Artenlisten genutzten Bray-Curtis-Ähnlichkeitskoeffizienten entsteht eine nicht-metrische MDS (non-metric MDS, NMDS), in der die Rangordnungen der Distanzen zwischen den Objekten mit den Rangordnungen der zugehörigen Ähnlichkeiten übereinstimmen. Das Ziel einer NMDS-Analyse ist es, Objekte (hier: Organismengemeinschaften verschiedener Messstellen und Zeitpunkte) auf der Basis ihrer Eigenschaften (hier: Informationen über Abundanz aller Gemeinschaftsmitglieder) räumlich so anzuordnen, dass die Abstände (Distanzen) zwischen den Objekten im Raum der Un-/ Ähnlichkeit der Objekte untereinander entsprechen. Je weiter die Objekte voneinander entfernt sind, desto unähnlicher sind sie und je näher sie beieinander liegen, desto ähnlicher sind sie. Auf Basis der vorangestellten SIMPROF-Analyse werden die Objekte in Clustern dargestellt. Die Visualisierung einer MDS-Analyse in 2D oder 3D-Abbildungen wird als MDS-Ordination bezeichnet. Bei der NMDS wird über einen iterativen Berechnungsalgorithmus und den daraus resultierenden Stress-Wert die bestmögliche Anordnung (geringster Stress-Wert) der Objekte im Raum gewählt. Der Stress erhöht sich, je mehr die eigentliche Dimensionalität der Daten in der jeweiligen Darstellung reduziert wird. Ein Stress-Wert kleiner 0,05 zeugt für eine exzellente Repräsentation der Daten. Ist der Stress-Wert kleiner als 0,1, spiegelt die MDS-Ordination eine gute Darstellung der Dimensionalität der Daten wieder, die Darstellung in mehr Dimensionen würde keine zusätzlichen Informationen über die Gesamtstruktur liefern. Bei einem Stress-Wert zwischen 0,1 und 0,2 wird eine angemessene Abbildung der Stichproben im Raum erzeugt, jedoch wird die Dimensionalität der Daten nicht vollständig abgebildet. Ein Stress-Wert  $< 0,1$  ist demnach anzustreben. Als weiteres Gütekriterium für die Anpassung der Ordination dient die Berechnung von  $R^2$  (quadrierte Korrelation der Distanzen mit den Disparitäten (Unähnlichkeiten) mittels Analysis of Similarities (ANOSIM). In der Praxis gilt ein  $R^2 > 0,9$  als sehr gute Anpassung.



# 5 Ergebnisse

## 5.1 Maßnahmen bzw. Veränderungen an den Untersuchungsstellen der Schwarzen Elster

In der folgenden Tabelle sind die im Zeitraum 2012 – 2017 im Untersuchungsgebiet durchgeführten Veränderungen der Gewässerunterhaltungsmaßnahmen und der Einstauverhältnisse an den Untersuchungsstellen zusammengestellt.

**Tabelle 5: Veränderungen der Schwarzen Elster an den Messstellen vor den Probenahmen der Jahre 2012 bis 2017**

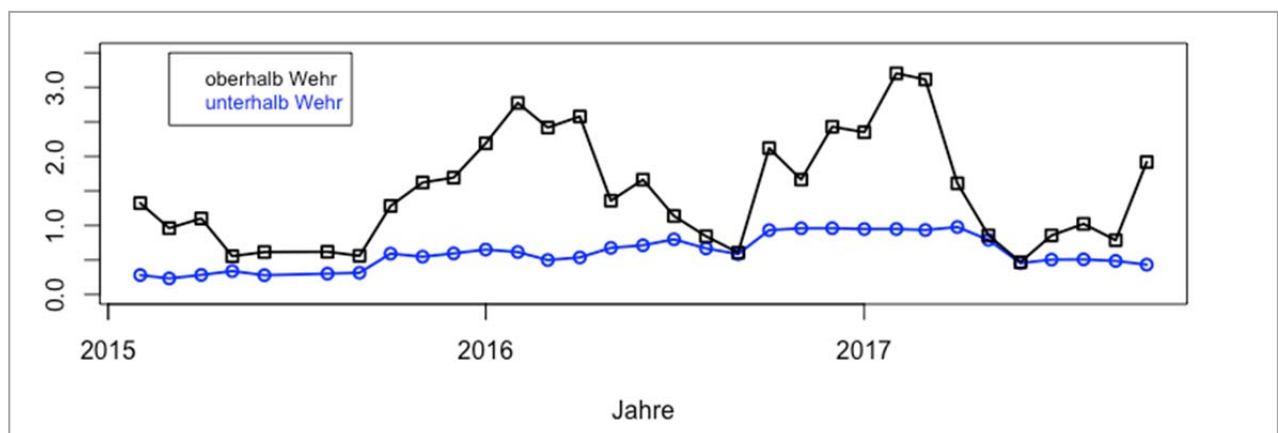
MP/Jahr	2012	2013	2014	2015	2016	2017
SE_1	Konventionelle Krautung, kaum Makrophyten	keine Maßnahme (stark verkrautet, Profil eingeengt, hohe Strömung, naturnah)	Grundräumung, deutliche Profilaufweitung, geringe Strömung, kaum Makrophyten	deutlicher Rückstau durch Erhöhung Wehr, sonst keine Maßnahmen	angepasstes Makrophytenmanagement, kaum Rückstau aufgrund erhöhten Durchflusses	keine Maßnahmen bzw. Rückstellung der Krautung, mäßiger Rückstau
SE_2	Konventionelle Krautung, zusätzlich mäßiger Rückstau	Grundräumung, starke Profilaufweitung, kaum Makrophyten, Rückstau	angepasstes Makrophytenmanagement, starker Rückstau	Sehr starker Rückstau durch Erhöhung Wehr	nicht beprobt	nicht beprobt
SE_3	Konventionelle Krautung, starker Rückstau, geringe Strömung, kaum Makrophyten	keine Maßnahme (mäßig verkrautet, mäßige Strömung)	angepasstes Makrophytenmanagement	Grundräumung mit mäßiger Profilaufweitung, kaum Makrophyten, mäßige Strömung	angepasstes Makrophytenmanagement, geringes Gefälle und geringe Strömung	keine Maßnahmen, geringes Gefälle und geringe Strömung
SE_4	keine Maßnahmen, Gewässer naturnah	keine Maßnahmen, Gewässer naturnah	keine Maßnahmen, Gewässer naturnah	keine Maßnahmen, Gewässer naturnah	keine Maßnahmen, Gewässer naturnah	keine Maßnahmen, Gewässer naturnah
SE_6	nicht beprobt	nicht beprobt	nicht beprobt	keine Maßnahmen	keine Maßnahmen	lokale Gewässerkrautung
SE_7	nicht beprobt	nicht beprobt	nicht beprobt	nicht beprobt	Nur Ufermahd	lokale Gewässerkrautung
SE_8	nicht beprobt	nicht beprobt	nicht beprobt	Krautung	angepasstes Makrophytenmanagement	keine Maßnahmen bzw. Rückstellung der Krautung

Im Untersuchungszeitraum 2015 bis 2017 wurde das Makrophytenmanagement im Untersuchungsgebiet verändert. Die bis 2015 durchgeführten konventionellen Krautungen wurden in Ortsbereichen und in der Nähe von Wehren (SE\_6, SE\_7) durch lokale Krautungen ersetzt, um dem Hochwasserschutz gerecht zu werden. Weiterhin wurde in den Entwicklungsbereichen außerhalb der Ortslagen ein angepasstes Makrophytenmanagement etabliert, bei dem zu einem späteren Zeitpunkt im Herbst nur nach Einzelfallentscheidung Makrophyten entnommen werden. Dadurch kann einerseits die Entwicklung von für den Gewässertyp charakteristischen Makrophytenarten befördert werden, andererseits wird die Besiedlung des Gewässers weniger gestört,

wenn nicht pauschal Makrophyten entnommen werden. Ziel ist der gute ökologische Zustand der Gewässerflora.

### Durchfluss im Untersuchungsgebiet am Wehr Brischko

Alle seit 2012 durchgeführten Maßnahmen der Grundräumung und Profilaufweitung waren vorbereitende Maßnahmen um erhöhte und dynamisierte Abflüsse in der Schwarzen Elster realisieren zu können. Die folgende Abbildung zeigt die Durchflussmengen in der Schwarzen Elster, gemessen am Teilungwehr Brischko. Wie die monatlichen Mittelwerte verdeutlichen, gab es eine Erhöhung des Durchflusses der Schwarzen Elster ab Oktober 2015 auf mindestens 0,5 m<sup>3</sup>/s. Im April 2016 wurde in einem zweiten Schritt der Durchfluss in die Schwarze Elster auf ca. 1 m<sup>3</sup>/s gesteigert, wenn die Wassermenge der Schwarzen Elster vor dem Teilungwehr dies zuließ. Datenlücken bestanden im Januar und Juli 2015. Seit Mai 2017 ging der Durchfluss unterhalb des Wehres Brischkos wieder zurück auf unter 0,5 m<sup>3</sup>/s. Warum die Steuerung am Wehr Brischko zugunsten erhöhter Durchflussmengen in der Schwarzen Elster nicht fortgeführt wurde, ist unklar.



**Abbildung 20: Durchfluss [m<sup>3</sup>/s] in der Schwarzen Elster oberhalb und unterhalb des Teilungwehres Brischko,**

Monatsmittelwerte, Datenquelle: LTV Sachsen

## 5.2 Physikalisch-chemische Messwerte

In den folgenden Tabellen (Tabelle 7-Tabelle 10) sind die bei den Untersuchungen ermittelten chemischen Messwerte sowie die in der OGewV (2016) festgelegten Anforderungen an allgemeine physikalisch-chemische Komponenten dargestellt. Überschreitungen der Werte nach OGewV sind dabei markiert. Berücksichtigt werden muss bei dieser Einordnung, dass keine monatlichen Messwerte, wie für die Bewertung nach OGewV gefordert, vorliegen, so dass lediglich eine orientierende Bewertung vorgenommen werden kann. Die Messstellen wurden in ihrer Abfolge in Fließrichtung dargestellt.

**Tabelle 6: Messstelle SE\_6: Vergleich Messwerte mit Orientierungswerten gemäß OGewV**

Messstelle SE_6	Temp. [°C]	NH <sub>4</sub> -N [mg/l]	SRP [mg/l]	TP [mg/l]	O <sub>2</sub> -Konz. [mg/l]	O <sub>2</sub> -Sättigung	pH-Wert	LF [µS/cm]
						[%]		
OGewV (2016)	< 25 / < 10	<0,20	< 0,07	< 0,1	> 7	-	7,0 – 8,5	-
22.10.2015	9,7	0,13	0,026	<b>0,12</b>	10,8	96	7,7	492
02.05.2016	14,3	0,05	0,033	<b>0,14</b>	10,7	104	7,6	461
21.09.2016	17,3	<0,017	<b>0,079</b>	<b>0,15</b>	9,2	96	7,7	409
17.05.2017	15,8	0,11	0,04	<b>0,18</b>	8,5	88	7,6	460
20.09.2017	13,6	0,03	0,058	<b>0,16</b>	10,1	97	7,7	472

**Tabelle 7: Messstelle SE\_8: Vergleich Messwerte mit Orientierungswerten gemäß OGewV**

Messstelle SE_8	Temp. [°C]	NH <sub>4</sub> -N [mg/l]	SRP [mg/l]	TP [mg/l]	O <sub>2</sub> -Konz. [mg/l]	O <sub>2</sub> -Sättigung	pH-Wert	LF [µS/cm]
						[%]		
OGewV (2016)	< 25 / < 10	<0,20	< 0,07	< 0,1	> 7	-	7,0 – 8,5	-
22.10.2015	9,7	0,11	0,028	<b>0,16</b>	10,7	96	7,7	495
02.05.2016	13,3	0,03	0,027	<b>0,15</b>	10,8	103	7,6	491
21.09.2016	16,5	0,03	<b>0,079</b>	<b>0,12</b>	9,34	96	7,7	412
17.05.2017	16,2	0,1	0,039	<b>0,17</b>	n.b.	n.b.	7,7	471
20.09.2017	14,1	0,06	0,047	<b>0,13</b>	9,87	97	7,7	462

**Tabelle 8: Messstelle SE\_1: Vergleich Messwerte mit Orientierungswerten gemäß OGewV**

Messstelle SE_1	Temp. [°C]	NH <sub>4</sub> -N [mg/l]	SRP [mg/l]	TP [mg/l]	O <sub>2</sub> -Konz. [mg/l]	O <sub>2</sub> -Sättigung	pH-Wert	LF [µS/cm]
						[%]		
OGewV (2016)	< 25 / < 10	<0,20	< 0,07	< 0,1	> 7	-	7,0 – 8,5	-
29.09.2015	13,1	0,04	<b>0,073</b>	<b>0,23</b>	9,8	95	7,8	563
22.10.2015	9,8	0,10	0,033	<b>0,17</b>	10,7	95	7,7	498
02.05.2016	13,4	0,02	0,037	<b>0,17</b>	10,7	102	7,6	493
21.09.2016	16,8	0,02	<b>0,089</b>	<b>0,13</b>	9,1	95	7,7	399
17.05.2017	14,9	0,1	0,044	<b>0,18</b>	n.b.	n.b.	7,5	464
20.09.2017	13,7	0,04	<b>0,077</b>	<b>0,46</b>	10,0	97	7,7	487

**Tabelle 9: Messstelle SE\_4: Vergleich Messwerte mit Orientierungswerten gemäß OGeW**

SE_4	Temp. [°C]	NH <sub>4</sub> -N [mg/l]	SRP [mg/l]	TP [mg/l]	O <sub>2</sub> -Konz. [mg/l]	O <sub>2</sub> -Sättigung	pH-Wert	LF [µS/cm]
						[%]		
OGeW (2016)	< 25 / < 10	<0,20	< 0,07	< 0,1	> 7	-	7,0 – 8,5	-
29.09.2015	11,0	0,02	0,054	<b>0,21</b>	10,2	95	7,7	562
22.10.2015	9,8	0,10	0,036	<b>0,18</b>	10,6	95	7,7	499
02.05.2016	12,4	0,02	0,031	<b>0,16</b>	10,2	95	7,4	493
21.09.2016	15,9	0,03	<b>0,090</b>	<b>0,15</b>	9,5	96	7,7	419
17.05.2017	17,1	0,09	0,044	<b>0,18</b>	8,6	91	7,7	462
20.09.2017	13,8	0,03	<b>0,073</b>	<b>0,57</b>	9,9	97	7,7	482

Die physikalischen Parameter Wassertemperatur, pH-Wert und Sauerstoffkonzentration überschritten an den Untersuchungsterminen die Orientierungswerte der OGeW (2016) nicht. Auch zwischen den einzelnen Untersuchungsstellen zeigten sich keine deutlichen Unterschiede. Die Werte der Leitfähigkeit lagen zwischen 399 µS/cm und 563 µS/cm und waren somit unauffällig. Auch hier zeigten sich keine deutlichen Differenzen entlang des Gewässerverlaufs. Die Ammoniumkonzentration variierte zwischen den Messstellen wenig, im Oktober 2015 und Mai 2017 lagen die Konzentrationen an allen Messstellen nahe des Orientierungswertes der OGeW (2016). Im Untersuchungszeitraum traten an allen Untersuchungsstellen geringfügige bis deutliche Überschreitungen des Orientierungswertes der OGeW (2016) für Gesamtphosphat auf. Die maximalen Konzentrationen wurden im September 2017 unterhalb der Kläranlage Wittichenau (SE\_1 und SE\_4) gemessen und überstiegen dabei den Orientierungswert um das Vier- bis Fünffache. An SE\_4 war die TP-Konzentration sogar noch etwas höher als an SE\_1. Es ist anzunehmen, dass diese Konzentrationen durch die Kläranlage in die Schwarze Elster eingetragen wurden. Im Herbst 2016 lagen an allen Untersuchungsstellen zusätzlich auch für den reaktiven, pflanzenverfügbaren Phosphor (SRP) Überschreitungen des Orientierungswertes vor. Im Herbst 2017 zeigte sich für SRP an SE\_1 (uh. KA Wittichenau) eine geringfügige Überschreitung des Orientierungswertes.

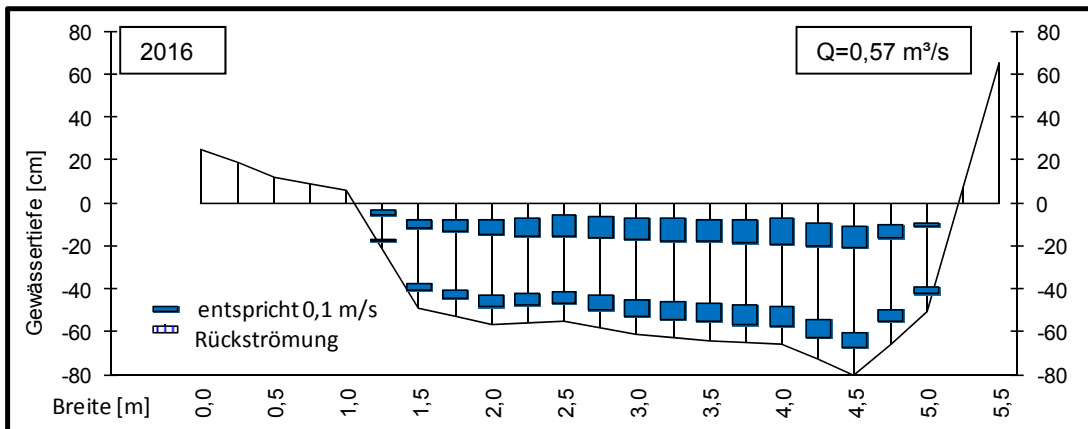
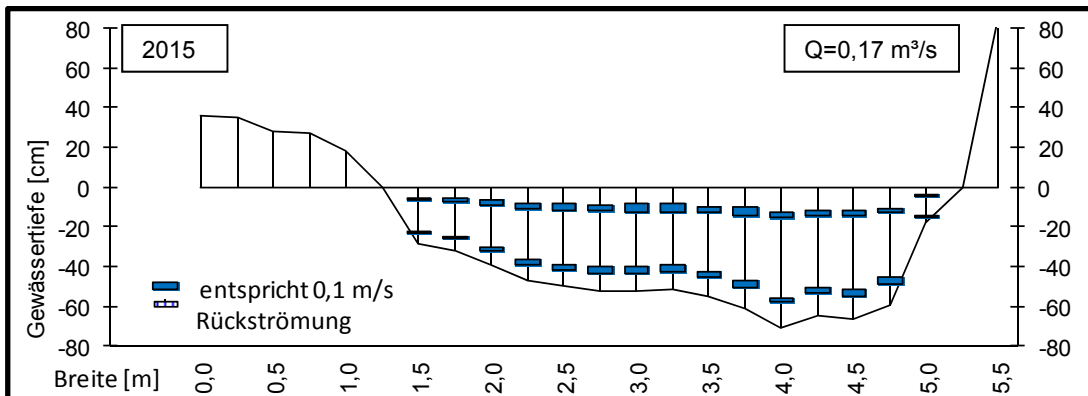
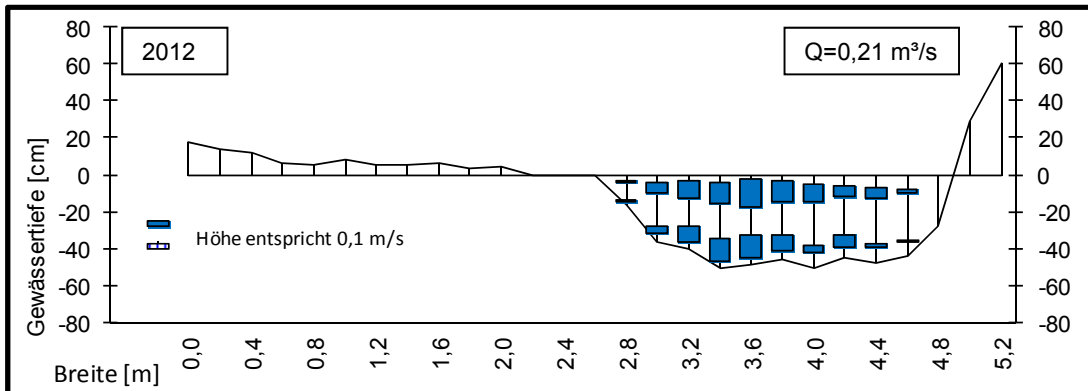
Die gemessenen physikalisch-chemischen Parameter stellen keinen limitierenden Faktor für die Zielerreichung gemäß WRRL (mindestens guter ökologischer Zustand) dar. Die Messwerte unterhalb der KA Wittichenau (SE\_1, SE\_4) unterschieden sich außer bei der Untersuchung im Herbst 2017 nicht wesentlich von denen im Oberlauf der Kläranlage (SE\_6, SE\_8), so dass mit hoher Wahrscheinlichkeit hinsichtlich der untersuchten Parameter kein negativer Einfluss des Kläranlagenablaufs auf die Schwarze Elster besteht.

### 5.3 Querprofilaufnahmen mit Fließgeschwindigkeit

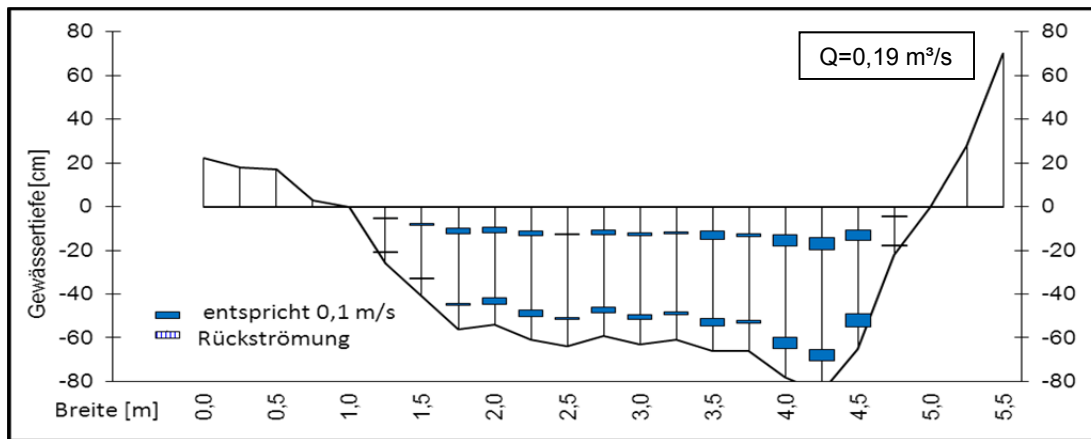
Die Lage aller Punkte zur Erfassung der Querprofile ist in Tabelle 10 dargestellt. Die erstmalige Profilaufnahme der Messstellen SE\_6 und SE\_8 erfolgte am 22.10.2015 und bei der Messstelle SE\_7 am 22.09.2016. Darauf folgend wurden bei den Untersuchungen im September jeweils die Durchflüsse an den Untersuchungsabschnitten ermittelt.

Tabelle 10: Lage der Querprofile an der Schwarzen Elster

	SE_1	SE_2	SE_3	SE_6	SE_7	SE_8
Gauss-Krüger Rechtswert	5446982	5446868	5446487	5448139	5447223	5447024
Gauss-Krüger Hochwert	5695982	5696244	5696691	5694633	5695274	5695669



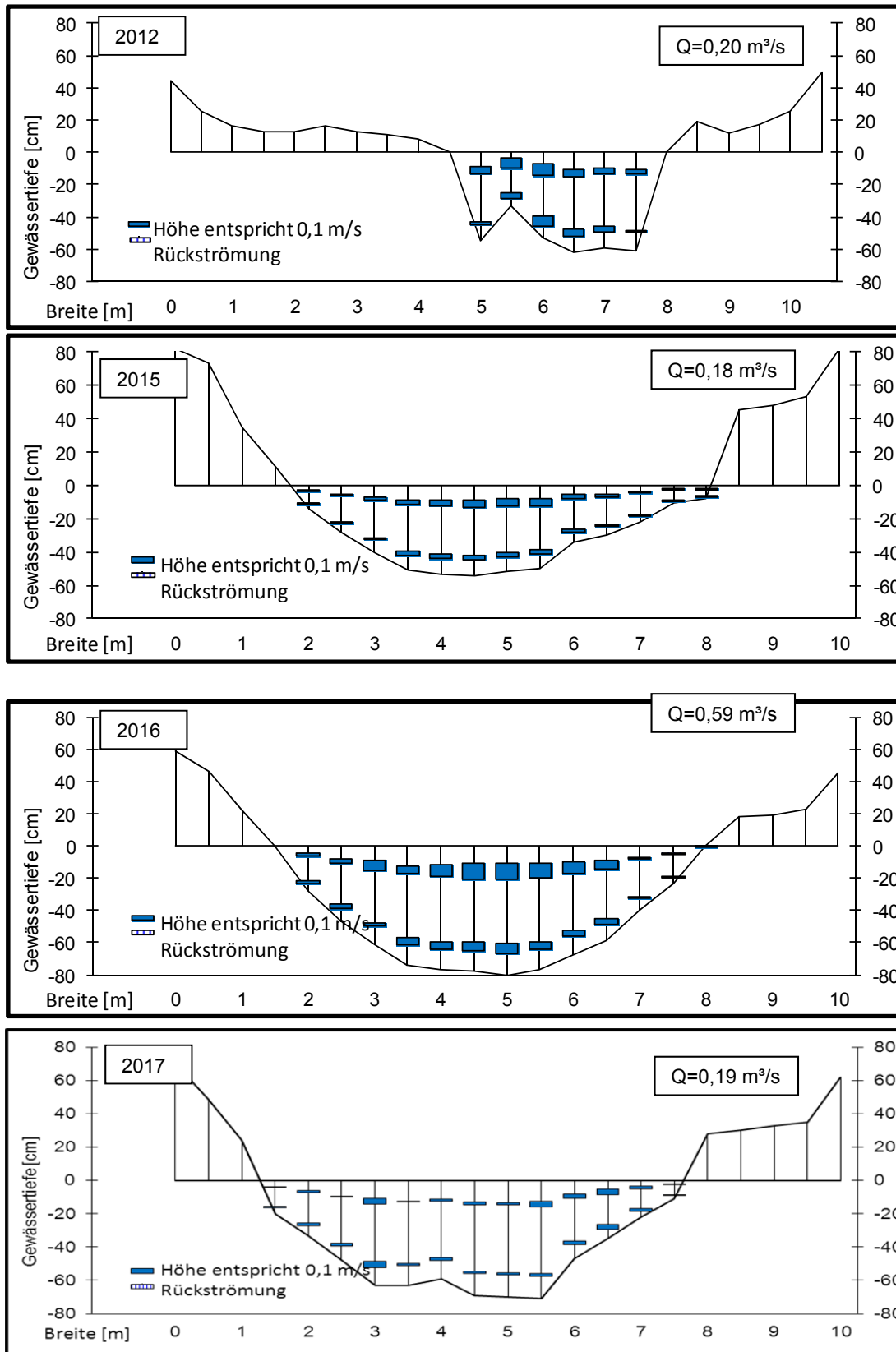
2017



**Abbildung 21: Querprofilaufnahme an der Messstellen SE\_1**

Ausgangszustand im Jahr 2012 (oben), nach Ausbau bei noch geringem Durchfluss im Herbst 2015 (Mitte), im Herbst 2016 (Mitte) bei höherem Durchfluss sowie im Herbst 2017 (unten) bei geringem Durchfluss

Im Ausgangszustand (2012) war die Fläche des Fließquerschnitts wesentlich geringer ( $0,88 \text{ m}^2$ ) und die maximale Fließgeschwindigkeit in Strommitte mit bis zu  $0,49 \text{ m/s}$  bei  $0,2 \text{ m}^3/\text{s}$  Durchfluss höher als nach der Profilaufweitung. Bei geringem Durchfluss im Herbst 2015 ( $0,17 \text{ m}^3/\text{s}$ ) war bei vergrößertem Fließquerschnitt die Fließgeschwindigkeit mit im Mittel nur  $0,09 \text{ m/s}$  und maximal  $0,14 \text{ m/s}$  gering. Die geringe Fließgeschwindigkeit war im Jahr 2015 neben dem geringen Durchfluss weiterhin durch den Rückstau vom Wehr unterhalb der Straßenbrücke Neudorf-Klösterlich bedingt. Im September 2016 ( $0,57 \text{ m}^3/\text{s}$  Durchfluss) nach Erhöhung der Durchflussmengen betrug die mittlere Fließgeschwindigkeit  $0,25 \text{ m/s}$  und die maximale Fließgeschwindigkeit  $0,39 \text{ m/s}$ . Im Herbst 2017 zeigte sich wiederum ein geringer Durchfluss von  $0,21 \text{ m}^3/\text{s}$  bei einer mittleren Fließgeschwindigkeit von  $0,09 \text{ m/s}$ .

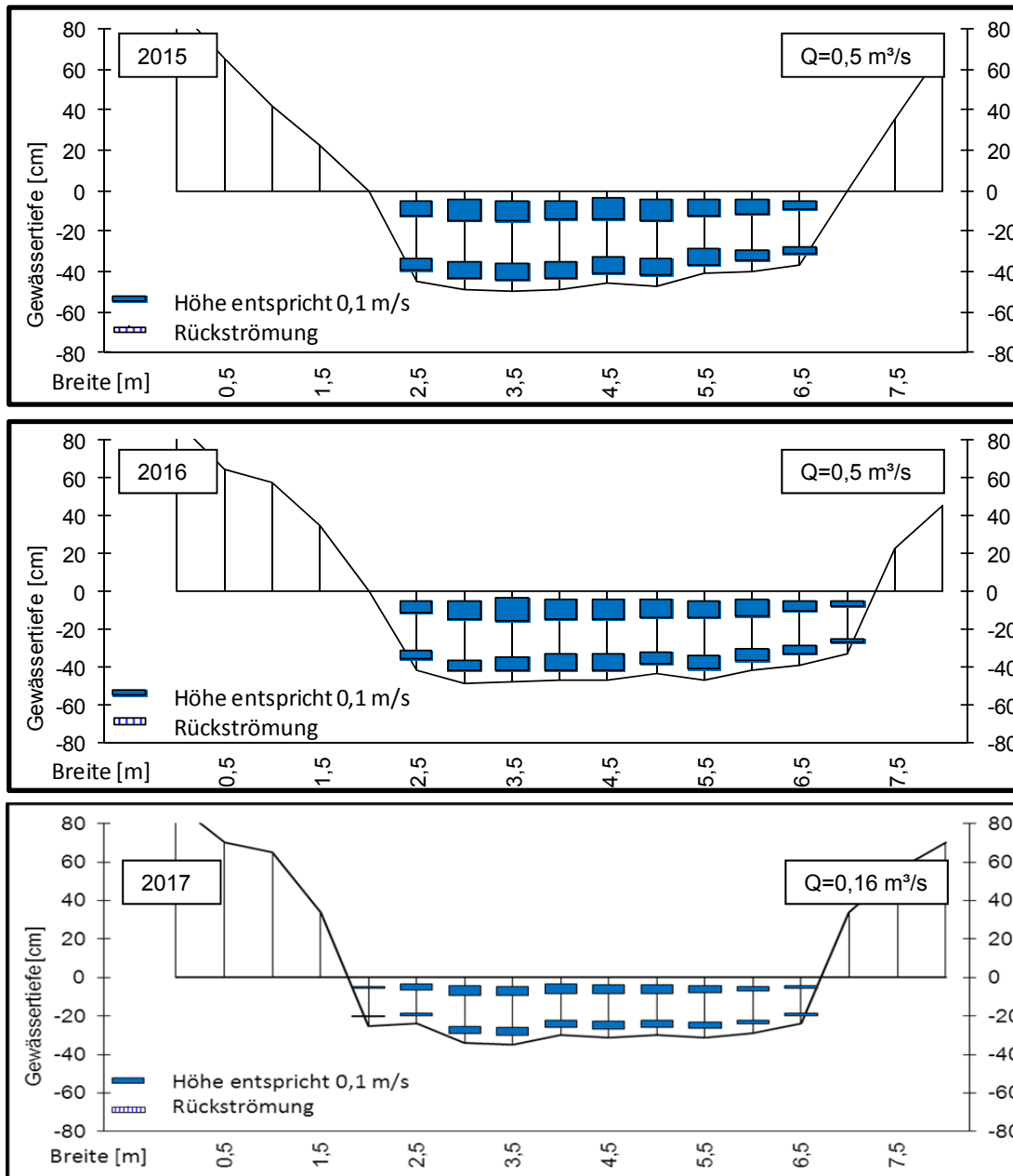


**Abbildung 22: Querprofilaufnahme an der Messstellen SE\_3**

Ausgangszustand im Jahr 2012 (oben), nach Ausbau bei noch geringem Durchfluss im Herbst 2015 (Mitte), bei höherem Durchfluss im Herbst 2016 (Mitte) sowie im Herbst 2017 (unten) bei geringem Durchfluss

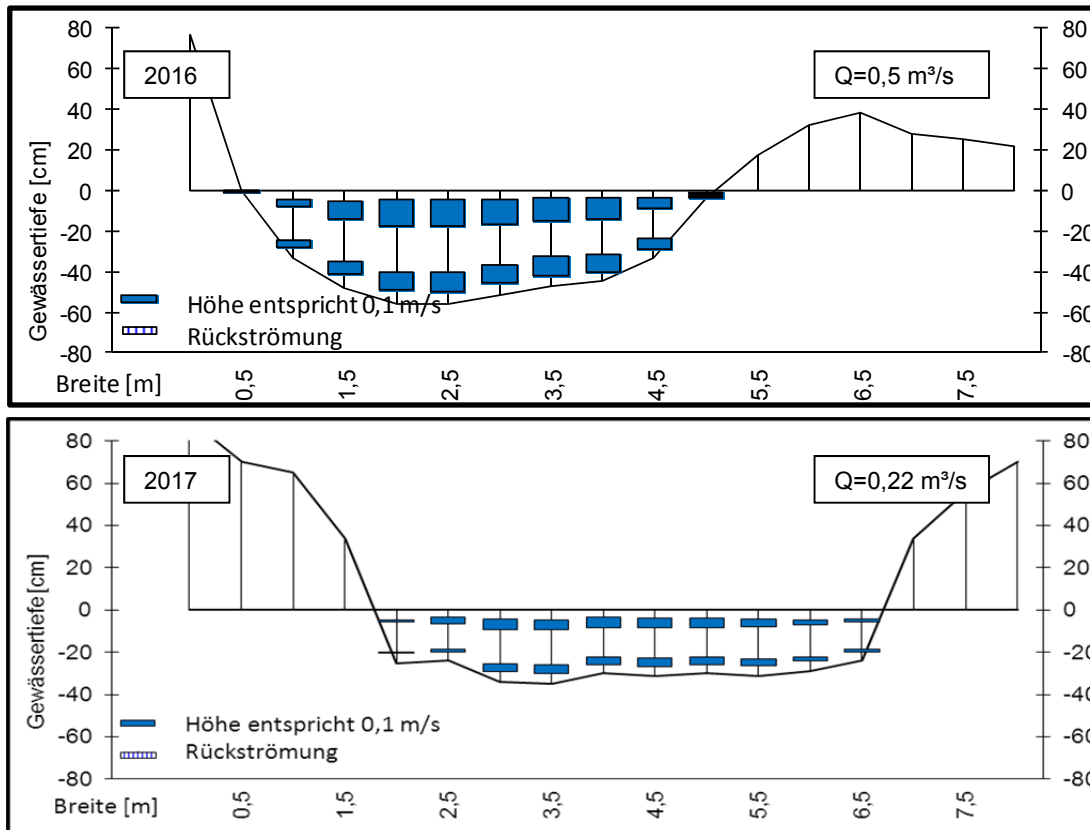
An der Messstelle SE\_3 wurden im Herbst 2016 auch bei hohem Durchfluss von 0,59 m<sup>3</sup>/s relativ geringe Fließgeschwindigkeiten von im Mittel 0,17 m/s und maximal 0,33 m/s gemessen. Bedingt ist dies vermutlich durch ein geringes Gefälle und einen breiten, großen Querschnitt mit einer Fläche von 3,56 m<sup>2</sup>. Die mittlere Fließgeschwindigkeit von 0,17 m/s ist im Vergleich zum Ausgangszustand (Durchschnittsgeschwindigkeit 0,13 m/s und Maximalgeschwindigkeit 0,26 m/s) höher und verglichen mit dem Zustand nach Umbau bei noch geringem Durchfluss deutlich höher (im Mittel 0,08 m/s und maximal 0,16 m/s bei 0,18 m<sup>3</sup>/s Durchfluss). Bei wieder geringerem Durchfluss im Herbst 2017 (0,19 m<sup>3</sup>/s) konnte an SE\_3 eine mittlere Fließgeschwindigkeit von 0,06 m/s und eine Maximalgeschwindigkeit von 0,13 m/s gemessen werden.





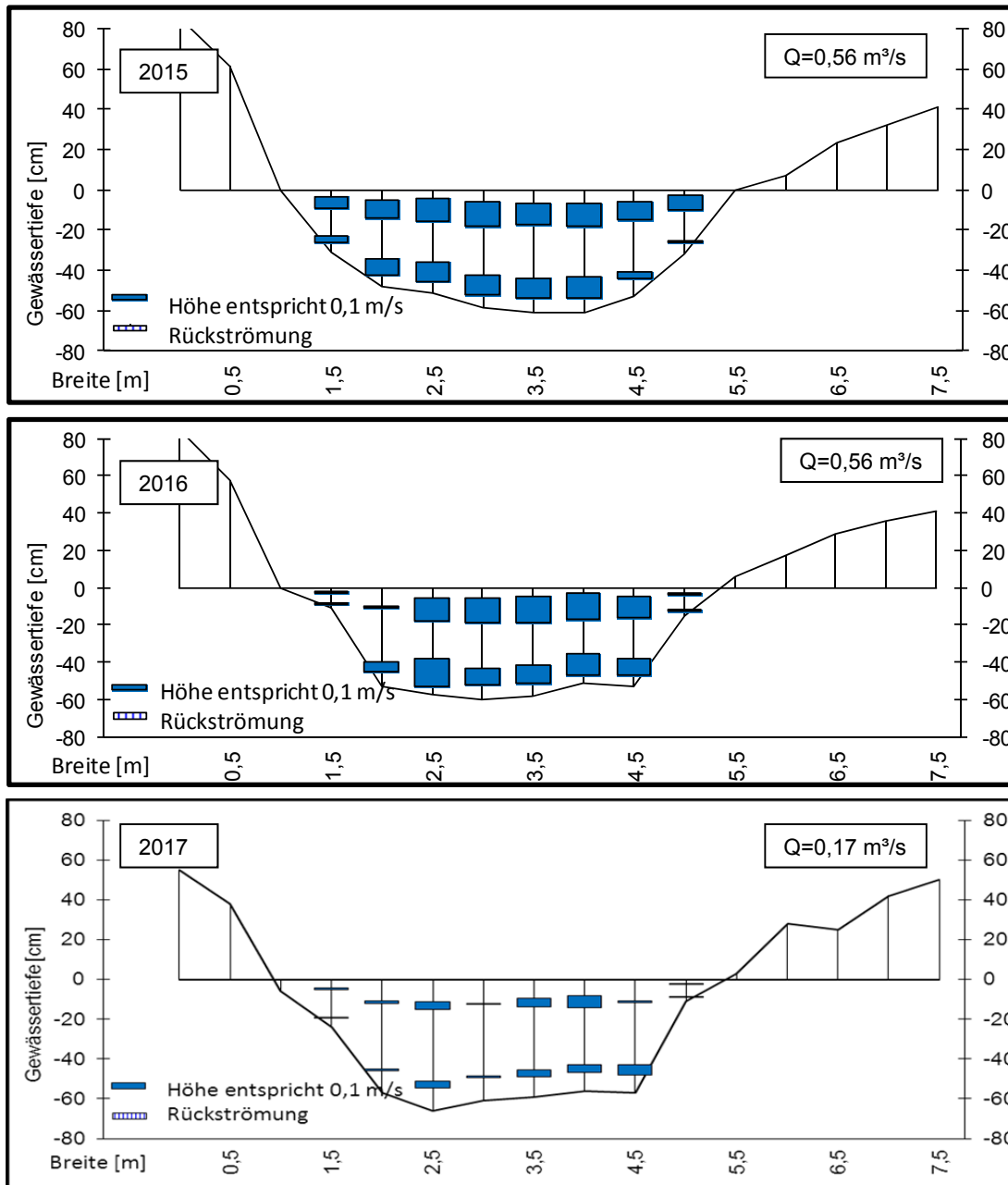
**Abbildung 23: Querprofilaufnahme an der Messstellen SE\_6**  
im Herbst 2015 (oben) bzw. Herbst 2016 (Mitte) und im Herbst 2017 (unten)

An der Messstelle SE\_6 wurde am 22.10.2015 ein Durchfluss von rund 0,52 m³/s ermittelt. Das ist ein wesentlich höherer Wert als bei allen Untersuchungen der Jahre 2012 – 2015. Optisch schien die Schwarze Elster in diesem Bereich frei ohne Rückstau oder sonstige Hindernisse zu fließen. Die mittlere Fließgeschwindigkeit lag trotzdem bei lediglich 0,26 m/s. Dies könnte durch das relativ breite Profil (ca. 4,5 m Wasserspiegelbreite) bedingt sein. Im Herbst 2016 lag der Durchfluss wie im Vorjahr bei 0,5 m³/s bei vergleichbaren Fließgeschwindigkeiten. Bei der letzten Untersuchung im Herbst 2017 lag bereits an SE\_6 ein deutlich geringerer Durchfluss von 0,16 m³/s vor, was zu einer mittleren Fließgeschwindigkeit von nur 0,12 m/s führte.



**Abbildung 24: Querprofilaufnahme an der Messstellen SE\_7**  
im Herbst 2016 (oben) und Herbst 2017 (unten)

Das Querprofil an der Messstelle SE\_7 wurde im September 2016 erstmalig aufgenommen. Das Profil liegt in einer leichten Rechtskurve, so dass sich linksseitig ein Prallhangbereich und rechtsseitig der Gleithang befindet. Gut sichtbar ist die bei MQ nicht überströmte Längsbank auf der Gleithangseite. Die Fließgeschwindigkeit betrug bei dem gemessenen Durchfluss von 0,54 m<sup>3</sup>/s im Durchschnitt 0,29 m/s und maximal 0,42 m/s. Dies sind im Vergleich zu den weiteren Profilen relativ hohe Fließgeschwindigkeiten. Im Herbst 2017 lag der Durchfluss bei lediglich 0,22 m<sup>3</sup>/s mit einer mittleren Fließgeschwindigkeit von 0,12 m/s.



**Abbildung 25: Querprofilaufnahme an der Messstelle SE\_8**  
im Herbst 2015 (oben), Herbst 2016 (Mitte) und Herbst 2017 (unten)

An der Messstelle SE\_8 betrug der im Oktober 2015 ermittelte Durchfluss von 0,56 m³/s das ca. 3-fache der Durchflüsse aller Voruntersuchungen 2012 – 2015 (zwischen 0,16 – 0,25 m³/s). Weiterhin war eine leichte Durchflusserhöhung auf der Fließstrecke zwischen den Messstellen SE\_6 und SE\_8 aufgrund von drei kleineren Zuflüssen erkennbar (0,04 m³/s). Die mittlere Fließgeschwindigkeit war mit 0,28 m/s zwar gering, aber deutlich höher als an den unterhalb liegenden Stellen SE\_1 bis SE\_3. Dies ist unter anderem ein Effekt des höheren Durchflusses. Bei der Längsschnittbegehung der Schwarzen Elster Ende September 2015 war im Bereich des Profils SE\_8 noch ein mäßiger Rückstau erkennbar, der sich bei dem höheren Durchfluss nur noch leicht bemerkbar machte.

Im September 2016 war eine beginnende leichte Verlandung an beiden Uferseiten erkennbar, vor allem am rechten Gleithangbereich. Die Fließgeschwindigkeit stieg durch den verengten Querschnitt bei nahezu gleichem Durchfluss wie im Jahr 2015 leicht an, und zwar sowohl im Durchschnitt (von 0,28 m/s auf 0,31 m/s) als auch insbesondere die maximale Geschwindigkeit in Gewässermittle (von 0,40 m/s auf 0,48 m/s). Im Herbst

2017 lag der Durchfluss auch an SE\_8 bei nur 0,17 m<sup>3</sup>/s mit einer durchschnittlichen Fließgeschwindigkeit von 0,09 m/s und einer Maximalgeschwindigkeit von 0,2 m/s. Dies waren deutlich niedrigere Werte als in den Vorjahren.

## 5.4 Gewässersedimente

In den folgenden Tabellen werden die Aufnahmen der Gewässersedimente im Herbst 2016 und 2017 an allen Untersuchungsstellen dargestellt. Dabei wurden an den Untersuchungsabschnitten an jeweils 3 Transekten je 3 Sedimentkerne entnommen. Vor Ort wurden Schichtdicken und Sedimentbeschaffenheiten bestimmt und dokumentiert, besonderes Augenmerk wurde auf die Schichtdicke der organischen Auflage sowie die Sedimenteigenschaften hinsichtlich oxidierter bzw. reduzierter Verhältnisse gelenkt.

An der Messstelle **SE\_6** war 2016 an allen 9 Aufnahmepunkten eine geringfügige Auflage von POM in einer Mächtigkeit bis zu maximal 2 cm vorhanden (Tabelle 11). Darunter folgte aber immer eine vergleichsweise mächtige Schicht aus oxidiertem, hellbraunem Sand. Im Gegensatz zu anderen Messstellen kam in der Tiefe auch verbreitet Grobsand und Feinkies vor.

**Tabelle 11: Transektkartierung 2016 Sedimente Schwarze Elster Bereich SE\_6,**

Koordinaten als UTM WGS 84 (Bereich 33U). CPOM: grobpartikuläre organische Substanz, FPOM: feinputikuläre organische Substanz, MF: Mineralischer Feinschlamm < 0,1 mm

Transekt	Schicht	Linke Seite	Mittig	Rechte Seite
1 447999 5692763	<b>Auflage</b>	0,8 cm FPOM	1,0 cm FPOM	0,7 cm FPOM & MF
	<b>Oxidiert</b>	8 cm hellbrauner Sand	4 cm hellbrauner Feinsand mit wenig CPOM 5 cm Grobsand bis Feinkies, teils CPOM	5 cm hellbrauner Feinsand 7 cm hellbrauner Grobsand, teils CPOM
	<b>Reduziert Untergrund</b>	/ > 15 cm graubrauner, lehmiger Sand mit Gas-/ Wasserblasen, FPOM	> 10 cm dunkelbrauner, lehmiger Sand mit Gas-/ Wasserblasen, FPOM	> 6 cm schwarzer, lehmiger Sand mit FPOM und Gasblasen
2 446672 5694849	<b>Auflage</b>	2,0 cm CPOM, FPOM, MF	1,5 cm FPOM / MF	2,0 cm CPOM
	<b>Oxidiert</b>	8 cm Sand mit wenig Feinkies, Gas-/ Wasserblasen, CPOM	7 cm heller Feinsand >5 cm heller Grobsand	4,5 cm heller Sand >10 cm lehmiger, dk-brauner Feinsand
	<b>Reduziert Untergrund</b>	/ Hartes Festsubstrat		
3 448023 5692805	<b>Auflage</b>	1 cm FPOM	0,5 cm FPOM	0,7 cm FPOM & CPOM
	<b>Oxidiert</b>	4 cm heller Feinsand 4 cm heller Grobsand 5 cm heller Feinsand	9,5 cm hellbrauner Sand	3,5 cm hellbrauner Feinsand
	<b>Reduziert Untergrund</b>	/ Hartes Festsubstrat	>5 cm dunkelbrauner, lehmiger Sand	12 cm schwarzer, lehmiger Sand mit FPOM

Auch im Jahr 2017 änderte sich die Sedimentbeschaffenheit nicht gravierend (Tabelle 12). Es zeigten sich wiederum geringmächtige Auflagen aus partikulärem Material mit zumeist anschließendem oxidiertem Sand verschiedener Körnung und zum Teil lehmigen Bestandteilen von meist bis zu 10 cm Dicke. Im Untersuchungsbereich ist die Entnahme größerer Sedimentschichten durch den steinigen Untergrund zum Teil nicht

möglich. An SE\_6 kam es nicht zur Ablagerung größerer Mengen von Feinsedimenten, die Untersuchungsstelle ist frei fließend und ohne dichten Makrophytenbestand.

**Tabelle 12: Transektkartierung 2017 Sedimente Schwarze Elster Bereich SE\_6,**

Koordinaten als UTM WGS 84 (Bereich 33U). CPOM: grobpartikuläre organische Substanz, FPOM: feinpertikuläre organische Substanz, MF: Mineralischer Feinschlamm < 0,1 mm

Transekt	Schicht	Linke Seite	Mittig	Rechte Seite
	<b>Auflage</b>	0,5 cm FPOM	0,6 cm FPOM	2,0 cm FPOM & CPOM
<b>1 oben</b> 448120 5694604	<b>Oxidiert</b>	11 cm braune Sand-FPOM-Mischung mit Gasblasen und schwarzen Flecken 3 cm hellbrauner Sand 6 cm brauner Sand mit großen Gasblasen	7 cm hellbrauner Grobsand mit wenig Gasblasen 5 cm Grobsand mit CPOM und schwarzen Flecken	4 cm hellbrauner Sand mit Gasblasen 17 cm dunkelbrauner Sand mit wenig FPOM 4 cm dunkelbrauner lehmiger Sand 12 cm hellbrauner Sand ohne POM
	<b>Reduziert Untergrund</b>	/ 9 cm dunkelbrauner lehmiger Sand mit CPOM	4 cm lehmiger dunkelbrauner Sand mit FPOM	0
	<b>Auflage</b>	1,0 cm FPOM	1,0 cm FPOM	1,0 cm FPOM
<b>2 Mitte</b> 448135 5694690	<b>Oxidiert</b>	3 cm gelbbrauner Sand mit CPOM	6 cm hellbrauner Sand mit CPOM und einzelnen schwarzen Flecken 2 cm dunkelbrauner lehmiger Sand	6 cm hellbrauner Sand mit FPOM und Gasblasen 17 cm lehmiger, dunkelbrauner Sand
	<b>Reduziert Untergrund</b>	/ 3 cm schwarzer Sand mit CPOM	0	0
	<b>Auflage</b>	2 cm CPOM	1,0 cm FPOM	1,0 cm CPOM
<b>3 unten</b> 448127 5694642	<b>Oxidiert</b>	9 cm dunkelbrauner Sand mit FPOM > 4 cm CPOM / Wurzeln von Makrophyten	4 cm hellbrauner Sand mit FPOM 2 cm braunschwarzer Sand, teilreduziert	2 cm hellbrauner Sand 8 cm dunkelbrauner lehmiger Sand
	<b>Reduziert Untergrund</b>	/ Hartes Festsubstrat	Steiniger Untergrund	0

An der Untersuchungsstelle SE\_7 (uh. Wehr Keula) war 2016 an allen 9 Aufnahmepunkten die Auflage von POM mit einer Mächtigkeit 0,2 bis maximal 1,0 cm vergleichsweise gering (Tabelle 13). Darunter folgte immer eine Schicht aus oxidiertem, hellbraunem Sand. Die bei der Probenahme zu beobachtende Ausgasung und schwarze Fahne ist offensichtlich bedingt durch die tiefer liegende, reduzierte Schicht. Diese enthielt viel eingeschlossenes organisches Material sowie Luft- und Wasserblasen.

**Tabelle 13: Transektkartierung 2016 Sedimente Schwarze Elster Bereich SE\_7,**

Koordinaten als UTM WGS 84 (Bereich 33U). CPOM: grobpartikuläre organische Substanz, FPOM: feinpertikuläre organische Substanz, MF: Mineralischer Feinschlamm < 0,1 mm

Transekt	Schicht	Linke Seite	Mittig	Rechte Seite
1 0447104 5693477	<b>Auflage</b>	0,5 cm CPOM	0,2 cm FPOM	0,7 cm FPOM
	<b>Oxidiert</b>	5 cm hellbrauner Sand mit wenig CPOM	9 cm hellbrauner Grobsand mit wenig CPOM	5 cm hellbrauner Sand mit wenig CPOM
	<b>Reduziert Untergrund</b>	/ > 12 cm dunkelbrauner, lehmiger Sand mit FPOM	> 8 cm dunkelbrauner Grobsand mit wenig CPOM / FPOM	> 17 cm schwarzer, lehmiger Sand mit FPOM
2 0447100 5693507	<b>Auflage</b>	0,4 cm FPOM	1,0 cm FPOM	0,2 cm FPOM
	<b>Oxidiert</b>	9 cm heller Sand mit wenig FPOM / CPOM >7 cm hellbrauner Sand	12 cm hellbrauner Sand mit wenig CPOM	3 cm hellbrauner Sand 13 cm dk-brauner CPOM mit Sand 6 cm hellbrauner Sand mit wenig CPOM >5 cm dunkelbrauner, lehmiger Sand / FPOM
	<b>Reduziert Untergrund</b>	/	>4 cm schwarzer Sand mit FPOM	
3 0447110 5693523	<b>Auflage</b>	0,2 cm FPOM	0,2 cm CPOM	1,0 cm FPOM
	<b>Oxidiert</b>	3,5 cm heller Sand mit wenig CPOM	15 cm hellbrauner Sand mit wenig CPOM	9 cm dunkelbrauner Sand mit viel CPOM
	<b>Reduziert Untergrund</b>	/ >14 cm schwarzer Sand mit FPOM Prallhangbereich	>10 cm schwarzer Sand, wenig CPOM, viele Gas-/ Wasserblasen	12 cm schwarzer Sand mit viel CPOM und vielen Gas-/ Wasserblasen Gleithangbereich

An der Untersuchungsstelle SE\_7 (uh. Wehr Keula) hatten sich die Mächtigkeiten der organischen Auflage 2017 zum Teil bis auf 2 cm erhöht, vermutlich bedingt durch die geringeren Fließgeschwindigkeiten. An der rechten Gewässerseite wurde eine Stelle beprobt, an die sich unterhalb der FPOM-Auflage direkt reduzierter Feinsand anschloss. Bei allen anderen Sedimentkernen trat eine über 10 cm dicke Schicht oxidierten Sandes auf, der durch den generell hohen Anteil eingeschlossenen CPOMs meist Gasblasen enthielt. Nicht in allen Sedimentkernen war eine reduzierte Schicht vorhanden.

**Tabelle 14: Transektkartierung 2017 Sedimente Schwarze Elster Bereich SE\_7,**

Koordinaten als UTM WGS 84 (Bereich 33U). CPOM: grobpartikuläre organische Substanz, FPOM: feinputikuläre organische Substanz, MF: Mineralischer Feinschlamm < 0,1 mm

Transekt	Schicht	Linke Seite	Mittig	Rechte Seite
1 oben 0447215 5695304	<b>Auflage</b>	1,0 cm FPOM	2,0 cm CPOM	2,0 cm FPOM
	<b>Oxidiert</b>	12 cm dunkelbrauner Sand mit Gasblasen, stellenweise reduziert 6 cm hellbrauner Sand 3 cm dunkelbrauner, lehmiger Sand	9 cm hellbrauner Sand mit CPOM und Gasblasen 4 cm hellgrauer Sand mit wenig CPOM	0
	<b>Reduziert Untergrund</b>	/ 0	10 cm schwarzbrauner, lehmiger Sand	17 cm schwarzbrauner Sand mit CPOM und Gasblasen 11 cm hellbrauner Sand, oxidiert (GW-Einfluss?)
2 Mitte 0447218 5695326	<b>Auflage</b>	1,0 cm FPOM	1,0 cm FPOM	1,5 cm FPOM & CPOM
	<b>Oxidiert</b>	6 cm brauner Sand mit CPOM und schwarzen Flecken 7 cm hellbrauner oxidierte Sand	10 cm hellbrauner Sand	16 cm hellbrauner Sand mit CPOM und Gasblasen 5 cm brauner Grobsand
	<b>Reduziert Untergrund</b>	/ 0	7 cm grauschwarzer lehmiger Sand	0
3 unten 0447222 5695336	<b>Auflage</b>	0,5 cm FPOM	1,0 cm CPOM	1,0 cm FPOM & CPOM
	<b>Oxidiert</b>	6 cm dunkelbrauner Sand mit CPOM 7 cm graubrauner schwach lehmiger Feinsand	11 cm hellbrauner Sand mit kleinen Gasblasen 10 cm leicht lehmiger, graubrauner Sand	12 cm graubrauner Sand mit wenig FPOM
	<b>Reduziert Untergrund</b>	/ 11 cm grauer sandiger Lehm	0	5 cm schwarzer Sand

An der Messstelle SE\_8 (oh. Kläranlage) wiesen im Jahr 2016 die 9 Aufnahmepunkte je nach Lage sehr unterschiedliche Horizontmächtigkeiten auf (Tabelle 15). Bereits die Auflage von POM schwankte zwischen 0,3 cm (mittig) und maximal 12 cm (rechte Uferbank). Während bei den mächtigeren POM-Auflagen darunter direkt ein reduzierter Bereich begann, war in den schneller überströmten Bereichen mit geringer POM-Auflage ein oxidiertes, hellbrauner Sand-Horizont von bis zu 15 cm Mächtigkeit vorhanden. An zwei Stellen konnte Feinkies sowie an ein einer Stelle Mittelkies nachgewiesen werden.

**Tabelle 15: Transektkartierung 2016 Sedimente Schwarze Elster Bereich SE\_8,**

Koordinaten als UTM WGS 84 (Bereich 33U). CPOM: grobpartikuläre organische Substanz, FPOM: feinputikuläre organische Substanz, MF: Mineralischer Feinschlamm < 0,1 mm

Transekt	Schicht	Linke Seite	Mittig	Rechte Seite
1 0446907 5693847	<b>Auflage</b>	1,0 cm FPOM / MF	0,3 cm CPOM / FPOM	0,3 cm FPOM
	<b>Oxidiert</b>	6 cm hellbrauner Sand >6 cm Fein- bis Mittelkies	7 cm hellbrauner Sand	9 cm hellbrauner Sand mit CPOM, Feinkies, Gas- und Wasserblasen
	<b>Reduziert Untergrund</b>	/ -	> 7 cm dunkelbrauner Sand mit CPOM / FPOM, Gas-/ Wasserblasen	> 10 cm dunkelbrauner Sand mit FPOM
2 0446910 5693869	<b>Auflage</b>	0,5 cm FPOM 3,0 CPOM	3,0 cm CPOM / FPOM	12 cm FPOM
	<b>Oxidiert</b>	5 cm hellbrauner Sand mit CPOM	9 cm brauner Sand mit CPOM	-
	<b>Reduziert Untergrund</b>	/ >20 cm schwarzer Sand mit FPOM Gekrautete Seite	>10 cm schwarzer Sand mit FPOM Gekrauteter Bereich	18 cm schwarzer Sand mit CPOM >10 cm schwarzer Sand mit FPOM Ungekrautete Zone
3 0446897 5693881	<b>Auflage</b>	0,5 cm CPOM	2,0 cm CPOM	1,0 cm FPOM
	<b>Oxidiert</b>	9 cm heller Sand mit wenig CPOM	15 cm hellbrauner Sand mit wenig CPOM	4,5 cm Sand mit Fein bis Mittelkies
	<b>Reduziert Untergrund</b>	/ 17 cm schwarzer Sand mit FPOM >10 cm hellbrauner Sand	>12 cm schwarzer Sand mit FPOM	>10 cm schwarzer Sand mit FPOM

Im Herbst 2017 zeigten sich hinsichtlich der Mächtigkeit der Feinsedimentauflagen ähnliche Verhältnisse wie im Vorjahr. Besonders im mittleren Transekt auf Höhe der Längsbank schloss sich am linken und rechten Gewässerrand direkt an die FPOM-Auflage reduziertes Sediment an. In den anderen Transekten lagen die Mächtigkeiten der oxidierten Sandschichten zwischen 4,5 und 15 cm. Kiesige Substrate wie 2016 wurden nicht erfasst.



**Tabelle 16: Transektkartierung 2017 Sedimente Schwarze Elster Bereich SE\_8,**

Koordinaten als UTM WGS 84 (Bereich 33U). CPOM: grobpartikuläre organische Substanz, FPOM: feinpertikuläre organische Substanz, MF: Mineralischer Feinschlamm < 0,1 mm

Transekt	Schicht	Linke Seite	Mittig	Rechte Seite
	<b>Auflage</b>	0,3 cm FPOM	1,0 cm CPOM	2,0 cm FPOM
<b>1 oben</b> 0447021 5695675	<b>Oxidiert</b>	17 cm hellbrauner Sand mit CPOM 23 cm hellbrauner Sand	14 cm hellbrauner Sand mit wenig CPOM	5 cm hellbraunes Gemisch Sand und FPOM 14 cm hellbrauner Sand mit Gasblasen 5 cm hellbrauner Sand mit CPOM / Makrophytenwurzeln
	<b>Reduziert Untergrund</b>	/ -	9 cm schwarzbrauner Sand mit FPOM und Gasblasen	-
	<b>Auflage</b>	3,0 cm FPOM dunkelbraun	0,3 cm FPOM	11 cm FPOM, schwarzbraun, reduziert
<b>2 Mitte</b> 0447024 5695696	<b>Oxidiert</b>	-	5 cm hellbrauner Sand mit Gasblasen	-
	<b>Reduziert Untergrund</b>	/ 19 cm schwarzes Gemisch Sand / CPOM / FPOM	22 cm grauer Sand mit großen Gasblasen	10 cm schwarzer Sand mit FPOM
	<b>Auflage</b>	1,0 cm CPOM & FPOM	2,0 cm CPOM & FPOM	3,0 cm FPOM
<b>3 unten</b> 0447013 5695705	<b>Oxidiert</b>	12 cm hellbrauner Sand mit FPOM und einzelnen schwarzen Flecken	13 cm hellbrauner Grobsand 11cm grauer Grobsand mit Gasblasen	9 cm hellbrauner Sand 7 cm dunkelbrauner CPOM-Sand-Gemisch mit Gasblasen 6 cm hellbrauner Feinsand 7 cm hellbrauner Grobsand
	<b>Reduziert Untergrund</b>	/ 6 cm grauschwarzer Sand mit FPOM	>12 cm schwarzer Sand mit FPOM	-

Im Bereich der Messstelle SE\_1 (uh. Kläranlage) war 2016 bei allen Profilen auf dem Sand eine relativ dünne (0,2 – 3,5 cm) Auflage an partikulärem, organischem Material vorhanden (Tabelle 17). Darunter folgte immer eine relativ mächtige Schicht oxidiertes, hellbrauner Sand (ca. 8 bis 15 cm). Unterhalb der oxidierten Schicht war an nahezu allen Messpunkten ein reduzierter, schwarzer Horizont vorhanden. Die Mächtigkeit des reduzierten Horizontes und insbesondere die Menge an eingelagerten Gas- und Wasserblasen nahmen an SE\_1 stromabwärts parallel mit einer Abnahme der Fließgeschwindigkeit zu. Im oberen Transekt trat in zwei Sedimentkernen Feinkies auf.

**Tabelle 17: Transektkartierung 2016 Sedimente Schwarze Elster Bereich SE\_1,**

Koordinaten als UTM WGS 84 (Bereich 33U). CPOM: grobpartikuläre organische Substanz, FPOM: feinkpartikuläre organische Substanz, MF: Mineralischer Feinschlamm

Transekt	Schicht	Linke Seite	Mittig	Rechte Seite
1 oben 0446870 5694144	<b>Auflage</b>	1,0 cm CPOM	0,2 cm FPOM / MF	0,2 cm FPOM / MF
	<b>Oxidiert</b>	8 cm hellbrauner Sand	7 cm hellbrauner Sand 4 cm Feinkies	4 cm hellbrauner Sand 1 cm Feinkies
	<b>Reduziert</b>	> 4 cm schwarzer Sand	> 4 cm schwarzer Sand	> 4 cm dunkler Sand
2 Mitte 0446859 5694157	<b>Auflage</b>	3,5 cm FPOM	2,0 cm CPOM	0,4 cm MF
	<b>Oxidiert</b>	11 cm hellbrauner Sand	5 cm Sand / CPOM mit Gas-/ Wasserblasen 10 cm hellbrauner Sand	16 cm hellbrauner Sand
	<b>Reduziert</b>	> 5cm schwarzer Sand	-	> 5cm schwarzer Sand
3 unten 0446866 5694152	<b>Auflage</b>	0,3 cm FPOM	0,1 cm FPOM	1,0 cm CPOM
	<b>Oxidiert</b>	15 cm hellbrauner Sand	12 cm hellbrauner Sand	11 cm hellbrauner Sand / CPOM mit Gas-/ Wasserbla- sen
	<b>Reduziert</b>	> 12 cm schwarzer Sand	> 10 cm dunkelbrauner Sand mit FPOM	> 10 cm schwarzer Sand, wenig CPOM und Gas-/ Was- serblasen

Im Jahr 2017 lagen die Mächtigkeiten der organischen Auflagen zwischen 0,2 und 2 cm. In den beiden stromaufwärts gelegenen Transekten war die oxidierte Schicht linksseitig mit unter 10 cm verhältnismäßig geringmächtig. Wie auch 2016 traten an SE\_1 unterhalb der oxidierten Sandschichten, deren Schichtdicken deutlich variierten, reduzierte Schichten großer Mächtigkeit auf. Ebenfalls wie im Vorjahr wurden an mehreren Stellen feinkiesige Substrate erfasst.

**Tabelle 18: Transektkartierung 2017 Sedimente Schwarze Elster Bereich SE\_1,**

Koordinaten als UTM WGS 84 (Bereich 33U). CPOM: grobpartikuläre organische Substanz, FPOM: feinpertikuläre organische Substanz, MF: Mineralischer Feinschlamm

Transekt	Schicht	Linke Seite	Mittig	Rechte Seite
1 oben 0446984 5695974	<b>Auflage</b>	1,0 cm FPOM	0,3 cm FPOM	1,0 cm FPOM / MF
	<b>Oxidiert</b>	6 cm hellbrauner Sand mit CPOM und Gasblasen	16 cm hellbrauner Sand	10 cm hellbrauner Sand mit Gasblasen
	<b>Reduziert</b>	26 cm schwarzer Sand darunter 9 cm brauner Sand oxidiert (Grundwasser)	20 cm grauschwarzer Sand	15 cm graubrauner Sand mit Gasblasen (teilreduziert) 8 cm schwarzer Sand
2 Mitte 0446982 5695983	<b>Auflage</b>	0,2 cm FPOM	1,0 cm FPOM	2,0 cm CPOM
	<b>Oxidiert</b>	3 cm hellbrauner Sand	32 cm brauner Sand / CPOM Gemisch mit Gasblasen	9 cm hellbrauner Sand mit CPOM und Gasblasen
	<b>Reduziert</b>	11 cm graubrauner Sand mit CPOM, teilreduziert	-	23 cm grauschwarzer Sand mit Gasblasen 10 cm lehmiger grauer Sand
3 unten 0446960 5696004	<b>Auflage</b>	0,7 cm FPOM	0,5 cm FPOM	0,5 cm FPOM
	<b>Oxidiert</b>	27 cm hellbrauner Sand mit Feinkies	23 cm hellbrauner Sand-Feinkies Mischung	5,5 cm hellbrauner Sand 9 cm FPOM-Sand-Gemisch mit großen Gasblasen
	<b>Reduziert</b>	9 cm grauschwarzer Sand mit Feinkies und Gasblasen	11 cm grauschwarzer Sand	15 cm schwarzer Sand mit kleinen Gasblasen 4 cm hellgrauer lehmiger Sand ohne Gasblasen

An der Messstelle SE\_3 (uh. Straße Neudorf-Klösterlich) folgte in beiden Untersuchungsjahren unter der dünnen, teils auch nicht vorhandenen oxidierten Schicht eine schwarze, reduzierte Zone (Tabelle 19 und Tabelle 20). Im Jahr 2017 wurden bei zwei Sedimentproben oxidierte Schichten mit Mächtigkeiten >10 cm vorgefunden. Die reduzierten Schichten enthielten häufig Gas- und Wasserblasen und einen hohen Anteil an organischen Stoffen neben dem Sand. Aufgrund der teils lehmigen Konsistenz wirkte diese Zone wie eine Dichtung nach unten hin. Unter der reduzierten schwarzen Schicht folgte stellenweise eine oxidierte, sandige Zone, die vermutlich stärker grundwassergeprägt ist und kaum noch mit dem Gewässer in Kontakt steht. Die starke Gasentwicklung und Bildung reduzierter Substrate liegt somit an einer Untermischung organischer Substanz in die sandigen Gewässersedimente in einer Sedimenttiefe, die nicht mehr ausreichend durch sauerstoffhaltiges Wasser aus der fließenden Welle versorgt wird.

**Tabelle 19: Transektkartierung 2016 Sedimente Schwarze Elster Bereich SE\_3,**

CPOM: grobpartikuläre organische Substanz, FPOM: feinpartikuläre org. Substanz, MF: Mineralischer Feinschlamm

Transekt	Schicht	Linke Seite	Mittig	Rechte Seite
<b>1</b> 0446668 5694860	Auflage	0	0,5 cm FPOM mit Sand	0
	Oxidiert	2 cm hellbrauner Sand	9 cm hellbrauner Sand	4 cm hellbrauner Sand
	Reduziert	> 10 cm schwarzer Sand	> 10 cm dunkler Lehm	> 8 cm schwarzer Sand
<b>2</b> 0446672 5694849	Auflage	0,7 cm MF	0	0,5 cm CPOM / FPOM
	Oxidiert	5 cm hellbrauner Sand	4 cm hellbrauner Sand	4cm hellbrauner Sand
	Reduziert	> 5 cm schwarzer Sand	> 6 cm schwarzer Sand	> 6 cm schwarzer Sand
<b>3</b> 0446677 5694830	Auflage	10 cm FPOM & MF	3 cm FPOM	1,5 cm FPOM schwarz
	Oxidiert	16 cm dunkelbraun POM-Sand-Gemisch	0	0
	Reduziert Untergrund	/ > 12 cm schwarzer Sand	21 cm schwarzer Sand, darunter > 3cm hellbrauner, oxidierter Sand (Grundwassereinfluss?)	14 cm schwarzer Sand, 1 cm Wasserblase 6 cm hellbrauner Sand

**Tabelle 20: Transektkartierung 2017 Sedimente Schwarze Elster Bereich SE\_3,**

Koordinaten als UTM WGS 84 (Bereich 33U). CPOM: grobpartikuläre organische Substanz, FPOM: feinpartikuläre organische Substanz, MF: Mineralischer Feinschlamm. GW: Grundwasser

Transekt	Schicht	Linke Seite	Mittig	Rechte Seite
<b>1 oben</b> 0446798 5696653	<b>Auflage</b>	0	3,5 cm FPOM	0,5 cm CPOM
	<b>Oxidiert</b>	0,4 cm hellbrauner Sand	17 cm dunkelbrauner Sand-FPOM-Gemisch mit Gasblasen	5 cm hellbrauner Sand
	<b>Reduziert</b>	12 cm schwarzer Sand 10 cm graubrauner heller Sand (GW-Einfluss?)	23 cm schwarzbrauner Sand mit Gasblasen	15 cm grauschwarzer Sand mit Gasblasen 8 cm grauer lehmiger Sand 3 cm grau-schwarzer Sand 4 cm dunkelbrauner Sand *
<b>2 Mitte</b> 0446787 5696670	<b>Auflage</b>	0,4 cm CPOM	1,0 cm CPOM	0
	<b>Oxidiert</b>	5 cm hellbrauner Sand mit CPOM	6 cm hellbrauner Sand mit CPOM	7 cm hellbrauner Sand
	<b>Reduziert</b>	18 cm grau-schwarzer Sand teilreduziert 4 cm hellbrauner Sand (GW-Einfluss?)	11 cm schwarzer Sand	14 cm grauer Sand mit schwarzen Schlieren
<b>3 unten</b> 0446768 5696693	<b>Auflage</b>	0,3 cm FPOM	0,4 cm FPOM	0,3 cm CPOM
	<b>Oxidiert</b>	7 cm hellbrauner Sand	7 cm hellbrauner Sand	4 cm hellbrauner Sand 12 cm hellbrauner Sand mit schwarzen Schlieren
	<b>Reduziert Untergrund</b>	/ 14 cm grau-schwarzer Sand 5 cm lehmiger grau-schwarzer Sand	12 cm grau-schwarzer Sand mit Gasblasen	6 cm schwarzer lehmiger Sand

\* Schichtung eventuell durcheinander aufgrund kurz zuvor erfolgter Krautung.

An der Referenzmessstelle SE\_4 (Nähe Altarm) war 2016 nur an wenigen Stellen eine dünne Auflage an partikulärem organischem Material vorhanden (Tabelle 21). Die oxidierte, hellbraune Sandschicht an der Oberfläche hatte überwiegend eine Mächtigkeit von > 10 cm. Nur im Bereich des zweiten Transektes folgte bereits nach 5 bis 8 cm ein schwarzer, reduzierter Horizont. Bei den anderen Transekten trat häufig auch in größerer Tiefe kein reduzierter Horizont auf.

**Tabelle 21: Transektkartierung 2016 Sedimente Schwarze Elster Bereich SE\_4,**

Koordinaten als UTM WGS 84 (Bereich 33U). CPOM: grobpartikuläre organische Substanz, FPOM: feinputikuläre organische Substanz, MF: Mineralischer Feinschlamm

Transekt	Schicht	Linke Seite	Mittig	Rechte Seite
<b>1</b> 0446448 5695074	Auflage	0	0	0,5 cm FPOM
	Oxidiert	>20 cm hellbrauner Sand	>20 cm hellbrauner Sand	5 cm hellbrauner Sand
	Reduziert	0	0	> 5 cm schwarzer Sand
<b>2</b> 0446438 5695060	Auflage	0	0	0
	Oxidiert	8 cm hellbrauner Sand	5 cm hellbrauner Sand	6 cm hellbrauner Sand
	Reduziert	> 5 cm schwarzer Sand	> 5 cm schwarzer Sand	> 5 cm schwarzer Sand
<b>3</b> 0446460 5695048	Auflage	0	0,2 cm MF hellbraun	0,3 cm MF hellbraun
	Oxidiert	5 cm hellbrauner Sand	>10 cm hellbrauner Sand mit wenig schwarzen Flecken	>10 cm hellbrauner Sand
	Reduziert Untergrund	/ > 5 cm schwarzer Sand	0	0

Im Herbst 2017 waren die Auflagen an partikulärem organischem Material geringmächtig, jedoch etwas stärker ausgeprägt als im Vorjahr. In einem Sedimentkern im unteren Transekt schloss sich an die geringfügige POM-Auflage direkt reduzierter Sand an. An allen anderen Stellen war eine oxidierte Zone mit 6 - 24 cm Mächtigkeit aus Sand oder Sand-Kies-Gemisch vorhanden. Verglichen mit SE\_1 und SE\_3 waren deutlich weniger Gasblasen im Sediment eingeschlossen.

**Tabelle 22: Transektkartierung 2017 Sedimente Schwarze Elster Bereich SE\_4,**

Koordinaten als UTM WGS 84 (Bereich 33U). CPOM: grobpartikuläre organische Substanz, FPOM: feinpertikuläre organische Substanz, MF: Mineralischer Feinschlamm

Transekt	Schicht	Linke Seite	Mittig	Rechte Seite
1 oben 0446558 5696884	Auflage	1,0 cm FPOM	0,2 cm FPOM	0,3 cm FPOM
	Oxidiert	5,5 cm hellbrauner Sand	7 cm hellbraunes Sand-Feinkies-Gemisch	13 cm hellbrauner Sand mit wenig CPOM und wenigen Gasblasen
	Reduziert	25 cm lehmiger grau-schwarzer Sand	3 cm graubrauner Sand-Feinkies-Gemisch mit etwas FPOM, teilreduziert	14 cm grau-schwarzer Sand mit etwas FPOM und vereinzelt Gasblasen
2 Mitte 0446556 5696891	Auflage	0,5 cm FPOM	0	0,2 cm FPOM
	Oxidiert	9 cm hellbrauner Sand 7 cm hell-graubrauner Sand 11 cm braune Sand-Kies-POM-Mischung mit einzelnen Gasblasen	6 cm hellbrauner Sand-Kies 3 cm brauner Sand mit kleinen schwarzen Flecken um FPOM-Einschlüssen	10 cm hellbrauner Sand
	Reduziert	4 cm grau-schwarzer lehmiger Sand	18 cm graubrauner Sand	13 cm schwarzer Sand
3 unten 0446567 5696908	Auflage	0,5 cm FPOM	1,0 cm CPOM	0
	Oxidiert	0	9 cm hellbrauner Sand mit wenig CPOM 8 cm graubrauner Sand mit CPOM	14 cm hellbrauner Sand 10 cm Sand-Feinkies-Gemisch mit einzelnen schwarzen Flecken
	Reduziert Untergrund	/ > 5 cm schwarzer Sand mit Gasblasen und wenig POM		6 cm graubraunes Sand-FPOM Gemisch



Abbildung 26: Erfassung Sedimente, September 2016

## 5.5 Makrozoobenthos

In den folgenden Tabellen finden sich die Ergebnisse der Makrozoobenthosuntersuchungen für den Untersuchungszeitraum. Für die Abschnitte SE\_1, SE\_3 und SE\_4 sind ebenfalls die Ergebnisse aus dem Vorprojekt (2012 – Mai 2015) mit dargestellt, um längerfristige Entwicklung der seit 2012 vorgenommenen Maßnahmen

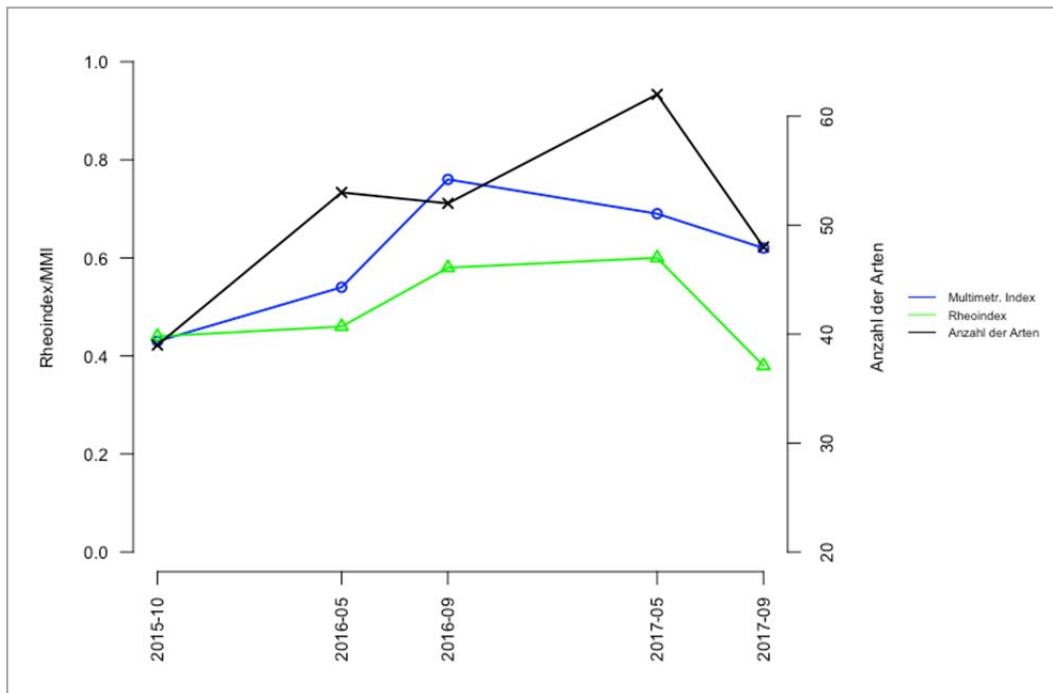
erkennen zu können. Die Messstellen SE\_6 und SE\_8 wurden ab Herbst 2015, SE\_7 ab Frühjahr 2016 untersucht. Die Untersuchungsstellen sind wiederum in Fließrichtung der Schwarzen Elster angeordnet.

Die folgende Tabelle stellt für **SE\_6** (uh. WKW Kobermühle) die Bewertungen mit ASTERICS/PERLODES (Version Asterics 4.04) sowie die Artenzahl, Individuendichte und den Rheoindex dar, die jedoch nicht bewertungsrelevant sind.

**Tabelle 23: Ökologischer Zustand der Schwarzen Elster Messstelle SE\_6, von 2015 - 2017**

Schwarze Elster SE_6	10/2015	5/2016	9/2016	05/2017	09/2017
<b>Einflussfaktoren</b>	stark beschattet	stark beschattet	stark beschattet	stark beschattet	stark beschattet
<b>Ökolog. Zustandsklasse</b>	mäßig	mäßig	gut	gut	gut
<b>Allg. Degradation</b>	0,43	0,54	0,76	0,69	0,62
DFI Typ 15	0,27	0,38	0,83	0,58	0,71
[%] Litoralarten	0,34	0,49	0,83	0,75	0,62
EPT [%]	0,60	0,64	0,39	0,70	0,30
Trichoptera	0,83	1,00	0,92	1,00	0,75
<b>Saprobie</b>	2,16	2,08	2,06	2,07	2,10
Anzahl Arten	39	53	52	62	48
Individuendichte / m <sup>2</sup>	152	456	211	330	292
Rheoindex	0,44	0,46	0,58	0,60	0,38

Die Messstelle SE\_6 (uh. WKW Kobermühle) wies im Herbst 2015 und Frühjahr 2016 einen insgesamt „mäßigen“ ökologischen Zustand bezüglich des Makrozoobenthos aus. Diese Einstufung war überwiegend bedingt durch die unbefriedigende Einstufung des Deutschen Fauna-Index, während die Saprobie und der Anteil EPT-Arten einen guten bis mäßigen Zustand indizierten. Bemerkenswert ist die Sichtung mehrerer lebender Großmuscheln und zahlreicher leerer Schalen sowie mehrerer Larven der Gemeinen Keiljungfer (siehe Abbildung 40). Im September 2016, bei ähnlichem Durchfluss wie 2015, jedoch erhöhter Fließgeschwindigkeit ( $v_{max}$  0,41 m/s), verbesserte sich die Zustandsklasse, parallel mit einem Anstieg des Rheoindex, auf „gut“. Auch im Herbst blieb die Bewertung, trotz geringeren Durchflusses und geringerer Fließgeschwindigkeiten, im Bereich des guten ökologischen Zustands, auch wenn sich der Index der Allgemeinen Degradation etwas verringerte. Ab Frühjahr 2016 kam es zu einem deutlichen Anstieg der Artenzahl auf über 50 Taxa bei den beiden Beprobungen 2016. Ein weiterer Anstieg der Artenzahl auf 62 Taxa zeigte sich im Frühjahr 2017, wie auch Abbildung 27 verdeutlicht. Im Herbst 2017 zeigte sich wiederum ein deutlicher Rückgang der Artenzahl auf 48 Taxa. Der Multimetriche Index (Allgemeine Degradation) stieg von der Einstufung mäßig im Herbst 2015 und Frühjahr 2016 auf eine gute Bewertung bei den darauf folgenden Untersuchungen.



**Abbildung 27: Multimetrischer Index, Rheoindex und Artenzahl an SE\_6, 2015-2017**

Der Rheoindex stieg von 0,44 im Herbst 2015 auf 0,60 im Frühjahr 2017. Im Herbst 2017 war der Rheoindex mit 0,38 wieder deutlich gesunken und fiel sogar unter das Niveau vom Herbst 2015. Der Deutsche Fauna-Index und der Anteil der Litoralarten verbesserten sich von einer „mäßigen“ bis „unbefriedigenden“ Bewertung ab Herbst 2016 auf „mäßig“ bis „sehr gut“. Die Saprobienindices bewegten sich bei allen Untersuchungen im Bereich einer guten Bewertung.

Die folgende Abbildung zeigt die Abundanzen aller Arten mit einer Relevanz größer als 2 % an der Untersuchungsstelle. Einerseits wird dadurch der Frühjahrs- und Herbstaspekt der Biozönose deutlich, da bestimmte Arten aufgrund ihres Lebenszyklus nur im Frühjahr vor ihrer Emergenz im Gewässer auffindbar sind. Andererseits wird ebenfalls eine Veränderung der Artenzusammensetzung zwischen 2015 und 2016 deutlich. An SE\_6 fanden 2015 und 2016 keine Maßnahmen der Gewässerunterhaltung statt, die sich auf die Biozönose auswirken könnten. Dennoch zeigte sich im Herbst 2016 gegenüber dem Vorjahr eine deutliche Zunahme von Arten (z.B. der Gattungen *Baetis* sp., *Simulium* sp.), welche als strömungsliebend gelten. Veränderungen der Biozönose in diesem Abschnitt können demnach neben der natürlichen Variabilität auf die Veränderungen der Fließgeschwindigkeiten infolge erhöhter Durchflüsse zurückgeführt werden. Im Herbst 2017 wurde an SE\_6 erneut lokal gekrautet, der Durchfluss war, wie bereits beschrieben, deutlich geringer als im Vorjahr.

Ab Herbst 2016 traten erstmals an SE\_6 *Heptagenia flava* (Ephemeroptera), *Hydropsyche angustipennis*, *Hydropsyche incognita* und *Hydropsyche pellucidula* (Trichoptera) auf, welche strömungsliebende Arten sind. Bereits im Frühjahr 2016 wurden Individuen der ebenfalls rheophilen Arten der Gattung *Simulium* aufgefunden, unter anderem *Simulium morsitans* sowie *Simulium noelleri*. Im Frühjahr 2017 kamen weitere rheophile Arten hinzu, darunter sind *Simulium equinum* und *Simulium erythrocephalum* als Vertreter filtrierender Dipteren zu nennen. Anzumerken ist ebenfalls das Auftreten von *Physella acuta*, *Sialis lutaria* sowie *Cloeon dipterum* im Herbst 2015 bei geringem Durchfluss. Diese Arten bevorzugen geringe Strömungsgeschwindigkeiten bis hin zu stehendem Wasser. Unter ihnen gelten die Schlammfliege *Sialis lutaria* und die Schnecke *Physella acuta* als Belastungszeiger. Im Herbst 2017, bei geringerer Fließgeschwindigkeit waren zahlreiche rheophile Arten der Eintagsfliegen (*Heptagenia flava*, *Baetis rhodani*, *B. vernus*), der Köcherfliegen (*Hydropsyche* sp.) und der Dipteren (*Simulium morsitans*, *S. ornatum*) wieder verschwunden. Andere Vertreter strömungsliebender Arten gingen in ihren Abundanzen zurück oder zeigten keine Veränderungen



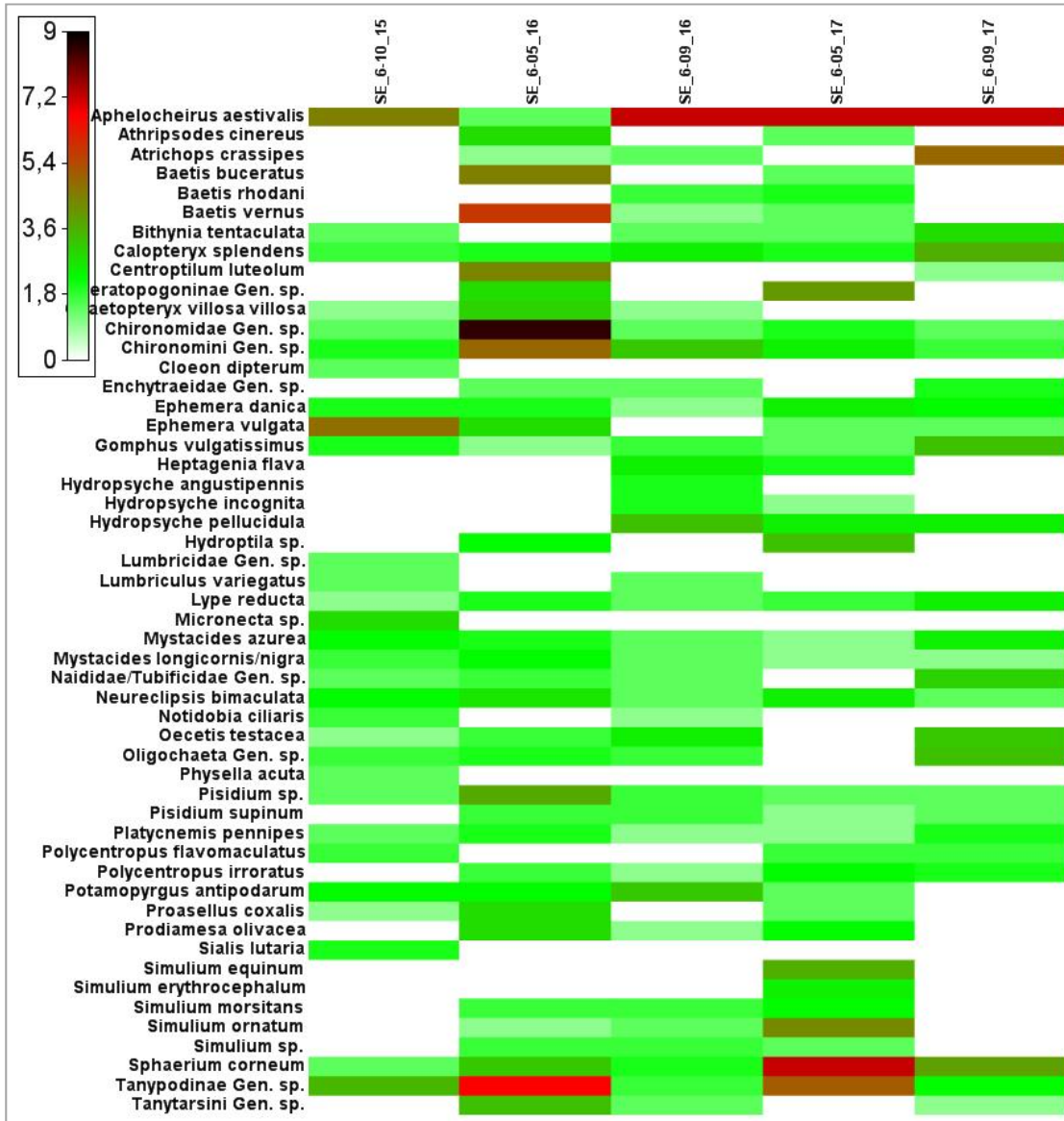


Abbildung 28: Shade Plot für SE\_6 im Untersuchungszeitraum 2015 bis 2017

Die Messstelle SE\_2 (oh. Brücke Neudorf) wurde in den Jahren 2012 bis 2015 untersucht. Aufgrund des auftretenden Rückstaus, der in absehbarer Zeit nicht behoben werden konnte, wurde sie ab 2016 nicht mehr beprobt. Für die Vollständigkeit stellt die folgende Tabelle die Bewertungen mit ASTERICS/PERLODES (Version Asterics 4.04) sowie die Artenzahl, Individuendichte und den Rheoindex dar, die jedoch nicht bewertungsrelevant sind.

**Tabelle 24: Ökologischer Zustand der Schwarzen Elster Messstelle SE\_2, von 2012 - 2015**

Werte mit \* sind statistisch nicht gesichert

Schwarze Elster SE_2	2012	2013	2014	05/2015	09/2015
<b>Einflussfaktoren</b>	<b>Krautung</b>	<b>Grundräumung</b>	<b>Rückstau mäßig</b>	<b>Rückstau stark</b>	<b>Rückstau stark</b>
<b>Ökolog. Zustandsklasse</b>	<b>schlecht</b>	<b>unbefr.</b>	<b>unbefr.</b>	<b>schlecht</b>	<b>schlecht</b>
<b>Allg. Degradation</b>	0,14	0,33	0,36	0,15	0,04
DFI Typ 15	0,12	0,34 *	0,35	0	0
[%] Litoralarten	0,14	1	0,81	0,30	0
EPT [%]	0,09	0	0,07	0,32	0,10
Trichoptera	0,25	0	0,25	0,33	0,17
<b>Saprobie</b>	<b>2,49</b>	<b>2,54*</b>	<b>2,26*</b>	<b>2,55</b>	<b>2,34*</b>
Anzahl Arten	30	18	24	28	25
Rheindex	0,35	0,60	0,63	0,57	0,11
Ähnlichkeit mit 2012		35	37	54	24

Die Daten des Vorprojektes an der Messstelle SE\_2 (ab 2016 nicht mehr untersucht) zeigen den hohen Einfluss von Rückstau (bzw. mangelnder Strömung) auf die ökologische Zustandsklasse. Ab 2013 verbesserte sich der Zustand nur für zwei Jahre um eine Zustandsklasse, bevor durch verstärkten Rückstau und neu abgelagerte organische Sedimente wieder eine schlechte Zustandsklasse vorlag. Starke Rückstauere treten an mehreren Stellen der Schwarzen Elster im Untersuchungsgebiet auf (siehe Kapitel 0).

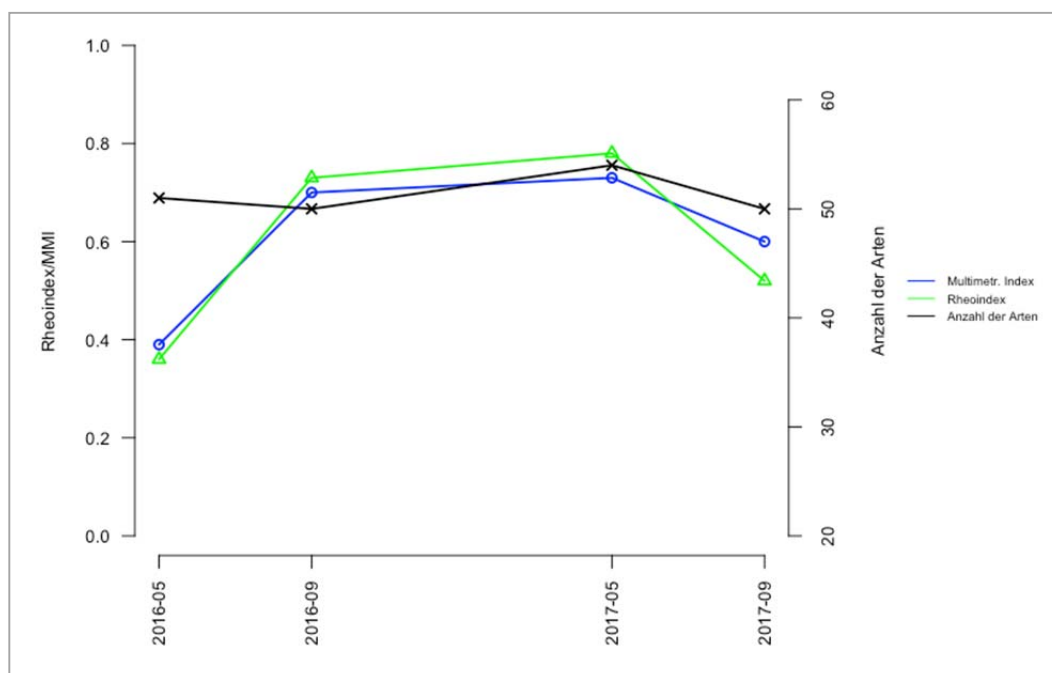
Stromabwärts unterhalb des Wehrs Keula befindet sich die Untersuchungsstelle **SE\_7**, die ab 2016 beprobt wurde, um Einflüsse des Ablaufs des Stadtteichs Wittichenau zu erfassen. Die folgende Tabelle stellt die Bewertungen mit ASTERICS/PERLODES (Version Asterics 4.04) sowie die Artenzahl, Individuendichte und den Rheindex dar, die jedoch nicht bewertungsrelevant sind.

**Tabelle 25: Ökologischer Zustand der Schwarzen Elster Messstelle SE\_7, 2016 / 2017**

Schwarze Elster SE_7	5/2016	9/2016	5/2017	09/2017
<b>Einflussfaktoren</b>		<b>Ufermahd</b>		<b>Krautung</b>
<b>Ökolog. Zustandsklasse</b>	<b>unbefriedigend</b>	<b>gut</b>	<b>gut</b>	<b>mäßig</b>
<b>Allg. Degradation</b>	0,39	0,70	0,73	0,60
DFI Typ 15	0,12	0,67	0,56	0,48
[%] Litoralarten	0,69	1,00	1,00	0,71
EPT [%]	0,42	0,48	0,70	0,44
Trichoptera	0,92	0,75	1,00	0,83
<b>Saprobie</b>	<b>2,17</b>	<b>2,09</b>	<b>2,07</b>	<b>2,08</b>
Anzahl Arten	51	50	54	50
Individuendichte / m <sup>2</sup>	679	464	2118	292
Rheindex	0,36	0,73	0,78	0,52

Im Frühjahr 2016 wurde der ökologische Zustand des MZB an SE\_7 mit „unbefriedigend“ bewertet. Den größten Einfluss darauf hatte die schlechte Bewertung des Deutschen Fauna-Index, die Einstufungen der weiteren bewertungsrelevanten Core-Metrics lagen im „mäßigen“ bis „sehr guten“ Bereich. Im Herbst 2016 wurde der ökologische Zustand an SE\_7 mit „gut“ bewertet. Die Ergebnisse der Messstelle SE\_7 zeigten 2016 starke Sprünge in der Bewertung innerhalb eines Jahres. Bei beiden Beprobungen im Jahr 2016 waren die Artenvielfalt und die Individuendichte ausgesprochen groß. Diese beiden Parameter allein sind ungeeignet für die Gewässerbewertung ohne eine Unterscheidung zwischen Leitarten, Ubiquisten und Belastungszeigern vorzunehmen. Der Deutsche Fauna-Index ist ein Maß für die dem Fließgewässertyp angepasste Besiedlung. Deutlich wird ein Zusammenhang zwischen Rheoindex und Zustandsbewertung. Zwischen Frühjahr und Herbst 2016 zeigte sich eine Verdopplung des Rheoindex. Im Frühjahr 2017 wies die Messstelle SE\_7 wiederum einen „guten“ ökologischen Zustand auf. Der Fauna-Index bewegte sich im „mäßigen“ Bereich, hingegen war der Anteil der EPT-Taxa von einer „mäßigen“ Bewertung 2016 auf „gut“ gestiegen. Die Artenzahl nahm 2017 gegenüber den Voruntersuchungen geringfügig auf 54 Taxa zu, wie Abbildung 34 zeigt. Ebenfalls etwas erhöht war der Rheoindex, der besonders gegenüber der Untersuchung im Frühjahr 2016 von 0,36 (unbefriedigend) auf 0,78 (gut) gestiegen war. Im Herbst 2017 führten vermutlich die geringeren Durchflüsse zu einer schlechteren Bewertung, der ökologische Zustand an SE\_7 wurde mit „mäßig“ bewertet, eine gute Bewertung wurde knapp verfehlt. Deutlich waren dabei vor allem die schlechtere Einstufung des Deutschen Fauna-Index sowie der Rückgang des Rheoindex auf 0,52. Die Taxazahl veränderte sich gegenüber der Untersuchung im Herbst 2016 nicht.

Die höhere Strömung durch erhöhte Durchflüsse und der dadurch erhöhte Anteil strömungsliebender Arten führen offensichtlich zu einer Verbesserung der Gewässerbewertung mit ASTERICS/PERLODES.



**Abbildung 29: Multimetrischer Index, Rheoindex und Artenzahl an SE\_7 2016-2017**

Wie auch an SE\_6 traten an SE\_7 im Herbst 2016 und Frühjahr 2017 bei höherem Durchfluss vermehrt rheophile, strömungsliebende, Arten neu auf. In Abbildung 30 sind die Abundanzen aller Taxa mit einer Relevanz größer 2 % dargestellt. An SE\_7 wurden ab Herbst 2016 beispielsweise die strömungsliebenden Eintagsfliegenlarven *Baetis fuscatus*, *B. rhodani* und *Heptagenia flava* sowie die Köcherfliegenlarven *Hydropsyche bulbifera*, *Hydropsyche incognita* und *Hydropsyche pellucidula* erstmals im Untersuchungszeitraum gefunden. Im Frühjahr 2017 wurden an SE\_7 die ebenfalls rheophilen Eintagsfliegenlarven *Serratella ignita* und *Baetis buceratus* sowie die Dipterenlarven *Simulium equinum* erstmals vorgefunden. Die Abundanzen anderer strö-

mungsliebender Taxa wie bspw. *Baetis rhodani* und *Simulium ornatum* nahmen deutlich zu. Im Herbst 2017 wurden die Auswirkungen der bereits seit Frühjahr 2017 verringerten Durchflüsse auf die Artengemeinschaft deutlich. Individuen zahlreicher rheophiler Taxa gingen in ihren Abundanzen deutlich zurück (z. B. *Heptagenia flava*, Arten der Gattung *Hydropsyche*, *Simulium equinum*), einige strömungsliebende Arten wie z. B. die Eintagsfliegen *Baetis fuscatus*, *B. rhodani* kamen im Herbst 2017 nicht mehr im Untersuchungsabschnitt vor.

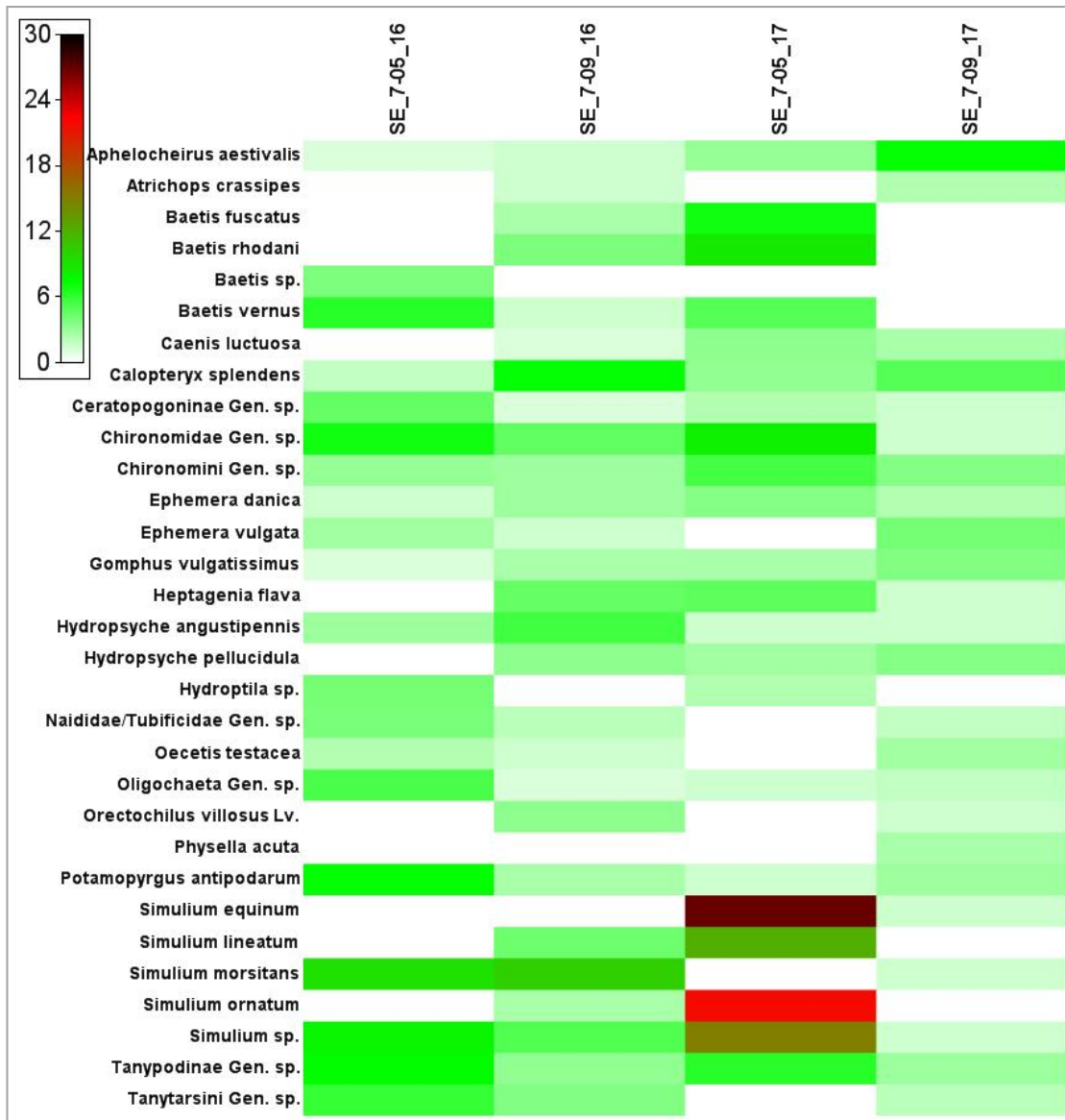


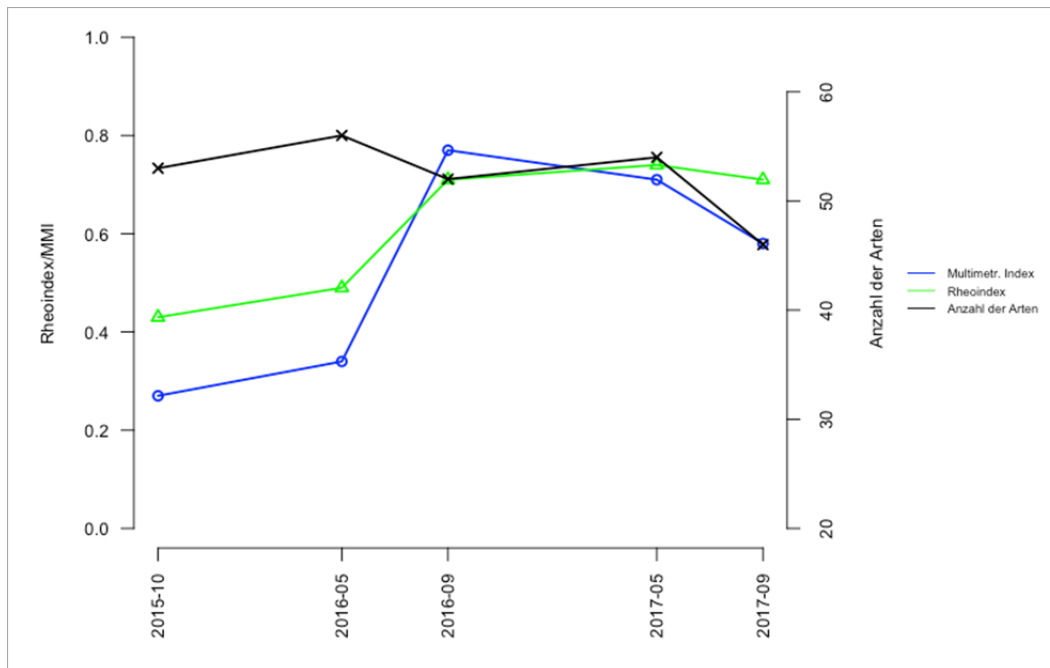
Abbildung 30: Shade Plot für SE\_7 2016-2017

Die Ergebnisse für das Makrozoobenthos an der weiter stromabwärts gelegenen Untersuchungsstelle **SE\_8** (oh. Kläranlage) zeigt die folgende Tabelle. Dargestellt sind die Bewertungen mit ASTERICS/PERLODES (Version Asterics 4.04) sowie die Artenzahl, Individuendichte und den Rheoindex, die jedoch nicht bewertungsrelevant sind. Zu beachten ist die zweimalige getrennte Bewertung der Proben der Gewässersedimente (Sediment) und der Makrophyten (MaPhy) im Herbst 2015 und Frühjahr 2016.

**Tabelle 26: Ökologischer Zustand der Schwarzen Elster Messstelle SE\_8, von 2015 - 2017**

Schwarze Elster SE_8	10/2015	10/2015	10/2015	5/2016	5/2016	5/2016	9/2016	5/2017	09/2017
	<i>Gesamt</i>	<i>Sedi- ment</i>	<i>MaPhy</i>	<i>Ge- samt</i>	<i>Sedi- ment</i>	<i>MaPhy</i>	<i>Gesamt Q hoch</i>	<i>Gesamt Q hoch</i>	<i>Gesamt Q ge- ring</i>
<b>Einflussfaktoren</b>	Krautung	Krautung	Krautung				<b>Makro- phyten- manage- ment</b>		
<b>Ökolog. Zustands- klasse</b>	unbefr.	unbefr.	unbefr.	unbefr.	unbefr.	unbefr.	gut	gut	mäßig
<b>Allg. Degradation</b>	0,27	0,24	0,23	0,34	0,35	0,27	0,77	0,71	0,58
DFI Typ 15	0,00	0,021	0,000	0,11	0,15	0,00	0,71	0,55	0,50
[%] Litoralarten	0,50	0,53	0,48	0,53	0,59	0,52	0,96	0,96	0,91
EPT [%]	0,42	0,38	0,45	0,46	0,49	0,55	0,57	0,69	0,44
Trichoptera	0,75	0,50	0,50	0,75	0,58	0,58	1,00	1,00	0,50
<b>Saprobie</b>	2,26	2,25	2,30	2,17	2,13	2,18	2,12	2,09	2,14
Anzahl Arten	53	34	36	56	39	42	52	54	46
Individuendichte / m <sup>2</sup>	482	281	1.288	709	259	3.194	345	825	392
Ähnlichkeit	-	45 %		-	58 %		-	-	-
Rheoindex	0,43	-	-	0,49	-	-	0,71	0,74	0,71

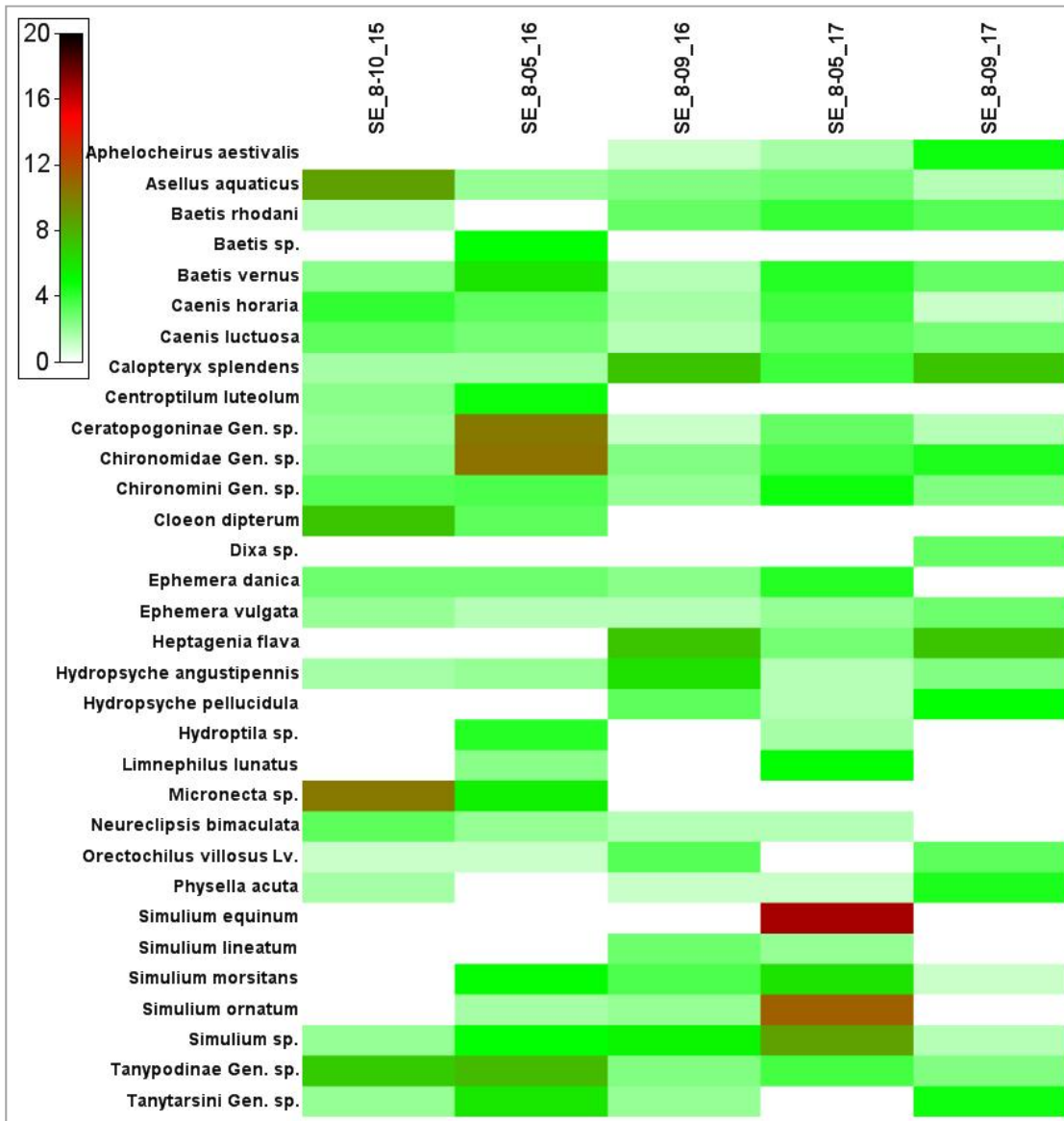
An der Messstelle SE\_8 wurde im Herbst 2015 und Mai 2016 insgesamt ein „unbefriedigender“ Zustand bezüglich des Makrozoobenthos festgestellt. Der Deutsche Fauna-Index wurde sogar mit „schlecht“ eingestuft. An den beiden Terminen war zwar eine bemerkenswert hohe Artenvielfalt vorhanden (53 bzw. 56 Taxa), dabei handelte es sich aber überwiegend um Belastungszeiger bzw. um strömungsindifferente Arten mit Verbreitungsschwerpunkt im Litoral von Seen. Strömungsliebende Leitarten des vorliegenden Gewässertyps kamen dagegen erst ab September 2016 in größerer Menge vor. Die Bewertung des ökologischen Zustands verbesserte sich auf „gut“. Besonders der Anteil der Litoralarten und die Vielfalt der Trichoptera lagen im Herbst 2016 und Frühjahr 2017 im „sehr guten“ Bereich. Die Artenzahl hingegen veränderte sich bis zum Herbst 2017 für die Gesamtprobe kaum, wie Abbildung 31 zeigt. Im Herbst 2017, bei geringerem Durchfluss, wurde der ökologische Zustand des Makrozoobenthos mit „mäßig“ bewertet, wobei die Einstufung die Tendenz zum „guten“ Zustand zeigte. Grund dafür war vor allem die schlechtere Einstufung des Deutschen Fauna-Index, des Anteils der Trichoptera sowie des Anteils der EPT-Taxa. Die Artenzahl war mit 46 Taxa die geringste im Untersuchungszeitraum. Auffällig hingegen ist, dass der Rheoindex trotz des im Herbst 2017 geringen Durchflusses, ähnlich hoch war wie im Herbst 2016 bei doppelt so hohen Durchflussmengen.



**Abbildung 31: Multimetrischer Index, Rheoindex und Artenzahl an SE\_8 2015-2017**

Der MMI und der Rheoindex erhöhten sich im Herbst 2016 deutlich, und blieben auch bei der Untersuchung im Frühjahr 2017 auf einem ähnlichen Niveau. Im Herbst 2017 verringerten sich Multimetrischer Index und Taxazahl deutlich, der Rheoindex hingegen veränderte sich kaum.

Die folgende Abbildung zeigt die Häufigkeit des Vorkommens der Taxa mit einer Relevanz größer 2 % an den einzelnen Untersuchungsterminen für SE\_8. Deutlich wird auch an dieser Messstelle das Auftreten rheophiler Arten, besonders Köcherfliegenlarven (verschiedene Taxa der Gattung *Hydropsyche*) und Eintagsfliegenlarven (*Heptagenia flava*, *Baetis rhodani*, *B. fuscatus*) sowie strömungsliebender Dipterenlarven. Im Herbst 2017, bei geringem Durchfluss, blieben im Gegensatz zu SE\_6 und SE\_7 die meisten strömungsliebenden Arten auffindbar, lediglich die Abundanzen von *Simulium morsitans*, *Simulium ornatum* und der Köcherfliegenlarve *Neureclipsis bimaculata* gingen deutlich zurück. Dadurch verringerte sich auch der Rheoindex an dieser Untersuchungsstelle kaum. Möglicherweise haften sich die Organismen an den zahlreichen Makrophyten in Bereichen des Gewässers mit höherer Strömung an.



**Abbildung 32: Shade-Plot für SE\_8 2015-2017**

An der Messstelle SE\_8 wurden im Herbst 2015 sowie im Frühjahr 2016 die Makrophyten (10 % flutende Ufervegetation und 10 % submerse Makrophyten) und das sonstige Substrat (55 % POM, 10 % Faulschlamm und 15 % Sand) getrennt beprobt und ausgewertet (

Tabelle 26). Die getrennte Untersuchung der Besiedlung von Makrophyten und dem restlichen Gewässersediment ergab eine nahezu identische Indexbewertung. Lediglich der Anteil und vor allem die Besiedlungsdichte an Eintagsfliegenlarven waren auf den Wasserpflanzen deutlich höher als auf dem restlichen Sohls substrat. Die sehr ähnliche Bewertung weist auf eine hohe Stabilität des Bewertungssystems PERLODES hin. Ein Vergleich der Artenzusammensetzung zwischen der Besiedlung von Makrophyten und der Besiedlung des Sediments zeigte dagegen nur eine Ähnlichkeit von 45 % bzw. 58 %. Dies sind niedrigere Werte als die Ähnlichkeiten bei den Unterproben des Jahres 2012 (59 – 73 %). Die Besiedlungsdichte war auf den Makrophyten wesentlich höher (1288 bzw. 3.194 Ind./m<sup>2</sup>) als auf dem Gewässersediment (281 bzw. 259 Ind./m<sup>2</sup>). Wie auch die folgende Abbildung verdeutlicht, kamen insbesondere Eintagsfliegenlarven in höherer Artenvielfalt und größerer Dichte auf den Wasserpflanzen vor. Strudelwürmer, Wasserschnecken und drei verschiedene Arten an Kleinlibellen kamen ausschließlich auf den Wasserpflanzen vor. Nur im Sediment nachweisbare Arten waren teils Belastungszeiger wie diverse Oligochaeten und Schlammfliegen, teils aber auch Leitarten des Gewässertyps wie Großmuscheln (*Anodonta anatina*), Großlibellenlarven (*Gomphus vulgatissimus*) und die Eintagsfliege *Ephemera danica*.

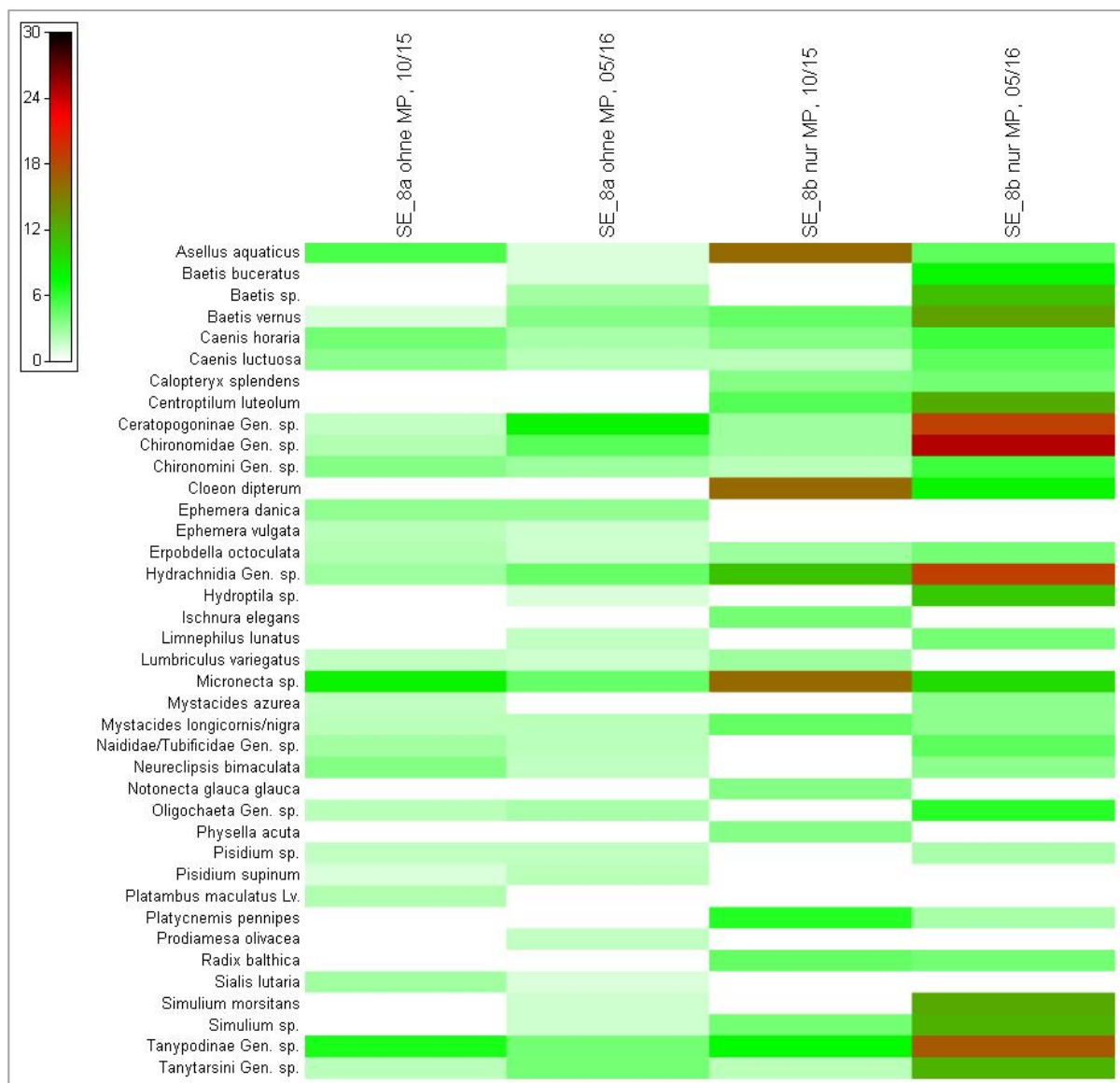


Abbildung 33: Shade Plot SE\_8, 8a

ohne Makrophyten (links), 8b – nur Makrophyten (rechts); Relevanz der Abundanz > 2%



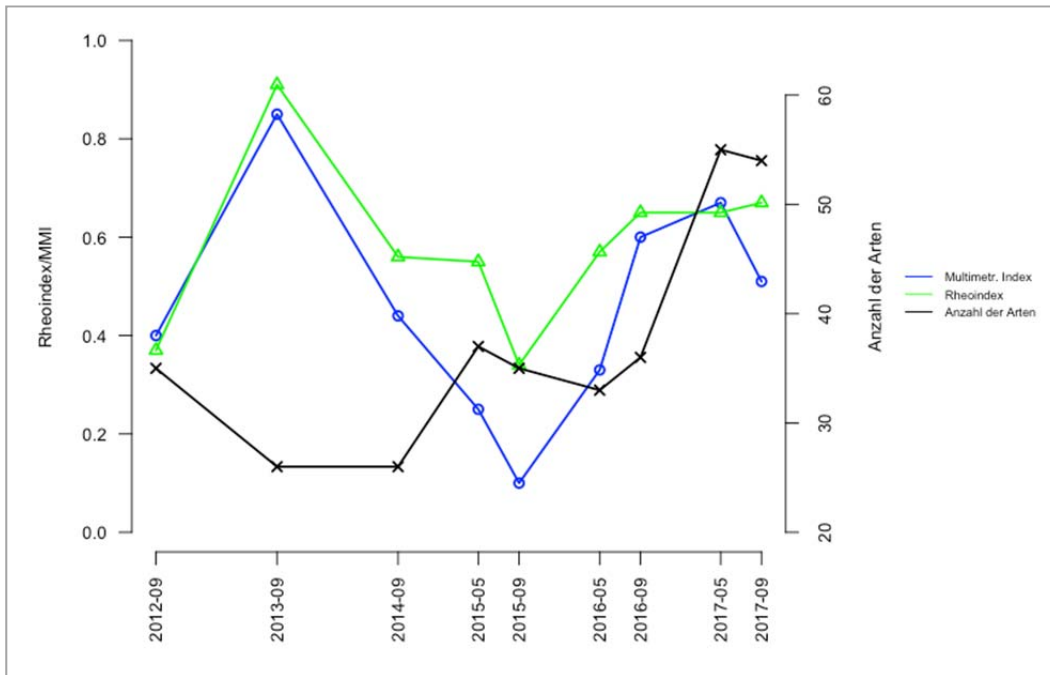
Für die Untersuchungsstelle **SE\_1**, die unterhalb der Kläranlage Wittichenau liegt, stellt die folgende Tabelle die Bewertungen mit ASTERICS/PERLODES (Version Asterics 4.04) sowie zusätzlich die nicht bewertungsrelevanten Parameter Artenzahl, Individuendichte und Rheoindex dar.

**Tabelle 27: Ökologischer Zustand der Schwarzen Elster Messstelle SE\_1, von 2012 - 2017**

Schwarze Elster SE_1	2012	2013	2014	05/2015	09/2015	05/2016	09/2016	05/2017	09/2017
<b>Einflussfaktoren</b>	Kraut- tung	keine	Räu- mung	Rück- stau	Rück- stau	Rück- stau	kaum Rück- stau, Makro- phyten- manage- ment	kaum Rück- stau	mäßiger Rück- stau
<b>Öko. Zustandskl.</b>	unbefr.	gut	mäßig	unbefr.	schlecht	unbefr.	mäßig	gut	mäßig
<b>Allg. Degradation</b>	0,40	0,85	0,44	0,25	0,10	0,33	0,60	0,67	0,51
DFI Typ 15	0,425	0,923	0,380	0,035	0,165	0,12	0,56	0,60	0,36
[%] Litoralarten	0,492	1,000	0,783	0,383	0,039	0,49	0,85	0,64	0,75
EPT [%]	0,302	0,883	0,333	0,562	0,00	0,46	0,51	0,63	0,39
Trichoptera	0,361	0,500	0,417	0,500	0,083	0,67	0,58	1,00	0,50
<b>Saprobie</b>	2,21	2,08	2,16	2,34	2,40	2,15	2,12	2,08	2,12
Anzahl Arten	35	26	26	37	35	33	36	55	54
Individuendichte	3 UP	490	93	338	112	378	194	568	277
Rheoindex	0,37	0,91	0,56	0,55	0,34	0,57	0,65	0,65	0,67
Ähnlichkeit mit 2012		14	30	14	44	30	40		

An der Messstelle SE\_1 verschlechterte sich der ökologische Zustand von 2013 bis September 2015 kontinuierlich und erheblich. Bedingt war dies vermutlich vor allem durch den zunehmenden Rückstau und damit Reduzierung der Fließgeschwindigkeit sowie verstärkte Ablagerung organischer Feinsedimente. Deutlich erkennbar ist der parallel sinkende Rheoindex. Mit Erhöhung der Durchflüsse und der daraus folgenden Verringerung des Rückstaus stieg der Rheoindex bis September 2016 wieder an und die Zustandsklasse auf Basis des Makrozoobenthos verbesserte sich bis auf „mäßig“. Im Frühjahr 2017 ergab sich ein „guter“ ökologischer Zustand. Bis auf die Bewertung des Deutschen Fauna-Index (mäßig) lagen alle Core-Metrics im „guten“ bis „sehr guten“ Bereich. Die Taxazahl stieg im Mai 2017 von unter 40 Arten in den Vorjahren auf 55 Taxa an. Im Herbst 2017 wurde der ökologische Zustand des MZB wie vor der Durchflusserhöhung mit „mäßig“ bewertet, da die Metrics Anteil der EPT-Taxa, Anteil der Trichoptera sowie der Deutsche Fauna-Index deutlich schlechter eingestuft wurden. Hingegen blieben Artenzahl und Rheoindex, auch bei geringem Durchfluss, hoch. Der Index der Allgemeinen Degradation (MMI) war im Herbst 2017 deutlich geringer als im Herbst 2016 bei höherem Durchfluss, so dass die Verschlechterung der Bewertung nicht als Auswirkung des Probenahmezeitpunktes erklärt werden kann. Es ist anzunehmen, dass die Fließgeschwindigkeit der die Bewertung am stärksten beeinflussende Faktor war.

Die folgende Abbildung verdeutlicht die Verschlechterung von MMI und Rheoindex zwischen 2012 und 2015 durch Grundräumung und Rückstau sowie den Anstieg der Metrics ab 2016 infolge der höheren Fließgeschwindigkeiten und des sich verringern den Rückstaus.



**Abbildung 34: Multimetrischer Index, Rheindex und Artenzahl an SE\_1 2012-2017**

Im September 2017 zeigte der MMI bereits einen deutlichen Rückgang, während Taxazahl und Rheindex sich trotz einer mittleren Fließgeschwindigkeit von 0,09 m/s nur unwesentlich veränderten.

Die Darstellung der Abundanzen aller Arten mit mehr als 2 % Relevanz für die Herbstprobenahmen 2012 bis 2017 (Abbildung 35) verdeutlicht den Rückgang strömungliebender Arten wie der Grundwanze *Aphelocheirus aestivalis*, der Eintagsfliegenlarve *Heptagenia flava*, verschiedener Arten der Gattungen *Baetis* sp. sowie *Hydropsyche* sp. in den Jahren 2014 und 2015 während des Rückstaus im Untersuchungsabschnitt. Dagegen nahmen die Abundanzen wenig anspruchsvoller Arten wie z.B. aus der Familie Chironomidae (Dipteren) stark zu. Ab Herbst 2016 gingen die Häufigkeiten von Belastungszeigern wie bspw. *Lumbriculus variegatus* und *Sialis lutaria* deutlich zurück.

Unter der wieder deutlich geringeren Strömungsgeschwindigkeit im Herbst 2017 waren dennoch die Abundanzen strömungliebender Taxa kaum rückläufig, so dass der Rheindex vergleichbar mit den Voruntersuchungen blieb.

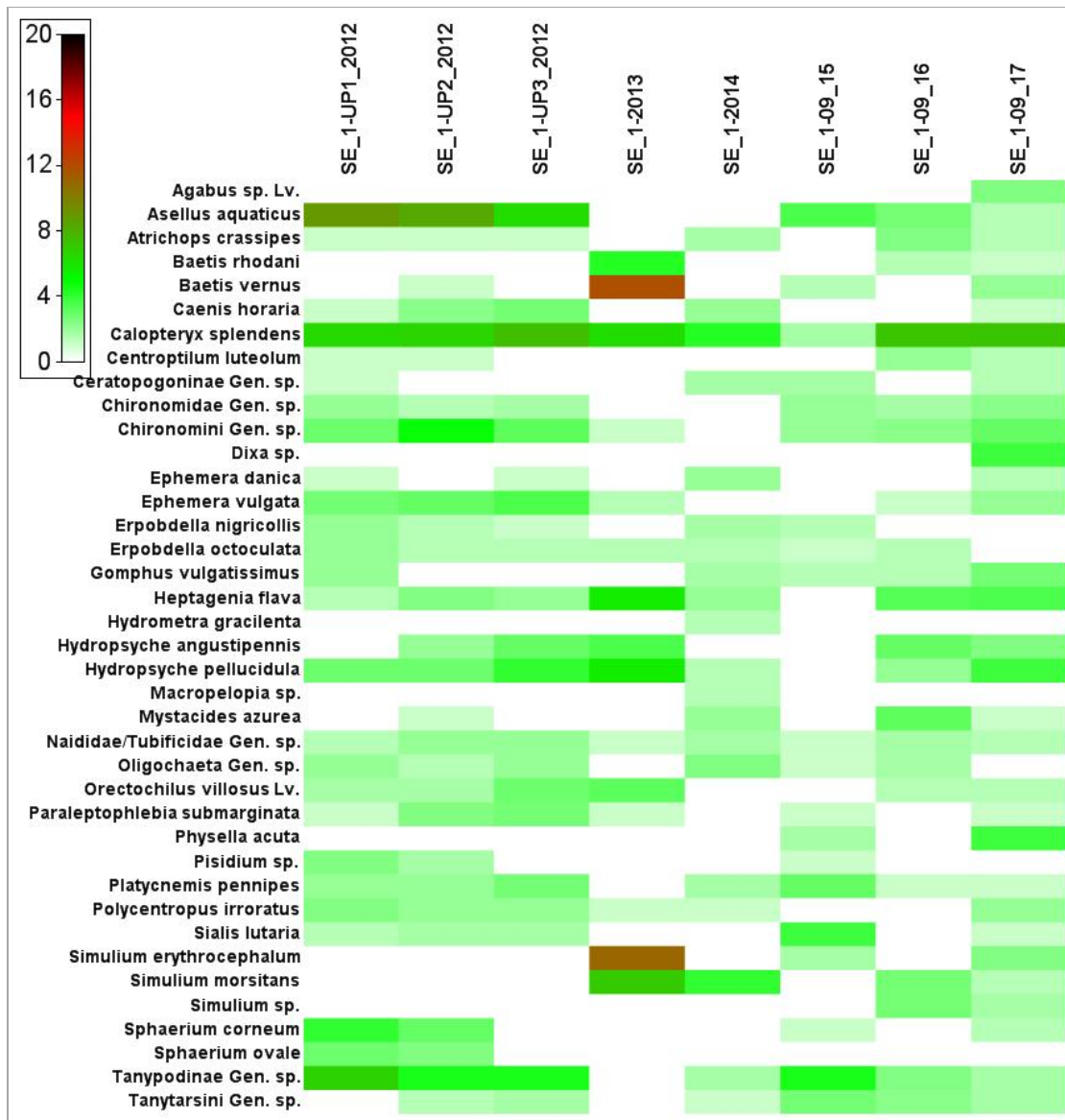


Abbildung 35: Shade Plot für SE\_1, Herbstbeprobungen 2012 – 2017

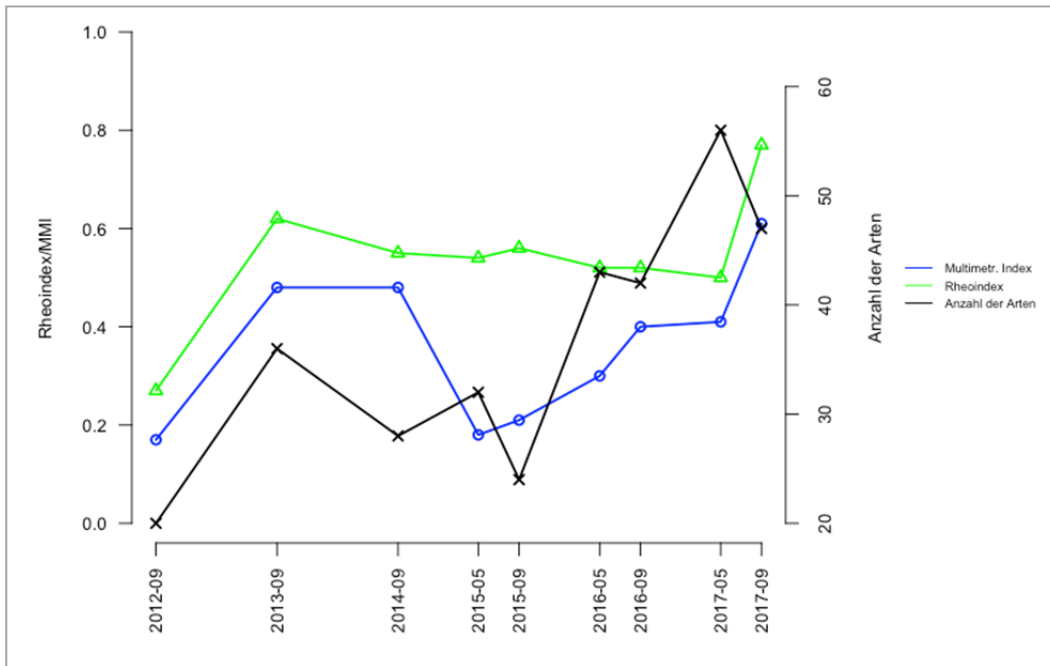
Die Untersuchungsstelle **SE\_3** liegt unterhalb der Straßenbrücke nach Neudorf-Klößerlich. Die folgende Tabelle stellt die Bewertungen mit ASTERICS/PERLODES (Version Asterics 4.04) sowie die Artenzahl, Individuendichte und den Rheoindex dar, die jedoch nicht bewertungsrelevant sind.

**Tabelle 28: Ökologischer Zustand der Schwarzen Elster Messstelle SE\_3, von 2012 - 2017.**

Schwarze Elster SE_3	2012	2013	2014	05/2015	09/2015	05/2016	09/2016	05/2017	09/2017
<b>Einflussfaktoren</b>	Krautung	Keine	Makrophytenmanagement	Räumung*	Räumung*	Q niedrig	Q hoch, Makrophytenmanagement	Q hoch	Q gering
<b>Ökolog. Zustandsklasse</b>	schlecht	mäßig	mäßig	schlecht	unbefr.	unbefr.	unbefr.	mäßig	gut
<b>Allg. Degradation</b>	0,17	0,48	0,48	0,18	0,21	0,30	0,40	0,41	0,61
DFI Typ 15	0,244	0,466	0,458	0,000	0,000	0,09	0,34	0,18	0,46
[%] Litoralarten	0,072	0,364	0,888	0,251	0,753	0,51	0,77	0,39	1,00
EPT [%]	0,219	0,540	0,222	0,421	0,317	0,48	0,255	0,54	0,41
Trichoptera	0,028	0,583	0,417	0,417	0,250	0,58	0,42	1,00	0,67
<b>Saprobie</b>	2,23*	2,2	2,22	2,47	2,16	2,15	2,25	2,20	2,07
Anzahl Arten	20	36	28	32	24	43	42	56	47
Individuendichte /m <sup>2</sup>	3 UP	217	92	281	149	662	205	573	343
Rheoindex	0,27	0,62	0,55	0,54	0,56	0,52	0,52	0,50	0,77

Räumung: Grundräumung von Feinsedimenten mit Profilaufweitung für höhere Durchflüsse

An der Messstelle SE\_3 verschlechterte sich die Zustandsklasse sowohl durch die vollständige Krautung im Jahr 2012 als auch durch die Grundräumung (Frühjahr 2015). Mit Erhöhung der Abflüsse im Jahr 2016 verbesserten sich zunächst weder der Rheoindex noch die Zustandsklasse. Die Profilaufnahmen zeigten, dass die Fließgeschwindigkeit bei erhöhtem Durchfluss deutlich weniger anstieg als an den anderen Messstellen (geringste mittlere Fließgeschwindigkeit aller Messstellen im Jahr 2016). Es ist anzunehmen, dass ein sehr geringes Sohlgefälle und zu großes Gewässerprofil vorliegen. Die Gesamtbewertung der Untersuchungsstelle im Mai 2017 ergab einen mäßigen ökologischen Zustand des Makrozoobenthos. Auch bei einem Durchfluss von knapp 1 m<sup>3</sup>/s am Wehr Brischko erhöhte sich der Rheoindex zunächst nicht, wie Abbildung 36 verdeutlicht. Demgegenüber ist der Anstieg der Artenzahl auf über 50 Taxa im Frühjahr 2017 ein Hinweis auf Veränderungen im Untersuchungsbereich. Im Herbst 2017 wurde, trotz wieder deutlich geringerer Durchflüsse im Untersuchungsgebiet, der ökologische Zustand des MZB an SE\_3 erstmals mit „gut“ bewertet, wobei die Bewertung an der Grenze zur Zustandsklasse „mäßig“ lag. Der Deutsche Fauna-Index wurde mit „mäßig“ eingestuft, dies trat zuletzt 2014 vor der Grundräumung auf. Auch die anderen Metrices der Bewertung zeigten „sehr gute“ bis „mäßige“ Einstufungen. Auffällig an dieser Untersuchungsstelle ist der Anstieg der Taxazahlen ab Frühjahr 2016, den auch die folgende Abbildung verdeutlicht. Bis zum Frühjahr 2017 zeigten hingegen Rheoindex und Multimetrischer Index – und folglich auch die Gesamtbewertung – keine Effekte der erhöhten Durchflussmengen im Untersuchungsgebiet. Erst im Herbst 2017 zeigten MMI und Rheoindex deutliche Anstiege, trotz der inzwischen wieder geringeren Durchflüsse (0,19 m<sup>3</sup>/s) und der geringsten Fließgeschwindigkeit von allen Untersuchungsstellen ( $v_{\text{MITTEL}}$  0,06 m/s im Herbst 2017). Dass trotz der geringen Fließgeschwindigkeit insgesamt und besonders auch im Herbst 2017 Rheoindex und MMI deutlich anstiegen, lässt die Verdriftung von Arten von Gewässerabschnitten mit höheren Fließgeschwindigkeiten vermuten, die sich dann vermutlich auf den submersen Makrophyten in Bereichen höherer Strömungsgeschwindigkeit aufhielten.



**Abbildung 36: Multimetrischer Index, Rheoindex und Artenzahl an SE\_3 2012-2017**

In der Darstellung der Artengemeinschaften als Shade Plot (Arten mit Relevanz über 2 %) zeigt sich die Zunahme der Artenzahl und deren gleichzeitig größere Häufigkeit im Herbst 2016, auch wenn die Gesamtbewertung des ökologischen Zustands bei „mäßig“ blieb. Auswirkungen der Grundräumung lassen sich an den verringerten Abundanzen bzw. dem Artenausfall im Jahr 2015 erkennen, wo z. B. fast alle Arten der Gattung *Hydropsyche* sp. sowie vermehrt Muschelarten wie *Sphaerium corneum* und Arten der Gattung *Pisidium* ausfielen. Im Jahr 2015 kam es in großer Häufigkeit zur Neubesiedlung mit dem Neozoon *Potamopyrgus antipodarum* (Neuseeländische Zwergdeckelschnecke), welcher ab 2016 wieder rückläufig in ihren Abundanzen war. Im Herbst 2017 zeigte sich eine deutlich höhere Abundanz rheophiler Taxa wie z. B. die Eintagsfliege *Heptagenia flava*, weiterhin wurde im Herbst 2017 erstmals an SE\_3 die strömungsliebende Eintagsfliege *Baetis rhodani* aufgefunden. Demgegenüber wurden im Herbst 2017 keine Individuen der als Belastungszeiger geltenden Arten der Gattungen *Erpobdella* sp. (Egel) und *Sialis* sp. (Schlammfliegen) sowie *Asellus aquaticus* vorgefunden. Die Biozönose an SE\_3 änderte sich 2017 deutlich gegenüber den Vorjahren und näherte sich dem Artenspektrum der anderen Untersuchungsstellen im Maßnahmenbereich an.

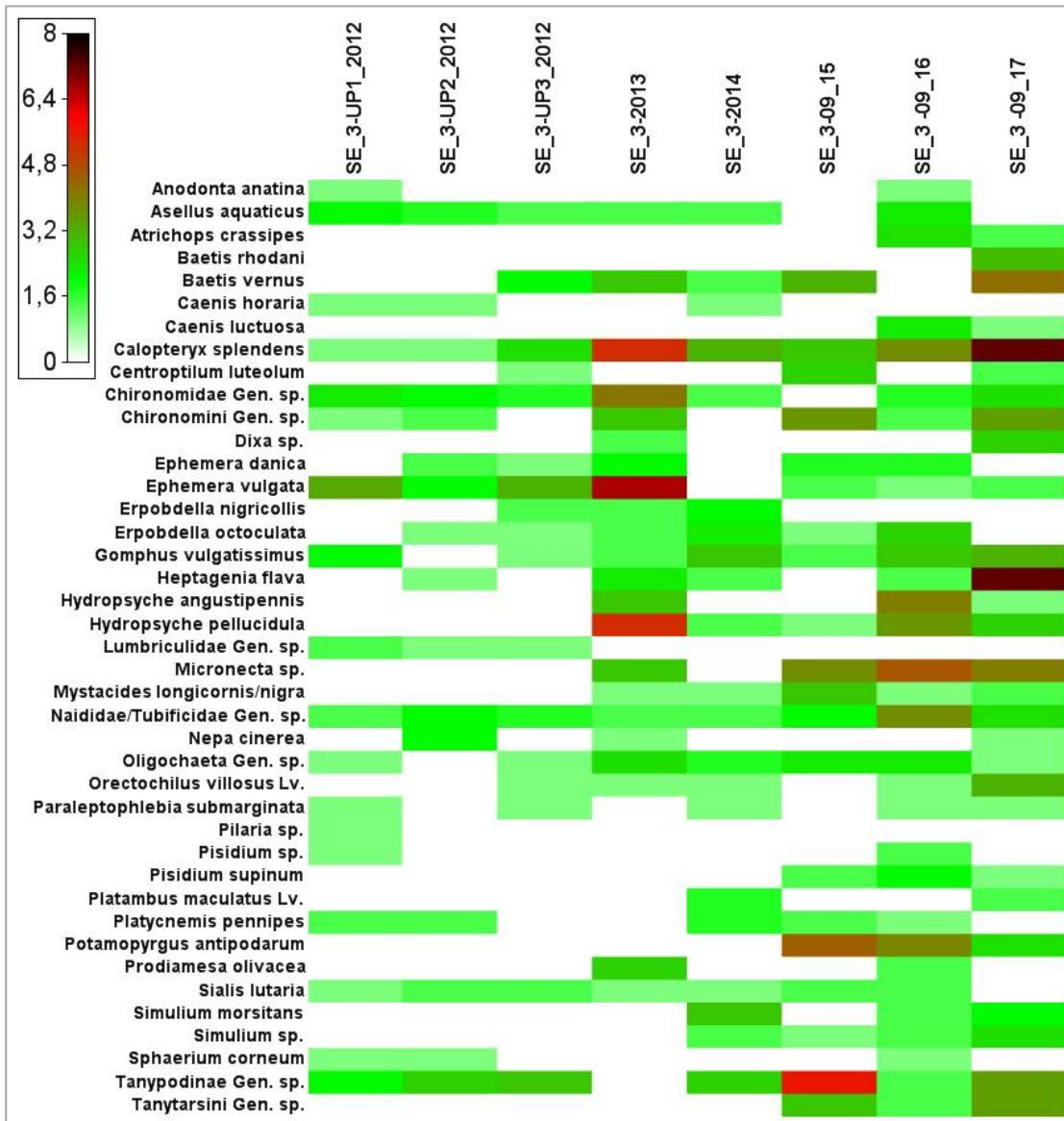


Abbildung 37: Shade Plot SE\_3 2012 – 2017

Am weitesten stromabwärts im Untersuchungsbereich gelegen ist **SE\_4** in einem naturnahen Bereich Nähe eines Altarms. SE\_4 wurde als Kontrolle hinsichtlich der strukturverändernden Maßnahmen an den anderen Messstellen ausgewählt und untersucht, da an dieser Untersuchungsstelle im gesamten Zeitraum seit 2012 keine Maßnahmen (Krautung, Grundräumung, Makrophytenmanagement) vorgenommen wurden. Als völlig unabhängige Referenzstelle kann SE\_4 jedoch nicht bewertet werden, da die Durchflusserhöhung in der Schwarzen Elster sowie 2017 die erneute Verringerung der Durchflüsse auch die Referenzmessstelle betraf. Die folgende Tabelle stellt die Bewertungen mit ASTERICS/PERLODES (Version Asterics 4.04) sowie die Artenzahl und den Rheindex dar, die jedoch nicht bewertungsrelevant sind.

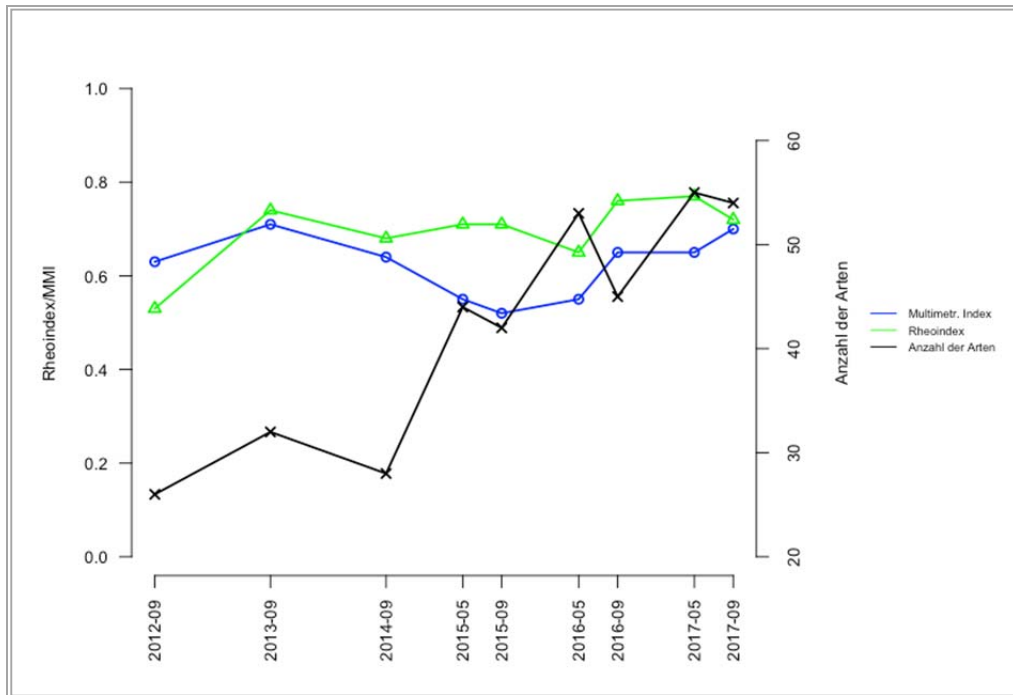
**Tabelle 29: Ökologischer Zustand der Schwarzen Elster Messstelle SE\_4, von 2012 - 2017**

Schwarze Elster SE_4	2012	2013	2014	05/2015	09/2015	05/2016	09/2016	05/2017	09/2017
Ökolog. Zustandsklasse	gut	gut	gut	mäßig	mäßig	mäßig	gut	gut	gut
Allg. Degradation	0,63	0,71	0,64	0,55	0,52	0,55	0,65	0,65	0,70
DFI Typ 15	0,685	0,714	0,708	0,431	0,486	0,32	0,64	0,52	0,77
[%] Litoralarten	0,881	0,971	0,654	0,625	0,967	0,79	0,98	0,59	0,97
EPT [%]	0,525	0,759	0,660	0,661	0,386	0,61	0,54	0,76	0,47
Trichoptera	0,333	0,417	0,417	0,750	0,333	1,00	0,50	1,00	0,58
Saprobie	2,09	2,13	2,06	2,19	2,16	2,11	2,12	2,05	2,03
Anzahl Arten	26	32	28	44	42	53	45	55	54
Rheoindex	0,53	0,74	0,68	0,71	0,71	0,65	0,76	0,77	0,72
[%] Neozoen	0,7	0,4	1,7	12,5	21,3	5,6	2,6	0,62	4,2

Zwischen 2012 und 2014 wies die Messstelle den guten ökologischen Zustand aus. Die Verschlechterung der Zustandsklasse im Jahr 2015 wurde bedingt durch einen hohen Anteil an Neozoen (Abundanz 12 bis 21 %, insbesondere die Schnecke *Potamopyrgus antipodarum*). Dieser Neozoe hat sich mittlerweile im gesamten Untersuchungsgebiet ausgebreitet, ist jedoch von der Individuendichte und der Bedeutung bezüglich der Zustandsbewertung ab 2016 wieder deutlich zurückgegangen. Damit verbesserte sich die Zustandsklasse ab Herbst 2016 wieder auf „gut“. Auch im Herbst 2017 zeigte sich kein negativer Einfluss des verringerten Durchflusses auf die Bewertung der Referenzstelle. Insgesamt war die Bewertung an der Referenz während der gesamten Untersuchungszeit stabil und zeigt, dass außer den Maßnahmen an den Messstellen keine relevanten zusätzlichen Einflüsse wirkten.

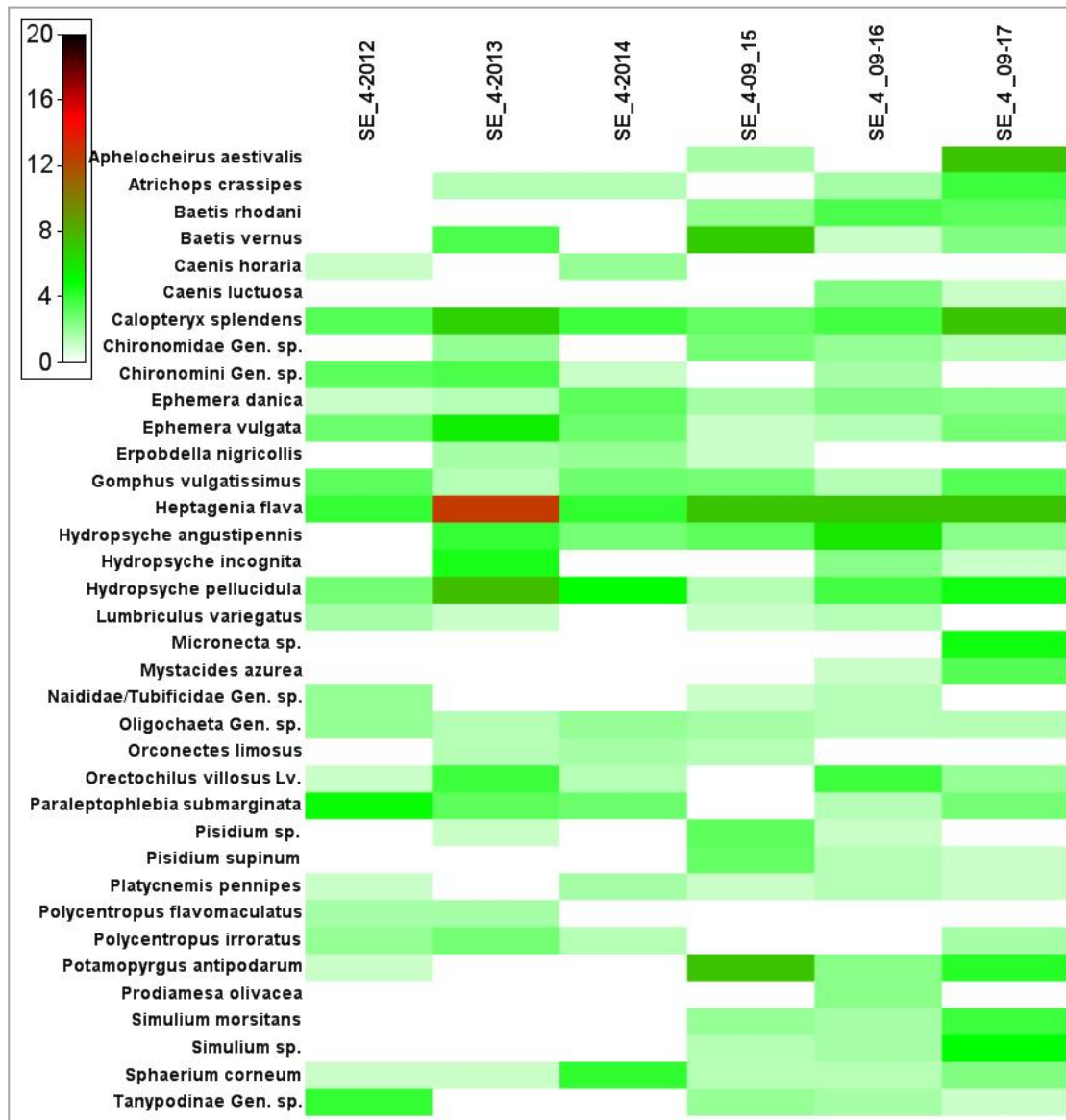
Die Entwicklung von MMI, Rheoindex und Artenzahl im Untersuchungszeitraum zeigt die folgende Abbildung. Auffällig und verschieden von allen anderen Untersuchungsstellen ist der deutliche Anstieg der Artenzahlen ab dem Jahr 2015. In den Jahren 2012 bis 2014 konnten an SE\_4 zwischen 26 und 32 Taxa gefunden werden. Im Jahr 2015 stieg die Artenzahl auf über 40 an, wobei zu diesem Zeitpunkt keine andere Maßnahme im Untersuchungsgebiet stattfand, von der SE\_4 beeinflusst wurde. Demgegenüber blieben MMI und Rheoindex vergleichbar zu den Voruntersuchungen. Bei den Frühjahrsprobenahmen 2016 und 2017 (Probenahmezeitpunkt nach Methoden der WRRL) kamen jeweils über 50 Taxa vor, jedoch waren auch die Taxazahlen im Herbst auf einem deutlich höheren Niveau als vor 2015.





**Abbildung 38: Multimetrischer Index, Rheoindex und Artenzahl an SE\_4 2012-2017**

Für den Shade Plot an SE\_4 ist hervorzuheben, dass viele Taxa über die Untersuchungsjahre eine Stetigkeit ihrer Abundanz aufwiesen wie an keiner anderen Messstelle. Als Vertreter können hierbei die grabenden Eintagsfliegenlarven *Ephemera danica* und *Ephemera vulgata* sowie die Libellenlarve *Gomphus vulgatissimus* oder die rheophile *Heptagenia flava* genannt werden. Die Zunahme der Taxazahl an der Referenz ab 2015 wird durch den Shade Plot gut visualisiert. Beispielhaft zu erwähnen sind die verschiedenen rheophilen Arten der Gattung *Simulium* (filtrierende Dipterenlarven) sowie die Eintagsfliege *Baetis rhodani*, die ab 2015 an dieser Untersuchungsstelle auftraten.



**Abbildung 39: Shade Plot für SE\_4 2012 – 2017, Arten mit Relevanz > 2%**

Zusammenfassend lässt sich für das Makrozoobenthos ein Zusammenhang zwischen der Zunahme der (durchschnittlichen und besonders der maximalen) Fließgeschwindigkeit über Grund und der Verbesserung der ökologischen Zustandsklasse feststellen. Durch erhöhte Fließgeschwindigkeiten ab Frühjahr 2016 änderte sich die Artenzusammensetzung der Makrozoobenthosbiozöten, welche sich in der PERLODES-Bewertung positiv auf den Anteil der EPT-Taxa und auf den Deutschen Fauna-Index und folglich auch den Multimetric Index (Allgemeine Degradation) auswirkte. Da im Jahr 2017 die Durchflussmengen im Untersuchungsgebiet seit Mai wieder auf ein ähnliches Niveau wie vor 2016 fielen, zeigte sich die Wichtigkeit der Realisierung höherer Fließgeschwindigkeiten für die Erreichung des guten ökologischen Zustands, da sich im Herbst 2017 die Bewertung des Makrozoobenthos an drei Untersuchungsstellen auf die „mäßige“ Zustandsklasse verschlechterte.

Ausgenommen davon war die Untersuchungsstelle SE\_3 (uh. Straßenbrücke Neudorf-Klösterlich), wo sich zunächst die Bewertung nach Durchflusserhöhung nicht verbesserte, da sich auch die Fließgeschwindigkeit an diesem Abschnitt kaum erhöhte und bei unter 0,2 m/s blieb, jedoch zeigte sich ab 2016 ein Anstieg der Taxazahl. Im Herbst 2017 lag die Bewertung der Untersuchungsstelle knapp in der „guten“ Zustandsklasse, trotz der geringen Fließgeschwindigkeiten an diesem Abschnitt. Vermutlich traten zahlreiche von oberhalb

liegenden Untersuchungsstellen verdriftete Organismen auf den Makrophyten auf, wodurch die Bewertung sich verbesserte.

Ein Vergleich zwischen den Untersuchungen 2015 und 2016 zeigt, dass sich nach Anstieg des Durchflusses die Artenzusammensetzung an den Untersuchungsstellen deutlich änderte. Im Frühjahr 2016 trat z.B. der Hakenkäfer *Elmis* sp. neu im Untersuchungszeitraum an der Referenz SE\_4 auf; im Herbst 2016 wurde die Gattung an SE\_4, SE\_6 und SE\_8 gefunden. Im Frühjahr 2017 wurde er zusätzlich an SE\_1 und SE\_7 gefunden. Die Ähnlichkeit der Biozöosen zwischen den Untersuchungsterminen im Frühjahr und Herbst 2016 war gering.

Neben einer Verbesserung der Zustandsklasse konnten ab 2016 auch einige bemerkenswerte Arten neu bzw. in erhöhter Zahl nachgewiesen werden. Dies betrifft einerseits die Großmuschelarten *Unio pictorum* und *Anodonta anatina* mit jeweils auch Jungmuschelnachweisen. Weiterhin traten erstmals Steinfliegenlarven (*Leuctra* sp. und *Taeniopteryx* sp.) auf. Ab Frühjahr 2017 traten zahlreiche Arten der Köcherfliegen (z.B. *Triaenodes bicolor*, *Ceraclea dissimilis*, *Oecetis notata*, *Micropterna lateralis/sequax*, *Halesus radiatus*, *Athripsodes bilineatus*, *Limnephilus decipiens*, *Hydropsyche instabilis*), sowie die Flussnapfschnecke *Ancylus fluviatilis* und die Großlibelle *Sympetrum pedemontanum* (beide an E\_6) auf. Einige bemerkenswerte Funde sind in Abbildung 40 dargestellt.

Die Verbesserungen bei der Bewertung des Makrozoobenthos standen nicht in direktem Zusammenhang mit den Maßnahmen der Gewässerunterhaltung (Makrophytenmanagement), denn auch an den Untersuchungsstellen, an denen keine Maßnahmen durchgeführt wurden (SE\_4 und SE\_6), verbesserte sich im September 2016 die ökologische Zustandsklasse. Dadurch wird der Einfluss der Fließgeschwindigkeit und eines erhöhten Durchflusses im Untersuchungsgebiet deutlich.



**Abbildung 40: Bemerkenswerte Funde von Makrozoobenthos-Organismen.**

*Anodonta anatina* und *Gomphus vulgatissimus* (obere Reihe) sowie *Calopteryx splendens* und *Unio pictorum* (untere Reihe)

## 5.6 Makrophyten/Phytobenthos

Die Ergebnisse der Bewertungen der Qualitätskomponente Makrophyten/Phytobenthos mit PHYLIB 4.1 (2015) bzw. PHYLIB 5.3 (ab 2016) sind in den folgenden Tabellen dargestellt. Dabei wurde der Untersuchungsabschnitt SE\_2 nur noch im Jahr 2015 beprobt, da die Untersuchungsstelle, aufgrund des starken Rückstaus, ab 2016 durch SE\_7 ersetzt wurde. Im Jahr 2015 wurden alle Gewässerabschnitte erst im Oktober und somit außerhalb des empfohlenen Untersuchungszeitraums beprobt, wobei sich besonders Krautungsmaßnahmen auf das Artenspektrum der Makrophyten ausgewirkt haben, wie die insgesamt schlechte und zumeist nicht gesicherte Bewertung des Moduls Makrophyten zeigte. In den folgenden Jahren fanden die Untersuchungen im Sommer statt.

**Tabelle 30: Ergebnisse der Bewertung Makrophyten/Phytobenthos an SE\_6**

SE_6	M&P <sub>FG</sub>	ÖZK	Einstufung	Status	M-Index	D-Index	PBS-Index
13.07.2016	0,368	3	mäßig	gesichert	0,18	0,30	0,63
07.07.2017	0,488	2	gut	gesichert	0,50	0,24	0,73

M&P<sub>FG</sub> = Makrophyten-Phytobenthos-Index    M-Index = Makrophytenindex    D-Index = Diatomeenindex    PBS = Index Phytobenthos    \*  
= nicht gesichert

Am Untersuchungsabschnitt SE\_6 (uh.Wehr Kobermühle) verbesserte sich die Gesamtbewertung von der ökologischen Zustandsklasse 3 („mäßig“) im Jahr 2016 auf „gut“ im Jahr 2017 (Tabelle 30). Während sich die Bewertung der Module Diatomeen und PoD (Phytobenthos ohne Diatomeen) nicht deutlich veränderte, verbesserte sich die Einstufung der Makrophyten von „unbefriedigend“ auf „gut“. Im Jahr 2017 traten 4 Taxa submerser Makrophyten auf, darunter erstmals die typspezifische Art *Callitriche hamulata* (Haken-Wasserstern). Des Weiteren wurden ebenfalls flutende Formen vom ebenfalls gewässertypspezifischen *Sparganium emersum* aufgefunden. Der Untersuchungsabschnitt wird von einem naturnahen Galeriewald gesäumt. Im Jahr 2015 wurde SE\_6 aufgrund des Fehlens von Makrophyten nicht untersucht.

**Tabelle 31: Ergebnisse der Bewertung Makrophyten/Phytobenthos an SE\_7**

SE_7	M&P <sub>FG</sub>	ÖZK	Einstufung	Status	M-Index	D-Index	PBS-Index
13.07.2016	0,588	2	gut	gesichert	0,70	0,35	0,72
07.07.2017	0,480	2	gut	gesichert	0,54	0,24	0,67

M&P<sub>FG</sub> = Makrophyten-Phytobenthos-Index    M-Index = Makrophytenindex    D-Index = Diatomeenindex    PBS = Index Phytobenthos    \*  
= nicht gesichert

In beiden Untersuchungsjahren wurde die Gewässerflora an der Untersuchungsstelle SE\_7 (uh. Wehr Keula) mit der ökologischen Zustandsklasse 2 „gut“ bewertet (Tabelle 31). Begründet liegt dies an der sehr guten bis guten Bewertung des Makrophytenindex. Als typspezifische Referenzarten traten an dieser Untersuchungsstelle *Callitriche hamulata* und der Pinselblättrige Wasserhahnenfuß *Ranunculus penicillatus* (bislang nur an dieser Untersuchungsstelle) auf. Das Modul Diatomeen wurde jeweils mit „mäßig“, das Modul PoD mit „gut“ bewertet. Das Modul Makrophyten wurde bei der Untersuchung 2016 mit „sehr gut“, im Jahr 2017 mit „gut“ bewertet. Im Jahr 2017 traten an dieser Untersuchungsstelle 6 submerse Taxa auf, während es 2016 acht submerse Arten waren.

Die folgende Tabelle zeigt die Untersuchungsergebnisse oberhalb der Kläranlage Wittichenau, an der Untersuchungsstelle SE\_8.

**Tabelle 32: Ergebnisse der Bewertung Makrophyten/Phytobenthos an SE\_8**

SE_8	M&P <sub>FG</sub>	ÖZK	Einstufung	Status	M-Index	D-Index	PBS-Index
25.10.2015	0,326	3	mäßig	gesichert	0,00	0,30	0,68
13.07.2016	0,336	3	mäßig	gesichert	0,00*	0,30	0,71
07.07.2017	0,365	3	mäßig	gesichert	0,31	0,24	0,55

M&P<sub>FG</sub> = Makrophyten-Phytobenthos-Index M-Index = Makrophytenindex D-Index = Diatomeenindex PBS = Index Phytobenthos \* = nicht gesichert

Am Untersuchungsabschnitt SE\_8 (oh. Kläranlage Wittichenau) wies der ökologische Zustand in allen drei Untersuchungsjahren insgesamt eine mäßige Einstufung auf. Die Bewertung der Makrophyten verbesserte sich 2017 auf „mäßig“ von der Einstufung „schlecht“ in den Vorjahren. Die Diatomeen wurden durchgängig mit mäßig bewertet. Die Einstufung des PoD verschlechterte sich 2017 um eine Zustandsklasse auf „mäßig“. Von den typspezifischen Referenzarten der Makrophyten trat an SE\_8 im Jahr 2015 *Sparganium emersum* auf. Im folgenden Jahr wurde keine der typspezifischen Referenzarten vorgefunden. Im Jahr 2017 wurden die typspezifischen Gütezeiger *Callitriche hamulata* sowie *Sparganium emersum* an diesem Abschnitt aufgefunden.

**Tabelle 33: Ergebnisse der Bewertung Makrophyten/Phytobenthos an SE\_1**

SE_1	M&P <sub>FG</sub>	ÖZK	Einstufung	Status	M-Index	D-Index	PBS-Index
25.10.2015	0,474	3	mäßig	gesichert	0,00*	0,29	0,66
13.07.2016	0,369	3	mäßig	gesichert	0,33	0,27	0,50
07.07.2017	0,304	3	mäßig	gesichert	0,20	0,31	0,40

M&P<sub>FG</sub> = Makrophyten-Phytobenthos-Index M-Index = Makrophytenindex D-Index = Diatomeenindex PBS = Index Phytobenthos \* = nicht gesichert

Unterhalb der Kläranlage Wittichenau, an SE\_1, wurde der ökologische Zustand in allen drei Untersuchungsjahren ebenfalls mit „mäßig“ bewertet. Im Oktober 2015 war das Modul Makrophyten „schlecht“ eingestuft worden und die Bewertung war nicht abgesichert. Obwohl im Jahr 2015 keine Krautung durchgeführt wurde, traten erst ab 2016 die typspezifischen Makrophytentaxa *Callitriche hamulata* und *Sparganium emersum* auf. Im Jahr 2017 kamen keine Individuen von *Sparganium emersum* vor. In den 2016 und 2017 wurden Makrophyten, Diatomeen sowie PoD jeweils mit der Einstufung „mäßig“ bewertet. Ein Effekt des Kläranlagenablaufs, der vorrangig eine schlechtere Bewertung der Module Diatomeen sowie PoD erwarten ließe, wurde nicht sichtbar.

**Tabelle 34: Ergebnisse der Bewertung Makrophyten/Phytobenthos an SE\_2 (2015)**

SE_2	M&P <sub>FG</sub>	ÖZK	Einstufung	Status	M-Index	D-Index	PBS-Index
25.10.2015	0,386	3	mäßig	gesichert	0,00*	0,19	0,58

M&P<sub>FG</sub> = Makrophyten-Phytobenthos-Index M-Index = Makrophytenindex D-Index = Diatomeenindex PBS = Index Phytobenthos \* = nicht gesichert

Die Untersuchung an SE\_2 im Jahr 2015 ergab einen mäßigen ökologischen Zustand für Makrophyten und Phytobenthos (Tabelle 34). Die Untersuchungsstelle wurde ab 2016 durch SE\_7 ersetzt.

**Tabelle 35: Ergebnisse der Bewertung Makrophyten/Phytobenthos an SE\_3**

SE_3	M&P <sub>FG</sub>	ÖZK	Einstufung	Status	M-Index	D-Index	PBS-Index
25.10.2015	<b>0,410</b>	<b>3</b>	<b>mäßig</b>	gesichert	0,25*	0,28	0,54
13.07.2016	<b>0,310</b>	<b>3</b>	<b>mäßig</b>	gesichert	0,29	0,33	<b>0,17*</b>
07.07.2017	<b>0,298</b>	<b>3</b>	<b>mäßig</b>	gesichert	0,33	0,27	0,44*

M&P<sub>FG</sub> = Makrophyten-Phytobenthos-Index    M-Index = Makrophytenindex    D-Index = Diatomeenindex    PBS = Index Phytobenthos    \* = nicht gesichert

An der Untersuchungsstelle SE\_3 ( uh. Brücke Neudorf-Klösterlich) zeigte sich bei allen Untersuchungen für Makrophyten und Phytobenthos eine „mäßige“ Bewertung (Tabelle 35). Dabei wurden, mit Ausnahme des PoD 2016, alle Module mit „mäßig“ eingestuft. Die Bewertungen des PoD waren 2016 und 2017 aufgrund zu geringer Abundanzen nicht gesichert. Bei den Makrophyten kamen von den typspezifischen Arten in den Jahren 2015 und 2016 *Sparganium emersum* vor, ab 2016 trat ebenfalls *Callitriche hamulata* auf.

**Tabelle 36: Ergebnisse der Bewertung Makrophyten/Phytobenthos an SE\_4**

SE_4	M&P <sub>FG</sub>	ÖZK	Einstufung	Status	M-Index	D-Index	PBS-Index
25.10.2015	<b>0,440</b>	<b>3</b>	<b>mäßig</b>	gesichert	0,25*	0,30	0,58
13.07.2016	<b>0,400</b>	<b>3</b>	<b>mäßig</b>	gesichert	0,34	0,36	0,50
07.07.2017	<b>0,388</b>	<b>3</b>	<b>mäßig</b>	gesichert	0,57	0,21	0,75*

M&P<sub>FG</sub> = Makrophyten-Phytobenthos-Index    M-Index = Makrophytenindex    D-Index = Diatomeenindex    PBS = Index Phytobenthos    \* = nicht gesichert

An der Referenzstelle SE\_4 (Nähe Altarm) ergab sich in der Gesamtbewertung in allen Untersuchungsjahren eine „mäßige“ Zustandsklasse. In den Jahren 2015 und 2016 wurden die einzelnen Module mit „mäßig“ eingestuft. Im Jahr 2017 zeigte sich für das Modul Makrophyten die Verbesserung auf „gut“, hingegen verschlechterte sich die Bewertung der Diatomeen auf „unbefriedigend“. Das PoD wurde 2017 mit „sehr gut“ bewertet, wobei jedoch die Bewertung nicht abgesichert war, da nur zwei Taxa für die Bewertung herangezogen werden konnten. Von den typspezifischen Makrophytentaxa wurden an SE\_4 ab 2016 Individuen von *Callitriche hamulata* aufgefunden.

Zusammenfassend zeigte sich mit zwei Ausnahmen ein „mäßiger“ ökologischer Gesamtzustand (Zustandsklasse 3) für Qualitätskomponente Makrophyten/Phytobenthos. Die Untersuchungsstellen SE\_7 sowie SE\_6 (nur 2017) wurden insgesamt durch die gute Einstufung der Module Makrophyten sowie PoD insgesamt mit „gut“ bewertet. , Beim Modul Makrophyten verbesserten sich die Bewertungen von 2015 zu 2016 an den Untersuchungsstellen SE\_1, SE\_3 und SE\_7, was durch den Untersuchungszeitpunkt im empfohlenen Zeitraum ab 2016 zustande kam. Von 2016 zu 2017 verbesserte sich der Makrophytenindex an SE\_6, SE\_8 und SE\_4. Der Diatomeenindex wurde mit einer Ausnahme mit „mäßig“ bewertet, wodurch möglicherweise die Phosphatbelastungen im Untersuchungsgebiet widerspiegelt werden. An SE\_4 wurden 2017 die Diatomeen mit „unbefriedigend“ eingestuft, dort wurden im Herbst 2017 auch die höchsten Phosphatbelastungen gemessen. Aufgrund der geringen Analytikintervalle kann jedoch ein Zusammenhang nur vermutet werden. Die Bewertung des PoD zeigte Bewertungen zwischen „sehr gut“ und „schlecht“, insgesamt wurde das PoD überwiegend mit „mäßig“ bewertet. Auffällig dabei waren die schlechte Einstufung an SE\_3 im Jahr 2016 sowie die sehr gute Einstufung an SE\_4 im Jahr 2017.

Der gute ökologische Zustand der biologischen Qualitätskomponente wird nur an der Untersuchungsstelle SE\_7 sowie im Jahr 2017 auch an SE\_6 erreicht. Durch das eingeschränktere Makrophytenmanagement nahm die Verbreitung von Makrophyten im Untersuchungsgebiet zu, was unter anderem zum Vorkommen von *Callitriche hamulata* an allen Untersuchungsstellen im Jahr 2017 führte.

## 5.7 Erörterung von methodischen Problemen bei der Probenahme, Eignung der Messstellen

Die Messstellen an der Schwarzen Elster sind grundsätzlich ausreichend zugänglich für die Probenahme. Die Probenahme des Makrozoobenthos und vor allem das Aussammeln der Organismen gestaltete sich überdurchschnittlich schwierig aufgrund des sehr hohen Anteils an Schlamm und CPOM / FPOM. Das CPOM und FPOM lässt sich weder durch Sieben noch durch Flotieren verringern, so dass erhebliche Mengen an Substrat in den Weißschalen zu sortieren waren. Aufgrund der überwiegend geringen Individuendichte wurde immer die Gesamtprobe ausgelesen, was einen hohen Zeitaufwand bedeutete.

An den Untersuchungsstellen mit relativ großer Wassertiefe (SE\_1, SE\_3 und SE\_8) ist die Grundsicht, wegen der oft recht starken Trübung, zeitweise eingeschränkt. Die Probenahme der Gewässerflora wurde dadurch erschwert. Da an der Untersuchungsstelle SE\_6 (uh. WKA Kobermühle) bei der Längsschnittbegehung keine Makrophyten sichtbar waren, wurde im Herbst 2015 auf eine Untersuchung der Gewässerflora verzichtet.

Die Längsschnittbegehung und die chemischen sowie chemisch-physikalischen Messwerte zeigten keine Hinweise auf erhebliche Belastungsquellen zwischen den Messstellen. Die Messwerte unterhalb der KA Wittichenau (SE\_1, SE\_4) unterschieden sich, außer hinsichtlich der Phosphatkonzentration im September 2017, nicht wesentlich von denen im Oberlauf der Kläranlage (SE\_6, SE\_8). Damit sind die Untersuchungsstellen nach derzeitigem Stand von der Wasserqualität her miteinander vergleichbar.

Bezüglich der Hydromorphologie, der Sedimentbeschaffenheit und der Zusammensetzung des Makrozoobenthos bestehen Unterschiede zwischen einzelnen Messstellen. Insbesondere die Messstelle SE\_4 unterscheidet sich deutlich von den Messstellen SE\_1 und SE\_3 sowie SE\_6. Auch SE\_7 und SE\_8 (begradigt) sind von der Struktur her deutlich von SE\_4 verschieden, jedoch ist die Wassertiefe ähnlich. Die Abschnitte SE\_4, SE\_7 und SE\_8 sind weniger tief. Der Abschnitt im Bereich SE\_4 ist bereits im aktuellen Zustand als Referenz bzw. Entwicklungsziel für die anderen Fließstrecken geeignet.

Die Messstelle SE\_2 (oh\_Brücke\_Neudorf) fiel aufgrund des Rückstaus in den Jahren 2012 - 2015 heraus. Ab dem Jahr 2015 verstärkte sich der Rückstau durch Erhöhung des Wehres so stark, dass in Verbindung mit der Profilaufweitung ein teichartiger Charakter vorlag und der Bereich als Fließgewässermessstelle nicht mehr geeignet war. Die Untersuchungsstelle SE\_2 wurde ab Frühjahr 2016 aufgegeben und durch die Messstelle SE\_7 (uh. Wehr Keula) ersetzt.

Die Wirksamkeit der Maßnahmen auf das Makrozoobenthos konnte nur sehr eingeschränkt statistisch abgesichert bewertet werden, da bereits im Untersuchungszeitraum, in dem mehrmals der Zustand vor den Maßnahmen untersucht werden sollte, Veränderungen an verschiedenen Untersuchungsabschnitten stattfanden, die zu einer großen Streuung der Bewertungsergebnisse führten. Auch nach Abschluss der Maßnahmen mit der Erhöhung des Durchflusses im Untersuchungsgebiet wurde bereits nach 13 Monaten der Durchfluss im Untersuchungsgebiet wieder auf das Niveau von Frühjahr 2015 gesenkt, was wiederum Veränderungen der Artgemeinschaften des Makrozoobenthos nach sich zog.

# 6 Statistische Auswertungen

## 6.1 Univariate Statistik

### Vergleich der Untersuchungsstellen 2012-2014

Zwischen den Untersuchungsstellen SE\_1, SE\_3 und SE\_4 wurden für den Zeitraum 2012-2014, vor Umsetzung des Maßnahmenpakets (vorbereitende Maßnahmen, Durchflusserhöhung) signifikante Unterschiede geprüft, deren Ergebnisse in Tabelle 37 dargestellt sind. Der Deutsche Fauna-Index und der Saprobienindex waren zwischen der Untersuchungsstelle SE\_3 und der Referenz SE\_4 signifikant verschieden. Zwischen SE\_1 und SE\_4 sowie zwischen SE\_1 und SE\_3 konnten keine signifikanten Unterschiede aufgezeigt werden.

**Tabelle 37: p-Werte des statistischen Vergleichs zwischen SE\_1, SE\_3 und SE\_4 (2012-2014)**

		SE_1	SE_3		SE_1	SE_3
<b>Allgemeine Degradation</b>	SE_3	0.46°		<b>Trichoptera</b>	SE_3	0.83°
	SE_4	0.79°	0.21°		SE_4	0.96°
<b>DFI</b>	SE_3	0.40*		<b>Saprobie</b>	SE_3	0.23°
	SE_4	0.54*	<b>0.049*</b>		SE_4	0.32°
<b>Litoralarten [%]</b>	SE_3	0.44°		<b>Anzahl der Arten</b>	SE_3	1.00^
	SE_4	0.95°	0.30°		SE_4	0.50^
<b>EPT [%]</b>	SE_3	0.62°		<b>Rheoindex</b>	SE_3	0.71°
	SE_4	0.73°	0.27°		SE_4	0.00°

° ANOVA / Tukey HSD                      ^ Wilcoxon-Test                      \* Welch-Test

Die Darstellung der Saprobienindices in Abbildung 41 (rechts) verdeutlicht den Unterschied zwischen den Messstellen SE\_3 und SE\_4. Dabei wird sichtbar, dass die saprobielle Belastung an SE\_3 deutlich höher war als an SE\_4. Begründet kann dies in den Rückstauverhältnissen an SE\_3 und die daraus folgende schlechtere Sauerstoffverfügbarkeit an der Gewässersohle liegen. An SE\_1 war die Schwankungsbreite des Saprobienindex deutlich größer.

In Bezug auf den Deutschen Fauna-Index zeigten sich für SE\_4 signifikant bessere Einstufungen mit sehr geringer Streuung gegenüber SE\_3, was auf die erwartungsgemäß typspezifischere Besiedlung an SE\_4 verweist. An SE\_1 zeigte sich wiederum zwischen 2012 und 2014 eine große Schwankungsbreite, die auf Maßnahmen (Krautung bzw. keine Gewässerunterhaltung, Grundräumung) in diesem Zeitraum zurück zu führen sind.



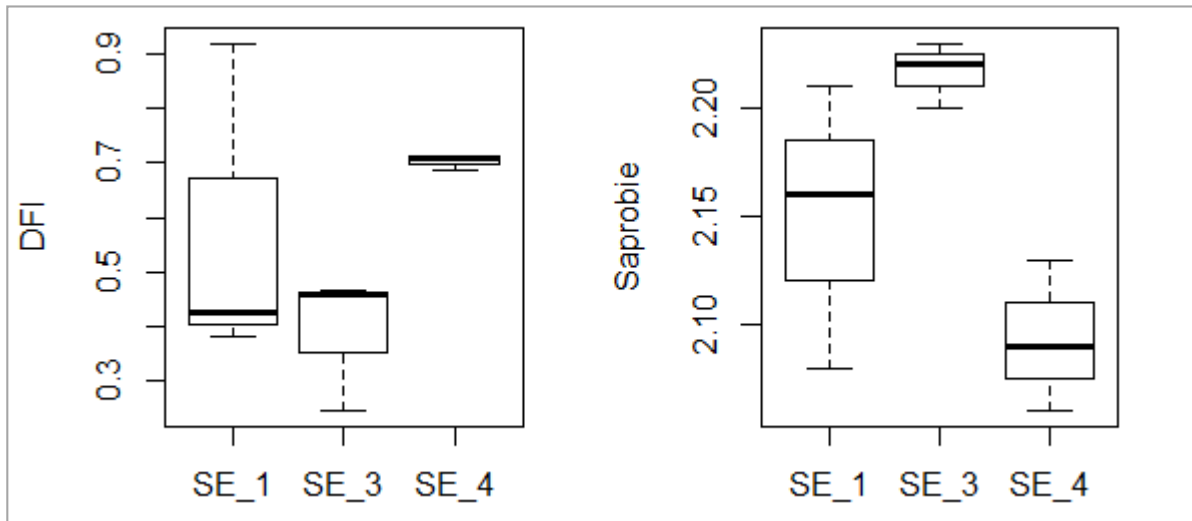


Abbildung 41 Boxplots für DFI (links) und Saprobie (rechts)

an SE\_1, SE\_3 und SE\_4 (2012-2014)

### Vergleich der Frühjahrsbeprobungen 2015 - 2017

Der empfohlene Untersuchungszeitraum nach WRRL für das Makrozoobenthos liegt für die Schwarze Elster im Frühjahr, da viele charakteristische Arten in den folgenden Monaten emergieren und so nicht auffindbar sind. Mit den Bewertungsergebnissen der drei Frühjahrsuntersuchungen seit 2015 wurde ein allgemeiner statistischer Vergleich unternommen. Dabei muss beachtet werden, dass in diesem Zeitraum auch die Durchflusserhöhung erfolgte, die jedoch auf alle Untersuchungsstellen gleichermaßen wirkte. Signifikante Unterschiede ergaben sich für den Rheindex und den Anteil der EPT-Taxa zwischen SE\_3 und der Referenz SE\_4. Zwischen SE\_1 und SE\_4 war der Rheindex signifikant verschieden.

Tabelle 38: Statistischer Vergleich (p-Werte) der Bewertungen

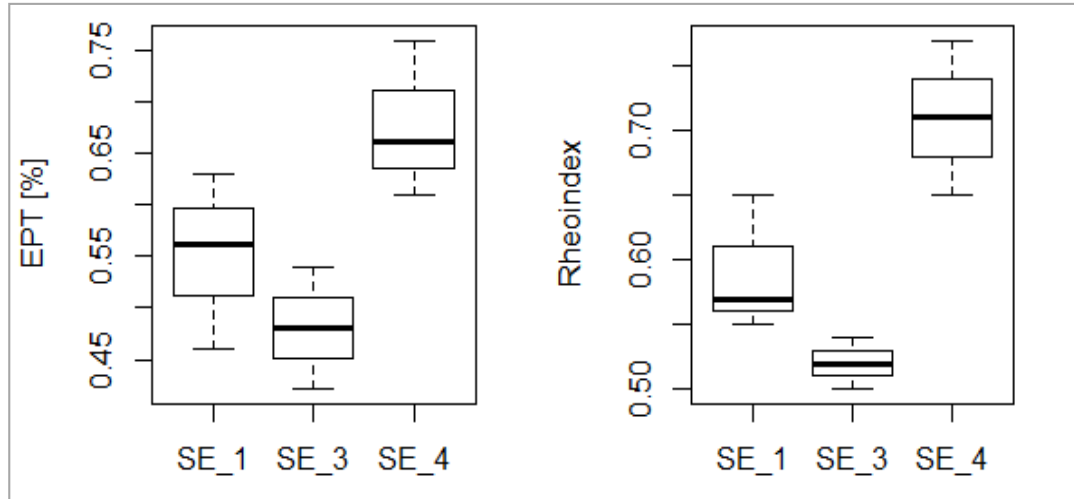
vom Frühjahr 2015, 2016 und 2017 zwischen SE\_1, SE\_3, SE\_4

		SE_1	SE_3	SE_4		SE_1	SE_3	SE_4
Allgemeine Degradation	SE_1	--	--	0.41°	Trichoptera	SE_1	--	0.62°
	SE_3	0.61°	--	--		SE_3	0.95°	--
	SE_4	--	0.12°	--		SE_4	--	0.46°
DFI	SE_1	--	--	0.55	Saprobie	SE_1	--	0.78°
	SE_3	0.59°	--	--		SE_3	0.73°	--
	SE_4	--	0.16°	--		SE_4	--	0.38°
Litoralarten [%]	SE_1	--	--	0.30°	Anzahl der Arten	SE_1	--	0.61^
	SE_3	0.49°	--	--		SE_3	0.99^	--
	SE_4	--	0.07°	--		SE_4	--	0.68^
EPT [%]	SE_1	--	--	0.18°	Rheindex	SE_1	--	0.05^
	SE_3	0.52°	--	--		SE_3	0.25^	--
	SE_4	--	0.04°	--		SE_4	--	0.01^

^ Welch-Test

° t-Test

Die Boxplots in Abbildung 42 veranschaulichen den deutlich geringeren Anteil an EPT-Taxa an SE\_3 gegenüber SE\_4. An der Messstelle SE\_1 zeigte sich wiederum eine breitere Streuung der Daten, so dass Unterschiede aufgrund des geringen Stichprobenumfangs nicht signifikant waren. Die Werte für den Rheoindex waren an SE\_1 und SE\_3 deutlich geringer als an der Referenz SE\_4. Diese begründen sich am Rückstau an SE\_1, der erst nach der Durchflusserhöhung zurückging, und der geringen Fließgeschwindigkeit aufgrund des großen Gewässerprofils an SE\_3.



**Abbildung 42: Boxplots des Anteils EPT-Taxa und Rheoindex**

Messstellen SE\_1, SE\_3 und SE\_4 (Frühjahr 2015-2017)

### Statistischer Vergleich vor und nach den Maßnahmen (Before-After)

Die Wirksamkeit der Maßnahmen, die nur insgesamt als Maßnahmenpaket bewertet werden können, wurde geprüft, indem jeweils Unterschiede der Metrics an den Messstellen SE\_1, SE\_3 und SE\_4 **vor** (2012-2014; Before; Beginn der Untersuchungen) und **nach** der Durchflusserhöhung (Herbst 2016- Herbst 2017; After) statistisch geprüft wurden (vgl. Kap. 4.6).

Signifikante Unterschiede ergaben sich an SE\_3 für die Anzahl der Arten, die nach den Maßnahmen (After) deutlich höher war. Auch an der Referenzstelle SE\_4 waren die Taxazahlen zwischen dem Zeitraum vor und dem Zeitraum nach den Maßnahmen signifikant verschieden. An SE\_1 zeigten sich deutliche Unterschiede für Artenzahl, Rheoindex und Anzahl der Trichopteren-Taxa, die jedoch nicht statistisch signifikant waren (kleine p-Werte). Die geringen Stichprobenumfänge sowie die großen Schwankungen der Indices im Maßnahmenbereich (vgl. Kap. 4.6) führten dazu, dass die Veränderungen aller weiteren geprüften Metrics statistisch nicht signifikant waren. Die p-Werte der statistischen Tests zeigt die folgende Tabelle, signifikante Ergebnisse wurden markiert.

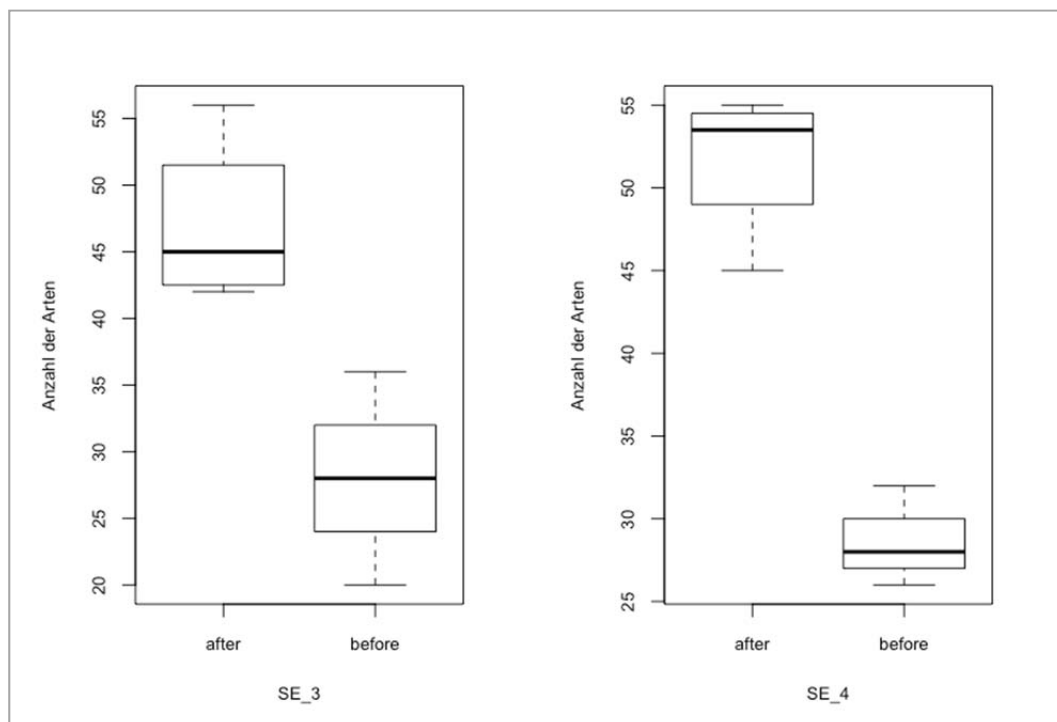
**Tabelle 39: Statistischer Vergleich (p-Werte) der Bewertungen des MZB**

vor (2012-2014) und nach (Herbst 2016 - Herbst 2017) an SE\_1, SE\_3 und SE\_4

		SE_1	SE_3	SE_4		SE_1	SE_3	SE_4
<b>Allgemeine Degradation</b>	SE_1	0.82°	--	--	<b>Trichoptera</b>	SE_1	0.11°	--
	SE_3	--	0.66°			SE_3	--	0.16°
	SE_4	--	--	0.62°		SE_4	--	--
<b>DFI</b>	SE_1	0.43°	--	--	<b>Saprobie</b>	SE_1	0.41°	--
	SE_3	--	0.33°	--		SE_3	--	0.33°
	SE_4	--	--	0.24^		SE_4	--	--
<b>Litoralarten [%]</b>	SE_1	0.68°	--	--	<b>Anzahl der Arten</b>	SE_1	0.07	--
	SE_3	--	0.47°	--		SE_3	--	0.03°
	SE_4	--	--	0.98°		SE_4	--	--
<b>EPT [%]</b>	SE_1	0.96°	--	--	<b>Rheoindex</b>	SE_1	0.09^	--
	SE_3	--	0.45°	--		SE_3	--	0.49
	SE_4	--	--	0.59°		SE_4	--	--

^ Welch-Test                      ° t-Test

Kritisch zu hinterfragen ist die Verwendung von Ergebnissen der Frühjahrs- und Herbstprobenahmen als eine Stichprobe (Zeitraum After). Besonders die später im Kapitel folgende Cluster-Analyse stellt sehr deutliche Unterschiede in den Artenszusammensetzungen zwischen Frühjahr und Herbst heraus, die die Unterschiede zwischen den einzelnen Messstellen deutlich übersteigen. In Abbildung 43 sind die signifikanten Veränderungen der Artenanzahlen an den Messstellen SE\_1 und SE\_4 dargestellt. Wie im Kapitel 5.5 ausgeführt, war die Erhöhung der Artenzahl an SE\_4 jedoch nicht an den erhöhten Durchfluss der Schwarzen Elster gekoppelt, was die einzige auch auf die Referenzstelle wirkende Maßnahme war. Im Control-Abschnitt ergaben sich Veränderungen im Untersuchungszeitraum, die nicht in Zusammenhang mit den durchgeführten Maßnahmen im Untersuchungsgebiet stehen und deren Ursache nicht abschließend geklärt werden konnte.



**Abbildung 43: Boxplots der Artenanzahl vor (Before) und nach (After) den Maßnahmen an SE\_3 und SE\_4**

## Auswirkungen der Einleitungen aus dem Stadtteich Wittichenau und der Kläranlage Wittichenau

Um die Auswirkungen der Einleitung der Kläranlage bei Wittichenau auf die Schwarze Elster zu prüfen, wurden die Bewertungsindices des MZB zwischen SE\_8 (oberhalb Kläranlage) und SE\_1 (unterhalb Kläranlage) statistisch verglichen. Dabei konnten keine signifikanten Unterschiede zwischen beiden Messstellen festgestellt werden (vgl. Tabelle 40), wonach ein Einfluss der Einleitung auf die Biozönose des Makrozoobenthos im Untersuchungszeitraum weitestgehend ausgeschlossen werden kann.

Weiterhin wurde ein möglicher Einfluss der Einleitung aus dem Wittichenauer Stadtteich auf die Schwarze Elster betrachtet. Dazu wurden die erhobenen Datensätze der Messstelle SE\_6 (oberhalb der Einleitung) und SE\_7 (unterhalb der Einleitung) miteinander verglichen. Zwischen SE\_6 und SE\_7 konnten keine signifikanten Unterschiede festgestellt werden, ein Einfluss der Einleitung aus dem Stadtteich auf die Biozönose stromabwärts wurde durch die Untersuchungen nicht aufgezeigt.

**Tabelle 40: Statistischer Vergleich (p-Werte) der Bewertungen**

zum Vergleich der Messstellen SE\_1 und SE\_8 (Einfluss Kläranlage) sowie SE\_6 und SE\_7 (Einfluss Stadtteich)

		SE_1	SE_6		SE_1	SE_6	
<b>Allgemeine Degradation</b>	SE_7	--	0.62°	<b>Trichoptera</b>	SE_7	--	0.61
	SE_8	0.57°	--		SE_8	0.47	--
<b>DFI</b>	SE_7	--	0.32	<b>Saprobie</b>	SE_7	--	0.35°
	SE_8	0.74°	--		SE_8	0.59°	--
<b>Litoralarten [%]</b>	SE_7	--	0.17	<b>Anzahl der Arten</b>	SE_7	--	0.45°
	SE_8	0.27	--		SE_8	0.27°	--
<b>EPT [%]</b>	SE_7	--	0.98°	<b>Rheoindex</b>	SE_7	--	0.43°
	SE_8	0.60°	--		SE_8	0.67°	--

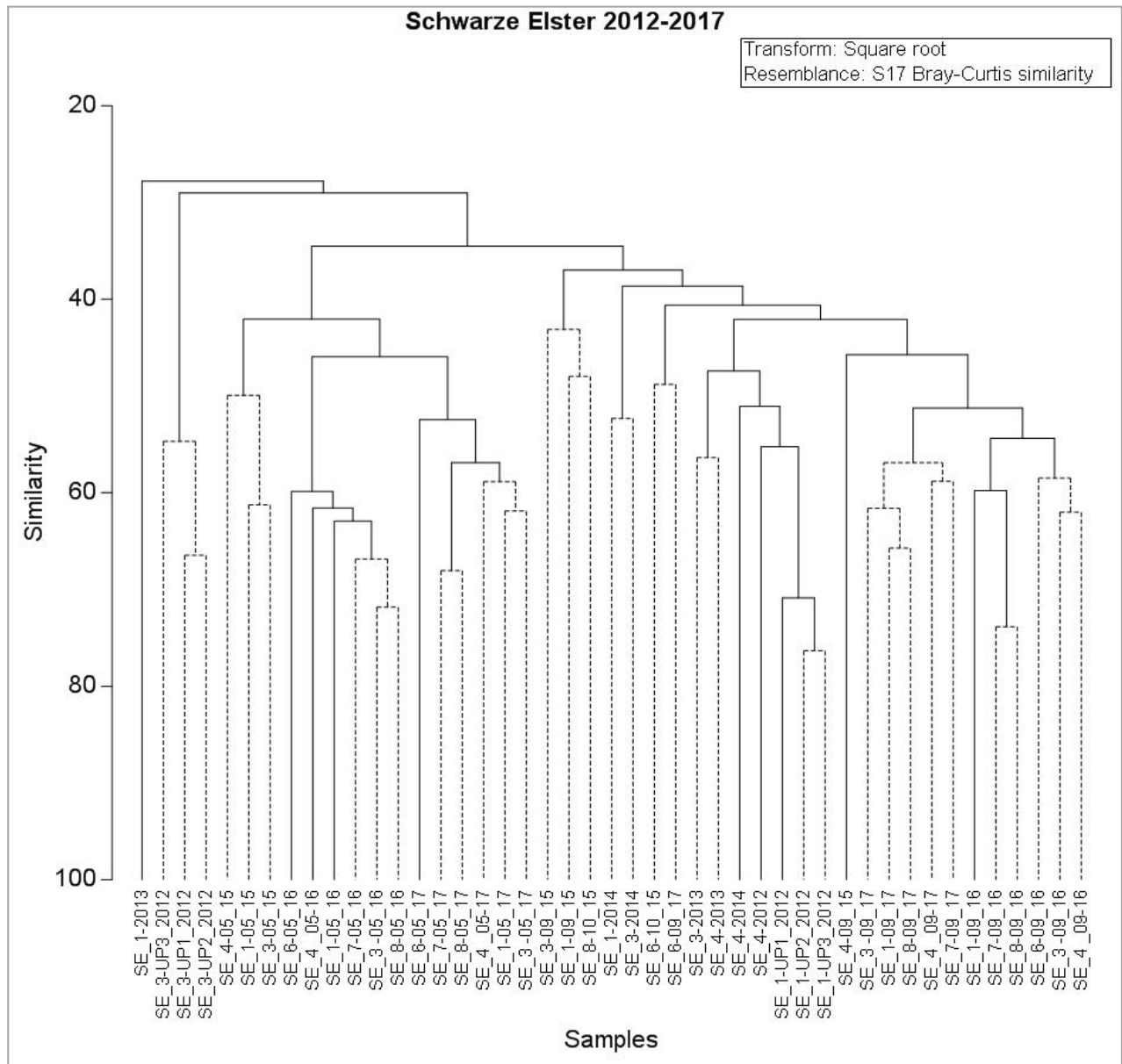
^ Welch-Test

° t-Test

## 6.2 Multivariate Statistik

Neben den univariaten statistischen Analysen der Bewertungsergebnisse des Makrozoobenthos wurden auch die Artengemeinschaften an den Untersuchungsstellen und zu verschiedenen Zeitpunkten mittels **multivariater statistischer Methoden** verglichen. Sie geben Auskunft über die Ähnlichkeiten und Unähnlichkeiten zwischen den Artengemeinschaften an verschiedenen Untersuchungsstellen und –zeitpunkten. Die multivariate statistische Auswertung der Artenlisten ab 2012 ist in der folgenden Abbildung als Dendrogramm dargestellt. Dabei stehen durchgezogene Linien für signifikante Unterschiede (berechnet auf Grundlage des Bray-Curtis-Similarity Index) zwischen den Proben. Unterbrochene Linien zeigen, dass die Unterschiede zwischen den Artengemeinschaften nicht signifikant sind. Auf der y-Achse ist die Ähnlichkeit zwischen den Biozönosen [%] angegeben. Je höher auf der y-Achse die Verzweigung der verschiedenen Pfade ist, umso geringer die Ähnlichkeit zwischen den Artengemeinschaften.

Die größten Unähnlichkeiten zeigten sich für SE\_1 im Jahr 2013 (ganz links) und SE\_3 im Jahr 2012 (2.v. links) gegenüber allen anderen Untersuchungen. Die dritte Verzweigung des Dendrogramms (von oben) trennt die Frühjahrs- von den Herbstprobenahmen, wodurch offenbar wird, dass die jahreszeitlichen Unterschiede in der Zusammensetzung der Artengemeinschaften größer sind als zwischen den Artengemeinschaften verschiedener Jahre.

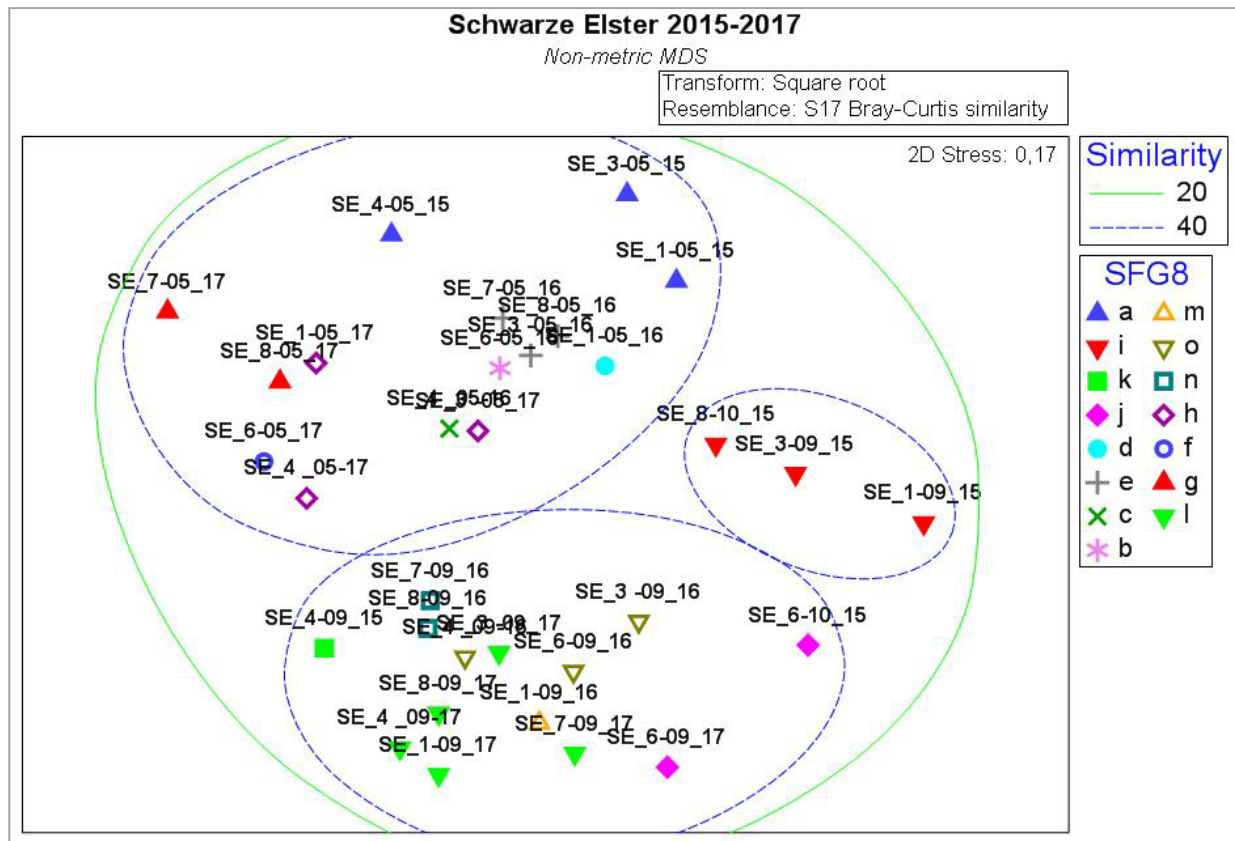


**Abbildung 44: Dendrogramm für die Untersuchungsstellen 2012 - 2017**

An der Referenzstelle SE\_4 zeigte sich zeitliche Variabilität zwischen den Untersuchungsjahren, die jeweils statistisch signifikant zwischen den Probenahmeterminen waren. Insgesamt fällt auf, dass sich nach der Durchflusserhöhung (ab Herbst 2016) die Unterschiede zwischen den Artengemeinschaften verschiedener Untersuchungsstellen zu einem Probenahmezeitpunkt verringerten. Im Herbst 2016 und 2017 waren jeweils 5 Untersuchungsabschnitte in ihrer Artenzusammensetzung ähnlich, so dass Unterschiede nicht signifikant waren. So zeigte die Referenz SE\_4 im Herbst 2015 signifikante Unterschiede zu allen anderen Messstellen, hingegen größere Ähnlichkeit zu den Artengemeinschaften der anderen Untersuchungsstellen 2016/2017, auch wenn die Unterschiede signifikant blieben (rechte Seite Dendrogramm). Im Herbst 2017 zeigten sich die größten Ähnlichkeiten zu den Untersuchungen im Herbst 2016, auch wenn die Unterschiede zwischen den Jahren signifikant waren. Zwischen den einzelnen Untersuchungsstellen zeigten sich im Herbst 2017, mit Ausnahme von SE\_6, keine signifikanten Unterschiede. Die Untersuchungsstelle SE\_6 war im Herbst 2017 sehr ähnlich zu ihrer Besiedlung im Herbst 2015.

**Die Ordination der Ähnlichkeitsmatrix zwischen den Taxalisten als NMDS in**

Abbildung 45 veranschaulicht zunächst die Unterschiede der Artengemeinschaften zwischen Frühjahr und Herbst, die weniger als 40 % Ähnlichkeit aufwiesen. Im Frühjahr 2015 zeigten sich zwischen den damals beprobten drei Messstellen SE\_1, SE\_3 und SE\_4 keine signifikanten Unterschiede hinsichtlich ihrer Artenzusammensetzung (Cluster c) Im Frühjahr 2016 waren sich die Biozönosen der Messstellen SE\_3, SE\_7 und SE\_8 ähnlich und bildeten ein gemeinsames Cluster (g). Signifikant unähnlich zum gleichen Zeitpunkt zeigte sich die Besiedlung an SE\_1 (Cluster f), SE\_4 (Cluster e) und SE\_6 (Cluster d). Bei der dritten Frühjahrsprobenahme 2017 waren die Unterschiede zwischen den Biozönosen der Untersuchungsstellen SE\_1, SE\_3 und SE\_4 wie bereits 2015 nicht signifikant (Cluster j). Ebenfalls nicht signifikant unähnlich waren die Artengemeinschaften an SE\_7 und SE\_8 (Cluster i). Signifikant verschieden von allen Messstellen zeigte sich die Biozönose an SE\_6 im Frühjahr 2017 (Cluster h). Diese Messstelle wies die höchste Artenzahl mit 62 Taxa auf.

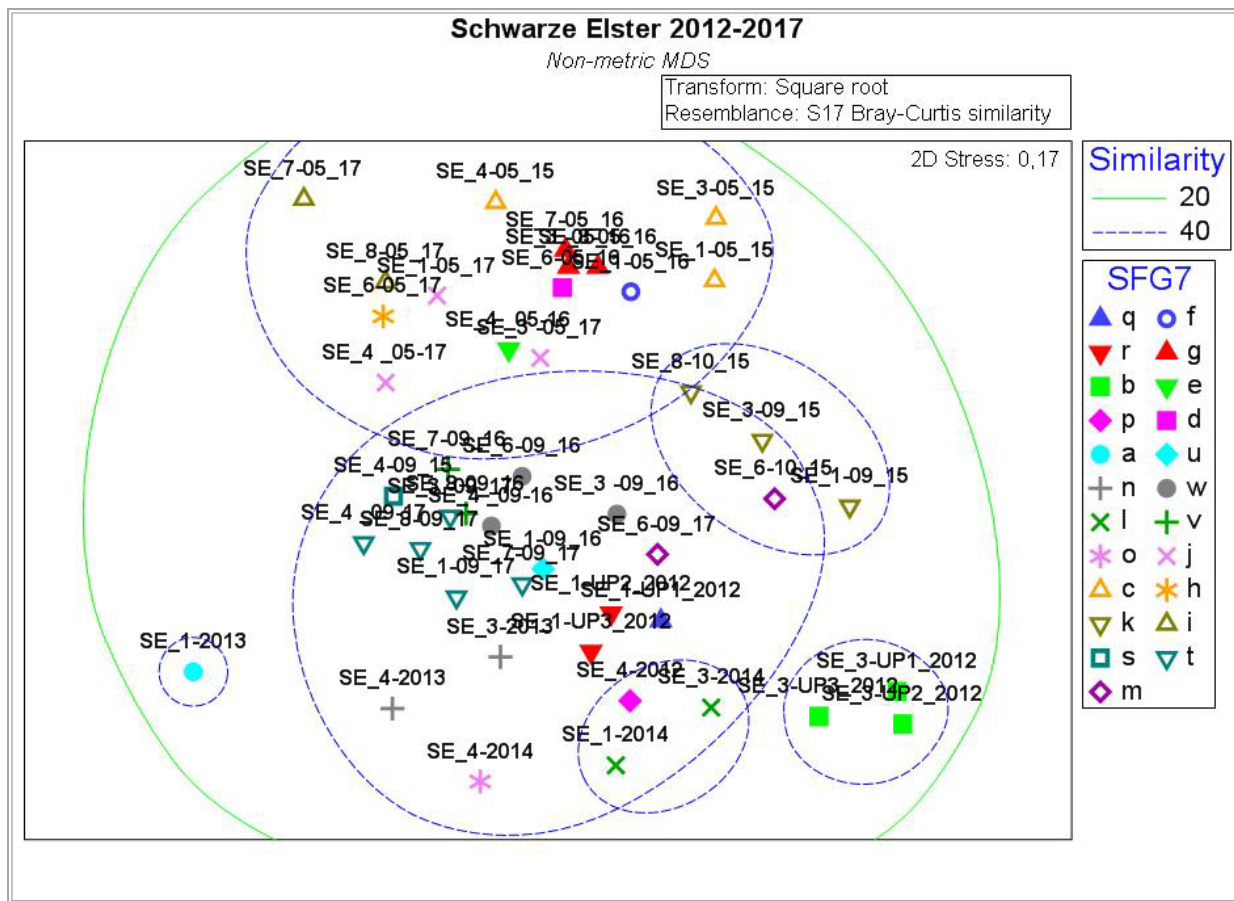


**Abbildung 45: NMDS für die Untersuchungsstellen 2015 - 2017**

Bei den Probenahmen im Herbst zeigten sich bis auf die Referenz SE\_4 sowie SE\_6 deutliche Unterschiede zwischen den Artengemeinschaften 2015 und 2016/2017 mit einer Ähnlichkeit unter 40 %. Im Herbst 2015 waren die Unterschiede, mit Ausnahme von SE\_4 (Cluster k) und SE\_6 (Cluster j), nicht signifikant zwischen den Untersuchungsstellen (Cluster i). Im Herbst 2016 zeigten sich die Messstellen SE\_7 und SE\_8 signifikant verschieden von den weiteren Untersuchungsstellen (Cluster n). Dies entspricht auch der Frühjahrsbeprobung 2017. Ein gemeinsames Cluster aufgrund ihrer Ähnlichkeit bildeten im Herbst 2016 die Messstellen SE\_3, SE\_4 und SE\_6 (Cluster o). Von allen anderen Messstellen verschieden zeigte sich zu diesem Zeitpunkt SE\_1 (Cluster m). Im Herbst 2017 zeigten sich keine signifikanten Unterschiede zwischen den Untersuchungsstellen (Cluster l) mit Ausnahme von SE\_6 (Cluster j). Der Stresswert der NMDS-Ordination liegt bei 0,17, so dass die Komplexität der Daten gut abgebildet wird.

Aufgrund der geringen Ähnlichkeit zwischen den Daten von Herbst 2015 und 2016 ließe sich zunächst ein Effekt der Durchflusserhöhung ab Frühjahr 2016 vermuten. Werden alle Taxalisten ab 2012 in die NMDS-

Ordination einbezogen, wie in Abbildung 46 dargestellt, so zeigt sich, dass sich die Artengemeinschaften im Herbst 2015 deutlich von allen anderen Untersuchungsjahren durch weniger als 40 % Ähnlichkeit absetzen.



**Abbildung 46: NMDS für die Untersuchungsstellen 2012 - 2017**

In den Jahren 2012 bis 2014 zeigte die Referenz SE\_4 im zeitlichen Verlauf signifikante Unterschiede, so dass jährlich ein neues Cluster gebildet wurde (2012: Cluster p, 2013: Cluster n, 2014: Cluster o). Die natürliche Variabilität zwischen den Untersuchungsjahren, auch ohne Durchführung von Maßnahmen, war hoch, wie es bereits im Vorgängerprojekt für die meisten frei fließenden Gewässer erkannt wurde. Im Jahr 2013 war SE\_3 nicht signifikant unähnlich zu SE\_4. Im Jahr 2013 wurden an SE\_3 keine Maßnahmen durchgeführt, aufgrund der Verkräutung war die Fließgeschwindigkeit recht hoch. Im Jahr 2014 hingegen zeigten sich keine signifikanten Unähnlichkeiten zwischen den Messstellen SE\_1 und SE\_3 (Cluster l), Rheoindex und Taxazahl waren an beiden Messstellen vergleichbar. Seit der Durchflusserhöhung zeigten sich, vergleichend mit Kapitel 5.5.5, Veränderungen der Artenzusammensetzungen und Bewertungen des Makrozoobenthos an den einzelnen Untersuchungsstellen mit verschiedener Geschwindigkeit. Insgesamt nahmen die Unterschiede zwischen den Untersuchungsstellen an einem Untersuchungstermin ab. Während sich im Herbst 2015 für einen Untersuchungszeitpunkt 3 verschiedene Cluster und im Mai 2016 4 Cluster bildeten, waren es ab Herbst 2016 jeweils 2 Cluster pro Untersuchungstermin. Mit einem Stresswert von 0,17 zeigte sich eine gute Ordination der Probenahmestellen zueinander in der NMDS. Das Bestimmtheitsmaß von lediglich 0,61 beschreibt eine nur mäßige Güte der Anpassung in der Clusteranalyse, die vermutlich aufgrund der Komplexität und Heterogenität der Daten zustande kam.

# 7 Bewertung

Die chemisch-physikalischen Messwerte zeigten im Untersuchungsgebiet der Schwarzen Elster keine Hinweise auf Belastungen, die sich negativ auf die biologische Komponente Makrozoobenthos auswirken könnten. Einzig die Konzentrationen von Gesamtphosphor überstiegen an allen Messstellen (SE\_1, SE\_4, SE\_6, SE\_8) und zu allen Zeitpunkten den Orientierungswert der OGewV (2016). Im Herbst 2017 waren die Phosphatkonzentrationen unterhalb der Kläranlage Wittichenau deutlich erhöht und überschritten an diesem Tag den Orientierungswert der OGewV (2016) um das ca. Vier- bis Fünffache. Im September 2016 war ebenfalls der Orientierungswert für reaktiven, pflanzenverfügbaren Phosphor (SRP) an allen vier Untersuchungsstellen überschritten. Der Orientierungswert besitzt Gültigkeit für den Jahresmittelwert bei monatlichen Untersuchungen, so dass die hier vorgenommene Einordnung nur orientierend sein kann. Die Phosphatbelastungen können negative Auswirkungen auf die Bewertung der biologischen Komponente Makrophyten/Phytobenthos, speziell die Bewertung der Diatomeen (Kieselalgen), haben. In einem günstigen, dem Gewässertyp entsprechenden Bereich lagen jeweils die Konzentrationen von Ammonium ( $\text{NH}_4\text{-N}$ ), Sauerstoffgehalt, Wassertemperatur und pH-Wert. Die Messwerte unterhalb der Kläranlage Wittichenau (SE\_1, SE\_4) unterschieden sich im Untersuchungszeitraum mit der beschriebenen Ausnahme nicht wesentlich von denen im Oberlauf der Kläranlage (SE\_6, SE\_8). Grundsätzlich sind die Untersuchungsstellen von der Wasserqualität her miteinander vergleichbar.

Die Auswirkungen und somit die Wirksamkeit der durchgeführten Maßnahmen an der Schwarzen Elster können nur im Gesamten bewertet werden. Es wurden zwischen 2012 und 2014 Krautungen, Grundräumungen und Profilaufweitungen als vorbereitende Maßnahmen für die Erhöhung und Dynamisierung des Durchflusses im Untersuchungsgebiet vorgenommen. Weiterhin wurde, ggf. nach der Entschlammung der Untersuchungsabschnitte, Totholz in Form von Astpackungen an den Uferlinien im Bereich von SE\_1, SE\_6, SE\_8 und oberhalb von SE\_3 eingebracht. Die verschiedenen Maßnahmen wurden an den Messstellen SE\_1 und SE\_3, für die seit 2012 Daten erhoben wurden, zu unterschiedlichen Zeitpunkten durchgeführt. Im Laufe der Untersuchungen 2015 bis 2017 wurde das Makrophytenmanagement extensiviert. So wurden in den Entwicklungsbereichen an Untersuchungsstellen außerhalb von Ortslagen und Wehren Makrophyten im Herbst nur nach Einzelfallentscheidungen vor Ort entfernt. In Gebieten mit Anforderungen an den Hochwasserschutz, in Ortslagen und in Wehrnähe, wurden, wenn notwendig, lokale Gewässerkrautungen vorgenommen.

Der Durchfluss im Untersuchungsgebiet wurde in zwei Schritten im Herbst 2015 und Frühjahr 2016 auf im Mittel knapp  $1 \text{ m}^3/\text{s}$  durch eine veränderte Steuerung am Wehr Brischko erhöht und blieb bis zum Frühjahr 2017 auf einem vergleichbaren Niveau. Im September 2016 lag der Durchfluss an den Untersuchungsstellen nach eigenen Messungen bei ca.  $0,5 \text{ m}^3/\text{s}$ , in den Vorjahren bei ca.  $0,2 \text{ m}^3/\text{s}$ . Die Durchflusserhöhung führte an allen Untersuchungsstellen außer SE\_3 zu einer erhöhten mittleren und maximalen Fließgeschwindigkeit, die besonders in Grundnähe Auswirkungen auf die benthische Besiedlung ausübt. Erst nach der Durchflusserhöhung konnten ab Herbst 2016 Auswirkungen aller Maßnahmen insgesamt auf das Makrozoobenthos erwartet und bewertet werden. Die geplante Dynamisierung des Durchflusses zur Erreichung eines naturnäheren Abflussregimes blieb im Untersuchungszeitraum weitestgehend aus.

Im Laufe des Jahres 2017, nach einer Niedrigwasserperiode der Schwarzen Elster im Juni, wurde der Durchfluss der Schwarzen Elster u.h. des Wehres Brischko wiederum auf gleichbleibend ca.  $0,5 \text{ m}^3/\text{s}$  verringert. Bei den Probenahmen im September 2017 lag der gemessene Durchfluss an den einzelnen Untersuchungsstellen bei nur ca.  $0,2 \text{ m}^3/\text{s}$ .

Die Untersuchungen der Qualitätskomponente Makrozoobenthos an der Schwarzen Elster 2015 bis 2017 zeigten deutliche Effekte des Durchflusses und daraus folgend der Strömungsgeschwindigkeit auf den ökologischen Zustand. Wie in der folgenden Tabelle zusammenfassend dargestellt, verbesserte sich, mit Ausnahme von SE\_3 (u.h. Straße Neudorf-Klösterlich), die Bewertung des Makrozoobenthos mit



ASTERICS/PERLODES um mindestens eine Zustandsklasse (Herbst 2016), nachdem der Durchfluss am Wehr Brischko auf knapp 1 m<sup>3</sup>/s im Mittel erhöht wurde.

**Tabelle 41: Zusammenfassung Bewertung Makrozoobenthos 2012 – 2017**

Messstelle	09/12	09/13	09/14	05/15	09/15 bzw. 10/15	05/16	09/16	05/17	09/17
SE_6	-	-	-	-	mäßig	mäßig	gut	gut	gut
SE_7	-	-	-	-	-	unbefr.	gut	gut	mäßig
SE_8	-	-	-	-	unbefr.	unbefr.	gut	gut	mäßig
SE_1	unbefr.	gut	mäßig	unbefr.	schlecht	unbefr.	mäßig	gut	mäßig
SE_3	schlecht	mäßig	mäßig	schlecht	unbefr.	unbefr.	unbefr.	mäßig	gut
SE_4	gut	gut	gut	mäßig	mäßig	mäßig	gut	gut	gut

Im Frühjahr 2017 wiesen alle Untersuchungsstellen, wiederum mit Ausnahme von SE\_3, den „guten“ ökologischen Zustand auf. Die Erhöhung des Durchflusses in der Schwarzen Elster auf knapp 1 m<sup>3</sup>/s wurde beginnend zum Frühjahr 2016 ab dem Wehr Brischko umgesetzt. Infolge dessen erhöhte sich die Fließgeschwindigkeit an den Untersuchungsstellen und führte zu einer Veränderung der Artenzusammensetzung, die durch die Besiedlung rheophiler (strömungsliebender) Taxa geprägt war. Von den Metrics der Bewertung stiegen der Rheoindex, der Deutsche Fauna-Index sowie auch der Anteil der EPT-Taxa deutlich an, wodurch sich eine Verbesserung des Multimetric Index (Allgemeine Degradation) und folglich der Gesamtbewertung ergab. Im Herbst 2017, bei erneut deutlich verringertem Durchfluss von ca. 0,2 m<sup>3</sup>/s im gesamten Untersuchungsgebiet (eigene Messung), zeigten sich an drei Untersuchungsstellen (SE\_7, SE\_8, SE\_1) Verschlechterungen des ökologischen Zustands des Makrozoobenthos um eine Zustandsklasse und ergaben nur den „mäßigen“ ökologischen Zustand. An den frei fließenden Abschnitten (SE\_7, SE\_8) lagen die Einstufungen im „mäßigen“ Bereich an der Grenze zur guten Bewertung. An SE\_1, die bei geringerem Durchfluss wiederum in einem Rückstaubereich lag, verschlechterte sich die Bewertung deutlich in die „mäßige“ Zustandsklasse. Die Untersuchungsstelle SE\_7 wurde zwar mit „gut“ bewertet, lag aber an der Klassengrenze zur Zustandsklasse 3. Die geringeren Durchflüsse führten zu einer Verschlechterung der Einstufung des Deutschen Fauna-Index, was eine weniger dem Gewässertyp entsprechende Artenzusammensetzung widerspiegelt. Dies führte zu einer nur mäßigen Bewertung des Moduls Allgemeine Degradation und somit zur mäßigen Gesamtbewertung an SE\_7, SE\_8 und SE\_1.

Bemerkenswert war im Herbst 2017, dass der Rheoindex an den Untersuchungsstellen mit geringerer Wassertiefe und weniger großen Makrophytenvorkommen, SE\_6, SE\_7 und SE\_4, sich aufgrund des geringeren Durchflusses deutlich stärker verringerte als an den Untersuchungsstellen mit größeren Makrophytenbeständen und auch größerer Wassertiefe, SE\_1 und SE\_8. Es ist vorstellbar, dass rheophile Organismen sich an Makrophyten in Gewässerbereichen mit höherer Strömung aufhielten.

Einzig an der Untersuchungsstelle SE\_3 führte die Erhöhung des Durchflusses 2016 nicht zur Erhöhung der Fließgeschwindigkeit, wofür die Ursache im geringen Sohlgefälle und dem großen Gewässerprofil gesehen wird. Während im Herbst 2016 die Bewertung des MZB an dieser Untersuchungsstelle einen weiterhin unbefriedigenden Zustand ergab, verbesserte sich der ökologische Zustand im Frühjahr 2017 und Herbst 2017 um jeweils eine Zustandsklasse und ergab somit bei der letzten Probenahme einen „guten“ Zustand, auch wenn die Fließgeschwindigkeit weiterhin mit im Mittel 0,06 m/s sehr gering war.

Die als Referenzstelle untersuchte SE\_4 wies 2012 bis 2014 und ab Herbst 2016 den „guten“ ökologischen Zustand aus. Im Jahr 2015 und Frühjahr 2016 wurde der Zustand mit „mäßig“ bewertet. Das Auftreten von Neozoen (vornehmlich der Schnecke *Potamopyrgus antipodarum*) in größerer Abundanz und die sich daraus

ergebende schlechtere Bewertung des Deutschen Fauna-Index führten zur Verschlechterung der Zustandsklasse. Der Anteil der Neozoen nahm an SE\_4 ab 2016 wieder deutlich ab

Die Saprobienindices bewegten sich im Untersuchungszeitraum fast ausschließlich im Bereich „gut“. Ausnahmen mit einer schlechteren Bewertung der Saprobie („mäßig“) zeigten sich im Jahr 2015 an SE\_1 und SE\_3. Zu diesem Zeitpunkt befand sich SE\_1 im Rückstau und an SE\_3 war zuvor die Grundräumung durchgeführt worden

Hinsichtlich der Artenzahlen wiesen die seit 2012 beprobten Untersuchungsstellen SE\_1, SE\_3 und SE\_4 in den Untersuchungsjahren bis 2014 zwischen 26 und 36 Taxa auf (Tabelle 42). An der Referenzstelle SE\_4 stieg die Gesamtartenzahl im Jahr 2015 auf über 40 Taxa an. Für diesen Anstieg konnte keine der bekannten Maßnahmen im Untersuchungsgebiet, die sich sekundär auch auf den Referenzabschnitt auswirken könnte, als Ursache identifiziert werden. Eine Einwanderung von Arten aus stromabwärts gelegenen Bereichen kann vermutet werden. Ab dem Jahr 2016 stieg die Artenzahl an SE\_4 im Frühjahr auf über 50 Arten an. Auch 2017 stieg die Artenzahl mit 55 Taxa im Frühjahr und 54 Arten im Herbst weiter geringfügig an. Der Anstieg der Artenzahl (Herbst 2016 – Herbst 2017) war statistisch signifikant gegenüber den Jahren 2012 bis 2014.

**Tabelle 42: Artenzahlen an den Untersuchungsstellen 2012 – 2017**

Messstelle	09/12	09/13	09/14	05/15	09/15 bzw. 10/15	05/16	09/16	05/17	09/17
SE_6	-	-	-	-	39	53	52	62	48
SE_7	-	-	-	-	-	51	50	54	50
SE_8	-	-	-	-	53	56	52	54	46
SE_1	35	26	26	37	35	33	36	55	54
SE_3	20	36	28	32	24	43	42	56	47
SE_4	26	32	28	44	42	53	45	55	54

An den Untersuchungsstellen SE\_6, SE\_7 und SE\_8 wurden ab dem Frühjahr 2016 ebenfalls Biozöosen mit über 50 Taxa gefunden, an SE\_6 lag die Artenzahl im Frühjahr 2017 sogar bei 62 Taxa. Diese drei Untersuchungsstellen liegen alle in frei fließenden Bereichen. An SE\_1 hingegen war ein Anstieg der Taxazahl erst im Frühjahr 2017 festzustellen, jedoch lag diese Untersuchungsstelle bis 2016 in einem Rückstaubereich, der sich nach Erhöhung des Durchflusses langsam verringerte. An SE\_3 zeigte sich im Jahr 2016 bereits eine deutliche Zunahme der Artenzahl, die sich bis zum Herbst 2017 fortsetzte. Im Frühjahr 2017 war an allen Untersuchungsstellen, mit Ausnahme von SE\_6, die Artenvielfalt mit 54 – 56 Taxa sehr ähnlich und ausgesprochen hoch. Im Herbst 2017, bei geringem Durchfluss, ging die Artenzahl an SE\_6 und SE\_8 gegenüber der Untersuchung im Herbst 2016 etwas zurück, an den anderen Untersuchungsstellen war die Artenzahl ebenso hoch oder höher als im Vorjahr.

Der Anstieg der Taxazahlen führte nicht direkt zu einer verbesserten Bewertung des ökologischen Zustands, kann aber als Indiz auf Veränderungen in der Besiedlung der Untersuchungsstelle gewertet werden. Bemerkenswert ist die Bewertung der Untersuchungsstelle SE\_8 im Jahr 2016, wo bei Taxazahlen von über 50 dennoch die Bewertung des ökologischen Zustands nur „unbefriedigend“ ergab. Dabei erfolgte die schlechte Bewertung aufgrund des Deutschen Fauna-Index, dessen „schlechte“ Einstufung auf einer nicht gewässertypgerechten Besiedlung beruht. Weiterhin bemerkenswert ist die Erhöhung der Artenzahlen an der Untersuchungsstelle SE\_3 ab 2016, an der sich ebenfalls erst zeitlich verzögert im Herbst 2017 eine deutlich verbesserte Bewertung des ökologischen Zustands zeigte.

Insgesamt wurden im Untersuchungsgebiet 24 Arten gefunden, die auf der Roten Liste Deutschland bzw. Roten Liste Sachsen als in verschiedenen Warnstufen gefährdet geführt werden. Dazu gehörten 13 Taxa der

Mollusken (bspw. die Großmuscheln *Unio pictorum*, *Anodonata anatina*), 5 Libellentaxa (*Ophiogomphus cecilia*, *Sympetrum pedemonatum*), jeweils 3 Arten der Ephemeroptera und Trichoptera sowie eine Plecopterenart (*Taeniopteryx nebulosa*).

Die Erhöhung des Durchflusses und die daraus resultierenden höheren Fließgeschwindigkeiten, besonders in Grundnähe, sind somit die Grundvoraussetzungen für das Erreichen des guten ökologischen Zustands für das Makrozoobenthos im Untersuchungsgebiet. Wie die Untersuchungen im Herbst 2017 ergaben, führte der wieder deutlich geringere Durchfluss ab Mai 2017 umgehend zu verschlechterten Bewertungen der Untersuchungsstellen, die in drei Fällen nur noch den „mäßigen“ ökologischen Zustand ergaben.

Die univariaten statistischen Auswertungen zeigten aufgrund der Stichprobenumfänge und der beschriebenen großen Schwankungen der Bewertungsmetrices nur wenige statistische Signifikanzen. Im Untersuchungszeitraum seit 2012 fand sich weder vor noch nach den Maßnahmen eine Untersuchungsphase ausreichender Dauer ohne Einflüsse von außen. Insgesamt wurde den Biozönosen des Makrozoobenthos keine Phase eingeräumt um sich an die veränderten Bedingungen anzupassen oder zu stabilisieren, so dass bislang nur kurzfristige und sich noch im Anpassungsprozess befindende Veränderungen der Artengemeinschaften untersucht und verglichen werden können.

Die Anwendung des BACI-Designs (Before-After-Control-Impact-Design) war nur sehr eingeschränkt möglich. Die Referenzstelle SE\_4 konnte nur bedingt als echter Control-Abschnitt gelten, da er unterhalb des Maßnahmenbereichs lag und von der Maßnahme der Durchflusserhöhung ebenso betroffen war wie alle Untersuchungsabschnitte des Maßnahmenbereichs. Eine geeignetere Referenz außerhalb des Maßnahmenbereichs konnte jedoch nicht gefunden werden. Die Bedingungen im Referenzabschnitt waren vor der Durchflusserhöhung unbeeinflusst, hingegen wurden in den Maßnahmenbereichen bereits im Zeitabschnitt vor den Maßnahmen (2012-2014) verschiedene Veränderungen vorgenommen, deren Effekte sich in den Bewertungsergebnissen widerspiegeln. Dadurch blieben in den Maßnahmenbereichen viele Veränderungen der Bewertungsmetrices ohne statistische Signifikanz.

Statistisch signifikant im Vergleich des Zeitraums vor den Maßnahmen (2012-2014, Before) und des Zeitraums nach den Maßnahmen (09/16 – 09/17, After) an den einzelnen Untersuchungsstellen waren jeweils die Taxazahlen an SE\_3 und SE\_4. An beiden Messstellen nahmen die Taxazahlen signifikant zu. Wie bereits beschrieben, kam es an der Referenz SE\_4 bereits ab 2015 zu einem deutlichen Anstieg der Artenzahl. Da die Stichprobenumfänge mit jeweils 3 Datensätzen für die Gruppierungen vor und nach den Maßnahmen sehr gering waren, zeigten die anderen Metrices keine Signifikanzen.

Im Vergleich zwischen den Untersuchungsstellen zeigten sich im Zeitraum vor den Maßnahmen, 2012 bis 2014, signifikante Unterschiede zwischen SE\_3 und SE\_4 hinsichtlich des Deutschen Fauna-Index und des Saprobienindex.

Für die Probenahmen im nach WRRL empfohlenen Zeitraum (Mai) ergaben sich für 2015 bis 2017 für den Rheoindex signifikante Unterschiede zwischen der Referenz SE\_4 und den beiden Untersuchungsstellen SE\_1 und SE\_3. Zwischen SE\_3 und SE\_4 war weiterhin der Anteil der EPT-Taxa signifikant verschieden. Diese signifikanten Unterschiede bilden die geringen Fließgeschwindigkeiten an SE\_3 im Gegensatz zu SE\_4 ab sowie den Rückstau an SE\_1 bei geringem Durchfluss.

Die multivariate statistische Auswertung, auf Basis des Bray-Curtis-Ähnlichkeitskoeffizienten, zeigte die Veränderungen der Artengemeinschaften über die Zeit auf. Grundsätzlich war festzustellen, dass sehr deutliche Unterschiede zwischen den Biozönosen in Frühjahr und Herbst bestehen, so dass diese die Unterschiede zwischen den Untersuchungsjahren überstiegen. Weiterhin unterschieden sich besonders die Biozönosen an der Referenzstelle SE\_4 bis 2014 sehr deutlich von den Artengemeinschaften ab 2015, auch wenn Unterschiede zwischen verschiedenen Probenahmeterminen signifikant blieben. Seit dem Herbst 2016 waren größere Ähnlichkeiten zwischen den Artenzusammensetzungen der verschiedenen Untersuchungsstellen zu erkennen, was auf eine Ausbreitung eines ähnlichen Artenspektrums im Untersuchungsgebiet schließen lässt. Die Referenzstelle war seitdem nicht mehr signifikant verschieden.

Das Makrophytenmanagement wurde ab 2016 eingeschränkt, lokale Krautungen wurden weiterhin in Ortsbereichen und in der Nähe von Wehren (SE\_6, SE\_7) durchgeführt, um dem Hochwasserschutz gerecht zu werden. In den Entwicklungsbereichen wurde ein angepasstes Makrophytenmanagement etabliert, bei dem zu einem späteren Zeitpunkt im Herbst nach Einzelfallentscheidung die erforderliche Makrophytenentnahme vorgenommen wird. Die Referenzstelle SE\_4, an der im gesamten Untersuchungszeitraum keine Maßnahmen des Makrophytenmanagements stattfanden, wies in allen Untersuchungsjahren für die Qualitätskomponente Makrophyten/Phytobenthos eine „mäßige“ Zustandsklasse auf (Tabelle 43).

**Tabelle 43: Zusammenfassung Bewertung Makrophyten/Phytobenthos 2015 - 2017**

Messstelle	10/15	07/16	07/17
SE_6	-	mäßig	gut
SE_7	-	gut	gut
SE_8	mäßig	mäßig	mäßig
SE_1	mäßig	mäßig	mäßig
SE_3	mäßig	mäßig	mäßig
SE_4	mäßig	mäßig	mäßig

Die Untersuchungen der Gewässerflora an den anderen Abschnitten ergaben im Herbst 2015 eine „mäßige“ Bewertung, jedoch fand die Untersuchung außerhalb des empfohlenen Zeitraums im Oktober statt. Aufgrund der vorangegangenen Krautungen war an fast allen Untersuchungsstellen im Maßnahmenbereich die Bewertung des Moduls Makrophyten „schlecht“ und nicht abgesichert. Bei der Untersuchung im Sommer 2016 im empfohlenen Untersuchungszeitraum der PHYLIB-Methode wurden alle Untersuchungsstellen außer SE\_7 mit „mäßig“ eingestuft. An SE\_7 wurde die Gewässerflora mit „gut“ bewertet. Grund für die bessere Gesamtbewertung an SE\_7 ist die „sehr gute“ Bewertung des Moduls Makrophyten, die sich durch das Vorkommen der leitbildtypischen Referenzarten *Ranunculus penicillatus* (Pinselblättriger Wasserhahnenfuß) und *Callitriche hamulata* (Haken-Wasserstern) in diesem Untersuchungsabschnitt ergab. Insgesamt führte vermutlich auch die Extensivierung der Krautungsmaßnahmen im Untersuchungsgebiet zur Ausbreitung von *Callitriche hamulata* an allen Untersuchungsstellen bis 2017. *Ranunculus penicillatus* wurde im gesamten Untersuchungszeitraum nur an SE\_7 vorgefunden. Die Bewertungen des Moduls Makrophyten lagen 2017 zwischen „gut“ und „mäßig“.

Der Diatomeenindex wurde mit einer Ausnahme (SE\_4 2017) zu allen Untersuchungen mit „mäßig“ bewertet. Die Trophieindices, als Indikator der Nährstoffbelastung, wurden ebenfalls mit Ausnahme von SE\_4 2017 an allen Untersuchungsstellen mit der Trophieklasse 3 („mäßig“) eingestuft. An SE\_4 wurde 2017 wurde das Modul Diatomeen mit „unbefriedigend“ bewertet, im gleichen Bereich lag auch der Trophieindex. Möglicherweise könnte dies ein Hinweis auf die erhöhten Phosphatbelastungen sein, aufgrund der geringen Datenmenge zur Wasserbeschaffenheit lässt sich ein Zusammenhang jedoch nicht nachweisen. Das Modul Phytobenthos zeigte insgesamt Einstufungen zwischen „sehr gut“ und „schlecht“. Die Untersuchungsstellen SE\_6 und SE\_7 wurden dabei durchgängig und SE\_8 vor 2017 mit „gut“ eingestuft. An den anderen Messstellen waren die Einstufungen variabler. An den Untersuchungsstellen SE\_3 und SE\_4 waren die Bewertungen zum Teil aufgrund von geringer Abundanzen nicht abgesichert.

Es ist zu erwarten, dass sich bei weiterführender eingeschränkter Krautung die Bewertungen des Moduls Makrophyten weiter verbessern können. Neben Nährstoffkonzentration wirken sich an der Schwarzen Elster Beschattung, Strömungsbedingungen, Wasserstandsschwankungen sowie Substrat (Bayer. Landesamt für Wasserwirtschaft, 2005) auf die Verbreitung submerser Makrophyten aus. Die bessere Bewertung des Moduls Makrophyten an den frei fließenden und beschatteten Untersuchungsstellen SE\_6 und SE\_7 geben einen Hinweis auf die Anforderungen für eine „gute“ Zustandsbewertung der Makrophyten im Untersuchungsgebiet.

Die Untersuchungsstellen SE\_8, SE\_1 und SE\_3, für die eine schlechtere Bewertung der Makrophyten vorlag, sind entweder wenig beschattet oder bei geringem Durchfluss durch Rückstau oder sehr geringe Fließgeschwindigkeiten geprägt. Die Anpflanzungen von Gehölzen im Uferbereich von SE\_1 und SE\_8 kann in einigen Jahren für mehr Beschattung der Untersuchungsstellen sorgen.

Die Untersuchungen der Sedimente jeweils im Herbst 2016 und 2017 zeigte an der Referenzstelle SE\_4 geringe (bis 1 cm) Feinsedimentauflagen, teilweise waren keine organischen Auflagen vorhanden. An SE\_6 und SE\_7 waren die Feinsedimentauflagen ebenfalls gering. An SE\_8, SE\_1 und SE\_3 zeigten sich organische Auflagen sehr variabler Mächtigkeit, besonders in den Randbereichen des Gewässers waren FPOM-Auflagen bis zu 12 cm Dicke vorhanden. An den Untersuchungsstellen SE\_1 und SE\_3, die bei geringem Durchfluss in Rückstaubereichen lagen, waren die oxidierten Zonen meist von geringer Mächtigkeit. Besonders die daran anschließenden reduzierten Horizonte wiesen viele Einschlüsse organischen Materials und Gasblasen auf. An SE\_1 und SE\_3 schloss sich stellenweise an die reduzierten teils lehmigen Zonen nach unten eine oxidierte Schicht an, die vermutlich von Grundwasser beeinflusst ist. Gegenüber 2016 waren im Jahr 2017 an einigen Untersuchungsstellen mächtigere organische Auflagen vorhanden. Grundsätzlich ließe sich durch einen stärker dynamisierten Durchfluss mit höheren Spitzenwerten im Untersuchungsgebiet die Ablagerung partikulären organischen Materials vermindern.

Die Wirksamkeit der an der Schwarzen Elster durchgeführten Maßnahmen kann nicht abschließend beurteilt werden. Es zeigte sich, dass ein höherer Durchfluss im Untersuchungsgebiet die Bewertung des ökologischen Zustands des Makrozoobenthos positiv beeinflusst. Durch höhere Fließgeschwindigkeiten siedelt sich eine stärker gewässertypspezifische Artengemeinschaft an. Die weiteren durchgeführten Maßnahmen wie Entschlammung und Profilaufweitung schufen die Voraussetzungen für den schadlosen Abfluss größerer Wassermengen. Das Einbringen von Totholz als Astpackungen in den Uferlinien als natürliches Hartsubstrat wird positiv für die Schaffung von Habitatvielfalt im Gewässer und unabdingbarem Lebensraum für zahlreiche charakteristische Leitarten des Gewässertyps bewertet. Separat kann die Wirksamkeit dieser Maßnahme jedoch nicht überprüft werden, da eine quantitative Beprobung der Astpackungen nicht möglich ist. Für das dauerhafte Erreichen des guten ökologischen Zustands des Makrozoobenthos und somit einer typgerechten Besiedlung der Schwarzen Elster sind höhere Durchflüsse im Untersuchungsgebiet unabdingbar. Rückstau führt zur deutlichen Verschlechterung der Bewertung, da viele gewässertypische Arten strömungsliebend sind. Für ein längerfristig stabiles Ökosystem ist zudem die Dynamisierung der Durchflussmengen notwendig. Dadurch kann die Ablagerung größerer Mengen partikulären organischen Materials auf der Gewässersohle vermieden werden und die Sauerstoffverhältnisse im Sediment positiv beeinflusst werden.

Die Extensivierung der Makrophytenentnahme wirkte sich bei gleichzeitig höheren Fließgeschwindigkeiten positiv auf die Entwicklung der Biozönose der Makrophyten aus. Bei geringen Fließgeschwindigkeiten hingegen breiten sich einige Arten rasant im Gewässer aus, wodurch die Fließgeschwindigkeit weiter reduziert wird. Das Vorkommen charakteristischer Leitarten geht bei geringen Fließgeschwindigkeiten oder unter Rückstauverhältnissen zurück. Die Wirksamkeit des veränderten Makrophytenmanagements wird als positiv eingeschätzt, kann jedoch nicht entkoppelt von Durchfluss und Fließgeschwindigkeit betrachtet werden.

Für eine abschließende Bewertung der Wirksamkeit wird die erneute mehrmalige Untersuchung der Gewässerabschnitte empfohlen, wenn die geplanten Maßnahmen hinsichtlich der Wassermengenbewirtschaftung und des Makrophytenmanagements über einige Jahre konsequent umgesetzt wurden. Erst dann kann eine Stabilisierung der Artengemeinschaften stattgefunden haben und das dauerhafte Erreichen des guten ökologischen Zustands als Folge der umgesetzten Maßnahmen geprüft werden.

# Danksagung

Das LfULG als Auftraggeber dieser Studie bedankt sich beim Staatsbetrieb Landestalsperrenverwaltung, Betrieb Spree / Neiße für die sehr konstruktive und stets hilfsbereite Unterstützung des Projektes. Neben Herrn Eberhard Pötschke als Betriebsteilnehmer Fließgewässer und ständig hilfsbereiten Ansprechpartner zu allen Fragen der Gewässerrevitalisierung in seinem Zuständigkeitsbereich, bedanken wir uns insbesondere bei Frau Mechthild Lehmann und Herrn Hans-Jürgen Gerhardt. Weiterhin gebührt unser Dank Herrn Mathias Paul, Landschaftsarchitekt Paul der das Projekt mit großem Interesse unterstützt hat und die Informationen zu den Unterhaltungsmaßnahmen zur Verfügung gestellt hat.

# Literaturverzeichnis

- ASTERICS einschließlich PERLODES (2014, Version 4.0.4): Software zur Berechnung des ökologischen Zustands von Fließgewässern (herausgegeben Februar 2012, [www.fliessgewaesserbewertung.de](http://www.fliessgewaesserbewertung.de))
- Bayerisches Landesamt für Wasserwirtschaft (2005): Bewertungsverfahren Makrophyten & Phytobenthos, Fließgewässer- und Seen-Bewertung in Deutschland nach EG-WRRL
- Bundesregierung der Bundesrepublik Deutschland (2011): Oberflächengewässerverordnung Verordnung zum Schutz der Oberflächengewässer (Oberflächengewässerverordnung - OGewV) vom 20. Juli 2011 (BGBl. I S. 1429)
- Bray, J. R. & Curtis J. T. (1957): An ordination of upland forest communities of southern Wisconsin. *Ecological Monographs* 27:325-349.
- Clarke, K.R. & Warwick, R.M. (2001): Change in marine communities: An Approach to Statistical Analysis and Interpretation. PRIMER-E. Plymouth Marine Laboratory, Plymouth.
- Clarke, K. R., P. J. Somerfield, & R. N. Gorley. (2008): Testing null hypotheses in exploratory community analyses: similarity profiles and biota-environmental linkage. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* 366: 56-69.
- Clarke K. R., Gorley R. N. (2015): PRIMER v7: User Manual/Tutorial, First Edition 2015, PRIMER-E Ltd.
- Haase, P. & Sundermann, A. (2004): Standardisierung der Erfassungs- und Auswertungsmethoden von Makrozoobenthosuntersuchungen in Fließgewässern. Gutachten der Länderarbeitsgemeinschaft Wasser (LAWA). Aktueller Stand Operationelle Taxaliste im Internet: <http://www.fliessgewaesserbewertung.de/download/berechnung/>
- Gutowski, A.; van de Weyer, K.; Hofmann, G. Doege, A. (2011): Makrophyten und Phytobenthos - Indikatoren für den ökologischen Gewässerzustand; Hrsg. Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie, 17.11.2011
- DIN 38410 M 1 (2004): Biologisch-ökologische Gewässeruntersuchung; Bestimmung des Saprobienindex in Fließgewässern, Oktober 2004
- Europäische Union (2000): Richtlinie 2000/60/EG des Europäischen Parlaments und des Rates zur Schaffung eines Ordnungsrahmens für Maßnahmen der Gemeinschaft im Bereich der Wasserpolitik vom 23.10.2000, Brüssel
- Meier, C.; Haase, P; Rolauffs, P; Schindehütte, K.; Schöll, F.; Sundermann, A. & Hering, D. (2006): Methodisches Handbuch Fließgewässerbewertung - Handbuch zur Untersuchung und Bewertung von Fließgewässern auf der Basis des Makrozoobenthos vor dem Hintergrund der EG-Wasserrahmenrichtlinie - Stand Mai 2006 -
- Kruskal, J. B. (1964): Multidimensional scaling by optimizing goodness of fit to a nonmetric hypothesis; *Psychometrika* March 1964, Volume 29, Issue 1, pp 1-27
- Mauch, E. et al. (2003): Taxaliste der Gewässerorganismen. Deutschlands zur Kodierung biologischer Befunde- Informationsberichte des Bayerischen Landesamtes für Wasserwirtschaft 1/03, München, 388 S. und Fortführung auf Datenträger bzw. Internet: [http://www.lfu.bayern.de/wasser/gewaesserqualitaet\\_fluesse/qualitaetssicherung/index.htm](http://www.lfu.bayern.de/wasser/gewaesserqualitaet_fluesse/qualitaetssicherung/index.htm)
- Meier, C.; Haase, P; Rolauffs, P; Schindehütte, K.; Schöll, F.; Sundermann, A. & Hering, D. (2006): Methodisches Handbuch Fließgewässerbewertung - Handbuch zur Untersuchung und Bewertung von Fließgewässern auf der Basis des Makrozoobenthos vor dem Hintergrund der EG-Wasserrahmenrichtlinie - Stand Mai 2006 -
- OGewV (2016): Verordnung zum Schutz von Oberflächengewässern vom 20. Juni 2016. Bundesgesetzblatt Jahrgang 2016 Teil I Nr. 28, ausgegeben zu Bonn am 23. Juni 2016, Seite 1373 – 1443.
- Pottgießer, T. & Sommerhäuser, M. (2008): Aktualisierung der Steckbriefe der deutschen Fließgewässertypen (Stand: April 2008)
- PHYLIB (Version 4.1 bzw. 5.3): PHYLIB – Software zur Bewertung von Makrophyten und Phytobenthos in Fließgewässern und Seen – Entwickelt im Auftrag der Länderarbeitsgemeinschaft Wasser – LAWA, Bayerisches Landesamt für Umwelt.  
Internet: [http://www.lfu.bayern.de/wasser/gewaesserqualitaet\\_seen/phylib\\_deutsch/software/index.htm](http://www.lfu.bayern.de/wasser/gewaesserqualitaet_seen/phylib_deutsch/software/index.htm)
- Steinberg, Calmano, Klapper, Wilken (Hrsg.): Handbuch Angewandte Limnologie (Grundlagen, Gewässerbelastung, Restaurierung, Aquatische Ökotoxikologie, Bewertung, Gewässerschutz) ca. 900 S, laufende Aktualisierungen. ecomed Verlag
- Von Siemens, M., S. Hafland, W. Binder, M. Herrmann & W. Rehlau (2009): Totholz bringt Leben in Bäche und Flüsse. Bayerisches Landesamt für Umwelt.

Schaumburg, J., Schranz, C., Stelzer, D., Vogel, A. Gutowski, A. (2012): Verfahrensanleitung für die ökologische Bewertung von Fließgewässern zur Umsetzung der EG-Wasserrahmenrichtlinie: Makrophyten und Phytobenthos (Phylib). Bayerisches Landesamt für Umwelt.

### **Bestimmungsliteratur Makrozoobenthos**

- AMANN, E.; BRANDSTETTER, C.M. & KAPP, A. (1994): Käfer am Wasser (Gattungsschlüssel der (semi-) aquatischen Käfer Mitteleuropas). Bürs (Österreich): Eigenverlag des ersten Vorarlberger Coleopterologischen Vereins.
- BAUERNFEIND, E. (1994): Bestimmungsschlüssel für die Österreichischen Eintagsfliegen (1. und 2. Teil) - Wasser und Abwasser Supplementband 4/94
- BAUERNFEIND, E.; HUMPECH, U.H. (2001): Die Eintagsfliegen Zentraleuropas (Insecta: Ephemeroptera): Bestimmung und Ökologie; Verlag des Naturhistorischen Museums Wien
- EGGERS, T. O. & MARTENS, A. (2001): Bestimmungsschlüssel der Süßwasser-Amphipoda (Crustacea) Deutschlands; Lauterbornia Heft 42
- EISELER, B. (2005): Bildbestimmungsschlüssel für die Eintagsfliegenlarven der deutschen Mittelgebirge und des Tieflandes, Lauterbornia Heft 53
- EISELER, B. (2010): Taxonomie für die Praxis – Bestimmungshilfen Makrozoobenthos (1), LANUV Arbeitsblatt 14; Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen, Recklinghausen 2010
- EISELER, B. & HESS, M. (2013): Taxonomie für die Praxis, Bestimmungshilfen-Makrozoobenthos (2), LANUV-Arbeitsblatt 20, Hrsg. Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen, Recklinghausen 2013
- FREUDE, H. HARDE, K.W. & LOHSE, G.A. (1971): Die Käfer Mitteleuropas. - Bd. 3, Goecke & Evers, Krefeld und zugehörige Supplementbände
- GLÖER, P., C. MEIER-BROOK & O. OSTERMANN (2003): Süßwassermollusken. 13. Auflage. Deutscher Jugendbund für Naturbeobachtung, Hrsg., Hamburg.
- GLÖER, P. (2002): Die Süßwassergastropoden Nord- und Mitteleuropas, in Die Tierwelt Deutschlands 73. Teil
- HEIDEMANN, H. & SEIDENBUSCH, R. (2002): Die Libellenlarven Deutschlands und Frankreichs. Handbuch für Exuviensammler. Verlag Goecke & Evers, Keltern, in Die Tierwelt Deutschlands 72. Teil
- HOHMANN, M. (2011): Untersuchungen an Wasserinsekten im Nationalpark Harz (Sachsen-Anhalt) unter besonderer Berücksichtigung von Köcherfliegen (Insecta: Trichoptera). Kassel: kassel university press GmbH
- HOHMANN, M. & BERGER T. (2009): Bestimmungskurs für Steinfliegen (Plecoptera) des Norddeutschen Tieflandes und der Zentralen Mittelgebirge in Deutschland (unveröff. Kursmaterial)
- KORNIUSHIN, A. V., HACKENBERG, E. (2000): Verwendung konchologischer und anatomischer Merkmale für die Bestimmung mitteleuropäischer Arten der Familie Sphaeriidae (Bivalvia), mit neuem Bestimmungsschlüssel und Diagnosen; Malakologische Abhandlungen Staatliches Museum für Tierkunde Dresden Band 20, 05.12.2000
- NESEMANN, H. (1997): Egel und Krebssegel Österreichs, Sonderheft der ERSTEN VORARLBERGER MALAKOLOGISCHEN GESELLSCHAFT, A-6830 Rankweil
- NESEMANN, H., NEUBERT, E. (1999): Annelida, Clitellata: Branchiobdellida, Acanthobdella, Hirudinea; Süßwasserfauna von Mitteleuropa Band 6/2, begr. Von A. Brauer. Hrsg. Von J. Schwoerbel und P. Zwick; Spektrum Akademischer Verlag GmbH, Heidelberg Berlin
- NEU, P.; TOBIAS, W. (2004): Die Bestimmung der in Deutschland vorkommenden Hydropsychidae (Insecta: Trichoptera); Lauterbornia Heft 51, 2004
- NILLSON, A.N. (Ed.) (1996): Aquatic Insects of North Europa - A taxonomic Handbook. Volume 1: Ephemeroptera, Plecoptera, Heteroptera, Megaloptera, Neuroptera, Coleoptera, Trichoptera and Lepidoptera. Apollo Books, Stenstrup, Denmark
- NILLSON, A.N. (Ed.) (1997): Aquatic Insects of North Europa - A taxonomic Handbook. Volume 2: Odonata and Diptera. Apollo Books, Stenstrup, Denmark
- NILLSON, A.N. & HOLMEN, M. (1995): The aquatic Adephage (Coleoptera) of Fennoscandia and Denmark. II. Dytiscidae.; Fauna Entomologica Scandinavica Vol. 32; E.J. Brill Leiden-New York-Köln
- REYNOLDS, T. B. (1978): A Key to the British Species of Freshwater Triclad (Turbellaria, Paludicola); Freshwater Biological Association, Scientific Publication No. 23. 1978
- SAVAGE, A. A. (1989): Adults of the British Aquatic Hemiptera Heteroptera: A Key With Ecological Notes; Fresh-water Biological Association Scientific Publications 50



- SCHMEDTJE, U. & F. KOHMANN (1992): Bestimmungsschlüssel für die Saprobier-DIN-Arten (Makroorganismen); Bayerisches Landesamt für Wasserwirtschaft Informationsberichte Heft 2/88
- SEITZ, G. (2008): Bestimmungsschlüssel für die Präimaginalstadien der Kriebelmücken (Simuliidae) Deutschlands (Stand: 01.01.2008)
- STUDEMANN, D. et al. (1992): Ephemeroptera, in *Insecta Helvetica*, Hrsg. Schweizerische Entomologische Gesellschaft
- SUNDERMANN, A. & LOHSE, S. (2006): Bestimmungsschlüssel für die aquatischen Zweiflügler (Diptera) in Anlehnung an die Operationelle Taxaliste für Fließgewässer in Deutschland
- TACHET, H., RICHOUX, P., BOUNAUD, M. & USSEGLIO-POLATERA, P. (2002): *Invertébrés D'Eau Douce, systématique, biologie, écologie*; CNRS Éditions, Paris
- TIMM, T. (2009): A guide to the freshwater Oligochaeta and Polychaeta of Northern and Central Europe; *Lauterbornia* Vol. 66
- WARINGER, J. & GRAF, W. (2011): *Atlas der mitteleuropäischen Köcherfliegenlarven*; Erik Mauch Verlag Dinkelscherben
- ZETTLER, M. L. & GLÖER, P. (2006): Zur Ökologie und Morphologie der Sphaeriidae der Norddeutschen Tiefebene, *Heldia* Münchner Malakologische Mitteilungen Band 6, Hrsg. P. Glöer & G. Falkner München
- ZWICK, P. (2004): A key to the West Palaearctic genera of stoneflies (Plecoptera) in the larval stage, Forschungsinstitut Senckenberg

**Herausgeber:**

Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie (LfULG)  
Pillnitzer Platz 3, 01326 Dresden  
Telefon: +49 351 2612-0  
Telefax: +49 351 2612-1099  
E-Mail: lfulg@smul.sachsen.de  
www.smul.sachsen.de/lfulg

**Autoren:**

Norbert Große (Sachverständigenbüro LIMNOSA)  
Tine Berg (IDUS Biologisch Analytisches Umweltlabor GmbH)  
Jürgen Neumann (IDUS Biologisch Analytisches Umweltlabor GmbH)  
Radeberger Str.1, 01458 Ottendorf-Okrilla  
Telefon: +49 35205 45957  
Telefax: +49 35205 45958  
E-Mail: webmaster@idus.de  
ergänzt durch Maßnahmenbeschreibung des zuständigen LTV-Betriebs  
Spree/Neiße und des Planungsbüros Landschaftsarchitekt Paul

**Redaktion:**

Dr. Bernd Spänhoff  
Referat Oberflächenwasser, Wasserrahmenrichtlinie  
Zur Wetterwarte 11, 01109 Dresden  
Telefon: +49 351 8928-4419  
Telefax: +49 351 8928-4099  
E-Mail: bernd.spaenhoff@smul.sachsen.de

**Fotos:**

Jürgen Neumann (IDUS), Tine Berg (IDUS), Norbert Große (LIMNOSA), LTV,  
Mathias Paul (Landschaftsarchitekt Paul)

**Redaktionsschluss:**

20.06.2018

**ISSN:**

1867-2868

**Hinweis:**

Die Broschüre steht nicht als Printmedium zur Verfügung, kann aber als PDF-Datei unter <https://publikationen.sachsen.de/bdb/> heruntergeladen werden.

**Verteilerhinweis**

Diese Informationsschrift wird von der Sächsischen Staatsregierung im Rahmen ihrer verfassungsmäßigen Verpflichtung zur Information der Öffentlichkeit herausgegeben.

Sie darf weder von Parteien noch von deren Kandidaten oder Helfern im Zeitraum von sechs Monaten vor einer Wahl zum Zwecke der Wahlwerbung verwendet werden. Dies gilt für alle Wahlen.

Missbräuchlich ist insbesondere die Verteilung auf Wahlveranstaltungen, an Informationsständen der Parteien sowie das Einlegen, Aufdrucken oder Aufkleben parteipolitischer Informationen oder Werbemittel. Untersagt ist auch die Weitergabe an Dritte zur Verwendung bei der Wahlwerbung. Auch ohne zeitlichen Bezug zu einer bevorstehenden Wahl darf die vorliegende Druckschrift nicht so verwendet werden, dass dies als Parteinahme des Herausgebers zugunsten einzelner politischer Gruppen verstanden werden könnte.

Diese Beschränkungen gelten unabhängig vom Vertriebsweg, also unabhängig davon, auf welchem Wege und in welcher Anzahl diese Informationsschrift dem Empfänger zugegangen ist. Erlaubt ist jedoch den Parteien, diese Informationsschrift zur Unterrichtung ihrer Mitglieder zu verwenden