

Die Möhne und ihre Zuflüsse:

Abschlussbericht „Kiesstrukturen und Fischfauna renaturierter Talauebäche des Mittelgebirges im Einzugsgebiet der Möhne“

Eine Studie im Auftrag der Bezirksregierung Arnsberg, Dezernat für Wasserwirtschaft und Gewässerschutz



Die Möhne unterhalb von Belecke.

Bearbeiter:

Dr. Margret Bunzel-Drüke, Joachim Drüke
Roland Loerbroks, Matthias Scharf, Olaf Zimball

Dr. Armin Lorenz

Arbeitsgemeinschaft Biologischer Umweltschutz
im Kreis Soest e.V.
Biologische Station Soest
Teichstraße 19
59505 Bad Sassendorf-Lohne

Universität Duisburg-Essen
Fakultät für Biologie
Aquatische Ökologie
Universitätsstr. 5
45141 Essen

Bad Sassendorf-Lohne, November 2020



Biologische Station Soest



Fakultät für Biologie – Aquatische Ökologie

Abschlussbericht „Kiesstrukturen und Fischfauna renaturierter Talauebäche des Mittelgebirges im Einzugsgebiet der Möhne“

1	Zusammenfassung	3
2	Aufgabenstellung	6
3	Untersuchungsgebiet	9
3.1	Die Möhne und ihr Einzugsgebiet.....	9
3.2	Optimierungsmaßnahmen im Einzugsgebiet der Möhne seit 2000	13
3.3	Auswahl der Probestrecken	17
4	Methoden	25
4.1	Methoden: Erfassung der Kiesbänke	25
4.2	Methoden: Tachymetrische Aufnahmen der Sohlstruktur.....	41
4.3	Methoden: Eigenschaften von Kiesbänken	44
4.3.1	Korngrößenverteilung des Kiesel in Sohlkörper und Deckschicht	44
4.3.1.1	Sieblinien.....	45
4.3.1.2	Deckschichtsammlungen	45
4.3.1.3	Beobachtungen zur Umlagerung von Kies.....	47
4.3.2	Eigenschaften des Interstitials	48
4.3.2.1	Bewertung der Kolmation mit der „Methode EAWAG“	48
4.3.2.2	Bewertung der Kolmation mit der „Nagelprobe“	51
4.4	Methoden: Fische und Rundmäuler	53
4.4.1	Elektrobefischungen	53
4.4.2	Analyse von Eisvogelgewölle	54
4.5	Methoden: Makrozoobenthos.....	57
4.5.1	Habitatabschätzung	59
4.5.2	Multi-Habitat-Sampling.....	59
4.5.3	Bestimmung und Auswertung	59
4.5.4	Zusätzliche Daten	59
5	Ergebnisse	60
5.1	Lage, Ausdehnung und Häufigkeit von Kiesbänken.....	60
5.1.1	Ergebnisse der Kartierung aus der Luft und vom Boden	60

5.1.2	Abfolge von Furten und Kolken in Längsschnitten	66
5.2	Korngrößen des Kieses in Querbänken: Sieblinien und Deckschichtanalyse.....	70
5.3	Veränderungen von Kiesbänken durch Hochwasser und Totholz	74
5.4	Charakterisierung der Probestrecken	78
5.4.1	Steckbriefe der 23 genauer untersuchten Probestrecken.....	78
5.4.2	Zusammenfassende Betrachtung der Eigenschaften der Probestrecken.....	148
5.5	Eigenschaften des Interstitials	151
5.5.1	Bewertung der Kolmation mit der „Methode EAWAG“	151
5.5.2	Bewertung der Kolmation mit der „Nagelprobe“	160
5.6	Verbreitung und Populationsaufbau von Fischen und Rundmäulern	166
5.6.1	Überblick	166
5.6.2	Ergebnisse der Elektrobefischungen.....	168
5.6.2.1	Befischungen 2017 bis 2019	168
5.6.2.2	Entwicklung der Fischfauna der Maßnahmenstrecken seit der Umgestaltung.....	192
5.6.2.3	Langfristige Bestandsveränderungen der Fischfauna des Möhnesystems.....	198
5.6.3	Ergebnisse der Analysen von Eisvogel-Gewöllproben	202
5.6.4	Auswirkungen des trockenen Sommers 2018 auf die Fischfauna	212
5.6.5	Bewertung der Fischfauna mit „fiBS“	215
5.7	Makrozoobenthos.....	217
5.7.1	Überblick	217
5.7.2	Ergebnisse allgemeiner Maßzahlen	217
5.7.3	Bewertung des Makrozoobenthos mit PERLODES.....	218
5.7.4	Spezifische Betrachtung der Kiesfraktion	221
5.7.5	Ergebnisse der Wiederholungsbeprobungen	222
5.7.6	Indikatortaxa für das Kieslückensystem	223
6	Diskussion	226
6.1	Diskussion: Methodenkritik	226
6.2	Diskussion: Kieshaushalt	227
6.3	Diskussion: Fische und Rundmäuler	230
6.4	Diskussion: Makrozoobenthos.....	234
7	Fazit: Bewertung der durchgeführten Optimierungsmaßnahmen und Vorschläge für die weitere Entwicklung der Gewässer unter besonderer Berücksichtigung des Kieshaushalts	235
8	Literatur	238

1 Zusammenfassung

- Die Möhne ist ein 65 km langer Zufluss der Ruhr in Nordrhein-Westfalen mit einem Einzugsgebiet von fast 470 km². Hinsichtlich Ausbaumaßnahmen, Laufverkürzungen und Uferbefestigungen ist die Möhne ein repräsentatives Beispiel für Mittelgebirgsflüsse in Deutschland. Ungewöhnlich hoch hingegen sind Anzahl und Umfang der vor allem in den letzten zehn Jahren durchgeführten Renaturierungen, die 27 % der Lauflänge oberhalb der Möhnetalsperre umfassen. Die Möhne und Teile ihrer Nebenbäche wurden daher von der Bezirksregierung Arnsberg ausgewählt, um verschiedene Renaturierungsansätze miteinander und mit im Ausbauzustand verbliebenen Gewässerstrecken zu vergleichen. Der Fokus lag dabei auf dem Kieshaushalt und der Reaktion von lithophilen Fischarten und von Makrozoobenthos-Organismen auf die Optimierungsmaßnahmen.
- Für die Analyse des Kieshaushalts wurden Kiesbänke und weitere Strukturen an Abschnitten von Möhne, Heve und Großer Schmalenau mit einer Drohne aus der Luft kartiert, digitalisiert und die Ergebnisse am Boden kontrolliert. Teilweise fanden Wiederholungsaufnahmen nach Hochwassern statt. An ausgewählten Gewässerabschnitten wurden Pool-Riffle-Sequenzen und das Gefälle tachymetrisch aufgenommen.
- Die Drohnen-Kartierung mit anschließender Bodenkontrolle hat sich als Methode der Erfassung von Kiesbänken und weiteren Strukturen bewährt.
- Naturnahe Gewässerstrecken und solche, die renaturiert wurden, weisen eine größere Zahl von Kies-Querbänken und höhere Anteile an der Wasserfläche von Kiesrauschen, Längsbänken und Kiesinseln sowie Totholz auf. Die Beziehung zwischen dem Abstand der Querbänke voneinander und der Gewässerbreite liegt bei naturnahen und renaturierten Abschnitten überwiegend in dem Bereich, der in der Literatur als Erfahrungswert angegeben ist. Ausgebauete und „bedingt naturnahe“ Strecken sind viel ärmer an den genannten Strukturen oder weisen gar keine davon auf. Die Spannweite der Sohlbreite ist in diesen Abschnitten überwiegend geringer als in naturbelassenen und renaturierten.
- Eine Ausnahme unter den renaturierten Strecken sind die obersten in der Möhne, deren Sohle im Auelehm liegt – fehlender Kies schließt hier das Entstehen von Kiesstrukturen aus.
- Es besteht eine Beziehung zwischen dem Windungsgrad und dem Abstand zwischen den Querbänken. Ab einem Windungsgrad von 1,5 ist der Abstand zwischen den Bänken gering, während bei einem geringeren Windungsgrad sowohl große als auch kleine Abstände – also wenige und viele Querbänke - vorkommen.
- Der naturbelassene Abschnitt in der Möhne westlich Belecke („Fliegenwald“) stellte sich bei den durchgeführten Analysen oft als Sonderfall dar. Er hat nur einen geringen Windungsgrad, aber dennoch eine sehr große Zahl von Kiesstrukturen. Ursache dafür ist die große Menge an Totholz in diesem Abschnitt, dessen beide Ufer bewaldet und für Forstfahrzeuge schlecht erreichbar sind, so dass Sturzbäume nicht entfernt wurden.
- Die Analyse der Korngrößenverteilung des Kieses in Furten erfolgte mit Sieblinien. Zusätzlich wurde die Korngröße der Deckschicht bestimmt.
- Kleine und mittlere Korngrößen sind im Sohlkörper renaturierter und naturnaher Strecken häufiger, während in begradigten Strecken große Kiesfraktionen dominieren. Windungsgrad und Höhe des Anteils feineren Kieses sind positiv korreliert.
- Bei der Analyse allein der Deckschicht von Querbänken zeigte sich, dass in begradigten Abschnitten grober Kies eine „Sohlpanzerung“ ausbilden kann, die feinere Kiese darunter verschließt. Durch dieses Phänomen erwies sich der Kieshaushalt einiger optisch strukturreicher Strecken der Möhne tatsächlich als beeinträchtigt.
- Sieblinien des gesamten Kieskörpers spiegeln die Deckschicht aus gröberen Kiesen nicht wider, die Fische öffnen müssen, um Laichgruben in dem darunter liegenden, meist feineren

Kies anzulegen. Oft entscheidet die Deckschicht darüber, ob z.B. Forellen ausreichend gute Laichbedingungen finden. Die Vermessung der Steine der Deckschicht ist bei dieser Fragestellung daher den Sieblinien vorzuziehen und hat zudem den Vorteil, zeitsparender und schonender für die Kiesbänke zu sein.

- Insgesamt 23 Probestrecken wurden in Steckbriefen eingehend charakterisiert: Beschreibung, Fotos, Längsschnitt, Korngrößenverteilung des Kieses, Veränderungen der Strukturen durch Hochwasser und wichtigste Eigenschaften sind dargestellt.
- Der Einfluss von Hochwasser und Totholz auf Kiesstrukturen wurde in Wiederholungskartierungen erfasst. So waren nach der recht starken Hochwassersaison 2018/19 deutliche Umlagerungen v.a. dort festzustellen, wo die Kies-Deckschicht der Sohle einen hohen Anteil aus Kiesen kleiner 60 mm aufwies. Totholz bewirkte oft kleinräumige Umlagerungen von Kies und wirkt damit wie eine „Waschmaschine“, die lokal Feinsedimente aus dem Interstitial spült.
- Die Bewertung des Ausmaßes der Kolmation des Interstitials erfolgte mit zwei Methoden: die Beurteilung des Kiesporensystems nach Entfernen der Deckschicht („EAWAG-Methode“) und die Oxidation von Nägeln nach einer längeren Exposition im Kies („Nagelprobe“).
- Die „Nagelprobe“ ist in der Hochwassersaison nur eingeschränkt zu empfehlen, weil selbst fixierte Nägel von der Strömung aus dem Kies gerissen werden können.
- Die beiden relativ einfachen, kostengünstigen Methoden erbrachten tendenziell ähnliche Ergebnisse: Strecken, die bereits länger im naturnahen Zustand sind, schneiden meist besser ab als vor wenigen Jahren renaturierte Abschnitte. Wahrscheinlich sind bei Baumaßnahmen freigelegte Kiesbänke anfangs noch stärker mit Feinsedimenten durchmischt.
- Jährliche Elektrobefischungen von 31 Probestrecken 2017 bis 2019 gaben Aufschluss über die Fisch- und Rundmaulfauna. Zusätzlich wurden an 14 Eisvogelbrutplätzen Gewöllproben von 29 Bruten analysiert, um die Eisvogelnahrung mit den Ergebnissen der Elektrobefischungen zu vergleichen.
- Insgesamt wurden bei den Elektrobefischungen und im Eisvogelgewölle 27 Fisch- und Rundmaularten im Untersuchungsgebiet nachgewiesen. Die Befischungen erbrachten mehr als 55 000 Individuen, die Gewöllproben mehr als 10 000 diagnostische Fischknochen.
- Die Untersuchung von Eisvogel-Gewöllproben zur Ermittlung von Verbreitungsmustern und Bestandsentwicklungen von Fischen hat sich bewährt. Insbesondere zum Vorkommen der Äsche und zu langfristigen Bestandsveränderungen lieferte die Methode wichtige zusätzliche Daten zu den Elektrobefischungen.
- In der Möhne bevorzugten die meisten Fischarten, auch die Kieslaicher, strukturreiche Strecken deutlich gegenüber strukturarmen. Es gab keine wesentlichen Unterschiede zwischen Strecken, die schon länger naturnah sind und solchen, die in den letzten Jahren renaturiert wurden. Dies belegt den Erfolg der Umbaumaßnahmen aus Sicht der Fischfauna. In Heve und Großer Schmalenau ließen sich diese Effekte nicht nachweisen, weil die Unterschiede der Probestrecken hinsichtlich ihres Strukturreichtums viel geringer waren als in der Möhne und zudem von der Längsentwicklung der Bäche überlagert wurde: Die Individuenzahlen typischer Arten der Forellenregion nahmen von oben nach unten ab.
- Die Verbreitungsmuster der Fische und Rundmäuler zeigen, dass neben der Naturnähe der Sohle auch andere Faktoren wie die Beschattung des Wasserkörpers wichtig sind.
- Von der „künstlichen Rhithralisierung“ ausgebauter Abschnitte profitieren - allerdings nur in der Äschenregion - Gruppe und Bachforelle, für die als Spezialisten der Forellenregion eine Erhöhung der Fließgeschwindigkeit eine Annäherung der Äschenregion an die Forellenregion bedeutet und ihnen somit Vorteile bietet.

- Renaturierungsstrecken werden schnell besiedelt. Pioniere wie der Dreistachliger Stichling können in den ersten Jahren große Bestände aufweisen, während die Groppe nur sehr langsam einwandert.
- Langfristige Bestandsveränderungen wurden u.a. bei der Elritze in der Möhne festgestellt, die um das Jahr 2000 (fast) verschwunden war und mittlerweile eine der häufigsten Arten ist. In der Heve sank die Bestandsdichte der Bachforelle, während der Döbel häufiger wurde. Der Auslöser dafür könnte der Orkan Kyrill sein, der die Fichten in der Aue warf und die ehemals überwiegend beschattete Heve nun in langen Abschnitten der Sonne aussetzte.
- Die Folgen des Fischsterbens von 2010 in der Möhne lassen sich in den Bestandsverläufen einiger Arten ablesen. Äsche und Barbe als spät geschlechtsreife Arten weisen noch immer sehr niedrige Bestandsdichten auf.
- Der Dürresommer 2018 reduzierte den Fischbestand in Heve und Großer Schmalenau um 40 bis 60 %. Die Verluste waren im Spätsommer 2019 noch nicht ausgeglichen. Besonders stark betroffen war die Groppe.
- Die Bewertung der Fischfauna mit dem Bewertungsinstrument fiBS liefert keine sichere Beurteilung einzelner Probestrecken, sondern wechselt oft von Jahr zu Jahr ohne erkennbaren Trend. Lediglich die Fischfauna der sehr strukturarmen und der naturnahen Probestrecken wird tendenziell „richtig“ eingeschätzt, nämlich als schlecht bzw. gut.
- Das Makrozoobenthos wurde an 12 Probestellen an der Möhne im Multi-Habitat-Sampling erfasst, wobei die Kiesfraktion getrennt behandelt wurde.
- Bei der Untersuchung schnitten naturnahe Probestellen nur geringfügig besser ab als ausgebaute: Abundanz und Taxazahl waren etwas höher und die Bewertung mit dem Bewertungssystem PERLODES stellenweise besser. Meist wurde allerdings nicht der gute Zustand festgestellt, was auch an dem Neozoon *Echinogammarus berilloni* liegt, der den einheimischen Flohkrebs *Gammarus pulex* ersetzt hat.
- Zwei Arten des Interstitials – die Eintagsfliege *Ephemera danica* und der Wurm *Eiseniella tetraeder* – waren fast nur in naturnahen Strecken anzutreffen; sie gelten als Anzeiger intakten Interstitials.
- In der Möhne fehlen im Vergleich zu anderen naturnahen Gewässern in der Umgebung viele Arten des Makrozoobenthos, die sensibel auf Feinsedimentbelastung reagieren.
- Die Einstufung der Möhne als silikatischer Mittelgebirgsbach sollte revidiert werden, da die Möhne eher einen karbonatischen Charakter hat.
- Insgesamt konnte die Untersuchung belegen, dass renaturierte Gewässerstrecken im Möhnesystem ähnlich strukturreich sind wie bereits seit längerer Zeit naturnahe Abschnitte. Totholz spielt dabei eine große Rolle.
- Zu den Vorschlägen für die weitere Entwicklung der Gewässer (im Fazit) gehören Hinweise zur Durchführung von Sohlhebungen und zur Beseitigung von Querbauwerken. In der zusätzlich zum hier vorliegenden Abschlussbericht erarbeiteten Schrift „Die Möhne und ihre Zuflüsse: Ein Leitfaden über ihre Naturgeschichte mit Hinweisen zur Renaturierung“ werden verschiedene Aspekte zu diesem Thema vertieft behandelt.

2 Aufgabenstellung

Die ökologisch orientierte Wiederherstellung naturnaher Zustände an Bächen und Flüssen war über viele Jahrzehnte reines Wunschdenken vieler Naturschützer, Angler und weiterer Interessensgruppen, die sich mit den naturfernen, verbauten, oftmals stark verschmutzten und biologisch degradierten Fließgewässern in Europa nicht abfinden wollten. Die Erkenntnis, dass Flüsse Platz brauchen, dass sich durch die Bereitstellung von Überschwemmungsflächen in den Auen wiederkehrende Hochwasserschäden in Millionenhöhe vermeiden lassen und dass die Bevölkerung renaturierte und naturnahe Fließgewässer und Auen als Bereicherung empfindet, haben einen politischen Wandel ausgelöst, der letztlich zur Verabschiedung einer gemeinsamen Gewässerschutzpolitik in Europa führte, welche seit dem Jahr 2000 auch über Staats- und Ländergrenzen hinweg eine koordinierte Bewirtschaftung und Entwicklung der Gewässer auf der Grundlage einheitlicher Standards gewährleisten soll. Die EU-Wasserrahmenrichtlinie (WRRL) schafft den hierfür notwendigen Ordnungsrahmen, welcher im Jahr 2002 auch in Deutschland in nationales Recht überführt wurde.

Ziel der WRRL ist der Schutz der Wasserressourcen innerhalb Europas, insbesondere durch die Verbesserung der ökologischen Qualität von Oberflächengewässern. Hierbei spielt der verbesserte Schutz, die Vermeidung weiterer Verschlechterungen und die naturnahe Entwicklung und Förderung der aquatischen Ökosysteme und der direkt von ihnen abhängigen Landökosysteme und Feuchtgebiete die zentrale Rolle. Bis spätestens 2027 sollen die Gewässer europaweit in einem guten chemischen und ökologischen Zustand überführt worden sein. Dies erfordert an vielen Gewässern umfangreiche Umgestaltungsmaßnahmen zur Renaturierung der Bäche und Flüsse.

An der Möhne und ihren Zuflüssen bot sich die günstige Gelegenheit, die Auswirkungen verschiedener Renaturierungsmaßnahmen auf Kiesbänke und lithophile Fisch- und Rundmaularten zu analysieren. Ziel war es, solche Systeme besser zu verstehen und Erkenntnisse für zukünftige Optimierungsmaßnahmen in Mittelgebirgsgewässern zu sammeln.

Kies und Kieslaicher im Mittelgebirge

Kies ist ein so typisches Element von Fließgewässern mit großem Gefälle, dass viele Fisch- und alle Rundmaularten dieser Lebensräume lithophil sind – sie legen ihre Eier im Kies ab. „Brutverstecker“ wie die Salmoniden (Forellenverwandte), die Äsche und die Elritze vergraben ihre Eier, während die Neunaugen, Hasel, Döbel, Barbe und Nase nur flache Laichgruben anlegen. Insbesondere die „Brutverstecker“ brauchen Kiesbänke einer gewissen Mächtigkeit. Die Steine müssen außerdem den richtigen Durchmesser aufweisen, damit die Fische sie bewegen können. Ganz wichtig ist eine gute Durchströmung des Interstitials, so dass die Eier und später die Larven mit Sauerstoff versorgt werden. Das tiefe Vergraben der Eier schützt sie vor Umlagerungen der Kiesbänke durch Hochwasser, macht sie aber anfällig für Sauerstoffmangel und Verschmutzung. Besonders lange bleiben die Eier von Forelle und Lachs in den Kiesbänken, nämlich von November/Dezember bis April/Mai.

Lockere, nicht kolmatierende (mit Feinsedimente verstopfende) Kiesbänke gehören also zur typischen Biotopausstattung schnell fließender Bäche und sind unabdingbar zum Erreichen des guten Zustands der Fischfauna entsprechend den Zielen der Wasserrahmenrichtlinie, weil viele Leit- und typspezifischen Arten hier ablaichen.

In den meisten nordrhein-westfälischen Gewässern entsteht Kies derzeit allenfalls in sehr geringem Umfang neu; vielmehr handelt es sich bei den Vorkommen um Kies, der während der Eiszeiten abgelagert wurde. Auch unter natürlichen Bedingungen würde dieser Kies allmählich talabwärts transportiert. Begradigung und Laufverkürzung mit der daraus resultierenden erhöhten Fließgeschwindigkeit

haben diesen Prozess allerdings stark beschleunigt. So ist in vielen Mittelgebirgsbächen der Materialaustrag so stark, dass streckenweise das Grundgebirge freigelegt wurde – ein auf den ersten Blick wild und naturnah erscheinender Anblick, der jedoch ein Zeichen erheblicher Naturzerstörung ist.

Hydraulischer Stress auf der Gewässersohle kann die Jugendstadien lithophiler Arten schädigen, wenn bei erhöhtem Abfluss zu viel Wasser in unnatürlich tiefen Profilen abgeführt wird, statt in die Aue auszufließen und das Gewässerbett dadurch zu entlasten. In unnatürlich eingeschnittenen Gewässern können Eier und Larven verdriftet oder von in Bewegung geratendem Kies zerquetscht werden.

Stauhaltungen können als Geschiebefallen wirken, die den Kiestransport auf unbekannte Zeit unterbrechen. Unterhalb von Wehren und Talsperren fehlt der Kies, was die Eintiefung der Gewässer weiter befördert. Die Aufnahme von Geschiebe durch Seitenerosion ist vielfach durch Uferbefestigungen ausgeschlossen.

Aber auch dort, wo Kiesbänke noch vorhanden sind, erfüllen sie nicht immer die Ansprüche der Kieslaicher. So kann das Interstitial – das Lückensystem im Kies - durch Feinsedimente verstopft werden, die etwa von Äckern oder aus dem Straßenverkehr eingeschwemmt werden. Außerdem kann fehlende Umlagerung von Kies zu einer Verfestigung der Bänke führen. Wie solche Bänke in der Natur locker und feinsedimentfrei bleiben, ist unzureichend erforscht. Hochwasser spielen eine Rolle, wahrscheinlich aber auch durch Totholz initiierte Umlagerungen und der Sedimentrückhalt in Biberstauen in den Oberläufen.

Situation im Einzugsgebiet der Möhne

Das Einzugsgebiet der Möhne ist ein typisches Beispiel für Mittelgebirgsgewässer in Nordrhein-Westfalen mit den „üblichen“ anthropogenen strukturellen Veränderungen wie Laufverkürzung, seitlicher Einengung, Befestigung, Sohleintiefung, Querbauwerken, Stauhaltung und Feinsedimenteintrag. Einige Abschnitte - überwiegend in geschlossenen Waldgebieten - haben naturnahe Strukturen bewahrt. Ungewöhnlich an der Möhne und ihren Zuflüssen ist jedoch der Umfang an Optimierungsmaßnahmen, die in den letzten Jahren stattfanden, u.a. zwei LIFE-Projekte (www.moehne-life.de, www.life-bachtaeler.de).

Die Optimierungsmaßnahmen haben die hydromorphologischen Bedingungen für ein eigendynamisches Entstehen bzw. Regenerieren von Kiesbänken wesentlich verbessert. Die Umgestaltungen besitzen einen Umfang, der eine grundlegende Verbesserung der Situation für Kies und Kieslaicher erwarten lässt – es ist nun zu prüfen, ob diese Verbesserung tatsächlich eintritt. Erfolgskontrollen begleiteten beide LIFE-Projekte. Die begrenzte Dauer der LIFE-Projekte und die Tatsache, dass in beiden Vorhaben einige Maßnahmen erst kurz vor Projektende umgesetzt werden konnten, beeinflussten jedoch die Ergebnisse der Erfolgskontrolle. So reichte die Zeit zwischen Gewässerumbau und Erfolgskontrolle für die aquatischen Tiere oft nicht aus, einen neu trassierten Gewässerabschnitt zu besiedeln bzw. größere Bestände aufzubauen. Einige Arten wie Bachneunauge oder Barbe reproduzieren erst im Alter von mehreren Jahren, so dass eine messbare Reaktion auf die Optimierungsmaßnahmen erst nach Abschluss der LIFE-Projekte wahrscheinlich ist. Ein anschließendes Monitoring war bisher nicht möglich.

Veränderungen der Kiesstruktur nach den Maßnahmen wurden bisher nur im LIFE-Projekt „Möhne“ in der kurzen Zeit zwischen Maßnahmenumsetzung und Projektende in wenigen Probestrecken betrachtet.

Die vorliegende Studie erlaubt nun eine verlässlichere Beurteilung der durchgeführten Renaturierungen mehrere Jahre nach Abschluss der Baumaßnahmen. Der drei Jahre währende Untersuchungszeitraum verringerte außerdem die Gefahr, dass die Ergebnisse der Fisch- und Makrozoobenthos-Untersuchungen von singulären Ereignissen wie z.B. Hochwasser oder Trockenheit beeinträchtigt wurden.

Ziele der Studie

Am Beispiel des Möhne-Einzugsgebietes sollen Grundlagen des Kieshaushaltes von Mittelgebirgsgewässern und sein Einfluss auf Arten dargestellt werden, die auf diese Lebensräume angewiesen sind. Dazu wurden verschiedene Methoden eingesetzt – sowohl „altbewährte“, als auch neue, die im Projekt getestet wurden.

Die Ergebnisse aus dem Einzugsgebiet der Möhne können auf andere Projekte übertragen werden. Sowohl die anthropogenen Beeinträchtigungen der Gewässer als auch die durchgeführten Maßnahmen sind typisch für Mittelgebirgsgewässer in Nordrhein-Westfalen.

Alle Untersuchungsstrecken gehören zu den NRW-Fließgewässertypen „Kleiner Talauebach im Grundgebirge“, „Großer Talauebach im Grundgebirge“ und „Schottergeprägter Fluss des Grundgebirges“; 26,8 % der Gesamtlängelänge des nordrhein-westfälischen Gewässernetzes gehören zu diesen Typen. Ichthyologisch zählen die Möhne und ihre Zuflüsse zu den Fischgewässertypen Forellen- und Äschentyp Mittelgebirge. Die Gewässernetze des gesamten Süderberglands, des Weserberglands und der Eifel weisen Bäche und Flüsse gleichen oder ähnlichen Fischgewässertyps auf.

Von den in allen drei Fischgewässertypen des Möhne-Einzugsgebiets zusammen zu erwartenden 23 Referenzarten leben 16 im Untersuchungsgebiet, darunter alle sechs Leitarten und sechs von acht typspezifischen Arten. Alle vorkommenden Leit- und typspezifischen Arten pflanzen sich im Untersuchungsgebiet fort. Es fehlen bis auf den durch Besatz eingebrachten Aal alle Langdistanzwanderer; auch diese Tatsache ist leider landesweit typisch.

Die vorliegende Studie will also nicht nur die Ergebnisse der Renaturierungen an Möhne, Heve und Großer Schmalenau zusammenfassend darstellen, sondern darüber hinaus die natürlichen morphologischen Prozesse in Mittelgebirgsgewässern verständlich darstellen und Tipps für Optimierungsmaßnahmen geben. Die beiden letztgenannten Aspekte sind in einem zweiten Teil der Studie aufgearbeitet (BUNZEL-DRÜKE et al. 2020), der den Ergebnisbericht ergänzt.

3. Untersuchungsgebiet

3.1 Die Möhne und ihr Einzugsgebiet

Die Möhne ist ein rund 65 km langer Nebenfluss der Ruhr (Abb. 3.1-1). Sie entspringt bei Brilon, fließt in nordwestlicher Richtung auf Rüthen zu und schwenkt hier nach Westen gen Belecke. Ihr Weg führt sie an den Ortschaften Mülheim, Sichtigvor, Allagen und Niederbergheim vorbei nach Völlinghausen, wo sie nach einer Lauflänge von 42,9 km in den Möhnesee einfließt. Unterhalb des von ihr gespeisten Stausees verläuft die Möhne an Günne und Niederense vorbei in Richtung Neheim, wo sie in die Ruhr mündet. Die Möhne bildet auf weiten Teilen ihres Laufweges eine markante Grenze zwischen den naturräumlichen Großlandschaften „Westfälische Tieflandsbucht“ und „Bergisch-Sauerländisches Gebirge“.

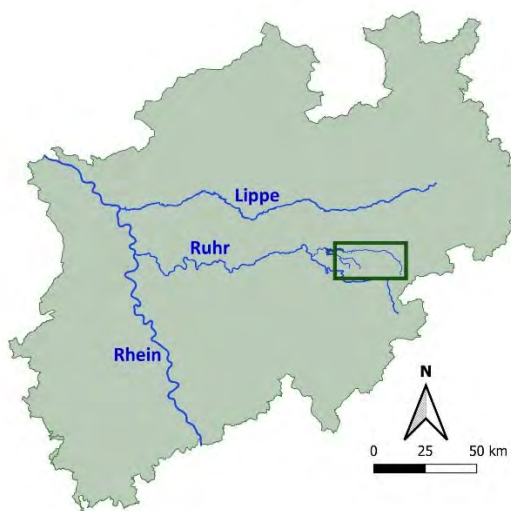


Abb. 3.1-1: Räumliche Lage des Untersuchungsgebietes

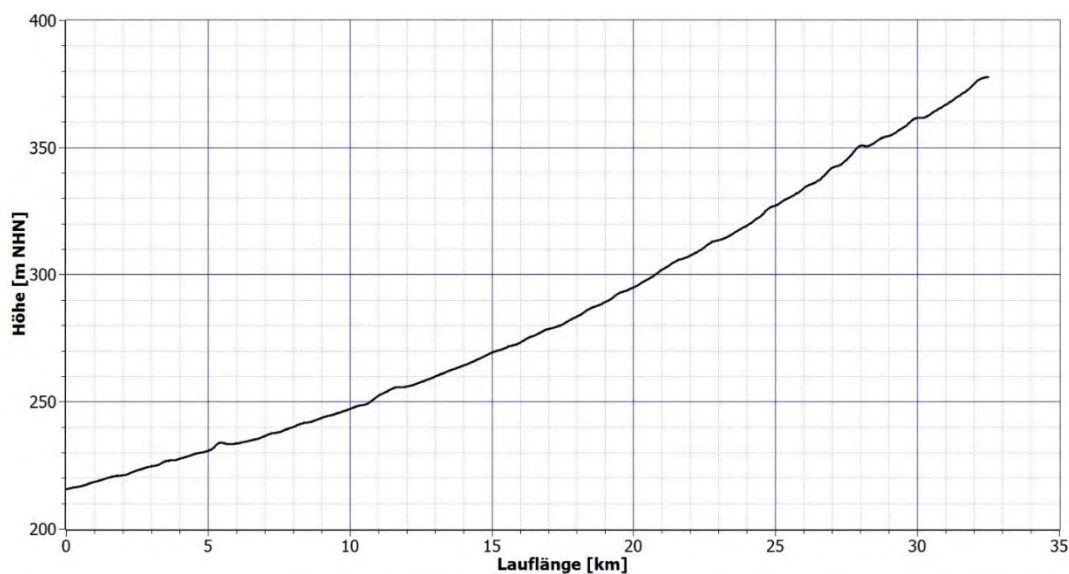


Abb. 3.1-2: Talschnitt der Möhne von der Mündung in die Möhnetalsperre bis zum Oberlauf bei Brilon-Wülfte (Quelle: Bezirksregierung Arnsberg)

Die Quelle der Möhne entspringt auf 545 m NHN, ihre Mündung liegt bei 153 m NHN. Sie überwindet somit einen Höhenunterschied von 392 m bei einem Sohlgefälle von rund 6 ‰ (Abb. 3.1-2).

Für die Abflüsse sind folgende Werte des Pegels Völlinghausen verzeichnet: MNQ: 0,87 m³/s, MQ: 4,38 m³/s, MHQ: 42 m³/s und für den Pegel Belecke folgende Werte: NQ: 0,255 m³/s, MNQ: 0,58 m³/s, MQ: 3,381 m³/s, MHQ: 38,111 m³/s, HQ: 85,593 m³/s.

Das Einzugsgebiet der Möhne hat eine Größe von ca. 468,6 km², hiervon rund 436,3 km² oberhalb der Staumauer. Zu den größeren Nebengewässern der Möhne gehören die Heve, die Glenne und die Wäster (Westerbach). Insgesamt umfasst das Einzugsgebiet der Möhne zwölf Fließgewässer, eingeteilt in 20 Wasserkörper, mit einer Lauflänge von 185,5 km, welche berichtspflichtig im Sinne der Europäischen Wasserrahmenrichtlinie sind. Einige dieser Gewässer weisen eine auffällige Zink- und/oder Cadmiumbelastung auf, welche Folge ehemaliger Bergbautätigkeiten in der Region und einer geogenen Hintergrundbelastung sind.

Die Flächennutzung innerhalb des Einzugsgebietes der Möhne ist forstlich geprägt, nahezu 59 % der Flächen sind mit Wald bestanden. Landwirtschaft findet auf 30,4 % des Gebietes statt, wobei die gewässernahen Flächen oftmals als Grünland mit unterschiedlicher Nutzungsintensität bewirtschaftet werden. Siedlungsbereiche machen 7 %, sonstige Nutzungsformen rund 4 % aus.

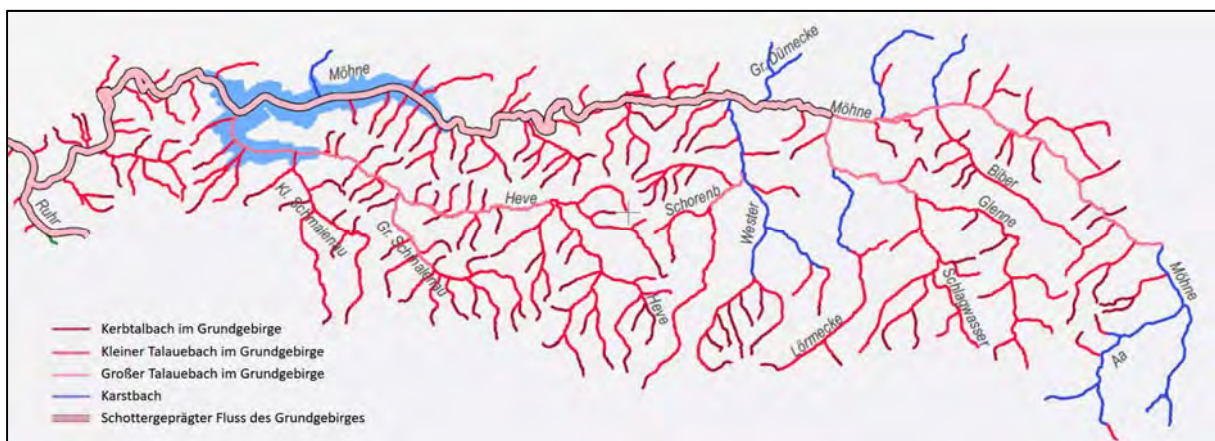


Abb. 3.1-3: Typologie der Gewässer des Möhne-Einzugsgebietes (nach LANUV 2015)

Fließgewässertypologisch wird der Oberlauf der Möhne, von der Quelle bis zur Einmündung der Bermecke nahe Brilon-Wülfte, als Fließgewässertyp 7 (Grobmaterialreicher, karbonatischer Mittelgebirgsbach) betrachtet. Der sich hieran anschließende Abschnitt bis zur Mündung der Glenne oberhalb Belecke ist als Typ 5 (Grobmaterialreicher, silikatischer Mittelgebirgsbach) beschrieben. Der unterste Abschnitt, ab der Glennemündung bis zur Mündung der Möhne in die Ruhr, mit Ausnahme der Möhnetalsperre, gehört zum Fließgewässertyp 9 (Silikatische, fein- bis grobmaterialreiche Mittelgebirgsflüsse) (LANUV 2015).

Fischgewässertypologisch gehört der Oberlauf zum FiGt 01 (Oberer Forellentyp Mittelgebirge). Dieser Abschnitt reicht bis in den Bereich nahe Brilon-Wülfte. Der nach unten angrenzende Bereich des FiGt 02 (Unterer Forellentyp Mittelgebirge) erstreckt sich etwa bis zur Einmündung der Wäster in Belecke. Unterhalb, bis zur Mündung in die Ruhr gehört die Möhne zum FiGt 09 (Äschentyp Mittelgebirge). Hinsichtlich ihrer Strukturgüte (Strukturgütekartierung 2011-2013, s. www.elwasweb.nrw.de) ist die Möhne ein „Flickenteppich“. In Brilon ist sie derart ausgebaut, dass sie als „vollständig verändert“

gilt. Bis nahe Brilon-Wülfte ist das Gewässer „stark verändert“. Strukturell über lange Strecken am besten bewertet ist der Abschnitt bis Rüthen („mäßig verändert“). Ab Rüthen wurde der Fluss in der Vergangenheit stärker ausgebaut, was mit einer allgemeinen strukturellen Verarmung einherging. Bis zum Einlaufbereich in die Möhnetalsperre ist die Bewertung überwiegend „stark verändert“, auch wenn sich punktuell bessere, jedoch streckenweise auch schlechtere Klassifizierungen finden. Unterhalb der Talsperre sind weite Teile der Möhne „vollständig verändert“, als Folge der hier vorhandenen Mühlen- bzw. Wasserkraftnutzung und der damit verbundenen Stauhaltung des Gewässers. Diese strukturellen Defizite und die noch vorhandenen Querbauwerke zeigen ihren negativen Einfluss auch bei der ökologischen Bewertung des Flusses. So ist die Möhne ab Brilon bis in die Nähe von Wülfte als „mäßig“, unterhalb bis zur Mündung in die Ruhr als „unbefriedigend“ bewertet (Ökologische Zustandsklassen, 4. Zyklus, 2015-2018). Zur Klärung kommunaler Abwässer dienen vier größere Kläranlagen direkt an der Möhne (Brilon, Rüthen, Belecke und Völlinghausen), sowie eine in Brilon-Scharfenberg an der Bermecke und eine weitere an der Wäster (Warstein). Ein relevanter Faktor bei der Betrachtung aquatischer Organismen in der Möhne ist der hier vorhandene Querverbau des Gewässers in Form von Wehren zur Wasserkraftnutzung. An einigen Wehren wurden in den vergangenen Jahren Fischaufstiegshilfen installiert, andere Bauwerke bilden noch immer eine unüberwindbare Barriere. Zu den fischrelevanten Querbauwerken gehören u.a. die Wehranlagen bei Rüthen (2 Anlagen), Belecke, Mülheim, Sichtigvor, Allagen (6 Anlagen), Niederbergheim, Günne, Niederense (4 Anlagen), der Enser See, eine Anlage bei Neheim-Moosfelde und natürlich die Möhnetalsperre inklusive Stockumer Damm und dem Damm am Hevevorbecken.



Abb. 3.1-4: Möhne zwischen der Mündung in die Möhnetalsperre (links) und dem Oberlauf bei Brilon-Wülfte, Höhenstufenmodell aus Laserbefliegungen DGM 1 (Quelle: Bezirksregierung Arnsberg): Das im Oberlauf sehr schmale Tal verbreitert sich östlich von Rüthen deutlich. Seine größte Breite erreicht es zwischen Belecke und Allagen, danach wird es wieder enger.

Die Heve ist eines der größten Nebengewässer der Möhne. Sie entspringt südöstlich der Ortschaft Hirschberg auf einer Höhe von 491 m NHN. Von hier fließt sie in nordwestlicher Richtung an Hirschberg vorbei und verschwenkt nach rund acht Kilometern Lauflänge gen Westen nach Möhnesee-Neuhaus. Nach einer Fließstrecke von insgesamt rund 22,3 km mündet sie in den Hevearm der Möhnetalsperre. Bei einem mittleren Sohlgefälle von fast 12 ‰ überwindet sie einen Höhenunterschied von 278 m. In der Ortschaft Neuhaus befindet sich ein vom Ruhrverband betriebener Pegel, für den folgende Abflusswerte verzeichnet sind: NNQ: 0 l/s, MNQ: 57 l/s, MQ: 1,08 m³/s, MHQ: 20,2 m³/s, HHQ: 93,1 m³/s. Das Einzugsgebiet der Heve hat eine Größe von 91,1 km². Es ist ganz überwiegend durch

forstwirtschaftliche Nutzung der großen, an das Gewässer angrenzenden Waldflächen des Arnberger Waldes geprägt. Lediglich im Bereich der Ortschaften Hirschberg und Neuhaus finden sich landwirtschaftliche Flächen, die gewässernah fast ausschließlich als Grünland bewirtschaftet werden. Gewässertypologisch ist die Heve als Typ 5 (Grobmaterialreicher, silikatischer Mittelgebirgsbach) eingeordnet. Als Fischgewässer ist der Oberlauf der Heve bis zur Einmündung der Halle als FiGt 01 (Oberer Forellentyp Mittelgebirge) gekennzeichnet, der sich nach unten anschließende Bereich bis zur Mündung gehört zum FiGt 02 (Unterer Forellentyp Mittelgebirge). Gewässerstrukturell kann die Heve in vier Abschnitte unterteilt werden. Der Oberlauf im Bereich Hirschberg ist „mäßig“ bis „deutlich verändert“. Der Mittellauf bis Neuhaus ist „gering“ bis „unverändert“. Der Abschnitt bis St. Meinolf wurde als „mäßig“ bis „deutlich verändert“ kartiert, während der Unterlauf sich wiederum als „gering“ bis „unverändert“ darstellt (Strukturgütekartierung 2011-2013). Trotz dieser teilweise vorhandenen strukturellen Defizite aufgrund von Ausbaumaßnahmen ist die Heve ökologische durchgehend als „gut“ bewertet (Ökologische Zustandsklassen, 4. Zyklus, 2015-2018). Die Heve wird durch den Damm am Hevevorbecken von der Möhne getrennt. Als weiteres fischrelevantes Hindernis ist der Pegel bei Neuhaus zu nennen, welcher über einen für Fische bei Niedrigwasserabflüssen nicht passierbaren Absturz verfügt.

Die Große Schmalenau ist ein Nebengewässer der Heve. Mit einer Lauflänge von 12,4 km überwindet sie bei einem mittleren Sohlgefälle von fast 19 ‰ einen Höhenunterschied von rund 238 Metern. Die Große Schmalenau entspringt zwischen den Ortschaften Warstein-Hirschberg und Arnberg-Wildshausen nahe der Waldsiedlung Lattenberg. Sie mündet unmittelbar oberhalb von Möhnese-Neuhaus in die Heve. Ihr Einzugsgebiet hat eine Größe von 18,3 km² und ist, bis auf wenige Grünlandflächen im Mündungsbereich, komplett bewaldet. Wie auch die Heve ist die Große Schmalenau gewässertypologisch als Typ 5 (Grobmaterialreicher, silikatischer Mittelgebirgsbach) beschrieben. Fischgewässertypologisch ist die Große Schmalenau fast genau mittig zweigeteilt. Der oberer Bereich ist FiGt 01 (Oberer Forellentyp Mittelgebirge), die untere Hälfte FiGt 02 (Unterer Forellentyp Mittelgebirge). Die Gewässerstruktur des Baches ist überwiegend „gering“ bis „mäßig verändert“ (Strukturgütekartierung 2011-2013). Dieser weitgehend naturnahe Zustand des Baches spiegelt sich auch in der ökologischen Bewertung, welche das Gewässer durchgehend als „gut“ kennzeichnet (Ökologische Zustandsklassen, 4. Zyklus, 2015-2018). Fischrelevante Querbauwerke in Form von Wehren sind an der Großen Schmalenau nach der ökologischen Umgestaltung inzwischen nicht mehr vorhanden.

Für den Erhalt der Natur sind im Einzugsgebiet der Möhne zahlreiche Schutzgebiete ausgewiesen worden. Im Möhnetal selbst sind dies die FFH-Gebiete DE-4516-302 „Möhne Oberlauf“ und DE-4515-304 „Möhne Mittellauf“, sowie das Vogelschutzgebiet DE-4514-401 „Möhnese-“. Ebenfalls unmittelbar an der Möhne bzw. der Möhnetalsperre befinden sich die Naturschutzgebiete „Oberes Möhnetal“ und „Möhnetal“, der „Hevearm und Hevesee“ sowie der „Enser See“.

Angrenzend an die Möhne und von Heve und Großer Schmalenau durchflossen ist das FFH-Gebiet DE-4514 „Arnberger Wald“. Weitere Naturschutzgebiete an Nebengewässern der Möhne sind „Wäsertal“, „Lörmecketal“, „Bibertal“. Zudem sind weite Teile des Einzugsgebietes der Möhne als Landschaftsschutzgebiet ausgewiesen.

3.2 Optimierungsmaßnahmen im Einzugsgebiet der Möhne

Größere wasserbauliche Maßnahmen zur Verbesserung der Habitatfunktion der Gewässer sowie zur Wiederherstellung der ökologischen Durchgängigkeit an Querbauwerken werden an der Möhne und ihren Nebengewässern seit 2006 durchgeführt. Maßnahmenträger dieser Umgestaltungen waren private Investoren (u.a. Durchgängigkeit an Wehren mit Wasserkraftnutzung), der Hochsauerlandkreis sowie der Kreis Soest in Zusammenarbeit mit den jeweiligen Gemeinden.

Die umfangreichsten Umgestaltungsmaßnahmen wurden zudem in zwei von der Europäischen Union kofinanzierten LIFE-Projekten getätigt, welche federführend der Kreis Soest (LIFE-Projekt Möhne) bzw. die Arbeitsgemeinschaft Biologischer Umweltschutz, Biologische Station Soest (LIFE-Projekt Bachtäler im Arnsberger Wald), leiteten und die mit verschiedenen Kooperationspartnern, darunter das Lehr- und Versuchsforstamt Arnsberger Wald, der Hochsauerlandkreis und die Biologische Station HSK, erfolgreich umgesetzt wurden. Die durchgeführten Maßnahmen zielten auf die Verbesserung der Habitatqualität innerhalb des Gewässers sowie der umgebenden Aue.

Die folgende Zusammenfassung der bislang umgesetzten Maßnahmen konzentriert sich auf die Möhne oberhalb des Möhnesees, die Heve und die Große Schmalenau. An anderen Nebengewässern der Möhne, wie z.B. der Biber bei Rüthen, der Wäster bei Belecke und Warstein oder der Glenne unterhalb Kallenhardt sind eine Vielzahl weiterer Maßnahmen erfolgt, die hier jedoch nicht betrachtet werden.

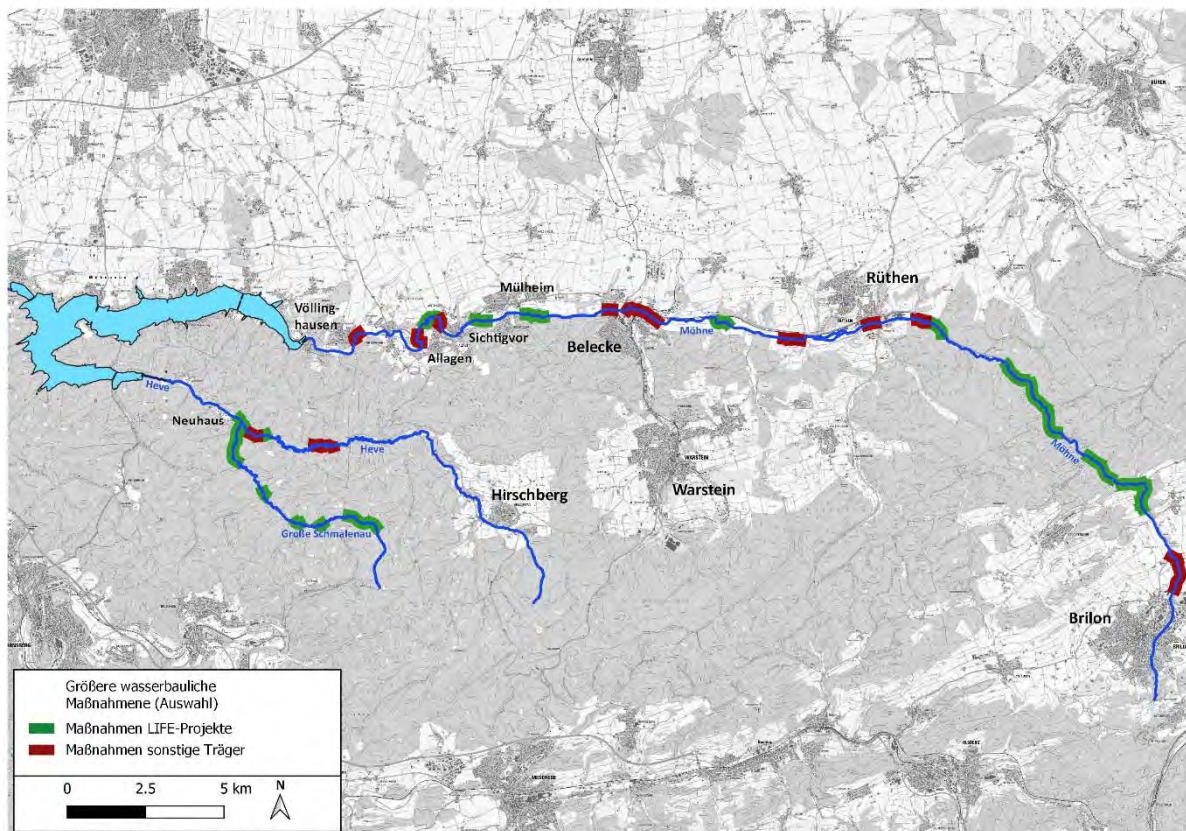


Abb. 3.2-1: Größere Optimierungsmaßnahmen an Möhne, Heve und Großer Schmalenau seit dem Jahr 2000

Möhne

Eine der ersten größeren Maßnahmen an der Möhne ist 2006 bei Allagen durchgeführt worden. Hier wurde zur Abmilderung von Hochwasserereignissen eine Flutrinne angelegt, welche bei höheren Abflüssen als zusätzliches Gerinne für den Fluss fungiert. Der Kreis Soest, der diese erste Umgestaltung durchführte, setzte auch eine der ersten „Entfesselungsmaßnahmen“ an der Möhne im Jahr 2007 um. Hierbei wurden ein rund 400 Meter langer Abschnitt des Gewässers von Uferbefestigungen befreit und Gewässeraufweitungen und teilweise Neutrassierungen vorgenommen. In der Zeit von 2010 bis 2015 leitete die Kreisverwaltung Soest das LIFE-Projekt „Möhneau“ zur Optimierung der FFH-Gebiete Möhne Ober- und Mittellauf. Teil dieses Projektes waren neben unterschiedlichsten Maßnahmen zur Verbesserung der Gewässeraue auch eine Vielzahl von Renaturierungen am Fluss selbst. Hierzu gehörten u.a. die Wiederherstellung der Durchgängigkeit an zwei größeren Wehranlagen, die Neutrassierung des Gewässers auf mehreren Kilometern Länge und der Rückbau zahlreicher kleinerer Wanderhindernisse im Fluss. Flankierend zu den Maßnahmen des LIFE-Projektes setzte der Kreis Soest im selben Zeitraum Umbauarbeiten an mindestens fünf Querbauwerken um, die überwiegend durch Laufverlängerungen durchgängig gestaltet wurden. In 2017 ist mit der Entfernung des Uferverbau und einer umfangreichen Gewässeraufweitung auf rund 300 Metern Länge bei Völlinghausen die bislang letzte Renaturierung an der Möhne erfolgt. Insgesamt wurden in mindestens 28 Maßnahmenabschnitten rund 11.500 Meter des Flusslaufes unter ökologischen Gesichtspunkten verändert. Dies entspricht ca. 27 % des Gesamtlaufes der Möhne oberhalb des Möhnesees. Einige weitere Abschnitte befanden sich bereits in einem naturnahen Zustand.

Heve

Die Maßnahmen an der Heve lassen sich in zwei Projekte einteilen. Zum einen gestaltete die Kreisverwaltung Soest drei Teilbereiche des Gewässers neu bzw. verlegte den Bach in begradigten Abschnitten wieder in alte Schlingen, die teilweise noch vorhanden waren. Diese Maßnahmen wurden bereits vor 2010 durchgeführt.

Größere Umgestaltungen wurden in einem von 2009 bis 2014 federführend durch die Arbeitsgemeinschaft Biologischer Umweltschutz, Biologische Station Soest, geleiteten LIFE-Projekt „Bachtäler im Arnsberger Wald“ getätigt. Hierbei waren sowohl Neutrassierungen und Laufverlängerungen des Gewässers, als auch Verbesserungen des Auenwasserhaushaltes im Fokus. Insgesamt wurden in fünf Maßnahmenabschnitten ca. 2.200 Meter der Heve naturnah gestaltet. Dies entspricht etwa 10 % der Gesamtlauflänge.

Große Schmalenau

Die Renaturierungsmaßnahmen an der Großen Schmalenau gehen ausschließlich auf das LIFE-Projekt „Bachtäler im Arnsberger Wald“ in der Zeit zwischen 2009 und 2014 zurück. Neben der Optimierung des Durchflusses bzw. der Durchwanderbarkeit von mehreren Brückenbauwerken und der Beseitigung eines alten Wehres für aquatische Organismen, wurde der Bach auf zwei langen Teilabschnitten vollständig renaturiert, da hier in der Vergangenheit Gewässerbegradigungen vorgenommen worden waren, die erhebliche negative Folgen für die Lebensgemeinschaft dieses Sauerlandbaches hatten. Das Gewässer wurde derart neugestaltet, dass ehemals verlorene Lauflängen in Form neuer oder noch im Gelände vorhandener Schlingen wieder in den Laufweg der Großen Schmalenau integriert wurden. Insgesamt wurden in sechs Maßnahmenabschnitten rund 2.900 Meter des Baches renaturiert, was ca. 23 % der Gesamtlauflänge entspricht.

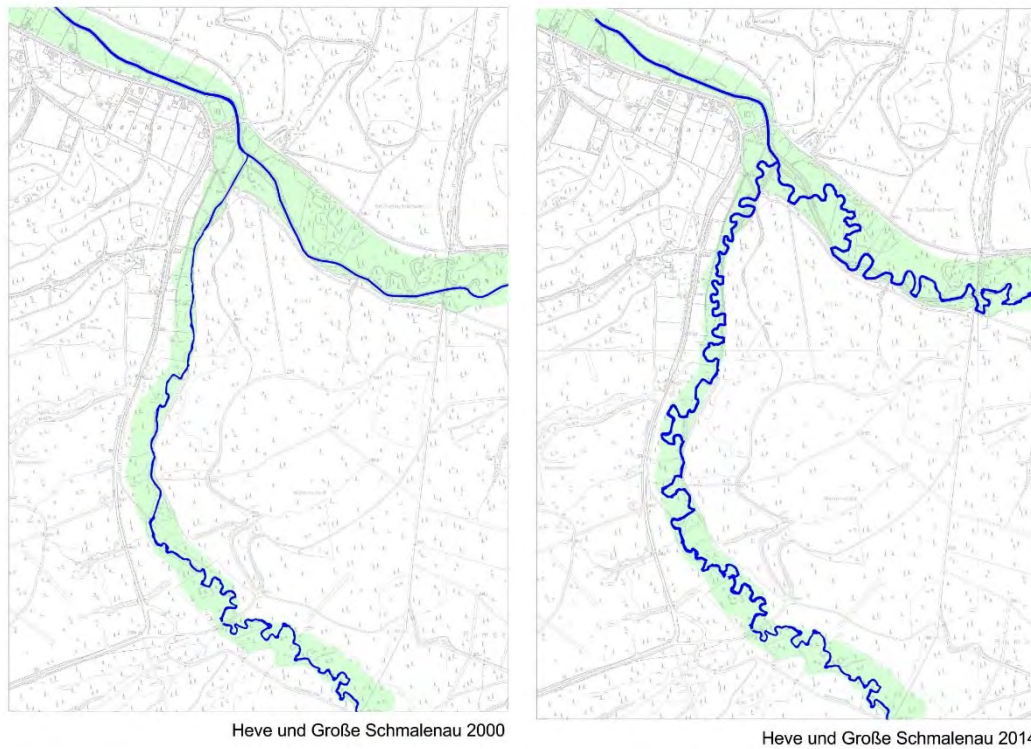


Abb. 3.2-2: Heve und Große Schmalenau vor und nach Durchführung des LIFE-Projektes „Bachtäler im Arnsberger Wald“



Abb. 3.2-3: Das neue, flache Bett der Großen Schmalenau wird durch Entnahme einer wenige Dezimeter mächtigen Auelehmauflage auf dem Talkies ausgebildet.



Abb. 3.2-4: Nach der Fertigstellung mäandriert die Große Schmalenau wieder durch ihre gesamte Aue.



Abb. 3.2-5: Die „neue“ Große Schmalenau

3.3 Auswahl der Probestrecken

Leitgedanke bei der Auswahl der Probestrecken für die Untersuchung der Fischfauna, der verschiedenen Kies-Analysen und der Makrozoobenthos-Beprobungen war der Vergleich verschiedenartiger Gewässerabschnitte, die entweder:

- von sich aus **naturnah** sind, da hier kein Gewässerausbau stattgefunden hat und somit auch keine Renaturierungsmaßnahmen durchgeführt werden mussten (z.B. Heve Strecke 4 „Wildwiese“ oder Möhne Strecke 17 „Fliegenwald“) oder
- **bedingt naturnah** erscheinen, an denen also ein Gewässerausbau stattgefunden hat (z.B. Gewässerbegradigung), die aber morphologisch dennoch viele Habitatrequisiten enthalten, die man an naturnahen Gewässerabschnitten findet, u.a. Furten, Kolke, Totholz oder Kiesbänke (z.B. Möhne Strecken 10 „oberhalb Merpke“ und 16 „KA Beleck“) oder
- **renaturiert** wurden, die also durch den ehemals hier durchgeführten Gewässerausbau derart umgestaltet waren, dass eine ökologische Aufwertung des Gewässers nur durch aufwendige Umgestaltungsmaßnahmen zu erreichen war, die meistens Neutrassierungen des Gewässerlaufes umfassen, dem Fließgewässer also ein neues, unbefestigtes Gewässerbett zur Verfügung stellen (z.B. Heve Strecke 3 „Carabus-Altarm“ oder Möhne Strecke 21 „Sägewerk Fisch“) oder
- noch **ausgebaut** sind, sich also in einem laufverkürzten, begradigten und meistens mit Uferbefestigungen verbauten Zustand befinden, in dem wenig bis keine eigendynamischen Veränderungen des Gewässerlaufs möglich sind und in dem wesentliche Habitatrequisiten wie z.B. Kiesbänke weitgehend fehlen (z.B. Heve Strecke 1 „Pegel Neuhaus“ oder Möhne Strecke 9 „KA Völlinghausen“).

Ziel der Untersuchungen war die Gegenüberstellung von Daten aus den oben genannten Gewässerausbau-Kategorien. Den Anfang machten hierbei die Elektrobefischungen in den beiden LIFE-Projekten, die zeitlich mehrere Jahre vor den hier dargestellten Untersuchungen durchgeführt wurden (s. Kap. 3.2).

Die für dieses Projekt ausgewählten Befischungsstrecken decken sich überwiegend mit denen, die in den beiden genannten LIFE-Projekten befischt wurden. Hierdurch erhält man größere Datenmengen und Zeitreihen aus identischen Probestrecken, was verschiedene Auswertungen erst ermöglicht und einen erheblich besseren Eindruck von Populationsentwicklungen verschiedener Fischarten ergibt. Von den vier untersuchten Probestrecken in der Heve sind drei identisch mit den Strecken des LIFE-Projektes „Bachtäler im Arnsberger Wald“. An der Großen Schmalenau gilt dies für alle Probestrecken. An der Möhne sind 22 Probestrecken elektrofischereilich untersucht worden, von denen 17 mit den Untersuchungsabschnitten aus dem LIFE-Projekt „Möhneau“ übereinstimmen. Die restlichen Strecken wurden so ausgewählt, dass pro Untersuchungs-gewässer mindestens ein ausgebauter Abschnitt mit beprobt wurde. Zudem sollten möglichst ein ausgeglichenes Verhältnis zwischen Probestrecken im renaturierten Zustand und solchen in einem anderen Ausbauzustand erreicht werden. Schlussendlich sollten auch renaturierte Bereiche beprobt werden, deren Maßnahmenumsetzung nicht in einem der LIFE-Projekte erfolgte bzw. die in diesen Projekten nicht untersucht wurden.

Die Untersuchungsstrecken des Makrozoobenthos sind an die Probestrecken der Elektrobefischungen angelehnt. Ziel war hierbei immer die Beprobung von „Streckenpaaren“, also die Gegenüberstellungen der Daten aus einem Umgestaltungsabschnitt mit solchen eines räumlich nahe gelegenen Abschnitts im Ausbauzustand. Da die Makrozoobenthos-Organismen wesentlich weniger mobil sind als Fische, waren hier die räumlichen Distanzen der einzelnen Untersuchungsabschnitte zueinander bei den „Streckenpaaren“ deutlich geringer, als dies bei den Fischuntersuchungen der Fall war.

Die Kies-Untersuchungsbereiche orientieren sich ebenfalls an den Befischungstrecken, sind jedoch, je nach durchgeführter Methodik (z.B. Tachymeter-Vermessungen) zum Teil wesentlich länger. Nähere Angaben hierzu finden sich im Kapitel 4.

In Tabelle 3.3-1 sind alle im Bericht erwähnten Probestrecken aufgeführt, auch zusätzliche Strecken des LANUV NRW, von denen Daten in verschiedene Auswertungen eingingen. Wenn Probestrecken in der Tabelle mehrere Nummern haben, werden nachfolgend die „Kies-Nummern“ verwendet.

Abbildung 3.3-1 zeigt die Lage der Elektrofischerei- und Kies-Probestrecken des „Kies-Möhne-Projektes“. Die Probestrecken der Makrozoobenthos-Untersuchungen sind in Abbildung 4.5-1 abgebildet.

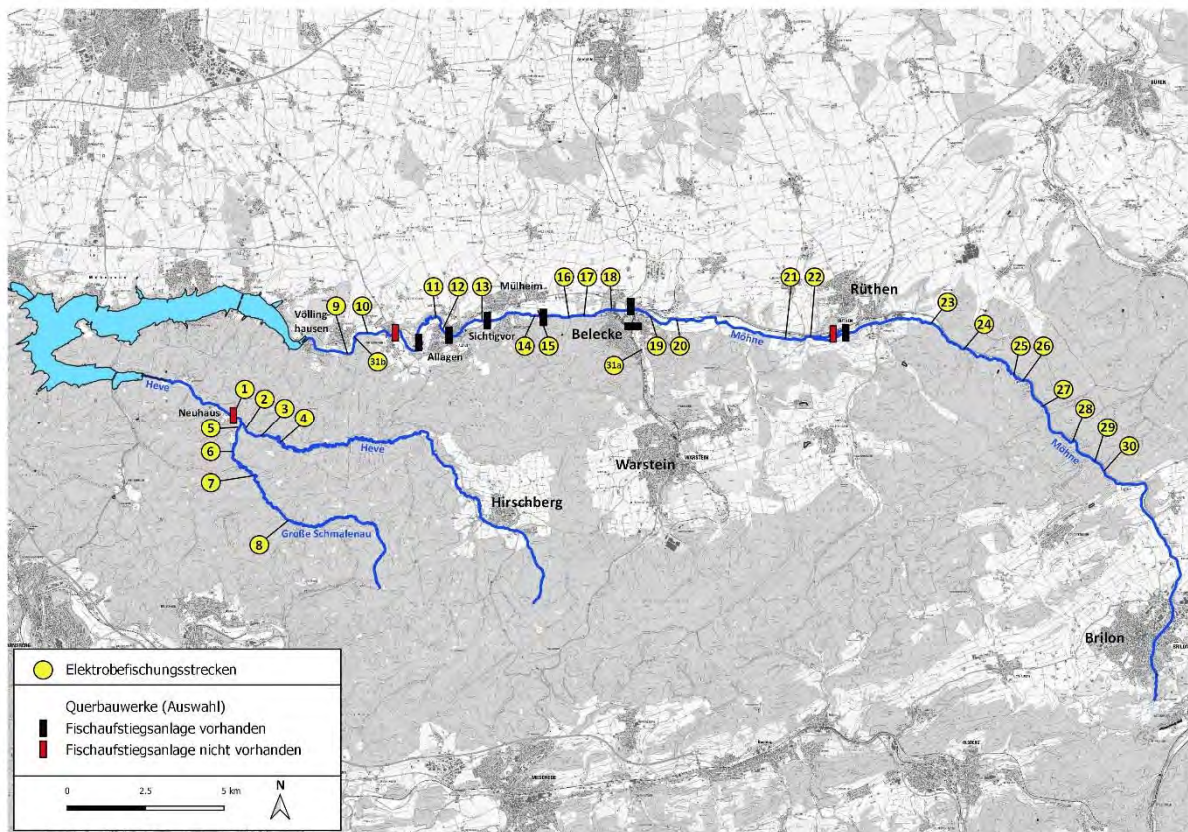


Abb. 3.3-1: Lage der 2017 bis 2019 untersuchten Elektrofischerei- und Kies-Probestrecken an Möhne, Heve und Großer Schmalenau

Tab. 3.3-1: Liste der im vorliegenden Bericht behandelten Probestrecken (wenn eine Strecke in verschiedenen Projekten unterschiedliche Nummern oder Bezeichnungen trägt, sind diese mit aufgeführt, um eine Identifikation der Strecken zu erleichtern; Vorrang hat jedoch nachfolgend die Verwendung der „Kies-Nummern“).

Gewässer	Nr. Kies	Nr. MZB Kies	Nr. Fische LIFE	Nr. Fische LANUV	Nr. MZB LANUV	Name	Auswahl nach Ausbauzustand, Naturnähe
Heve	-	-	-	ruh-09-35	-	Brücke Wilhelmsruh	bedingt naturnah
	1	-	-	-	-	Pegel Neuhaus	ausgebaut
	2	-	L01	-	-	oberhalb GRS	renaturiert
	3	-	L02	-	-	Carabus-Altarm	renaturiert
GRS	4	-	L03	-	-	Wildwiese	naturnah
	5	-	L05	-	-	Neuhaus	renaturiert
	6	-	L06	-	-	ehemaliges Wehr	renaturiert
	7	-	L07	-	-	Teufelssiepen	naturnah
	-	-	-	ruh-09-31	-	-	naturnah
	u 08	-	-	-	-	unterhalb Donnerscher Weg	naturnah
Möhne	8	-	L08	-	-	Donnerscher Weg	bedingt naturnah
	9	9	1	-	-	KA Völlinghausen	ausgebaut
	31b	31b	-	-	-	unterhalb Merpke (oh KA Völlinghausen)	renaturiert
	10	10	2	-	-	oberhalb Merpke (Niederbergheim)	bedingt naturnah
	o 10	-	-	-	-	oberhalb 10 (u Niederbergheim)	bedingt naturnah
	11	11	4	-	-	Ersatzaue Allagen (Allagen_r)	renaturiert
	12	12	5	-	-	unterhalb Wehr Schöne (Allagen_d)	bedingt naturnah
	13	-	-	-	-	Fischaufstieg Allagen	renaturiert
	14	-	7	-	-	Ausleitung Wehr Eiling	naturnah
	15	-	6	-	-	Mühlengraben Wehr Eiling	bedingt naturnah
	16	-	8	-	-	KA Beleck	bedingt naturnah
	-	-	-	ruh-09-61	-	Mündung Breiter Siepen	bedingt naturnah
	17	17	9	-	-	Fliegenwald	naturnah
	18	18	-	-	-	Infineon	ausgebaut
	19	19	10	-	-	Schule Beleck (Schule Beleck_r)	renaturiert
	-	19a	-	-	-	Schule Beleck_d	bedingt naturnah
	20	-	11	-	-	Drewerheide	bedingt naturnah
	-	21a	-	-	M16a	oh Glenne_d	bedingt naturnah
	21	21	-	-	-	Sägewerk Fisch (SW Fisch_r)	renaturiert
	22	22	-	-	-	KA Rütten (SW Fisch_d)	ausgebaut
	23	-	14	-	-	Aalbeck	renaturiert
	o 23	-	-	-	-	oberhalb 23 (Aalbeck oben)	bedingt naturnah
	24	-	15	-	-	unterhalb Romecke	bedingt naturnah
	-	-	-	ruh-09-96	-	Mündung Romecke	bedingt naturnah
	-	25a	-	-	M10a	uh Heidberg_r	renaturiert
	25	-	17	-	-	unterhalb Heidberg	renaturiert
	26	-	18	-	-	Heidberg	renaturiert
	27	27	19	-	-	NATO-Lager	renaturiert
	28	-	20	-	-	unterhalb Wünnenbeck	bedingt naturnah
	29	-	-	-	-	ehemalige Fischteiche	renaturiert
30	30	22	-	-	Bhf Scharfenberg	renaturiert	
o 30	-	-	-	-	oberhalb 30 (Bhf Scharfenberg oben)	renaturiert	
-	30a	-	-	M4a	In Wülfte	renaturiert	
Wäster	31a	-	-	-	-	Wäster	bedingt naturnah

Alle Probestrecken sind frei fließend; gestaute Abschnitte kamen für die Untersuchung nicht in Frage.

Die Fotos der Abbildungen 3.3-2 bis 3.3-11 vermitteln einen Eindruck typischer Probestrecken. Steckbriefe der meisten Strecken mit weiteren Fotos sind in Kapitel 5.4 enthalten.



Abb. 3.3-2: Probestrecke 7, Große Schmalenau am Teufelssiepen (naturnah)



Abb. 3.3-3: Probestrecke 10, Möhne oberhalb der Merpke (bedingt naturnah)

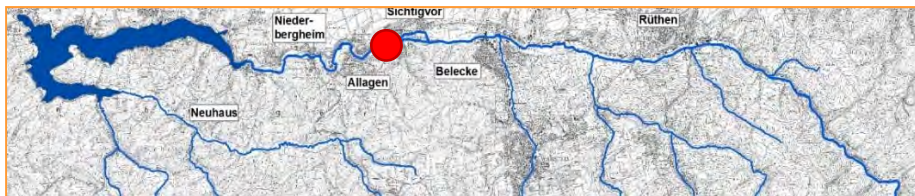


Abb. 3.3-4: Probestrecke 11, Möhne Fischaufstieg Allagen (renaturiert)



Abb. 3.3-5: Probestrecke 15, Möhne-Mühlengraben Wehr Eiling (bedingt naturnah)



Abb. 3.3-6: Probestrecke 17, Möhne Fliegenwald (naturnah)



Abb. 3.3-7: Probestrecke 18, Möhne Infineon (ausgebaut)

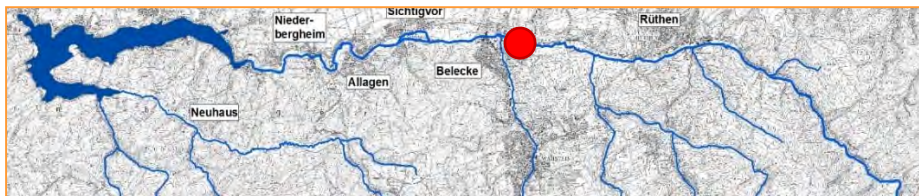


Abb. 3.3-8: Probestrecke 19, Möhne Schule Belecke (renaturiert)



Abb. 3.3-9: Probestrecke 22, Möhne KA Rüthen (ausgebaut)



Abb. 3.3-10: Probestrecke 25, Möhne unterhalb Heidberg (renaturiert)



Abb. 3.3-11: Probestrecke 30, Möhne Bhf Scharfenberg (renaturiert)

4 Methoden

4.1 Methoden: Erfassung der Kiesbänke

Die Dokumentation von Kiesstrukturen im Gewässerbett ist allein vom Boden aus sehr zeitaufwändig. Daher wurde im vorliegenden Projekt die Entscheidung getroffen, die Strukturen in Luftbildern zu erfassen und im GIS-Programm zu dokumentieren. Dazu sind aktuelle und genaue Luftbilder erforderlich. Diese Anforderungen erfüllen die üblichen Luftbilder aus Flugzeugbefliegungen nicht, daher wurde in der vorliegenden Untersuchung eine Drohne eingesetzt.



Abb. 4.1-1: Drohneneinsatz

Die Entwicklung der Drohnentechnik der letzten Jahre ermöglicht es heute, geeignete Luftbildkarten selbst zu erstellen. Die Methode ist jedoch in der Gewässerkartierung noch recht neu. Anwendungsempfehlungen zur Erfassung von Kiesstrukturen in Mittelgebirgsbächen sind jedoch bisher nicht verfügbar. Die Methode wurde im Rahmen dieses Projektes erprobt und zu einer praktikablen, schnellen und ausreichend genauen Methode entwickelt. Sie wird nachfolgend beschrieben.

Für die Aufnahme der Gewässerstrukturen werden zunächst senkrechte Luftbilder mit einer Drohne gemacht. Die Luftbilder werden am PC georeferenziert und zu einem flächigen Luftbild (Mosaik) zusammengesetzt. Dieses sog. „Drone-mapping“ findet bereits in vielen Bereichen Anwendung. Anschließend wird das Luftbild in ein GIS-Programm geladen, und die verschiedenen Strukturen des Gewässers werden digital kartiert. Diese Daten können anschließend ausgewertet werden und liefern Daten und Erkenntnisse über den Zustand der Gewässer- und Kiesstruktur.



Abb. 4.1-2: Verwendete Drohne

Zeitpunkt der Befliegung

Für die Wahl des Zeitpunktes der Befliegung gibt es mehrere Faktoren und Restriktionen zu beachten.

Für gute und vergleichbare Ergebnisse sollten folgende Punkte erfüllt sein:

- Uhrzeit: um die Mittagszeit +/- 1 h zum Sonnenhöchststand des Tages (tiefer Sonnenstand stört, wenn langer Schattenwurf die Gewässersohle beschattet),
- Jahreszeit: Winterhalbjahr,
- Vegetation: blattlos,
- Wasserstand: möglichst Niedrigwasser,
- Trübung: möglichst gering und geringer Algenwuchs am Grund,
- Witterung: möglichst geringer Wind, kein Regen und keine Schneedecke,
- Himmel: blau und wolkenlos (Bewölkung kann durch Spiegelungen des Himmels auf der Wasseroberfläche den Blick auf die Gewässersohle beeinträchtigen),
- Zeitbedarf: im Mittel 30 Minuten pro 200 Meter, zusätzlich Aufbau und An-/Abfahrt.

Die genannten Voraussetzungen schränken die möglichen Flugtage pro Jahr ein, daher ist es sinnvoll, die Ausrüstung flugbereit im Schrank zu haben und gelegentliche Probeflüge zu tätigen.

Außerdem müssen die Befliegungen mit den zuständigen Behörden und ggf. der Schutzgebietsbetreuung rechtzeitig abgestimmt werden. Aus den oben aufgelisteten Restriktionen ergibt sich ein Befliegungszeitraum im Winter oder vorzugsweise im frühen Frühjahr vor der Brutzeit. Zu dieser Zeit hat der Blattaustrieb noch nicht eingesetzt und der Sonnenstand ist höher als zum vergleichbarem Belaunungsgrad im Herbst.

Fazit: Es gibt nur wenige gute Flugtage im Jahr, an denen Luftbilder gemacht werden können, daher sollte jeder gute Flugtag genutzt werden.

Voraussetzung des Gewässers für eine Befliegung

Für die Luftbildkartierung mit einer Drohne muss das Gewässer einige Voraussetzungen erfüllen. Das Wasser sollte klar und nicht zu tief sein, damit auch unter Wasser liegende Strukturen von Kies, Totholz oder Feinsediment zu erkennen sind. Das Gewässer muss gut einsehbar sein. Dabei stellen einige Bäume am Ufer, die mit ihrer Krone über das Gewässer reichen, kein Ausschlusskriterium dar, weil im laublosen Zustand durch die Äste gesehen werden kann. Bei großen Bäumen kann die Drohne auch unter den Ästen hindurch fliegen oder von der Seite unter die Baumkronen fotografieren. Es ist wichtig, dass der Pilot die Drohne immer im Auge hat und die Steuerung sehr gut beherrscht - besonders bei Aufnahmen im Bereich von Baumkronen oder unter Ästen. Bei einer Kollision der Drohne mit einem Ast ist ein Absturz ins Wasser sehr wahrscheinlich.



Abb. 4.1-3: Überblick über einen gut zu befliegenden Gewässerabschnitt (Ersatzaue der Möhne bei Allagen (Blickrichtung aufwärts))

Tief eingeschnittene, begradigte, in der Sohle schmale und mit Gehölzen zugewachsene Gewässerabschnitte sind mittels einer aktuellen Luftbildkarte aus einer Drohnenbefliegung leichter vom Boden aus zu kartieren. Der Kartierer kann sich anhand des aktuellen Luftbildes leicht orientieren und die

Strukturen lagegenau in die Karte aufnehmen, ohne weitere technische Hilfsgeräte zu gebrauchen. Eine Fotodokumentation ist jedoch auch hier sinnvoll.



Abb. 4.1-4: Dieses Gewässer ist schwer zu befliegen (Probestrecke 1 an der Heve am Pegel Neuhaus).

Fazit: Die meisten Gewässer mit Kiesstrukturen ließen sich sehr gut befliegen. Bei einigen ist nur ein Übersichtluftbild möglich, dieses ist dann eine unersetzliche Kartengrundlage für die Bodenkartierung.

Fluggerät und Ausstattung

Es gibt mittlerweile eine große Auswahl an Drohnen mit eingebauten guten bis sehr guten Kameras. Für die Erstellung von Luftbildkarten werden Senkrechtaufnahmen benötigt, dafür ist es erforderlich, dass die Kamera nach unten geschwenkt werden kann. Die Schwenkeinrichtung wird „Gimbal“ genannt, sie dämpft und stabilisiert die Kamera im Flug. Die benötigte Flugzeit für einen 200 Meter langen Bachabschnitt beträgt je nach Struktur und Schwierigkeitsgrad sowie Erfahrung des Piloten ca. 20 bis 45 Minuten. Daher sollte die Akkukapazität ausreichend gewählt sein, Ersatz-Akkus sollten bereitliegen. Die Kamera sollte mindestens eine HD-Auflösung haben, mittlerweile sind auch Kameras mit 4K- Auflösung erschwinglich. Die Bilder und Videos werden auf einer Speicherkarte in der Drohne gespeichert. Spiegelungen des Himmels oder von Bäumen können den Durchblick der Wasseroberfläche verhindern, daher hat es sich als sehr nützlich erwiesen, die Kamera mit einem guten Polarisationsfilter auszustatten. Spiegelungen können so deutlich reduziert werden.

Die Drohne wird über eine Fernsteuerung bedient, für die Bildübertragung wird ein Smartphone oder ein Tablet an der Fernsteuerung angeklickt. Auf diesen Endgeräten läuft eine Software (App) für die Drohne, über die Live-Bilder, Flugdaten und Karten angezeigt werden. Die Endgeräte sollten eine mobile Datenverbindung zum Internet haben, damit Hintergrundkarten oder Satellitenbilder angezeigt werden können. Dies ermöglicht eine Übersicht über die Flugroute.

Bildeinstellung und Aufnahmemodi werden ebenfalls über die App eingestellt und gesteuert. Außerdem lassen sich Flugrouten programmieren.

In diesem Projekt kam eine Drohne „Phantom 3 Advanced“ von DJI (Baujahr 2016) zum Einsatz. Es wurde eine 32 GB Micro SD-Karte in der Drohne verwendet. Insgesamt sechs Akkus ermöglichten eine lange Flugzeit. So ließen sich mehrere Probestrecken pro Tag bearbeiten. Die werkseitig eingebaute Kamera hat eine Auflösung in HD-Qualität und wurde mit einem aufschraubbaren Polarisationsfilter der Firma Polaris nachgerüstet. Die Drohne kann Fotos und Videos aufnehmen. Es wurden zwei verschiedene Endgeräte für die Fernsteuerung erprobt: ein Smartphone CAT 40 (Baujahr 2017) und ein Tablet Samsung TAB 10 Galaxy (Baujahr 2018).

Für die Steuerung der Drohne über die Endgeräte wurden folgende Apps getestet:

- DJI Go (jeweils in den aktuellsten Versionen 2017 bis 2020),
- Litchi for DJI Drones Version (4.17.0g).

Es ist sinnvoll, die Software der Drohne, der Fernsteuerung und der jeweiligen App regelmäßig zu aktualisieren und vor jedem Flug zu Hause auf Aktualität zu überprüfen. Denn passen die jeweiligen Programmversionen der verschiedenen Geräte nicht zusammen, fliegt die Drohne nicht.

Für die Bildverarbeitung ist ein PC oder Laptop erforderlich, auf dem die benötigten Bildverarbeitungs- und GIS-Programme schnell und sicher laufen.

Fazit: Flugausrüstung und die PC-Ausstattung sind leicht verfügbar, die Kosten überschaubar. Die Dokumentationsqualität ist hervorragend und durch zusätzliche Videos sehr anschaulich.

Durchführung der Befliegung

Für die Luftbildkartierung werden überlappende Senkrechtaufnahmen des Gewässers und der Umgebung benötigt. Es hat sich in diesem Projekt gezeigt, dass es sinnvoll ist, Bilder aus zwei Flugebenen zu kombinieren. Zuerst wird das Gebiet aus einer Überflugebene fotografiert. Dabei wird das Gebiet streifenartig überflogen. Es ist zur Orientierung bei der Auswertung wichtig, möglichst viele umliegende Strukturen wie Straßen, Häuser, Waldwege oder Brücken mitaufzunehmen. Die Übersichtsbilder werden in einer Flugebene zwischen 50 bis 100 Metern Höhe gemacht.

Der zweite Befliegungsdurchgang erfolgt in einer tieferen Ebene im Tiefflug von ca. 5 bis 20 m Höhe. Es wird direkt über dem Gewässerlauf geflogen. Die Flugebenen der jeweiligen Bilderserien sollten während der Befliegung möglich konstant gehalten werden, da sonst bei der späteren Bildverknüpfung Probleme auftreten können.

Die Übersichtsbilder sind wichtig, um später im GIS-Programm die lagegenaue Anpassung der Luftbildkarte zu überprüfen. Durch die Tiefflugbilder wird die Detailschärfe der Luftbildkarte deutlich erhöht. Diese werden auf die Übersichtsluftbildkarte im GIS gelegt und anhand dieser georeferenziert.

Die Bildbelichtung sollte nach Möglichkeit konstant eingestellt bleiben. Manchmal ist es jedoch wegen der Beschattung des Gewässers nötig, die Belichtung zu verändern; dabei dürfen die umliegenden Geländestrukturen nicht zu stark überbelichtet werden.

Eine dritte Befliegung zur Aufzeichnung von Videos ist eine sehr anschauliche Ergänzung der Dokumentation. Filme ermöglichen einen besseren Gesamteindruck des Gewässers. So wird der Strömungsverlauf sichtbar und die Gewässerstrukturen lassen sich oft besser erkennen. Lücken in den Luftbildern durch Sonnenreflexionen oder Schattenwürfe sowie schlecht einsehbare Bereiche können im Nachhinein noch einmal aus verschiedenen Blickwinkeln der Videoaufzeichnung in Augenschein genommen werden und ggf. bei der Digitalisierung der Kiesstrukturen im GIS genutzt werden.

Für die Übersichtsbefliegung kann die Programmierung einer Flugroute am PC oder am Endgerät der Fernsteuerung hilfreich sein. Jedoch ist abzuwägen, ob die Zeitersparnis bei der Flugdurchführung nicht durch den Zeitaufwand für die Programmierung der Flugroute aufgewogen wird.

Abzuraten ist davon, die Flugroute des zweiten, tieferen Befliegungsdurchgangs zu programmieren. Die im Gewässerbereich stehenden Bäume können nicht ohne weiteres in die Programmierung aufgenommen werden. Zwar haben mittlerweile viele Drohnen Sensoren, um Hindernissen auszuweichen, dies ist jedoch nicht zielführend, denn Äste oder andere Hindernisse wie z.B. Leitungen werden nicht erkannt und müssen manuell umflogen werden.

Es sei noch vor einer anderen automatischen Flugprogrammierung gewarnt, die bei vielen Drohnenmodellen vorgesehen ist: die „coming home“-Funktion. Sie ist dafür gedacht, die Drohne bei niedrigem Akkustand, bei Unterbrechung des Funksignals zur Fernsteuerung oder auf Knopfdruck zum Startpunkt (home point) zurückkommen zu lassen. Dazu steigt die Drohne selbständig auf eine bestimmte Höhe auf (meist 30 m) und fliegt dann auf direktem Kurs zum Startpunkt (home point) zurück. Die Ausführung der „coming home“ Funktion wird dem Piloten meist einige Sekunden vorher auf dem Display der Fernsteuerung angezeigt. Unterbricht man die Funktion nicht, besteht ein hohes Kollisionsrisiko der Drohne mit Ästen oder anderen Hindernissen.

Verdecken Bäume das Gewässer, kann die Drohne unter den Ästen geflogen werden. Dabei kann das Weitwinkel des Kameraobjektives genutzt werden, um vor und hinter dem einzelnen Baum zu fotografieren. Damit kann eine Bildüberlappung unter der Baumkrone gelingen. Reicht dies nicht aus, kann die Kamera um einige Grad nach oben geschwenkt werden und von möglichst vielen Standorten unter die Baumkrone fotografiert werden. Jedoch kann das Bildverarbeitungsprogramm durch Winkelabweichungen von der Senkrechten teilweise nicht genügend überlappende Bildpunkte mit den übrigen Bildern bestimmen.

Für das Aneinanderfügen (Aligning) der einzelnen Luftbilder zur Luftbildkarte ermittelt die Software identische Bildpunkte, die auf mehreren Bildern wiederzufinden sind. Dazu benötigt die Software ausreichend Bildanteile der Landoberfläche, denn Wasseroberfläche und Unterwasserstrukturen erkennt das Bildverarbeitungsprogramm in der Regel nicht. Je mehr übereinstimmende Bildpunkte in den überlappenden Einzelbildern erkannt werden können, desto genauer und schneller fügt das Programm die Luftbilder zusammen. Dafür ist es wichtig, die Übersichtsluftbilder und die Tiefflugbilder in möglichst enger Zeitabfolge zu machen, um Veränderung im Schattenwurf und der Geländeoberfläche zu vermeiden. In Folge dessen müssen bei einer Folgebefliegung des Gewässerabschnittes auch jeweils eine neue Übersichtsbefliegung und eine Tiefflugbefliegung gemacht werden.



Abb. 4.1-5: Tiefflugfoto A (Flughöhe 15 m über Grund)



Abb. 4.1-6: Tiefflugfoto B (Flughöhe 15 m über Grund)



Abb. 4.1-7: Übersichtsfoto C (Flughöhe 80 m über Grund) mit Ausschnitt von Foto A

Fazit: Luftbilder sollten untereinander zu etwa $\frac{1}{4}$ überlappen. Es gilt im Grunde „viel hilft viel“ - jedoch dürfen die Bilder nur wenige verdeckende Äste enthalten, gleichzeitig muss eine ausreichende Bildüberlappung sichergestellt sein. Übung macht hier den Meister. Ergänzende Filmaufnahmen im Überflug sind immer lohnend und sehenswert.

Bildverarbeitung und Erstellung der Luftbildkarte

Für die Erstellung von Luftbildkarten aus Dohlenluftbildern (drone mapping) gibt es mittlerweile einige Programme auf dem Markt, die teilweise kostenlos aus dem Internet herunterzuladen sind.

Die grundlegende Aufgabe der Bildverarbeitungssoftware ist das Zusammensetzen der Einzelfotos zu einem Gesamtbild, der Luftbildkarte. Dafür sucht die Software automatisch in den Einzelbildern gemeinsame Punkte des fotografierten Geländes und setzt die Bilder an diesen Stellen zusammen. Hat die Software nicht genügend übereinstimmende und überlappende Bildpunkte in der Bilderserie erkannt, können diese manuell hinzugefügt werden. Die entsprechenden Bilder werden von der Software markiert und der Bediener kann anhand von markanten Punkten, wie z.B. Baumstümpfen oder Maulwurfshaufen, die erforderlichen Punkte in den Bildern markieren. Sind dann genügend überlappende Bildpunkte vorhanden, fügt die Software die Luftbilder zu einem Mosaik zusammen.

Die Software nutzt außerdem die Zusatzinformationen der Einzelbilder für eine Vorsortierung, z.B. die von der Drohne aufgezeichneten Daten wie Flughöhe, Kameraneigung, Brennweite, GPS-Position und Kompassausrichtung. Auf Grundlage dieser Vorpositionierung im Raum wird dann die Bestimmung der Bildpunkte vorgenommen. Diese Zuordnung funktioniert am besten, wenn möglichst viele Bilder einer Serie aus der gleichen Höhe und einem senkrechten Winkel aufgenommen wurden. Die Software muss in der Lage sein, die optischen Krümmungen herauszurechnen, die durch das meist verwendete Weitwinkel-Objektiv der Drohne entstehen. Dies ist bei einigen Bildverarbeitungsprogrammen nicht vorgesehen und muss bei der Auswahl des Programms beachtet werden.

Folgende Bildverarbeitungsprogramme wurden getestet:

- PT Gui,
- Dronemapper,
- AGISOFT metashape Standard Version 1.6.2 build Multi-view 3D reconstruction,
- Adobe Photoshop.

Als praktikable Software hat sich „AGISOFT metashape Standard“ erwiesen. Die verwendete Basis-Version kostete 120 Euro und ist in der Bedienung recht übersichtlich. Bei der Erstellung der Luftbildkarten mit diesem Programm sind verschiedene Einstellungen und Arbeitsschritte möglich.

Unschärfe und nicht benötigte Bilder werden aussortiert. Sind die Gewässerabschnitte so lang, dass die Bildermenge die Rechenleistung des Programms oder des PCs übersteigt, ist es sinnvoll, die Bilder in mehrere Abschnitte aufzuteilen und diese nacheinander abzuarbeiten. Es entstehen dann also mehrere Luftbildkarten pro Gewässerabschnitt, die für die Karten im GIS einfach nebeneinander bzw. übereinander eingeladen werden. Praktische Handlungsanweisungen und Arbeitsanleitungen sind im Anhang am Ende dieses Kapitels angefügt.

Fazit: Die Erstellung von flächigen Luftbildkarten ist mit einem leistungsstarken PC und einer bedienerfreundlichen dronemapping-Software mit guten und einheitlichen Fotogrundlagen nicht sehr aufwendig.

Georeferenzierung der Drohnenbilder im GIS

Das Gesamtluftbild wird in das GIS als Bilddatei (*.tiff-Format) eingeladen. Manche Bildverarbeitungsprogramme speichern die GPS-Lage des Luftbildes nicht mit ab, dann ist eine nachträgliche Geo-Referenzierung des Luftbildes erforderlich. Dies lässt sich in der Regel mit den entsprechenden GIS-Werkzeugen leicht erledigen. Dazu werden zwei bekannte Punkte benötigt, die sich auf den frei verfügbaren Satellitenbildern und den Drohnenaufnahmen erkennen lassen. Dabei sind die umliegenden Strukturen der Befliegungsstrecke wie Wege, Straßenkreuzungen, Brücken, Häuser oder andere markante Punkte aus der Übersichtsbefliegung sehr nützlich. Ein neu georeferenziertes Bild muss neu abgespeichert werden, damit die Bildkoordinaten erhalten bleiben.



Abb. 4.1-8: Beispiel für Referenzpunkte im Luftbild zur Geo-Referenzierung der Drohnenbilder (Quelle: Geobasis NRW-WMS NW DOP, Abrufdatum Nov. 2020)



Abb. 4.1-9: Referenzpunkte im Drohnenluftbild 2017

Fazit: Die Geo-Referenzierung von Bilddateien im GIS kann erforderlich sein und ist mit den meisten GIS-Programmen möglich.

Digitalisierung der Strukturen im GIS und Nachkontrolle am Boden

Die Gewässerstruktur und die Kiesstruktur eines Gewässers sind beliebig vielfältig. Zu den wesentlichen Strukturen gehören Längsbänke (seitliche Kiesbänke) und Querbänke (mit Furten und Rauschen, s. Abb. 4.1-10 und 4.1-11).

Für eine standardisierte und vergleichbare Kartierung der Kiesstrukturen vom Luftbild und vom Boden aus ist es erforderlich, dass die Kartierer sich anhand von Referenzstrukturen gemeinsam „eichen“. Die Kartierer müssen mit den vorkommenden Strukturen vertraut sein und ein gutes Verständnis der strukturbildenden Prozesse im Gewässer haben.

Die Kategorisierung der wichtigen Kiesstrukturen muss leicht nachvollziehbar und praktikabel sein. Für die Kartierung in digitaler Form aus Luftbildern und am Boden müssen unabhängig von den kartierenden Personen gleiche Ergebnisse erzielt werden. Zur Fehlerminimierung war es sinnvoll, einen möglichst kleinen Personenkreis mit der Kartierung zu beauftragen.



Abb. 4.1-10: Querbank mit Furt: Der schnell strömende Bereich im Vordergrund des Bildes wird als Rausche oder Schnelle bezeichnet (engl. „riffle“). Rechts im Bild befindet sich eine Insel oder Längsbank.

Zu den wichtigsten Kiesstrukturen im Längsverlauf gehört die Pool-Riffle-Abfolge oder auch Kolk-Furt-Abfolge. Die Ausgestaltung und die Abstände zueinander geben wichtige Hinweise zum Zustand des Kieshaushaltes des Gewässers; davon ist die Qualität der typischen Lebensräume im Gewässer unmittelbar abhängig. In Abbildung 4.1-11 sind die Bezeichnungen der wichtigsten Stellen angegeben.

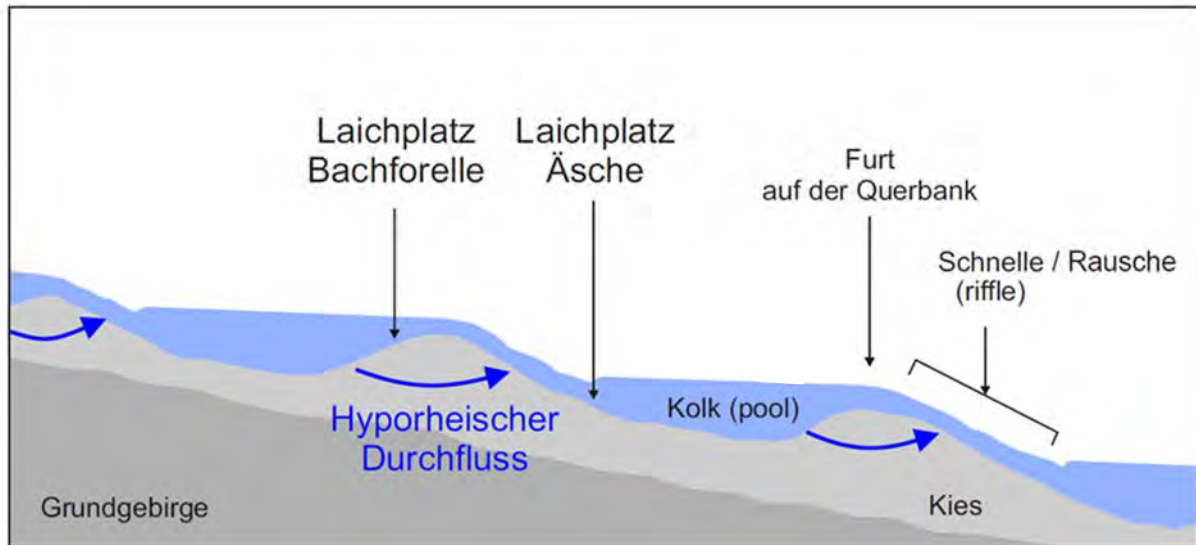


Abb. 4.1-11: Schema der Abfolge von Querbänken (jeweils mit Furt und Rausche) und Kolken

Die Proben für die Kieskorngößenverteilung wurden im Anströmbereich der Querbank genommen, also direkt aufwärts von der Furt. Hier befinden sich die typischen Laichplätze der Bachforellen.

Die vorkommenden Strukturen wurden wie nachfolgend klassifiziert:

- 0 Riffel (Rausche, Schnelle)
- 1 Kiesbank seitlich (parallel zum Ufer) über Wasser
- 2 Kies sonstiger
- 3 organische Sedimente
- 4 Feinsedimente
- 5 Lehmbank
- 7 Kiesinsel
- 8 Lehmsohle
- 9 Insel
- 10 Unterwasservegetation
- 11 Wasserbausteine
- 12 Kiesansammlung unter Wasser
- 13 Pool, tiefer Kolk
- 14 Absturz
- 15 Ersatzaue auf Kies
- 16 Ersatzaue auf Lehm

Für die Kartierung vom Boden aus wurden folgende Merkmalklassen genauer differenziert:

- 17 Kiesansammlung unter Wasser, Korngröße bis 5 cm
- 18 Kiesansammlung unter Wasser, Korngröße 5 - 10 cm
- 19 Kiesansammlung unter Wasser, Korngröße ≥ 10 cm
- 20 Kiesinsel, Korngröße bis 5 cm
- 21 Kiesinsel, Korngröße 5 -10 cm
- 22 Kiesinsel, Korngröße ≥ 10 cm
- 23 Kiesbank seitlich (parallel zum Ufer) über Wasser, Korngröße bis 5 cm
- 24 Kiesbank seitlich (parallel zum Ufer) über Wasser, Korngröße 5 - 10 cm
- 25 Kiesbank seitlich (parallel zum Ufer) über Wasser, Korngröße ≥ 10 cm
- 26 Riffel (Rausche, Schnelle), Korngröße bis 5 cm
- 27 Riffel (Rausche, Schnelle), Korngröße 5 - 10 cm
- 28 Riffel (Rausche, Schnelle), Korngröße ≥ 10 cm



Abb. 4.1-12: Angespülte Bank aus organischem Material und mineralischen Feinsedimenten

Zur Überprüfung der Methode kartierten mehrere Personen die Kiesstrukturen unabhängig voneinander. Die Ergebnisse stimmten in den wesentlichen Punkten, wie Lage der Furten, Längsbänke und Querbänke, gut überein.

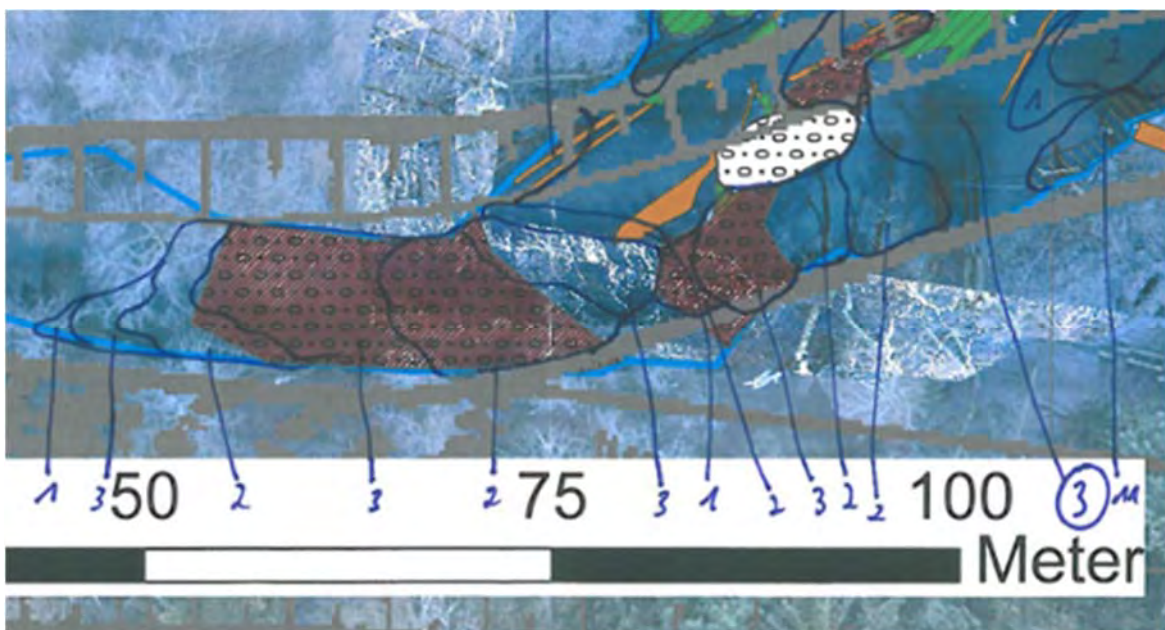


Abb. 4.1-13: Karte einer Nachkartierung

Fazit: Damit die Kategorisierung der Kiesstrukturen reproduzierbar ist, müssen sich die Kartierer gegenseitig „eichen“.

Nachkartierung von nicht befliegbaren Bereichen

Die meisten Gewässer mit Kiesstrukturen ließen sich sehr gut befliegen. Bei einigen waren aber nur Übersichtsluftbilder und Filmaufnahmen möglich. Es zeigte sich, dass die Übersichtsluftbilder eine unersetzliche Kartengrundlage für die Bodenkartierung sind. Mit den Übersichtsluftbildern kann sich die kartierende Person am Boden hinreichend gut orientieren und vorhandene Strukturen lagegenau und schnell aufnehmen. Die Kartierbögen wurden dann eingescannt und als *.tiff-Dateien eingeladen, im GIS georeferenziert und anschließend digitalisiert. Es ist selbstverständlich auch möglich, die Luftbilder für die Kartierung in ein digitales Endgerät zu überspielen und die Strukturdaten vor Ort zu digitalisieren. Diese Daten können dann im Büro in die jeweilige GIS-Datenbank übertragen werden.

Fazit: Die Kombination aus Nachkartierung mit aktuellen Luftbildkarten aus der Drohnenbefliegung ist eine schnelle und genaue Methode, um die Kiesstrukturen gut zu dokumentieren.

Auswertung der Strukturdaten

Die Auswertung der Daten zur Ermittlung der Kiesstrukturen wurde am PC im GIS durchgeführt. Das Ergebnis der Befliegung ist eine Luftbildkarte mit hoher Auflösung.



Abb. 4.1-14: Drohnenbilder wurden für die Digitalisierung der Kiesstrukturen im GIS aufbereitet.

Nach den zuvor beschriebenen Kriterien werden die Gewässer- und Kiesstrukturen in ihren Abgrenzungen als flächige Elemente digitalisiert. Die Legende ist in Abbildung 4.1-17 dargestellt.

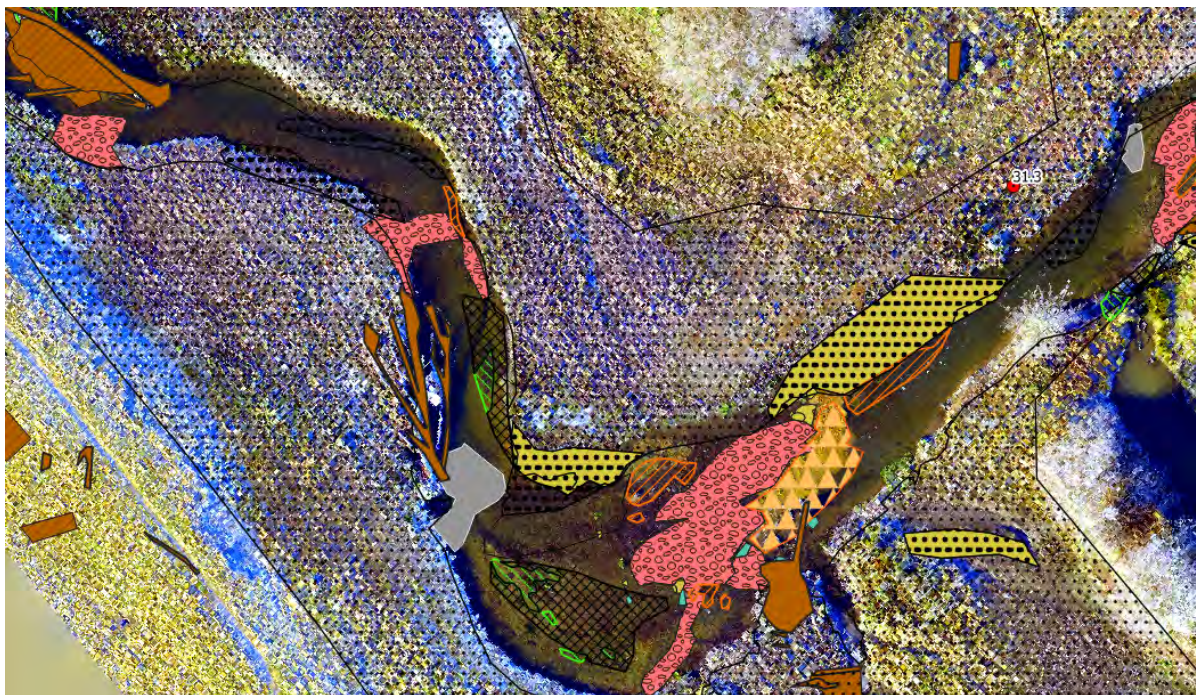


Abb. 4.1-15: Luftbildkarte mit digitalisierten Kiesstrukturen

Das Ergebnis der Strukturkartierung im GIS ist eine übersichtliche schematische Darstellung der Kiesstrukturen und des Totholzes.

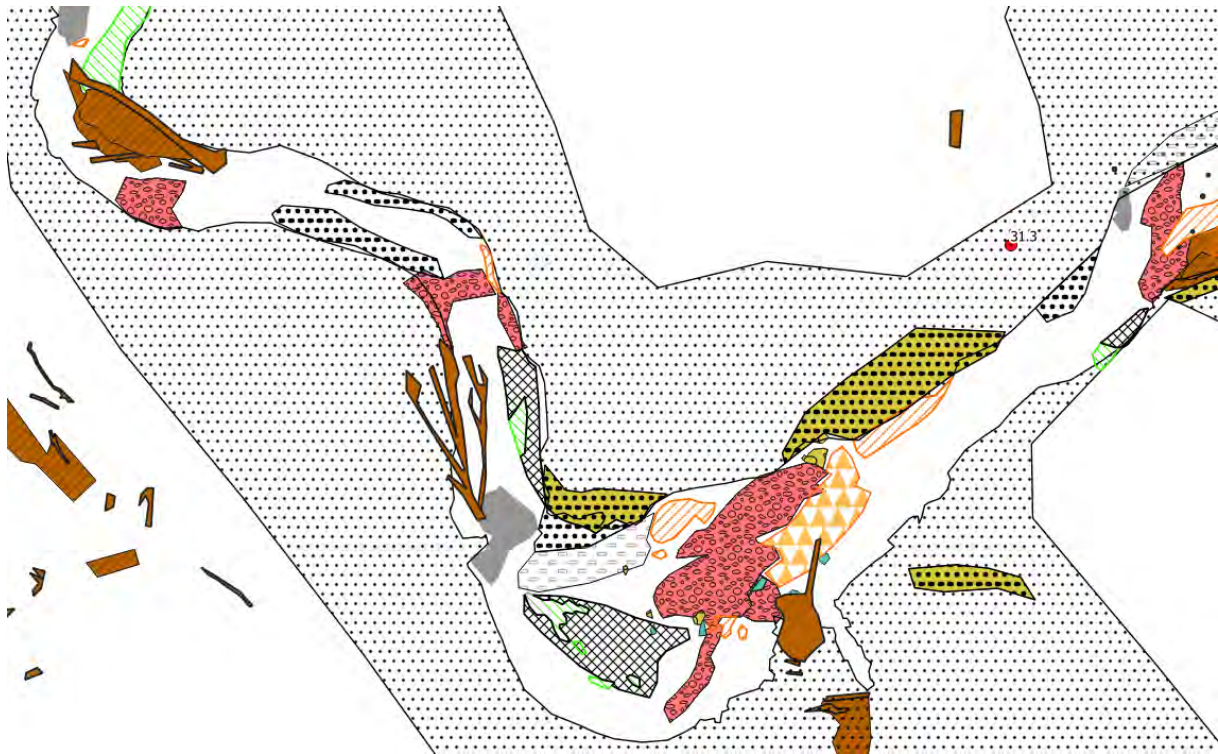


Abb. 4.1-16: Ergebnis der digitalisierten Kiesstrukturen und Totholz



Abb. 4.1-17: Legende der digitalisierten Kiesstrukturen und des Totholzes

4.2 Methoden: Tachymetrische Aufnahmen der Sohlstruktur

Charakteristische Höhen der Pool-Riffel-Sequenzen und das Gefälle wurden an ausgewählten Gewässerabschnitten tachymetrisch aufgenommen.

Für die Vermessungsarbeiten kam ein optischer Tachymeter des Typs Trimbel 3305 DR zum Einsatz. Für die Anbindung und Wiederauffindbarkeit wurden an den zu vermessenden Gewässerabschnitten jeweils mindestens zwei Höhenfestpunkte mit GPS Rover gesetzt.



Abb. 4.2-1: Vermessungsarbeiten der Gewässersohle mit einem optischem Tachymeter

Folgende Merkmale wurden aufgenommen:

- Furthöhen auf Querbänken,
- Endpunkt der Stromschnelle (Riffel) am Übergang zum Kolk,
- Ausdehnung und Tiefe der Kolke (Pool),
- Gewässerbreite,
- Uferkanten,
- Sohlpunkte in regelmäßigem Abstand im Hauptstromstrich,
- Sohlpunkte an charakteristischen Stellen im Hauptstromstrich,
- Wasserspiegellagen an den o.g. Punkten.

Ziel war es, vergleichbare Abbilder der Kolk-Furt-Abfolgen (Pool-Riffel-Sequenzen) in den unterschiedlichen Gewässerabschnitten zu erlangen. Außerdem können mit den so gewonnenen Ergebnissen die Daten aus den Befliegungen hinsichtlich Lage und Strukturtyp überprüft werden. Einige Gewässerabschnitte wurden mehrmals vermessen. Vergleiche dieser Daten sollten dazu dienen, Entwicklungen und Tendenzen zu erkennen und den Zustand der Kiesverhältnisse zu bewerten. Ebenso

sollten Renaturierungsmaßnahmen auf ihre Wirksamkeit hinsichtlich der Bildung naturnaher Kiesstrukturen bewertet werden.

Tab. 4.2-1: Mit dem Tachymeter vermessene Strecken

Probestrecke	Länge
HV 01 Pegel Neuhaus	350 m
HV 02 oberhalb Neuhaus	350 m
HV 04 Heve Wildwiese	370 m
GRS 05 Neuhaus	1.171 m
MO 11 Ersatzaue Allagen	350 m
MO 17 Fliegenwald Fliegenwald	393 m
MO 18 Infineon Infineon	245 m
MO 19 Schule Belecke	680 m
MO 27 Nato-Lager	210 m

Aus den Vermessungsdaten wurden Längsschnitte (Abb. 4.2-2) erzeugt, aus denen die Pool-Riffel-Sequenzen, das Gefälle, der Windungsgrad und die Einschnittstiefe ermittelt werden können. Die Lage der Pool-Riffel-Sequenzen ist bei der Bewertung der Kiesstrukturen nicht so entscheidend, wie der Abstand zwischen den Pool-Riffel-Sequenzen. Für die Erzeugung der gewünschten Längsschnitte wurden für die Abschnitte eindimensionale Raster (1D-Grid) in Laufrichtung erstellt. Somit wurde eine Kilometrierung für die Abschnitte geschaffen, an der jegliche Daten dem jeweiligen Fließabschnitt zugeordnet werden können, unabhängig davon, ob die erhobenen Daten in der Mitte oder am Rand des Flusses liegen.

Um die unterschiedlichen Aufnahmepunkte (Sohle, Wasserspiegel, Kolke und Furten) separat darstellen zu können, werden diese zunächst sortiert und einzeln in das 1-D-Grid geladen und mit der einheitlichen Kilometrierung sowie mit einheitlichen XY-Koordination für das jeweilige Element des 1-D-Grids versehen. Diese Daten werden danach exportiert und in einem Diagramm dargestellt.

Des Weiteren wurden die Vermessungsdaten im 1-D-Grid detailliert auf Pool-Riffel-Sequenzen und Muster untersucht.

Praktische Handlungsanweisungen und Arbeitsanleitungen zur Aufbereitung der Vermessungsdaten für die Darstellung im Längsschnitt sind im Anhang am Ende dieses Kapitels angefügt.

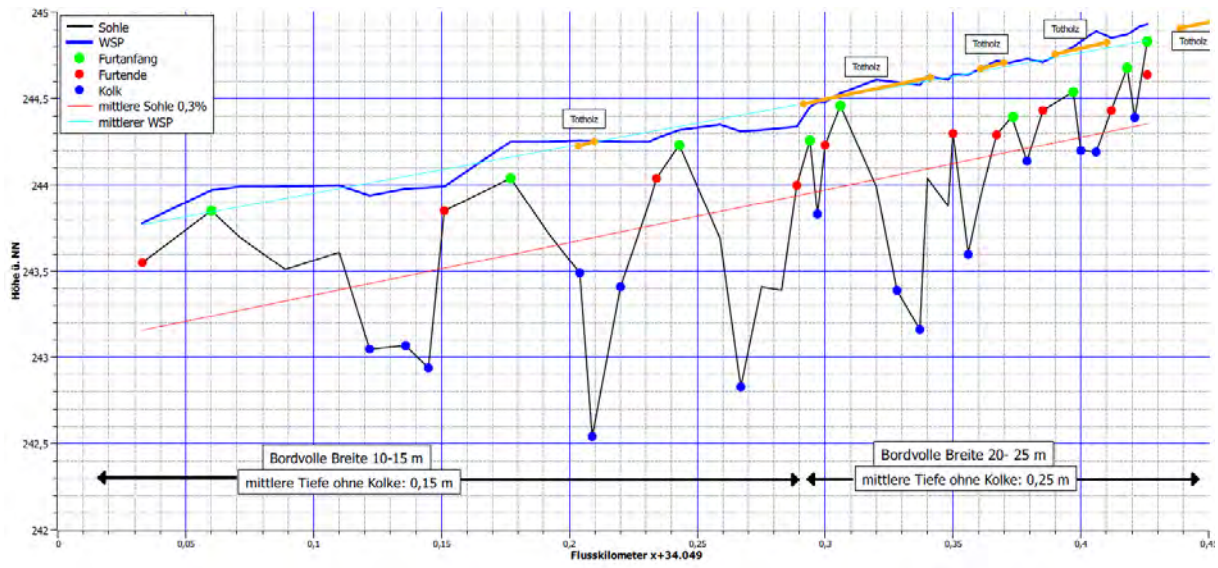


Abb. 4.2-2: Beispiel eines Längsschnittes (Probestrecke 17, Möhne Fliegenwald)

4.3 Methoden: Eigenschaften von Kiesbänken

4.3.1. Korngrößenverteilung des Kiesel in Sohlkörper und Deckschicht

Eine entscheidende Eigenschaft der Kiesstrukturen in einem Gewässer ist die Korngrößenverteilung der Kiesfraktionen. Dabei ist die Qualität der Kiesbänke und Furten für die kieslaichenden Fische und das dort lebende Makrozoobenthos von essentieller Bedeutung. Für die Bewertung wurden verschiedene Untersuchungsmethoden angewendet.

An 15 ausgewählten Gewässerabschnitten wurden Kiesproben für die Sieblinienanalyse entnommen und an einigen Stellen zusätzlich Absammlungen der Deckschicht des Kiesel (Tab. 4.3.1-1).

Tab. 4.3.1-1: Probestrecken für die Analyse der Korngrößenverteilung des Kiesel

Probestelle	Sohlkörper Siebanalyse	Sammlung Sohl- Deckschicht
Heve 02 oberhalb GRS Neuhaus	x	x
Heve 04 Wildwiese	x	x
GRS 05 Mündung bei Neuhaus	x	x
GRS 08 Donnerscher Weg	x	x
Möhne 09 KA Völlinghausen	x	x
Möhne 10 oberhalb Merpke	x	x
Möhne 11 Ersatzaue Allagen	x	x
Möhne 13 Fischauftstieg Allagen	x	
Möhne 14 Ausleitung Wehr Eiling	x	
Möhne 16 KA Belecke	x	
Möhne 17 Fliegenwald	x	
Möhne 19 Schule Belecke	x	
Möhne 23 Aalbecke	x	
Möhne 27 NATO-Lager	x	
Möhne 28 unterhalb Wünnenbecke	x	

4.3.1.1 Sieblinien

Die Proben wurden an vergleichbaren Stellen aus dem Kieskörper der Sohle entnommen, und zwar jeweils zwei 10-l-Eimer in einer Furt, jeweils auf einer Fläche von ca. 40 x 40 cm² bis in eine Tiefe von ca. 30 cm. Die Entnahme einer völlig ungestörten Probe war nicht möglich, da das fließende Wasser einen Teil des Feinmaterials wegpülte.

Zwei Personen füllten jeweils händisch und unter Verwendung von Spaten und Schaufel den Kies in die Eimer. Die Wassertiefe betrug 10 bis 25 cm.

Da die Entnahme unter Einfluss des fließenden Wassers stattfinden musste, kann der Feinkornanteil nicht in der Analyse berücksichtigt werden. Bei den Sand- und Feinkiesfraktionen (0,06 mm bis 5 mm) muss je nach Strömung und Wassertiefe zum Zeitpunkt der Probenahme eine Abschwemmrate von etwa 30 % angenommen werden. Die Ergebnisse dieser Fraktionen werden zwar in den Diagrammen dargestellt, aber bei der Ergebnisbewertung nur am Rande berücksichtigt.



Abb. 4.3.1.1-1: Probenahme aus dem Kieskörper der Großen Schmalenau für die Sieblinien-Analyse

4.3.1.2 Deckschichtsammlungen

Im Verlauf der Probenahme für die Sieblinien fiel auf, dass teilweise die obersten Schichten des Sohlkieses deutlich größere Korngrößen aufweisen als die darunterliegenden Schichten. Diese Schichtung der Korngrößen in der Gewässersohle wurde bei der oben beschriebenen Art der Beprobung für die Sieblinien nicht berücksichtigt. Das Phänomen ist bei naturfernen Abschnitten und Abschnitten mit anderweitig gestörtem Geschiebehauhalt besonders ausgeprägt. Ob ein Abschnitt jedoch betroffen ist, lässt sich im Voraus nicht unbedingt feststellen.

Es wurde entschieden, einige der Probestellen, an denen Material für die Sieblinien gewonnen worden war, auf die Korngrößen der Deckschicht der Sohle hin zu analysieren. Dazu wurde auf einer 1 x 1 m² großen Fläche einer Furt die oberste Kiesschicht abgesammelt. Die Steine wurden einzeln vermessen, gezählt und gewogen. Anschließend wurde eine Korngrößenverteilung bestimmt und in einer Tabelle eingetragen.



Abb. 4.3.1.2-1: Probestelle zur Absammlung der Deckschicht an der Großen Schmalenau



Abb. 4.3.1.2-2: Detailansicht der Stelle aus Abb. 4.2.1.2-1 vor der Absammlung der Deckschicht

4.3.1.3 Beobachtungen zur Umlagerung von Kies

Nach der „guten“ Hochwassersaison 2018/19 fiel auf, dass viele Kiessteine „auf den Kopf gedreht“ waren und die helle, nicht mit Algen bewachsene Seite oben lag. Diese Steine hoben sich optisch gut von den übrigen dunkleren Steinen ab (Abb. 4.3.1.3). Es wurden an der Möhne, an Heve und Großer Schmalenau verschiedene Strecken auf diese Spuren der Bewegung hin abgesucht. Die aufgenommenen Daten wurden in das GIS übertragen.



Abb. 4.3.1.3: In einer Furt wurde beim Hochwasser Kies umgelagert, was an den hellen, von der Strömung gedrehten Steinen deutlich erkennbar ist.

4.3.2 Eigenschaften des Interstitials

4.3.2.1 Bewertung der Kolmation mit der „Methode EAWAG“

Die so genannte innere Kolmation verstopft das Kieslückensystem mit Feinsedimenten. Da eine genaue Messung des Ausmaßes der Kolmation aufwändig ist, ließ die EAWAG (Schälchli et al. 2002) ein einfaches Bewertungsverfahren mit einer fünfstufigen Skala entwickeln.

Dazu müssen an ebenen Probestellen in zwar trockenen, aber doch nahe der Wasserlinie gelegenen Uferbereichen oder auf Kiesbänken die Steine der Deckschicht vorsichtig entfernt werden. Bewertet wird die Zusammensetzung des Substrats unter der Deckschicht. Die Zuordnung zu einer der fünf Bewertungsklassen erfolgt anhand der in den Abbildungen 4.3.2.1-1 bis 4.3.2.1-5 gezeigten Beispiele.

Die Anwendung der „EAWAG-Methode“ war nicht Gegenstand des Auftrags, daher fand keine vollständige Beprobung aller aus anderen Gründen untersuchten Gewässerabschnitte des Möhnesystems statt.

Im trockenen Jahr 2018 war aber die Gelegenheit günstig, die Methode an einigen gerade trocken gefallen Kiesbänken zu erproben. Es wurden zwei Probestrecken an der Heve, drei an der Großen Schmalenau und drei an der Möhne bearbeitet.

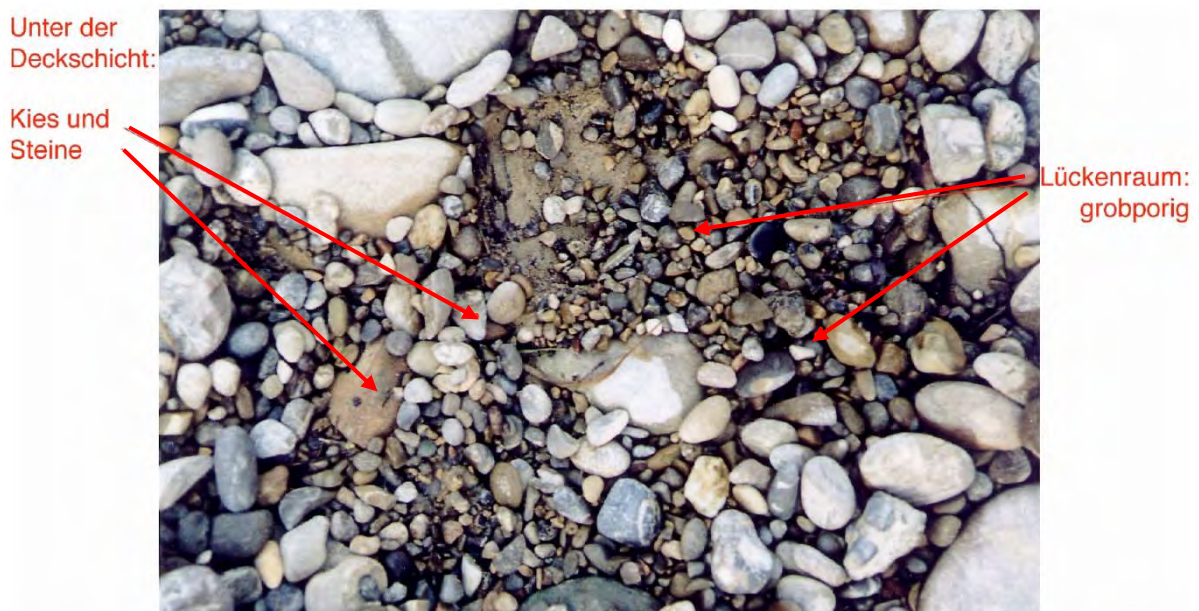


Abb. 4.3.2.1-1: Klasse 1: Keine Kolmation:

Substrat nach Entfernen der Deckschicht: grobkörnig (Steine, Kies, wenig Sand), keine kohäsiven Ablagerungen, Lückenraum grobporig (aus Schälchli et al. 2002)

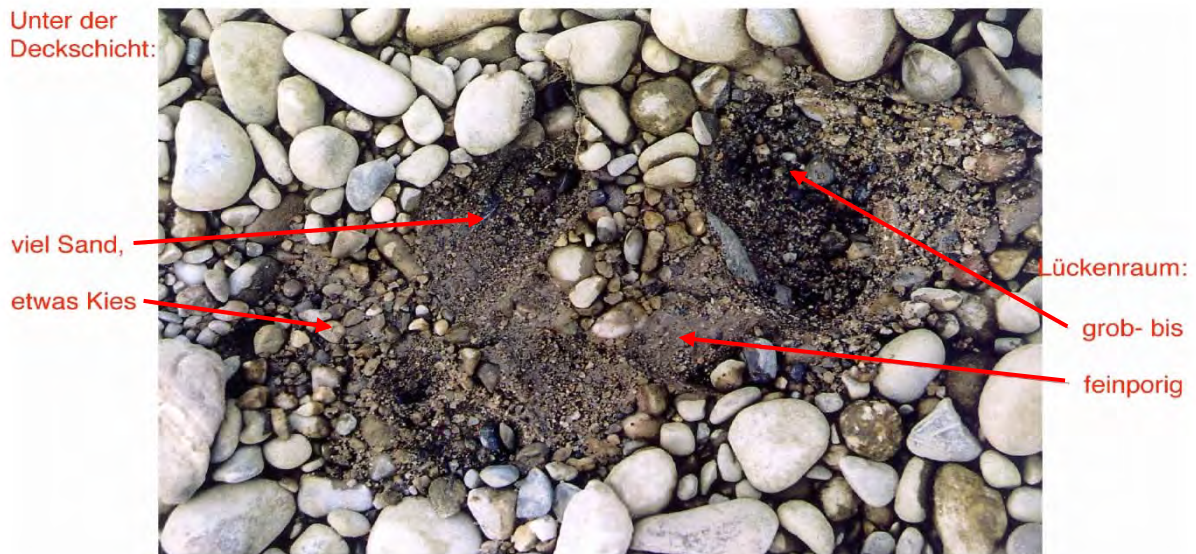


Abb. 4.3.2.1-2: Klasse 2: Schwache Kolmation:

Substrat nach Entfernen der Deckschicht locker und breit abgestuft (Steine, Kies, Sand), keine kohäsiven Ablagerungen sichtbar, Lückenraum grob-feinporig (deutlicher Unterschied zu Klasse 1) (aus Schälchli et al. 2002)

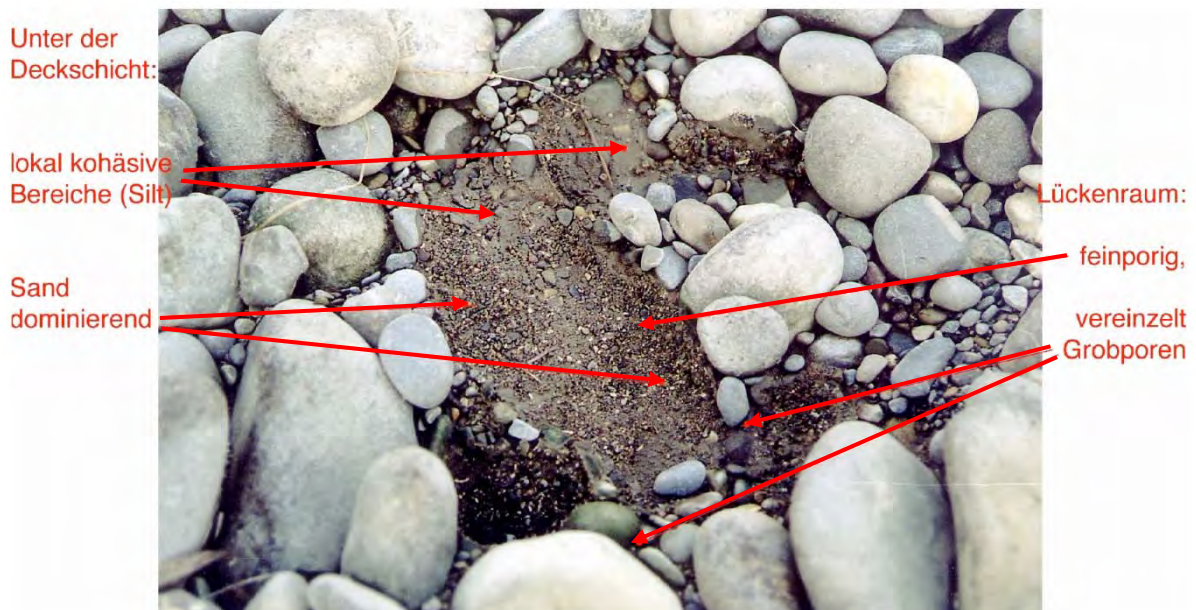


Abb. 4.3.2.1-3: Klasse 3: Mittlere Kolmation:

Substrat nach Entfernen der Deckschicht leicht verfestigt, Lückenraum feinporig, örtlich mit kohäsiven Feinpartikeln verfüllt (ca. 1/4 der Kontaktfläche mit der Deckschicht, übrige Kontaktfläche v.a. Sand (auch Kies, Steine)) (aus Schälchli et al. 2002)

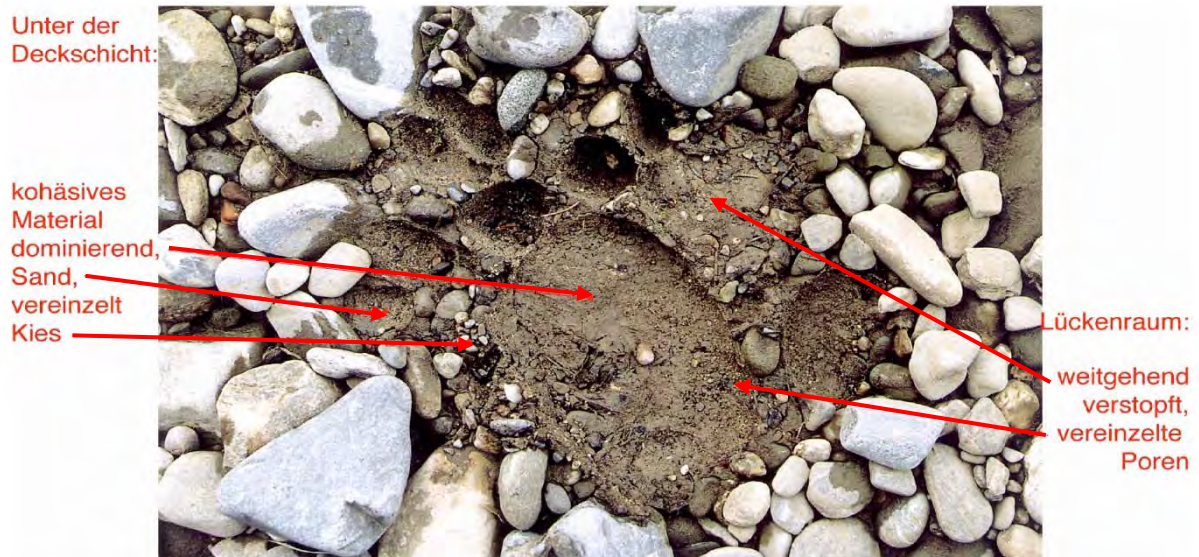


Abb. 4.3.2.1-4: Klasse 4: Starke Kolmation:

Substrat nach Entfernen der Deckschicht deutlich verfestigt, durch Kolmationsmasse Steine aneinander klebend, Lückenraum etwa zur Hälfte mit kohäsiven Feinpartikeln verfüllt, übrige Kontaktfläche vorwiegend Sand, örtlich feinporiger Lückenraum sichtbar (aus Schälchli et al. 2002)

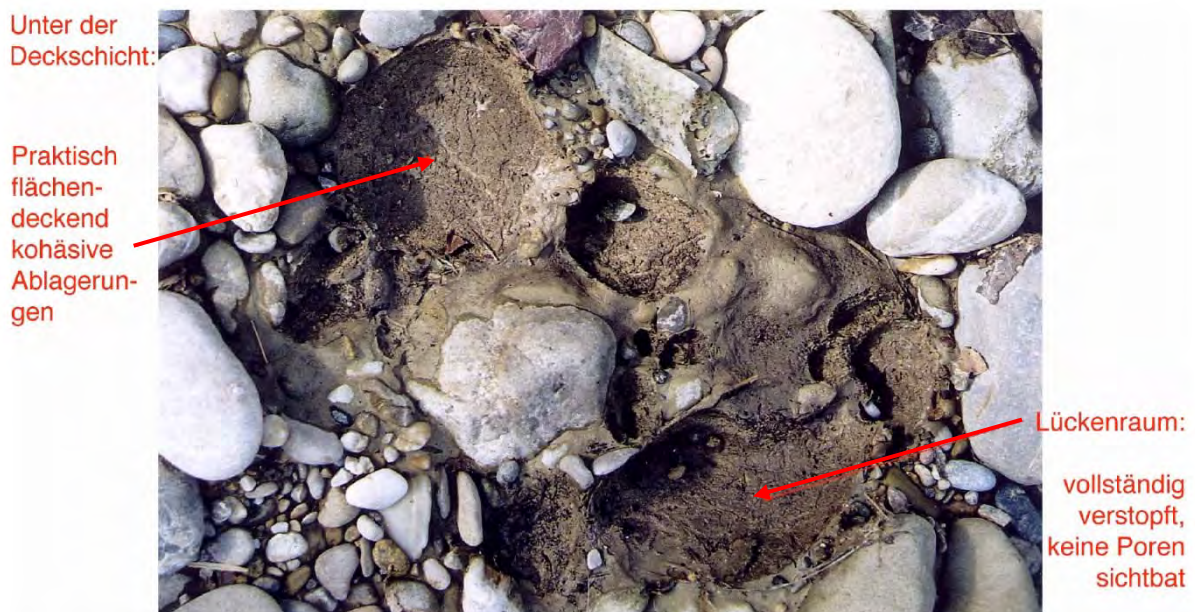


Abb. 4.3.2.1-5: Klasse 5: Vollständige Kolmation:

Substrat nach Entfernen der Deckschicht stark verfestigt, Lückenraum praktisch flächendeckend mit kohäsiven Feinpartikeln verfüllt, keine Feinporen sichtbar (aus Schälchli et al. 2002)

4.3.2.2 Bewertung der Kolmation mit der „Nagelprobe“

Eine andere Möglichkeit, die Kolmation von Kiesbänken zumindest grob abzuschätzen, ist die so genannte „Nagelprobe“, die v.a. zur Beurteilung des Substratzustands für die Besiedlung durch Flussperlmuscheln verwendet wird.

Bei der von SCHMIDT & VANDRÉ (2006) entwickelten und vom Land Oberösterreich (2005) genauer beschriebenen Methode werden jeweils 10 Eisennägel, die mit Schnüren an einer Eisenstange fixiert sind, lotrecht in eine Kiesbank geschlagen und nach drei Monaten Exposition wieder entnommen. Der durch Oxidation entstehende Rost gibt Auskunft über die Sauerstoffversorgung im Substrat: Je stärker der Rostansatz, desto größer ist der Sauerstoffgehalt (Abb. 4.3.2.2-1 und 4.3.2.2-2).

Die „Nagelprobe“ erfolgte an zwei Probestrecken in der Heve, zwei Strecken in der Großen Schmalenau und acht in der Möhne. Die Nägel wurden an einer am Ufer verankerten Schnur in Abständen von jeweils 30 – 40 cm voneinander angebunden und in einem Transekt in eine überströmte Kiesbank eingeschlagen. Der letzte Nagel der Reihe war jeweils nicht in das Substrat eingebracht, sondern blieb unter einem größeren Stein liegend der Strömung ausgesetzt, da er als Referenz für die maximale Oxidation in dieser Probestrecke dienen sollte. Die Schnüre wurden mit Kies abgedeckt, um ein Hängenbleiben von Treibgut zu vermeiden.

Ausgebracht wurden die Nägel Mitte November 2019, geborgen Ende März 2020. Der gewählte Zeitraum entspricht in etwa der Entwicklungszeit von Salmoniden-Eiern und -Brut im Interstitial.



Abb. 4.3.2.2-1: Nägel mit nur sehr geringem Rostansatz nach drei Monaten im Gewässer (aus Land Oberösterreich 2005)



Abb. 4.3.2.2-2: Diese nach drei Monaten im Gewässer rostverkrusteten Nägel lassen auf eine gute Sauerstoff-Versorgung im Interstitial schließen (aus Land Oberösterreich 2005).

4.4 Methoden: Fische und Rundmäuler

4.4.1 Elektrobefischungen

Auftreten und Abundanz der Fisch- und Rundmaularten wurden mit Hilfe der Elektrobefischung ermittelt. Da die tatsächliche Abundanz nur mit sehr großem Aufwand festzustellen ist, wird statt ihrer ein CPUE-Wert verwendet. CPUE bedeutet „Catch per unit (of) effort“, das ist die Fischmenge in Anzahl oder Gewicht, die mit einer Standardeinheit oder mit einer definierten Einheit von Befischungsaufwand gefangen wird, z.B. Anzahl Fische pro 100 m Gewässerlauf (nach RICKER 1975, FAO 1998).

Für die Befischung der 30 jeweils 200 m langen Probestrecken in Heve, Großer Schmalenau und Möhne wurden zwei Impulsstrom-Elektrofischereigeräte vom Typ „DEKA 3000“ verwendet. Als Kathode dient dabei ein Kupferseil, während die Anode aus dem Rahmen des Fangkeschers besteht. Jede Probestrecke mit Ausnahme von Nr. 8 wurden von zwei parallel oder leicht versetzt zueinander aufwärts wachsenden Personen befischt (Abb. 4.4.1-1). Die Wasserfläche an Probestrecke 8 an der Großen Schmalenau ist so schmal, dass ein Elektrofischer den gesamten Bach bearbeiten kann.

An Feinsedimentbänken, die für das Vorkommen von Neunaugen geeignet erschienen, wurden Anode und Kathode auf das Substrat gesenkt und der Strom mehrfach an- und ausgestellt, um Larven und adulte Tiere aus ihren Verstecken zu locken.

Die gefangenen Fische und Rundmäuler wurden in 5-cm-Klassen ihrer Totallänge einem Protokollanten angesagt. Die lithophilen Arten Äsche, Bachforelle, Barbe und Elritze wurden in 1-cm-Klassen getrennt.

Die Bewertung der Fischfauna der Probestrecken gemäß den Vorgaben der Wasserrahmenrichtlinie wurde mit dem „fischbasierten Bewertungssystem“ (fiBS) (DUßLING 2009) vorgenommen. Zum Einsatz kam die Version 8.1.1.



Abb. 4.4.1-1: Elektrobefischung an Probestrecke 9 (Kläranlage Völlinghausen) an der Möhne

4.4.2 Analyse von Eisvogelgewölle

Eine neue Methode zur Erfassung der Fischvorkommen einer Region ist die Analyse von Eisvogel-Gewölle.

Der Eisvogel ernährt sich überwiegend von Fischen und zu einem geringeren Teil von großen Wasserinsekten wie Larven von Schwimmkäfern (Dytiscidae), Larven von Großlibellen (Anisoptera), Larven von Steinfliegen (Plecoptera) und Wasserwanzen (Nepomorpha) sowie kleinen Frosch- und Schwanzlurchen. Beutetiere werden nach dem Totschlagen auf einer harten Unterlage oder zumindest einem „Durchkneten“ im Schnabel ganz heruntergeschluckt und die unverdaulichen Knochen und Chitinteile als Gewölle ausgewürgt (Abb. 4.4.2-1). Fischknochen in den Speiballen sind meist völlig sauber und nicht anverdaut, so dass auch feine Strukturen erhalten bleiben. Anhand charakteristischer Merkmale lassen sich typische Knochen vielfach bis zur Art bestimmen.

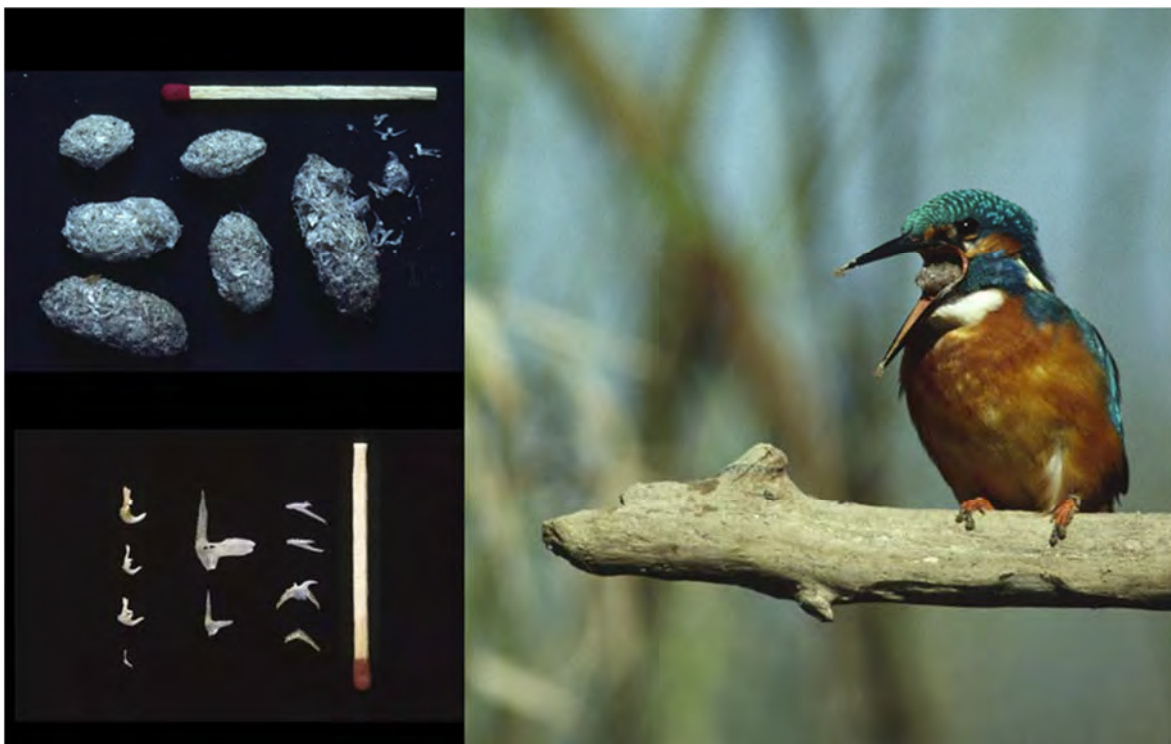


Abb. 4.4.2-1: Rechts: Eisvogel würgt Speiballen aus; links oben: Die Speiballen bestehen nur aus Fischknochen und Chitinteilen; links unten: diagnostische Fischteile (von oben nach unten: Gründling, Rotfeder, Rotauge, Schmerle – Dreistachliger Stichling, Zwergstichling – Äsche, Forelle, Groppe, Flussbarsch).

Die bisher veröffentlichten Analysen von Eisvogelgewölle stellen den Vogel in den Mittelpunkt: Es geht um den Nahrungsbedarf von Brutten, die Kriterien für die Beutewahl oder die Nahrungszusammensetzung in unterschiedlichen Habitaten bzw. Gewässertypen (z.B. HALLET 1977, HALLET-LIBOIS 1985, RAVEN 1986, BUNZEL 1987, REYNOLDS & HINGE 1996, CAMPOS et al. 2000, ČECH & ČECH 2006, 2011, VILCHES et al. 2012, ČECH & ČECH 2013, KOTYUKOV 2016). Nur eine Arbeit beschäftigt sich mit dem Einfluss des Eisvogels auf die Population einer Fischart (VILCHES et al. 2013).

Studien über die Nutzung von Eisvogelgewölle als nicht invasive Methode zur Erfassung von Verbreitung und Reproduktion von Fischarten fehlen bisher, obwohl vergleichbare Analysen von Eulengewölle zum Nachweis von Kleinsäugervorkommen seit Jahrzehnten mit großem Erfolg angewendet werden (z.B. UTTENDÖRFER 1952, BÜLOW & VIERHAUS 1984).

Die Beutezusammensetzung des Eisvogels scheint im Wesentlichen von der Zusammensetzung der Fischfauna in den Gewässern der Umgebung des Brutplatzes bestimmt zu werden (HALLET-LIBOIS 1985, BUNZEL 1987), allerdings nur, soweit Fische mit Totallängen zwischen ca. 2 und 11 cm und mit Rückenhöhen bis ca. 2,5 cm betroffen sind (BUNZEL 1987).

RAVEN (1986) stellte fest, dass die Schmerle seltener im Eisvogelgewölle auftauchte, als Elektrofischungen erwarten ließen und die Daten von KOTYUKOV (2016) legen eine leichte Bevorzugung des Rotauges nahe, außerdem fand sich der Wels nicht im Gewölle, obwohl er im Untersuchungsgebiet vorkommt. Sowohl Fische nahe der Wasseroberfläche als auch Arten mittlerer Wassertiefen und Bodenfische werden erbeutet (ČECH & ČECH 2006).



Abb. 4.4.2-2: Entnahme einer Gewöllprobe aus einer Eisvogelhöhle in einem Wurzelteller an der Möhne nahe des Wehrs am Marmorwerk Dassel

Gewölle bilden die Unterlage für das Gelege im Brutkessel; Proben können nach dem Ausfliegen der Jungvögel mit einem an einem Stab befestigten Löffel aus der Bruthöhle gekratzt werden (Abb. 4.4.2-2). Bei der Entnahme der Proben wurde darauf geachtet, stets eine ausreichend große Menge auch aus den unteren Schichten zu erhalten, da kleine Knochen nach unten fallen, während größere oben im „Gewöllkuchen“ liegen bleiben.

Nach einer Aufschwemmung in Wasser wurden die Proben gesiebt. Die verwendete Maschenweite von 0,4 mm gewährleistet, dass nur Schluff, Sandkörner und kleinste für die Bestimmung der Fischarten ungeeignete Knochen wie Rippen und Flossenstrahlen ausgespült werden. Die im Trockenschrank bei 60 °C getrockneten Proben wurden unter einer Stereolupe bei zehnfacher Vergrößerung sortiert.

Die Bestimmung der Fische basiert auf den von DOUCET (1969) und HALLET (1978) sowie später von ČECH (2017a) für einen Teil der mitteleuropäischen Arten angegebenen Merkmalen; bei der Artbestimmung der Cypriniden half auch die Arbeit von RUTTE (1962). Dennoch war die Verwendung einer

Vergleichssammlung erforderlich, u.a. da die genannten Autoren nicht alle im Möhne-Einzugsgebiet vorkommenden Arten berücksichtigen.

Für jede Fischart wurde nur ein paariger, möglichst großer und charakteristischer Knochen gezählt, auch wenn bei einigen Arten mehrere anatomische Teile in Frage kamen.

Folgende Knochen wurden für die Bestimmung der Arten herangezogen:

- Unterkiefer (Dentale): Hecht (Esocidae), Barsche (Percidae), Sonnenbarsche (Centrarchidae), Gropfen (Cottidae), Quappe (Lotidae), Maränen (Coregonidae), Lachsartige (Salmonidae), Äsche (Thymallidae), Aal (Anguillidae),
- Vorderkiemendeckel (Präopercular): Barsche, Groppe,
- Schlundknochen (Os pharyngeum): Karpfenartige (Cyprinidae), Steinbeißer und Schmerle (Nemacheilidae),
- Beckengürtel: Stichlinge (Gasterosteidae).

Neunaugen, die der Eisvogel auch erbeutet (z.B. BUNZEL 1987, ČECH 2017b) sind im Gewölle nicht nachweisbar, weil ihr Knorpelskelett vollkommen verdaut wird.

Eine Unterscheidung von Karausche (*Carassius carassius*), Giebel (*Carassius gibelio*) und Goldfisch (*Carassius auratus*) erscheint nach derzeitigem Wissensstand nicht möglich.

Einzelne beschädigte Knochen, die nicht bis zur Art bestimmbar waren, wurden anteilmäßig auf die in Frage kommenden und in der Probe bereits nachgewiesenen Arten verteilt. Auf eine getrennte Zählung der rechten und linken Knochen einer Fischart und eine genaue Ermittlung der Zahl der zugrunde liegenden Individuen wurde verzichtet, weil dies auf das gewünschte Ergebnis, nämlich die prozentualen Anteile der Arten, so gut wie keinen Einfluss hat.

An 11 Eisvogelbrutplätzen im Untersuchungsgebiet (Abb. 4.4.2-3) wurden von 2015 bis 2019 Gewöllproben von 14 Brutten entnommen (Abb. 4.4.2-2) und analysiert. Für einen Vergleich der Eisvogelnahrung von 2015 bis 2019 mit den Vorjahren wurden 15 Proben von Eisvogelbruten aus den Jahren 1981 bis 2001 von 11 Brutplätzen analysiert. Insgesamt beläuft sich damit die Zahl analysierter Gewöllproben auf 29, die von 14 verschiedenen Brutplätzen stammen (Tab. 5.6.3-1, Abb. 4.4.2-3).

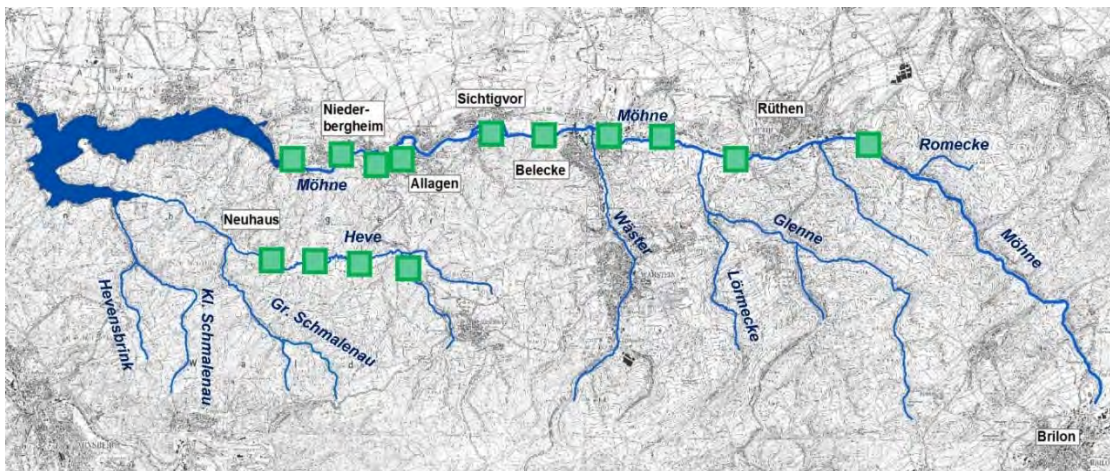


Abb. 4.4.2-3: Eisvogelbrutplätze im Einzugsgebiet der Möhne, von denen Gewöllproben aus den Jahren 1981 bis 2019 analysiert wurden

4.5 Methoden: Makrozoobenthos

Das Makrozoobenthos wurde an 12 Probestellen im Längsverlauf der Möhne beprobt. Die Probestellen umfassten sowohl ausgebaute Strecken als auch renaturierte und naturnahe Abschnitte. Zwei Probestellen (Fliegenwald und Infineon) wurden sowohl 2017 als auch 2019 beprobt, um eine potenzielle Veränderung zu dokumentieren. Die oberste Probestelle der Möhne (M4a in Wülfte) gehört auf Grundlage der Gewässertypologie Deutschlands (POTTGIESSER & SOMMERHÄUSER 2008) zum Gewässertyp 7 (grobmaterialreicher, karbonatischer Mittelgebirgsbach). Daran unterhalb anschließend gehören alle Probestellen oberhalb der Glennemündung dem Gewässertyp 5 (grobmaterialreicher, silikatischer Mittelgebirgsbach) an. Unterhalb des Zulaufs der Glene wird die Möhne als Gewässertyp 9 (grobmaterialreicher, silikatischer Mittelgebirgsfluss) klassifiziert.

Die Beprobungen wurden an den Probestellen, die dem Gewässertyp 5 angehören, im Frühjahr (März/April) durchgeführt und an den Probestellen, die dem Gewässertyp 9 angehören im Frühsommer (Juni).

Das Vorgehen zur Beprobung des Makrozoobenthos folgte dem standardisierten Protokoll zur Fließgewässerbewertung für die Bewertung nach EU-Wasserrahmenrichtlinie (MEIER et al. 2006).

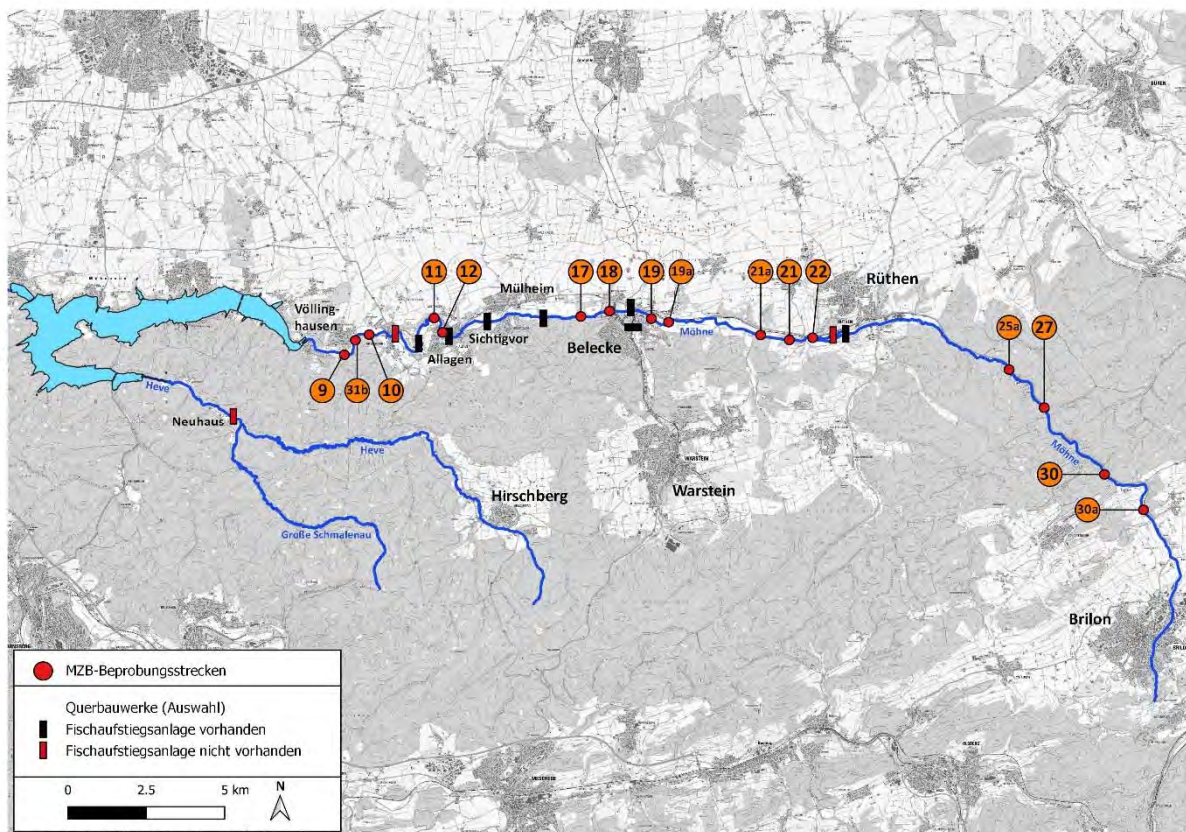


Abb. 4.5-1: Probestellen an der Möhne, an denen Makrozoobenthos-Proben in den Jahren 2017 bis 2019 genommen wurden



Abb. 4.5-2: Beispiel für eine renaturierte Probestelle (Allagen_r) in der Möhne; hier wurde im Jahr 2019 eine Makrozoobenthos-Probe genommen.



Abb. 4.5-3: Beispiel für eine ausgebaute (degradierte) Probestelle (Sägewerk_Fisch_d) in der Möhne; hier wurde im Jahr 2018 eine Makrozoobenthos-Probe genommen.

4.5.1 Habitatabschätzung

Zuerst wird an jeder ausgewählten Stelle ein repräsentativer Abschnitt von 50 bis 100 m Länge festgelegt (MEIER et al. 2006). In dieser Probestrecke erfolgt dann eine prozentuale Abschätzung (in 5%-Schritten) der organischen und mineralischen Substrate auf der Gewässersohle. Das Ergebnis wird in dem standardisierten Habitatbogen nach MEIER et al. (2006) eingetragen.

4.5.2 Multi-Habitat-Sampling

Die Makrozoobenthosbeprobung erfolgt mit einem langstieligen Kescher der Größe 25 x 25 cm² und der Maschenweite 500 µm. Es werden 20 Teilproben genommen, anteilig zu den vorherrschenden Substraten, d.h. jeweils 5%-Punkte auf dem Habitatbogen entsprechen einer Teilprobe (MEIER et al. 2006). Normalerweise werden die 20 Teilproben danach in einer Weißschale zusammengefasst bzw. konserviert und mit ins Labor genommen. Aus zweierlei Gründen wurde in diesem Projekt davon abgewichen. Erstens war eine zentrale Fragestellung des Projektes die spezifische Besiedlung des Kiesel an den Probestellen. Um diese Frage zu beantworten, wurden die Teilproben, die im Kies jeder Probestelle genommen wurden (Kiesfraktion) separat gehalten von den anderen Substraten. Diese Proben wurden dann individuell aussortiert und bestimmt. Zweitens sollten so wenige Tiere wie möglich getötet werden, weshalb eine Lebendsortierung im Gelände erfolgte. Dabei werden die Fraktionen im Gelände sortiert und je nach Kenntnisstand des Sortierers bereits die meisten Arten aufgeschrieben. Für die Qualitätssicherung der Probenahme werden dann nur jeweils drei Belegexemplare bei sicher bestimmbarer Taxa mit ins Labor genommen. Für andere mit bloßem Auge nicht sicher bestimmbarer Taxa werden nach einem Verteilungsschlüssel geringe Anzahlen von Individuen zur genaueren Bestimmung mit ins Labor genommen und der Großteil der Individuen nach Zählung in der Weißschale wieder ins das Gewässer zurückgegeben. Die Anzahlen werden schlussendlich auf die im Labor bestimmten Taxa hochgerechnet.

4.5.3 Bestimmung und Auswertung

Die Bestimmung im Labor erfolgte auf der Basis der operationellen Taxaliste (Art oder Gattungsniveau) nach HAASE et al. (2006).

Die getrennten Fraktionen der Kiesfraktion und der anderen Teilproben wurden zum Abschluss in Abhängigkeit ihrer prozentualen Fläche auf einen Quadratmeter hochgerechnet. Die Auswertung erfolgte sowohl für die Gesamtproben als auch separat für die Kiesfraktionen. Hierbei wurde das Bewertungssystem ASTERICS/PERLODES v 4.04 für die Bewertung nach EU-Wasserrahmenrichtlinie angewendet.

4.5.4 Zusätzliche Daten

Für die Auswertung stellte das LANUV NRW in Person von Frau Julia Foerster zusätzliche Daten bereit. Dabei handelte es sich um Makrozoobenthosdaten, die im Rahmen des Standardmonitorings des Landes Nordrhein-Westfalen in den letzten Jahren an Probestellen in der Möhne erhoben wurden.

5 Ergebnisse

5.1 Lage, Ausdehnung und Häufigkeit von Kiesbänken

Für die Erfassung und Bewertung der Kiesbänke wurden mehrere Eigenschaften untersucht. Die Abfolge der Kiesbänke (Furten) wurde aus Luftbildkartierungen und Vermessungen am Boden ermittelt. Als wichtige geometrische Eigenschaften des Gewässerlaufes wurden die Windungsgrade und die Gewässerbreiten bestimmt. Außerdem wurden Totholz, andere Kiesstrukturen und Kolke sowie Ablagerungen von Feinsedimenten und organische Sedimentansammlungen aus den Luftbildern kartiert. Korngrößen und deren Verteilung und Schichtung in den Furten wurden mit Siebungen bestimmt.

5.1.1 Ergebnisse der Kartierungen aus der Luft und vom Boden

Kiesbänke und andere Strukturen wurden ausgehend von den Drohnen-Luftbildern im GIS digitalisiert (s. Beispiel in Abb. 5.1.1-1) und dann am Boden nachkontrolliert. Die untersuchten Probestrecken sind in Tabelle 5.4.2-1 aufgelistet.

Zur Überprüfung der Methode erledigten verschiedene Personen diese Arbeitsschritte. Die Kartierung an den Luftbildern wurde von einer Person ohne detaillierte Ortskenntnis des Gewässerabschnittes durchgeführt. Derselbe Abschnitt wurde bei der nachfolgenden Bodenkartierung mit den erstellten Luftbildgrundlagen (aber ohne die digitalisierten Strukturen) von einer anderen Person bearbeitet. Die Ergebnisse sollten in den wesentlichen Punkten, z.B. wie Lage der Furten, übereinstimmen.

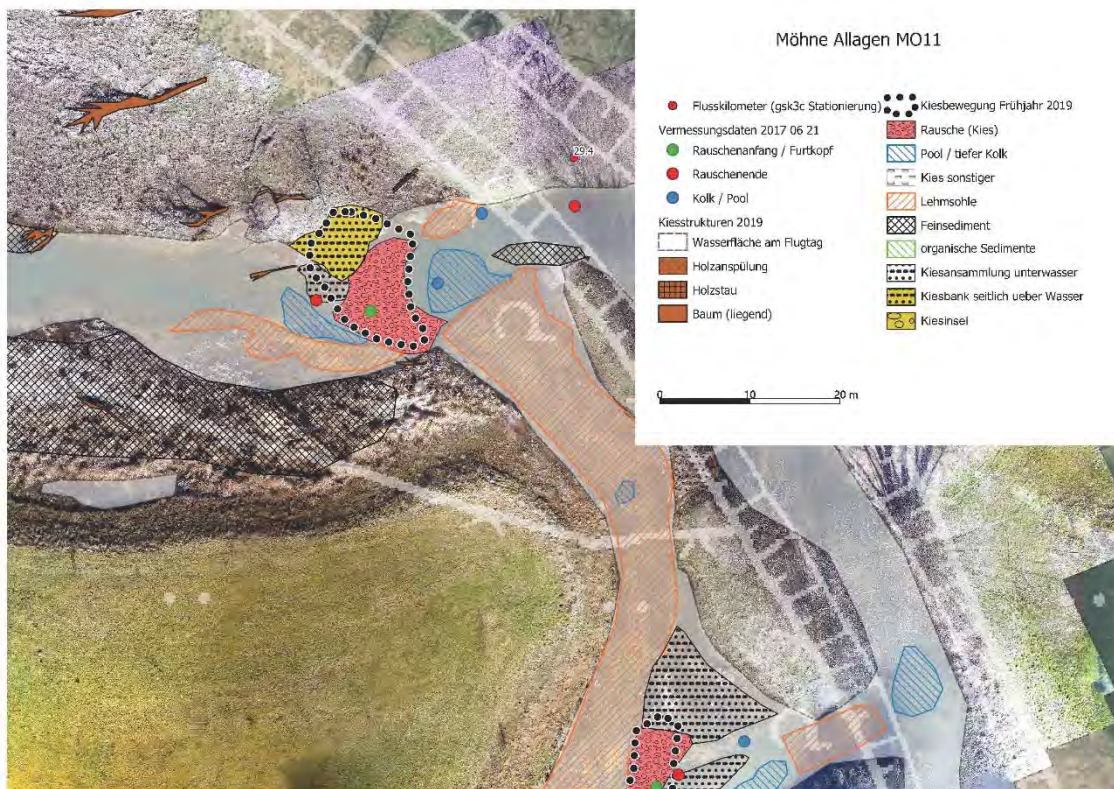


Abb. 5.1.1-1: Beispiel für eine Karte mit Ergebnissen der Strukturkartierungen

Die Bodenkontrolle wurde an jeder Befliegungstrecke durchgeführt. Die Trefferquote der Erkennung von Furten im Drohnenluftbild ist im Diagramm in Abbildung 5.1.1-2 dargestellt.



Abb. 5.1.1-2: Erkennungsrate von bei der Bodenkontrolle festgestellten Rauschen bei der Drohnenkartierung

★ Probestrecke wegen dichter Ufergehölze nicht zu befliegen

Nachkartierung von mit der Drohne nicht befliegbaren Bereichen

Gewässer, die die Drohne nicht im Tiefflug befliegen konnte, mussten am Boden nachkartiert werden. Dennoch war es sinnvoll, zunächst Übersichtskarten aus Luftbildern zu erstellen. Mit einer solchen Kartengrundlage kann die kartierende Person am Boden sich hinreichend gut orientieren und vorhandene Strukturen lagegenauer und schneller aufnehmen. Es ist selbstverständlich auch möglich, die Luftbilder für die Kartierung in ein digitales Endgerät zu überspielen und die Strukturdaten vor Ort zu digitalisieren.

Flächenanteile der Kiesstrukturen und des Totholzes im Gewässer

Aus den Daten der Strukturkartierungen wurden die Flächen der Kies- und Totholzanteile für 21 Probestrecken bilanziert. Die Querbänke als Kiesstruktur im Gewässer lassen sich anhand der Luftbilder nur mit dem Rauschen-Anteil bestimmen.

Zur Vergleichbarkeit der Kiesstrukturen in den unterschiedlichen Probestrecken wurden die ermittelten Flächengrößen auf die Wasserfläche des untersuchten Abschnittes bezogen, so ergeben sich Flächenanteile von Kiesstrukturen oder Totholz in Prozent. Die Bezugswasserfläche entspricht etwa derjenigen bei mittlerem Niedrigwasserabfluss (MNQ), allerdings inklusive vorhandener Inseln und uferparalleler Kiesbänke, die bei MNQ über der Wasseroberfläche liegen.

In den Diagrammen der Abbildungen 5.1.1-3 bis 5.1.1-6 sind die bilanzierten Flächen aufgetragen. Einen Überblick gibt die folgende Charakterisierung der Probestrecken:

Große Schmalenau

Der Abschnitt der Großen Schmalenau **GRS 05** befindet sich in Neuhaus kurz vor der Mündung des Baches in die Heve. Dieser Abschnitt wurde 2013 renaturiert. Die Rauschen weisen einen Flächenanteil von 15 % der Wasserfläche auf, der Windungsgrad beträgt rund 1,7 und die Anzahl der Rauschen pro 100 m liegt bei 3,5 (s. Abb. 5.1.2-2 und -3). Der etwas stromaufwärts gelegene Abschnitt „**GRS 08 naturnah**“ am Donnerschen Weg hat einen Rauschenanteil von rund 24 %, der Windungsgrad beträgt hier rund 1,5. Die reine Anzahl der Querbänke pro 100 m liegt in diesem naturbelassenen Abschnitt bei 4,1 (s. Abb. 5.1.2-2 und -3). Der Anteil des Totholzes ist in der naturnahen Strecke „08 naturnah“ deutlich höher als in dem renaturierten Abschnitt (s. Abb. 5.1.1-6).

Heve

Der unterste, ausgebaute Abschnitt der Heve **HV 01** „Pegel Neuhaus“ ist sehr strukturarm.

Die Flächenanteile der Rauschen im 2015 renaturierten Abschnitt **HV 02** sind denen des naturbelassenen Abschnitts **HV 04** „Wildwiese“ mit rund 30 % recht ähnlich. Der Abschnitt **HV 03** „Carabus-Altarm“ weist mit nur 12 % etwas geringere Flächenanteile an Rauschen auf. Dieser Abschnitt ist 2011 renaturiert worden. Die drei Abschnitte der Heve (HV 02, HV 03 und HV 04) ähneln sich in den Flächenanteilen der seitlichen Kiesstrukturen und Inseln sehr (s. Abb. 5.1.1.-4 und -5). Die Windungsgrade und die Totholzanteile variieren in diesen drei Abschnitten jedoch deutlich.

Im Abschnitt HV 03 wurden kürzere Bereiche des begradigten Laufes beibehalten; durch die höher liegenden Sohlen der neuen Schlingen verwandelten sich einige Abschnitte der alten Trasse in tiefe Bereiche, die als „Sedimentfallen“ wirken und den Kiestransport bachabwärts behindern.

Möhne

Im Gegensatz zu Heve und Großer Schmalenau ist die Möhne über die letzten Jahrhunderte wesentlich höherem Nutzungsdruck ausgeliefert gewesen. Dieser hinterließ deutliche Spuren. Massiv ausgebaute Strecken wie **MO 09** „Kläranlage Völlinghausen“ oder **MO 18** „Infineon“ sind das Ergebnis. Die Kiesstrukturen sind im Untersuchungsraum der Möhne in vielen Stellen gestört. Dazu gehören u.a. eingestaute Bereiche vor Wehren, Veränderungen in der Wasserführung oder Anhäufung von Kies aus Sohlerosionsabschnitten. Allerdings wurden an der Möhne in den letzten Jahren an verschiedenen Abschnitten Renaturierungen auf verschiedene Weisen umgesetzt. Daher bedarf es bei der Einordnung und der Betrachtung der nachfolgenden Ergebnisse einer Bezugnahme auf diese Rahmenbedingungen.

Die wenigen Querbänke in den Abschnitten **MO 09** „Kläranlage Völlinghausen“, **MO 10** „oberhalb Merpke“ und **MO ob 10** „unterhalb Niederberghiem“ liegen nicht in typischen Sequenzen von Rauschen und Kolken. In diesen Abschnitten ist der Windungsgrad mit nahezu 1 sehr gering. Totholz ist sehr selten. Die Sohle hat an einigen Stellen das Grundgebirge erreicht.

Die beiden Abschnitte **MO 11** „Ersatzaue Allagen“ und **MO 13** „Fischaufstieg Allagen“ sind Renaturierungsstrecken mit Ersatzauen. Bei Abschnitt MO 13 handelt es sich um einen Ausleitungsarm; es liegt eine Aufteilung des Abflusses durch eine Wehranlage vor. Die Rauschenanteile sind in diesen beiden Strecken mit rund 5 % im Vergleich zu den anderen Strecken auffallend gering. Der Abschnitt MO 11 hat ähnlich hohe Totholzanteile wie die naturnahe Strecke MO 17 „Fliegenwald“ (s.u.), jedoch liegt ein großer Anteil der Totholzstämmen in Allagen auf der Lehmsohle der Ersatzaue und kann deshalb kaum Kies aktivieren. Im Fliegenwald MO 17 liegt das Totholz dagegen zum Großteil auch bei Niedrigwasser in der Strömung und ist für den Kies „strömungsaktiv“. Im Abschnitt MO 13 ist der Anteil der seitlichen Kiesbänke und Inseln etwas höher als in MO 11.

Probestrecke **MO 14** „Ausleitung Wehr Eiling“ hat den höchsten Anteil von Längsbänken und Kiesinseln von allen Probestrecken. Der Grund dafür ist, dass am Wehr Eiling der Abfluss der Möhne geteilt wird; nur bei Hochwasser fließt der größte Anteil des dann Sediment-führenden Wassers in die Ausleitungsstrecke. Hier sinkt die Transportkapazität und viel Kies bleibt liegen, wodurch untypisch große Kiesbänke entstehen.

Die Möhne bei **MO 16** „Kläranlage Belecke“ ist breit und gestreckt. Im Unterschied zur direkt oberhalb liegenden Strecke MO 17 (s.u.) fehlt Totholz fast vollständig. Die Sohle des Abschnittes ist wenig strukturiert, die vorhandenen Querbänke sind niedrig, typische Kolke fehlen.

MO 17 „Fliegenwald“ hat mit einem Anteil von fast 20 % Rauschen an der Wasserfläche den höchsten Kiesrauschen-Anteil von allen untersuchten Abschnitten in der Möhne und ist in dieser Hinsicht mit dem naturbelassenen Abschnitt der Heve HV 04 vergleichbar. Dies gilt ebenfalls für die Längsbänke und Kiesinseln. Der Windungsgrad von MO 17 ist allerdings mit 1,03 sehr gering, im Gegensatz dazu steht der sehr hohe Anteil von Totholz in der Strömung. Die Gerinnebreite bei MNQ variiert von 2 bis 20 m. Die Einschnittstiefe des Gerinnes ist gering, Hochwasser können früher in die Aue ausufern als in den meisten anderen Abschnitten der Möhne. Weitere Details und Besonderheiten des Abschnittes MO 17 werden u.a. im Steckbrief beschrieben.

Bei „Infineon“ (**MO 18**) ist die Möhne naturfern ausgebaut. Keine der in den Abbildungen 5.1.1-3 bis 5.1.1-6 behandelten Strukturen kommt vor.

Der Abschnitt **MO 19** „Schule Belecke“ ist eine Renaturierungsstrecke mit einigen Ersatzauenbereichen, der Windungsgrad ist vergleichsweise gering (1,3, s. Abb.5.1.2-4), der Totholzanteil sehr gering (Abb. 5.1.1-6). Die Kiesstrukturen der Sohle machen etwa sieben Jahre nach der Renaturierung einen unbewegten Eindruck, obwohl die Kieskornverteilung als naturtypisch eingeordnet werden kann. Die Anteile der Rauschen (6 %) und der Kiesinseln und Längsbänke (0 %) passen zu den oben genannten Randbedingungen.

Der Abschnitt **MO 21** „Sägewerk Fisch“ hat fast kein Totholz; es wurden im Rahmen von Renaturierungsmaßnahmen Schleifen mit kleinen Ersatzauenbereichen angelegt. Die sohlgleiche Anbindung hat zwar keine Einstaubereiche erzeugt, jedoch stieg die Häufigkeit der Ausuferung dadurch kaum. Auch der Windungsgrad wurde kaum erhöht (aktuell 1,12). In den neu angelegten Schleifen sind Kiessteilwände entstanden, außerdem Kiesstrukturen der Sohle in Flächenanteilen von rund 12 % durch Rauschen und 5 % in Form von Längsbänken oder kleinen Kiesinseln. Dies ergibt in der Summe fast 18 % Inseln, Längs- und Querbänke an der Bezugswasserfläche (MNQ).

In den Probestrecken **MO 22** „Kläranlage Rüthen“ und insbesondere **MO ob 23** „oberhalb Aalbecke“ wurden zwar Strukturen festgestellt, die sich als Querbänke interpretieren lassen, aber sie entsprechen überwiegend nicht natürlichen Querbänken aus Kies. In diesen Strecken ist der Windungsgrad mit nahezu 1 sehr gering. Kiesnachschub aus oberhalb gelegenen Abschnitten sorgt für Rauschen-ähnliche Strukturen; der Kies wird jedoch durch diese Abschnitte durchtransportiert und kann auf Grund der hohen Transportkapazitäten keine typische Abfolge von Bänken und Kolken ausbilden.

MO 27 „NATO-Lager“ weist einen Rauschenanteil von 21 % auf, Totholz und Kiesbänke sind in geringem Umfang vorhanden. Die Renaturierungsstrecke ist als „gealtert“ einzustufen. Es gibt wenig Veränderungen an den Kiesstrukturen bei Hochwasser.

MO 30 „Bhf Scharfenberg“ weist keine Kiestrukturen auf. An einigen Stellen findet sich wenig Kies auf der Sohle, diese besteht jedoch überwiegend aus Auelehm. Totholz ist nicht vorhanden.

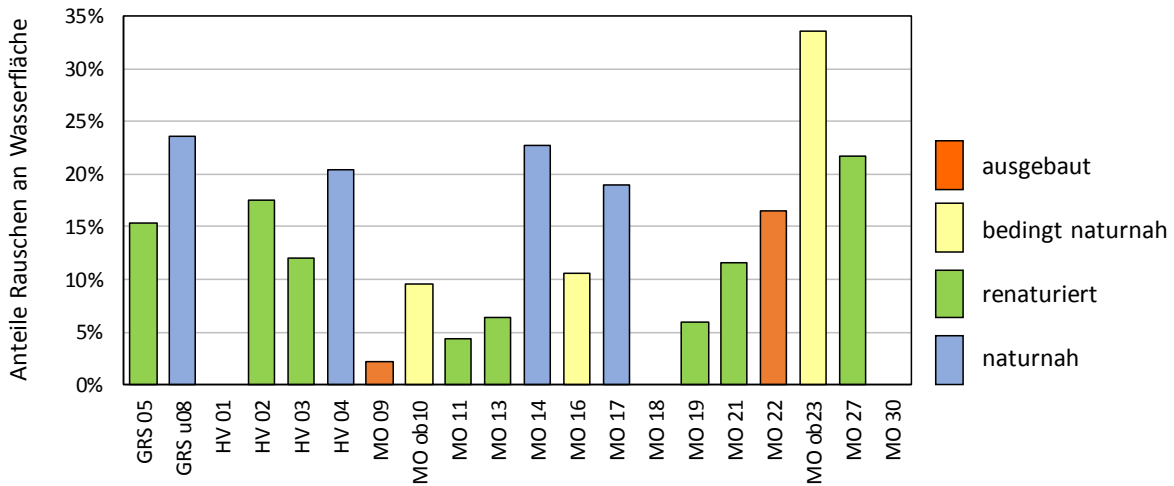


Abb. 5.1.1-3: Prozentuale Anteile der Rauschen auf Querbänken an der gesamten Gewässerfläche (Ermittlung s. Text) jeder Probestrecke

Vegetationsfreie Kiesbänke und -inseln, die bei mittlerem Sommerniedrigwasser über die Wasseroberfläche hinausragen, sind ein Indiz für die Dynamik eines Gewässers. Sie entstehen durch Umlagerung und Transport von Kies. Nur wenn diese Vorgänge regelmäßig stattfinden, entstehen im Gewässer vegetationsfreie Längsbänke und Inseln immer wieder neu. In Abbildung 5.1.1-4 sind die Anteile dieser Strukturen aufgetragen. Der Wert von MO 14 sticht heraus. Dieser Möhneabschnitt ist die Ausleitungstrecke am Wehr Eiling. Auch MO 17 „Fliegenwald“ hat einen sehr hohen Anteil an Kiesbänken und -inseln. In den übrigen Abschnitten fehlen diese Strukturen oder sie weisen einen niedrigen Anteil von 4 – 7 % an der Wasserfläche auf.

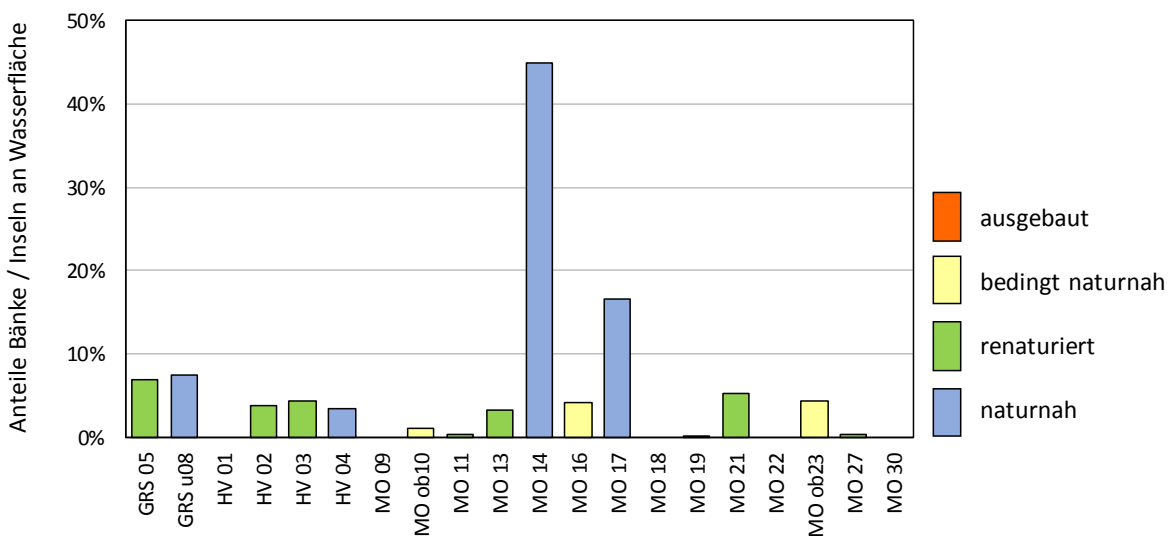


Abb. 5.1.1-4: Prozentuale Anteile von Längsbänken und Kiesinseln an der gesamten Gewässerfläche (Ermittlung s. Text) jeder Probestrecke

Während die unter Wasser liegenden Querbänke mit ihren Rauschen (Abb. 5.1.1-3) in naturnahen Abschnitten relativ regelmäßig angeordnet sind, erscheinen Inseln und Längsbänke, die im Sommer trocken liegen (Abb. 5.1.1-4), unregelmäßig im Gewässerverlauf an bestimmten, typischen Stellen. Die Lage dieser Strukturen in den beflogenen Abschnitten wies einige grundsätzliche Gemeinsamkeiten auf. Sie befanden sich v.a.

- nach Auskolkungen hinter starken Kurven,
- nach Auskolkungen bei Einmündungen von Flutrinnen,
- nach Unterspülungen von querliegendem Totholz,
- vor Totholz, das als Sedimentstau wirkt,
- in Profilaufweitungen nach Engstellen,
- in engen Kurven unmittelbar hinter dem Krümmungsmaximum am Gleitufer („point-bars“).

In Abbildung 5.1.1-5 sind die Anteile der Abbildungen 5.1.1-3 und -4 aufsummiert, um einen Überblick über die Menge der Kiesstrukturen in den einzelnen Probestrecken zu geben.

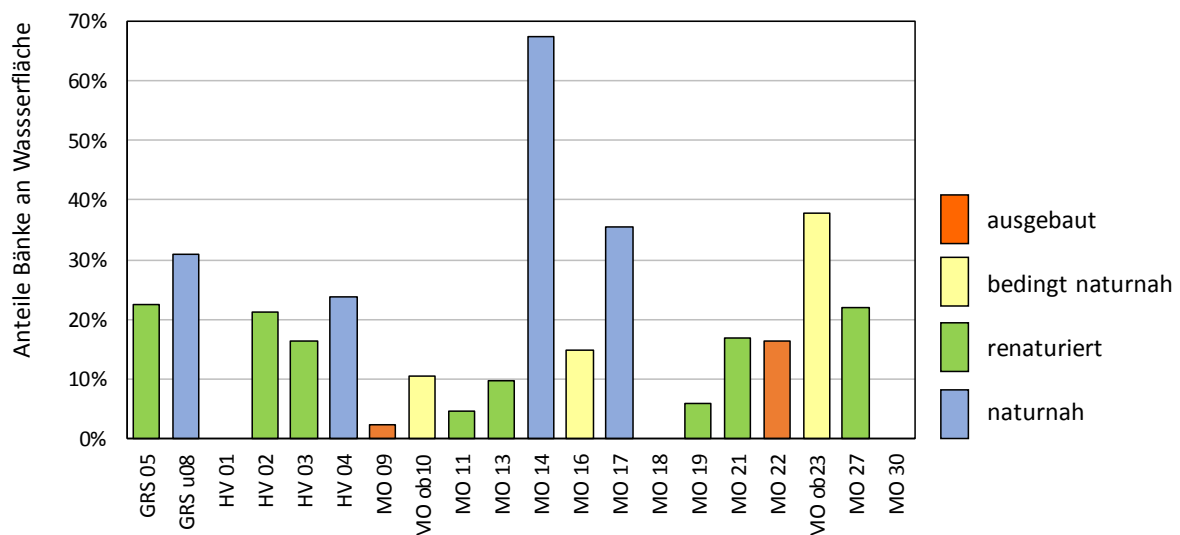


Abb. 5.1.1-5: Prozentuale Anteile der Summen aller ermittelten Querbänke (unter Wasser) sowie Längsbänke und Kiesinseln (über Wasser) an der Gewässerfläche (Ermittlung s. Text) jeder Probestrecke

Abbildung 5.1.1-6 zeigt die Menge an großem und kleinem Totholz in den Probestrecken. Die naturnahen Strecke GRS u 08 hat den höchsten Anteil, gefolgt von der renaturierten Strecke HV 02, der naturnahen Strecke MO 17 (Fliegenwald) und den renaturierten Strecken MO 11 (Ersatzaue Allagen) und GRS 05.

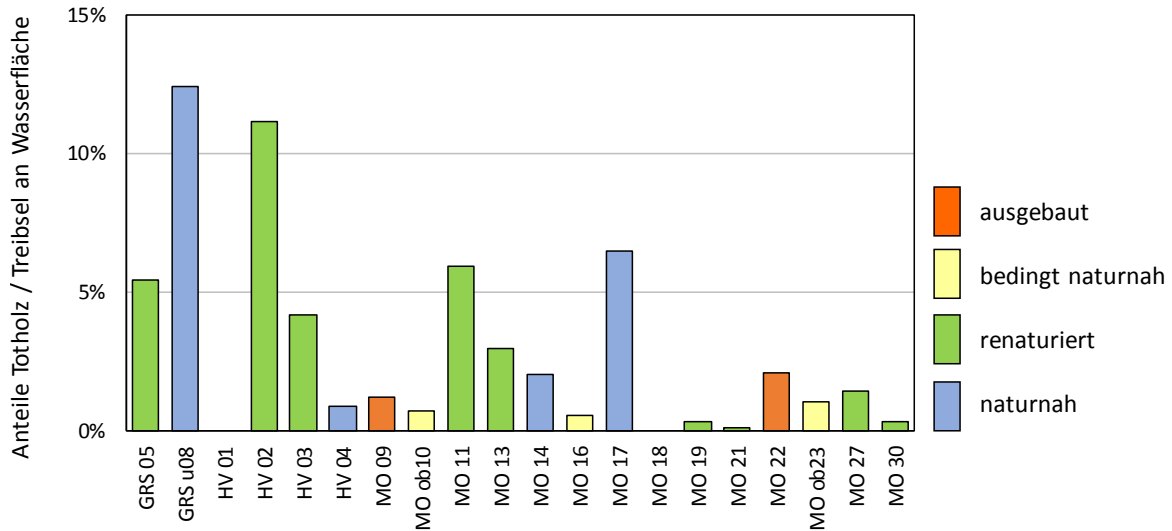


Abb. 5.1.1-6: Prozentuale Anteile von Totholz und Treibsel-Ansammlungen an der Gewässerfläche (Ermittlung s. Text) jeder Probestrecke

5.1.2 Abfolge von Furten und Kolken in Längsschnitten

Die mit dem Tachymeter aufgenommenen Vermessungsdaten wurden nach der Kilometrierung mittels 1-D-Raster in Längsschnitten dargestellt (s. Kap. 4.2). Ein Beispiel für einen solchen Längsschnitt zeigt Abbildung 5.1.2-1. Die Querbänke wurden jeweils mit Anfangs- und Endpunkten farbig markiert, ebenso die Tiefpunkte von Kolken in der Kiessohle (blau), um sie von sonstigen Tiefwasserstellen beispielsweise in eingestauten Bereichen unterscheiden zu können.

Aus den Vermessungsdaten und den Ergebnissen der Strukturkartierung wurden Abstände zwischen den Querbänken, Gewässerbreiten und Windungsgrad sowie Verhältnisse dieser Kenndaten zueinander ermittelt. In den nachfolgenden Abbildungen 5.1.2-2 bis 5.1.2-7 sind diese Parameter in Diagrammen dargestellt.

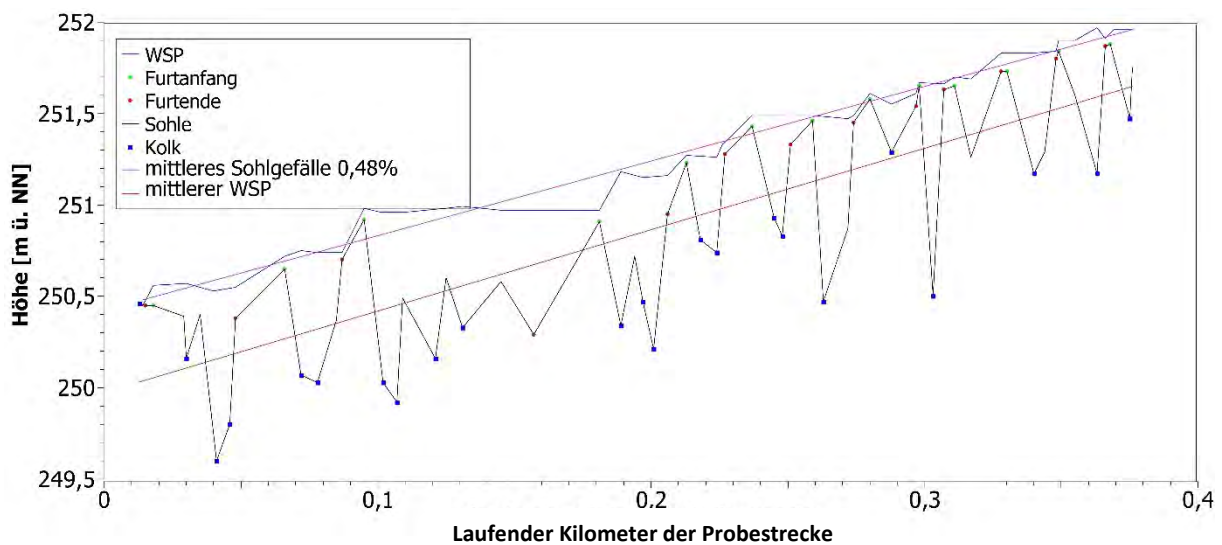


Abb. 5.1.2-1: Tachymetrische Vermessungsergebnisse werden als Längsschnitt der Gewässersohle dargestellt (hier als Beispiel: Heve Wildwiese, 6.7.2017; WSP = Wasserspiegel)

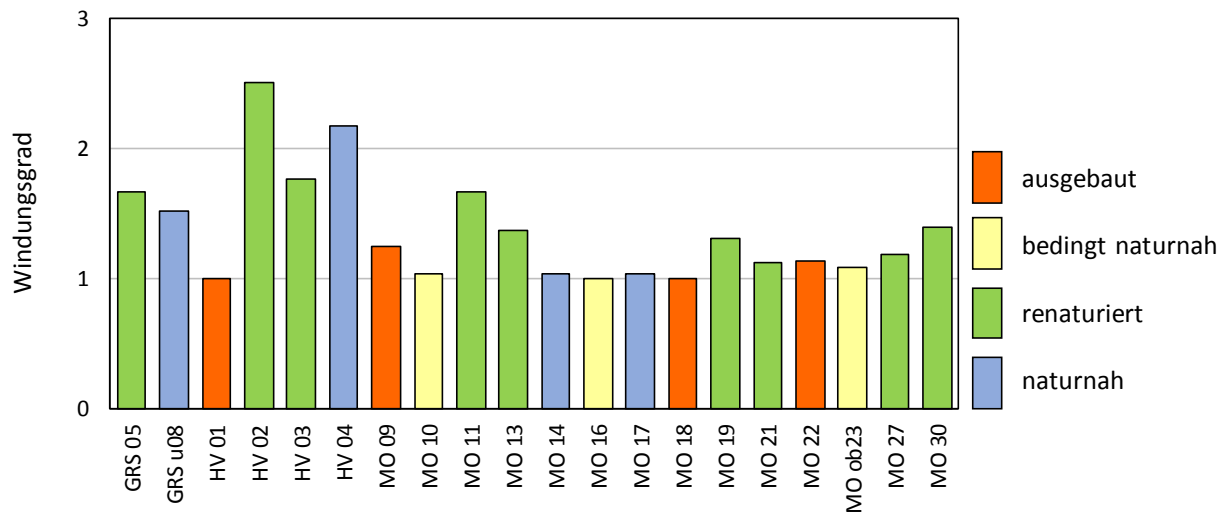


Abb. 5.1.2-2: Windungsgrade der untersuchten Probestrecken

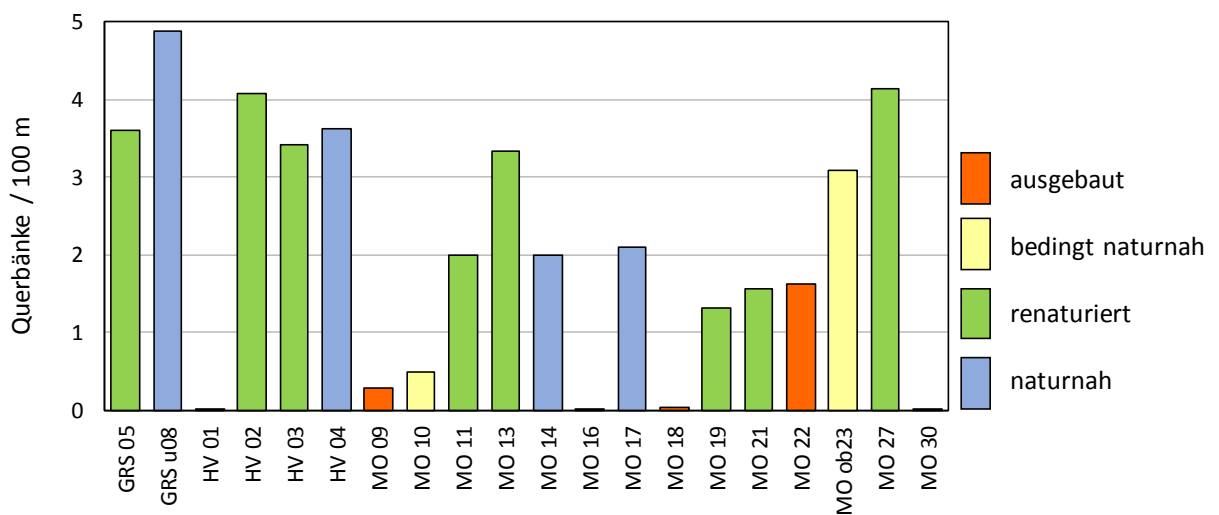


Abb. 5.1.2-3: Mittlere Zahl der Querbänke pro 100 m in den untersuchten Probestrecken

In naturnahen und renaturierten Probestrecken sind Windungsgrad (Abb. 5.1.2-2) und Zahl der Querbänke (Abb. 5.1.2-3) höher als in Ausbaustrecken und bedingt naturnahen Strecken.

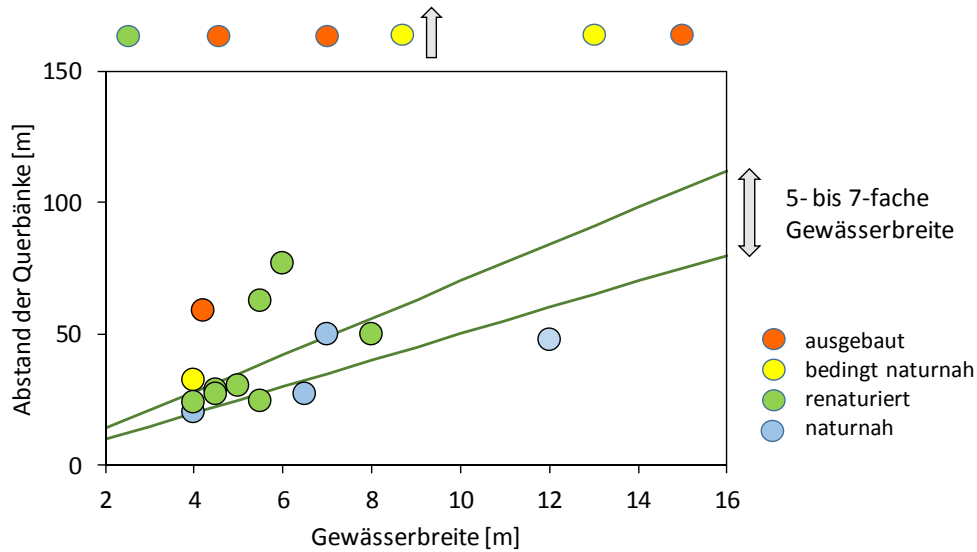


Abb. 5.1.2-4: Beziehung des mittleren Abstands zwischen den Querbänke zur Gewässerbreite
(Die Punkte über dem Diagramm bezeichnen Probestrecken, in denen der mittlere Abstand zwischen den Querbänken > 150 m beträgt.)

Abbildung 5.1.2-4 zeigt, dass der mittlere Abstand zwischen den Querbänken in den meisten naturnahen und renaturierten Strecken dem fünf- bis siebenfachen der Gewässerbreite entspricht. Dieses Ergebnis ist Literaturdaten sehr ähnlich (LEOPOLD et al. 1964, GREGORY et al. 1994). Überdurchschnittlich viele Querbänke weist die Strecke MO 17 „Fliegenwald“ auf (der blaue Punkt bei 12 m Gewässerbreite); hier könnte die große Menge Totholz die Ursache dafür sein. Eine unterdurchschnittliche Dichte an Querbänken haben die Ausbaustrecke MO 22 (Kläranlage Rüthen), die Strecke MO 21 (Sägewerk Fisch) - sie besteht aus einem ausgebauten und einem renaturierten Teil - und aus nicht ersichtlichem Grund die renaturierte Strecke MO 19 (Schule Beleck). Strecken völlig oder fast ohne Querbänke sind über dem Diagramm angeordnet (Abstand zwischen den Querbänken zwischen 333 m und ∞). Bis auf eine renaturierte Strecke mit Lehmsohle handelt es sich um ausgebauten oder allenfalls bedingt naturnahe Möhneabschnitte.

Eine wichtige Bedingung für eine reiche Kiesstruktur ist die Breitenvarianz des Gewässers bei MNQ. Da die Varianz nicht ermittelt wurde, stellt das nachfolgende Diagramm ersatzweise die Spannweite der Sohlbreite dar. Für eine Vergleichbarkeit der Ergebnisse von Natur aus unterschiedlich breiter Gewässerabschnitte ist die Spannweite als Anteil der maximalen Sohlbreite aufgetragen.

Sehr kleine Spannweiten haben erwartungsgemäß die Ausbauabschnitte MO 09 und MO 18, sehr hohe die naturnahen und renaturierten Abschnitte wie MO 11, MO 13, MO 27 usw.

In Abbildung 5.1.2-6 ist der Zusammenhang zwischen Windungsgrad und relativem Furt-Abstand (Abstand zwischen den Querbänken) aufgetragen. Es zeigt sich, dass ab einem Windungsgrad höher als 1,5 der Abstand zwischen den Bänken durchweg gering ist. Dies trifft auf naturbelassene und renaturierte Abschnitte gleichermaßen zu. Ist der Windungsgrad geringer als 1,5, so ist eine deutliche Streuung der Werte zu erkennen. Eine Ausnahme ist Probestrecke MO 30 „Bhf Scharfenberg“, wo bei einem durch die Renaturierung hergestellten Windungsgrad von 1,4 keine Kies-Querbänk vorhanden ist, weil der Möhneabschnitt eine Lehmsohle aufweist.

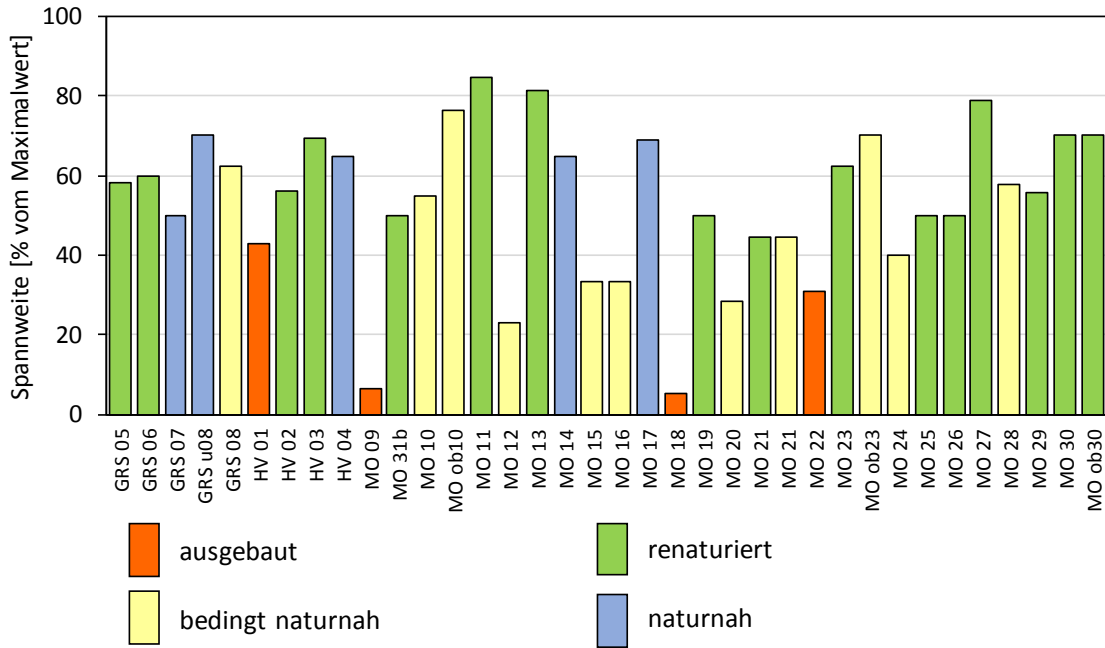


Abb. 5.1.2-5: Spannweite der Sohlbreite (aufgetragen als prozentualer Anteil der Maximalbreite)

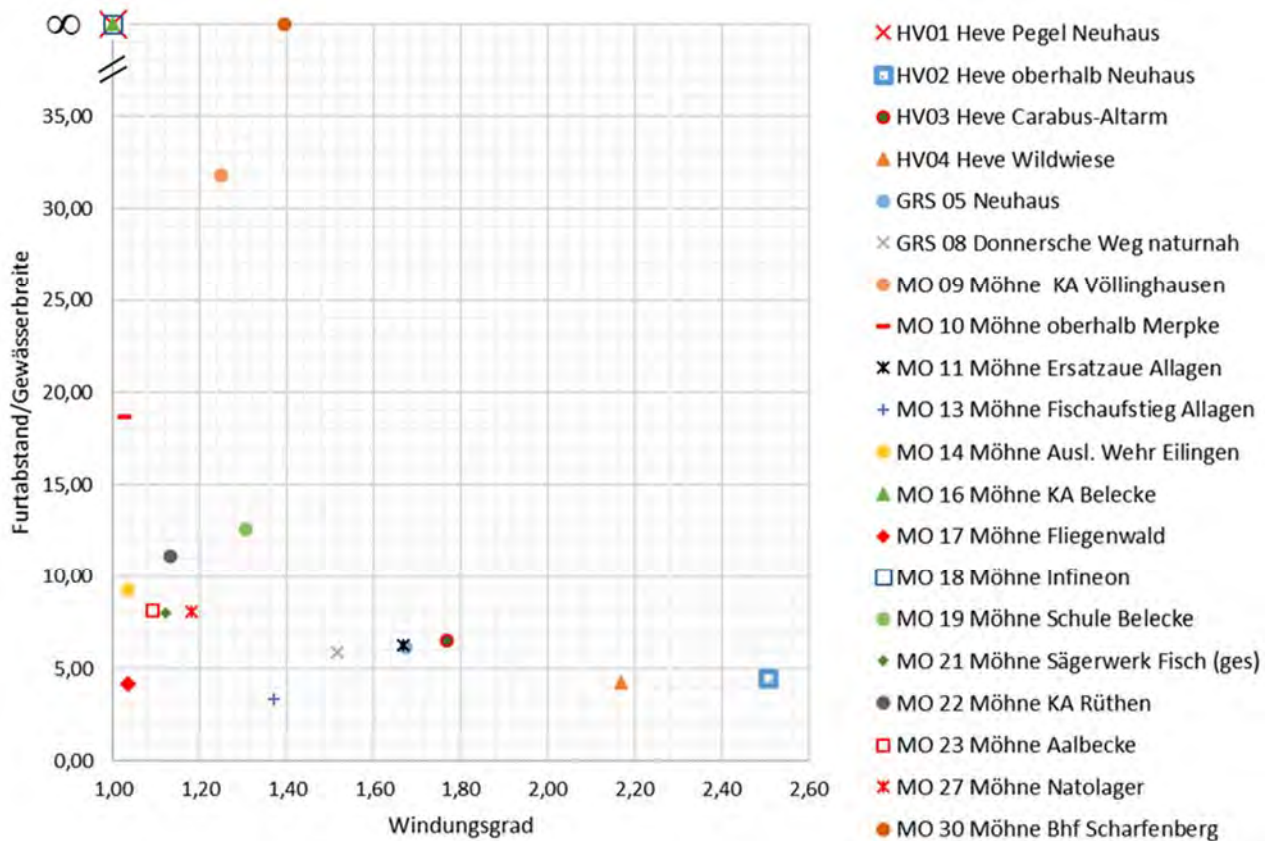


Abb. 5.1.2-6: Beziehung der relativen Abstände von Querbänken zum Windungsgrad

5.2 Korngrößen des Kieses in Querbänken: Sieblinien und Deckschichtanalyse

Zur Bestimmung der Korngrößen und ihrer Anteile wurden aus Querbänken ausgewählter Probestrecken je zwei Proben aus dem Kieskörper entnommen. Wie im Kapitel Methoden geschildert, wiesen die Korngrößen bei der Probennahme eine deutliche vertikale Schichtung auf.

Diese Schichtung der Korngrößen in der Gewässersohle wird bei der oben beschriebenen Methode der Probenahme für die Sieblinien nicht berücksichtigt. Das geschilderte Phänomen scheint bei naturfernen Abschnitten und Abschnitten mit gestörtem Geschiebe-Haushalt besonders ausgeprägt. Bei den ersten Auswertungen stellte sich heraus, dass einige Gewässerabschnitte, die optisch strukturreich erschienen, doch eher als beeinträchtigt einzuordnen sind (z.B. Möhne 10 oberhalb Merpke). Bei genauerer Analyse dieser Abschnitte zeigte sich, dass Hinweise auf Eingriffe wie Laufverkürzungen, aber auch auf Uferbefestigungen nicht ausreichend berücksichtigt worden waren. Daher wurde an einigen Probestellen zusätzlich zu den Sieblinien die Korngrößenverteilung der Deckschicht bestimmt.

In den Diagrammen der 5.2-1 bis 5.2.-3 sind die Sieblinien-Ergebnisse der Korngrößenverteilungen aufgetragen. Diagramm 5.2-1 stellt die Korngrößen in % der Gesamtmasse jeder Probe aus dem Sohlkörper als Summenkurve dar. Die Linien von Probestrecken, in denen auch kleinere Korngrößen häufig vorkommen, steigen schneller an als die Linien der anderen. In Abbildung 5.2-1 sind insbesondere die beiden obersten Linien, die zu den Probestrecken MO 11 (Ersatzaue Allagen) und MO 13 (Fischaufstieg Allagen) gehören. Bei Probestrecken, in denen große Korngrößen häufiger sind, verläuft die Diagrammlinie dagegen zunächst flach und steigt dann steil an. Hier ist die unterste (grüne) Linie der Probestrecke MO 10 (oberhalb Merpke) besonders markant. Alle anderen Sieblinien liegen viel enger zusammen.

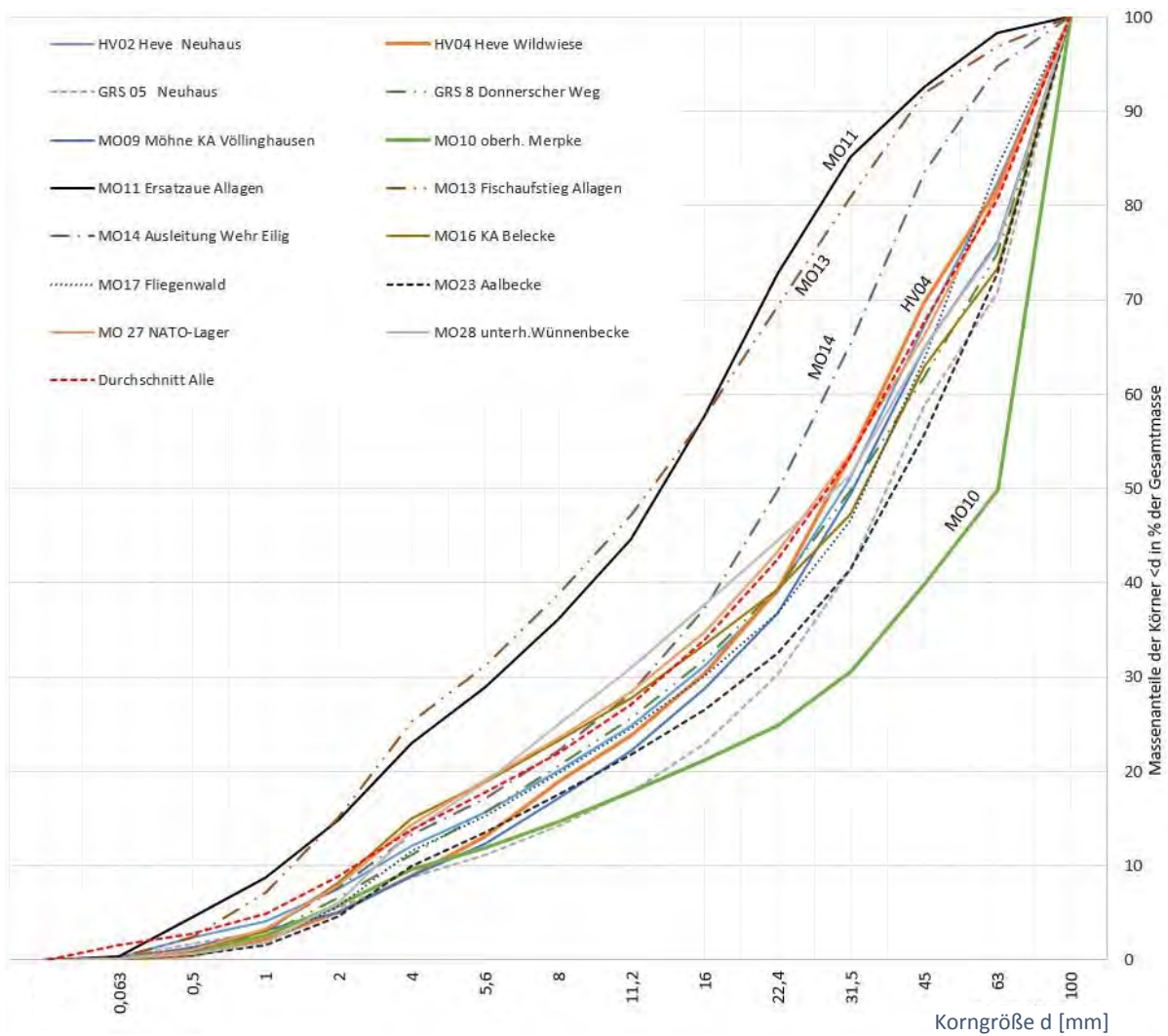


Abb. 5.2-1: Siebliniendiagramm der Querbänke aller Probestellen, dargestellt als Summenlinie (Korngröße: Der %-Wert auf der Ordinate gibt an, wie viele Körner kleiner sind als der jeweilige Wert auf der der Abszisse.)

In Diagramm 5.2-2 sind dieselben Daten aufgetragen wie im Diagramm 5.2-1, jedoch als absolute Prozente. Dies ermöglicht eine andere Betrachtung der Korngrößenverteilung des Sohlkörpers. Gut zu erkennen sind die Probestrecken, in denen kleine und mittlere Korngrößen häufiger sind (z.B. MO 13 „Fischaufstieg Allagen“). Strecken, in denen im Sohlkörper eher große Fraktionen des Kiesel dominieren (z.B. MO 10 „oberhalb Merpke“), lassen sich bei dieser Darstellungsart gut von den Abschnitten mit mehr feinkörnigem Kiesel unterscheiden.

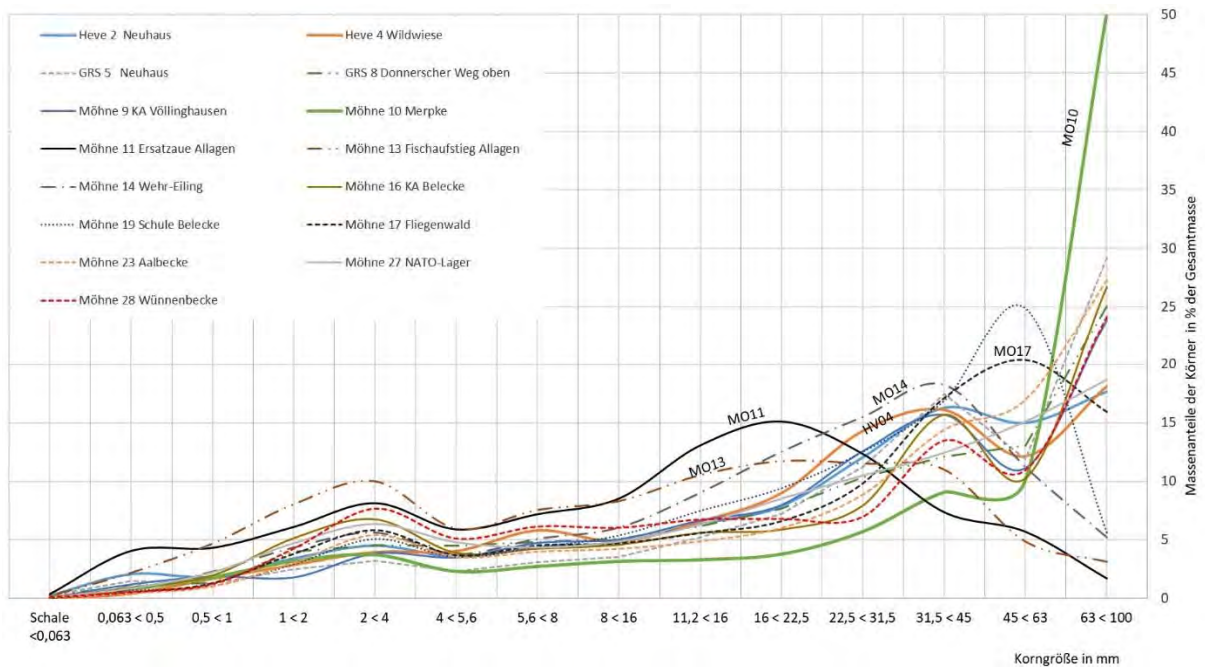


Abb. 5.2-2: Verteilungsdichten der Korngrößen der Querbänke aller Probestellen
 (Der Prozentanteil der jeweiligen Korngrößenklasse ist auf der Ordinate aufgetragen; Bezugs-
 masse: 100 % der Probenmenge)

Diagramm 5.2-3 zeigt die Verteilungsdichten der Korngrößen nur der Deckschichten der Probestrecken. Probestrecken, in denen die Deckschichten aus mittelgroßen Kiesen bestehen, haben Maxima zwischen 31,5 und 63 mm und stellen sich in der Gesamtbewertung der Kiesstrukturen als gut bzw. naturnah dar, weisen also viele Kiesbänke pro Flussabschnitt auf. Strecken v.a. an der Möhne, deren Deckschicht sich besonders grobkiesig zeigt und eher eine „Sohlpanzerung“ darstellt, haben eine starke Häufung der Korngröße ab 100 mm Korndurchmesser, z.B. die Probestrecken MO 9 (Kläranlage Völlinghausen) und MO 10 (oberhalb der Merpke). Diese Strecken zeigen auch in der Kiesstrukturkartierung „schlechte“ Zustände.

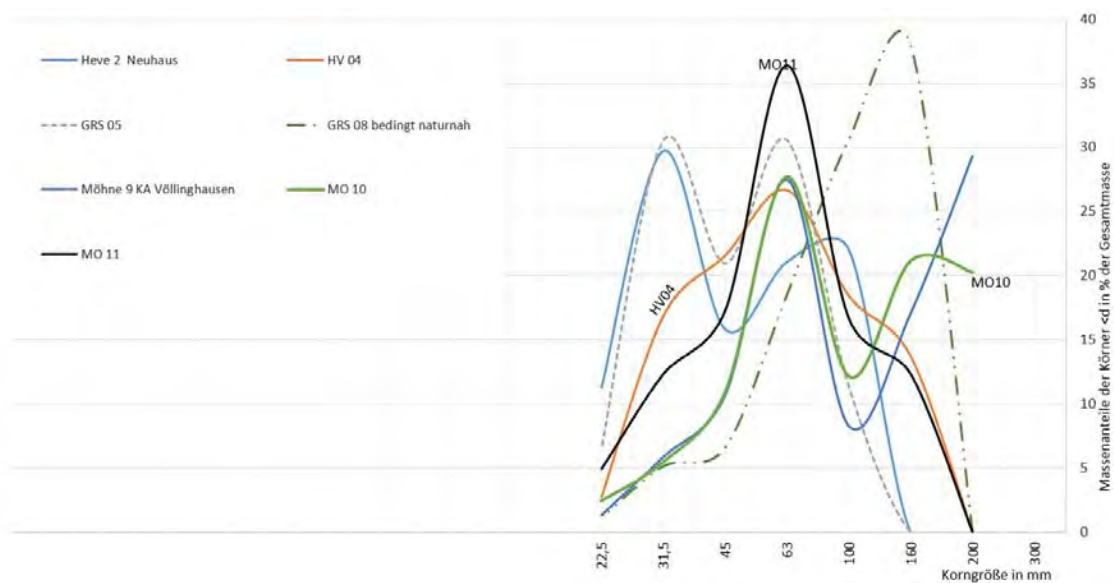


Abb. 5.2-3: Verteilungsdichten der Korngrößen der Sohldeckschicht von sieben Probestellen

Eine Besonderheit ist die Form der Kieselsteine in der Großen Schmalenau: Sie sind eher länglich und vor allem platt. Daher kann ein Stein mit einer Kantenlänge von 80 mm an der schmalen Seite nur etwa 5 mm hoch und damit insgesamt sehr leicht sein. Diese Form weist einen recht großen Strömungswiderstand auf. Probestrecke GRS 8 hat einen besonders hohen Anteil solcher großer Steine.

Die Analyse der Deckschicht von Querbänken zeigte auch einen engen Zusammenhang zwischen der Korngröße der Kieselsteine und dem Windungsgrad der Probestrecken auf (Abb. 5.2-4): Je höher der Windungsgrad, desto größer war die Kiesfraktion von Kiesel mit Korngrößen zwischen 22,5 und 45 mm, also „kleinen“ Kieselsteinen, die für lithophile Fischarten wie Forelle, Äsche und Barbe geeignet sind. In Gewässerabschnitten mit gestrecktem Verlauf sind Gefälle und Fließgeschwindigkeit höher, was zu größeren Anteilen von Kiesel mit größerem Durchmesser führt.

Bei der Interpretation von Abbildung 5.2-4 ist allerdings zu berücksichtigen, dass drei der untersuchten Abschnitte (GRS 05, HV 02 und MO 11) vor wenigen Jahren renaturiert wurden, so dass hier der Anteil kleiner Steine in dem „frisch erschlossenen“ Kies derzeit noch höher sein kann als in einigen Jahren, wenn möglicherweise kleine Steine ausgetragen wurden. So handelt es sich bei dem Wert deutlich oberhalb der Trendlinie um den renaturierten Unterlauf der Großen Schmalenau.

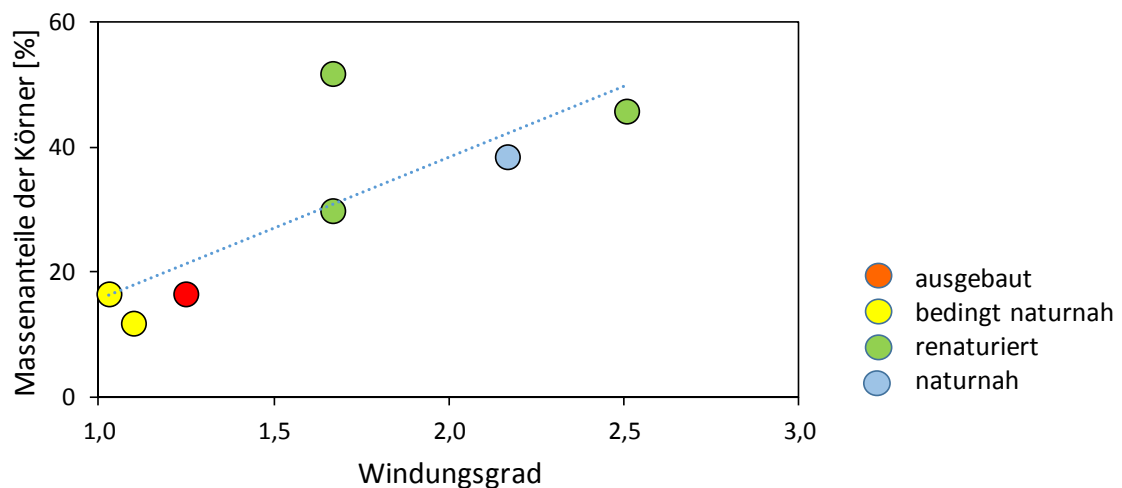


Abb. 5.2-4: Beziehung zwischen Windungsgraden und Korngrößen der Deckschicht (hier: Massenanteile der Kieselkörner mit einem Durchmesser zwischen 22,5 und 45 mm an der Gesamtmasse des Deckschicht-Kiesel) an ausgewählten Probestrecken

5.3 Veränderung von Kiesbänken durch Hochwasser und Totholz

Veränderungen im Gewässerbett nach Hochwassern sind im Detail kaum erschöpfend zu beschreiben. Die Verlagerung von Totholz und Kiesbänken, sowohl Querbänke als auch Längsbänke, geben jedoch leicht zu erfassende Anhaltspunkte für diese Veränderungen. Im Rahmen der Untersuchungen wurde eine Auswahl von mehreren Abschnitten besonders auf diese Fragestellung hin untersucht und in den Winterhalbjahren 2016/17, 2018/19 und 2019/20 befliegen. So wurden die systematischen Kartierungen der Kiesstrukturen und die Lage von Totholz um ein bzw. zwei Kartierungsdurchgänge und Filmaufnahmen erweitert. Außerdem wurden perspektivische Aufnahmen von Gewässersituation von gleichen Standorten gemacht, die qualitative Bewertungen der Kiesverlagerungen zulassen. So waren nach der recht starken Hochwassersaison 2018/19 deutliche Umlagerungen (s. in Abb. 5.1.1-1: Bereiche umrandet mit schwarzer Punktlinie) v.a. dort festzustellen, wo die Kies-Deckschicht der Sohle einen hohen Anteil aus Kiesen kleiner 60 mm aufwies.

Am Beispiel der Möhne im Abschnitt Fliegenwald (MO 17) lässt sich dies gut zeigen. Die Aufnahmen in Abbildungen 5.3-3 bis 5.3-6 zeigen dieselben Stellen in den Jahren 2016 und 2020. Die Kiesbänke können bei Hochwasser erhebliche Umgestaltungen erfahren. Wichtige Voraussetzungen hierfür sind die Verfügbarkeit von Kies und die Anwesenheit von umströmtem großem Totholz. Dies ist im Abschnitt Fliegenwald (MO 17) gegeben. Die Kiese des Gewässers werden von der Strömung „sortiert“ und „platziert“, Irgendwann ist ein „geordneter“ Zustand hergestellt, der Jahre oder Jahrzehnte anhalten kann. Die Kiesdynamik ist dann quasi nicht mehr vorhanden - es sei denn, die Strömung ändert sich.



Abb. 5.3-1: Totholz an der Möhne, Probestrecke 17 (Fliegenwald): Hinter dem Sturzbaum hat sich der frei gespülte Kies in einer frischen Bank gesammelt.

Dies geschieht auf natürliche Weise durch umstürzende Bäume oder durch die Verlagerung von Totholz oder Entstehung von Totholzstauen. Die Strömung wird teilweise erheblich umgelenkt und es muss sich wieder eine „neue Ordnung“ in den Kiesstrukturen einstellen. Dabei ist zu beobachten, dass der Kies durch die Umströmung von Totholz und Turbulenzen nur wenige Meter unterhalb als neue Kiesbank abgelagert wird. Das Totholz, als wandernde Strömungslenkung, ist also unersetzlich für die Erhaltung der Gewässerdynamik und Kiesdynamik. Die Kiese werden regelrecht durch die „Totholzwaschmaschine“ geschleudert und von Feinsedimenten befreit. Somit ist Totholz auch unersetzlich für alle Lebewesen, die ihre Lebens- und Brutstätten im Kieslückensystem (Interstitial) haben. Dabei ist es nicht entscheidend, wo die entsprechenden Kiesstrukturen sind, sondern dass sie in guter Qualität vorhanden sind. Dies ist am eigentlich begradigten Abschnitt der Möhne im Fliegenwald besonders eindrucksvoll zu beobachten. Die Ufer sind nicht befestigt. Durch die Anwesenheit von großem beweglichem Totholz und dem ständigem Nachstürzen von Uferbäumen wird der Kies in der Sohle ständig umgelagert und aus den Ufern mobilisiert. Dabei ist zu beobachten, dass die Querbänke (Furten) in Längslage im Gewässer relativ standortstreu sind, ihre Querlage verändert sich aber deutlich. Auf den nachfolgenden Fotos ist die Verlagerung der Kiesbänke, die bei Niedrigwasser trocken liegen, eindrucksvoll zu erkennen.



Abb. 5.3-2: Kiesbank mit Treibsel-Ansammlung

Wie es scheint, sind nur kleine Änderungen an der Uferbreite und dem Totholzangebot ausreichend, um die Kiesdynamik merklich zu beeinflussen.

Fazit: Die Möhne im Fliegenwald weist eine hochdynamische Kiesstruktur auf. Trotz geringem Windungsgrad können das Fehlen von Uferbefestigungen und das große Angebot von Totholz dynamische Kiesstrukturen erzeugen und erhalten. Totholz ist der Motor für ein ökologisch funktionierendes Kieslückensystem (Interstitial). Diese „Kieswaschmaschine“ muss aber mobil sein, denn der Kies kann nicht zur Strömung kommen, sondern die Strömung muss zum Kies kommen, um eine Kiesumlagerung zu erzeugen. Dies ist besonders bei hohen Feinsedimentfrachten des Gewässers nötig.



Abb. 5.3-3: Möhne Fliegenwald 2016, Position A



Abb. 5.3-4: Möhne Fliegenwald 2020, Position A



Abb. 5.3-5: Möhne Fliegenwald 2016, Position B



Abb. 5.3-6: Möhne Fliegenwald 2020, Position B

5.4 Charakterisierung der Probestrecken

5.4.1 Steckbriefe der 23 genauer untersuchten Probestrecken

Im Folgenden werden die in den Kapitel 5.1 bis 5.3 vorgestellten Parameter für jede der 23 mit der Drohne befliegenen Probestrecken zusammengestellt; dieses Vorgehen erschien übersichtlicher, als der umgekehrte Weg, bei der Behandlung jedes Parameters alle Probestecken abzuarbeiten. Die Ergebnisse zu jeder Probestrecke sind wie folgt gegliedert:

- Beschreibung der Probestrecke
- Erfassung der Kiesbänke aus der Luft und vom Boden
- Erfassung der Abfolge von Furten und Kolken (Längsschnitt)
- Korngrößenverteilung des Kieses
- Veränderung von Kiesbänken nach Hochwasser
- Tabelle wichtiger Eigenschaften
- Fazit

Folgende Probestrecken wurden bei der Kiesanalyse bearbeitet:

Gewässer	Nr.	Probestrecke
Heve	01	Pegel Neuhaus
Heve	02	oberhalb Großer Schmalenau (GRS)
Heve	03	Carabus-Altarm
Heve	04	Wildwiese
Große Schmalenau	05	Neuhaus
Große Schmalenau	08	unterhalb Donnerscher Weg naturnah
Große Schmalenau	08	Donnerscher Weg bedingt naturnah
Möhne	09	KA Völlinghausen
Möhne	10	oberhalb Merpke
Möhne	11	Ersatzaue Allagen
Möhne	13	Fischaufstieg Allagen
Möhne	14	Ausleitung Wehr Eiling
Möhne	16	KA Beleck
Möhne	17	Fliegenwald
Möhne	18	Infinion
Möhne	19	Schule Beleck
Möhne	21	Sägewerk Fisch
Möhne	22	KA Rüthen
Möhne	23	Aalbeck
Möhne		oberhalb 23 (oberhalb Aalbeck)
Möhne	27	NATO-Lager
Möhne	28	unterhalb Wünnenbeck
Möhne	30	Bhf Scharfenberg

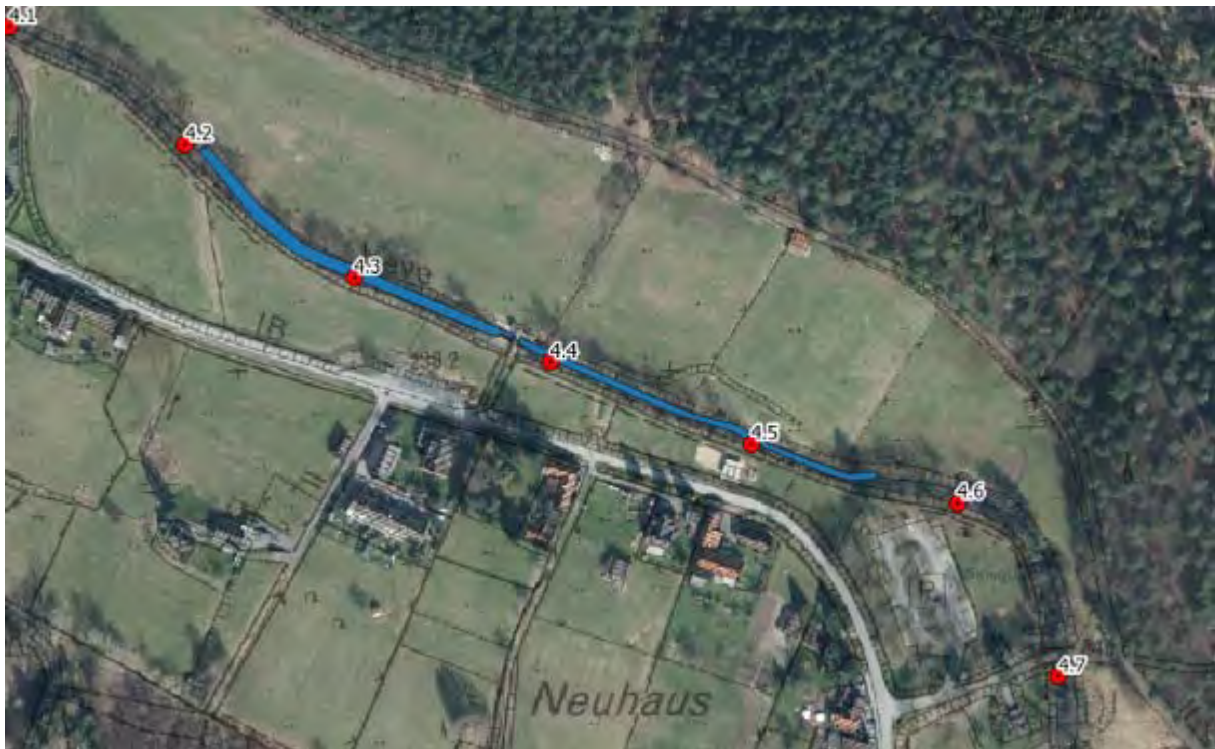
Heve 01 Pegel Neuhaus

Abb. 5.4-1: Heve in der Probestrecke 01 Pegel Neuhaus

Beschreibung: Diese Probestrecke ist als naturferner Vergleichsabschnitt in die Untersuchungen aufgenommen worden. Er startet 100 m unterhalb des Pegels Neuhaus und endet in der Höhe des Wanderparkplatzes Tacke. Der Abschnitt ist beidseitig von einer Baumgalerie eingefasst. Die Sohlbreite beträgt etwa 4,5 m. Der Windungsgrad ist 1,0. Unterhalb der Pegelanlage mit gepflasterter Sohle und einem Absturz von etwa 50 cm Höhe liegt ein tosbeckenartiger Kolk. Der gesamte Abschnitt ab dem Bereich des Wanderparkplatzes ist begradigt. In der Sohle sind keine Pool-Riffel-Abfolgen zu erkennen. Das Gewässer weist eine starke, schon lange andauernde Sohlerosion auf. Kiesansammlungen auf der Sohle sind zwar an einigen Stellen zu erkennen, jedoch können diese nicht als Furten gewertet werden. Die Sohle ist an vielen Stellen bereits bis auf das Grundgebirge erodiert oder hat in den Kolken die Felsen freigelegt.

Erfassung der Kiesbänke aus der Luft und vom Boden: Der Abschnitt ist auf beiden Seiten von dichten und tiefhängenden Ufergehölzen bestanden. Daher war diese Probestrecke als einzige nicht mit der Drohne zu kartieren.



Abb. 5.4-2: Heve, Probestrecke 01 am Pegel Neuhaus 2017



Abb. 5.4-3: Heve, Probestrecke 01 Pegel Neuhaus, Blick bachabwärts

Der Längsschnitt zeigt die steilen Gefälleverhältnisse dieses Abschnittes (0,6 %). Der Pegel und der unterhalb liegende tosbeckenartige Kolk sind bei Station 0,1. Bei Station 0,25 läuft der Heve im komplett ausgespülten Bett auf dem Fels des Grundgebirges. Die Sohle konnte sich hier nicht tiefer ein-graben.

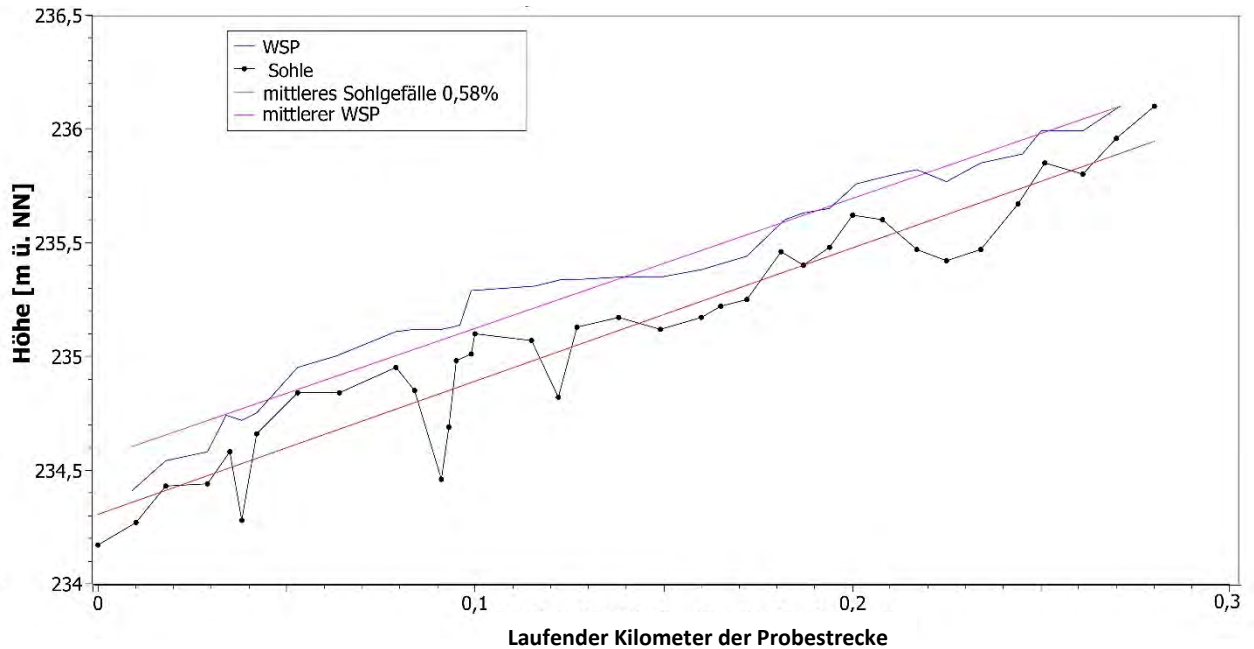


Abb. 5.4-4: Längsschnitt der Heve an Probestrecke 01, Pegel Neuhaus (WSP = Wasserspiegel)

Tabelle wichtiger Eigenschaften

Heve Probestrecke 01 Pegel Neuhaus	Station Längsschnitt 0,0 = Fluss-km 4,3
Vermessungsstrecke	350 m
mittlere Sohlbreite	4,5 m
Sohlgefälle	0,56 %
Windungsgrad	1,0
Furten pro 100 m	0
Weiteres	keine Kiesbänke, Sohle z.T. auf Grundgebirge

Heve 02 oberhalb Großer Schmalenau

Abb. 5.4-5: Renaturierte Heve oberhalb der Mündung der Großen Schmalenau, Probestrecke 02

Beschreibung: Diese Probestrecke befindet sich direkt oberhalb des Wanderparkplatzes Neuhaus (Tacke) und ist 2016 renaturiert worden. Eine Raue Rampe schließt diese Maßnahme an den stark sohlerodierten Abschnitt unterhalb in der Ortslage Neuhaus an. Die Mündung der Großen Schmalenau befindet sich direkt unterhalb dieses Abschnittes. Der alte Verlauf vor der Renaturierung war mit dem Zustand des Abschnittes HV01 Heve Pegel Neuhaus vergleichbar.

Erfassung der Kiesbänke aus der Luft und vom Boden: Trefferquote 94 %

Die neu angelegten Mäander kreuzen teilweise den ehemals tief eingeschnittenen Altverlauf. Diese tiefen Bereiche sind im Längsschnitt in Abbildung 5.4-6 nicht mit einem blauen Punkt markiert. Die Kolk-Furt-Abfolge hat sich auf Grund dieser Kreuzungen noch nicht gleichmäßig über den Abschnitt verteilt. Im nachfolgenden Fließabschnitt (laufender km 0,43) kreuzt kein Altlaufbett. Hier hat sich durch einen sehr tiefen und dynamischen Kolk nach einer scharfen Kurve eine lange Kiesbank gebildet, im weiteren Verlauf sind bereits viele weitere kleine Kolke entstanden. Die Ausprägung der Kolke und Bänke hängt auch von der Mobilisationsfähigkeit des Kieses ab. An manchen Stellen ist er verockert und fest "verkrustet". Diese Verkrustungen des Kieskörpers sind durch Grundwasserwechsel und -Absenkungen durch den alten, tief eingeschnittenen und wie eine Drainage wirkenden Bachlauf entstanden. Nun liegen sie dauerhaft unter Wasser und lösen sich nur langsam auf. Dort, wo diese ca. 10 cm dicke Schicht durchbrochen ist, lassen sich deutliche Kiesverlagerungen beobachten.

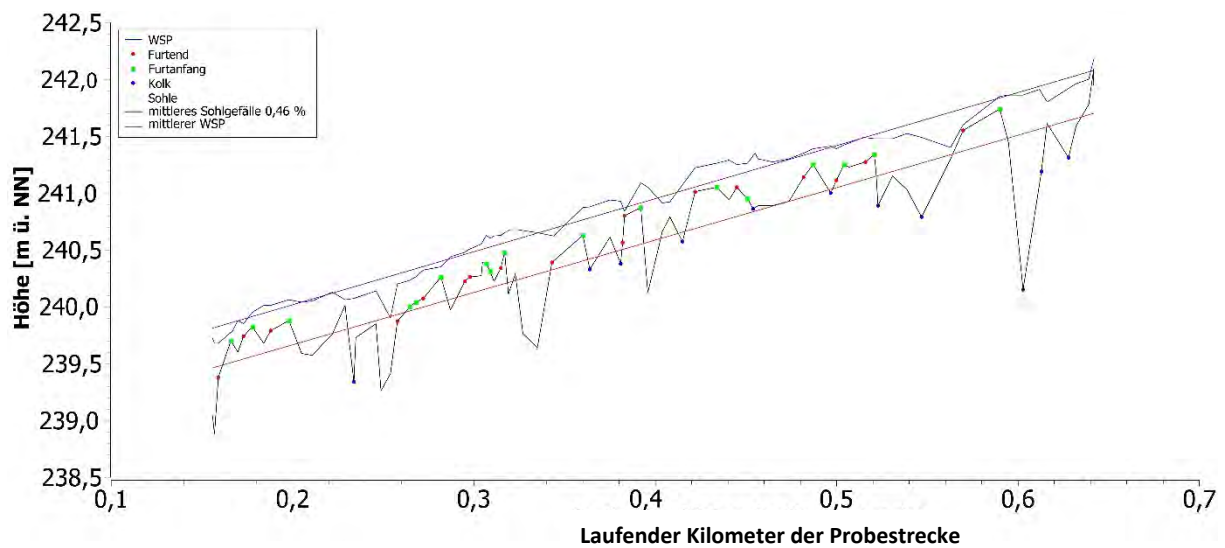


Abb. 5.4-6: Längsschnitt der Heve an Probestrecke 02 oberhalb der Mündung der Großen Schmalenau

Korngrößenverteilung des Kiesel: Die Kieselgrößen wurden an dieser Probestrecke sowohl durch Siebung von Mischproben aus dem Sohlkörper als auch durch Deckschichtsammlung des oberen Sohlkiesel bestimmt. Dieser recht junge Renaturierungsabschnitt ist in der Abfolge der Kieselstrukturen noch nicht stabil, d.h. die Verlagerungen der Längs- und Querbänke verändert sich auch bei mittleren Hochwassern immer noch spürbar. Einzelne Steine in den Kieselbänken werden leicht verlagert, die Korngrößenverteilung ist innerhalb der Sohle recht gleichmäßig. Der Vergleich der Kornverteilung der Mischproben mit der Kieseldeckschicht der Sohle zeigt, dass die Korngrößen recht ähnlich verteilt sind. In der Sohle fällt auf, dass die kleinen Korngrößen von 0,063 mm überdurchschnittlich vorhanden sind, ebenso die mittleren Korngrößen zwischen 22 mm und 45 mm. Dies zeigt sich bei mehreren frischeren Renaturierungen, während bei den unveränderten „alten“ naturnahen Abschnitten die mittleren Korngrößen 22 mm bis 31,5 mm häufiger vorkommen. Diese Verteilung begünstigt die Kieselverlagerung, jedoch ist der höhere Anteil an Feinsand noch nicht optimal. Die feineren Sande werden im Laufe der Zeit voraussichtlich noch ausgewaschen und sich an strömungsarmen Stellen sammeln. Die Qualität des Kiesel-Interstitials als Lebensraum wird damit besser werden.

Veränderung von Kieselbänken nach Hochwasser: Hochwasser verlagern hier die Kieselbänke und „waschen“ den Kiesel an diesen Stellen, weil das Gleichgewicht nach der Renaturierung noch nicht eingestellt ist. Das hohe Angebot an Totholzstämmen in der Strömung erzeugt zusätzlich Turbulenzen. Kieselverlagerung ist besonders an Stellen zu beobachten, wo querliegende Tothölzer lokal die Strömung auf die Sohle umlenken. Durch Verockerungen des Kiesel wird dieser Vorgang jedoch an einigen Stellen deutlich gemindert. In Bereichen mit lockerem Kiesel ist eine größere Dynamik zu erkennen. Das Geschiebe befindet sich offenbar noch nicht im Gleichgewicht.

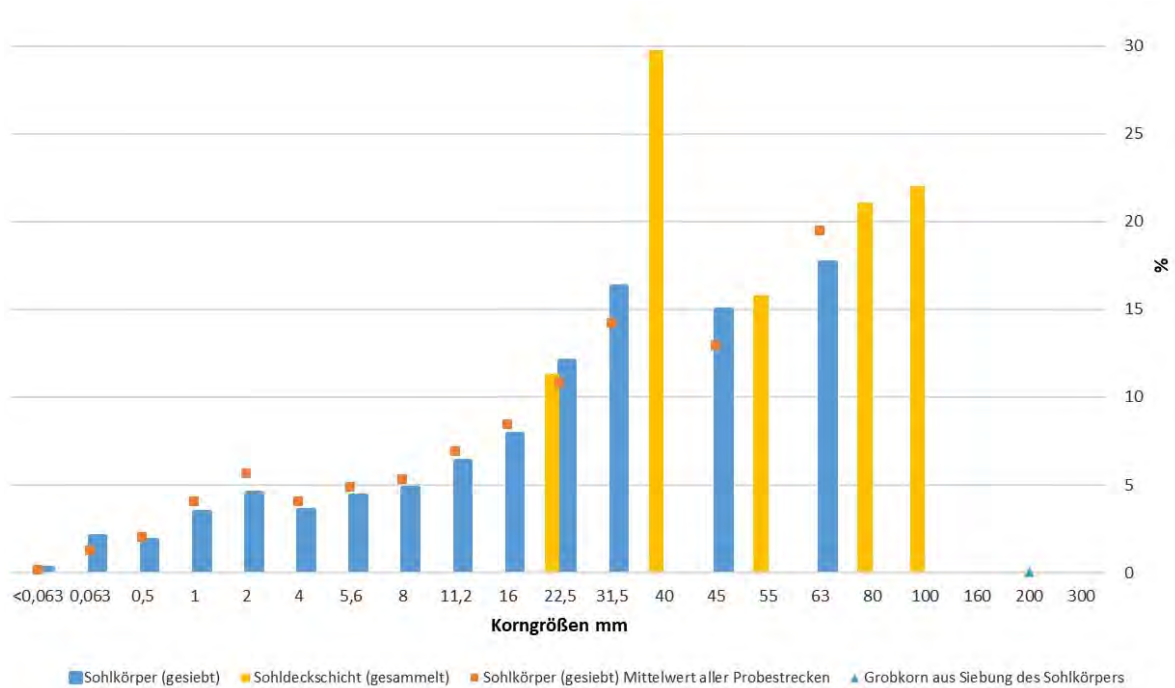


Abb. 5.4-7: Korngrößenverteilung des Kieses an der Heve, Probestrecke 02

Tabelle wichtiger Eigenschaften

Heve Probestrecke 02 oberhalb GRS	Station Längsschnitt 0.0 = Fluss-km 4,85
Vermessungsstrecke	350 m
mittlere Sohlbreite	5,5 m
Sohlgefälle	0,46 %
Windungsgrad	2,5
Furten pro 100 m	4,1
mittlere Furthöhe	-
mittlere Kolktiefe	-
Weiteres	Kiesbewegung mittel, teilweise Verockerung viele Längsbänke, Feinsediment- und Sandansammlungen; Totholz

Fazit: Dieser Abschnitt ist noch sehr dynamisch in der Kiesbewegung und wird sich in den nächsten Jahren weiter verändern. Jedoch kann der Mangel an potenziellen Tothölzern durch fehlende Ufergehölze diese Entwicklung mittelfristig zum Erliegen bringen.

Heve 03 Carabus-Altarm



Abb. 5.4-8: Renaturierte Heve am „Carabus-Altarm“, Probestrecke 03

Beschreibung: Dieser Abschnitt der Heve wurde im Jahre 2010 renaturiert. Die Heve war hier begründet und teilweise an den Ufern befestigt und sohlodiert. Es wurden sowohl neue Mäander hergestellt als auch Altlaufstrukturen aktiviert. Eine Aktivierung eines großen Altarms am rechten Talrand wurde auf Grund der hier vorhandenen Lebensräume nicht durchgeführt. Die Windungen, die sich aus den Altlaufstrukturen ergaben, sind teilweise sehr eng und laufen sogar gegen das Talgefälle. Hier entstehen tiefe Kolke. Tothölzer sammeln sich hier und erhöhen die Strömungsvarianz. Es wurden Rinnen in den Uferböschungen angelegt, um das neue Bachbett bei Hochwasser zu entlasten und die Aue an das Hochwassergeschehen besser anzubinden. Diese wurden nachträglich hergestellt, nachdem sich bei ersten Hochwassern gezeigt hatte, dass einige Erdblöcke hoher Strömung ausgesetzt waren und erodierten. Die Heve befindet sich hier etwa in der Mitte des recht breiten Talbodens. Es gibt bis auf wenige Ausnahmen keine größeren Bäume in Ufernähe, die mittelfristig als Totholz zu Verfügung stehen könnten. Die Fichtenforste in der Aue wurden bei dem Sturm Kyrill umgeworfen.

Erfassung der Kiesbänke aus der Luft und vom Boden: Trefferquote 100 %

Korngrößenverteilung des Kiesel: Die Kiesdynamik kann hier im Bereich der Schlingen und Kolke als naturnah eingestuft werden. Im Zusammenwirken mit Totholz wird der Sohlkies regelmäßig umgelagert und „gewaschen“. Jedoch gibt es tiefere Bereiche, in denen fast keine Kiesverlagerung stattfindet. Grund dafür sind Rückstaubereiche, die bei der Herstellung neuer Schlingen im Zuge der Renaturierung 2011 entstanden. Es wurden keine Messungen der Korngrößenverteilung durchgeführt. Die Kolke (s. Abb. 5.4-9) und die nachgelagerten Kiesstrukturen weisen eine gute Qualität des Interstitials auf. Jedoch kann in den Sommermonaten und bei Niedrigwasser der Algenaufwuchs begünstigt durch den Mangel an Ufergehölzen zu Problemen führen.



Abb. 5.4-9: Kolk mit Kiesbank und Furt in Probestrecke Heve 03 „Carabus-Altarm“, 15.11.2016

Veränderung von Kiesbänken nach Hochwasser: Die Kolke unterliegen regelmäßigen Veränderungen bei mittleren Hochwassern.

Tabelle wichtiger Eigenschaften

Heve Probestrecke 03 Carabus-Altarm	km 5,6
Vermessungsstrecke	410 m
mittlere Sohlbreite	4,5 m
Windungsgrad	1,77
Furten pro 100 m	3,4

Heve 04 Wildwiese

Abb. 5.4-10: Heve, Probestrecke 04 Wildwiese

Beschreibung: In Abbildung 5.4-11 ist der Längsschnitt der Heve in der Probestrecke 04 Wildwiese aufgetragen. Dieser Abschnitt ist optisch als sehr naturnah zu bewerten und weist keine Hinweise auf eine Begradigung auf. Es ist augenscheinlich einer der schönsten an der Heve, die Ufer sind nur gering eingeschnitten, der Bach windet sich weit durch einen lichten Erlenauwald, in dem viele Altverläufe und Hochwasserrinnen zu finden sind. Die flach überströmten Querbänke sind gut ausgeprägt. An den Ufern befinden sich regelmäßig vegetationslose Längsbänke aus Kies. Das Kiesbett weist nach Hochwassern Bewegungen des Kieses auf. Es finden sich an mehreren Stellen querliegende Baumstämme, die ständig im Wasser liegen oder bei Hochwasser umspült werden.

Erfassung der Kiesbänke aus der Luft und vom Boden: Trefferquote: 92 %

Erfassung der Abfolge von Furten und Kolken (Längsschnitt):

Es zeigt sich ein naturnahes Pool-Riffel-System. Es gibt meist kurze und nur einige längere Querbänke mit ausgeprägten Rauschen. Die Rauschen sind im Mittel etwa 10 m lang, die Kolke im Mittel 0,7 m tief; sie bieten besonders in den immer längeren Trockenperioden für die Fauna der Bäche die einzige Überlebenschance.

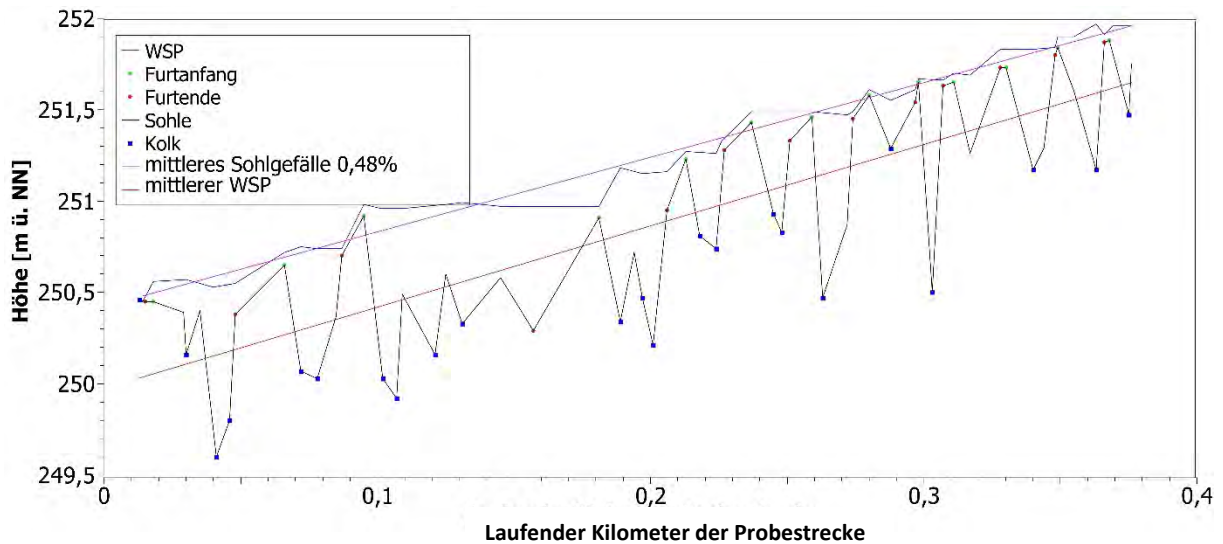


Abb. 5.4-11: Längsschnitt Probestrecke der Heve an Probestrecke 04 Wildwiese

Korngrößenverteilung des Kieses: Bei der Analyse der Korngrößenverteilung aus den Furten zeigt sich, dass sich die Korngrößen auf der Sohle (Deckschicht) mit denen in der Sohle überschneiden. Dies weist auf eine homogene Durchmischung der Korngrößen im Sohlkörper hin.

Auffällig ist, dass die feinen Fraktionen 1 mm bis 2 mm unterdurchschnittlich vertreten sind, die feinere Kiesfraktion von 16 mm bis 31,5 mm hingegen überdurchschnittlich. Dies spiegelt das recht offenräumige Interstitial vor Ort wieder. Feine Fraktionen werden regelmäßig ausgespült und mittlere Kiese bei Hochwasser nicht ausgetragen. Dies ist ein Unterschied zu frisch renaturierten Abschnitten; bei diesen zeigen sich oft auch die feineren Kiesfraktionen in hohen Anteilen.

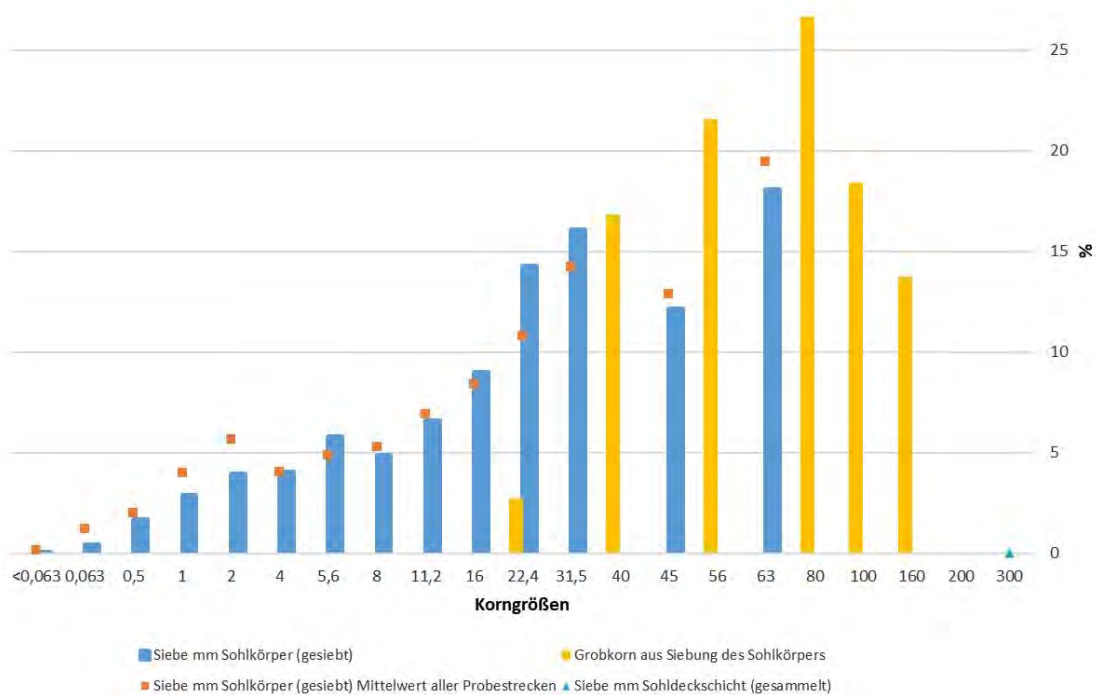


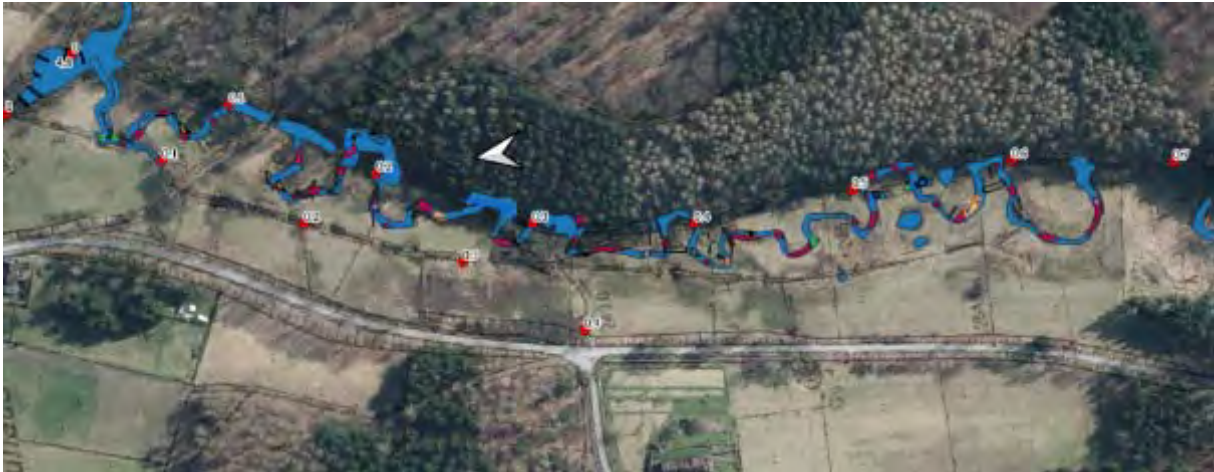
Abb 5.4-12: Kies-Korngrößenverteilung an der Heve, Probestrecke 04 Wildwiese

Veränderung von Kiesbänken nach Hochwasser: Der in bei der Korngrößenverteilung angesprochene hohe Anteil der mittleren Kiesgrößen wird bei Hochwassern regelmäßig umgelagert, aber nicht weit flussabwärts gespült. Resultat ist die „Waschung“ der Zwischenräume und eine lokale Umgestaltung der im Grunde lagefesten Querbänke. Besonders das Totholz hat hier wesentlichen Einfluss.

Tabelle wichtiger Eigenschaften

Heve Probestrecke 04 Wildwiese	Station Längsschnitt 0.0 = Fluss-km 6,41
Vermessungsstrecke	370 m
mittlere Sohlbreite	6,5 m
Sohlgefälle	0,46 %
Windungsgrad	2,1
Furten pro 100 m	3,5
mittlere Furthöhe	0,2 m
mittlere Kolktiefe	0,7 m
Weiteres	Kiesbewegung gering, jedoch lokale „Kieswaschung“ viele Längsbänke (alte und neuere), Feinsediment- und Sandansammlungen, Totholz und Querstämmen

Fazit: Dieser Abschnitt ist naturnah. Kiesgrößen sind in und auf der Sohle gut durchmischt. Die Gesamtheit des Kiesel ist fein bis mittelgrob. Die Querbänke unterliegen besonders durch mobiles Totholz regelmäßigen „Kieswaschungen“, sind aber zugleich ortsfest.

Große Schmalenau (GRS), Probestrecke 05 Neuhaus**Abb. 5.4-13:** Renaturierte Große Schmalenau in Neuhaus, Probestrecke 05**Abb. 5.4-14:** Renaturierungsabschnitt der Großen Schmalenau bei Neuhaus fünf Jahre nach der Umgestaltung, Blick nach Norden

Beschreibung: Dieser Abschnitt der Großen Schmalenau wurde 2014 renaturiert. Der Bachlauf war ehemals zur besseren Landnutzung an den östlichen Talrand verlegt und begradigt worden. Sohlerosion war die Folge. Kiesbänke und Feinsedimentbänke wurden ausgeräumt. In Abbildung 5.4-14 ist der renaturierte Zustand fünf Jahre nach der Herstellung zu sehen. Es wurden einige Stillgewässer angelegt, viele entstanden beim Verschluss des begradigten Altlaufes. Außerdem wurde der Auenentwässerungsgraben außer Funktion gesetzt, um den Wasserhaushalt der Aue zu verbessern. Die Sohle des neuen Baches wurde auf die historische Schottersohle gelegt. Damit liegt die neue Sohle

ca. 80 cm höher als die erodierte. Bei der Herstellung des neuen Laufes wurde der ca. 40 cm mächtige Auenlehm über der historischen Schottersohle abgegraben und komplett für die Herstellung der Erdblöcke im Erosionsbett verwendet.

Die Mäander laufen mit einem Windungsgrad von 1,7 teilweise gegen das Talgefälle und sind in der Geometrie an naturnahe Abschnitte ca. 700 m bachaufwärts angelehnt. Der Wasserspiegel liegt bei mittlerem Abfluss ca. 40 bis 50 cm unter Auenniveau und entspricht damit den nicht begradigten Abschnitten oberhalb. Bei Hochwasser tritt der Bach zuerst an angelegten Hochwasserrinnen in die Aue. Der rund 1,2 km lange Renaturierungsabschnitt wurde fast vollständig auf Kies hergestellt. Auf der neuen Sohle haben sich etwa 40 Querbänke ausgebildet. Im Zuge der Baumaßnahmen wurden zahlreiche Stämme als Totholz eingebracht. Die Kreuzungen des neuen mit dem alten Bachlauf wurden mit Bachkies teilweise aufgefüllt, der unter den Erdblöcken dem Bachbett entnommen wurde.

Erfassung der Kiesbänke aus der Luft und vom Boden: Trefferquote: 80 %



Abb. 5.4-15: Eingebrachtes Totholz im neu angelegtem Bachlauf fünf Jahre nach Fertigstellung. Am linken Bildrand ist der aufgestaute Talentwässerungsgraben zu erkennen, am rechten Bachufer Aufwuchs von Schwarzerlen.

Der Abschnitt liegt im Grünland, daher war er sehr gut mit der Drohne zu kartieren. Beim Abgleich der aus dem Luftbild kartierten Querbänke mit den Vermessungen am Boden zeigte sich, dass einige Querbänke nachträglich als größere Kiesstrukturen auf der Sohle klassifiziert wurden. Es ist gut möglich, dass diese Kiesansammlungen sich in den kommenden Jahren noch zu Querbänken entwickeln werden. In der Abbildung 5.4-15 ist Totholz zu erkennen, an dem sich sowohl ober- als auch unterhalb Kies abgelagert hat. Es haben sich Querbänke gebildet, die sehr hoher Umlagerungsdynamik unterliegen, weil sich die Strömung um die Stämme je nach Wasserstand verändert. Die hellen Bereiche in der Sohle sind verockerte Kiesschichten, die bereits an einigen Stellen durchbrochen sind.

Erfassung der Abfolge von Furten und Kolken (Längsschnitt): Das Sohlgefälle zeigt eine leichte Gefälleerhöhung in den letzten 200 m vor der Mündung in die Heve. Im Mündungsbereich befindet sich der Beginn der rauen Rampe in der Heve. Im restlichen Abschnitt hat sich ein Gefälle von etwa 0,7 % eingestellt. Die Riffel- und -Pool-Abfolgen haben sich auf den längeren Abschnitten zwischen den Altlaufkreuzungen in einem recht gleichmäßigen Abstand von etwa 25 m eingestellt. Die Kolke sind jedoch noch nicht so regelmäßig ausgeformt, wie beispielsweise im naturnahen Abschnitt der Heve 04 Wildwiese. Typisch wären kurze Riffel von etwa 10 m Länge; diese Länge hat sich bei einigen Furten schon eingestellt, jedoch gibt es auch mehrere Riffel mit Längen von über 20 m. Die blaue Linie im Längsschnitt stellt den Wasserspiegel (WSP) am Vermessungstag dar, zu erkennen sind die tieferen Einstaubereiche im Altverlauf. Die Aufhöhung der Sohle mit Kies aus den verschlossenen Abschnitten war hier nicht ausreichend.

Eine nähere Betrachtung dieses Abschnitts ist in Abb. 5.4-16 mit dem Teilabschnitt (0,7 - 1,2) dargestellt. Die Lage von größeren Totholzansammlungen wurde ebenfalls eingetragen.

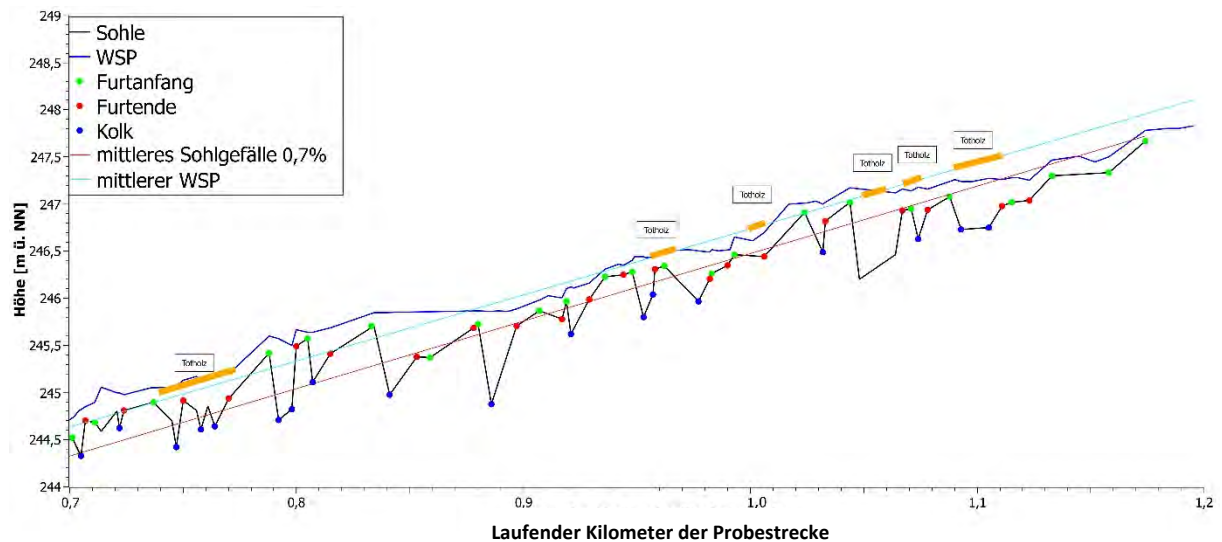


Abb. 5.4-16: Längsschnitt der Großen Schmalenau an Probestrecke 05

Die Korngrößenverteilung des Kiesel wurde aus den Kiesschichten der Sohle als Mischprobe und aus einer Deckschichtsammlung bestimmt. Die Korngrößen liegen im Sohlkörper und auf der Deckschicht in recht ähnlicher Anteilsverteilung vor. Es ist ein hoher Anteil von Kies zwischen 40 mm und 80 mm sowohl im Sohlkörper als auch in der Deckschicht anzutreffen. Die feineren Kiese sind etwas unterdurchschnittlich vertreten. Kiesbrocken von über 100 mm kommen so gut wie nicht vor. Diese recht einheitliche Verteilung in und auf der Kiessohle zeigt, dass keine Ausspülungen von mittleren Kiesen vorliegen. Das Kieslückensystem wird überwiegend zwischen Kiesen der Größe 30 bis 100 mm gebildet. Die Form der Kieselsteine in der Großen Schmalenau ist eher länglich und vor allem platt. Also kann ein Stein mit einer Kantenlänge von 80 mm an der schmalen Seite nur etwa 5 mm hoch und damit insgesamt sehr leicht sein. Der Kies in den Furten ordnet sich deshalb meist dachpfannenartig an. Dies würde bei runden Kiesen nicht der Fall sein. Feinsand von 0,063 mm ist nicht überdurchschnittlich vertreten. Dieser Anteil ist in jüngeren Renaturierungen oft überdurchschnittlich hoch. Im fünften Jahr nach der Renaturierungsmaßnahme ist dies nicht mehr der Fall.

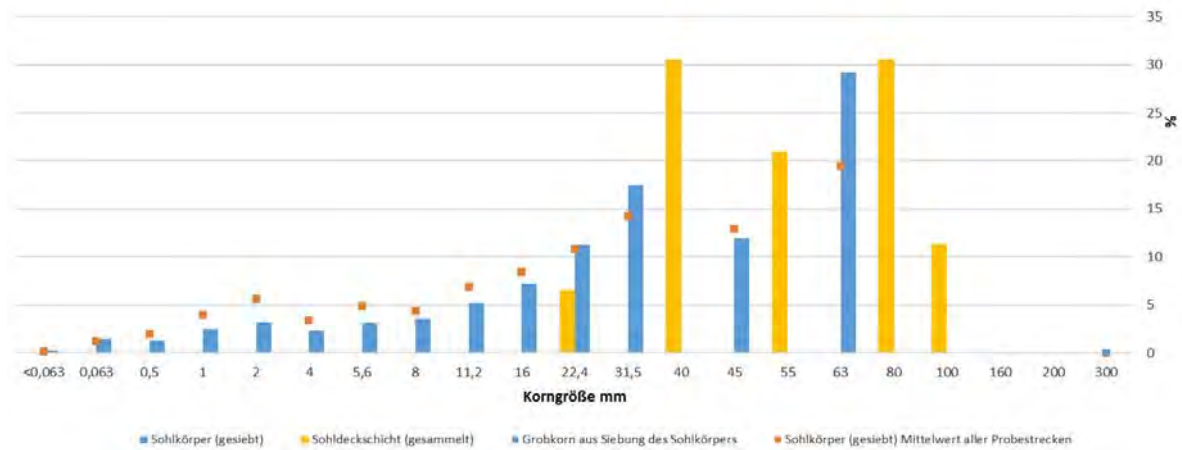


Abb. 5.4-17: Korngrößenverteilung des Kieses an der Großen Schmalenau, Probestrecke 05

Veränderung von Kiesbänken nach Hochwasser: In den ersten Jahren nach der Herstellung haben sich bereits viele Kiesstrukturen ergeben. Eine Pool-Riffel-Sequenz von 3,6 pro 100 m wurde 2017 ermittelt. Die Veränderungen spielen sich im Bereich der Totholzstrukturen und Staue ab. Es ist aber auch gut zu beobachten, wie der Bach sein neues Bett den Strömungsverhältnissen anpasst. Im Strömungsschatten von Kurven und nach engeren Stellen lagern sich Kiesbänke am Ufer ab. In Kurven, die in einem Abstand zueinander folgen, der unter der dreifachen Gewässerbreite liegt, bilden sich keine Kolke, sondern Feinsedimentablagerungen. Die Strömung kürzt hier in der Innenkurve am eigentlichen Gleitufer ab. Dies ist in der Drohnenaufnahme in Abbildung 5.4-19 zu erkennen.



Abb. 5.4-18: Die Große Schmalenau in Probestrecke 05 Neuhaus. Ein Uferabbruch im rechten Bildrand hat eine Kiesbank einige Meter weiter bachabwärts geschaffen. Huftiere nutzen diese Furt als Gewässerquerung.



Abb. 5.4-19: Renaturierungsabschnitt der Großen Schmalenau bei Neuhaus fünf Jahre nach Herstellung. Die Strömung kürzt hier in der Innenkurve am eigentlichen Gleitufer ab und im Außenbereich haben sich in den abgelagerten Feinsedimenten bereits Binsen angesiedelt.

Tabelle wichtiger Eigenschaften

Abschnitt GRS 05 Neuhaus	
Vermessungsstrecke	1170 m
mittlere Sohlbreite	4,5 m
Sohlgefälle	0,7 %
Windungsgrad	1,6
Furten pro 100 m	3,6
mittlere Furthöhe	0,24 m
mittlere Kolktiefe	0,58 m

Fazit: Der Abschnitt ist fünf Jahre nach seiner Renaturierung bereits von feinen Sanden in den Furten freigewaschen, eingebrachtes Totholz unterstützt diese Prozesse. Das neue Bachbett wird nach seinen Strömungsverhältnissen noch teilweise stark umgestaltet - Uferabbrüche, Kolke, seitliche Kiesbänke und Versandung von gebaggerten Kolken sind Indizien dafür. Das Interstitial wird aus mittel-grobem Kies mit plattenartiger Form gebildet.

Große Schmalenau 08 Donnerscher Weg:

- A. Unterabschnitt naturnah
- B. Unterabschnitt bedingt naturnah



Abb. 5.4-20: Große Schmalenau am Donnerschen Weg

A: Probestrecke GRS unterhalb 08, Donnerscher Weg naturnah

Abb. 5.4-21: Naturnahe Strecke der Großen Schmalenau bachabwärts der besuchten Probestrecke 08

Beschreibung: Dieser Abschnitt im Mittellauf pendelt über die gesamte Talbreite. Der nur sehr gering in die Aue eingeschnittene Bachlauf windet sich zu einem Teil durch einen Erlenkomplex im Alter von ca. 30 Jahren und zum anderen Teil durch etwas lichterem Wald. Totholz liegt an mehreren Stellen im Wasser und beeinflusst die Strömungsrichtung. Durch Fichtenäste bilden sich kleinere Totholzstau, wie auf Abbildung 5.4-22 zu sehen. Der Abschnitt ist als sehr naturnah einzuordnen.



Abb. 5.4-22: Große Schmalenau bei km 4,8 im Abschnitt „GRS 08 naturnah“. Eine Fichtenkrone hat einen Totholzstau geschaffen.

Erfassung der Kiesbänke aus der Luft und vom Boden: Trefferquote 100 %

Veränderung von Kiesbänken nach Hochwasser: Dieser naturnahe Abschnitt ist recht stabil in seiner Lage, jedoch verändert sich die Sohle ständig etwas, großes Totholz spielt hier eine Hauptrolle. Hinzu kommen Holzstau, die sich in diesem schon deutlich schmaleren Bachbett bilden. Hochwasser treten schnell über die Ufer. Diese Kombination aus Dynamik und geringem Hochwasserstress sorgt für immer neue Auffrischungen und Spülungen in den Kiesbänken, ohne gleichzeitig erhöhte Sohlerosion zu verursachen. Das Umstürzen größerer Bäume direkt am Gewässer ist nicht nur für den Kieshaushalt entscheidend, auch bieten die Wurzelteller Nistmöglichkeiten beispielsweise für Zaunkönige.

Tabelle wichtiger Eigenschaften

Abschnitt GRS 08 A naturnah	km 4,5
Vermessungsstrecke	390 m
mittlere Sohlbreite	3,5 m
Sohlgefälle	-
Windungsgrad	1,5
Furten pro 100 m	4,8



Abb. 5.4-23: Große Schmalenau bei km 4,65 Probestrecke 08 naturnah. Ein umgestürztes Buchenduo hat einen Totholzstau geschaffen, der bei Hochwasser aktiv ist und eine Kiesbank initiiert hat; 16.3.2017.



Abb. 5.4-24: Die „Kieswaschanlage“ zeigt Wirkung: dieselbe Stelle wie im vorherigen Foto zwei Jahre später (Blickrichtung um 90° gedreht). Durch die Strömungslenkung der Stämme hat sich eine neue Kiesbank bachabwärts und eine Ausspülung unter den Stämmen gebildet; 25.2.2019.

Fazit: Naturnaher Abschnitt mit viel lokaler Dynamik durch Totholz und früher Hochwasserentlastung in die Aue.

B: Probestrecke GRS 08, Donnerscher Weg bedingt naturnah

Abb. 5.4-25: Probestrecke Große Schmalenau 08: begradigter, bedingt naturnaher Abschnitt

Beschreibung: Dieser Abschnitt schließt sich direkt oberhalb an den naturnahen Abschnitt an; er ist vor langer Zeit begradigt worden. Trotz Sohlerosion im Abschnitt zwischen Km 5,1 und 5,4 sind oberhalb von Km 5,4 auf den ersten Blick durchaus naturnahe Kiesstrukturen anzutreffen. Die Kieszusammensetzung wurde in diesem Bereich untersucht.



Abb. 5.4-26: Blick in die Große Schmalenau in Probestrecke 08 bei km 5,4: Es sind Rauschen und Kiesstrukturen vorhanden.

Korngrößenverteilung des Kieses: Aus Abbildung 5.4-27 ist erkennbar, dass die Sohlerosion die Anteile der kleineren und mittleren Kiese in geringem Umfang ausgetragen hat. Es ist jedoch auffällig, dass die Korngrößen im Sohlkörper trotzdem immer noch recht gleichmäßig verteilt sind – im Gegensatz zu den Korngrößen, die auf der Sohle als Deckschicht übrig sind. Hochwasser können im eingetieften Gewässerbett nicht ausfern. Der resultierenden erhöhten Fließgeschwindigkeit können nur die größeren Kiese trotzen. 87 % der Kiese in der obersten Sohlschicht sind größer als 80 mm. Der Kieshaushalt ist hier stark gestört.

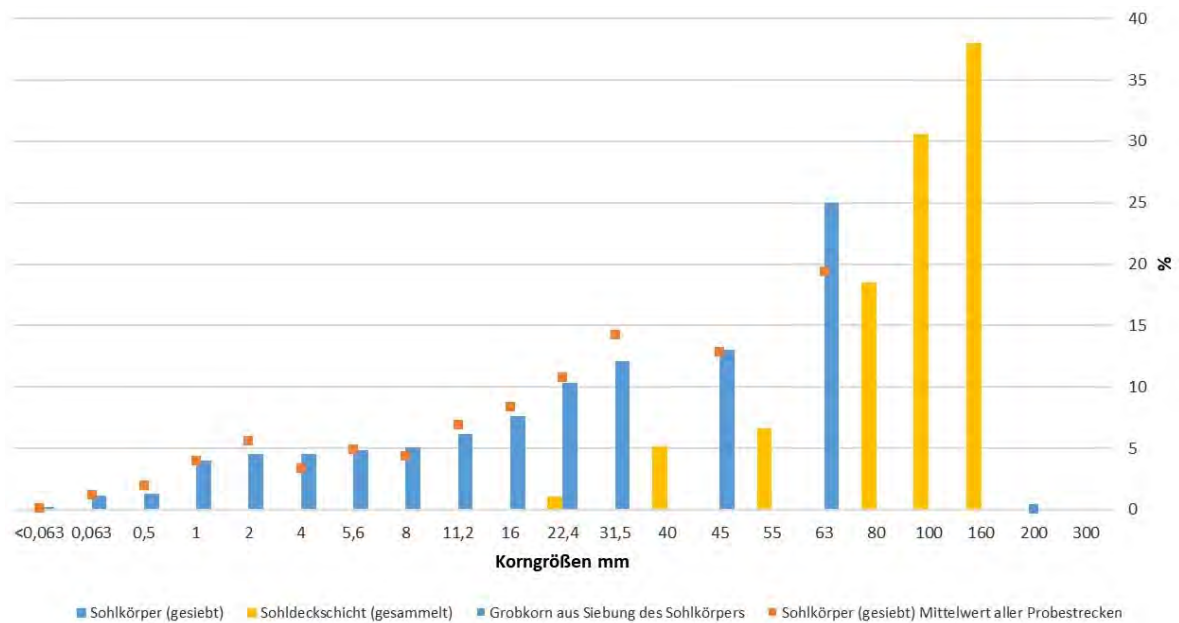


Abb. 5.4-27: Korngrößenverteilung des Kieses an Probestrecke 08 an der Großen Schmalenau am Donnerschen Weg

Tabelle wichtiger Eigenschaften

Abschnitt GRS 08 b bedingt naturnah	km 5,1
mittlere Sohlbreite	3 m
Windungsgrad	1
Weiteres	-

Fazit: Der begradigte Lauf hat sich in den Jahren in den Talkies eingraben. Zwar entstehen lokal naturnah erscheinende Kiesstrukturen, diese sind aber in ihrem Charakter und vor allem in der Korngrößenzusammensetzung stark gestört.

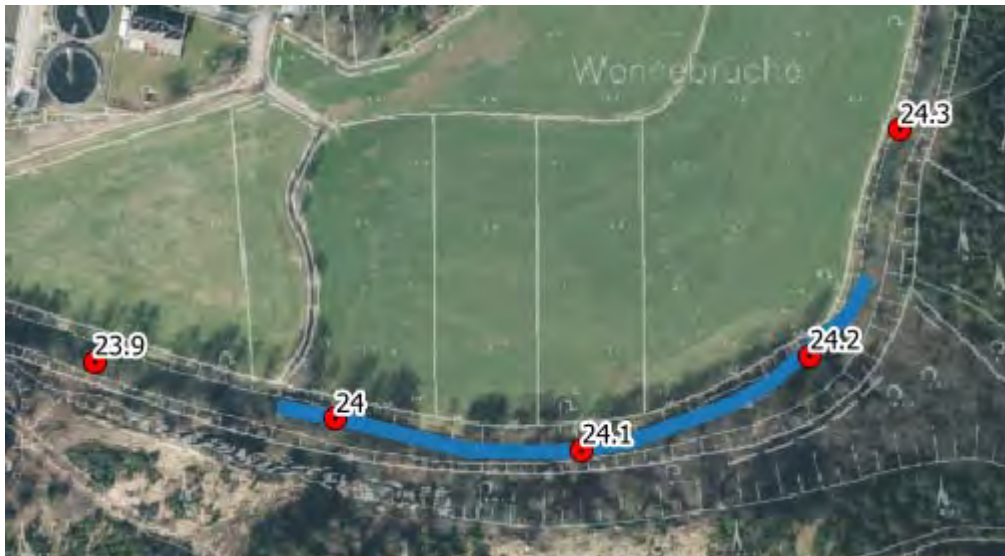
Möhne Probestrecke 09 KA Völlinghausen

Abb. 5.4-28: Probestrecke 09 an der Möhne nahe der Kläranlage Völlinghausen

Beschreibung: Die Möhne ist an den südlichen Talrand gelegt worden. Die Ufer sind befestigt. Das Bachbett ist stark eingetieft, nur große Hochwasser ufern aus. Die Kiessohle ist sehr großsteinig und es treten an mehreren Stellen „Felsrippen“ des Grundgebirges in der Sohle hervor. Der von Norden mündende Graben bringt im Entlastungsfall des Kanalnetzes in die Möhne.

Erfassung der Kiesbänke aus der Luft und vom Boden: Trefferquote 100 %

Der begradigte und in den Ufern festgelegte Abschnitt der Möhne weist nur eine Querbank auf. Diese wurde erkannt.



Abb. 5.4-29: Mittleres Hochwasser an der Möhne, Probestrecke 09 KA Völlinghausen: Im Bereich der Furt bilden sich Schaumkronen, 3.3.2017.

Korngrößenverteilung des Kiesel: Die Sohlerosion hat das Gewässer in die Aue eingegraben, jedoch sind Anteile kleinerer und mittlerer Kiese im Sohlkörper durchaus noch vorhanden. Die Kiese jedoch, die sich auf der Sohle als Deckschicht befinden, sind geradezu als Sohlbefestigung anzusehen, obwohl es sich sehr wahrscheinlich nicht um eine künstlich hergestellte Befestigung handeln dürfte. Hochwasser können nicht ausufern. Der resultierenden erhöhten Strömung können nur die größeren Kiese trotzen. 92 % des obersten Sohlkiesel sind größer als 55 mm. Die Korngrößen von 200 - 299 mm sind zu 30 % vertreten. Korngrößen von über 80 mm sind für die meisten lithophilen Fisch- und Rundmaularten nicht geeignet (s. BUNZEL-DRÜKE et al. 2020). Die Kiesstrukturen sind stark degradiert, die Kieszusammensetzung ist nicht naturnah.

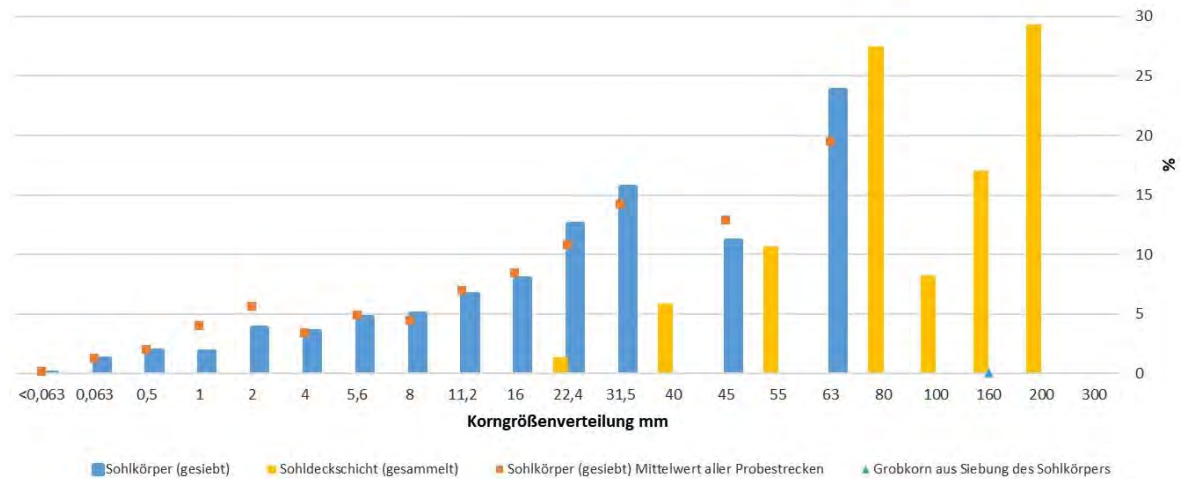


Abb. 5.4-30: Korngrößenverteilung des Kiesel an der Möhne an Probestrecke 09

Veränderung von Kiesbänken nach Hochwasser: keine

Tabelle wichtiger Eigenschaften

Abschnitt MO 09	km 24,0
Vermessungsstrecke	250 m
mittlere Sohlbreite	11 m
Windungsgrad	1 - 1,25
Furten pro 100 m	0
Weiteres	begradigt, naturfern ausgebaut, wenig Kies und Totholz

Fazit: Die Kiese, die sich auf der Sohle als Deckschicht befinden, sind als geradezu als Sohlbefestigung anzusehen. Der Kieshaushalt ist stark gestört. Die feineren Kiesfraktionen finden sich am Ende der Ausbaustrecke - im Bereich der Kanzelbrücke - in Form von großen Kiesansammlungen wieder.

Möhne Probestrecke o 10 (unterhalb Niederbergheim)

Abb. 5.4-31: Probestrecke o 10: Die Möhne verläuft am südlichen Talrand; ihr Bett weist nur wenige Kiesstrukturen auf.

Beschreibung: Die Möhne hat in diesem Abschnitt ein mäßig tief in die Aue eingeschnittenes Bett, es ist jedoch mit 11 m recht breit. Die Sohle macht einen guten ersten Eindruck. In diesem Abschnitt liegen zwei Furten und eine größere seitliche Kiesbank. Bei näherer Betrachtung ändert sich der gute Eindruck jedoch rasch.



Abb. 5.4-32: Möhne bei km 25,25: Blick auf die Sohle aus der Luft, 29.11.2016

Erfassung der Kiesbänke aus der Luft und vom Boden: Trefferquote 100 %

Die weitgehend fehlenden Ufergehölze ermöglichen einen freien Blick in das Gewässer.

Korngrößenverteilung des Kiesel: Beim bereits erwähnten zweiten Blick ändert sich der anfangs gute Eindruck. Der Kieshaushalt ist stark gestört. Der Sohlenaufbau besteht zu einem überdurchschnittlichen Teil aus Kies mit 63 mm Größe. Alle kleineren Größenklassen sind deutlich unterdurchschnittlich vorhanden; sie wurden bei Hochwasser ausgetragen. Bei der Betrachtung der Deckschicht auf der Gewässersohle zeigt sich ein noch deutlicheres Bild: Über 90 % des Kiesel sind größer als 55 mm. Zwar wurden keine Steine mit mehr als 300 mm Größe bei der Probenahme erfasst, aber die oberste Schicht des Sohlkiesel ist mit einer Panzerung aus Steinen belegt.

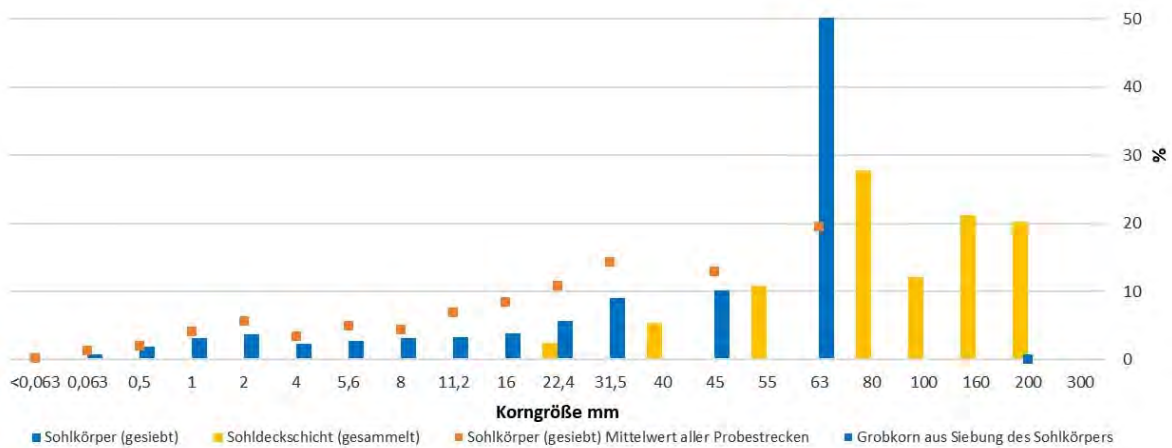


Abb. 5.4-33: Korngrößenverteilung des Kiesel in der Möhne an Probestrecke o 10 (unterhalb Niederbergheim)

Veränderung von Kiesbänken nach Hochwasser: Totholz wäre eine einfache Möglichkeit, Bewegung in die verfestigte Kiesstrukturen zu bekommen. Dieses fehlt aber weitestgehend. In dem breiten Gerinne ufert die Möhne nur selten aus. Positive Veränderungen bei Hochwasser sind unter den angebotenen Bedingungen kaum zu erwarten.

Tabelle wichtiger Eigenschaften

Abschnitt	km 25,5
Vermessungsstrecke	410 m
mittlere Sohlbreite	11 m
Sohlgefälle	-
Windungsgrad	1
Furten pro 100 m	0,5

Fazit: Dieser Abschnitt wurde zunächst als mäßig naturnah eingeschätzt, was sich jedoch nach einer Analyse der Furtenabfolge und der Kiesgrößenverteilung als falsch erwies. Der falsche Ersteindruck kommt durch die vergleichsweise geringe Gewässertiefe, die kiesige Sohle und die relativ geringe Einschnittstiefe in die Aue zustande. Dieser Möhneabschnitt ist als naturfern einzuschätzen.

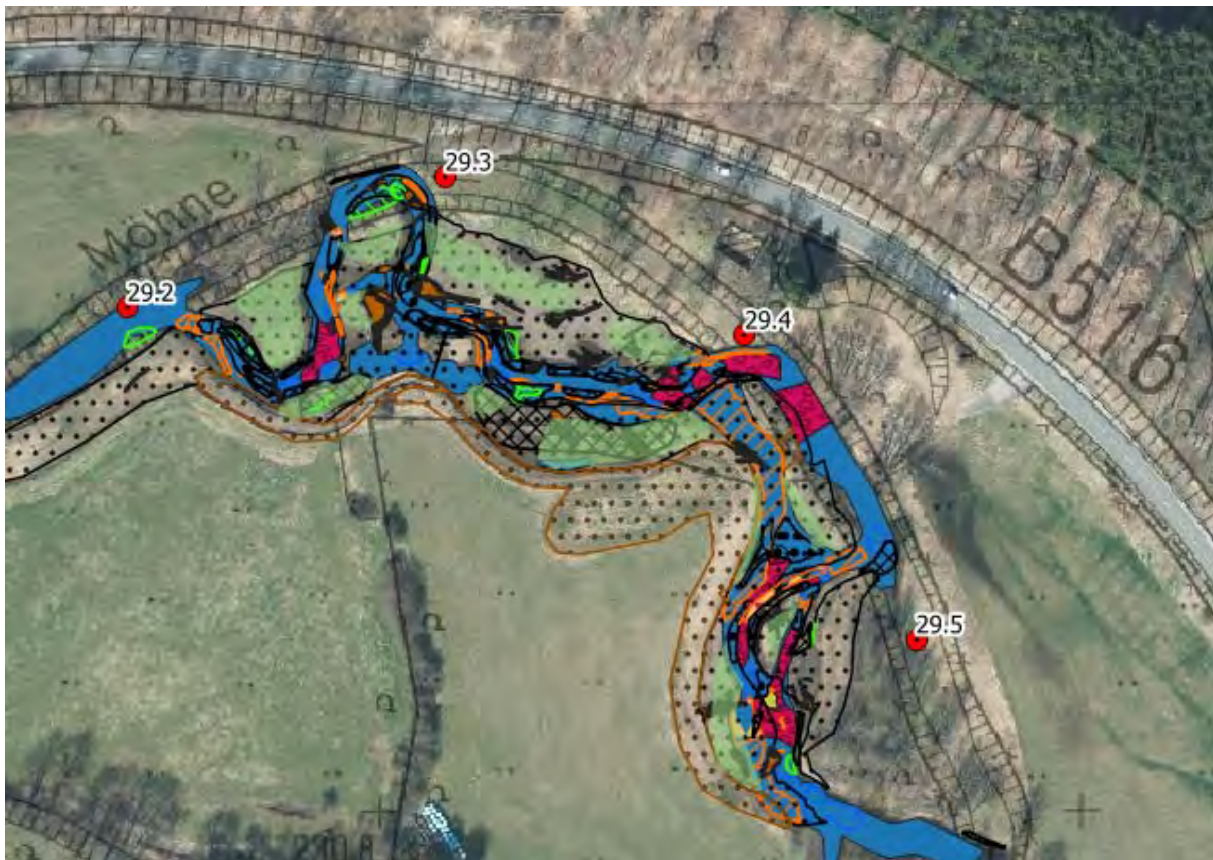
Möhne Probestrecke 11 Ersatzaue Allagen

Abbildung 5.4-34: Strukturen an der Möhne in Probestrecke 11 Ersatzaue Allagen

Beschreibung: Die Möhne in diesem Abschnitt bei Allagen wurde durch Laufverlängerungen und Herstellung einer Ersatzaue renaturiert. Die Aue wurde bis auf die historischen Kieslagen unter dem ca. 1 m mächtigen Auenlehm abgebaggert, die Sohle der neue Möhne wurde in den Kies gelegt. Dieser Abschnitt unterliegt seit der Herstellung ständiger Veränderung, daher wurde er dreimal befliegen, um die Entwicklungen zu dokumentieren. Die Frage, wie Ersatzauen bei Gewässerrenaturierungen wirken, wurde an diesem Abschnitt untersucht.

Auf dem Foto in Abbildung 5.4-35 wird eine Perspektive des oberen Abschnittes der Ersatzaue gezeigt mit dem Blick entgegen der Strömung. Deutlich setzt sich die Abgrabung der Ersatzaue vom angrenzenden Grünland ab. Im vorderen Bildbereich ist der Altlauf zu erkennen, an den die neue Schlinge angebunden wurde. Außerdem ist gut zu erkennen, dass sich auf den Abgrabungsflächen teilweise größere Weidenaufkommen etablieren. Hochwasserrinnen zwischen den neu angelegten Schlingen haben sich bereits auf dem teilweise lockeren Kies eingetieft und laufen auch bei niedrigeren Abflüssen. Andere Bereiche dieser Rinnen liegen auf verockerten Kiesschichten und sind stabiler. Diese Schicht von ca. 20 cm Stärke ist an einigen Stellen durchspült und es entstehen Kolke in den Flutrinnen. Die Flachwasserbereiche in den Rinnen werden teilweise nur wenige Zentimeter und langsam überströmt. Im Jahr 2019 waren hier massenhaft Köcherfliegenlarven anzutreffen.



Abb. 5.4-35: Möhne Probestrecke 11 Ersatzaue Allagen, km 29,2, 31.03.2020



Abb. 5.4-36: Durch die Kiesmobilisierung aus einem tiefen Kolk wird bei Hochwasser Kies in einer bachabwärts gelegenen Kiesinsel und Querbank in Probestrecke 11 (km 29,5) abgelagert.

Erfassung der Kiesbänke aus der Luft und vom Boden: Trefferquote 100 %

Dieser Abschnitt ist bis auf den Baumbestand am Altverlauf sehr gut einzusehen. Die Sohle ist kurz nach der Maßnahmenumsetzung noch ständig in Bewegung, heller Kies setzt sich optisch gut von dunkleren schlammigen Sedimenten auf der Sohle ab.

Erfassung der Abfolge von Furten und Kolken (Längsschnitt): Die nach der Renaturierung noch im Aufbau befindliche Pool-Riffel-Abfolge dieses Abschnittes zeichnet sich auch in dem Längsschnitt der Sohle ab. Gestalt und Länge der Querbänke sind sehr unterschiedlich. Die Kolke waren zum Zeitpunkt der Vermessung 2017 noch nicht sehr tief.

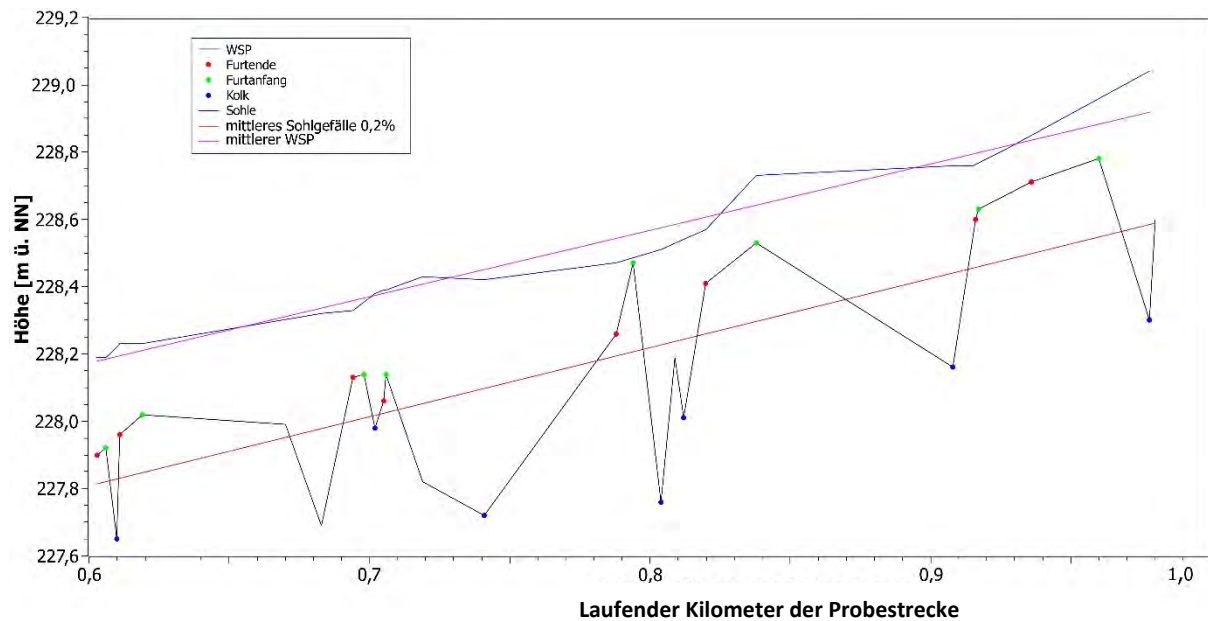


Abb. 5.4-37: Längsschnitt der Möhne an Probestrecke 11 Ersatzaue Allagen

Korngrößenverteilung des Kiesel: Der „junge“ Zustand der Renaturierung spiegelt sich ebenfalls in der Korngrößenverteilung des Sohlkiesel wieder. Die feinen Sande und feinen Kiesel sind deutlich überdurchschnittlich vorhanden. Die Probe aus dem Kieselkörper zeigt nach der Siebung außerdem nur einen geringen Anteil an größerem Kiesel. Das Kieselrückensystem ist folglich noch recht versandet. Aus den Ergebnissen der Deckschichtsammlung zeigt sich jedoch bereits eine Sortierung der Kiesel fraktionen. Auf der Sohle der Rausche haben die Hochwasser bereits die Korngrößen zwischen 40 und 80 mm freigespült. Das Kieselrückensystem in den tieferen Schichten des Sohlkiesel ist als Lebensraum derzeit eher noch von mäßiger Qualität.

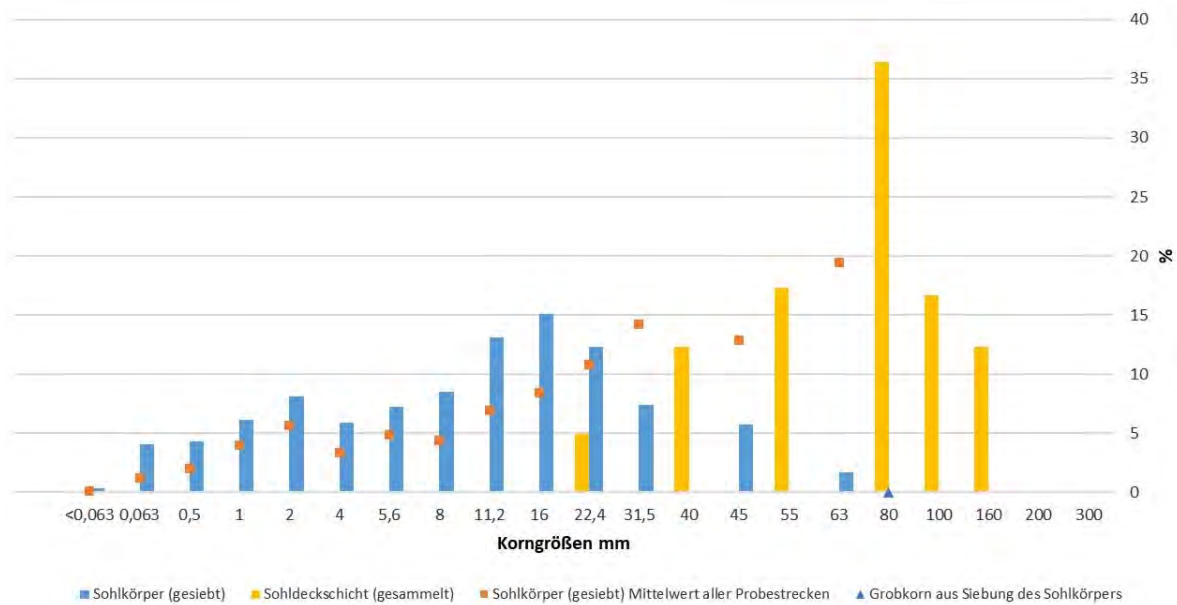


Abb. 5.4-38: Korngrößenverteilung des Kiesel in der Möhre an Probestrecke 11

Veränderung von Kiesbänken nach Hochwasser: Die Querbänke unterliegen in diesem Abschnitt ständigen Veränderungen. Auch durch häufigere Hochwasser werden sie umgelagert. Obwohl sie in den gleichen Bereichen verbleiben, sind sie etwas beweglich und der Hochpunkt einer Querbank kann sich mehr an das rechte oder linke Ufer verlagern. Die aus den Luftbildern klassifizierten Strukturen sind sehr umfangreich und komplex. Für die Veranschaulichung der Veränderung über die Jahre sind in der folgenden Karte „Entwicklung der Querbänke über die Jahre“ (Abb. 5.4-41) nur die Querbänke aus den Jahren 2017, 2019 und 2020 sowie die zugehörigen Uferlinien dargestellt. Die Querbänke sind über die Probestrecke nicht in gleichmäßigen Abständen verteilt. Zwei der drei Querbänke haben sich in dem Beobachtungszeitraum etwas nach oben verlagert, die mittlere Querbank (etwa bei km 29,38) nach unten. Dies ist durch die Mündung der Hochwasserrinne und der daraus erzeugte Kolkbildung in diesem Bereich zu erklären. Die in den Hauptfluss zurückströmenden Wassermengen wirken hier bei Hochwasser stark auf den Kies der Sohle. In der nachfolgenden Karte „Entwicklung der Querbänke und Kolke“ (Abb. 5.4-42) sind die Kolke mit dargestellt. Es wird deutlich, dass sie in einer Renaturierung sich anfangs stark verändern und neu entstehen. Kolke sind in den ersten Jahren noch nicht sehr stark ausgeprägt. Außerdem sind sie offenbar noch nicht so stark von Totholz abhängig wie in späteren Stadien, bei denen die Kiesstrukturen stabil an die vorherrschenden Strömungen angepasst sind. In den Anfangsjahren haben strömungsresistente Sohlstrukturen wie Lehmwände oder Abbruchkanten von verockertem Kies unter Wasser großen Einfluss auf die lockeren Kiese. Aufgewirbelter Kies wird in Querbänken und Uferbänken nur wenige Meter unterhalb abgelagert. Dies trägt zu einer Sortierung der Kiesgrößenverteilung bei - er dauert im Abschnitt MO 11 immer noch an.



Abb. 5.4-39: Aufwuchs von Weiden in der Ersatzaue nach der Hochwassersaison 2018/19

Eine weitere Entwicklung ist das Aufwachsen von Gehölzen in der Ersatzaue, meist Weiden. Hier ist ein Zusammenspiel dieses Aufwuchses mit der Ablagerung von Feinsedimenten und organischen Ablagerungen wie Blättern und kleineren Zweigen zu beobachten. Nach der Hochwassersaison 2018/19 wurden im Hauptgerinne in den durch die Renaturierung entstandenen Querbänken die Kiese umgelagert. Im selben Winter wurden in Teilen des Weidenaufwuchses Schlamm und andere Sedimente in einer Mächtigkeit von bis zu 20 cm abgelagert. Auf dem Foto in Abbildung 5.4-39 ist das Aufwachsen von Weiden in der Ersatzaue zu sehen. In der Karte in Abbildung 5.4-40 ist die Ausdehnung des Gehölzaufkommens sowie der Feinsedimentablagerungen verortet.



Abb. 5.4-40: Probestrecke MO 11: Strukturkartierung mit Ablagerungen von Feinsedimenten und Gehölzaufwuchs 2019/20

In den Abbildungen 5.4-41 und 5.4-42 sind die Veränderungen in den Kiesstrukturen und der Fließwege in den Jahren 2017, 2019 und 2020 dargestellt.

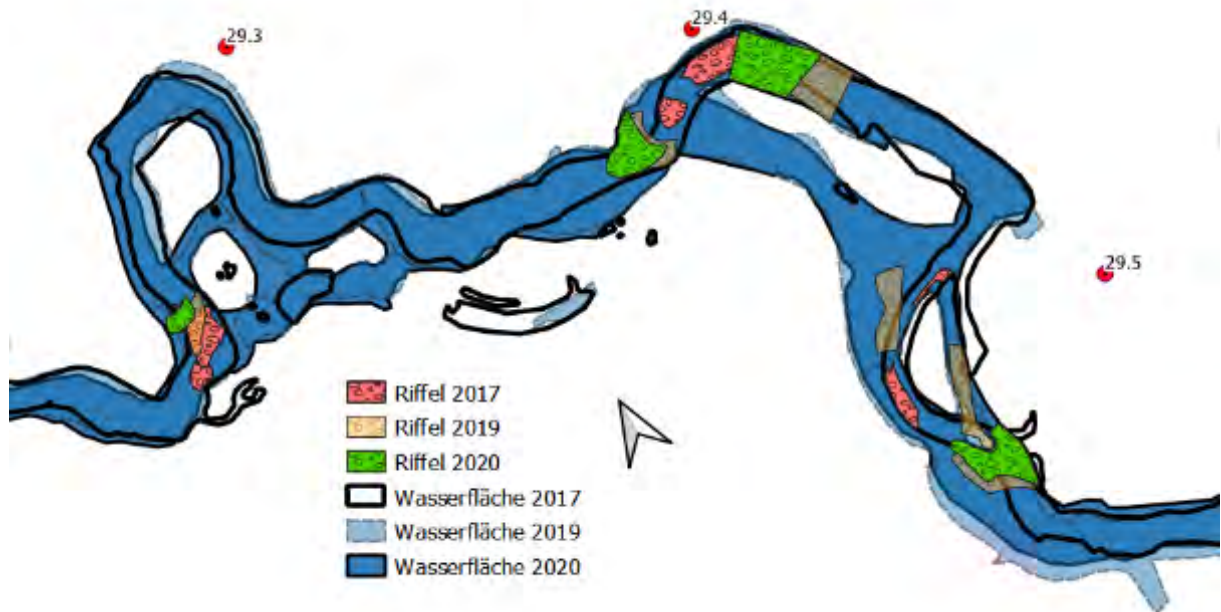


Abb. 5.4-41: Möhne Probestrecke 11 Ersatzzaue Allagen: Entwicklung der Querbänke über die Jahre

In der Karte 5.4-42 ist zusätzlich die Entwicklung der Kolke dargestellt. Die Anzahl und Tiefe der Kolke nimmt allmählich zu. Die Entwicklung der Bänke hängt direkt von den Veränderungen der Kolke ab.

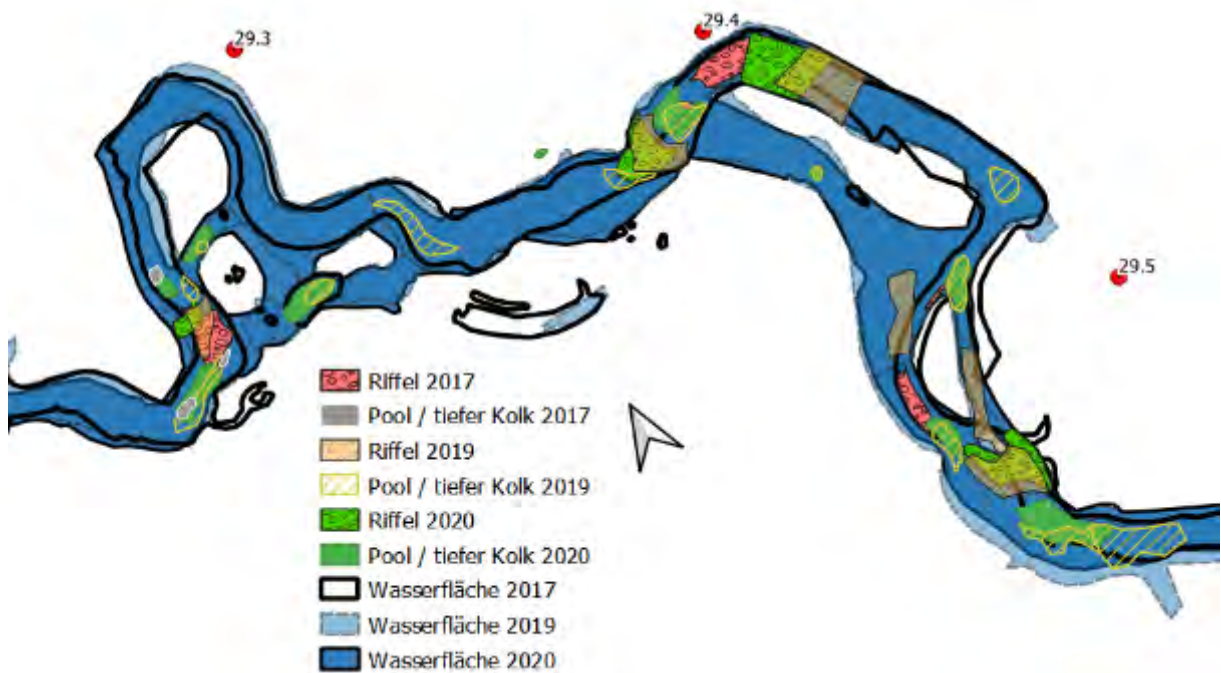


Abb. 5.4-42: Möhne Probestrecke 11 Ersatzzaue Allagen: Entwicklung der Querbänke und Kolke

Das Totholz spielt bei der Umlagerung der Kiesstrukturen eine wichtige Rolle.



Abb. 5.4-43: Totholz in Probestrecke 11 im Jahr 2017



Abb. 5.4-44: Totholz in Probestrecke 11 im Jahr 2019



Abb. 5.4-45: Totholz in Probestrecke 11 im Jahr 2020

Das Totholz sorgt für fortwährende Dynamik in den Strömungsverhältnissen und somit in der Ausprägung der Kolk-Furt-Abfolgen. Diese Abfolgen stellen sich in den ersten Jahren nach einer Renaturierung auf die Strömungsverhältnisse recht stabil ein und verlieren ohne Veränderung äußerer Faktoren wie z.B. Totholzverlagerung stark an Dynamik. Die Verlagerung von eingebrachtem Totholz in Probestrecke 11 in den Jahren 2017 bis 2020 ist in den drei Abbildungen 5.4-43 bis 5.4-45 verortet.

Tabelle wichtiger Eigenschaften

Probestrecke MO 11	Station Längsschnitt 0.0 = Fluss-km 29,2
Vermessungsstrecke	350 m
mittlere Sohlbreite	8 m
Sohlgefälle	0,2 %
Windungsgrad	1,7
Furten pro 100 m	2
Weiteres	Kies aus Hochwasserrinnen wird ins Bachbett getragen.

Fazit: Die Möhne gestaltet ihren neuen Lauf in der Ersatzau in den Bereichen mit lockeren Kiesen. Stellenweise brechen die Schichten aus verfestigtem Kies in den Hochwasserrinnen auf und es entstehen hier Kolke. Die Korngrößenverteilung zeigt im Vergleich zu anderen Abschnitten überdurchschnittlich hohe Anteile von Feinsand und kleinen Kiesen. In der Ersatzau hat begünstigt durch Aufwuchs von Weiden Auelehmbildung eingesetzt. Lokal werden bis zu 20 cm Schlamm und Blätter pro Jahr abgelagert.

Hinweis: Zum Thema Auelehm s. auch in BUNZEL-DRÜKE et al. (2020): Die Möhne und ihre Zuflüsse: Ein Leitfaden über ihre Naturgeschichte mit Hinweisen zur Renaturierung.

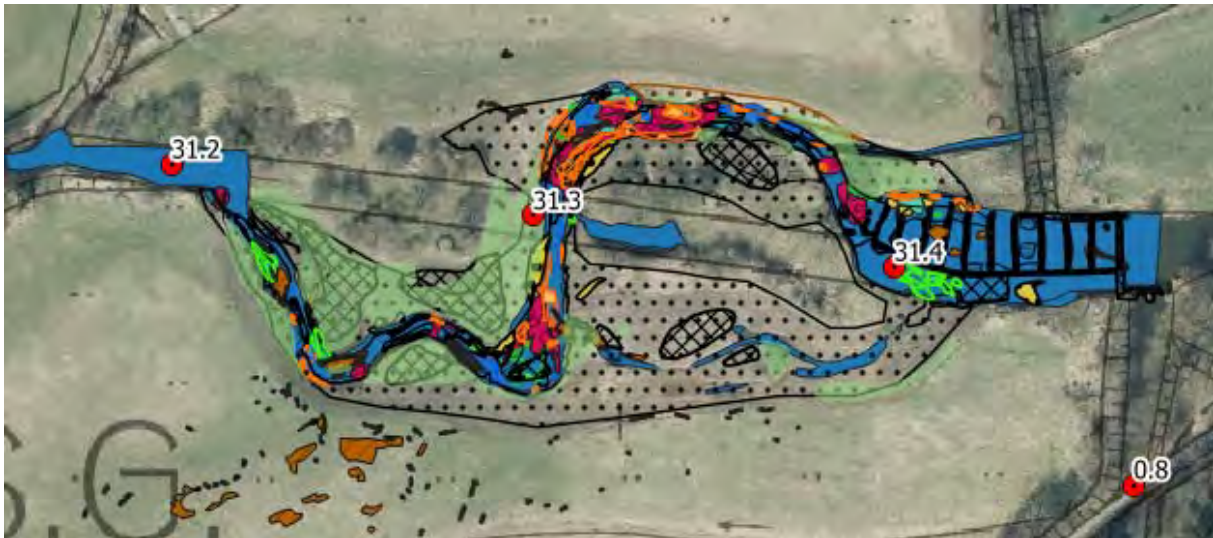
Möhne Probestrecke 13 Fischaufstieg Allagen

Abb. 5.4-46: Strukturen an Probestrecke 13 Fischaufstieg Allagen

Beschreibung: In der Möhne befindet sich oberhalb dieses Abschnittes das Wehr Dassel östlich Allagen. Zu Verbesserung der Durchgängigkeit wurde ein Beckenpass aus Natursteinen als Aufstiegs- hilfe und eine Laufverlängerung in einer Ersatzaue unterhalb des Wehrs angelegt. Die historischen Kiesschichten in der Aue wurden im Zuge der Maßnahme freigelegt. Diese Kiesschichten sind seitdem regelmäßig in Bewegung.



Abb. 5.4-47: Möhne Probestrecke 13 Fischaufstieg am Wehr Dassel in Allagen, 31.03.2020

Erfassung der Kiesbänke aus der Luft und vom Boden: Trefferquote 100 %

Dieser Abschnitt ist sehr gut einzusehen. Die Sohle ist ständig in Bewegung, heller Kies setzt sich optisch gut von dunkleren schlammigen Sedimenten auf der Sohle ab. Kies wird an den Stellen, wo er locker vorkommt und nicht von Lehm überdeckt ist, lokal umgelagert. Es sind bereits Furten und Kolke entstanden. Die Abfolge ist unregelmäßig. Die Lösung von Lehm aus der Sohle und von verfestigtem Kies wird noch dauern. Deshalb hat sich noch keine strömungsangepasste Pool-Riffel-Abfolge eingestellt. Einige Bereiche des Bachbettes sind recht breit, hier werden seitlich oder auch mittig Kiesbänke abgelagert. Im Stömungsschatten der seitlichen Kiesinseln setzt sich feineres Sediment und organische Sedimente wie Blätter ab.



Abb. 5.4-48: Möhne Probestrecke 13: Drohnenaufnahme aus 15 m Höhe, 6.2.2019

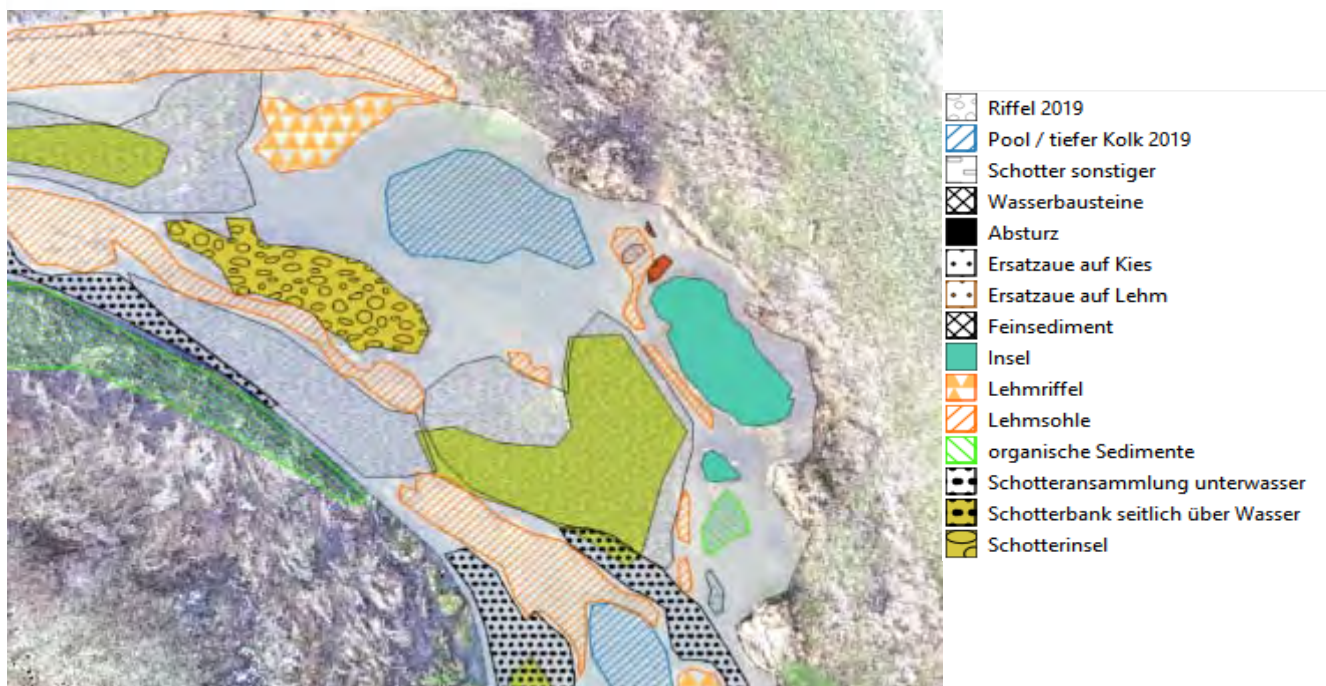


Abb. 5.4-49: Probestrecke 13: Strukturkartierung 2019 (km 31,3)

Korngrößenverteilung des Kiesel: Auch diese Renaturierung befindet sich ähnlich wie Probestrecke 11 in einem noch „jungen“ Zustand. Dies zeigt sich u.a. in der Korngrößenverteilung des Sohlkiesel. Die feinen Sande und Kiesel sind deutlich überdurchschnittlich vorhanden. Die Probe aus dem Kieskörper zeigt nach der Siebung außerdem nur einen geringen Anteil an größerem Kiesel. Steine über 63 mm sind sehr selten. Das Kieselückensystem ist folglich noch recht versandet und somit als Lebensraum eher noch von unterdurchschnittlicher Qualität. Teilweise verläuft die Sohle auf Lehm, der sehr erosionsstabil ist. Von oben eingetragenen Kiesel können sich auf diesen Lehmbänken nicht halten.

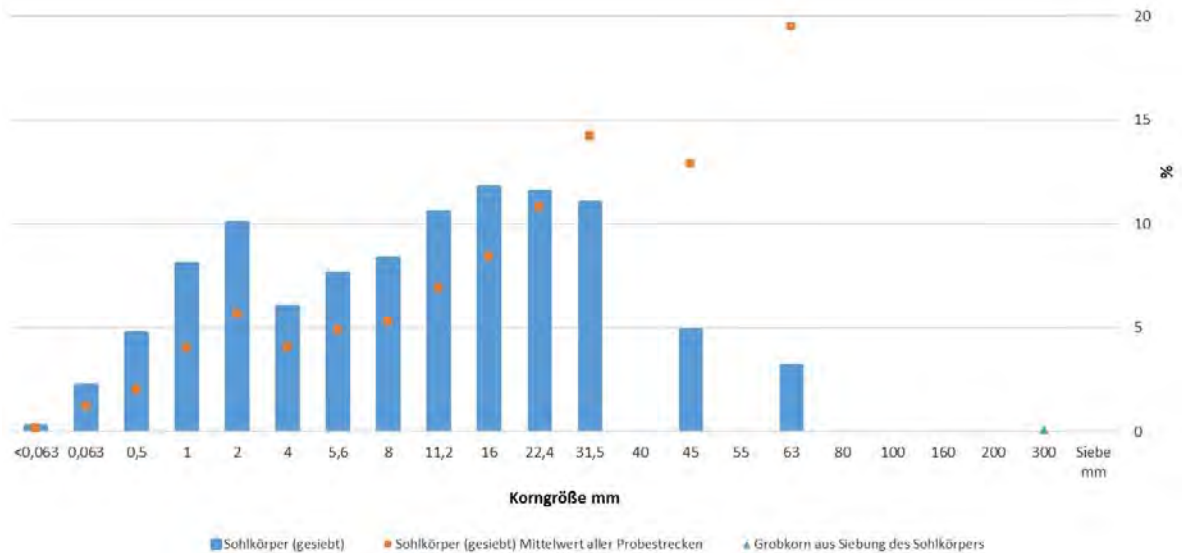


Abb. 5.4-50: Korngrößenverteilung an Probestrecke 13 Fischaufstieg Allagen

Veränderung von Kiesbänken nach Hochwasser: Die Ersatzau wirkt durch den Aufwuchs von Gehölzen als Fang von Feinsediment und Totholz verschiedener Größen. Wo Lehmbänke bzw. -stufen neben lockeren Kiesschichten liegen, sorgen die starken Strömungen für tiefere Kolke und neue Kiesbänke. Bereiche mit gewachsenem Lehm auf der Sohle verändern sich kaum.

Tabelle wichtiger Eigenschaften

Probestrecke 13	km 31
Vermessungsstrecke	270 m
mittlere Sohlbreite	9 m
Windungsgrad	1,4
Furten pro 100 m	3,3
Weiteres	Sohle teilweise aus gewachsenem Lehm

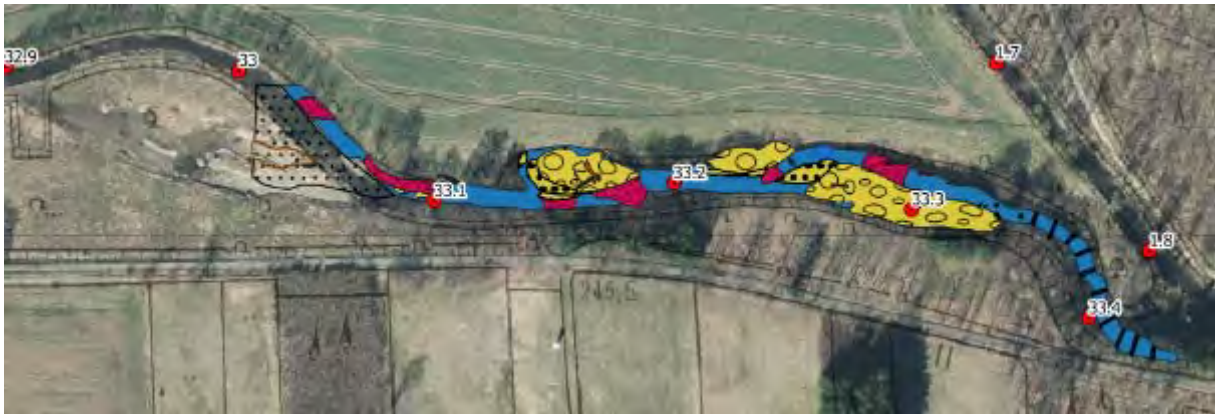
Fazit: Die Möhne gestaltet ihren neuen Lauf in der Ersatzau in den Bereichen mit lockeren Kiesel. Die Sohle läuft stellenweise auf Lehm, an diese Stellen lagern sich kaum Kiesel ab. Die Korngrößenverteilung zeigt im Vergleich zu anderen Abschnitten überdurchschnittlich hohe Anteile von Feinsand und kleinen Kiesel. In der Ersatzau hat begünstigt durch den Aufwuchs von Weiden Auelehmbildung eingesetzt.



Abb. 5.4-51: Sohle in Probestrecke 13, km 31,0. Der gewachsene Auelem blockiert die Entstehung von Kiesstrukturen im darunterliegenden historischen Kies, 31.3.2020.



Abb. 5.4-52: Probestrecke 13 bei km 31,3. Hier liegt die neue Sohle teilweise in einer Auelehm-schicht. Eingeschwemmter Kies kann sich nur schlecht halten, 31.3.2020

Möhne Probestrecke 14 Ausleitung Wehr Eiling**Abb. 5.4-53:** Strukturen an Probestrecke 14

Beschreibung: Die Möhne wird oberhalb dieser Probestrecke am Wehr Eiling in zwei Arme aufgeteilt: den Mühlenarm zur Wasserkraftanlage Eiling und die Ausleitungsstrecke (das Mutterbett), in dessen oberem Abschnitt sich die Probestrecke MO 14 befindet. Die Aufteilung bewirkt, dass nur Teilmengen der Möhne durch das Mutterbett fließen. Der Mühlenarm verlandete in der Vergangenheit; regelmäßig wurde der Kies aus dem Bach gebaggert. Die Umgestaltung des Einlaufbereiches und Renaturierungsmaßnahmen in der Ausleitungsstrecke sollen zur Verbesserung des Sedimenttransportes in die Ausleitungsstrecke und zur Reduzierung der Verlandungstendenzen im Mühlenarm sowie der Fischdurchgängigkeit beitragen. In der Ausleitungsstrecke sind einige Kiesstrukturen vorhanden, besonders auffällig sind die recht breiten seitlichen Bänke direkt unterhalb des Beckenpasses bei gleichzeitig in die Aue eingetiefter Sohlage.

**Abb. 5.4-54:** Möhne 14 Ausleitung Wehr Eiling, Kiesbank bei km 33,3 unterhalb des auf Sedimentdurchgängigkeit optimierten Fischaufstiegs; Blick nach Süden, 1.12.2016.

Erfassung der Kiesbänke aus der Luft und vom Boden: Trefferquote 100 %

Dieser Abschnitt wird südlich von Wald begrenzt, nördlich reicht Grünland bis an den Bachlauf, es gibt nur wenige Ufergehölze. Somit war die Befliegung unter Berücksichtigung des Schattenwurfs des Waldes kein Problem. Trotz des recht gradlinigen Verlaufs haben sich etliche Querbänke mit seitlich beachtlich großen Kiesbänken bei vergleichsweise schmalen Niedrigwasserbetten gebildet. Der Kiestransport in die Ausleitungsstrecke scheint also zu funktionieren. Allerdings wurde in der Vergangenheit mitunter Kies aus dem Obergraben in das Mutterbett gebaggert. Bei Hochwasser verringert sich heute die Transportkraft unterhalb des steileren Fischaufstiegs und Kiese lagern sich ab. Begünstigt wird dies, weil wegen der Mühlennutzung nur Teilmengen des Mohnwassers im Mutterbett für den Weitertransport des Kieses zu Verfügung stehen.

Korngrößenverteilung des Kieses: Das beschriebene Phänomen der großen Kiesbänke lässt sich auch in der Korngrößenverteilung erkennen. Für den Transport von Kieskörnern bis 5,6 mm reichen die Restwassermengen aus. Kiesgrößen zwischen 8 mm und 31 mm bleiben vermehrt liegen und bilden mächtige Kiesbänke und Furten. Große Kiese dagegen werden offenbar nicht so gut in die Ausleitungsstrecke getragen und fehlen.

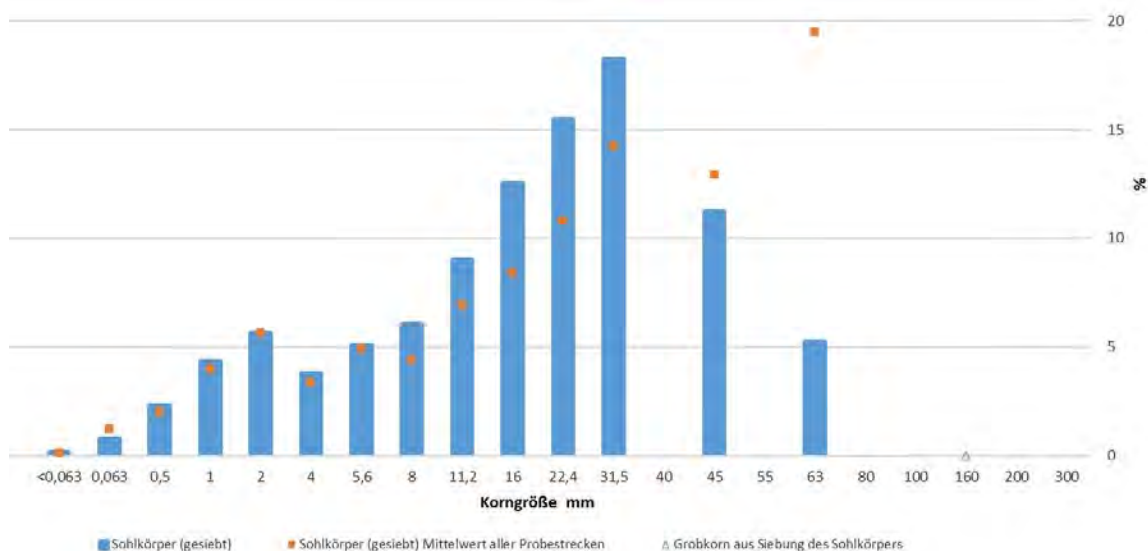


Abb. 5.4-55: Korngrößenverteilung des Kieses in Probestrecke 14 Ausleitung Wehr Eiling

Tabelle wichtiger Eigenschaften

Probestrecke 14	km 33,2
Vermessungsstrecke	300 m
mittlere Sohlbreite	5,4 m
Windungsgrad	1,04
Furten pro 100 m	2,0
Weiteres	Ausleitungsstrecke mit Teilwassermenge

Fazit: Trotz des geringen Windungsgrads haben sich größere seitliche Kiesbänke und mehrere Furten gebildet. Grund ist der hohe Eintrag von Kies unter 40 mm Korngröße in den Ausleitungsarm und die anschließend reduzierte Transportkapazität durch den Mühlenabschlag.

Möhne Probestrecke 16 KA Belecke

Abb. 5.4-56: Strukturen in Probestrecke 16 KA Belecke

Beschreibung: Der Abschnitt ist begradigt und etwas eingetieft. Hochwasser treten in der Regel nicht über die Ufer. Am unteren Ende der Probestrecke liegt das Wehr Eiling, das die Sohle der Möhne schon seit langer Zeit stützt. In der Probestrecke finden sich keine aktiven Querbänke. Der Abschnitt schließt oben an den strukturreichen Abschnitt MO 17 Fliegenwald an.

Erfassung der Kiesbänke aus der Luft und vom Boden: Trefferquote 100 %

Dieser Abschnitt wird südlich von Wald begrenzt, nördlich von Grünland, es gibt nur wenige Gehölze auf dem rechten Ufer. Somit war die Befliegung unter Berücksichtigung des Schattenwurfes des Waldes kein Problem.



Abb. 5.4-57: Möhne KA Belecke, km 34,4, Blick nach Süden. Links schließt Probestrecke 17 Fliegenwald an. Fließrichtung von links nach rechts, 6.12.2016.

Korngrößenverteilung des Kiesel: In der Sohle findet sich überdurchschnittlich viel Kies mit 63 mm Größe. Alle kleineren Größenklassen sind deutlich unterdurchschnittlich vorhanden. Bei der optischen Bewertung der Deckschicht der Gewässersohle zeigte sich die oberste Schicht des Sohlkiesel als sehr großsteinig. Diese Abschirmung der darunter liegenden mittelgroßen Kiesel reicht jedoch nicht aus, um diese vor Ausspülung zu bewahren. Die Kornanteile von Kiesel unter 45 mm sind unterdurchschnittlich. Der Kieselhaushalt ist stark gestört. Die verhältnismäßig hohen Anteile von kleineren Kiesel zwischen 1 und 2 mm sowie Korngrößen von 31,5 mm weisen große Ähnlichkeit mit dem oberhalb gelegenen Abschnitt 17 Fliegenwald auf.

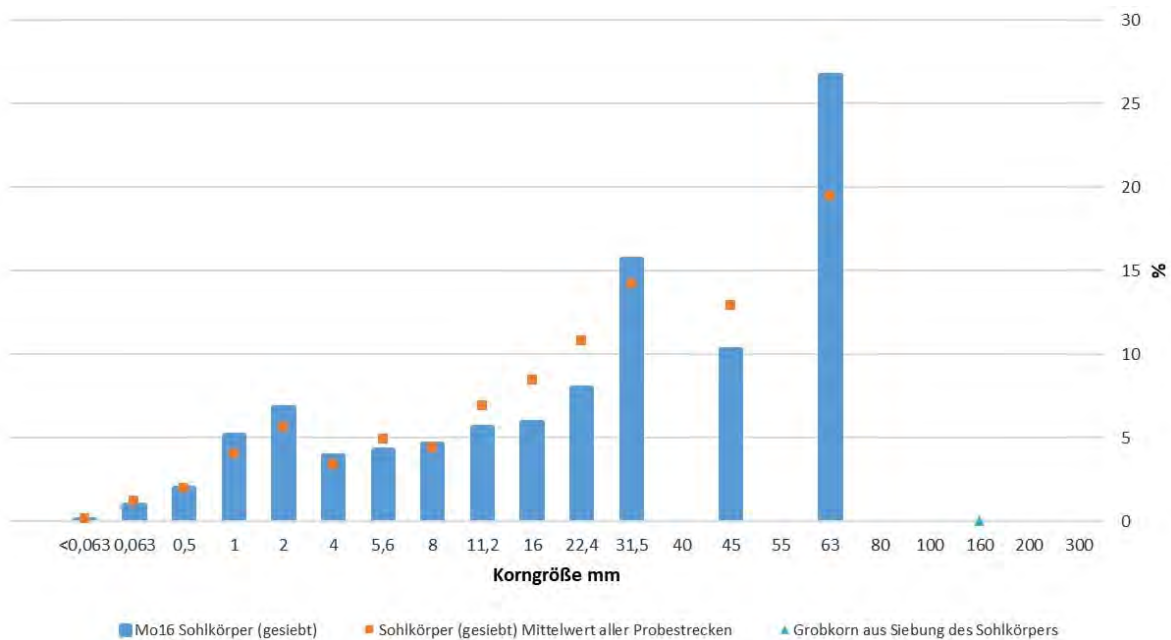


Abb. 5.4-58: Korngrößenverteilung des Kiesel an Probestrecke 16 KA Belecke

Veränderung von Kiesbänken nach Hochwasser sind so gut wie nicht zu erkennen.

Tabelle wichtiger Eigenschaften

Probestrecke 16	km 34,5
Vermessungsstrecke	200 m
mittlere Sohlbreite	10 m
Sohlgefälle	-
Windungsgrad	1
Furten pro 100 m	0

Fazit: Der Kieselhaushalt ist hier stark gestört. Die Deckschicht ist grobkieselig. Die im Kieselkörper der Sohle vorkommenden Kleinkiesel von 1 - 2 mm und die Kiesel-Fraktion von 31,5 mm werden offenbar aus dem oberhalb gelegenen strukturreichen Abschnitt eingespült. Da es keine Querbänke gibt, liegt die Vermutung nahe, dass diese Fraktionen nur „durchtransportiert“ werden.

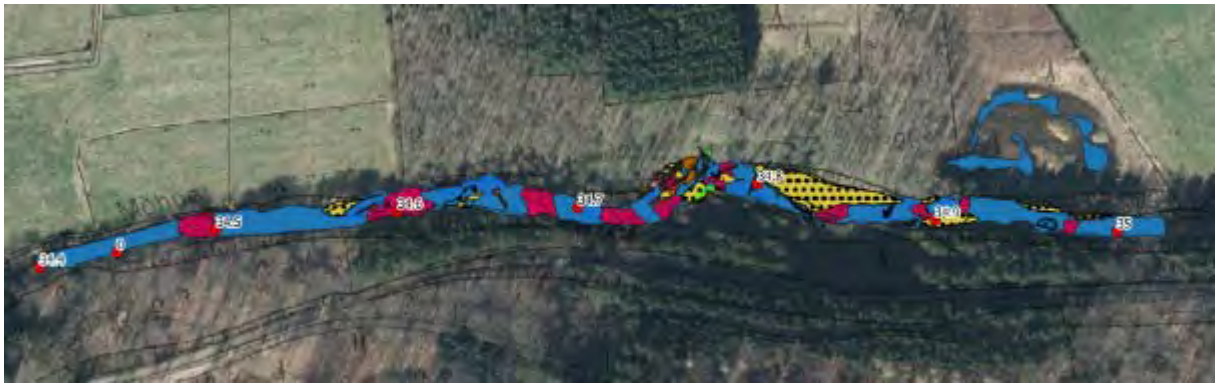
Möhne Probestrecke 17 Fliegenwald

Abb. 5.4-59: Strukturen in Probestrecke 17 Fliegenwald

Kurzbeschreibung: Die Möhne im Abschnitt Fliegenwald (MO 17) weist eine sehr hohe Kiesdynamik auf, obwohl der Windungsgrad bei 1 liegt. Wie kommt es dazu? Die Querbänke können bei Hochwasser erhebliche Umgestaltung erfahren. Die wichtigsten Grundvoraussetzungen hierfür sind die Verfügbarkeit von Kies gepaart mit der Anwesenheit von umströmtem großem Totholz. Dies ist im Abschnitt Fliegenwald gegeben. Die Kiese werden von der Strömung „sortiert“ und „platziert“; irgendwann ist ein „geordneter“ Zustand hergestellt. Dieser kann Jahre oder Jahrzehnte anhalten. Eine nennenswerte Kiesdynamik wäre dann erst wieder vorhanden, wenn sich die Strömung ändert. Dies geschieht auf natürliche Weise durch umstürzende Bäume oder durch die Verlagerung von Totholz und die Entstehung von Totholzstauen. Die Strömung wird teilweise erheblich umgelenkt und es stellt sich wieder eine „neue Ordnung“ in den Kiesstrukturen ein. Dabei ist zu beobachten, dass der Kies nach Umströmung des Totholzes nur wenige Meter unterhalb als neue Kiesbank abgelagert wird.



Abb. 5.4-60: Möhne Probestrecke 17 Fliegenwald, Blick aufwärts auf eine große Kiesbank bei km 34,8, 2.5.2019.

Das Totholz, als wandernde Strömunglenkung, ist also unersetzlich für die Gesunderhaltung der Gewässer- und Kiesdynamik. Die Kiese werden regelrecht durch die „Totholzwaschmaschine“ geschleudert. Somit ist Totholz nicht nur für seine unmittelbaren Bewohner unersetzlich, sondern auch für alle Lebewesen, deren Lebens- und Brutstätten sich im Kieslückensystem (Interstitial) befinden. Dabei ist nicht entscheidend, wo die entsprechenden Kiesstrukturen sind, sondern dass sie in guter Qualität vorhanden sind. Dies ist am eigentlich begradigten Abschnitt der Möhne Fliegenwald besonders eindrucksvoll zu beobachten.

Vermutlich ist diese Probestrecke vor Sohlerosion geschützt, weil das Wehr Eiling unterhalb die Sohle stützt.

Erfassung der Kiesbänke aus der Luft und vom Boden: Trefferquote 83 %

Der Abschnitt Fliegenwald heißt nicht ohne Grund „Wald“. Der Lauf ist an den linken Talrand gelegt. Hier stocken (stockten) vor allem hohen Fichten, am rechten Ufer erstreckt sich ein Erlenwald. Die Ufer werden meist von hohen Erlen begleitet, deren Kronen sich über das Gewässer strecken. Doch im Winter lässt sich durch das Kronendach blicken und die hoch ansetzenden Äste ermöglichen an den meisten Bäumen das Unterfliegen mit der Drohne.

Erfassung der Abfolge von Furten und Kolken (Längsschnitt): Es lassen sich in der Probestrecke zwei unterschiedliche Bereiche erkennen. Im unteren Abschnitt sind die Kolke teilweise 1,5 m tief, einige reichen bis auf das Grundgebirge. Die dazugehörigen Querbänke haben einen größeren Abstand als im zweiten Abschnitt weiter oben. Im oberen Abschnitt sind die Kolke nicht so tief. Dies lässt sich mit dem Blick auf die Sohlbreite und die Ufergestalt erklären. Im unteren Abschnitt verläuft das linke Ufer größtenteils am felsigen Terrassenrand. Die Gewässerbreite ist ca. 5 m schmäler als im oberen Abschnitt. Hier werden bei Hochwasser auf dem linken Ufer keine Felsen, sondern ein flaches Vorland überströmt. Die Variation an Totholz ist viel höher. Wie es scheint, sind nur kleine Änderungen an der Uferbreite und dem Totholzangebot ausreichend, um die Kiesdynamik merklich zu beeinflussen.

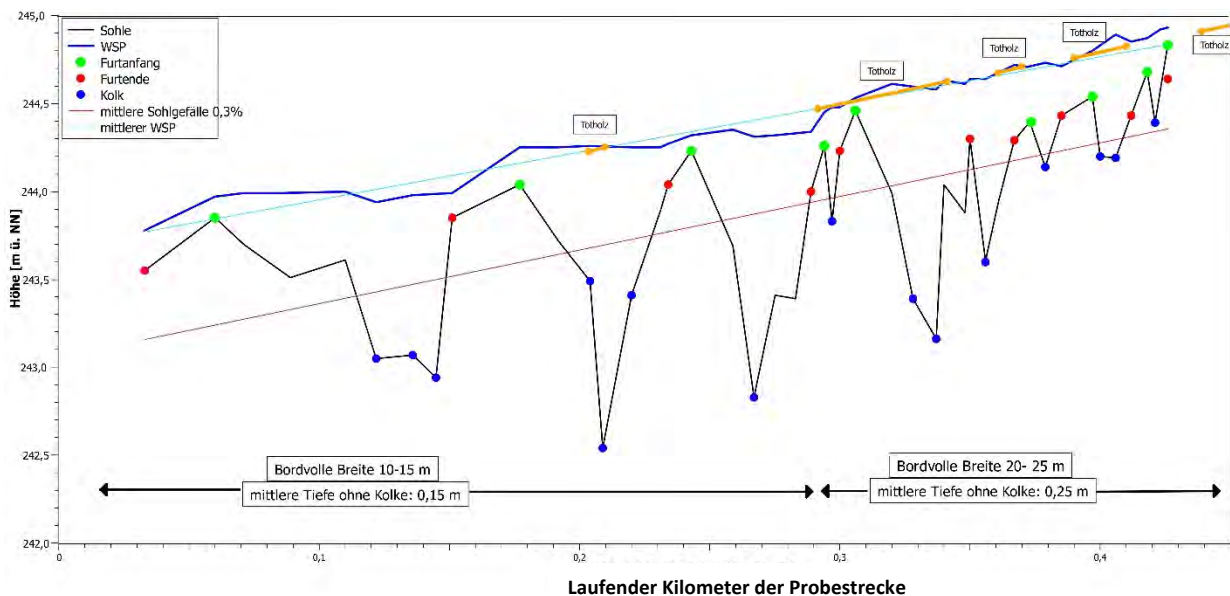


Abb. 5.4-61: Längsschnitt der Möhne an Probestrecke 17 Fliegenwald

Korngrößenverteilung des Kiesel: Bei der Verteilung ist der herausragende Charakter dieses Möhneabschnittes nicht unbedingt auf den ersten Blick zu erkennen, denn die Korngrößen bis 22,4 mm kommen sogar unterdurchschnittlich vor. Die Kornfraktionen zwischen 31,5 und 63 mm sind jedoch auffällig anders verteilt als im Durchschnitt. Besonders die Fraktion um 45 mm, die im Abschnitt nur wenige 100 m unterhalb sehr wenig vorkommt, erreicht hier einen hohen Anteil und lässt die größeren Kiese anteilmäßig geringer erscheinen. Die Querbänke im Fliegenwald sind überdurchschnittlich aus Steinen um 45 mm aufgebaut.

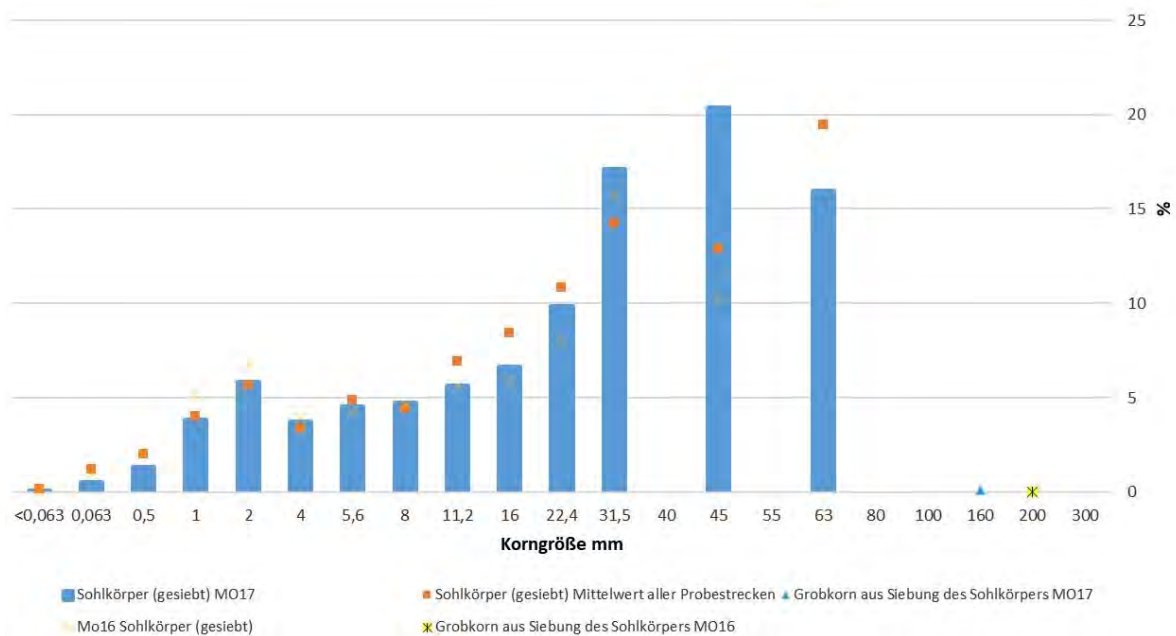


Abb. 5.4-62: Korngrößenverteilung des Kiesel an Probestrecke 17 Fliegenwald

Veränderung von Kiesbänken nach Hochwasser: Die Ufer sind nicht befestigt. Durch die Anwesenheit von großem beweglichem Totholz und dem gelegentlichen Nachstürzen von Uferbäumen wird der Kies in der Sohle und aus den Ufern ständig umgelagert. Dabei ist zu beobachten, dass die Querbänke in ihrer Längslage im Gewässer relativ standortstreu sind, ihre Querlage aber deutlich verändern können.



Abb. 5.4-63: Möhne Fliegenwald 2020 bei km 37,75, Blick flussaufwärts

Tabelle wichtiger Eigenschaften

Probestrecke 17	Fluss-km 34,58
Vermessungsstrecke	250 m
mittlere Sohlbreite	11,5 m
Sohlgefälle	0,3 %
Windungsgrad	1,03
Furten pro 100 m	2,1
mittlere Furthöhe	0,24 m
mittlere Kolktiefe	1,0 m
Weiteres	viel großes Totholz, keine Uferbefestigungen, hohe Kiesdynamik

Fazit: Der Fliegenwald ist hochdynamisch in der Kiesstruktur. Trotz geringem Windungsgrad können das Fehlen von Uferbefestigungen und das große Angebot von Totholz dynamische Kiesstrukturen erzeugen und erhalten. Totholz ist der Motor für ein ökologisch funktionierendes Kieslückensystem (Interstitial). Diese „Kieswaschmaschine“ muss aber mobil sein, denn der Kies kann nicht zur Strömung kommen, sondern die Strömung muss zum Kies kommen, um eine Umlagerung zu erzeugen. Dies ist besonders bei hohen Feinsedimentfrachten nötig.

Möhne 18 Infinion**Abb. 5.4-64:** Probestrecke 18 Infineon in Belecke**Abb. 5.4-65:** Möhne Probestrecke 18 Infineon

Beschreibung: Diese Probestrecke ist der krasse Gegensatz zum Fliegenwald-Abschnitt nur 1 km bachabwärts. Zwar ist der Windungsgrad mit 1 gleich, jedoch gibt es keinerlei Totholz. Wenn es welches gäbe, hätte die Strömung keine Chance, die Wasserbausteine an Sohle und Ufer zu bewegen. Es

gibt keine Kiesstrukturen. Die Strömung ist stärker als in anderen Abschnitten, die Wurzeln der Weiden am Ufer wachsen zwischen den Wasserbausteinen freiliegend in die Strömung. Die Möhne ist tief eingeschnitten und außerdem eingedeicht.

Erfassung der Kiesbänke aus der Luft und vom Boden: Dieser Abschnitt ist von dichten und tiefhängenden Ufergehölzen auf beiden Seiten gesäumt. Daher war die Probestrecke nicht leicht mit der Drohne zu befliegen. Die Kartierung wurde mit einer Luftbildkarte aus dem Übersichtsluftbild aus dem Winter 2017 durchgeführt.

Erfassung der Abfolge von Furten und Kolken (Längsschnitt): Das steile Gefälle von 0,6 % und das schmale und stark befestigte Bett hinterlässt seine Spuren im Längsschnitt. Große Wassertiefen auch bei geringerem Abfluss sowie zwei Abstürze über Wasserbausteine bzw. eine Spundwand machen dem Betrachter vor Ort keine Freude, denn normalerweise typische Auen- und Gewässerstrukturen sucht man über und unter Wasser vergebens.

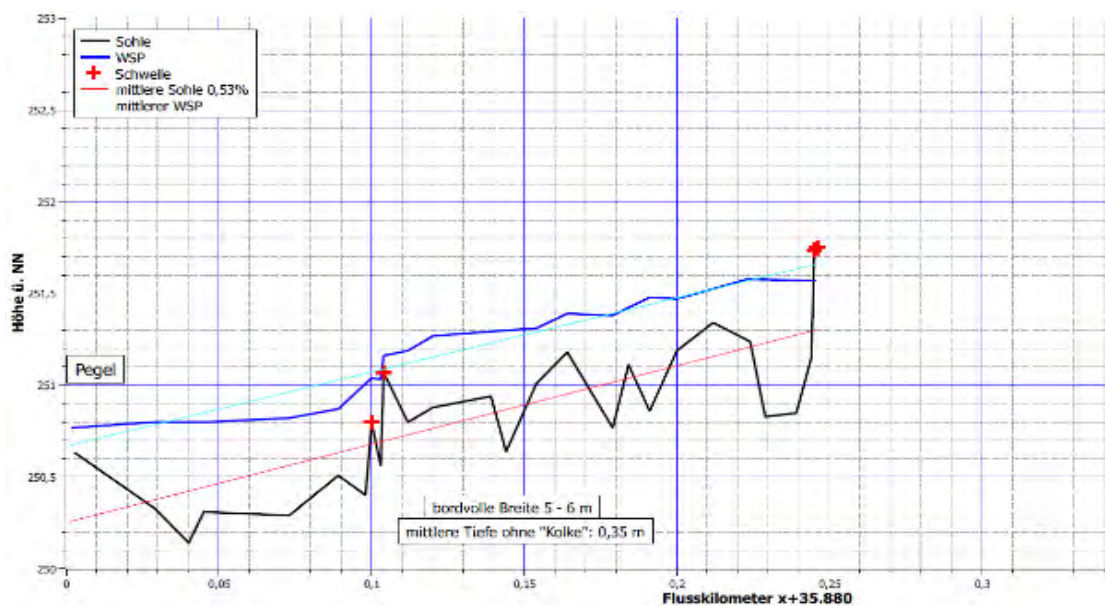


Abb. 5.4-66: Längsschnitt von Probestrecke 18 Infineon

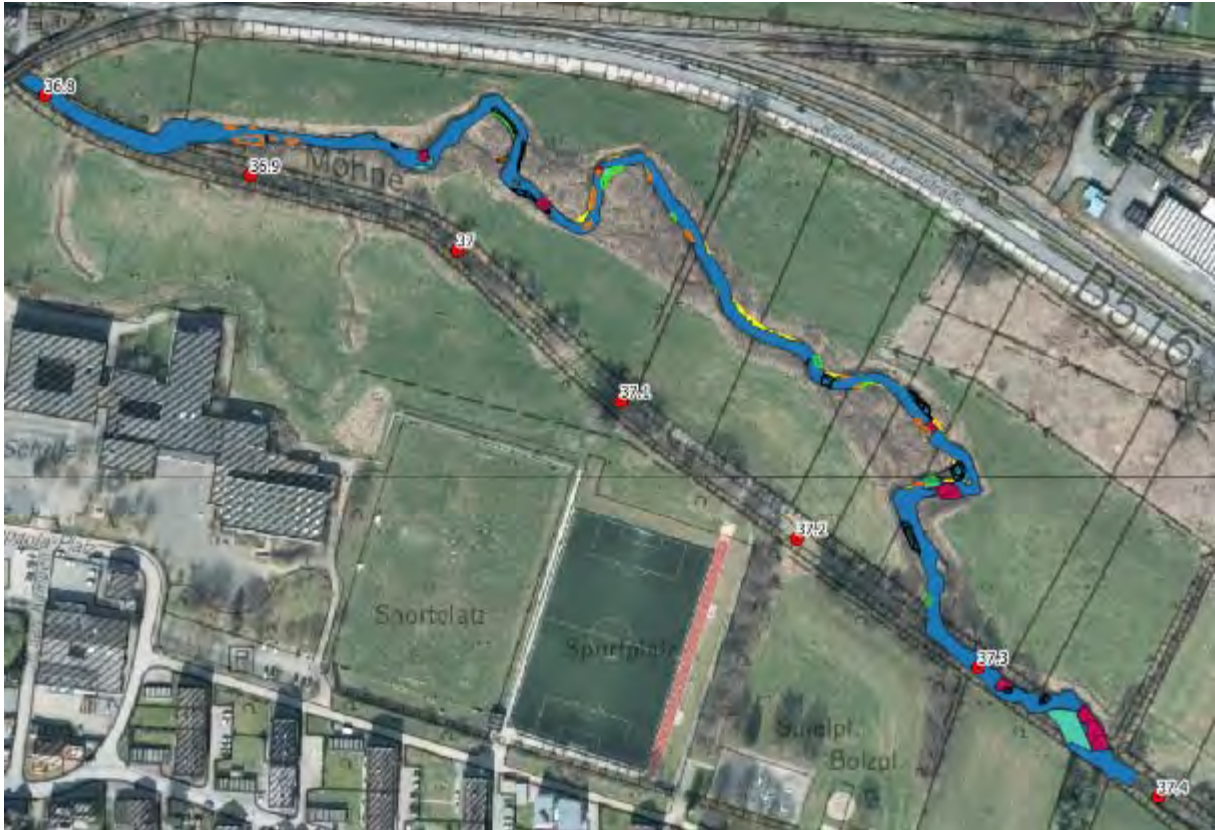
Korngrößenverteilung des Kiesel: Die Wasserbausteine haben Korngrößen von 300 bis 500 mm.

Veränderung von Kiesbänken nach Hochwasser: keine

Tabelle wichtiger Eigenschaften

Probestrecke 18	Fluss-km 35,88
Vermessungsstrecke	250 m
mittlere Sohlbreite	7,5 m
Sohlgefälle	0,5 %
Windungsgrad	1
Furten pro 100 m	0
Weiteres	massive Befestigung von Ufer und Sohle, kein Kies, kein Totholz

Fazit: Der massiv befestigte Flussausbau hat weder Totholz noch Kiesstrukturen zu bieten.

Möhne Probestrecke 19 Schule Belecke**Abb. 5.4-67:** Strukturen in Probestrecke 19 Schule Belecke**Abb. 5.4-68:** Möhne Probestrecke 19 Schule Belecke bei km 37,2, Blick bachaufwärts, 6.1.2017

Beschreibung: Die Möhne in diesem Abschnitt wurde durch Laufverlängerungen und Herstellung einer Ersatzauere renaturiert. Die Aue wurde bis auf die historischen Kieslagen unter dem ca. 1 m mächtigen Auelehm abgebaggert, die neue Möhne wurde in den Kies gelegt. Die Maßnahme wurde bereits 2003 umgesetzt. Seitdem sind in der Ersatzauere flächig Gehölze aufgewachsen. Der Abschnitt weist kaum noch Kiesdynamik auf.

Erfassung der Kiesbänke aus der Luft und vom Boden: Trefferquote 55 %

Die Ersatzauere ist noch nicht mit großen Bäumen bestanden, die über das Gewässer ragen. Daher war die Befliegung ohne Probleme möglich. Jedoch zeigte sich, dass nur wenige Querbänke vorhanden sind, diese werden offenbar auch bei Hochwasser nur sehr wenig umgelagert. Die Kiesdynamik scheint im Moment zum Erliegen gekommen zu sein. Die Sohle wies auf Grund von gleichmäßigem Algenbewuchs der Steine einen recht gleichmäßigen dunklen Farbton auf. Die Kiesdynamik, die normalerweise die Steine umdreht, ist aktuell so gut wie nicht vorhanden. Es fehlt offenbar Totholz. Die gleichmäßig dunkle Sohle erschwerte die Luftbildkartierung. Querbänke wurden hier vor allem anhand des Strömungsbildes kartiert. Der Vergleich mit den Vermessungsdaten zeigte, dass diese Methode bei großen Furten hinreichend war, bei kleineren nicht aktiven Furten war sie eher ungenau.



Abb. 5.4-69: Möhne Probestrecke 19 Schule Beleck, km 37,45

Erfassung der Abfolge von Furten und Kolken (Längsschnitt):

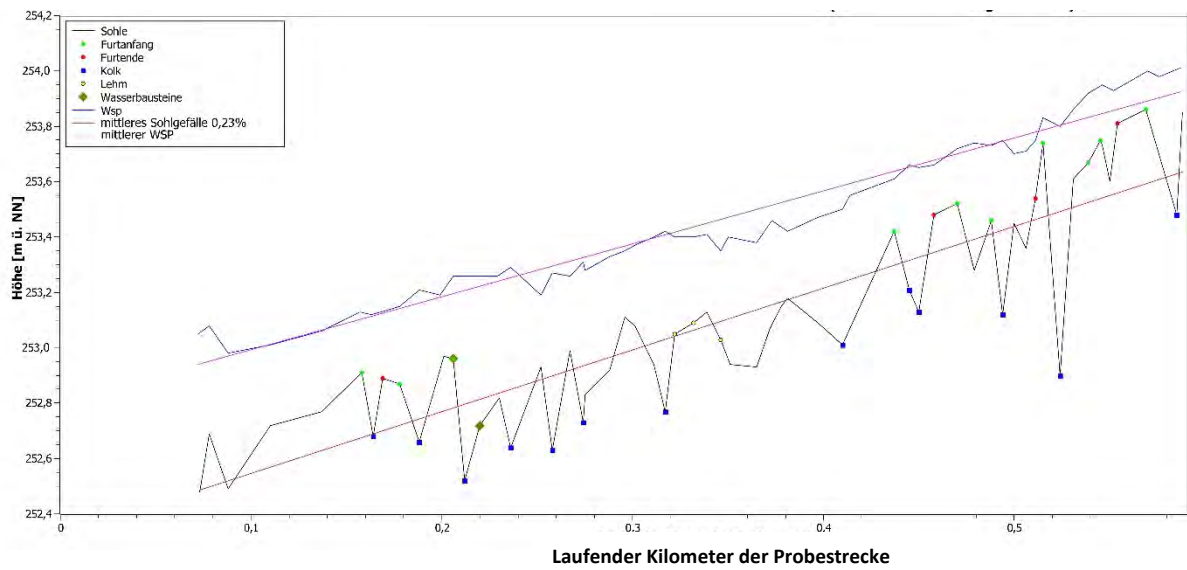


Abb. 5.4-70: Längsschnitt von Probestrecke 19, Möhne an der Schule Belecke

Korngrößenverteilung des Kiesel: Es zeigt sich ein überdurchschnittlicher Anteil an groben Kiesel, besonders die Fraktion um 45 mm sticht hervor. Das gleichzeitig unterdurchschnittliche Auftreten der kleinen Kiesel und Sande (0,063 bis 2 mm) lässt sich mit dem Alter der Renaturierung erklären. Die feinen Fraktionen wurden vermutlich schon in den Anfangsjahren mit hoher Dynamik ausgewaschen. Die offenbar in dieser Region der Möhne häufige Fraktion um 45 mm wurde besonders freigespült. Größerer Kiesel als 63 mm spielt keine Rolle.

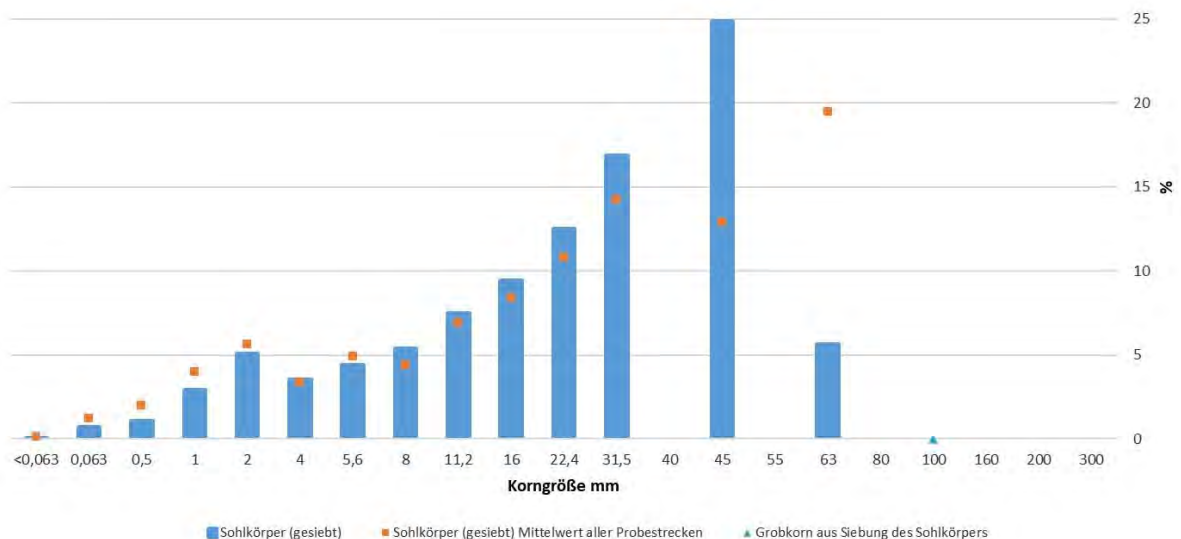


Abb. 5.4-71: Korngrößenverteilung des Kiesel an Probestrecke 19 Schule Belecke

Veränderung von Kiesbänken nach Hochwasser: Die Ersatzauflage ist teilweise mit Flutrinnen versehen. In den Gehölzen verfangen sich Äste und kleineres Totholz. In den Kiesbänken wurde kaum Veränderung festgestellt.

Tabelle wichtiger Eigenschaften

Probestrecke 19 Schule Beleck	km 37,1
Vermessungsstrecke	680 m
mittlere Sohlbreite	6 m
Sohlgefälle	0,2 %
Windungsgrad	1,3
Furten pro 100 m	1,3
Weiteres	kaum Kiesdynamik

Fazit: Die Kiesdynamik, die normalerweise in frischen Renaturierungsstrecken vorherrscht, ist hier bereits zum Erliegen gekommen. Es fehlt großes Totholz.

Möhne Probestrecke 21 Sägewerk Fisch



Abb. 5.4-72: Strukturen in Probestrecke 21 am Sägewerk Fisch



Abb. 5.4-73: Möhne Probestrecke 21 Sägewerk Fisch bei km 42,1 bis 42,2, Fließrichtung nach links

Beschreibung: Es wurden an drei Stellen neue Schlingen hergestellt und fast sohlgleich an die Altverläufe angeschlossen. Nur in den neuen Schlingen spielen sich kiesdynamische Prozesse ab.

Erfassung der Kiesbänke aus der Luft und vom Boden: Trotz einiger Weiden am Ufer ließen sich von diesem Abschnitt verwendbare Luftbilder für die Drohnenkartierung machen.

Tabelle wichtiger Eigenschaften

Probestrecke MO 21	km 42,4
Vermessungsstrecke	260 m
mittlere Sohlbreite	8 m
Sohlgefälle	-
Windungsgrad	1,12
Furten pro 100 m	1,9

Fazit: In den neuen Schlingen spielen sich kiesdynamische Prozesse ab. An den teils steilen Ufern kann durch Uferabbrüche Kies mobilisiert werden. Totholz ist momentan kaum vorhanden, könnte aber durch umstürzende Ufergehölze entstehen.

Möhne Probestrecke 22 KA Rüthen

Abb. 5.4-74: Strukturen in Probestrecke 22 KA Rüthen

Beschreibung: Der am Fuß der Straßenböschung verlaufende Abschnitt fließt in einem monotonen Gerinne mit Uferbefestigung. Die Sohle ist kiesbedeckt und es sind Querbank-artige, aber untypisch lange Kiesstrukturen vorhanden.



Abb. 5.4-75: Möhne Probestrecke 22 KA Rüthen

Erfassung der Kiesbänke aus der Luft und vom Boden: Trefferquote 100 %.

Die überwiegend baumlosen Ufer und die offenbar in Bewegung befindlichen Kiese erleichterten die Kartierung mit der Drohne.

Veränderung von Kiesbänken nach Hochwasser: Die Kiesstrukturen zeigen sich als recht langgezogene, untypisch wirkende Rauschen. Der Kies ist hier offenbar regelmäßig in Bewegung. Auf Grund des einförmigen Gerinnes und der Uferbefestigungen wird jedoch kein Kies aus der Sohle oder den Ufern mobilisiert. Es scheint, als ob er durch diese Strecke „durchgeschoben“ wird, ohne nennenswerte Strukturen schaffen zu können.

Tabelle wichtiger Eigenschaften

Probestrecke MO 22 KA Rüthen	km 42,9
Vermessungsstrecke	300 m
mittlere Sohlbreite	5,5 m
Sohlgefälle	-
Windungsgrad	1,1
Furten pro 100 m	1,6

Fazit: In einem monotonen Gerinne mit Uferbefestigungen wird Kies umgelagert, jedoch entstehen keine typischen Kiesstrukturen. Es scheint, als ob der Kies durch diese Strecke nur „durchgeschoben“ wird.

Möhne Probestrecke 23 Aalbecke

Abb. 5.4-76: Möhne an Probestrecke 23, Mündung der Aalbecke

Beschreibung:

Die Möhne wurde hier unterhalb der Mündung des Aalbaches auf einem kurzen Stück mit neuen Schlingen aus ihrem begradigten Lauf kleinräumig in die Aue gelegt. Seitenerosion aktiviert Kies aus den neu entstandenen Abbruchkanten.



Abb. 5.4-77: Probestrecke 23 bei km 47,2. An einer langgezogenen Abbruchkante wird Kies mobilisiert. Hochwasser haben eine seitliche Kiesbank und eine Querbank gebildet.

Korngrößenverteilung des Kiesel: Der Sohlaufbau besteht überdurchschnittlich stark aus Kies mit 63 mm Größe. Alle kleineren Größenklassen sind deutlich unterdurchschnittlich vorhanden. Zwar wurden keine Steine mit mehr als 63 mm Größe bei der Probenahme erfasst, aber die oberste Schicht des Sohlkiesel erscheint dennoch recht grob. Die Möhne ist in diesem Abschnitt relativ schmal und das Ufer hoch. Offenbar herrscht bei Hochwasser erheblicher Stress auf der Sohle. Der Kieshaushalt ist daher stark gestört.

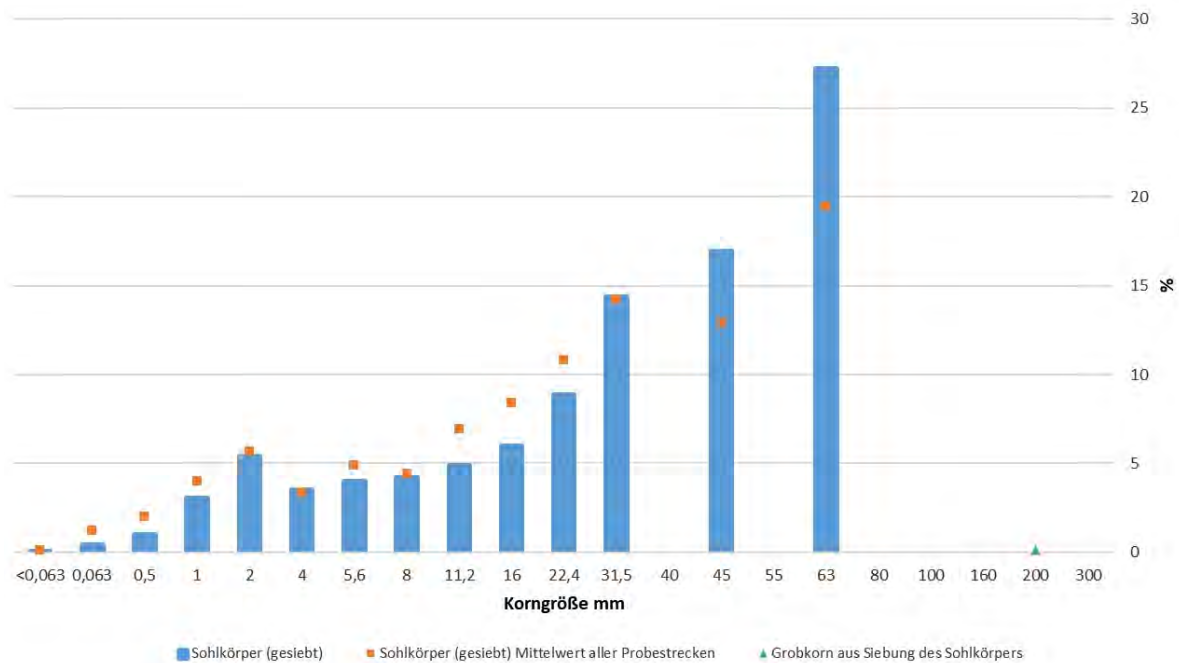


Abb. 5.4-78: Korngrößenverteilung des Kiesel an Probestrecke 23 Aalbecke

Tabelle wichtiger Eigenschaften

Probestrecke MO 23 Aalbecke	km 47,2
mittlere Sohlbreite	4,0 m
Windungsgrad	1,08

Fazit: Der Windungsgrad ist trotz der Entfesselungsmaßnahmen immer noch sehr gering, der Kieseintrag aus den Steilwänden reicht nicht zur Normalisierung des gestörten Kieshaushaltes aus. Es herrscht Sohlrosion.

Möhne oberhalb Probestrecke 23 (Aalbecke oberhalb)

Abbildung 5.4-79: Möhne bachaufwärts von Probestrecke 23

Beschreibung: Dieser Abschnitt befindet sich 300 m oberhalb der Probestrecke MO 23 Aalbecke und ist den dortigen Strukturen sehr ähnlich. Da die Aue hier wesentlich offener ist, wurde dieser Abschnitt für die Befliegungen ausgewählt.



Abb. 5.4-80: Möhne oberhalb Aalbecke, km 47,7. Die Möhne fließt mit einem geringen Windungsgrad. In Bereichen mit Uferabbrüchen bilden sich Kiesbänke. Im Vordergrund ist das Ufer einer Grünlandfläche mit Weidenstecklingen befestigt worden. Hier befindet sich eine langgestreckte Kies-Rausche. (18.2.2019)

Erfassung der Kiesbänke aus der Luft und vom Boden: Die Möhne ist im gesamten Bereich ober- und unterhalb der Aalbecke recht gestreckt, der Windungsgrad liegt bei 1,1. Kiesstrukturen sind in der Sohle vorhanden. Die Querbänke sind sehr langgestreckt. Es finden sich im Mittel 3,1 Querbänke pro 100 m, die jedoch untypisch wirken. Die Strömung auf dem gesamten Abschnitt ist recht hoch. Das Gewässerbett ist relativ schmal und weist nur an wenigen Stellen Breitenvariation auf. An solchen Stellen sind Kiesstrukturen mit seitlichen Bänken und Inseln deutlich vielfältiger.



Abb. 5.4-81: Ausschnitt der Kieskartierung oberhalb Aalbecke, km 47,7.
Legende: Kiesbänke: rosa; Kolke: blau, Totholz: braun, Vegetation: grün



Abb. 5.4-82: Möhne bei km 47,65: Seitenerosion und Kiesbänke im Bereich von Ufergehölzen, 23.03.2017

Abb. 5.4-83: Möhne bei km 46,7: gradliniger Verlauf mit Kies-Rausche, 23.03.2017

Tabelle wichtiger Eigenschaften

Probestrecke MO 23	km 47,9
Vermessungsstrecke	250 m
mittlere Sohlbreite	4,0 m
Windungsgrad	1,1
Kies-Rauschen pro 100 m	3,1

Fazit: Die Ausbildung von Furten findet sich hier in Form von langgezogenen, schnellfließenden Bereichen. Die üblicherweise nur wenige Meter langen Rauschen fehlen. Geringer Windungsgrad, fehlende Seitenerosion bzw. Breitenvariation und der Mangel an Totholz sind die Hindernisse einer vielfältigen Kiesstruktur; Kolke sind kaum vorhanden.

Möhne Probestrecke 27 NATO-Lager

Abb. 5.4-84: Strukturen an Probestrecke 27 NATO-Lager

Beschreibung: Die Möhne wurde hier im Zuge einer Renaturierung aus dem begradigten Lauf am linken Talrand geholt und wieder mäandrierend durch den verbliebenen Talraum gelegt. Der Straßendamm der Möhnetalstraße schränkt den ursprünglichen Talraum ein. Die Renaturierung umging ein nicht passierbares Wehr.



Abb. 5.4-85: Möhne Probestrecke 27 NATO-Lager

Erfassung der Kiesbänke aus der Luft und vom Boden: Trefferquote: 83 %

Die Furten sind teilweise sehr flach; ähnlich wie bei der „gealterten“ Renaturierungstrecke MO 19 Schule Belecke sind die Kiese der Querbänke längere Zeit nicht mehr nennenswert umgelagert worden. Dies führt dazu, dass Kiesbrocken durch den Biofilm schwarz erscheinen und die Querbänke deshalb im Luftbild teilweise schwer zu identifizieren sind.

Erfassung der Abfolge von Furten und Kolken (Längsschnitt): Flache Furten und Kolke kommen in diesem Abschnitt häufig vor. Teilweise sind Wasserbausteine in der Sohle verbaut, in deren Stömungsschatten sich Kies querbankartig abgelagert. Mit Ausnahme von zwei tieferen Kolken ist die Probestrecke recht flach.

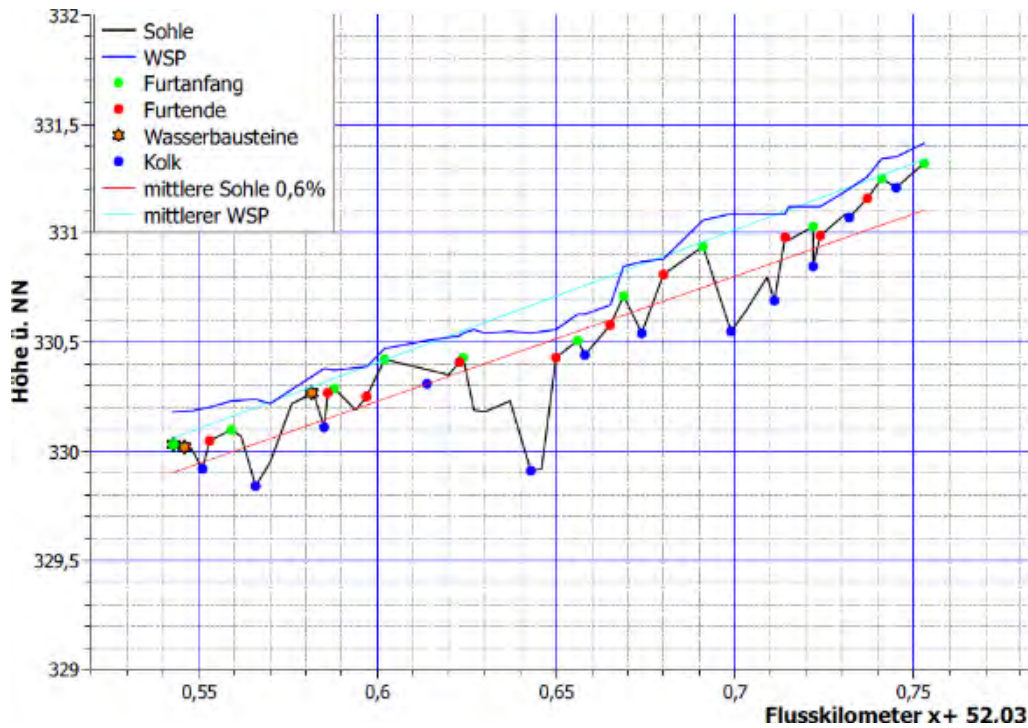


Abb. 5.4-86: Längsschnitt der Möhne an Probestrecke 27 NATO-Lager

Korngrößenverteilung des Kiesel

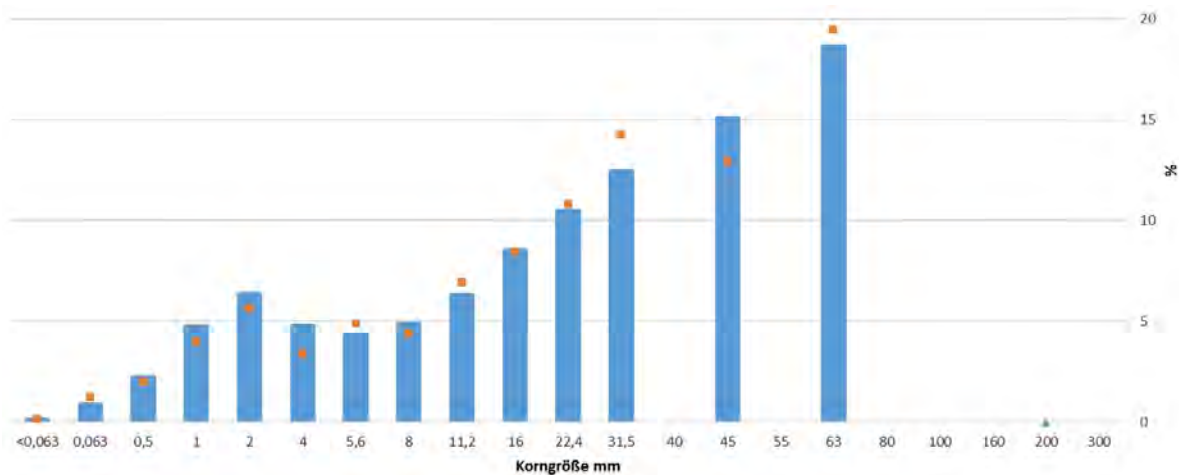


Abb. 5.4-87: Korngrößenverteilung des Kiesel in Probestrecke 27 NATO-Lager

Veränderung von Kiesbänken nach Hochwasser: gering

Tabelle wichtiger Eigenschaften

Probestrecke 27 27	km 52,0
Vermessungsstrecke	245 m / befliegen 400 m
mittlere Sohlbreite	3 m
Sohlgefälle	0,6 %
Windungsgrad	1,8
Furten pro 100 m	4,1
mittlere Furthöhe	0,09 m
mittlere Kolktiefe	0,3
Weiteres	teilweise Wasserbausteine in Furten

Fazit: Es handelt sich um eine „gealterte“ Renaturierung mit geringen Wassertiefen. Kiestrukturen sind vorhanden, aber wenig dynamisch. Der Mangel an Totholz könnte hier die Hauptursache sein.

Möhne Probestrecke 28 unterhalb der Wünnenbecke**Abb. 5.4-88:** Möhne Probestrecke 28 bei km 54,1 unterhalb der Wünnenbecke**Abb. 5.4-89:** Weide mit Highland-Rindern an Probestrecke 28

Beschreibung: Das kleine Gewässer ist etwas in die Aue eingeschnitten, Hochwasser können erst spät ausufern. Das Fehlen von Totholz entwertet den potenziell guten Abschnitt etwas.

Die Korngrößenverteilung des Kiesel ist ungewöhnlich. Sehr feine Kiesel sind ebenso wie Kiesel zwischen 16 und 22,4 mm in geringeren Anteilen vertreten als im Mittel über alle Probestrecken. Korngrößen zwischen 2 und 8 mm dagegen sind ebenso wie die Kiesel um 63 mm überdurchschnitt-

lich vertreten. Die Kornverteilung scheint stark gestört. Die Sohlendeckschicht erscheint recht grob. Eine mögliche Erklärung könnte der geringe Windungsgrad sein.

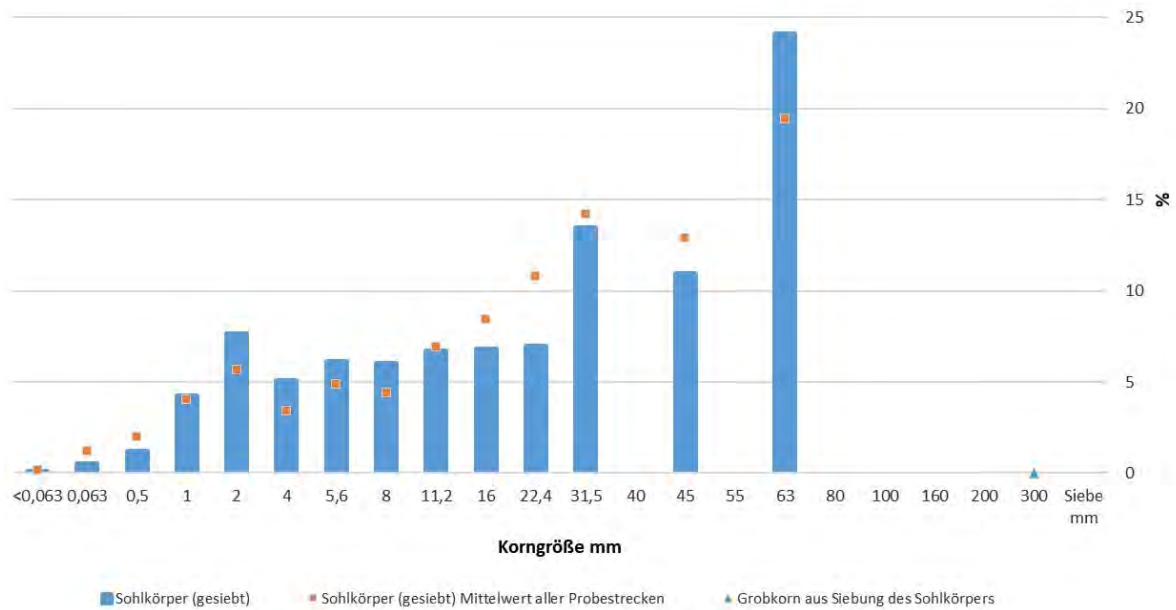


Abb. 5.4-90: Korngrößenverteilung des Kieses an Probestrecke 28 unterhalb der Wünnenbecke

Tabelle wichtiger Eigenschaften

Probestrecke 28	km 54,1
mittlere Sohlbreite	3 m
Windungsgrad	1,2

Fazit: Schwächen in der Kiesstruktur auf Grund relativ hoher Ufer und Totholzangel lassen das Potenzial für eine abwechslungsreiche Gewässerentwicklung ungenutzt.

Möhne Probestrecke 30 Bhf Scharfenberg



Abb. 5.4-91: Möhne Probestrecke 30 Bahnhof Scharfenberg



Abb. 5.4-92: Möhne Probestrecke 30 Bhf Scharfenberg bei km 55,6, Blickrichtung bachaufwärts

Beschreibung: Dieser Probestrecke stellt eine Besonderheit im Sohlaufbau dar. Die Renaturierung des begradigten Altlaufes wurde auf Lehm gebaut. Die Sohle besteht bis auf einen kurzen Abschnitt im Mündungsbereich eines Seitenbaches vollständig aus Lehm. Das Wasser ist meist trübe. In langsam durchflossenen Uferbereichen und in Buchten wachsen in den Sommermonaten beachtliche Mengen an Wasserpflanzen. In der Lehmsohle haben sich mancherorts runde Ausspülungen in der Sohle sowie zwei kleinere Abstürze aus Lehm gebildet.

Erfassung der Kiesbänke aus der Luft und vom Boden: In dieser Probestrecke finden sich keine Kiesstrukturen. Rasch strömende Bereiche laufen über Lehmbänke und wechseln sich mit tieferen Bereichen ab. In diesen haben sich teils bizarre Ausspülungen an der Sohle gebildet, die an Formen im Karst erinnern. An einigen Lehmbänken haben sich kleine Abstürze gebildet.

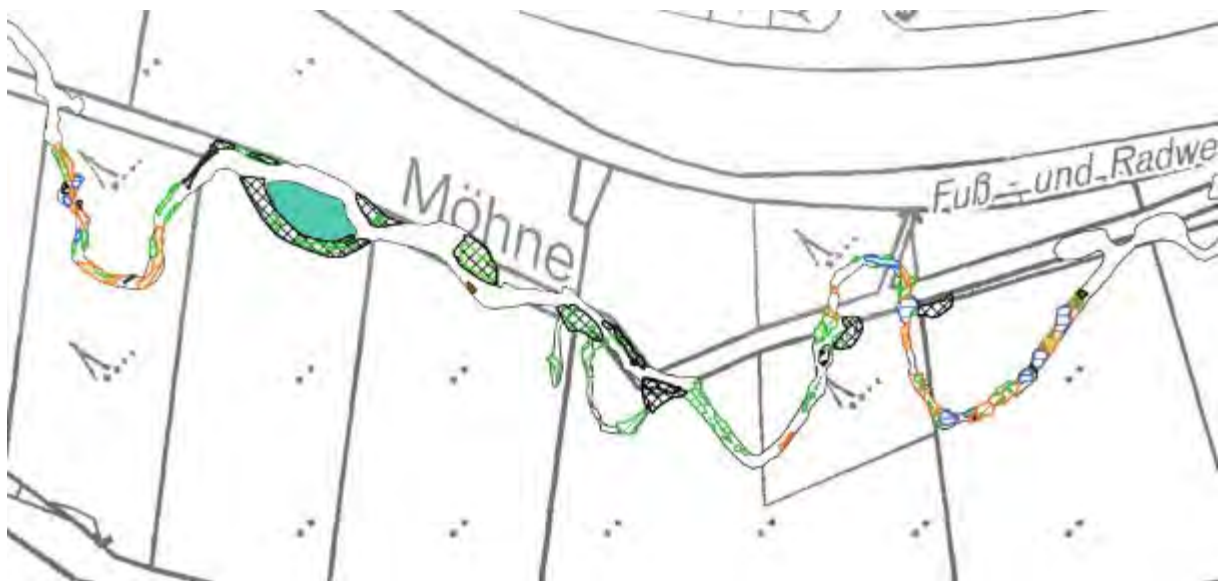


Abb. 5.4-93: Ausschnitt aus der Strukturkartierung, Probestrecke MO 30

Tabelle wichtiger Eigenschaften

Probestrecke MO 30	km 55,7
Vermessungsstrecke	850 m
mittlere Sohlbreite	3,1 m
Sohlgefälle	-
Windungsgrad	1,4
Furten pro 100 m	0
Weiteres	Lehmsohle, teilweise mit kleinen Abstürzen

Fazit: Kiesstrukturen sind nicht vorhanden. Flach überströmte Lehmbänke wechseln sich mit tieferen Bereichen ab. Es gibt nur wenig Seitenerosion. Erreicht der Bach am Grund von tief ausgespülten Löchern im Lehm Kies, wird dieser „noch“ nicht in größeren Mengen ausgetragen. Es ist in den kommenden Jahrzehnten eine Sohlerosion zu erwarten. Dann könnten Kiesstrukturen entstehen, die aber vermutlich in einem dann stark eingetieften Lauf bei Hochwasser starken Sohlschubspannungen ausgesetzt sein könnten und ausgewaschen werden.



Abb. 5.4-94: Möhne 30 Bhf Scharfenberg: Das getrübbte Wasser des auf Lehmsohle fließenden Abschnittes der Möhne erschwert auch bei Niedrigwasser tiefere Einblicke in den Wasserkörper.



Abb. 5.4-95: Probestrecke 30 an der Möhne Bahnhof Scharfenberg: Ufervegetation auf der Lehmsohle

5.4.2 Zusammenfassende Betrachtung der Eigenschaften der Probestrecken

Die Auswahl der Probestrecken zu Beginn des Projektes erfolgte so, dass Gewässerabschnitte mit möglichst unterschiedlichen Eigenschaften vertreten sein sollten: solche mit hoher, mittlerer und geringer Strukturgüte der Sohle, außerdem Renaturierungen verschiedenen Alters. Die Strecken wurden u.a. nach der Einstufung in www.elwasweb.nrw.de beurteilt (gering verändert bis vollständig verändert) sowie nach eigener Kenntnis z.B. derjenigen Abschnitte, deren Zustand nach einer Umgestaltung noch nicht neu kartiert worden waren (s. Kap. 3.3).

Anhand der Bestandsaufnahmen der Kapitel 5.1 bis 5.4 lassen sich die Probestrecken nun unabhängig von den zuvor verwendeten Kriterien nach dem Strukturreichtum ihrer Sohle einordnen. Die mit der Drohne beflogenen Strecken wurden nach den Steckbriefen in Kapitel 5.4.1 und den Abbildungen 1 bis 15 in Anhang 1 in drei Klassen gruppiert: „hohe Vielfalt“, „mittlere Vielfalt“ und „geringe Vielfalt“. Grundlage dabei sind v.a. die Pool-Riffle-Abfolgen, Totholz und über die Wasseroberfläche reichende Kiesbänke. Die nicht beflogenen Strecken wurden in gleicher Weise vom Boden aus beurteilt.

Tabelle 5.4.2-1 listet alle Probestrecken und die Einschätzung des Strukturreichtums der Sohle sowie weitere Eigenschaften auf.

Die Spalte „Kiesqualität“ ist eine Zusammenfassung der Beschreibungen in den Steckbriefen der Probestrecken (Kap. 5.4.1) und weiterer Angaben in den Kapiteln 5.1 bis 5.4. Sie berücksichtigt die Kiesmenge (u.a. Mächtigkeit der Bänke), die naturnahe Verteilung der Korngrößen, die Beweglichkeit des Kiesel und die Kolmation. Die Bewertungsklassen lehnen sich an die Vorgaben für die Wasserrahmenrichtlinie an.

Tabelle 5.4.2-1 zeigt, dass auch Gewässerabschnitte, die nach optischen Bewertungskriterien als relativ naturnah eingeschätzt worden waren, bei genauerer Analyse erhebliche Beeinträchtigungen aufwiesen (Beispiel Möhne, Probestrecke 10).

Beim Vergleich der Spalten „Auswahl nach Ausbauzustand“ und „Strukturreichtum“ sind einige Übereinstimmungen, aber auch einige Unterschiede ersichtlich.

- Die „naturnahen“ Strecken haben alle einen hohen Strukturreichtum.
- Der Begriff „renaturiert“ sagt nicht unbedingt etwas über den Strukturreichtum aus, sondern nur über die Tatsache, dass eine Umgestaltung stattgefunden hat. Die Sohlen der 16 betroffenen Strecken sind zur Hälfte als hoch und zur Hälfte als mittel strukturreich eingeordnet.
- „Bedingt naturnahe“ Strecken umfassen alle drei Klassen des Strukturreichtums: in einer Strecke wird er als hoch, in sechs Strecken als mittel und in drei Strecken als gering eingeschätzt.
- Alle vier „ausgebauten“ Strecken weisen strukturarme Sohlen auf.

Tab. 5.4.2-1: Strukturreichtum der Sohle und weitere Eigenschaften der untersuchten Probestrecken in Heve, Großer Schmalenau und Möhne

Drohne: Drohnenbefliegung; Schnitt: Längsschnitt der Sohle; Sieb: Sieblinie Kiesdurchmesser; Fische: Elektrofischung; MZB: Makrozoobenthos-Untersuchung; Beschattung: 1 = 0-20 % bis 5 = 80-100 %

Gewässer	Nr. Kies	km gsk3c	Name	Auswahl nach Ausbauzustand, Naturnähe	Jahre seit Umgestaltung	Erfassung					Ergebnisse der Studie				
						Drohne	Schnitt	Sieb	Fische	MZB	Beschattung	Sohlsubstrat	Kiesqualität	Windungsgrad	Strukturreichtum
Heve	1	4,2	Pegel Neuhaus	ausgebaut	> 20	x	x		x		5	Kies	schlecht	1,00	gering
	2	5	oberhalb GRS	renaturiert	4	x	x	x	x		1	Kies	mäßig	2,51	hoch
	3	5,6	Carabus-Altarm	renaturiert	7	x					2	Kies	gut	1,77	hoch
	4	6,4	Wildwiese	naturnah	> 20	x	x	x	x		5	Kies	sehr gut	2,17	hoch
Große Schmalenau	5	0	Neuhaus	renaturiert	6	x	x	x	x		1	Kies	mäßig	1,67	hoch
	6	0,8	ehemaliges Wehr	renaturiert	6					x	2	Kies/Lehm	unbefr.	1,70	mittel
	7	2,8	Teufelsiepen	naturnah	> 20					x	3	Kies	sehr gut	1,90	hoch
	u 08	4,4	unterh. Donnerscher Weg naturnah	naturnah	> 20	x					1	Kies	sehr gut	1,52	hoch
	8	5,3	Donnerscher Weg	bedingt naturnah	> 20				x	x	5	Kies	mäßig	1,10	mittel
Möhne Äschen-typ	9	23,95	KA Völlinghausen	ausgebaut	> 20	x		x	x	x	5	Fels	schlecht	1,25	gering
	31b	24,7	unterh. Merpke (oh KA Völlinghsn)	renaturiert	2					x	1	Kies	gut	1,02	hoch
	10	25,1	oberhalb Merpke (Niederbergheim)	bedingt naturnah	> 20					x	5	Kies	unbefr.	1,03	mittel
	o 10	25,3	oberhalb 10 (u Niederbergheim)	bedingt naturnah	> 20	x			x		3	Kies	unbefr.	1,03	gering
	11	29,2	Ersatzaue Allagen (Allagen_r)	renaturiert	2	x	x	x	x	x	1	Kies	mäßig	1,67	hoch
	12	29,7	unterh. Wehr Schöne (Allagen_d)	bedingt naturnah	> 20					x	3	Kies	unbefr.	1,00	mittel
	13	31,2	Fischaufstieg Allagen	renaturiert	3	x		x	x		1	Kies/Lehm	mäßig	1,37	hoch
	14	33,1	Ausleitung Wehr Eiling	naturnah	> 20	x		x	x		1	Kies	gut	1,04	hoch
	15	33,1	Mühlengraben Wehr Eiling	bedingt naturnah	> 20					x	2	Kies	mäßig	1,00	gering
	16	34,25	KA Belecke	bedingt naturnah	> 20	x		x	x		4	Kies	unbefr.	1,00	gering
Möhne unterer Forellen-typ	17	34,7	Fliegenwald	naturnah	> 20	x	x	x	x	x	4	Kies	sehr gut	1,03	hoch
	18	35,7	Infineon	ausgebaut	> 20	x	x		x	x	5	Steine	schlecht	1,00	gering
	19	37,1	Schule Belecke	renaturiert	6	x	x	x	x	x	2	Kies/Lehm	unbefr.	1,31	mittel
	20	37,9	Drewerheide	bedingt naturnah	> 20					x	4	Kies	unbefr.	1,10	mittel
	21	42,3	Sägewerk Fisch (SW Fisch_r)	renaturiert	4					x	1	Kies	gut	1,12	hoch
	21	42,3	Sägewerk Fisch gesamt	renat./ausgeb.	4	x					2	Kies	mäßig	1,12	mittel
	22	42,78	KA Rütten (SW Fisch_d)	ausgebaut	> 20	x			x	x	1	Kies	schlecht	1,13	gering
	23	47,19	Aalbecke	renaturiert	5				x	x	3	Kies	mäßig	1,10	mittel
	o 23	47,58	oberhalb 23 (Aalbecke oben)	bedingt naturnah	> 20	x					3	Kies	mäßig	1,09	mittel
	24	48,55	unterhalb Romecke	bedingt naturnah	> 20					x	3	Kies	mäßig	1,10	mittel
	25	50,4	unterhalb Heidberg	renaturiert	5					x	2	Kies	mäßig	1,14	mittel
	26	50,7	Heidberg	renaturiert	5					x	4	Kies	gut	1,30	hoch
	27	52	NATO-Lager	renaturiert	5	x	x	x	x	x	3	Kies	mäßig	1,18	mittel
	28	53,95	unterhalb Wünnenbecke	bedingt naturnah	> 20				x	x	3	Kies	unbefr.	1,11	hoch
29	55,25	ehemalige Fischteiche	renaturiert	3					x	2	Lehm	schlecht	1,60	mittel	
30	55,6	Bhf Scharfenberg	renaturiert	4	x				x	2	Lehm	schlecht	1,39	mittel	
o 30	55,9	oberh. 30 (Bhf Scharfenberg oben)	renaturiert	4					x	1	Lehm	schlecht	1,30	mittel	

Zwischen den Parametern Strukturreichtum, Windungsgrad, Beschattung und Jahre seit der Umgestaltung bestehen verschiedene Beziehungen, deren Ursache die menschlichen Eingriffe der letzten Jahrzehnte sind. So sind die Zahl der Jahre nach der Umgestaltung positiv mit der Beschattung korreliert (Abb. 5.4.2-1): Je mehr Zeit seit den Baumaßnahmen vergangen ist, desto größer ist der beschattete Anteil der Wasserfläche. Dieser zunächst seltsam erscheinende Zusammenhang erklärt sich dadurch, dass alle durchgeführten Renaturierungen Laufverlängerungen umfassten. Da die neuen Schlingen im Offenland oder im Wald auf Windwurf Flächen angelegt wurden, fehlen Ufergehölze zunächst weitgehend und wachsen erst allmählich wieder auf.

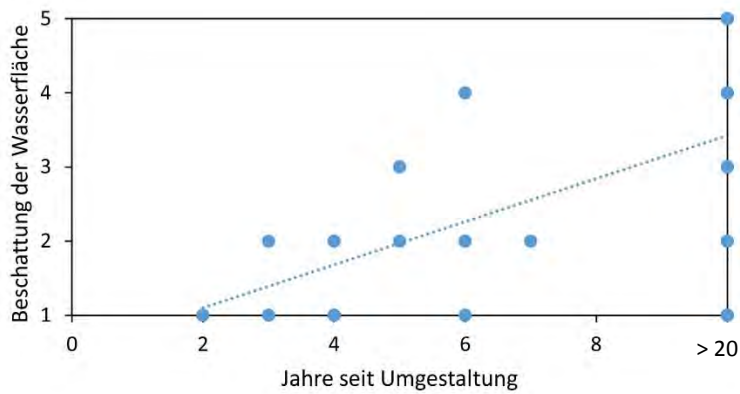


Abb. 5.4.2-1: Beziehung zwischen der Zeit seit der Umgestaltung und der Beschattung der Wasserfläche (1 = 0 – 20 %, 2 = 20 – 40 %, usw.)

Strukturreichtum und Windungsgrad sind positiv korreliert, weil die renaturierten Strecken überwiegend stärker mäandrierend sind als nicht umgestaltete Abschnitte. Ähnlich ist der Zusammenhang zwischen Beschattung und Windungsgrad: Renaturierte Abschnitte mit größerer Lauflänge sind zunächst arm an Ufergehölzen. Strukturreichtum und Windungsgrad weisen eine positive Beziehung zueinander auf, Beschattung und Strukturreichtum eine negative.

Da die Parameter also nicht unabhängig voneinander sind, ist eine getrennte Korrelationsanalyse jedes Parameters z.B. mit der Abundanz von Fischarten nicht sinnvoll.

5.5 Eigenschaften des Interstitials

5.5.1 Bewertung der Kolmation mit der „Methode EAWAG“

Die Fotos der Abbildungen 5.5.1-1 bis 5.5.1-8 wurden verschiedenen Personen zusammen mit den Fotos der fünf Bewertungsklassen nach Schälchli et al. (2002) („EAWAG-Methode“, s. Kap. 4.3.2.1) vorgelegt. Die Einschätzungen der Kolmationsklassen schwankte etwas; im Mittel ergaben die Einordnungen folgende Werte:

5.5.1-1	Oberlauf der Heve bei Saukopf, naturnah:	2	schwach
5.5.1-2	Oberlauf der Heve bei Saukopf, naturnah:	1	keine
5.5.1-3	Große Schmalenau Neuhaus, Probestrecke 5, renaturiert:	3	mittel
5.5.1-4	Große Schmalenau Donnerscher Weg, Probestrecke 8, bedingt naturnah:	3	mittel
5.5.1-5	Große Schmalenau Donnerscher Weg, Probestrecke 8, bedingt naturnah:	2	schwach
5.5.1-6	Möhne Schule Beleck, direkt oberhalb Probestrecke 19, naturnah:	2	schwach
5.5.1-7	Möhne unterhalb Heidberg, Probestrecke 25, renaturiert:	3	mittel
5.5.1-8	Mohne Heidberg, Probestrecke 26, renaturiert:	3	mittel

Es wurden nur die ersten drei Bewertungsstufen „keine Kolmation“ bis „mittlere Kolmation“ vergeben. Insgesamt gesehen überraschte die relativ positive Bewertung der Kiesbänke mit dieser Methode.

Naturnahe Strecken erhielten im Mittel eine bessere Bewertung als renaturierte Abschnitte. Wahrscheinlich sind Kiesbänke, die lange im Boden lagen und bei Baumaßnahmen freigelegt werden, noch nicht aufgelockert genug, sondern so mit Feinsedimenten vermischt, dass selbst nach einigen Jahren nicht die gleiche Durchströmung des Interstitials stattfindet wie in Bänken, die lange in der fließenden Welle liegen.



Abb. 5.5.1-1: Oberlauf der Heve bei „Saukopf“, naturnaher Abschnitt



Abb. 5.5.1-2: Oberlauf der Heve bei „Saukopf“, naturnaher Abschnitt



Abb. 5.5.1-3: Große Schmalenau oberhalb der Mündung in die Heve (Probestrecke 5, renaturiert)

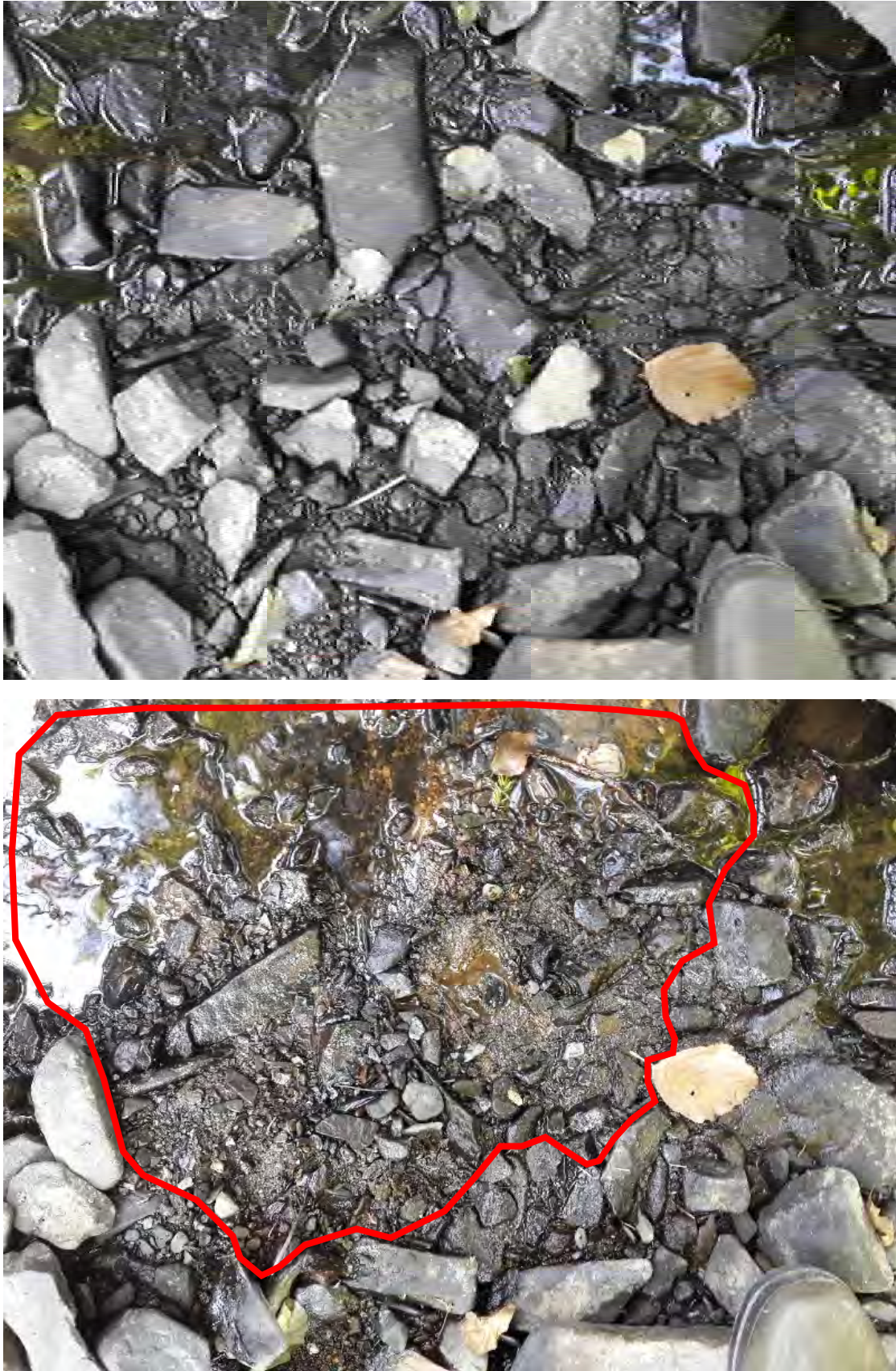


Abb. 5.5.1-4: Große Schmalenau, Probestrecke 8, bedingt naturnaher Abschnitt



Abb. 5.5.1-5: Große Schmalenau, Probestrecke 8, bedingt naturnaher Abschnitt



Abb. 5.5.1-6: Möhne Schule Belecke, naturnahe Stelle bachaufwärts Probestrecke 19



Abb. 5.5.1-7: Möhne bachabwärts Heidberg (Probestrecke 25, renaturiert)



Abb. 5.5.1-8: Möhne bachaufwärts Heidberg (Probestrecke 26, renaturiert)

5.5.2 Bewertung der Kolmation mit der „Nagelprobe“

Bei der Bergung der ausgebrachten Nägel zeigte sich, dass es trotz der Fixierung nicht einfach war, sie wiederzufinden. Oft waren die an die Nägel gebundenen Schnüre nicht mehr zu sehen und mussten mit einem „Durchharken“ der betreffenden Bereiche der Kiesbank aufgespürt werden (Abb. 5.5.2-1).



Abb. 5.5.2-1: Bergung der Nägel in einer Kiesbank an Probestrecke 17, Möhne Fliegenwald

Bei den Probestrecken 17, 21 und 27 fehlte jeweils ein Nagel, wahrscheinlich der „Referenznagel“ als letzter in der Reihe, der nicht in das Substrat eingeschlagen worden, sondern unter einem Stein deponiert worden war. In der Heve in Probestrecke 4 waren vier Nägel nicht mehr auffindbar – offenbar von der Strömung aus dem Kies gespült und abgerissen. An den Probestrecken 10 (Merpke), 13 (Fischaufstieg Allagen), 14 (Ausleitung Wehr Eiling) und 23 (Aalbecke) waren keine Nägel mehr aufzufinden; offenbar hatte ein Hochwasser die gesamte Konstruktion aus der Sohle gerissen.

Die Abbildungen 5.5.2-2 bis 5.5.2-9 zeigen die Ergebnisse der „Nagelproben“ von acht Probestrecken.



Abb. 5.5.2-2: Probestrecke 2, Heve oberhalb der Mündung der Großen Schmalenau: Der theoretisch besonders stark verrostete, nur unter einem Stein im Wasser platzierte „Referenznagel“ könnte der zweite von unten sein. Da er nicht eindeutig von den anderen Nägeln zu unterscheiden ist, scheint die Sauerstoff-Versorgung hier selbst unter einem Stein an der Oberfläche der Kiesbank nicht gut zu sein.



Abb. 5.5.2-3: Probestrecke 4, Heve an der Wildwiese: Vier Nägel fehlen, darunter auch der an der Oberfläche der Kiesbank platzierte „Referenznagel“.



Abb. 5.5.2-4: Probestrecke 5, Große Schmalenau oberhalb der Mündung: Hier ist der „Referenznagel“ nicht von den anderen zu unterscheiden, was auf eine schlechte Sauerstoff-Versorgung selbst an der Oberfläche der Kiesbank hindeutet.



Abb. 5.5.2-5: Probestrecke 8, Große Schmalenau am Donnerschen Weg: Der unterste Nagel ist die „Referenz“. Er zeigt deutlichen Rostansatz, aber auch die anderen Nägel sind erheblich verrostet.



Abb. 5.5.2-6: Probestrecke 17, Möhne Fliegenwald: Ein Nagel fehlt, wahrscheinlich der letzte, nicht in den Kies eingeschlagene „Referenznagel“.



Abb. 5.5.2-7: Probestrecke 19, Möhne Schule Belecke: Der unterste Nagel war nicht in den Kies eingeschlagen und ist daher besonders stark verrostet. Bei den anderen reicht der Rost nur zwei bis drei Zentimeter vom Kopf nach unten; nur die oberen Partien der Kiesbank waren also gut durchströmt.



Abb. 5.5.2-8: Probestrecke 21, Möhne Sägewerk Fisch: Ein Nagel fehlt, wahrscheinlich der letzte, nicht in den Kies eingeschlagene „Referenznagel“.



Abb. 5.5.2-9: Probestrecke 27, Möhne NATO-Lager: Ein Nagel fehlt, wahrscheinlich der letzte, nicht in den Kies eingeschlagene „Referenznagel“.

Die „Nagelprobe“ ist in größeren Gewässern v.a. im Winterhalbjahr durch Hochwasser gefährdet und daher bei der Lieferung von Ergebnissen recht unsicher, auch sind die Ergebnisse nicht immer leicht zu interpretieren.

Von den hier vorliegenden Beispielen sind die Nägel der beiden als naturnah eingestuften Probestrecken 8 (Große Schmalenau Donnerscher Weg) und 17 (Fliegenwald) am stärksten verrostet. Etwas weniger Rost und damit stärkere Kolmatierung zeigen die Kiesbänke der Probestrecken 19 (2011 renaturierte Strecke an der Schule Belecke), 21 (2011 renaturierte Strecke am Sägewerk Fisch) und 27 (2012 renaturierte Strecke am ehemaligen NATO-Lager). In den beiden Renaturierungsabschnitten an Probestrecke 2 (Heve oberhalb der Mündung der Großen Schmalenau) und 5 (Große Schmalenau in Neuhaus), aus Jahren 2013/14 bzw. 2011/12, sowie in der naturnahen Probestrecke 4 (Heve Wildwiese) zeigen die Nägel nur im obersten Viertel geringe Rostspuren, und selbst die „Referenznägel“ in den Strecken 2 und 5, die nicht im Kies steckten, sondern unter Steinen in der Strömung lagen, sind überwiegend blank.

Das Ergebnis zeigt, dass alte, naturnahe Bachstrecken ein gut durchspültes Interstitial aufweisen können (Große Schmalenau, Möhne) oder auch nicht (Heve), während renaturierte Strecken etwas bis deutlich schlechter abschneiden als die naturnahen Abschnitte in Großer Schmalenau und Möhne. Wahrscheinlich ist der auf den neu angelegten Sohlen vom Bagger freigelegte Kies nur oberflächlich durchspült, in tieferen Schichten aber noch nicht gelockert, sondern noch in Feinsedimente eingebettet. Die Ergebnisse der Analysen mit der EAWAG-Methode (Kap. 5.5.1) deuten in dieselbe Richtung.

5.6 Verbreitung und Populationsaufbau von Fischen und Rundmäulern

5.6.1 Überblick

In den Jahren 2017 bis 2019 wurden die 30 ausgewählten Probestrecken an Möhne, Heve und Großer Schmalenau insgesamt jeweils dreimal mit tragbaren Impulsstromgeräten befischt. Pro Jahr wurde jeweils eine zusätzliche „Joker-Strecke“ untersucht, die aus verschiedenen Gründen in den Interessenfokus geriet. Insgesamt wurden mehr als 55.000 Fisch- und Rundmaulindividuen gefangen.

In 25 Proben von Eisvogelgewöllen waren mehr als 10.000 diagnostische Fischknochen enthalten, was mehr als 5.000 Individuen entspricht.

27 Fisch- und Rundmaularten wurden mit den beiden Methoden im Untersuchungsgebiet festgestellt, davon sind fünf im biogeographischen Sinn nicht einheimisch (Goldfisch, Karpfen, Rapfen, Regenbogenforelle, Zander), zwei (Giebel, Moderlieschen) mit unklarem Status und 20 autochthon. Der Zwergstichling, der nur im Eisvogelgewölle gefunden wurde, ist zwar in Nordrhein-Westfalen autochthon, kommt aber natürlicherweise im Süderbergland nicht vor (FELDMANN 1980). Möglicherweise stammt die Eisvogelbeute aus dem Jahr 1984 in Belecke aus einem Gartenteich o.ä.

Von den einheimischen Arten sind nach der Roten Liste (KLINGER et al. 2011) zwei im Bergland Nordrhein-Westfalens stark gefährdet (Aal und Quappe, beide im Möhnesystem nur als Besatzfische vorkommend), eine Art gefährdet (Rotfeder), zwei weitere auf der Vorwarnliste (Schleie und Äsche). Für den Hecht ist eine Gefährdung unbekanntes Ausmaßes verzeichnet, für Karpfen, Meerforelle und Groppe reichen die Daten für eine Einstufung nicht aus.

Tabelle 5.6.1-1 listet die nachgewiesenen Arten mit Status, Rote-Liste-Einstufung und Ort und Zeitperiode des Nachweises auf.



Abb. 5.6.1-1: Gefangene Barbe an Probestrecke 19 (Schule Belecke) an der Möhne

Tab. 5.6.1-1: Liste der im Untersuchungsgebiet bei Elektrobefischungen 2017 bis 2019 und in Eisvogel-Gewöllproben zwischen 1984 und 2019 nachgewiesenen Fisch- und Rundmaularten

RL BL: Rote Liste NRW Bergland (KLINGER et al. 2011); 2: stark gefährdet; 3: gefährdet; G: Gefährdung unbekanntes Ausmaßes; V: Vorwarnliste; D: Daten unzureichend; ug: ungefährdet; - : nicht bewertet (Neozoon)

Deutscher Name	Wissenschaftlicher Name	Status	RL BL	Möhne			Hevesystem		
				Elektrobefischung 2017-2019	Eisvogelgewölle 2015-2019	Eisvogelgewölle vor 2000	Elektrobefischung 2017-2019	Eisvogelgewölle 2015-2019	Eisvogelgewölle vor 2000
Neunaugen		Petromyzontidae							
Bachneunauge	Lampetra planeri	autochthon	ug	x			x		
Aale		Anguillidae							
Aal		autochthon	2	x			x		
Karpfenfische		Cyprinidae							
Gründling	Gobio gobio	autochthon	ug	x	x	x	x	x	
Barbe	Barbus barbus	autochthon	ug	x	x	x			
Goldfisch	Carassius auratus	allochthon	-	x					
Giebel	Carassius gibelio	unklar	ug		x			x	
Karpfen	Cyprinus carpio	allochthon	D		x				
Brassen, Brachsen	Abramis brama	autochthon	ug	x		x			x
Rapfen	Aspius aspius	allochthon	-		x				
Moderlieschen	Leucaspis delineatus	unklar	ug		x	x			x
Hasel	Leuciscus leuciscus	autochthon	ug	x	x	x	x	x	x
Elritze	Phoxinus phoxinus	autochthon	ug	x	x	x			
Rotaugen	Rutilus rutilus	autochthon	ug	x	x	x	x	x	x
Rotfeder	Scardinius erythrophthalmus	autochthon	3		x	x			x
Döbel	Squalius cephalus	autochthon	ug	x	x	x	x	x	x
Schleie	Tinca tinca	autochthon	V		x	x			
Schmerlen		Nemacheilidae							
Schmerle, Bachschmerle	Barbatula barbatula	autochthon	ug	x	x	x	x	x	x
Hechte		Esocidae							
Hecht	Esox lucius	autochthon	G	x	x	x	x	x	x
Lachse, Forellen		Salmonidae							
Regenbogenforelle	Oncorhynchus mykiss	allochthon	-		x	x			x
Forelle (Bach-/Meerforelle)	Salmo trutta	autochthon	ug/D	x	x	x	x	x	x
Äschen		Thymallidae							
Äsche	Thymallus thymallus	autochthon	V	x	x	x			
Dorsche		Lotidae							
Quappe	Lota lota	autochthon	2	x			x		
Stichlinge		Gasterosteidae							
Dreistachliger Stichling	Gasterosteus aculeatus	autochthon	ug	x	x	x		x	x
Zwergstichling	Pungitius pungitius	autochthon	ug			x			
Groppen		Cottidae							
Groppe, Rheingroppe	Cottus rhenanus	autochthon	D	x	x	x	x	x	x
Barsche		Percidae							
Flussbarsch	Perca fluviatilis	autochthon	ug	x	x	x	x	x	
Zander	Sander lucioperca	allochthon	ug	x					

5.6.2 Ergebnisse der Elektrobefischungen

5.6.2.1 Befischungen 2017 bis 2019

In Tabelle 5.6.2-1 sind die Fangzahlen der 30 jährlich befischten jeweils 200 m langen Probestrecken sowie der jährlich wechselnden „Joker-Strecke“ 31 zusammengestellt.

Im Jahr 2017 lag die Strecke 31 a an der Wäster zwischen Belecke und Warstein, im Jahr 2018 wurden die beiden im Sommer fast trocken gefallen Strecken 2 und 8 ein zweites Mal im Oktober befischt 2/2 und 8/2 in Tab. 5.6.2-1), und im Jahr 2019 wurde als 31 b die 2017 renaturierte Strecke der Möhne bachabwärts der Merpke bearbeitet.

Für diejenigen Fischarten, deren Totallängen in 1-cm-Klassen notiert wurden, erlaubten Längen-Häufigkeitsdiagramme die Unterscheidung von diesjährigen (0+) und älteren Tieren (Abb. 5.6.2.1-1). Eine Ausnahme war dabei die Elritze: An einigen Probestrecken zeigten die Längenmaße zwei Gipfel, an anderen nur eine eingipfelige Verteilung, die keine Trennung der Altersklassen ermöglichte. In den folgenden Abbildungen wurden daher bei der Elritze keine Altersklassen unterschieden. Beim Döbel, dessen Totallängen nur in 5-cm-Klassen aufgenommen wurden, galt die Länge von 10 cm als Grenze zwischen 0+ und älteren Individuen.

Für einige Arten, die nicht in den Referenzfaunen der beiden hier untersuchten Fischgewässertypen FiGt 02 „unterer Forellentyp Mittelgebirge“ und FiGt 09 „Äschentyp Mittelgebirge“ aufgelistet sind oder hier nur sehr geringe prozentuale Anteile aufweisen sollen (NZO & IfÖ 2007), folgen nun kurze Erläuterungen; danach werden die häufigeren Referenzarten ausführlicher – auch mit Diagrammen – behandelt.

Hecht, Quappe, Flussbarsch und Zander steigen aus dem Möhnesee in die Fließgewässer auf und konzentrieren sich in den unteren Probestrecken von Möhne, Heve und Großer Schmalenau, wo sie jedoch keine hohen Dichten erreichen. Die Quappe lebt erst seit wenigen Jahren in der Talsperre; hier läuft ein Wiederansiedlungsprojekt (BRACKWEHR et al. 2016).

Der 2019 bachabwärts Niederbergheim in der Möhne gefangene Goldfisch entkam entweder aus einem Zierteich oder wurde in der Möhne „entsorgt“.

Etwas anders ist das Auftreten des Rotauges einzuschätzen. In allen drei Untersuchungsjahren waren die meisten Rotaugen nicht in der Nähe der Talsperre, sondern im Oberlauf der Möhne in den Probestrecken 27, 29 und 30 anzutreffen; auch 0+ Individuen kamen vor. Hier könnten die vor der Renaturierung an Probestrecke 29 existierenden Fischteiche die Ursache sein. Reste dieser Teiche sind noch erhalten und mit der Möhne verbunden und wahrscheinlich als Lebensraum für Rotaugen geeignet. Auch einzelne Brachsen, die seit 2010 vereinzelt in der oberen Möhne auftauchten (u.a. ein Nachweis 2019), könnten aus diesem Gebiet stammen.

Bachneunaugen gehören zwar zu den typischen Arten der Forellen- und Äschenregion, ihr Nachweis ist jedoch wesentlich schwieriger als der der Knochenfische, weil Neunaugen tief im Feinsediment verborgen leben und nur zu einem kleinen Teil durch Elektrobefischungen zu fangen sind. Ihre Anteile in den Referenzfischfaunen wurden daher niedrig angesetzt. Im gesamten Untersuchungsgebiet bis hinauf zur Probestrecke 26 gelangen in allen drei Jahren Nachweise des Bachneunauges, die Zahlen sind jedoch wie erwartet für eine weitere Analyse zu niedrig.

Tab. 5.6.2.1-1: Fangzahlen der Fische und Rundmäuler bei den Elektrofischungen 2017 bis 2019

Art	2017										2018										2019									
	Neve			Größe Schmalmaul			Müllmaul				Wasser			Neve			Größe Schmalmaul			Müllmaul				Wasser						
	Summe	Dom. (%)	Frequ. (%)	Summe	Dom. (%)	Frequ. (%)	Summe	Dom. (%)	Frequ. (%)	Summe	Dom. (%)	Frequ. (%)	Summe	Dom. (%)	Frequ. (%)	Summe	Dom. (%)	Frequ. (%)	Summe	Dom. (%)	Frequ. (%)	Summe	Dom. (%)	Frequ. (%)						
Aal	1																													
Ache																														
Bachforelle																														
Bachsaunaugen																														
Breiter																														
Döbel	18	91	100	14	17	12																								
Dreizehnlanger Bläuling																														
Eisba	6	3	50	22	28	4	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1						
Eisbauch																														
Gäufisch																														
Grünke	16	77	93	37	45	6																								
Gründling	5	1	16																											
Heil	5	1	16																											
Heil	5	1	16																											
Quappe	17	80	97																											
Rohzunge																														
Schmerle																														
Zander																														
Summe	200	100	100	242	96	327	110	458	209	458	1.032	241	428	209	458	1.032	241	428	209	458	1.032	241	428	209						

Art	2017										2018										2019									
	Neve			Größe Schmalmaul			Müllmaul				Wasser			Neve			Größe Schmalmaul			Müllmaul				Wasser						
	Summe	Dom. (%)	Frequ. (%)	Summe	Dom. (%)	Frequ. (%)	Summe	Dom. (%)	Frequ. (%)	Summe	Dom. (%)	Frequ. (%)	Summe	Dom. (%)	Frequ. (%)	Summe	Dom. (%)	Frequ. (%)	Summe	Dom. (%)	Frequ. (%)	Summe	Dom. (%)	Frequ. (%)						
Aal	1																													
Ache																														
Bachforelle																														
Bachsaunaugen																														
Breiter																														
Döbel	18	91	100	14	17	12																								
Dreizehnlanger Bläuling																														
Eisba	6	3	50	22	28	4	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1							
Eisbauch																														
Gäufisch																														
Grünke	16	77	93	37	45	6																								
Gründling	5	1	16																											
Heil	5	1	16																											
Heil	5	1	16																											
Quappe	17	80	97																											
Rohzunge																														
Schmerle																														
Zander																														
Summe	200	100	100	242	96	327	110	458	209	458	1.032	241	428	209	458	1.032	241	428	209	458	1.032	241	428	209						

Art	2017										2018										2019									
	Neve			Größe Schmalmaul			Müllmaul				Wasser			Neve			Größe Schmalmaul			Müllmaul				Wasser						
	Summe	Dom. (%)	Frequ. (%)	Summe	Dom. (%)	Frequ. (%)	Summe	Dom. (%)	Frequ. (%)	Summe	Dom. (%)	Frequ. (%)	Summe	Dom. (%)	Frequ. (%)	Summe	Dom. (%)	Frequ. (%)	Summe	Dom. (%)	Frequ. (%)	Summe	Dom. (%)	Frequ. (%)						
Aal	1																													
Ache																														
Bachforelle																														
Bachsaunaugen																														
Breiter																														
Döbel	18	91	100	14	17	12																								
Dreizehnlanger Bläuling																														
Eisba	6	3	50	22	28	4	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1							
Eisbauch																														
Gäufisch																														
Grünke	16	77	93	37	45	6																								
Gründling	5	1	16																											
Heil	5	1	16																											
Heil	5	1	16																											
Quappe	17	80	97																											
Rohzunge																														
Schmerle																														
Zander																														
Summe	200	100	100	242	96	327	110	458	209	458	1.032	241	428	209	458	1.032	241	428	209	458	1.032	241	428	209						

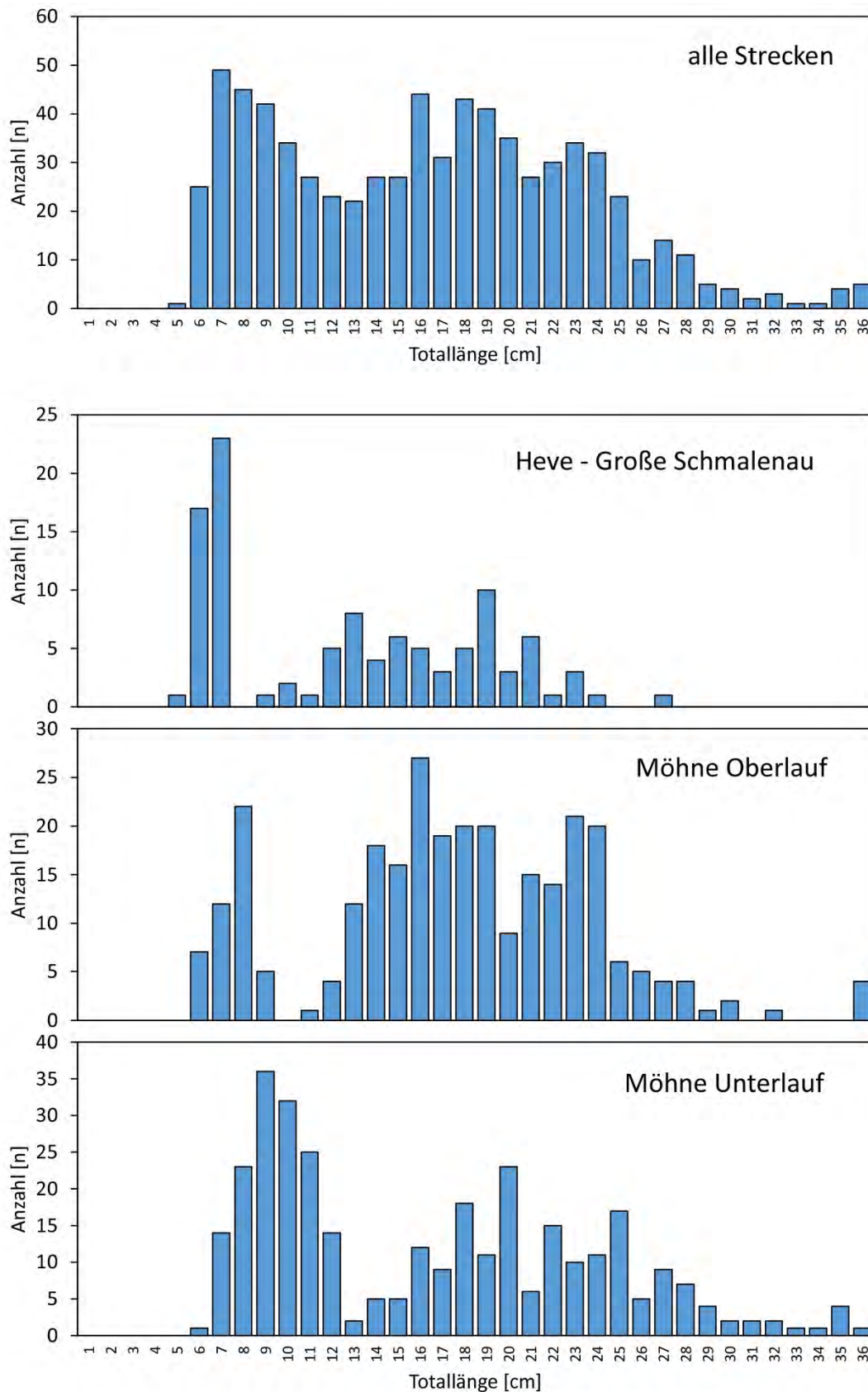


Abb. 5.6.2.1-1: Beispiel von Längen-Häufigkeitsverteilungen: Bachforelle 2018 (oben: alle Fänge; Heve – Große Schmalenau: Probestrecken 1 – 8; Möhne Oberlauf: Probestrecken 19 – 30 = oberhalb Belecke; Möhne Unterlauf: Probestrecken 9 – 18 = unterhalb Belecke)

Abbildung 5.6.2.1-1 auf der vorigen Seite zeigt beispielhaft die Längen-Häufigkeitsverteilungen der Bachforelle im Untersuchungsgebiet im Jahr 2018.

Im obersten Diagramm sind alle Daten zusammengefasst. Der erste Gipfel, der die diesjährigen (0+) Fische umfasst, ist nur undeutlich von den anderen Fängen zu trennen; die Grenze der Altersklassen liegt bei etwa 12 bis 13 cm Länge.

Das Bild wird sofort klarer, wenn nicht alle Daten zusammen, sondern in drei Teilbereichen des Untersuchungsgebietes betrachtet werden.

- In Heve und Großer Schmalenau sind die diesjährigen Bachforellen 5 – 7 cm lang, der Median liegt bei 7 cm.
- In der oberen Möhne erreichen die 0+ Fische 6 – 9 cm Totallänge mit einem Median von 8 cm.
- In der unteren Möhne sind die Jungfische 6 bis 12 oder 13 cm lang mit einem Median von 9 cm.

Auch die vorjährigen (1+) Fische der drei Teilbereiche unterscheiden sich in ihren Längen, sind aber nicht so klar abgrenzbar wie die diesjährigen.

Die unterschiedlichen Totallängen der Forellen können durch Unterschiede im Laichtermin oder durch Unterschiede in der Wachstumsgeschwindigkeit zustande kommen: In den kühleren Oberläufen geht alles langsamer. Auch der Besatz kann eine Rolle spielen; Forellenbrut wird v.a. in der unteren Möhne ausgesetzt. Termin oder Alter der Besatzfische sind allerdings nicht bekannt.

Das Beispiel soll verdeutlichen, dass die Trennung von 0+ und älteren Fischen nicht immer einfach ist und bei Befischungen in einem größeren Gebiet oder über einen längeren Zeitraum Untergruppen gebildet werden müssen.

In den folgenden Diagrammen sind 0+ und ältere Tiere bei den Kieslaichern Äsche, Bachforelle, Barbe und Döbel getrennt dargestellt, nicht aber bei der Elritze (s.o.). Die Arten sind auf den nächsten Seiten so angeordnet, dass die „Brutverstecker“ – die anspruchsvollen Kieslaicher – zuerst kommen, danach die „Oberflächendeponierer“, dann die fakultativen Kieslaicher und schließlich sonstige Arten (zur Einteilung der Arten des Möhnesystems s. BUNZEL-DRÜKE et al. 2020).

Die Bachforelle (Abb. 5.6.2.1-2) kommt als adulter Fisch in der gesamten Möhne mehr oder weniger gleichmäßig vor. Die Jungfische (0+) haben einen Verbreitungsschwerpunkt im Abschnitt bachabwärts Beleck, wo Besatz die Abundanz wahrscheinlich gegenüber der natürlichen Fortpflanzung anhebt.

An den obersten Probestrecken (28 – 30) waren in allen drei Untersuchungsjahren nur vereinzelt diesjährige Forellen anzutreffen, was auf eine Störung der Reproduktion hinweist. Zumindest in den Strecken 29 und 30 lässt sich das mit dem Fehlen von Kiesbänken erklären.

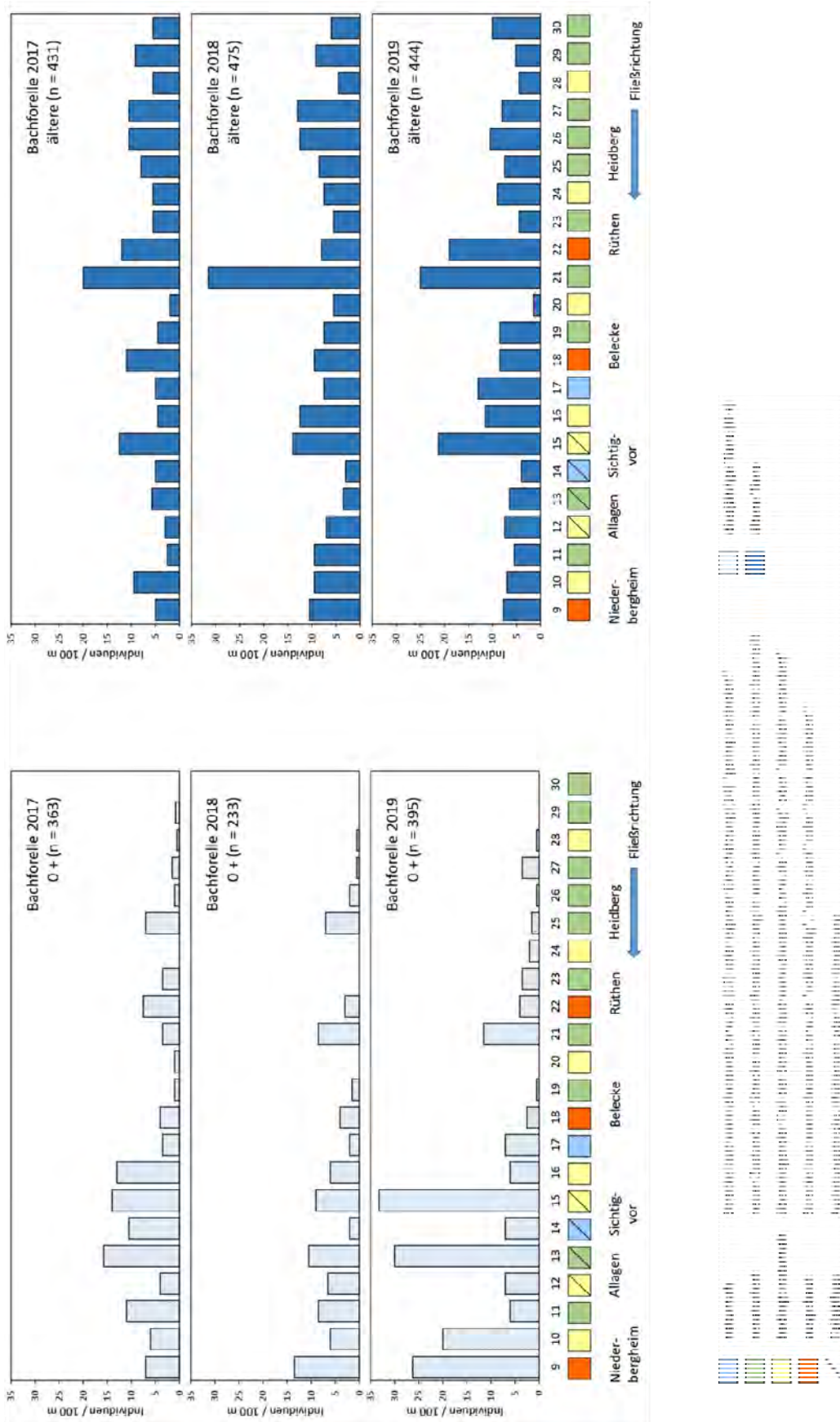


Abb. 5.6.2.1-2: Verbreitung und Häufigkeit diesjähriger (0+) und älterer Forellen (*Salmo trutta*) in der Möhne 2017 - 2019

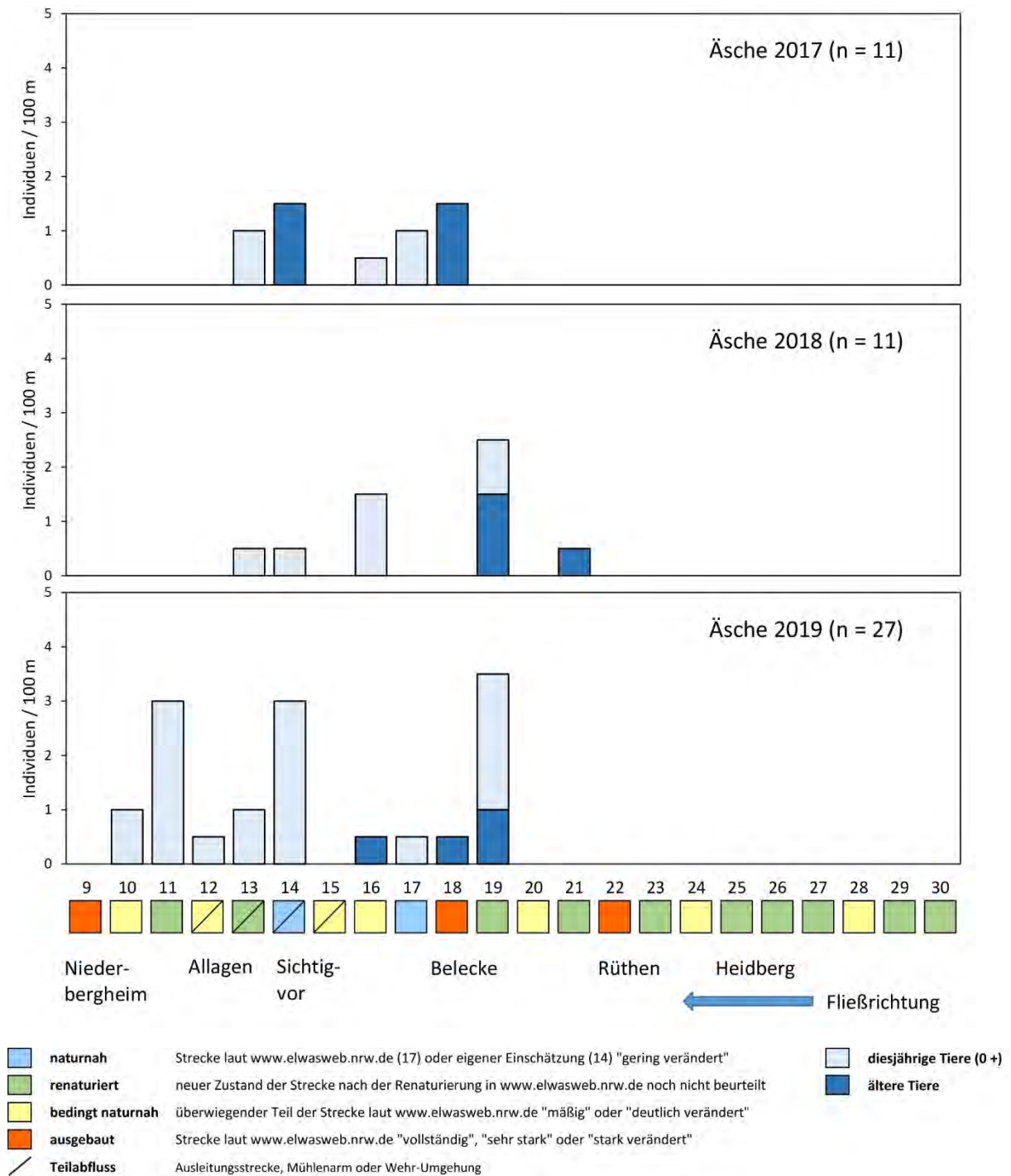


Abb. 5.6.2.1-3: Verbreitung und Häufigkeit diesjähriger (0+) und älterer Äschen (*Thymallus thymallus*) in der Möhne 2017 – 2019

Die Verbreitung der Äsche reicht bachaufwärts offenbar nur bis Rütthen. Der Bestand in der Möhne ist sehr klein, was noch eine Folge des Fischsterbens im Jahr 2010 sein könnte.

Im Jahr 2017 wurde als „Joker-Strecke“ ein Abschnitt der Wäster südlich Belecke befischt in der Hoffnung, hier vielleicht einen Laichplatz der Äsche zu lokalisieren. Leider wurde keine einzige Äsche gefangen.

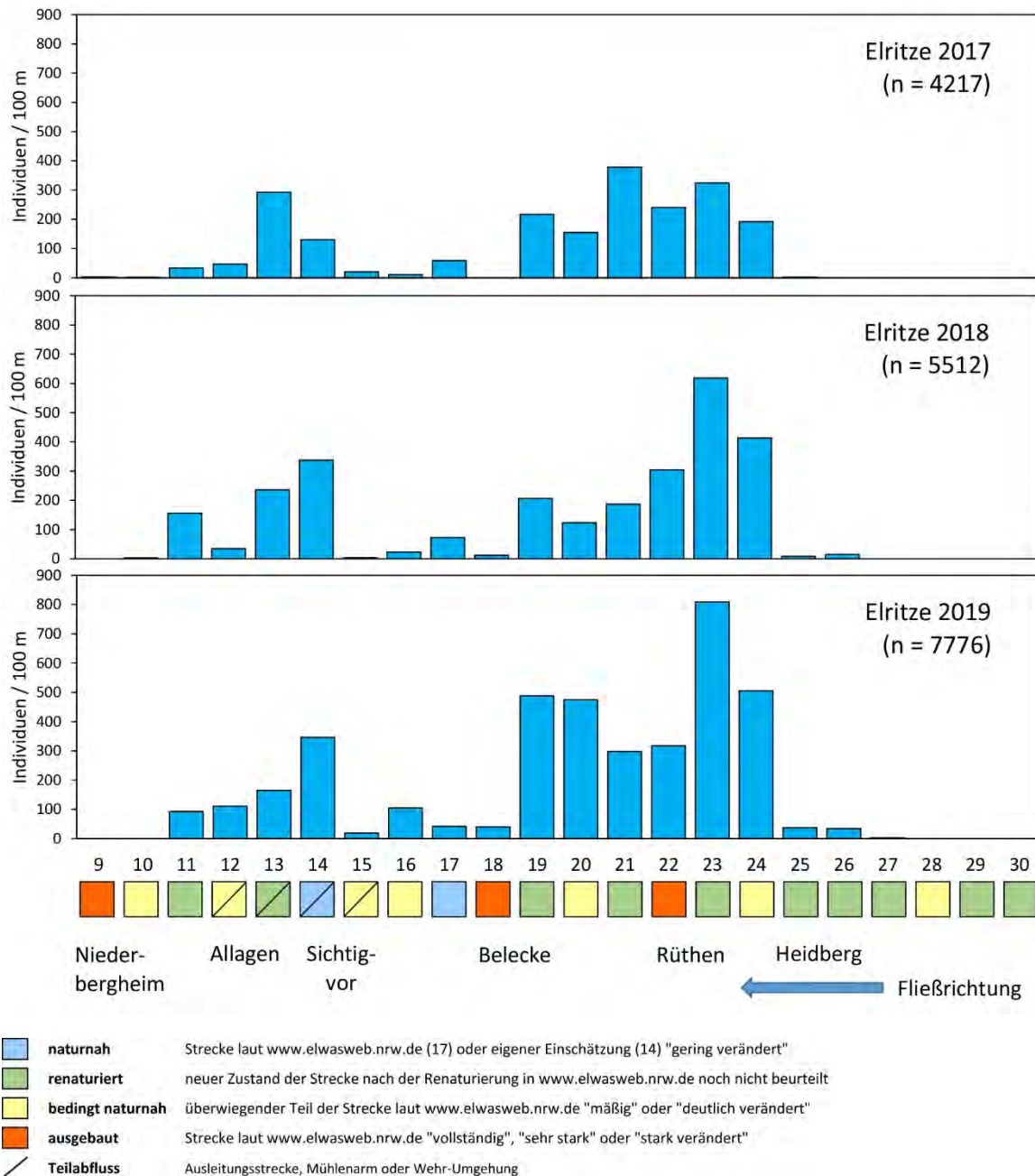


Abb. 5.6.2.1-4: Verbreitung und Häufigkeit der Elritze (*Phoxinus phoxinus*) in der Möhne 2017 – 2019

In allen drei Jahren sind zwei Verbreitungsschwerpunkte der Elritze als anspruchsvolle lithophile Art auszumachen: zwischen Niederbergheim und Allagen (Probestrecken 11 – 14) und zwischen Belecke und der Romecke (Probestrecken 19 – 24). Drei Gewässerabschnitte geringer Abundanz liegen bachabwärts Niederbergheim (Strecken 9 und 10), zwischen Allagen und Belecke (15 – 18) und bachaufwärts der Mündung der Romecke (25 – 30). Da ähnliche Abundanzmuster auch bei anderen Arten auftreten, sollen mögliche Erklärungen nach der Darstellung aller Diagramme diskutiert werden.

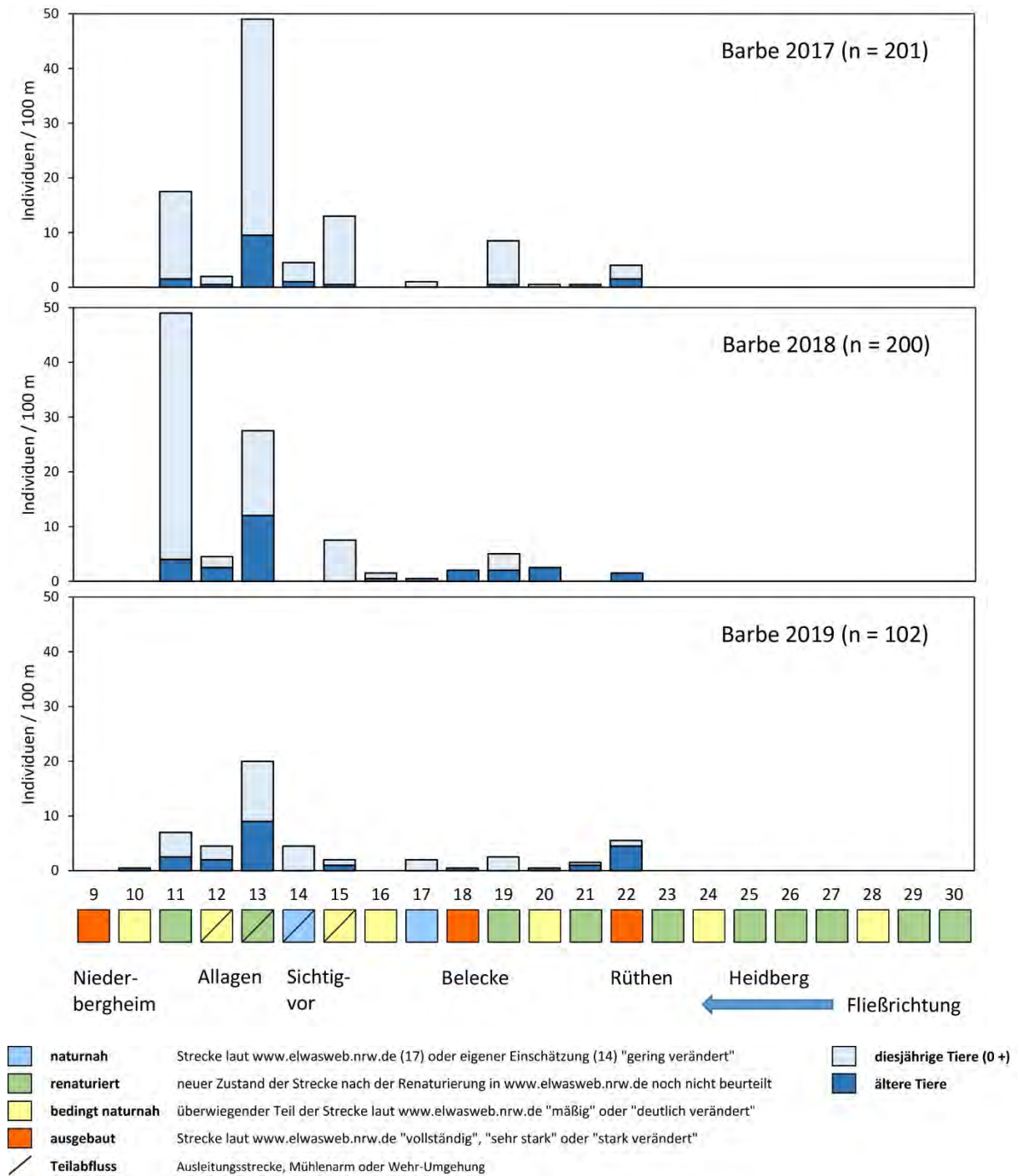


Abb. 5.6.2.1-5: Verbreitung und Häufigkeit diesjähriger (0+) und älterer Barben (*Barbus barbus*) in der Möhne 2017 – 2019

Oberhalb Rütthen wurden keine Barben mehr angetroffen. Die höchsten Abundanzen erreichte sie in den beiden renaturierten Probestrecken 11 (Ersatzaue Allagen) und 13 (Fischaufstieg Allagen).

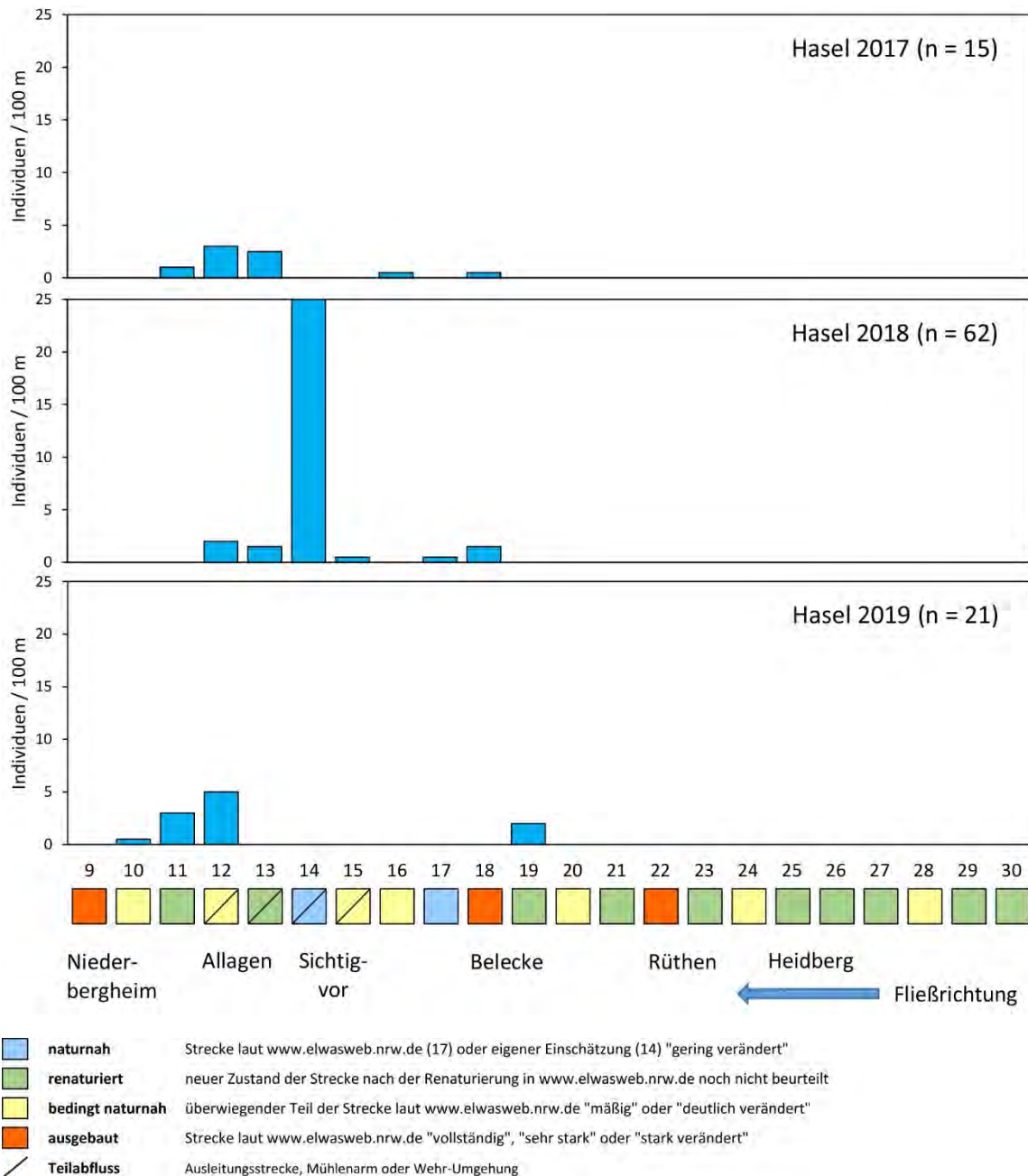


Abb. 5.6.2.1-6: Verbreitung und Häufigkeit des Hasels (*Leuciscus leuciscus*) in der Möhne 2017 – 2019

Der Hasel ist in der Möhne sehr selten; sein Vorkommen konzentriert sich an naturnahen Strecken des Abschnitts unterhalb Belecke.

Diesjährige Döbel (Abb. 5.6.2.1-7) sind in der gesamten Möhne verbreitet. Im Gegensatz dazu ist die Abundanz älterer Individuen oberhalb Belecke deutlich höher als unterhalb.

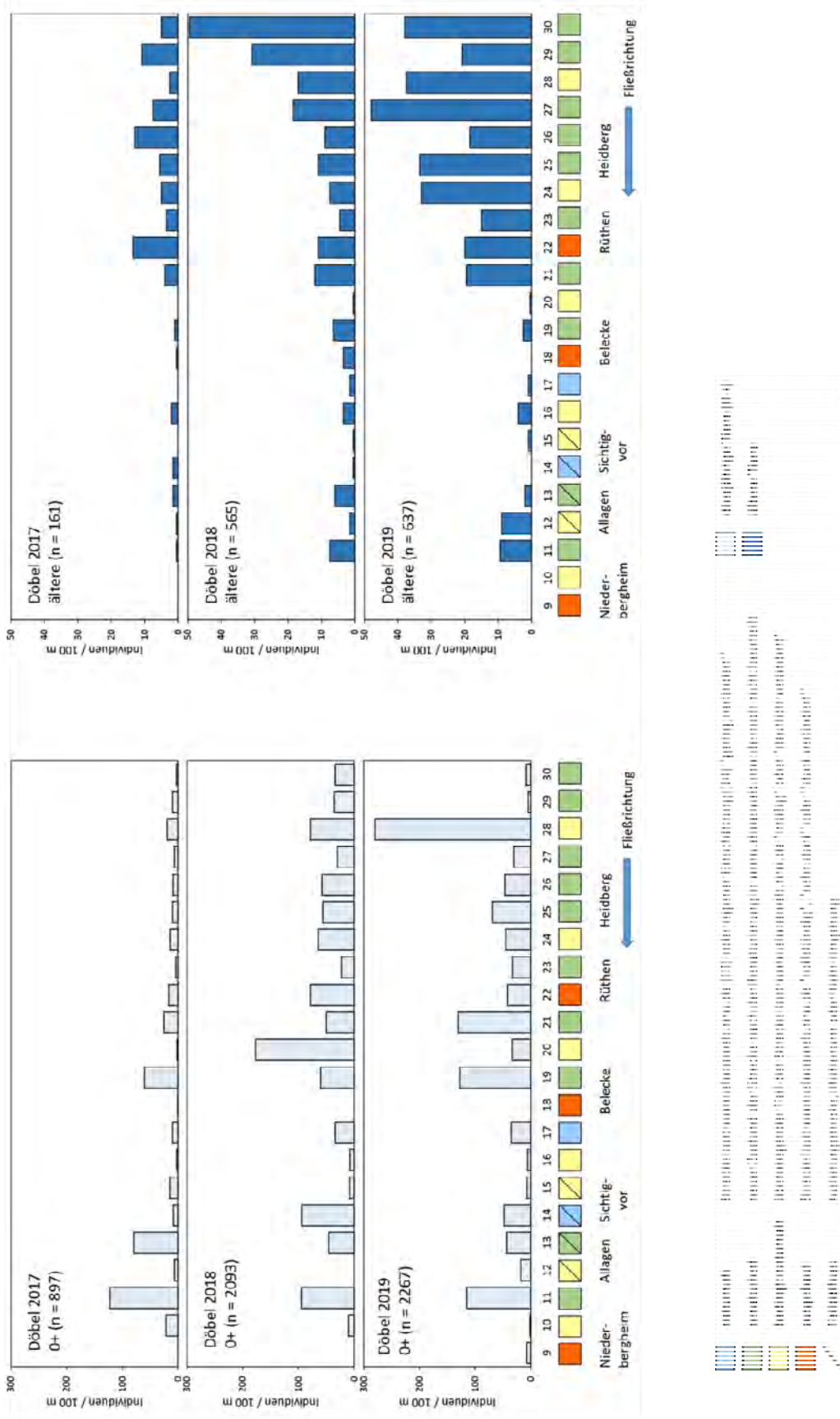


Abb. 5.6.2.1-7: Verbreitung und Häufigkeit diesjähriger (0+) und älterer Döbel (*Squalius cephalus*) in der Möhne 2017 – 2019

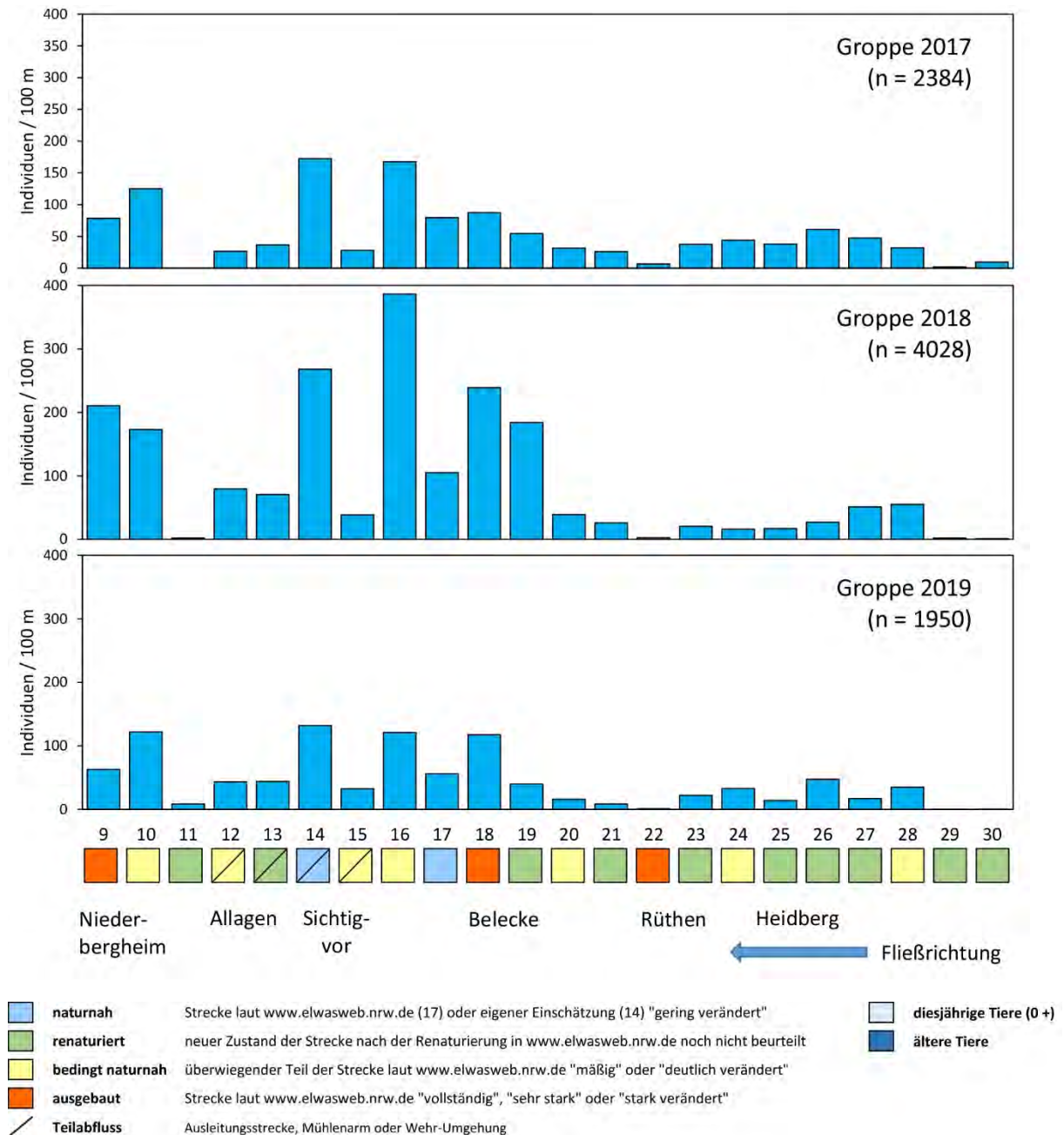


Abb. 5.6.2.1-8: Verbreitung und Häufigkeit der Groppe (*Cottus rhenanus*) in der Möhne 2017 – 2019

Bei einer Art, die von Kiesbänken unabhängig ist, aber recht hohe Ansprüche an die Wasserqualität stellt, überrascht die höhere Abundanz im unteren Abschnitt der Möhne. Zwischen den Probestrecken 28 und 23 ist die Dichte der Groppe aus unbekanntem Grund niedrig; sie sank in allen drei Untersuchungsjahren ab der Einleitung der Kläranlage Rüthen (Probestrecke 22) noch weiter ab und stieg dann langsam wieder an, wobei auch die Einmündung der Wäster zwischen den Probestrecken 18 und 19 eine positive Wirkung haben kann. Auffallend niedrig ist die Dichte der Groppe in Probestrecke 11 (Ersatzaue Allagen). Die neuen Schlingen der Möhne wurden hier erst 2015 angelegt. Offenbar benötigt die Groppe mit ihrer niedrigen Reproduktionsrate (wenig Eier, Brutpflege!) und der geringen Ausbreitungsgeschwindigkeit mehrere Jahre, um solche neuen Lebensräume zu besiedeln.

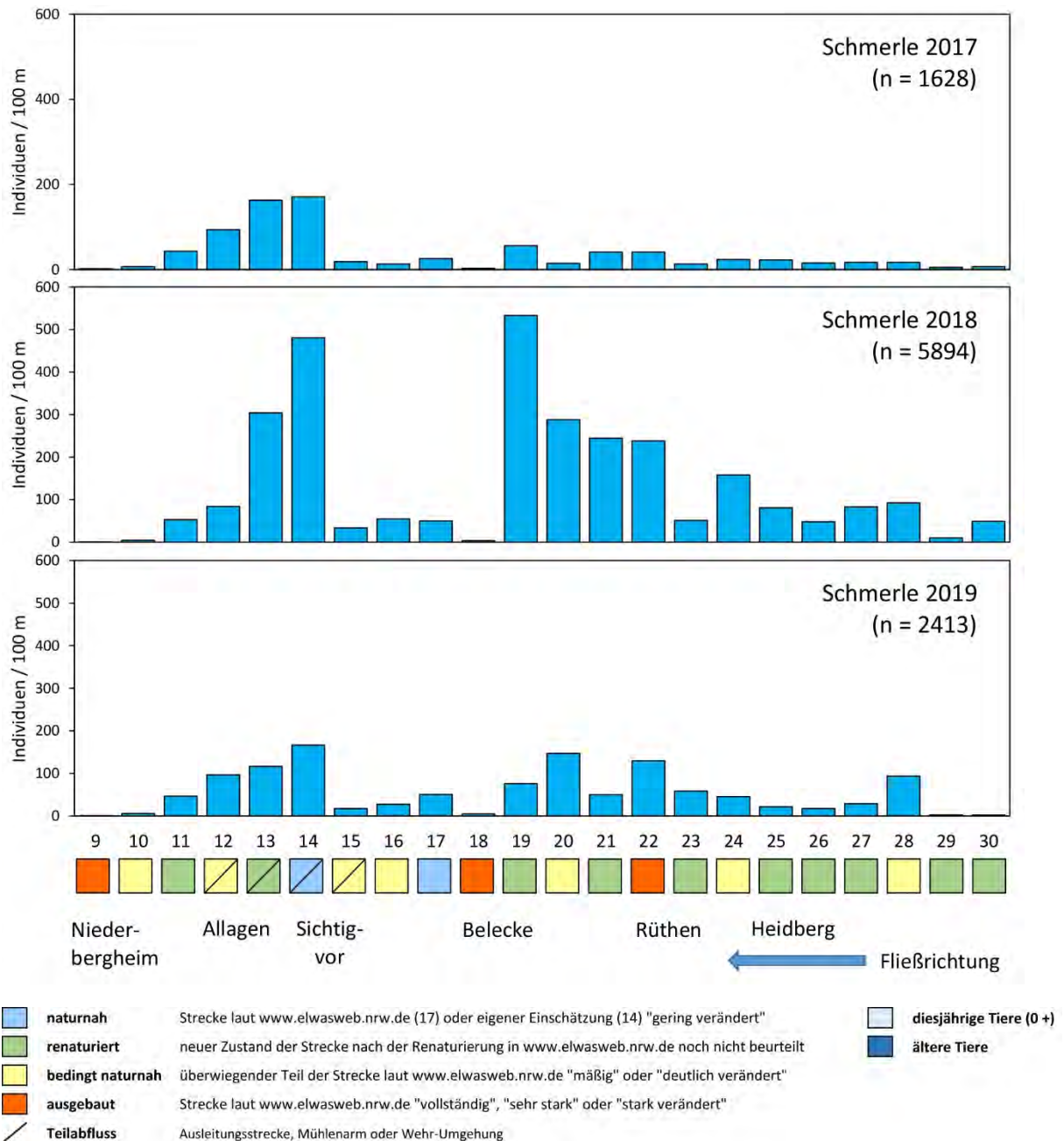


Abb. 5.6.2.1-9: Verbreitung und Häufigkeit der Schmerle (*Barbatula barbatula*) in der Möhne 2017 – 2019

Die gegenüber Beeinträchtigungen wenig empfindliche Schmerle kam an allen Probestrecken vor. Alle drei Diagramme zeigen bachabwärts Niederbergheim (Probestrecken 9 und 10) und zwischen Allagen und Belecke (15 – 18) ähnliche „Abundanzdepressionen“ wie die Elritze.

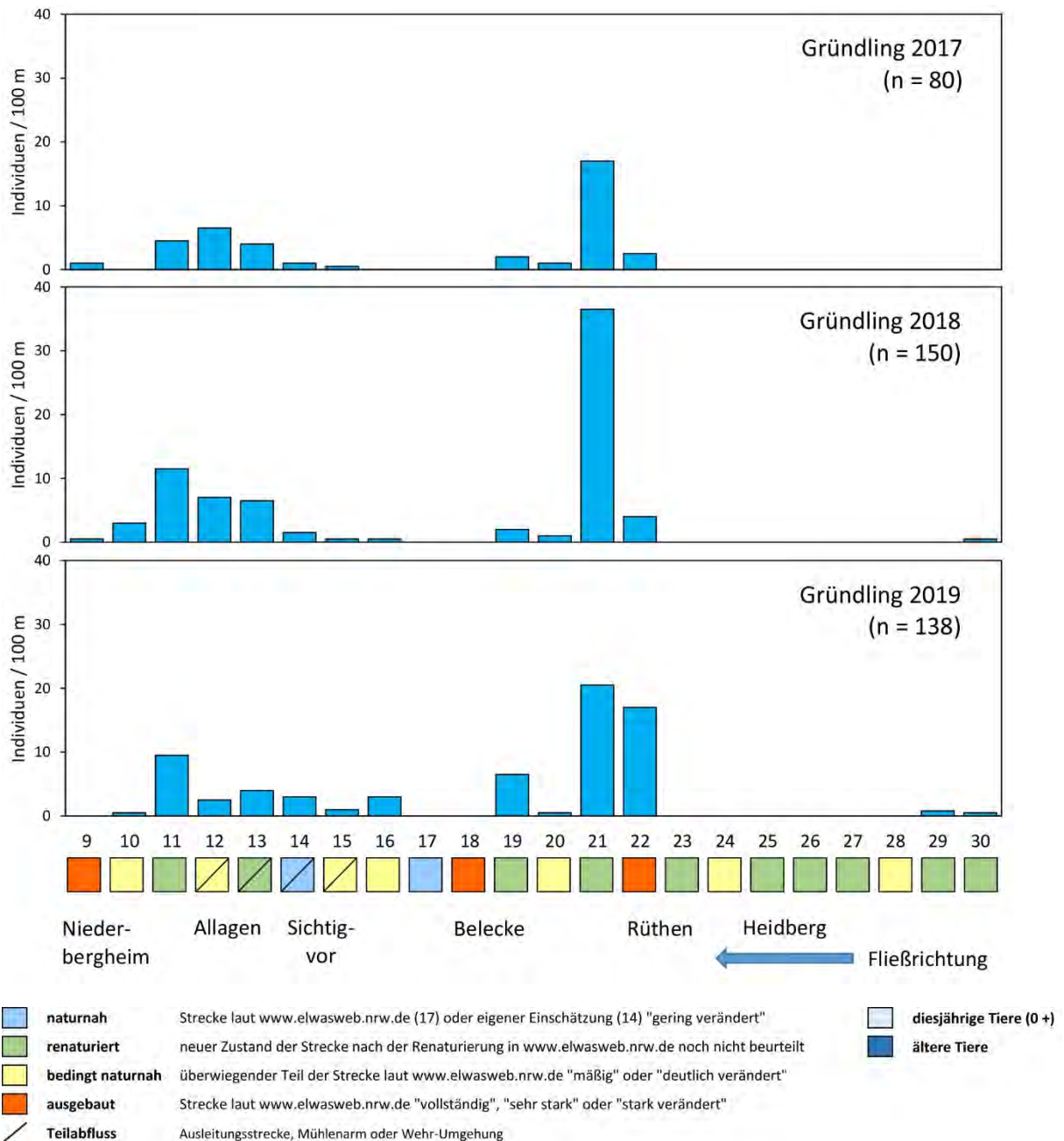


Abb. 5.6.2.1-10: Verbreitung und Häufigkeit des Gründlings (*Gobio gobio*) in der Möhne 2017 – 2019

In der unteren Forellenregion oberhalb Rütten war der Gründling nur noch vereinzelt anzutreffen. Die höchsten Dichten wies er überwiegend in renaturierten Strecken der Äschenregion auf. Auch diese Art lässt ähnliche Abschnitte mit geringen Dichten erkennen wie Elritze und Schmerle, wenn auch etwas weniger deutlich.

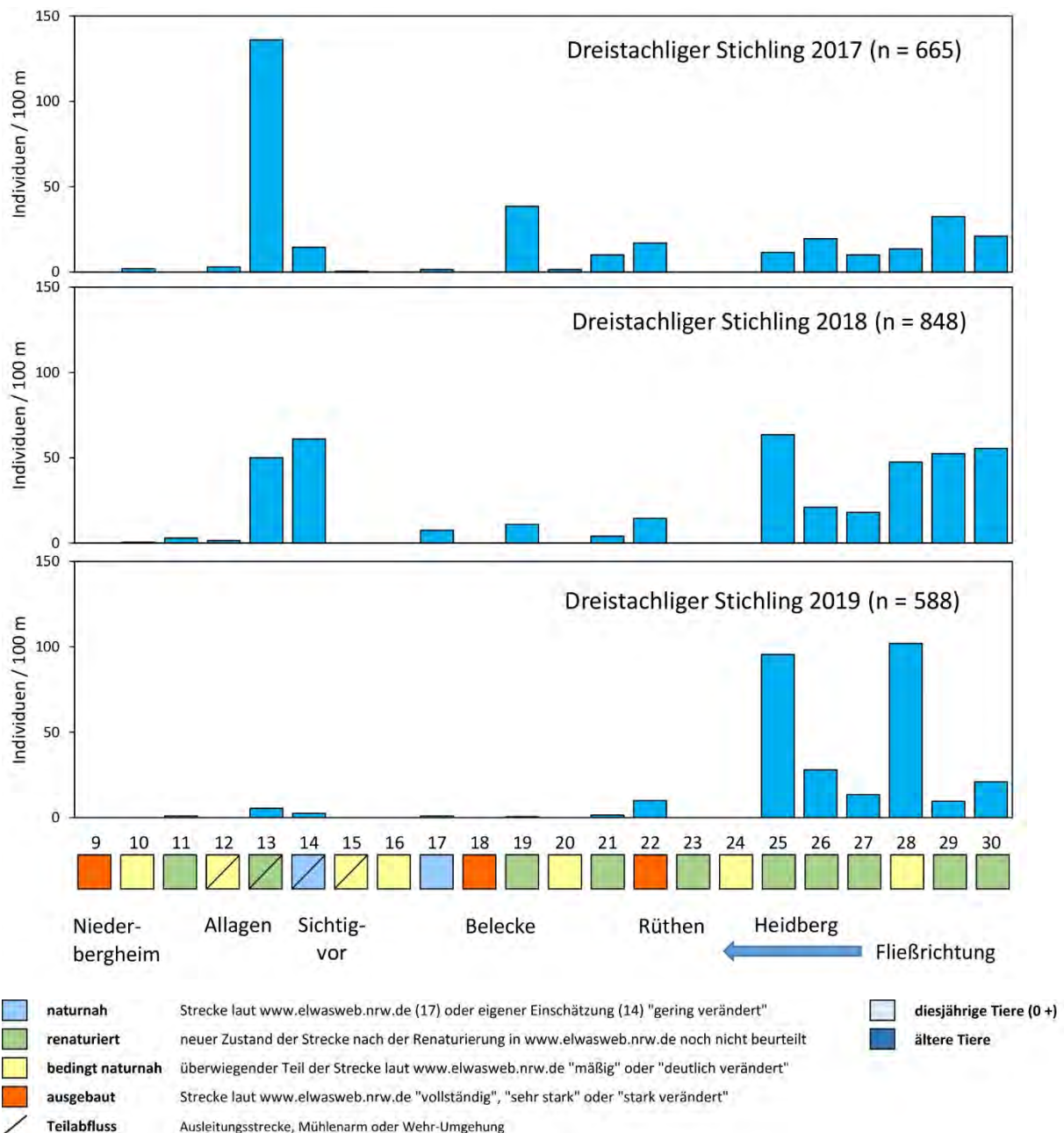


Abb. 5.6.2.1-11: Verbreitung und Häufigkeit des Dreistachligen Stichlings (*Gasterosteus aculeatus*) in der Möhne 2017 – 2019

Der Dreistachlige Stichling bewohnt die gesamte Möhne. Sein Abundanzmuster hat Ähnlichkeit mit dem der nicht diesjährigen Döbel: Die höchsten Dichten liegen in den obersten Probestrecken. Da der Stichling eine etwas konkurrenzschwache Art ist und oft als Pionier in Erscheinung tritt, könnte sein gehäuftes Vorkommen im Oberlauf der Möhne das Zeichen einer Störung sein.

In dem 2014 neu angelegten Möhneverlauf von Probestrecke 13 weist der Stichling 2017 eine sehr hohe Abundanz auf, die 2018 und 2019 allmählich zurückgeht. Dies lässt sich mit dem schnellen Entstehen eines Stichlings-Pionierbestandes in dem neuen Lebensraum und der dann folgenden Verdrängung durch andere, langsamere Besiedler erklären.

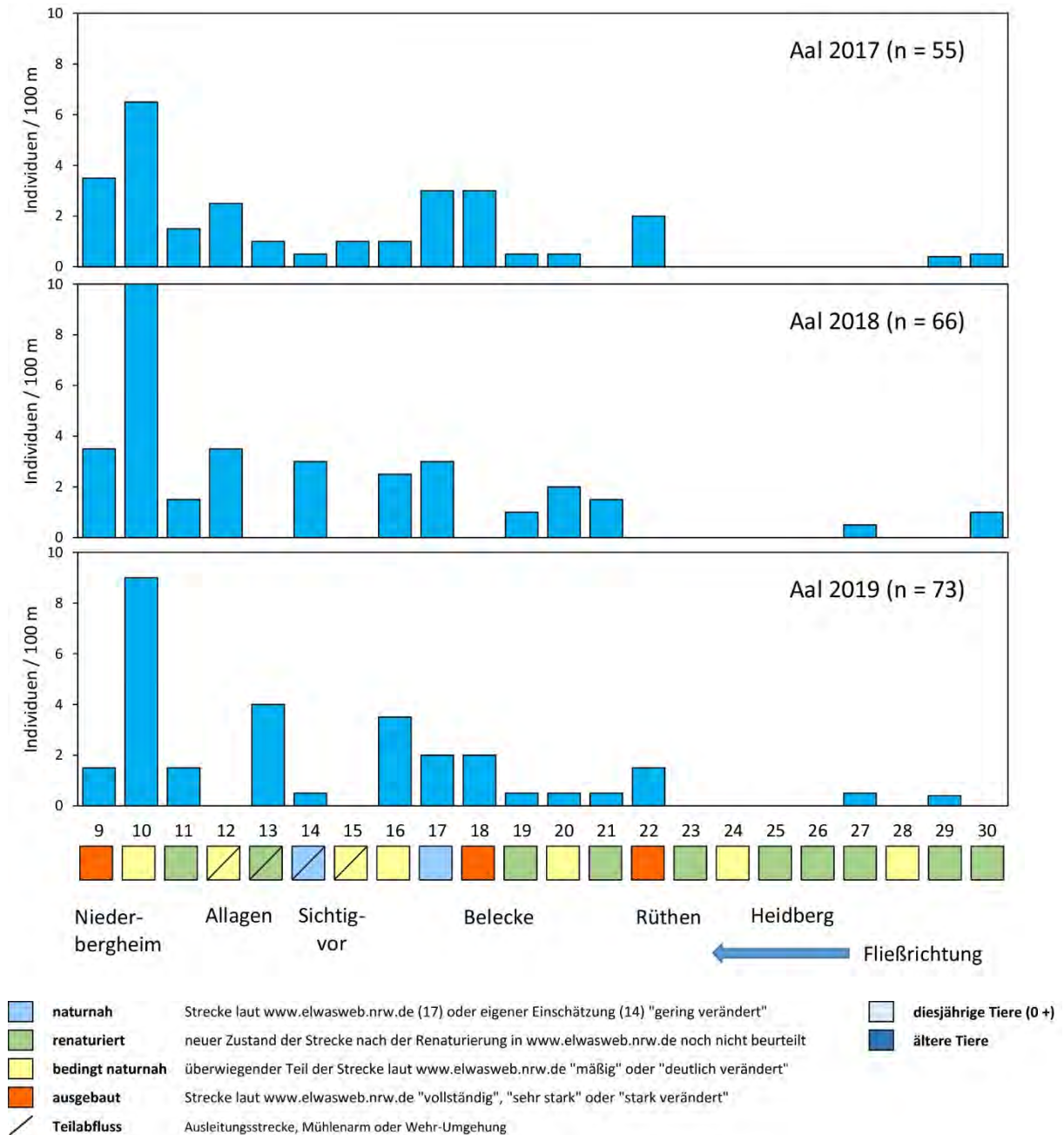


Abb. 5.6.2.1-12: Verbreitung und Häufigkeit des Aals (*Anguilla anguilla*) in der Möhne 2017 – 2019

Das Verbreitungsmuster des Aals legt nahe, dass er in das Fließgewässer aus der Möhnetalesperre aufsteigt, wo er als Besatz ausgebracht wird. Auch ein Besatz in der unteren Möhne ist möglich.

In zwei Abschnitten der Möhne wiesen einige Arten in allen drei Untersuchungsjahren auffällig geringe Abundanzen auf. Diese Abschnitte liegen flussabwärts Niederbergheim (Strecken 9 und 10) sowie zwischen Allagen und Belecke (15 – 18). Besonders auffällig sind die beschriebenen Lücken bei Elritze und Schmerle, sie lassen sich aber auch bei Hasel, Döbel, Gründling und Dreistachligem Stichling erkennen.

Ein Einfluss der Wasserqualität ist hier auszuschließen. Zum einen sind Schmerle und Dreistachliger Stichling verglichen mit den anderen Arten wenig anfällig für solche Beeinträchtigungen, zum anderen haben die empfindlicheren Arten Groppe und Bachforelle in den genannten Abschnitten recht hohe Abundanzen.

Von den betroffenen sechs Strecken besitzen fünf eine geringe Vielfalt der Sohlstruktur, eine dagegen (17 Fliegenwald) eine hohe. Die geringe Naturnähe der Sohle ist also offenbar ein wichtiger Faktor, aber wahrscheinlich nicht der einzige. Die genannten Probestrecken sind nämlich auffällig stark beschattet – auch Nr. 17. Abbildung 5.6.2.1-13 zeigt die Zuordnung der Probestrecken an der Möhne in fünf „Schattenklassen“ von 1 (fast) unbeschattet bis 5 Wasserfläche (fast) komplett beschattet.

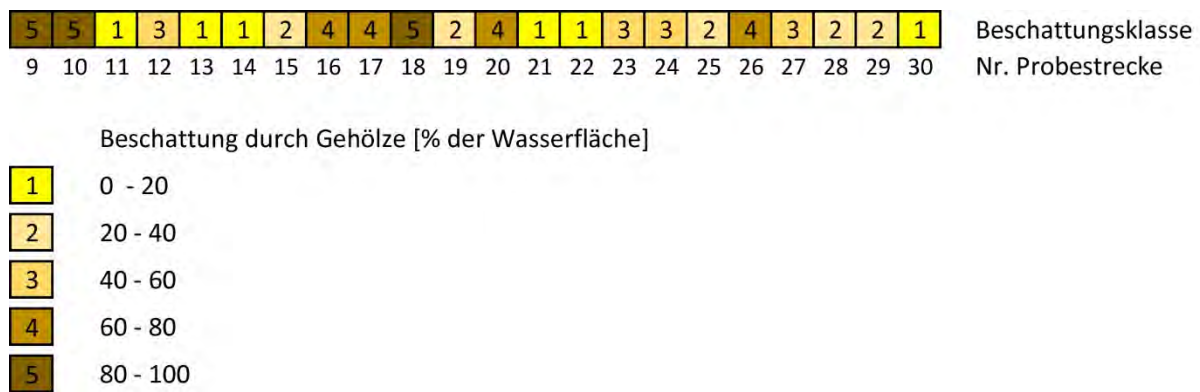


Abb. 5.6.2.1-13: Zuordnung der 22 Elektrofischerei-Probestrecken in der Möhne in eine fünfstufige Skala der Beschattung (von 1 (Beschattung 0-20 %) bis 5 (Beschattung 80-100 %))

Die Probestrecken 9 und 10 sowie 15 – 18 sind auffällig stark beschattet. Dazu kommt im oberen der beiden betrachteten Abschnitte die Einmündung der kühlen Wäster zwischen den Probestrecken 18 und 19. Alle Fischarten mit Ausnahme des Stichlings, die die geschilderten Abundanzdepressionen zeigen, benötigen für ihre Reproduktion höhere Wassertemperaturen als Groppe und Bachforelle; in stark beschatteten Abschnitten bleibt auch die Erwärmung gering durchströmter Flachwasserzonen oder Buchten aus. Eventuell ist auch das Angebot an Fluginsekten als Anflugnahrung geringer.

Die obersten Probestrecken 26 – 30 liegen für einige Arten wie Äsche, Barbe, Hasel und Gründling offenbar schon außerhalb ihres natürlichen Verbreitungsgebietes. Im oberen Teil des „unteren Forelentyps“ (FiGt 02) sollte man ein Dominieren von Bachforelle und Groppe erwarten mit geringen Anteilen von u.a. Schmerle, Elritze und Döbel (NZO & IfÖ 2007). Forelle und Groppe kommen zwar vor, aber Döbel und Dreistachliger Stichling sind „viel zu häufig“, was auf Beeinträchtigungen hindeutet. Hier ist zum einen der hohe Anteil an gereinigtem Abwasser aus der Kläranlage Brilon am Möhnewasser zu nennen (also hohe Nährstofffracht und Belastung mit Medikamentenrückständen und anderen Mikroschadstoffen), der erst durch seitliche Zuflüsse allmählich verdünnt wird. Zum anderen

liegt die Sohle der obersten beiden Probestrecken nicht im Kies, sondern im Lehm, was für die lithophile Forelle besonders ungünstig ist, aber auch die Siedlungsdichte anderer Arten reduzieren kann.

In den Abbildungen 5.6.2.1-2 bis 5.6.2.1-12 lässt sich nicht auf einen Blick erkennen, ob eine Fischart in naturnahen oder ausgebauten Gewässerabschnitten häufiger ist, daher sollen die folgenden beiden Abbildungen diese Lücke schließen.

Statt der Klassen „ausgebaut“, „renaturiert“, „bedingt naturnah“ und „naturnah“, nach denen die Probestrecken für das Projekt ursprünglich ausgewählt wurden (s. Tab. 3.3-1), erfolgt die Einteilung der Probestrecken nun nach dem etwas besser nachvollziehbaren Struktureichtum der Sohle (s. Tab. 5.4.2-1), bei dem außerdem der „Werdegang“ der Strecke – bereits länger naturnah oder erst in den letzten Jahren umgestaltet – keine Rolle spielt. Für den Unter- und den Oberlauf der Möhne wurden jeweils Abundanz-Mittelwerte der Fischarten bzw. -Altersstadien zum einen für die Probestrecken mittleren und geringen Struktureichtums und zum anderen für die strukturreichen Strecken ausgerechnet und in Diagrammen einander gegenübergestellt (Abb. 5.6.2.1-14 und 5.6.2.1-15). Der Unterlauf umfasst die Probestrecken 9 bis 18, die zum „Äschentyp Mittelgebirge“ gezählt werden, während die Strecken 19 bis 30 des Oberlaufes zum „unteren Forellentyp Mittelgebirge“ gehören.

In Abbildung 5.6.2.1-14 sind die Abundanzen der lithophilen Arten abgebildet. Äsche, Barbe und Döbel aller Altersstufen sind in allen drei Jahren in den strukturreichen Strecken häufiger als in den strukturarmen - mit Ausnahme des Döbels im Oberlauf im Jahr 2018, wo kaum Unterschiede zwischen strukturarmen und strukturreichen Strecken auftreten.

Bei der Forelle ist dies nicht der Fall, möglicherweise weil der Besatz das Bild verzerrt, der überwiegend im Unterlauf mit 0+ Fischen stattfindet. Das könnte auch die höhere Dichte junger Forellen im Unter- statt im Oberlauf erklären. Außerdem kann die Forelle wie die Groppe von einer „künstlichen Rhithralisierung“ profitieren – einer Abflussbeschleunigung, die durch Begradigung und seitliche Einengung der Sohle zustande kommt. Ein Gewässer der Äschenregion nimmt dann Charakterzüge der Forellenregion an, wo Bachforelle und Groppe dominierende Arten sind, weil sie besonders gut an solche Bedingungen angepasst sind. Dazu passt, dass die Forelle im Oberlauf der Möhne, also der Forellenregion, strukturarme Abschnitte nicht bevorzugt.

Die Elritze weist nur im Unterlauf der Möhne höhere Dichten in strukturreichen Abschnitten auf als in strukturarmen. Im Oberlauf, wo die Dichten der Art insgesamt höher sind als im Unterlauf, scheint keine Bevorzugung naturnaher Strecken vorzuliegen. Es lässt sich jedoch nicht entscheiden, ob dies wirklich so ist oder ob die fehlende oder eventuell gerade erst erfolgende Besiedlung der obersten fünf Probestrecken durch die Elritze die Ursache für das Ergebnis ist, denn zwei der drei strukturreichen Probestrecken liegen in diesem Abschnitt.

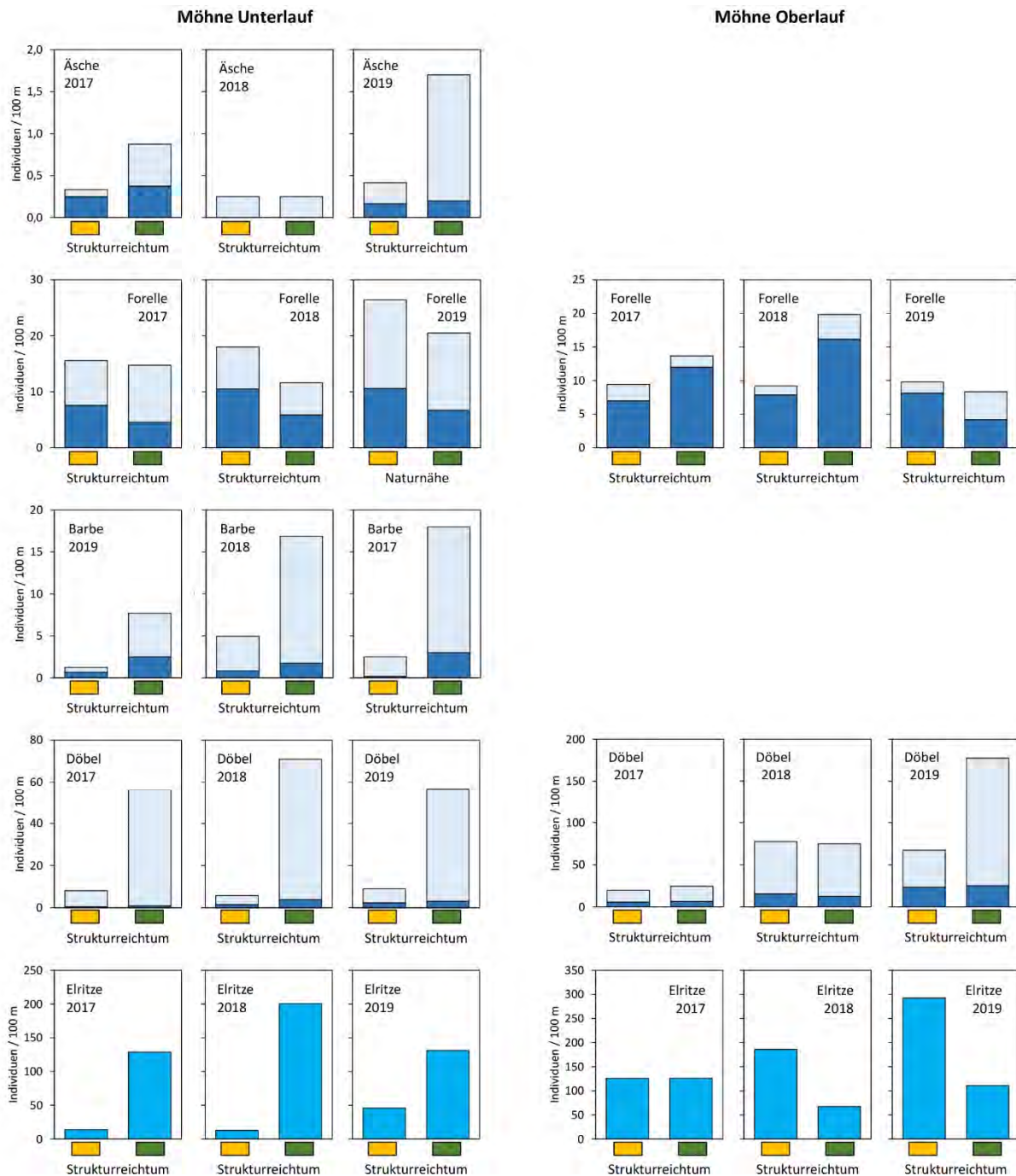


Abb. 5.6.2.1-14: Mittlere Abundanz der lithophilen Arten in Abhängigkeit vom Strukturreichtum der Sohle der Probestrecken am Unterlauf (Probestrecken 9 – 18) und am Oberlauf (Probestrecken 19 – 30) der Möhne

hellblau = diesjährig (0+), dunkelblau = vorjährig (1+) und älter, mittelblau = keine Einteilung in Altersklassen möglich

gelb = mittlerer und geringer Strukturreichtum (Unterlauf: n = 6 Probestrecken; Oberlauf: n = 9 Probestrecken), grün = hoher Strukturreichtum (Unterlauf: n = 4 Probestrecken; 2019 n = 5; Oberlauf: n = 3 Probestrecken)

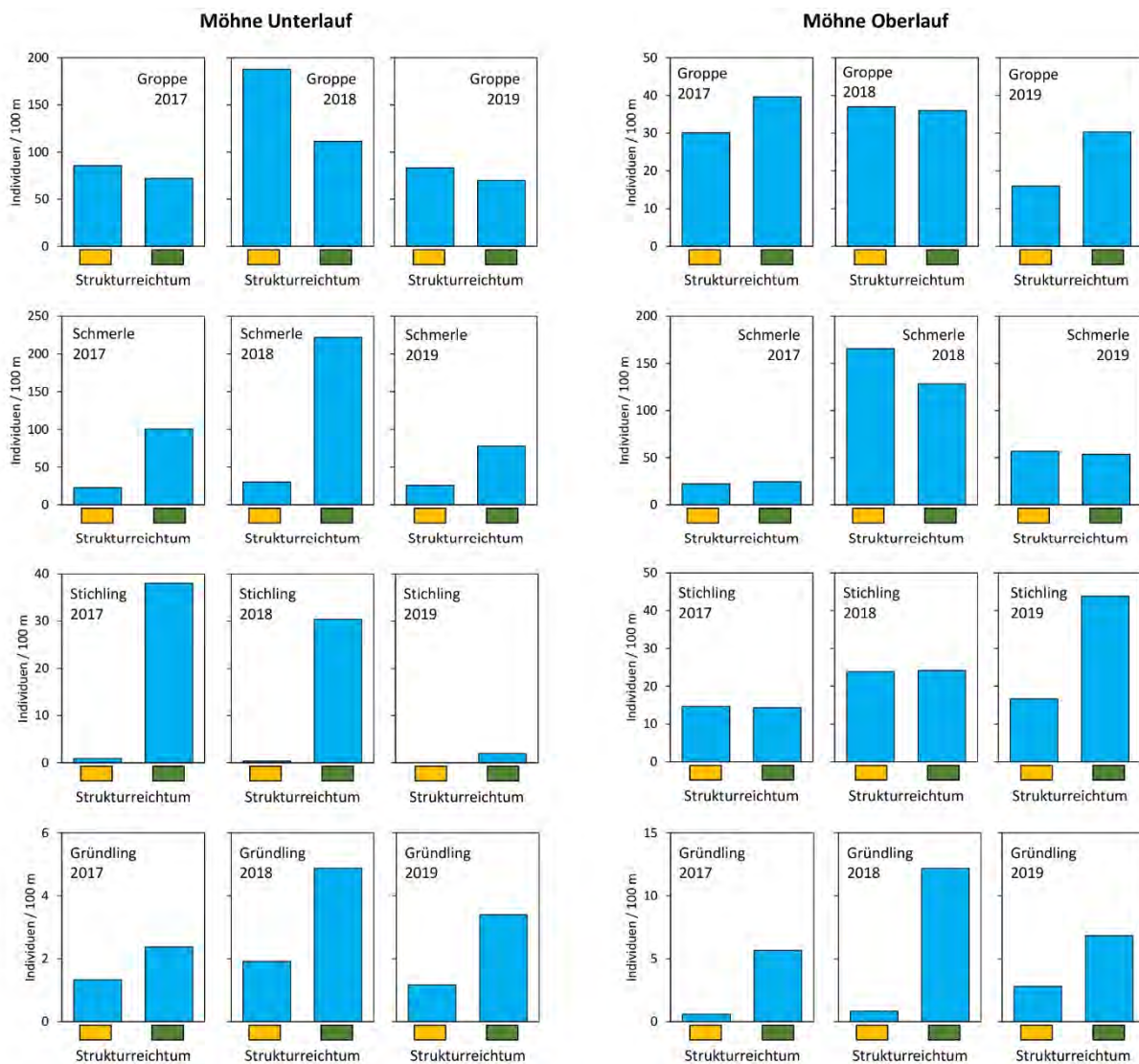


Abb. 5.6.2.1-15: Mittlere Abundanz der nicht lithophilen Arten in Abhängigkeit vom Strukturreichtum der Sohle der Probestrecken am Unterlauf (Probestrecken 9 – 18) und am Oberlauf (Probestrecken 19 – 30) der Möhne

gelb = mittlerer und geringer Strukturreichtum (Unterlauf: n = 6 Probestrecken; Oberlauf: n = 9 Probestrecken), grün = hoher Strukturreichtum (Unterlauf: n = 4 Probestrecken; 2019 n = 5; Oberlauf: n = 3 Probestrecken)

Schmerle, Gründling und Dreistachliger Stichling entsprechen den Erwartungen und zeigen in den strukturreichen Strecken überwiegend höhere Abundanzen als in den strukturärmeren. Allerdings scheint die Sohlstruktur bei der Schmerle im Oberlauf der Möhne keine große Rolle zu spielen – möglicherweise, weil hier auch in den weniger naturnahen Abschnitten genügend Flachwasserzonen zur Verfügung stehen, auf die die Schmerle angewiesen ist.

Die Groppe schließlich zeigt ein ähnliches Bild wie die Bachforelle: Im unteren Möhneabschnitt hat sie in strukturarmen Strecken höhere Dichten, im oberen Abschnitt eher in den strukturreichen.

Diese Art kann selbst in naturfern ausgebauten Abschnitten hohe Abundanzen erreichen, weil sie Steinschüttungen als Unterstände nutzt, aber kaum auf Sohlstrukturen wie Kolke, Buchten oder flach überströmte Kiesbänke angewiesen ist. Außerdem kann für sie wie für die Forelle eine „künstliche Rhithralisierung“ vorteilhaft sein, die die Äschenregion für die Art „wohnlicher“ macht. In der Forellenregion bringt eine Rhithralisierung dagegen wohl keine Vorteile, denn hier herrschen von Natur aus die für Groppe und Forelle günstigsten Bedingungen.

Die Abbildungen 5.6.2.1-16 bis 5.6.2.1-19 stellen Verbreitung und Häufigkeit der wesentlichen Arten in den untersuchten Abschnitten von Heve und Großer Schmalenau dar. Einige Arten kommen im Hevesystem wegen der Zerschneidung der Habitate durch die Möhnetalsperre nicht vor, nämlich Äsche, Barbe, Elritze und Dreistachliger Stichling.

In den Verbreitungsmustern der Arten sind Unterschiede zwischen Probestrecken verschiedener Naturnähe kaum zu bemerken. Einerseits sind die strukturellen Unterschiede viel geringer ausgeprägt als an der Möhne, zum anderen werden sie von der Längsentwicklung der Bäche überlagert. So steigt z.B. der Döbel von Natur aus nicht so hoch in die Oberläufe auf, während die Bachforelle in den oberen Bachabschnitten häufiger ist als in den unteren.

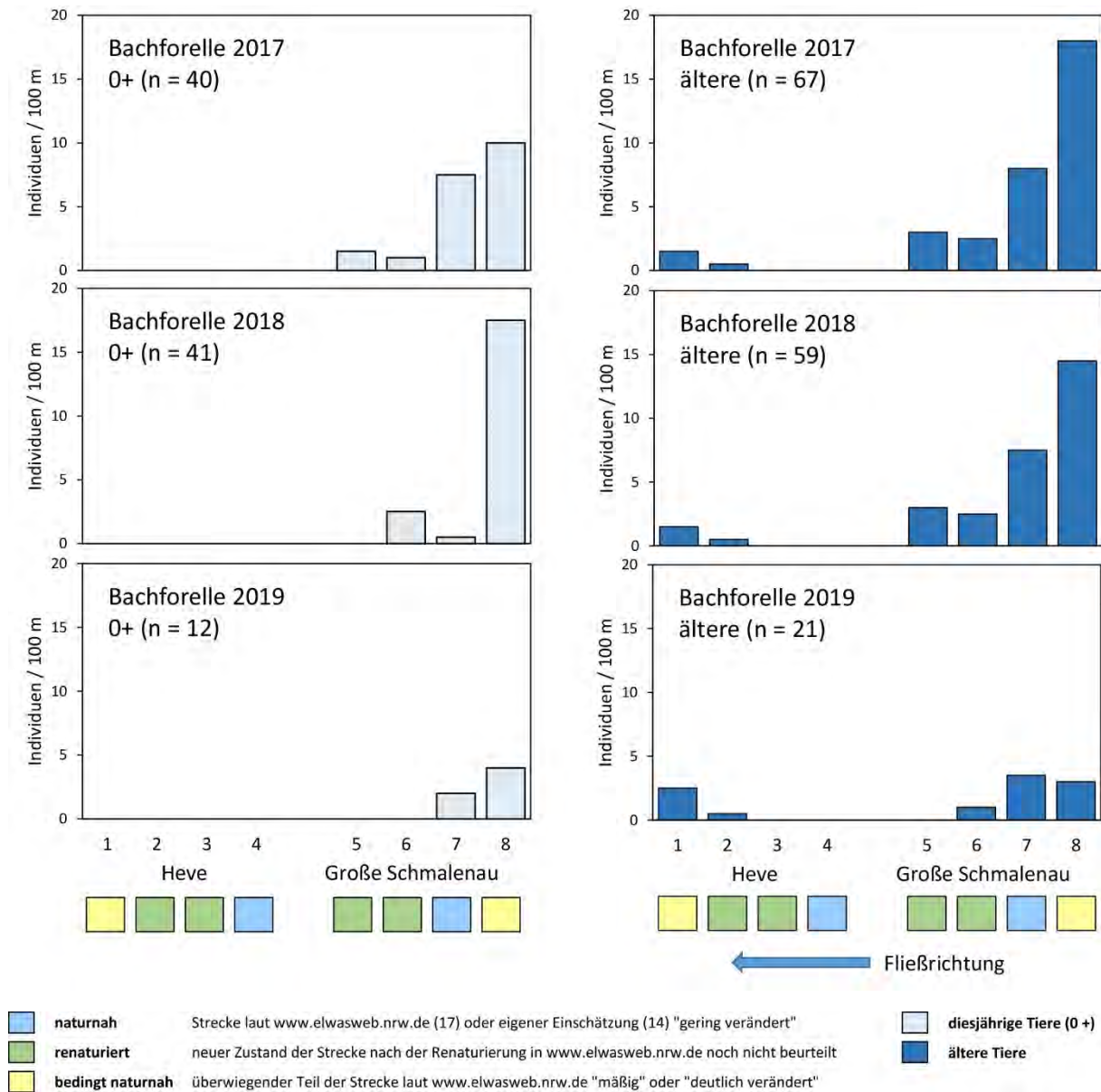


Abb. 5.6.2.1-16: Verbreitung und Häufigkeit diesjähriger (0+) und älterer Forellen (*Salmo trutta*) in Heve und Großer Schmalenau 2017 – 2019

Die Bachforelle (Abb. 5.6.2.1-16) ist in der Heve mittlerweile extrem selten. In der Großen Schmalenau konzentrieren sich sowohl diesjährige als auch ältere Fische in den oberen Probestrecken. Ein Unterschied in der Nutzung naturnaher und bedingt naturnaher (teilweise ausgebauter) Abschnitte ist nicht ersichtlich.

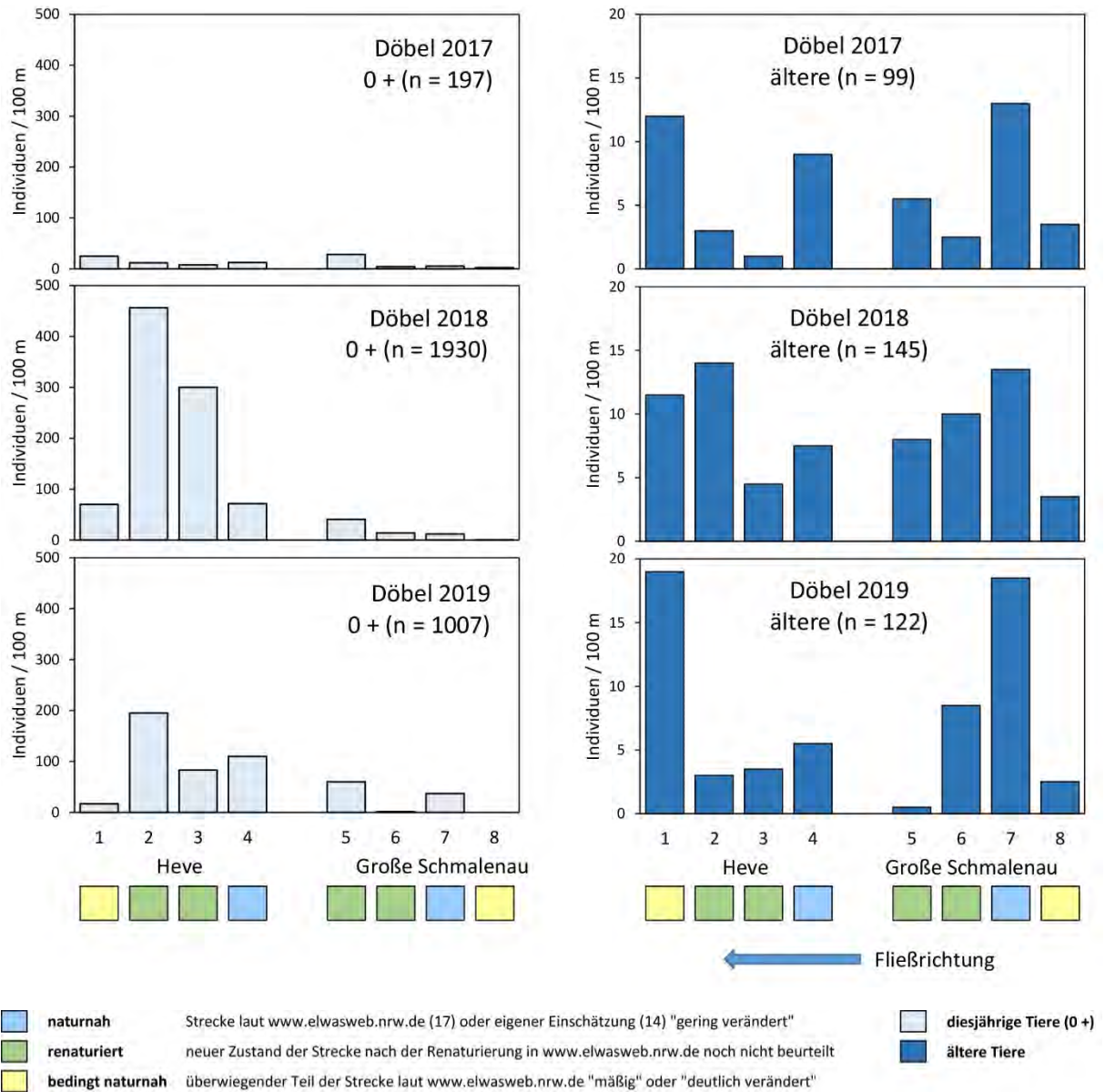


Abb. 5.6.2.1-17: Verbreitung und Häufigkeit diesjähriger (0+) und älterer Döbel (*Squalius cephalus*) in Heve und Großer Schmalenau 2017 – 2019

Adulte Döbel kommen in beiden Bächen vor. Für eine erfolgreiche Fortpflanzung scheint die Schmalenau schon zu klein zu sein, während in der Heve der Reproduktionserfolg recht gut ist.

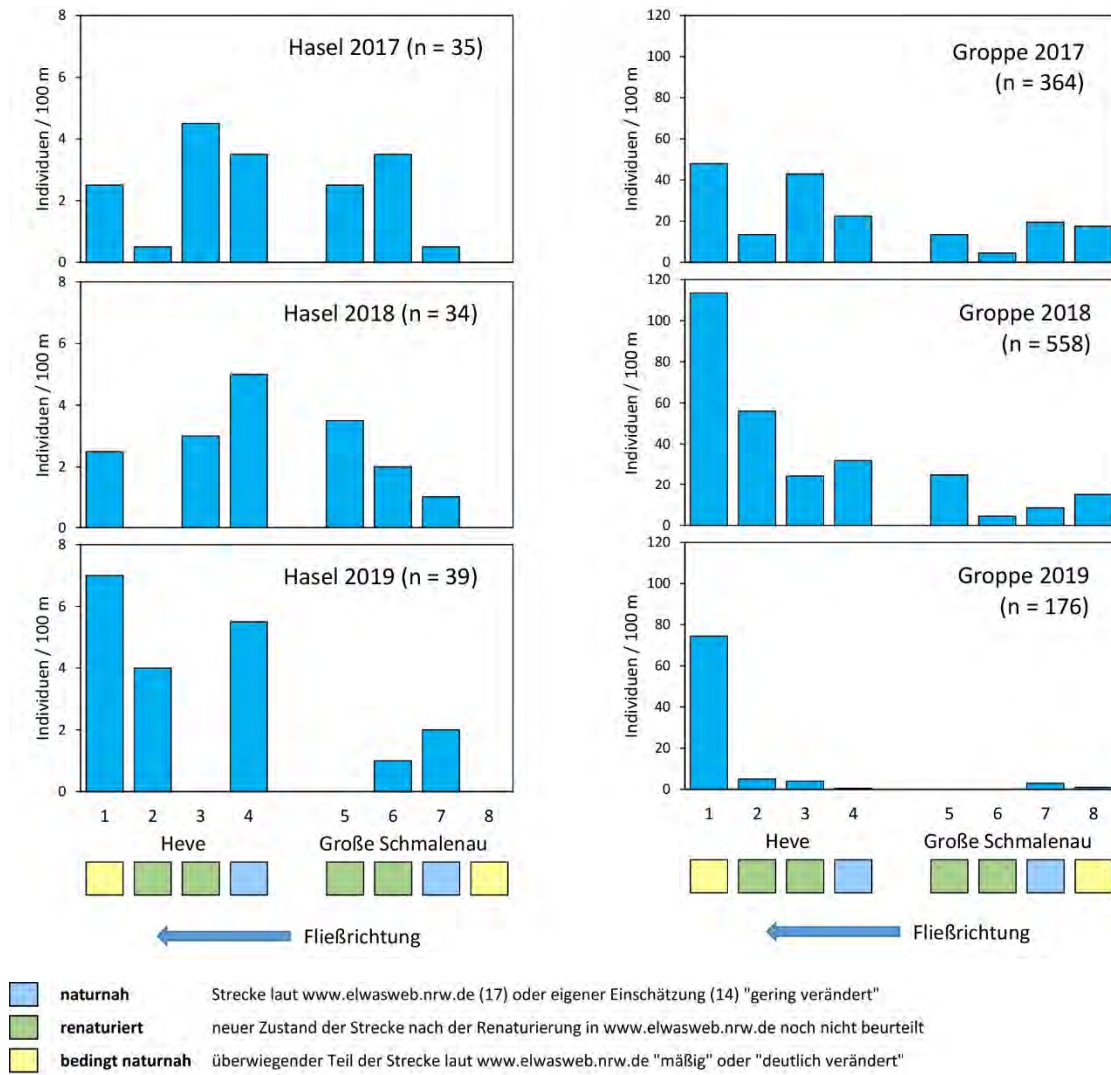


Abb. 5.6.2.1-18: Verbreitung und Häufigkeit von Hasel (*Leuciscus leuciscus*) und Groppe (*Cottus rhenanus*) in Heve und Großer Schmalenau 2017 – 2019

In beiden Gewässern ist der Hasel vergleichsweise selten. In der Schmalenau bevorzugt er die unteren Probestrecken.

Die Groppe weist in der Heve durchweg höhere Abundanzen auf als in der Großen Schmalenau. Der Bestandseinbruch von 2018 auf 2019 wurde durch den trockenen Sommer verursacht (s. Kap. 5.6.4).

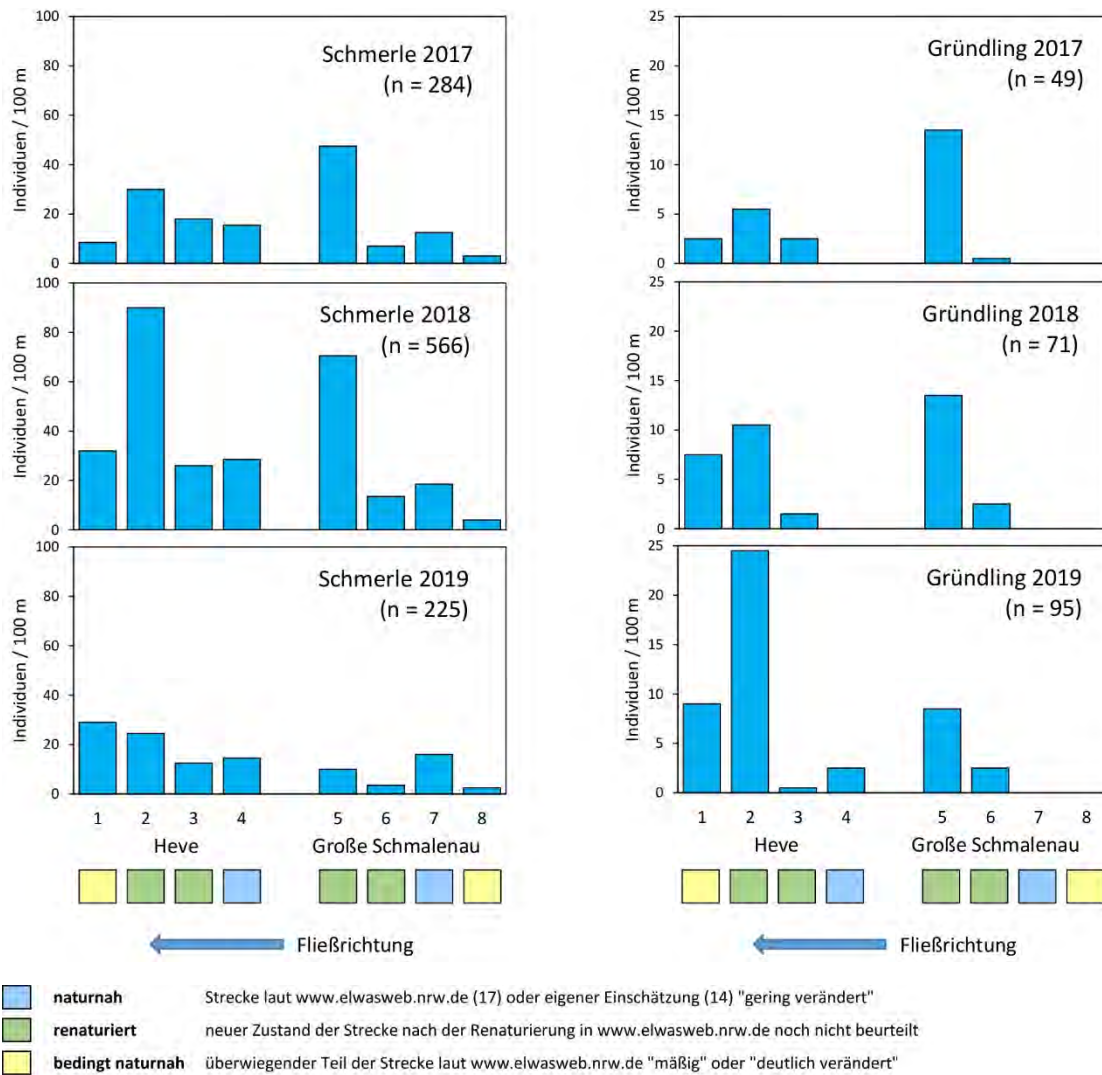


Abb. 5.6.2.1-19: Verbreitung und Häufigkeit von Schmerle (*Barbatula barbatula*) und Gründling (*Gobio gobio*) in Heve und Großer Schmalenau 2017 – 2019

Bei den Arten Schmerle und Gründling ist eine Bevorzugung der unteren Probestrecken festzustellen, unabhängig von der Naturnähe.

5.6.2.2 Entwicklung der Fischfauna der Maßnahmenstrecken seit der Umgestaltung

Nur ein Teil der 2017 bis 2019 in der Möhne befischten Probestrecken wurde umgestaltet und sowohl vor ihrer Renaturierung als auch mehrmals danach befischt, so dass die Entwicklung verfolgt werden kann. Es sind die Strecken 11, 13 (komplett neu angelegt), 19, 23, 25, 27 und 30. In den Diagrammen der Abbildungen 5.6.2.2-2 bis 5.6.2.2-6 können die Abundanzen der Arten über die Jahre verfolgt werden. Die Strecken, von denen keine Daten aus den Vorjahren existieren, sind in den Diagrammen nicht enthalten (Probestrecken 18, 21, 22, 26, 29). Probestrecke 19 wurde im Jahr vor der ersten Befischung umgestaltet, ist daher bereits im ersten Diagramm mit einem grünen Quadrat markiert.

Wie wirkten sich die Renaturierungen auf die Fischbestände aus? Von den im Unterlauf der Möhne renaturierten Probestrecken 11 und 13 profitierten fast alle Arten, darunter auch die Kieslaicher Äsche, Bachforelle, Elritze, Barbe und Döbel. Ähnlich positiv wirkte die Strecke 19 östlich Beleck.

Alle anderen hier betrachteten Renaturierungen liegen deutlich bachaufwärts im Oberlauf der Möhne. Hier stiegen an mehreren Stellen die Abundanzen von Döbel, Schmerle und Dreistachligem Stichling. Die Elritze konnte ihre Bestände in den Strecken 23 und 25 vergrößern und besiedelte Strecke 26 neu. Die Erfolge waren aber nicht so deutlich wie Möhne-abwärts.

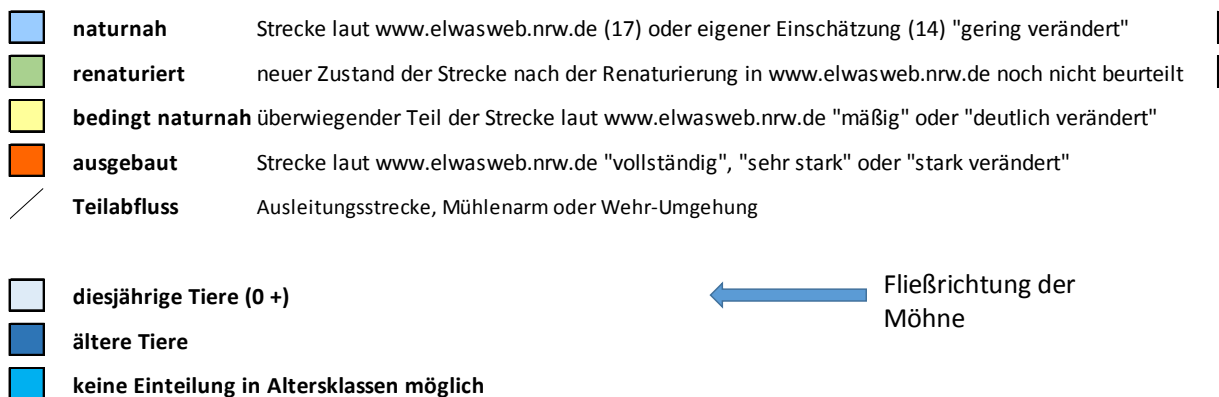


Abb. 5.6.2.2-1: Legende zu den Abbildungen 5.6.2.2-2 bis 5.6.2.2-6

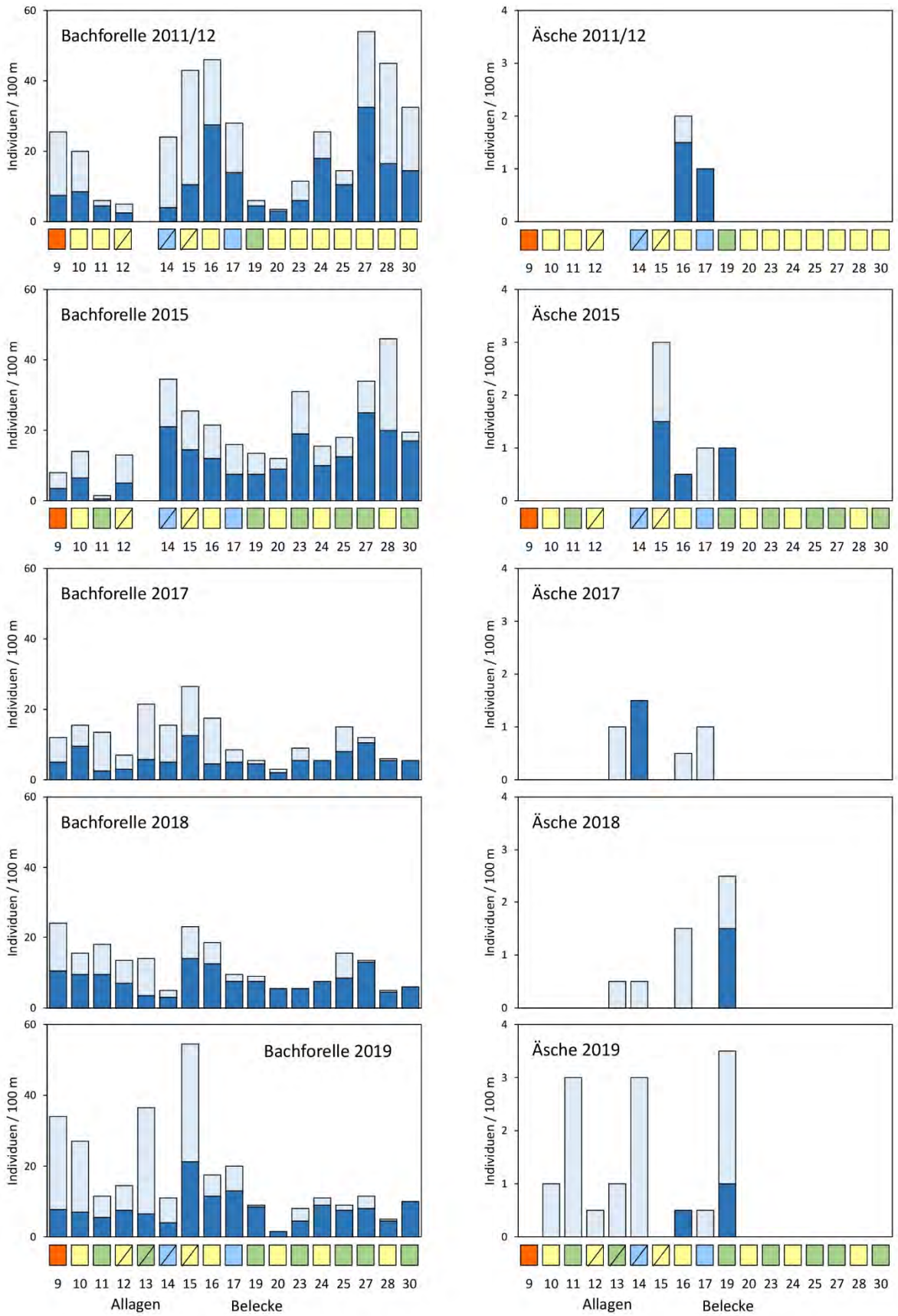


Abb. 5.6.2.2-2: Verbreitung und Häufigkeit von Forelle (*Salmo trutta*) und Äsche (*Thymallus thymallus*) in der Möhne 2011/12 bis 2019 (Legende s. Abb. 5.6.2.2-1)

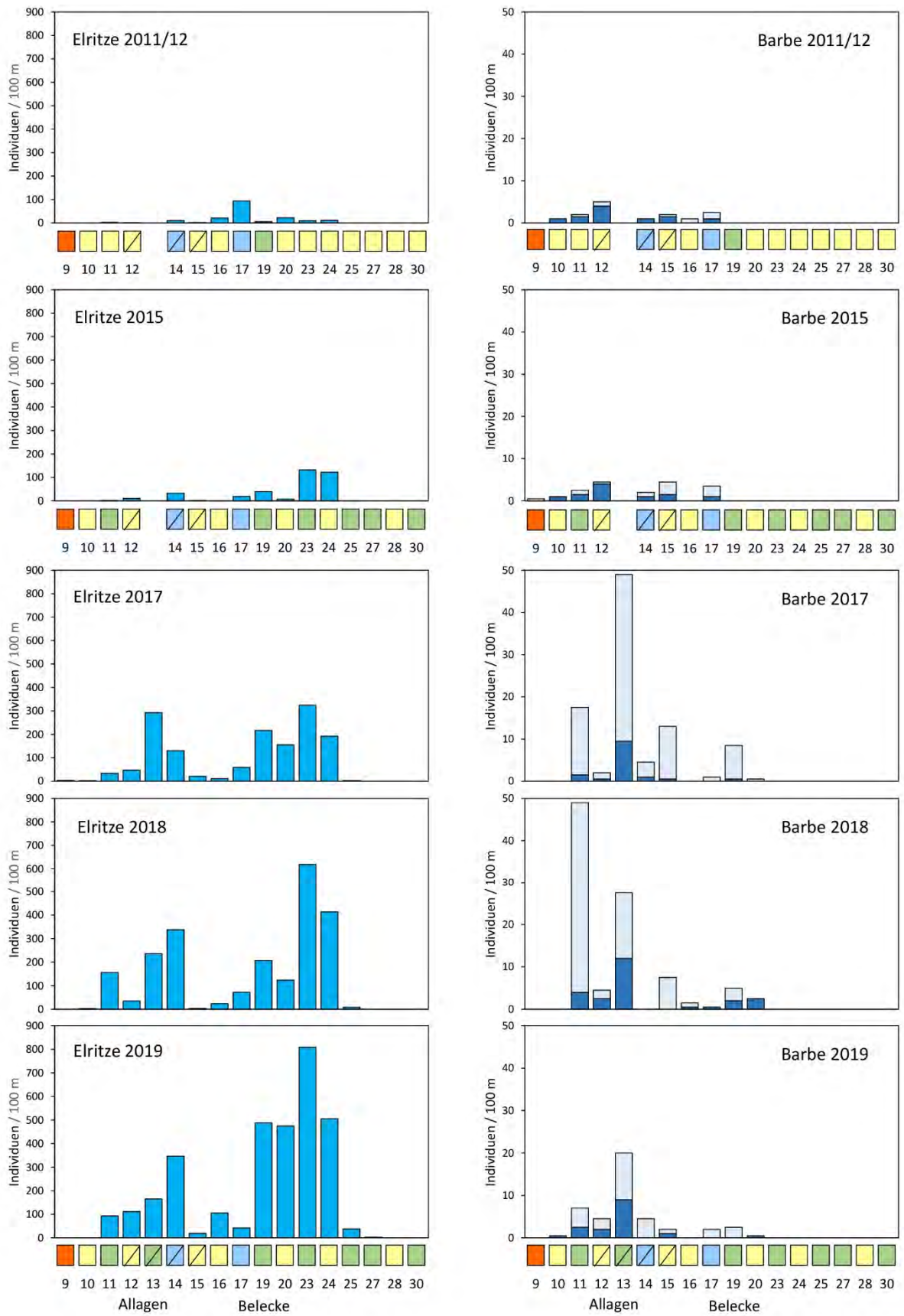


Abb. 5.6.2.2-3: Verbreitung und Häufigkeit von Elritze (*Phoxinus phoxinus*) und Barbe (*Barbus barbus*) in der Möhne 2011/12 bis 2019 (Legende s. Abb. 5.6.2.2-1)

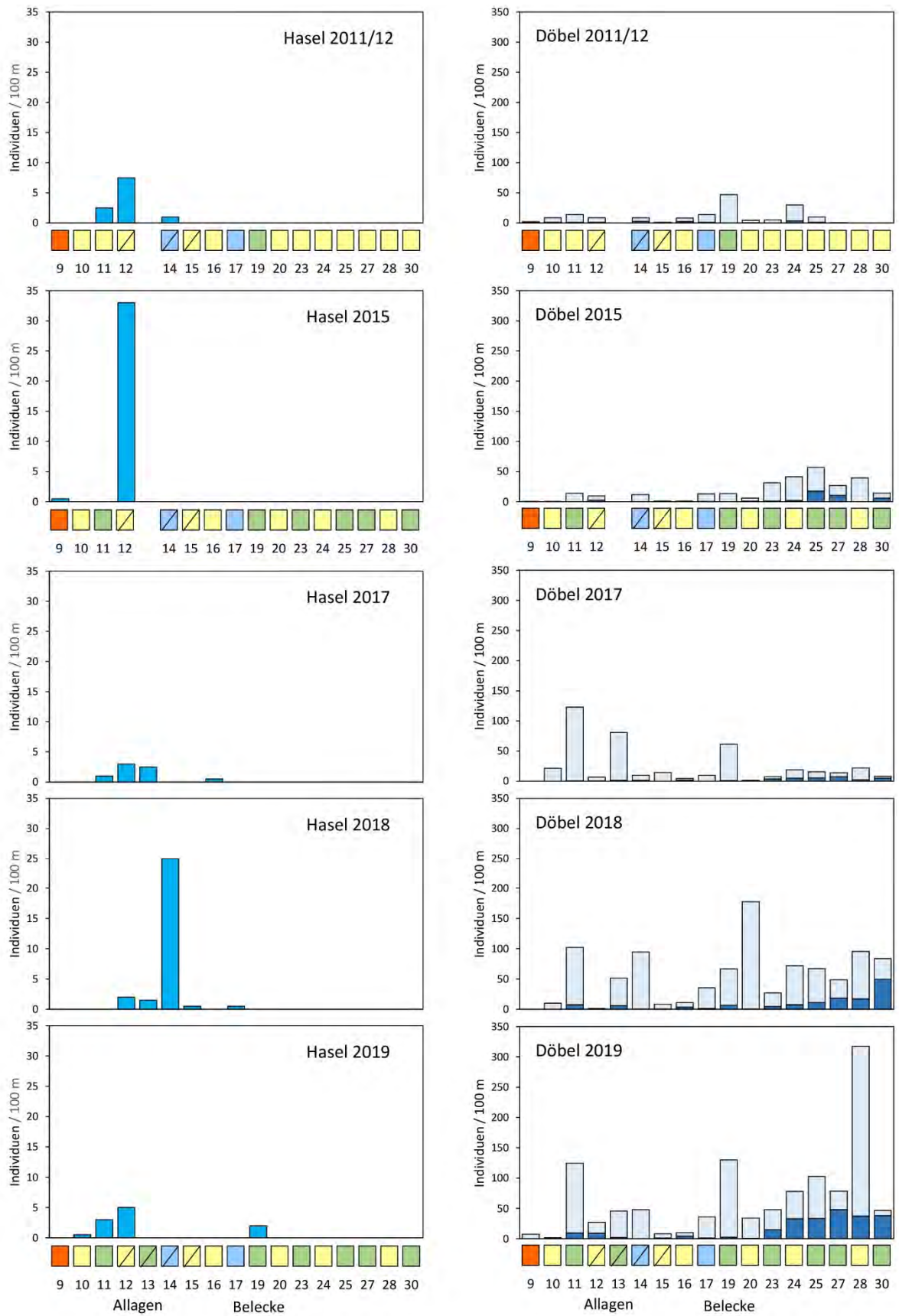


Abb. 5.6.2.2-4: Verbreitung und Häufigkeit von Hasel (*Leuciscus leuciscus*) und Döbel (*Squalius cephalus*) in der Möhne 2011/12 bis 2019 (Legende s. Abb. 5.6.2.2-1)

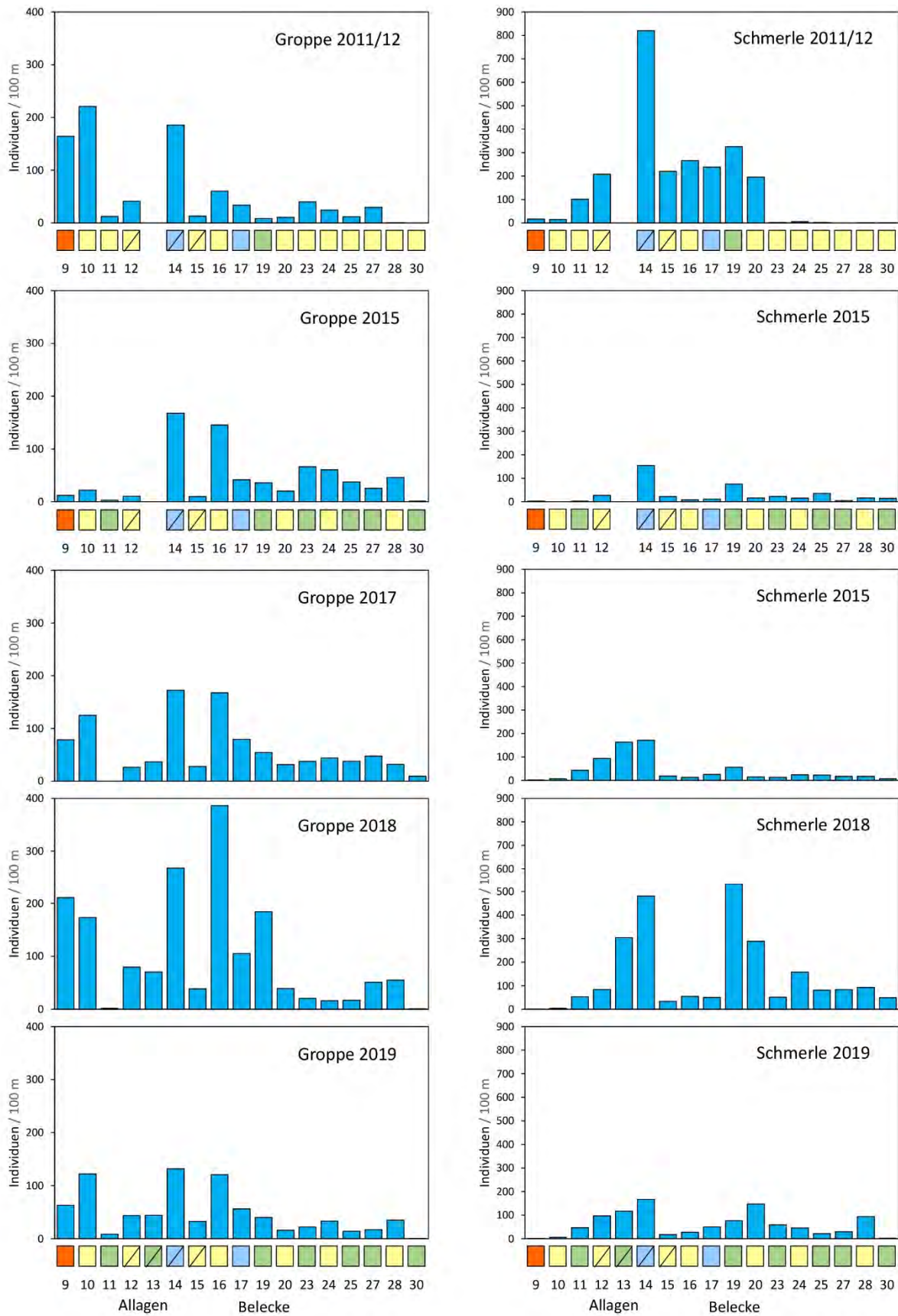


Abb. 5.6.2.2-5: Verbreitung und Häufigkeit von Groppe (*Cottus rhenanus*) und Schmerle (*Barbatula barbatula*) in der Möhne 2011/12 bis 2019 (Legende s. Abb. 5.6.2.2-1)

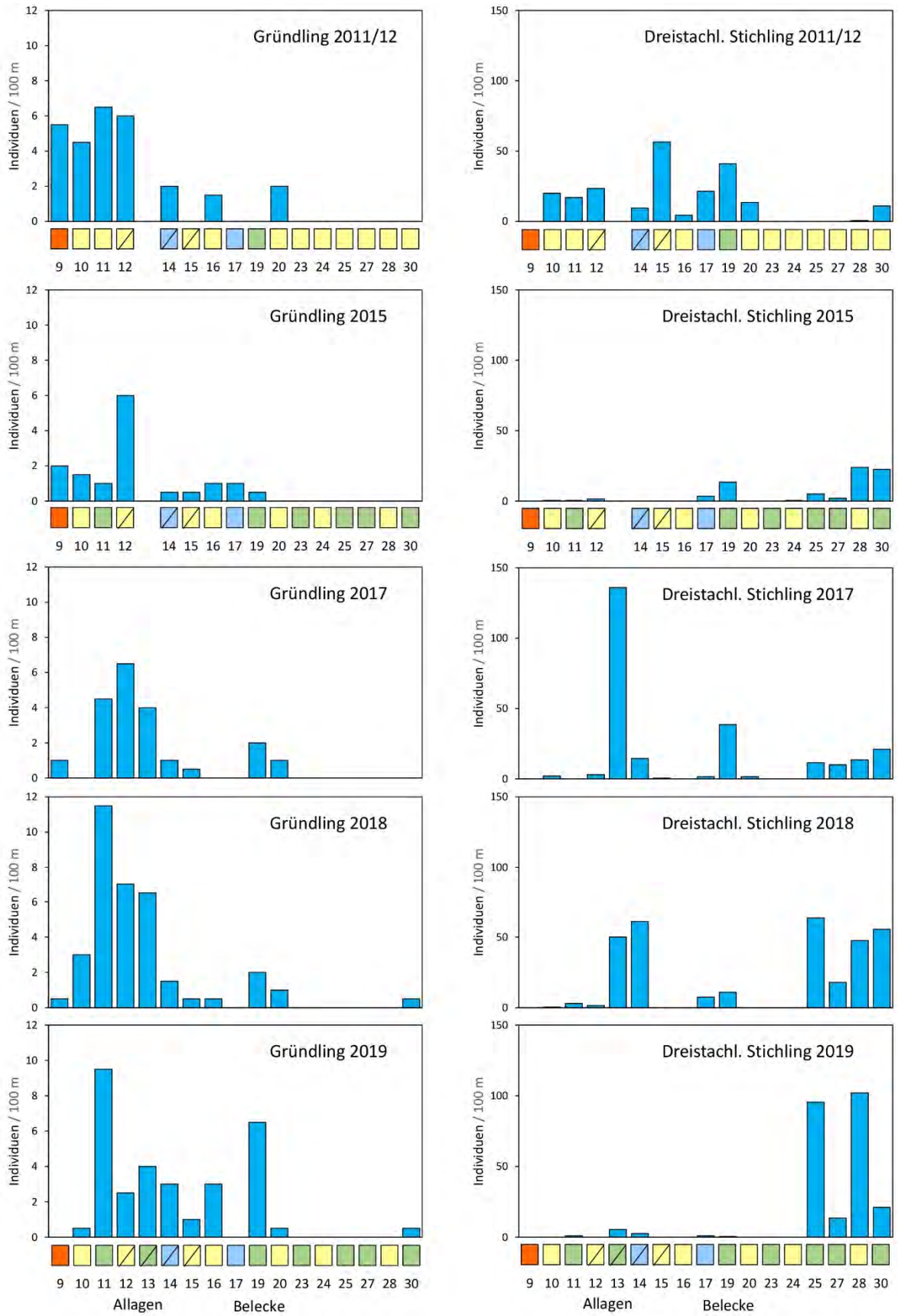


Abb. 5.6.2.2-6: Verbreitung und Häufigkeit von Gründling (*Gobio gobio*) und Dreistachligem Stichling (*Gasterosteus aculeatus*) in der Möhne 2011/12 bis 2019 (Legende s. Abb. 5.6.2.2-1)

5.6.2.3 Langfristige Bestandsveränderungen der Fischfauna des Möhnesystems

Da die bisherigen Ausführungen gezeigt haben, dass sich die Fischfaunen verschiedener Probestrecken auch in demselben Jahr stark voneinander unterscheiden können, ist eine Analyse möglichst langfristiger Veränderungen nur an stets denselben Gewässerabschnitten sinnvoll.

In der Datenbasis FischInfo des Landes Nordrhein-Westfalen (fischinfo.naturschutzinformationen.nrw.de/fischinfo/de/start) liegen im hier betrachteten Untersuchungsgebiet vier Probestrecken, die seit den Jahren 2004 bis 2006 mehrfach befischt wurden:

- ruh-09-61 an der Mündung des Breiten Siepen bachabwärts Beleck (Abb. 5.6.2.3-1) – diese Strecke überschneidet sich teilweise mit Probestrecke 16 der hier vorliegenden Untersuchung;
- ruh-09-96 an der Mündung der Romecke – die nächstgelegenen Probestrecken der aktuellen Befischungen sind Nr. 24 wenig bachabwärts und Nr. 25 wenig bachaufwärts;
- ruh-09-35 an der Heve in Neuhaus (Brücke Wilhelmsruh) – diese Strecke befindet sich nur wenig bachabwärts der Probestrecke 1 am Pegel Neuhaus;
- ruh-09-31 an der Großen Schmalenau – die Strecke befindet sich direkt bachaufwärts von Probestrecke 7.

Die Befischungen des LANUV fanden unabhängig von den Untersuchungen des Möhne-Projektes statt, so dass in einigen Fällen Untersuchungen verschiedener Elektrofischerei-Teams in demselben Jahr im Abstand von wenigen Tagen erfolgten. Die Ergebnisse aller Befischungen an den genannten Probestrecken für die häufigeren Arten sind in Abbildung 5.6.2.3-2 zusammengefasst.



Abb. 5.6.2.3-1: Möhne an der Mündung des Breiten Siepen, Probestrecke ruh-09-61 des LANUV

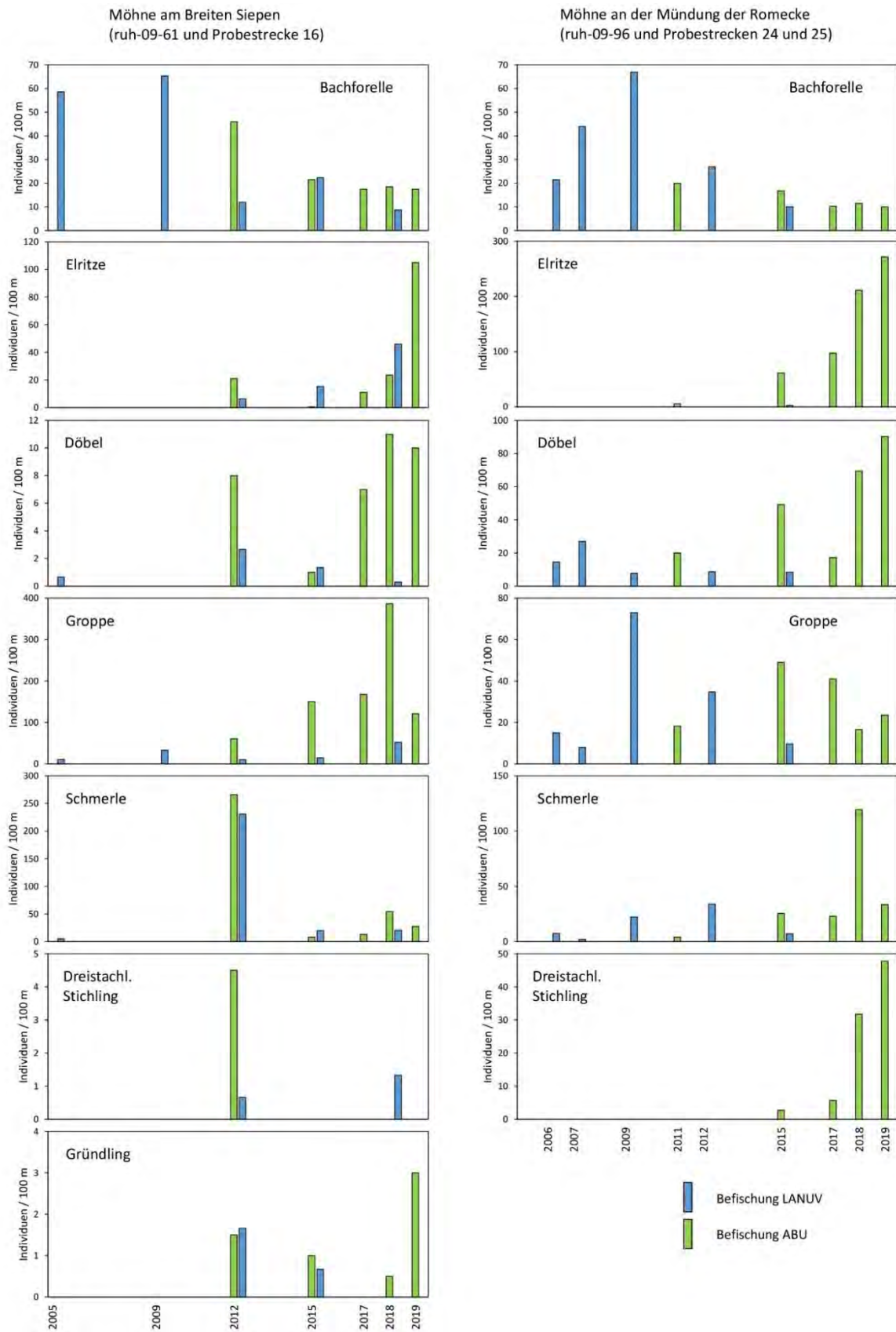


Abb. 5.6.2.3-2: Entwicklung der Abundanz von sieben Arten in zwei Abschnitten der Möhne 2005/06 – 2019 (Befischung ABU: in den Projekten „Kies Möhne“ und „LIFE Möhne“)

Im unteren Abschnitt der Möhne wurde die Bachforelle ab ca. 2012 seltener und hielt das neue, niedrigere Bestandsniveau 2015 bis 2019. Die Ursachen für diesen Bestandsverlauf sind unbekannt und wegen fehlender Daten zu dem regelmäßig in unbekanntem Ausmaß erfolgenden Besatz nicht weiter zu interpretieren.

Auch im Oberlauf der Möhne zeigt die Bachforelle einen ähnlichen Bestandsverlauf wie bachabwärts Beleckke.

Die Elritze wurde in beiden untersuchten Möhneabschnitten erstmals 2011 bzw. 2012 nachgewiesen und wurde seitdem immer häufiger. Von dieser eher anspruchsvollen kieslaichenden Art liegt im FischInfo aus den Jahren 1981 bis 2003 bei 50 Befischungen kein Nachweis vor. Erstmals wurden dann im November 2004 vier Exemplare in der Probestrecke ruh-09-119 am Oberlauf der Möhne zwischen den Mündungen der Bäche Bermecke und Steinbecke gefangen. 2007 ist der Fang von sieben Exemplaren bei Sichtgrov dokumentiert, danach steigen die Zahlen.

Im Eisvogelgewölle vor dem Jahr 2011 wurden wenige Elritzenknochen 1981 und 1993 bei Niederbergheim bzw. Allagen gefunden (s. Kap. 5.6.3).

Offenbar war die Elritze zeitweise im Einzugsgebiet der Möhne oberhalb der Talsperre entweder komplett verschwunden oder so selten, dass keine Nachweise mehr gelangen. Wodurch das Comeback der Art ausgelöst wurde, ist unklar. Entweder hatten irgendwo Restbestände überlebt oder absichtlicher oder unabsichtlicher Besatz war die Ursache. Mittlerweile ist die Elritze an einigen Probestrecken des Möhne-Oberlaufes die zahlenmäßig häufigste Art.

Döbel, Schmerle, Dreistachliger Stichling und Gründling zeigen alle im unteren Möhneabschnitt ein Bestandsmaximum im Jahr 2012, der im oberen Abschnitt der Möhne keine Entsprechung hat. Diese Maxima könnten durch das Fischsterben im Dezember 2010 ausgelöst worden sein, als ein fischgiftiges Holzschutzmittel von der Firma Fisch in Rüthen in die Möhne gelangte; damals starb bachabwärts ein großer Teil der Fische. Große Individuen waren besonders stark betroffen (ABU 2011). In dem nun fischarmen Lebensraum konnten offenbar Kleinfischarten mit früher Geschlechtsreife und hoher Reproduktionsrate schnell größere Bestände ausbilden. Große, spätreife Arten wie Äsche und Barbe brauchen dagegen mehrere Jahre, bis sie einen solchen Verlust ausgleichen können; zudem waren sie schon vor dem Unfall relativ selten und benötigen außerdem zum Ablaichen Kiesbänke mit bestimmten Eigenschaften. Der Döbel dagegen gehört zwar zu den großen Arten, war jedoch vor dem Fischsterben häufiger und weiter verbreitet als die anderen und ist als fakultativer Kieslaicher zur Reproduktion nicht auf besondere Strukturen angewiesen.

Die Groppe weist 2012 kein Bestandsmaximum auf. Sie ist zwar klein und relativ früh geschlechtsreif, hat aber als Brutpflegende, nur einmal im Jahr laichende Art eine niedrige Reproduktionsrate, so dass sie nicht wie andere Kleinfische als „Pionier“ in Erscheinung treten kann.

In der oberen Möhne zeigten Döbel und Dreistachliger Stichling 2018 und 2019 (wie die Elritze, s.o.) hohe Abundanzen (s. Kap. 5.6.2.1).

Die Jahresreihen an den folgenden beiden Probestrecken (Abb. 5.6.2.3-3) beschäftigen sich mit den Fischbeständen in Heve und Großer Schmalenau.

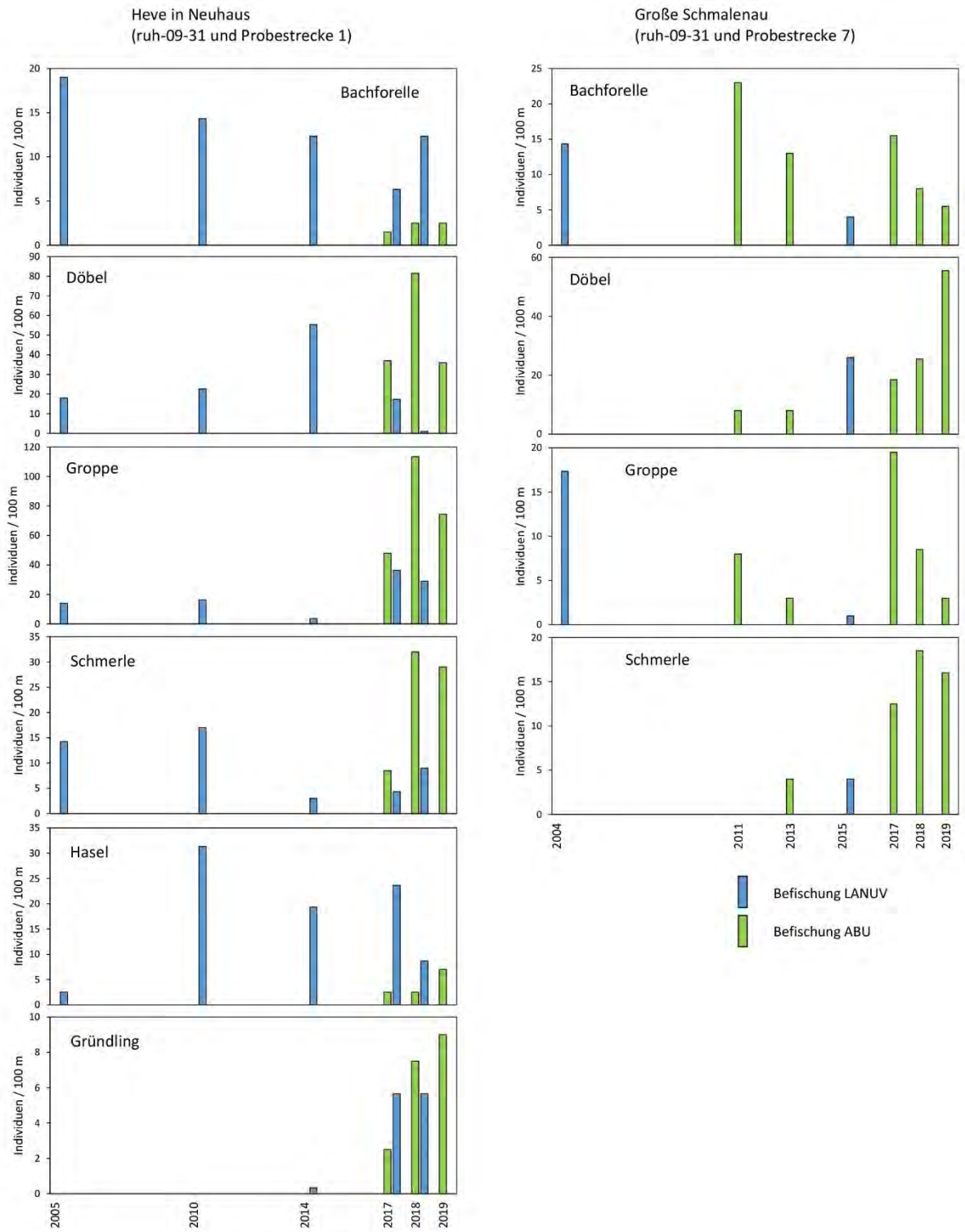


Abb. 5.6.2.3-3: Entwicklung der Abundanz von sechs Arten in Heve und Großer Schmalenau 2004/05 – 2019 (Befischung ABU: in den Projekten „Kies Möhne“ und „LIFE Bachtäler“)

In Abbildung 5.6.2.3-3 sind die Bestandsverläufe von sechs Arten in Heve und Großer Schmalenau dargestellt.

In der Heve sind bis auf den Gründling bei keiner der Arten eindeutige Trends erkennbar, insbesondere wenn die Befischungen von LANUV und ABU getrennt betrachtet werden.

Der Gründling wurde erstmals 2014 nachgewiesen, sein Bestand steigt seitdem an. Eine Ursache dafür könnten höhere Wassertemperaturen im Frühjahr und Sommer sein, da diese Art in kühlen Forellenbächen nicht so gut zurechtkommt.

In der Großen Schmalenau sind in den Abundanzverläufen von Bachforelle und Groppe keine langfristigen Trends sichtbar; die Auswirkung trockener Sommer wird in Kapitel 5.6.4 beschrieben.

Die Schmerle wurde erstmals im Jahr 2011 an der Probestrecke nachgewiesen. Es ist wahrscheinlich, dass die Art den Oberlauf des Baches erst erreichen konnte, nachdem im Herbst 2011 im Rahmen des LIFE-Projektes „Bachtäler im Arnsberger Wald“ ein bachabwärts gelegenes Wehr mit Sohlabsturz beseitigt wurde. Der Döbel kam bereits vorher im betreffenden Bachabschnitt vor. Wie die Schmerle scheint er von den trockenen Sommern zu profitieren.

5.6.3 Ergebnisse der Analysen von Eisvogel-Gewöllproben

Insgesamt wurden in den 29 Gewöllproben von 1981 bis 2019, die von 14 verschiedenen Eisvogelbrutplätzen im Einzugsgebiet der Möhne stammten (Tab. 5.6.3-1), 10.531 diagnostische Fischknochen von 22 Arten bzw. Artengruppen festgestellt.

Die am häufigsten registrierte Art war die Groppe (37,5 % der Nahrung), gefolgt von Bachforelle (12,8 %), Elritze (12,1 %) und Rotaugen (9,6 %). Groppe und Bachforelle kamen jeweils in 28 der 29 Proben vor. Mit Bachforelle und Elritze gehören zwei anspruchsvolle Kieslaicher zur Hauptbeute des Eisvogels. Zwei andere ausschließlich lithophile Fische – Äsche und Barbe – traten weitaus seltener und nur an der Möhne auf. In den 21 Proben von der Möhne enthielten 11 Äschenreste, aber nur sechs Proben Knochen von Barben. Auch der Hasel, den Eisvogel sowohl im Hevesystem als auch an der Möhne verzehrten, war im Gewölle selten, während der Döbel zwar weit verbreitet vorkam, aber mit 4,6 % nur einen geringen Teil der Eisvogelnahrung ausmachte.

Vergleich der Nahrungszusammensetzung des Eisvogels an der Möhne in den Jahren 1981 bis 1993 und 2015 bis 2019

Die Anteile der verschiedenen Fischarten in der Eisvogelnahrung verteilen sich nicht gleichmäßig über die fast 40 Jahre von 1981 bis 2019.

Die vorliegenden Eisvogel-Gewöllproben von der Möhne lassen sich gut in zwei Zeiträume mit ähnlichem Probenumfang einteilen: 1981 bis 1993 und 2015 bis 2019. In den Abbildungen 5.6.3-1 bis 5.6.3-5 sind für 12 Fischarten und die zusammengefasste Gruppe der stagnophilen Arten jeweils zwei Diagramme erstellt, die die prozentualen Anteile der Art (bzw. Gruppe) an der Eisvogelnahrung der verschiedenen Brutplätze in den beiden Zeiträumen darstellen.

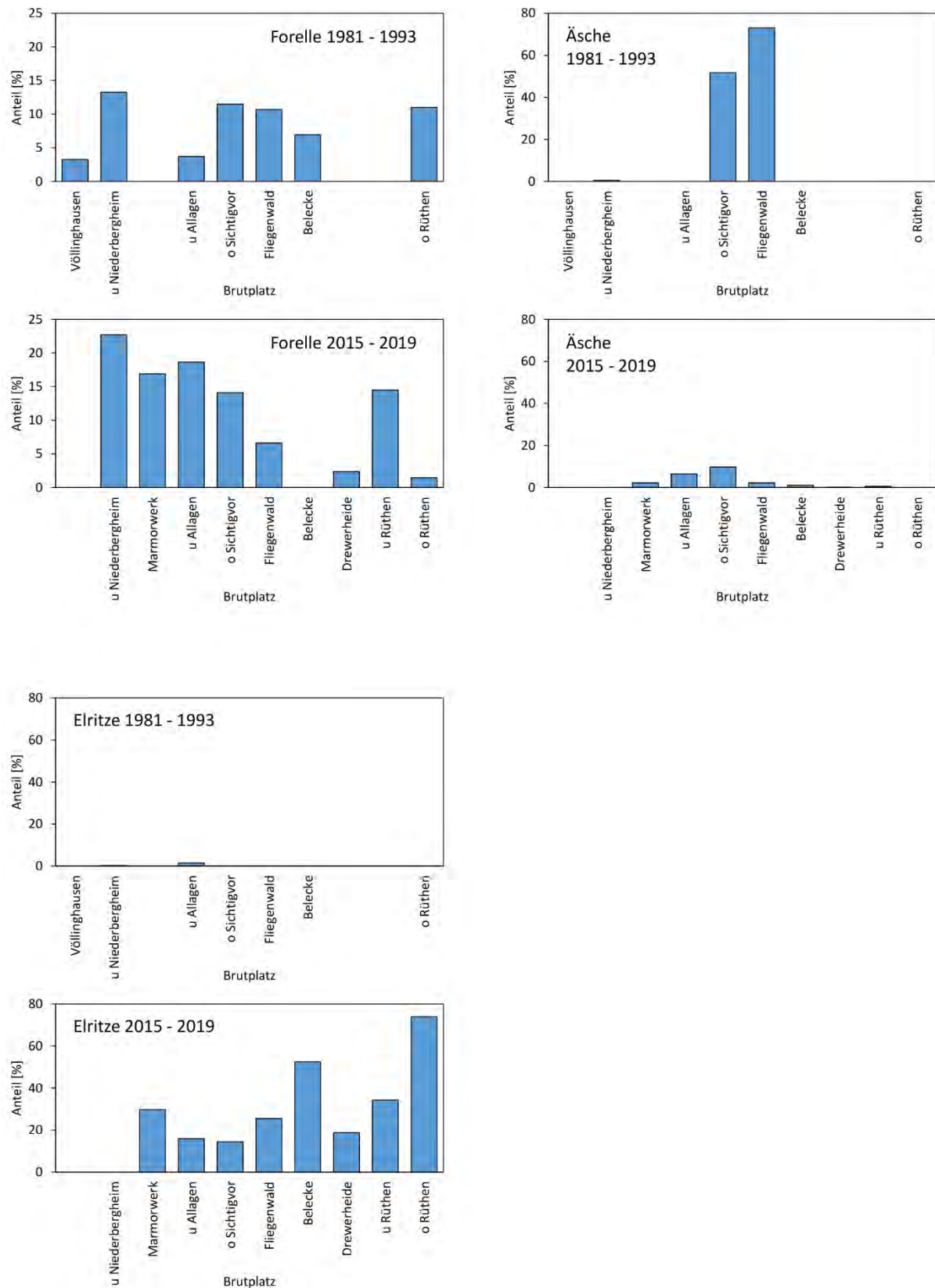


Abb. 5.6.3-1: Anteile der drei Arten der „Brutverstecker“ unter den kieslaichenden Fischen in Eisvogel-Gewöllproben von der Möhne 1981 bis 1993 und 2015 bis 2019 (lagen aus einem Zeitraum mehrere Proben vor, wurden die Werte gemittelt).

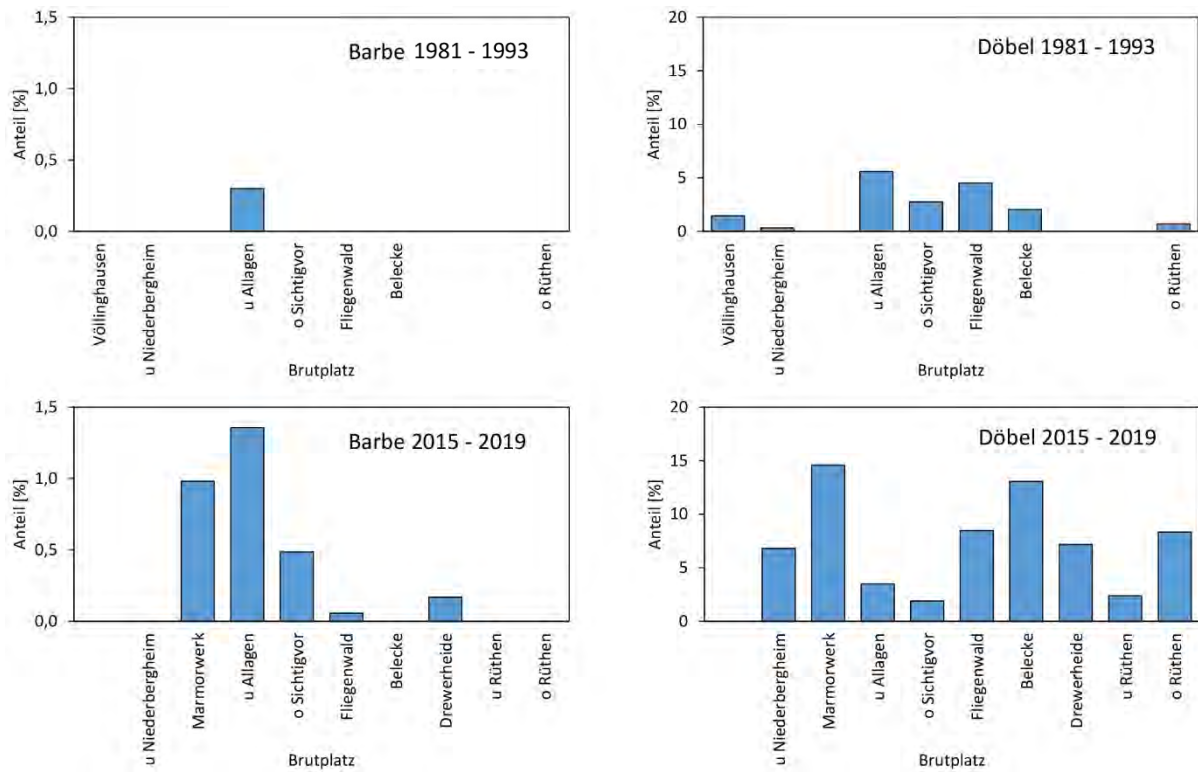


Abb. 5.6.3-2: Anteile der beiden „Oberflächendeponierer“ unter den kieslaichenden Fischen in Eisvogel-Gewöllproben von der Möhne 1981 bis 1993 und 2015 bis 2019 (lagen aus einem Zeitraum mehrere Proben vor, wurden die Werte gemittelt; der Hasel als weiterer „Oberflächendeponierer“ war so selten in den Gewöllproben vertreten, dass eine Darstellung in Diagrammen nicht sinnvoll war).

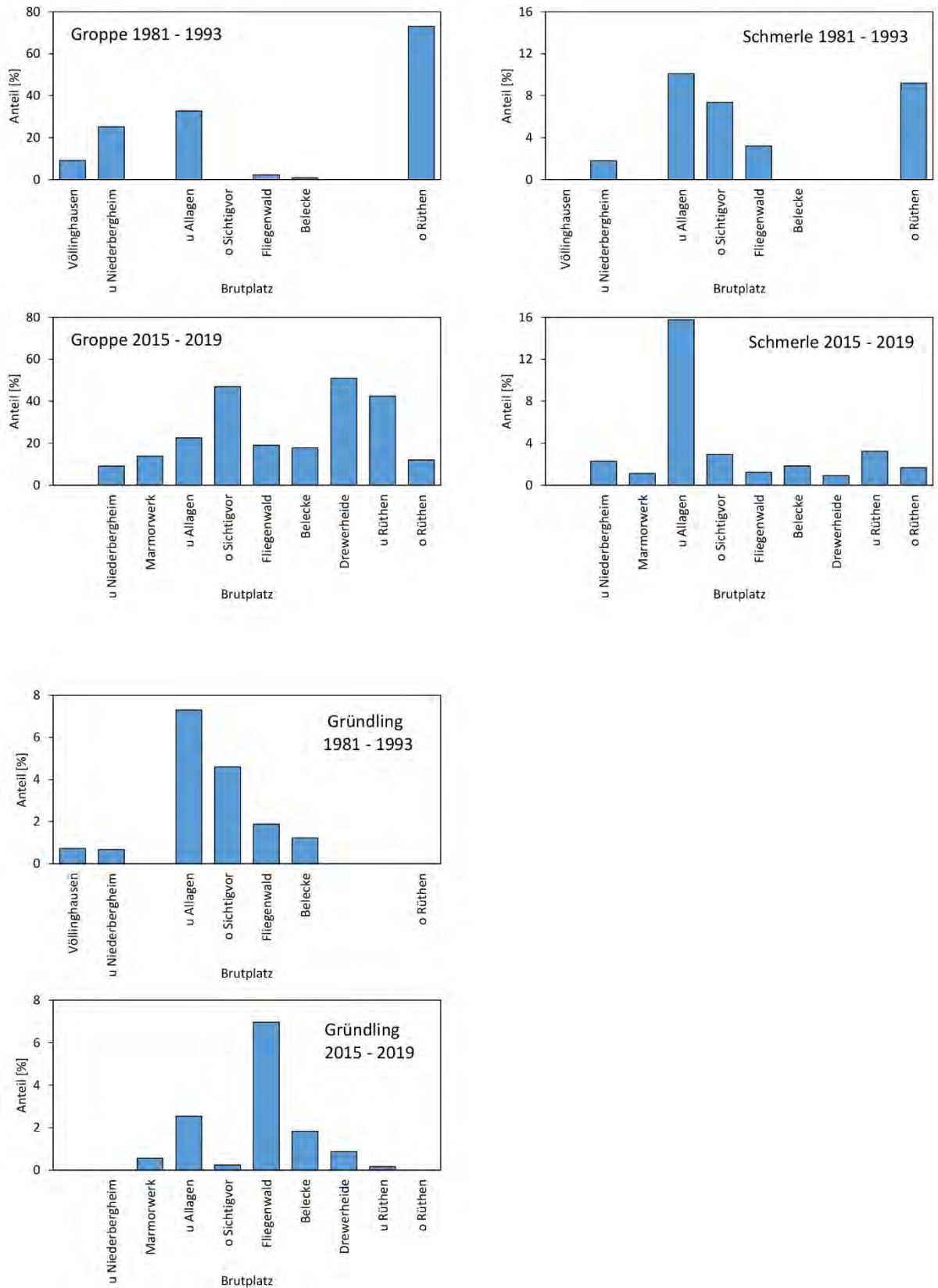


Abb. 5.6.3-3: Anteile der rheophilen, aber nicht lithophilen Fischarten in Eisvogel-Gewöllproben von der Möhne 1981 bis 1993 und 2015 bis 2019 (lagen aus einem Zeitraum mehrere Proben vor, wurden die Werte gemittelt).

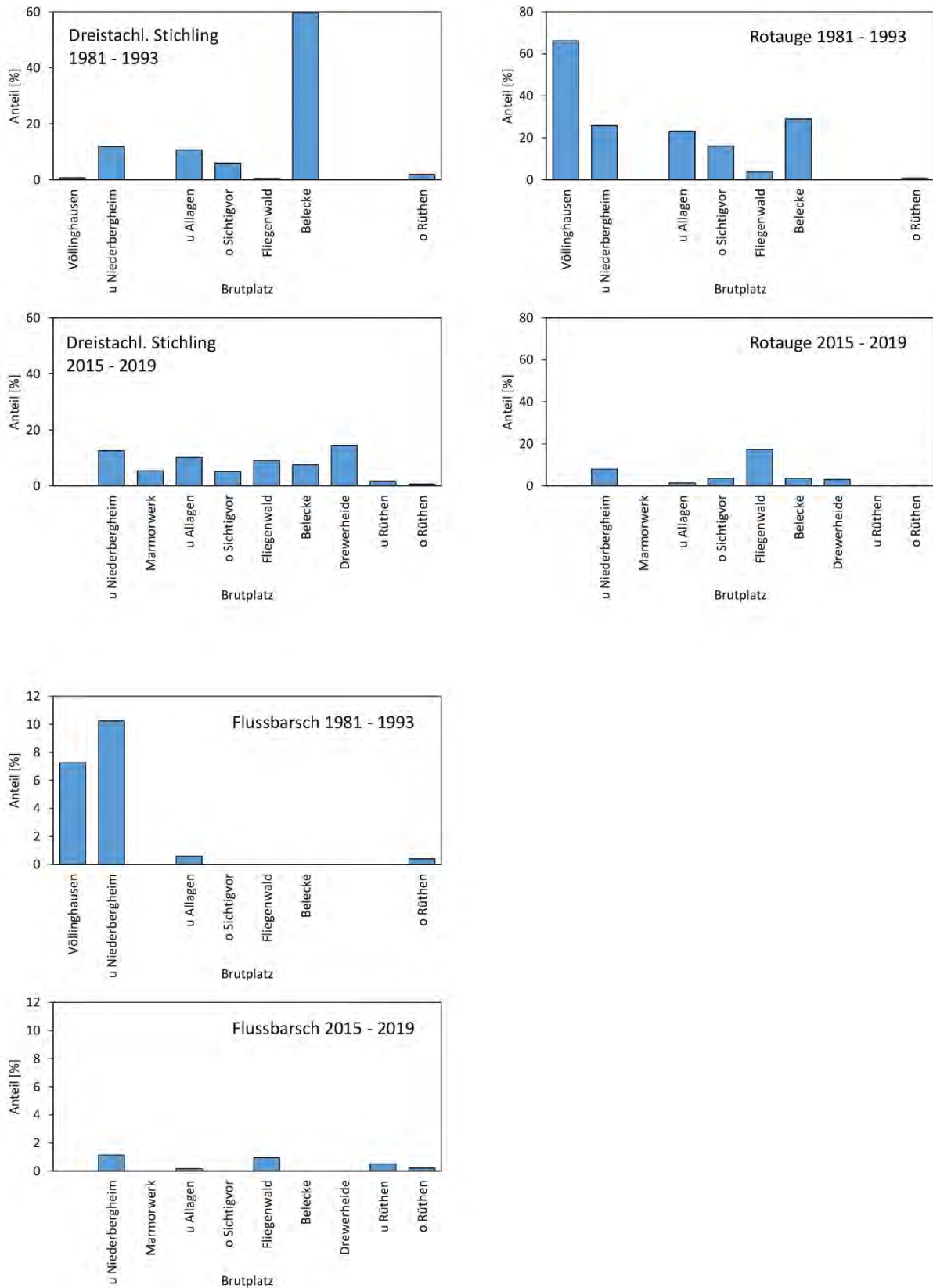


Abb. 5.6.3-4: Anteile von drei euryöken Fischarten in Eisvogel-Gewöllproben von der Möhne 1981 bis 1993 und 2015 bis 2019 (lagen aus einem Zeitraum mehrere Proben vor, wurden die Werte gemittelt).

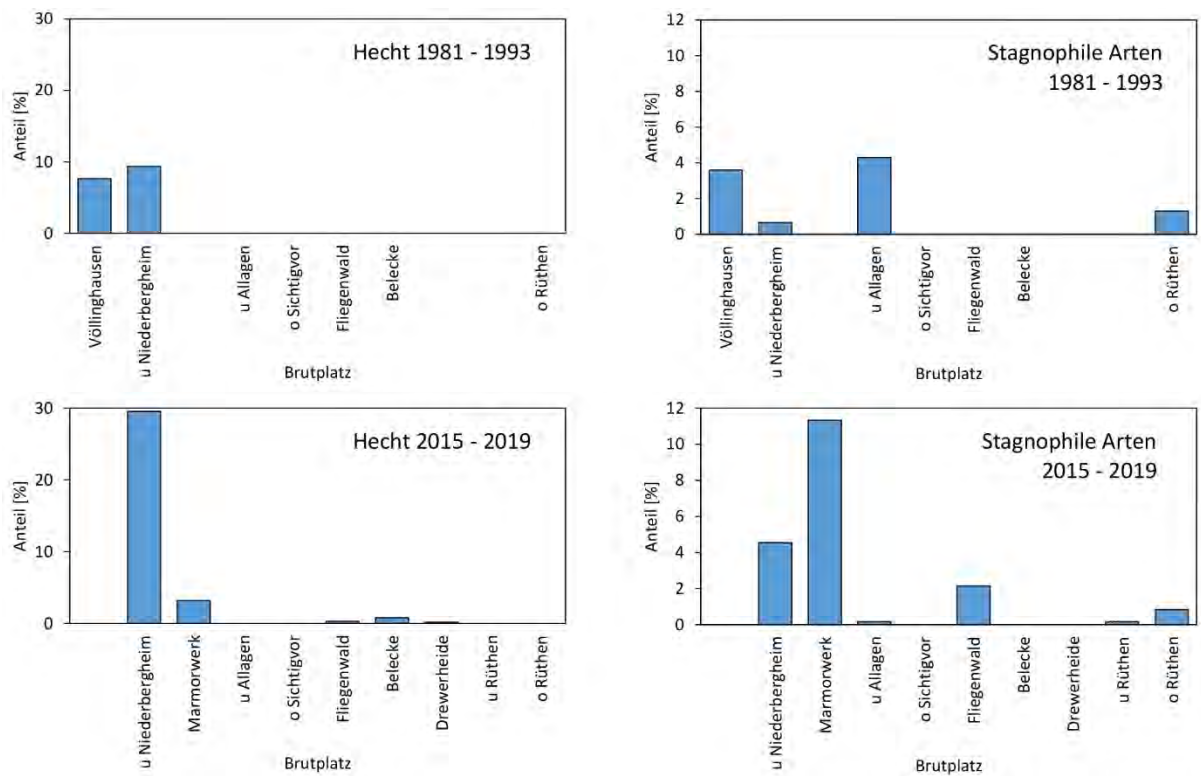


Abb. 5.6.3-5: Anteile von stagnophilen Fischarten in Eisvogel-Gewöllproben von der Möhne 1981 bis 1993 und 2015 bis 2019 (lagen aus einem Zeitraum mehrere Proben vor, wurden die Werte gemittelt; zu den stagnophilen oder Stillgewässer-Arten gehören hier Brachsen, Giebel/Goldfisch, Karpfen, Moderlieschen, Rotfeder und Schleie).

Die Unterschiede zwischen den beiden betrachteten Zeiträumen lassen sich grob in drei „Reaktionstypen“ einteilen:

- Die Anteile der Art an der Eisvogelnahrung in beiden Zeiträumen sind ähnlich bzw. es ist kein Trend ersichtlich: Bachforelle, Schmerle, Gründling, Dreistachliger Stichling, Hecht, stagnophile Arten;
- Die Anteile an der Eisvogelnahrung lagen im früheren Zeitraum (1981 – 1993) höher: Äsche, Rotaugen, Flussbarsch;
- Die Anteile an der Eisvogelnahrung lagen im späteren Zeitraum (2015 – 2019) höher: Elritze, Barbe, Döbel, Groppe.

Vergleich der Nahrungszusammensetzung des Eisvogels an der Heve in den Jahre 1983 bis 2001 und im Jahr 2018

Von der Heve liegen nicht so viele Gewöllproben vor wie von der Möhne (s. Tab. 5.6.3-1). Aus dem Zeitraum 1983 bis 2001 sind es sechs Proben von vier Brutplätzen, aus dem Jahr 2018 nur zwei Proben von zwei Brutplätzen.

In Abbildung 5.6.3-6 sind für drei Fischarten und die zusammengefasste Gruppe der „Sonstige Arten“ jeweils zwei Diagramme erstellt, die die prozentualen Anteile der Art (bzw. Gruppe) an der Eisvogelnahrung der verschiedenen Brutplätze in den beiden Zeiträumen darstellen.

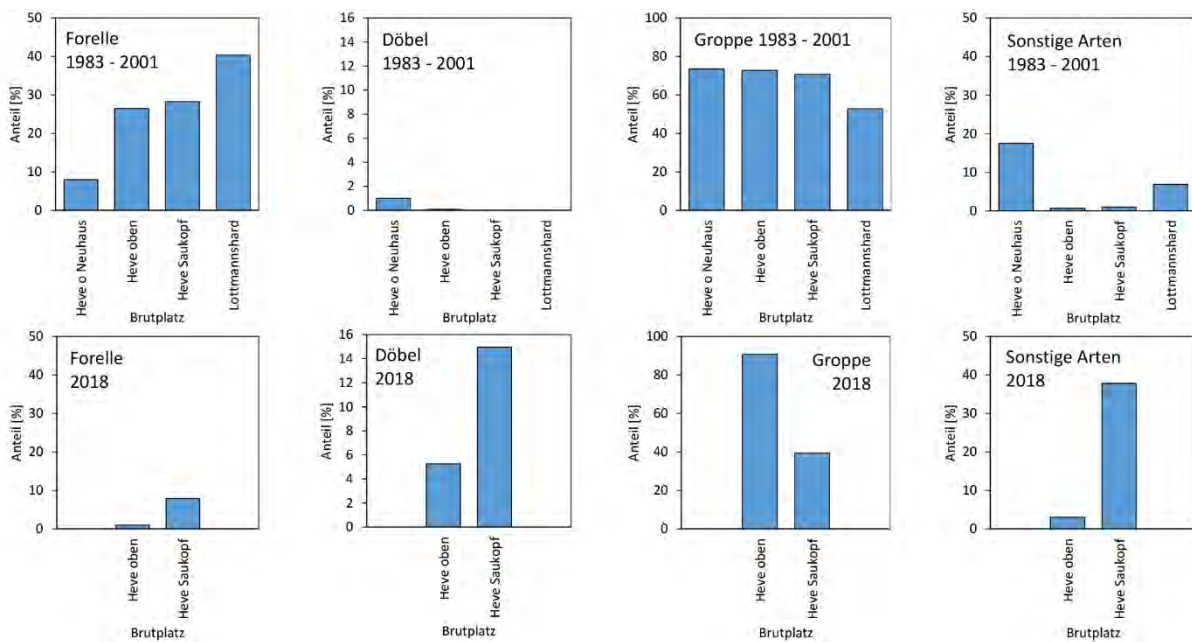


Abb. 5.6.3-6: Anteile von Fischarten in Eisvogel-Gewöllproben von der Heve 1983 bis 2001 und 2018 (lagen aus einem Zeitraum mehrere Proben vor, wurden die Werte gemittelt).

Bei den Anteilen der Groppe und den „sonstigen Arten“ sind keine erheblichen Unterschiede zwischen den beiden Untersuchungszeiträumen festzustellen, während die Anteile der Bachforelle in der Eisvogelnahrung stark zurückgingen und die Anteile des Döbels deutlich anstiegen.

Die Groppe ist insgesamt gesehen der wichtigste Nahrungsfisch des Eisvogels in der Heve – und zwar an allen Brutplätzen. Die prozentualen Anteile der Forelle dagegen steigen von Neuhaus zum Lottmannshardbach also von unten nach oben an.

Vergleich der Eisvogelnahrung mit Ergebnissen der Elektrofischungen

Dieser Vergleich berücksichtigt die Eisvogelbruten 2015 bis 2019 und die Elektrofischungen 2017 bis 2019.

In der Möhne wurden 14 Fischarten mit beiden Methoden nachgewiesen. Nur in Elektrofischungen tauchten fünf Arten auf, nämlich Aal, Bachneunauge, Brachsen, Quappe und Zander, während die folgenden sechs Arten nur in Gewöllproben zu finden waren: Karpfen, Moderlieschen, Rapfen, Regenbogenforelle, Rotfeder und Schleie.

Junge Aale mit Körperlängen, die der Eisvogel bewältigen kann, kommen im Möhnesystem nicht vor. Quappe und Zander wachsen so schnell, dass sie nur über einen sehr kurzen Zeitraum als Eisvogelbeute in Frage kommen. Junge Brachsen werden verzehrt, wie Gewöllfunde aus den Jahren 1981 und 1984 zeigen (s. Tab. 5.6.3-1), während der Eisvogel Bachneunaugen zwar frisst, aber Rundmäuler keine Spuren im Gewölle hinterlassen.

Die sechs Fischarten, die nur als Eisvogelnahrung auftauchten, nicht aber bei Elektrofischungen, stammen wahrscheinlich überwiegend aus Stillgewässern, darunter vielleicht auch Gartenteiche.

Im Rahmen der Elektrofischungen 2017 bis 2019 gelangen Nachweise diesjähriger (0+) Äschen zwischen Niederbergheim und Belecke. Funde in Eisvogelgewöllproben bestätigten dies, belegten aber darüber hinaus das Vorkommen junger Äschen auch westlich von Rüthen (Abb. 5.6.3-7).

Die Nachweise diesjähriger (0+) Barben ergeben bei den Elektrofischungen eine etwas weitere Verbreitung der Jugendstadien dieser Art als im Eisvogelgewölle. Barben weisen erst relativ spät in der Brutzeit des Eisvogels eine für den Vogel geeignete Größe auf, so dass die Wahrscheinlichkeit eines Nachweises erst bei späten Bruten steigt. Äschen dagegen haben mit ihrer frühen Laichzeit und ihrem schnellen Wachstum schon bei früheren Eisvogelbruten eine „verwertbare“ Größe und sind zudem durch ihre schlanke Form besonders gut zu schlucken.

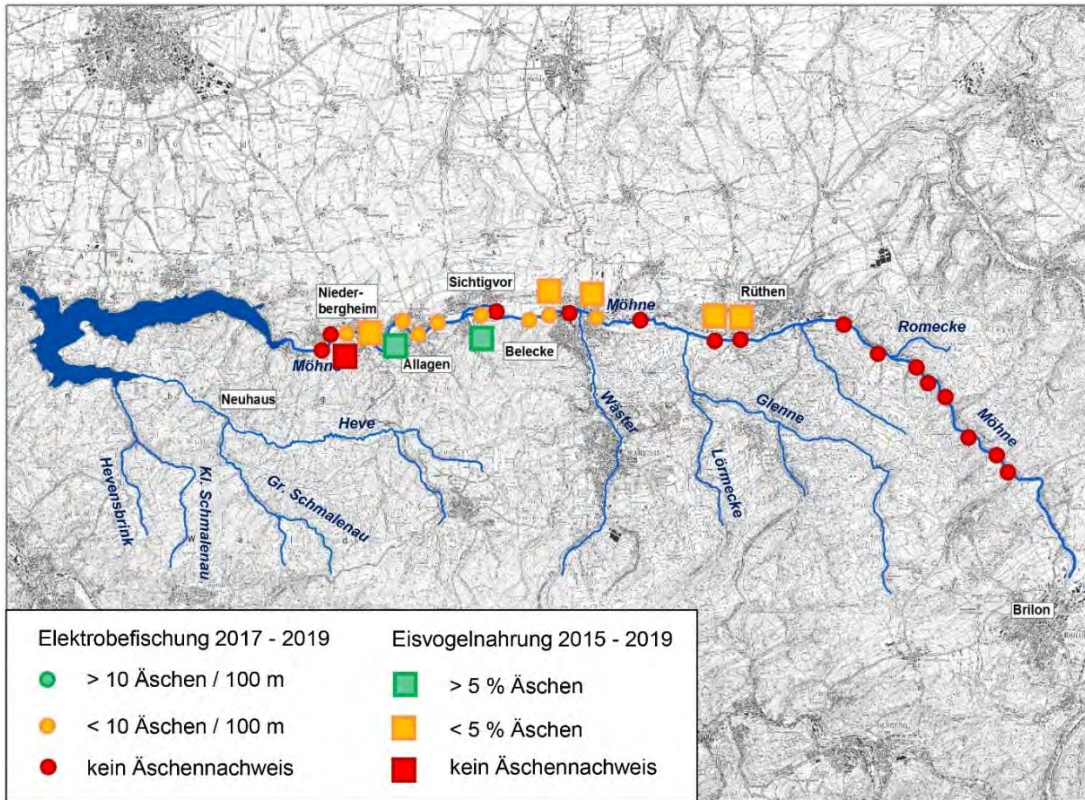


Abb. 5.6.3-7: Gegenüberstellung von Ergebnissen von Elektrofischungen und der Analyse von Eisvogelnahrung an der Möhne: Vorkommen diesjähriger (0+) Äschen

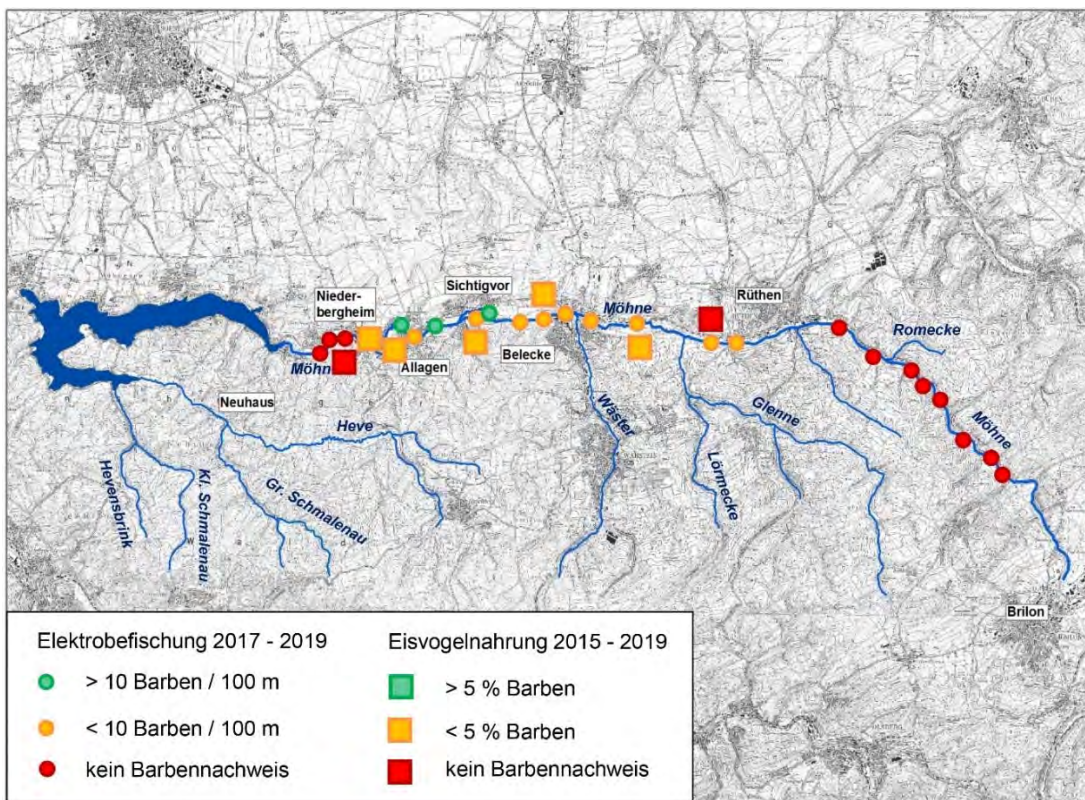


Abb. 5.6.3-8: Gegenüberstellung von Ergebnissen von Elektrofischungen und der Analyse von Eisvogelnahrung an der Möhne: Vorkommen diesjähriger (0+) Barben

5.6.4 Auswirkungen des trockenen Sommers 2018 auf die Fischfauna

Im Sommer 2018 war die Niederschlagsmenge in Mittelwestfalen unterdurchschnittlich. Ende Juli begannen auch größere Bäche im Arnsberger Wald auszutrocknen. Streckenweise floss das Wasser nicht mehr oberirdisch, sondern nur noch durch den Kies. Aquatische Organismen sammelten sich in den verbliebenen tieferen Kolken. Hier herrschte starker Fraßdruck durch größere Fische und verschiedene Vogelarten. Die Erwärmung des nur noch geringfügig strömenden Wassers in den Kolken, suhlende Wildschweine und mitunter auch wohlmeinende Spaziergänger, die versuchten, Fische zu retten, wirkten sich zusätzlich negativ aus und führten zu weiteren Verluste besonders bei den rheophilen Arten wie Bachforelle und Groppe.



Abb. 5.6.4-1: Fast ausgetrocknete Heve an Probestrecke 2 oberhalb der Mündung der Großen Schmalenau am 27.07.2018; am Befischungstermin am 23.07. hatte der Bach zwar Niedrigwasser, floss aber noch fast auf der gesamten Breite über dem Kies. Das Trockenfallen längerer Abschnitte ereignete sich also in nur wenigen Tagen!



Abb. 5.6.4-2: Die Große Schmalenau am 27.07.2018 an der obersten Probestrecke 8 am „von Donnerschen Weg“: Das Gewässer führt hier paradoxerweise noch mehr Wasser als weiter bachabwärts, aber auf einigen Strecken findet der Abfluss auch hier nur noch durch den Kies statt, so dass Fische in den tieferen Kolken gefangen sind.



Abb. 4.6.4-3: Tote Groppe in einem Restkolk der Großen Schmalenau oberhalb der Mündung in die Heve (Probestrecke 5)

Da die regulären Befischungen der Probestrecken im Hevesystem vor dem Austrocknen vieler Bäche stattgefunden hatten, bot sich nach dem Ende der Dürre, als die Bäche wieder flossen, die Gelegenheit, den Einfluss der Trockenperiode auf die Fischfauna abzuschätzen. Dazu wurden als die jährlich wechselnde „Joker-Probestrecke“ die beiden Strecken 2 und 8 in Heve und Großer Schmalenau noch einmal befishet. Die Ergebnisse sind in Abbildung 4.6.4-4 zusammengestellt.

Die ursprünglich als „Joker“ vorgesehene Strecke war der Zusammenfluss von Lottmannshardbach und Halle in der Honigkurve (= Entstehung der Heve) gewesen, um zu prüfen, ob die Bestände der Bachforelle hier ähnlich niedrig waren wie am Unterlauf der Heve. Diese Befischung musste jedoch ausfallen, weil die ausgewählte Stelle schon sehr früh ausgetrocknet war.

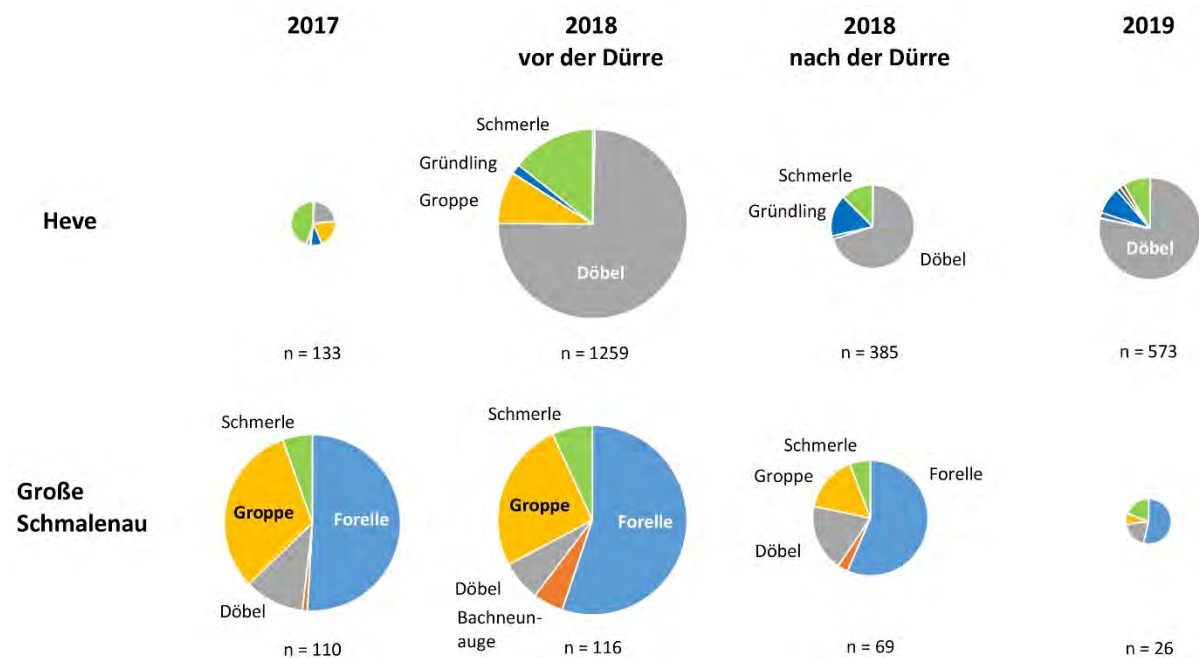


Abb. 5.6.4-4: Veränderung der Fisch- und Rundmaulfauna an zwei Probestrecken im Hevesystem nach der Trockenperiode im Sommer 2018: Probestrecke 2 in der Heve und Probestrecke 8 in der Großen Schmalenau; der Radius jedes Kreises ist proportional zur Gesamtzahl der Fänge (n), aber die Skalierung der beiden Gewässer unterscheidet sich.

Probestrecke 8 in der Großen Schmalenau gehört zum Fischgewässertyp der oberen Forellenregion. Die beiden Befischungen vor der Dürre ergaben ähnliche Fangzahlen und eine sehr ähnliche Zusammensetzung der Fisch- und Rundmaulfauna. 2018 nach der Dürre sind die Fangzahlen niedriger (nur noch 59,5 % der Zahl vor der Dürre), aber die Artenzusammensetzung hat sich nur geringfügig geändert: Der Anteil der Groppe ist geringer geworden. Im Folgejahr 2019 waren die Fangzahlen noch einmal erheblich gesunken und der Groppenanteil weiter zurückgegangen.

In Probestrecke 2 im Unterlauf der Heve lagen die Fangzahlen 2018 um den Faktor 10 höher als 2017, was zum weit überwiegenden Teil durch diesjährige (0+) Döbel verursacht wurde, während die Zahlen der anderen Arten sich nicht so stark veränderten. Eventuell war der große Reproduktionserfolg des Döbels bereits eine Folge der warmen und trockenen Witterung.

Die Dürre im Sommer 2018 verringerte in der unteren Heve nicht nur die Fangzahl um den Faktor 3 gegenüber der ersten Befischung im Jahr 2018 (auf nur noch 30,6 % der Zahl vor der Dürre), sondern veränderte auch die Zusammensetzung der Fauna: V.a. der Anteil der Groppe sank dramatisch ab. 2019 zeigte einen leichten Anstieg der Fangzahlen, aber die Groppe wurde nicht wieder häufiger.

Als Fazit bleibt festzuhalten, dass die ausgeprägte Dürre 2018 im Hevesystem einen starken Rückgang der Fischdichte verursachte, der jedoch im Oberlauf nicht ganz so dramatisch war wie weiter bachabwärts. Besonders starke negative Folgen hatte die Trockenphase für die Groppe. Diese Art vermehrt sich langsam, da sie nur einmal im Jahr relativ wenige Eier legt.

5.6.5 Bewertung der Fischfauna mit „fiBS“

Das fischbasierte Bewertungssystem „fiBS“ (DUßLING 2009) wird in Nordrhein-Westfalen angewendet, um die Fischfauna eines Gewässers für die Wasserrahmenrichtlinie zu bewerten. In die Bewertung gehen v.a. die Abweichungen der prozentualen Anteile der „Leitarten“ im Ergebnis einer Elektrofischung von den Anteilen dieser Arten in der Referenzfischfauna (NZO & IfÖ 2007) ein, in geringerem Umfang auch die Reproduktion dieser Arten und die Vorkommen der weniger häufigen Arten.

Die Tabellen 5.6.5-1 und 5.6.5-2 zeigen die Bewertungen der Fänge 2017 bis 2019 an allen Probestrecken sowie Bewertungen von Befischungen der Vorjahre aus Möhne und Hevesystem.

Unter der Bewertungstabelle sind die Einschätzungen der Probestrecken hinsichtlich Naturnähe bzw. Struktureichtheit aus Tabelle 5.4.2-1 noch einmal dargestellt. „Naturnähe“ bezeichnet das ursprüngliche Auswahlkriterium einer Strecke (s. Kap. 3.3), basierend auf den Angaben zur Gewässerstruktur in elwas.nrw.de bzw. eigenem Urteil. „Struktureichtheit“ dagegen teilt die Probestrecken nach den in der vorliegenden Studie ermittelten Daten ein, ohne dass eine Rolle spielt, ob die Strecke neu renaturiert wurde oder sich schon länger in einem naturnahen Zustand befindet.

Tab. 5.6.5-1: Bewertungen von Befischungsergebnissen in Möhne (und Wäster) aus den Jahren 2012 bis 2019 mit dem fischbasierten Bewertungssystem „fiBS“

Gewässer	Möhne FIGt 09 (Äschentyp)																		Möhne FIGt 02 (unterer Forellentyp)											Wäster
	9 = 1	31b	10 = 2	11 = 4	12 = 5	13	14 = 7	15 = 6	16 = 8	17 = 9	18	19 = 10	20 = 11	21	22	23 = 14	24 = 15	25 = 17	26 = 18	27 = 19	28 = 20	29	30 = 22	31						
2010	Fischsterben im Dezember 2010																													
2011																														
2012	2,14		2,28	2,19	2,44		2,65	2,31	2,72	2,61		2,32	2,07			2,71	3,07	3,31	2,89	3,00	2,30		2,06							
2013																														
2014																														
2015	1,74		1,81	2,29	2,98		1,94	1,68	1,78	2,79																				
2016																														
2017	1,81		2,06	1,98	2,40	2,23	2,44	3,00	1,94	2,19	1,69	2,39	2,29	2,48	2,64	2,79	2,14	3,05	2,56	2,73	2,55	1,57	2,40	3,32						
2018	1,98		1,85	2,52	2,40	2,44	2,64	2,07	2,31	2,63	1,37	2,55	2,23	2,39	2,04	2,44	2,14	2,99	2,88	2,48	2,46	1,57	1,50							
2019	1,99	2,51	2,06	2,44	2,69	2,63	2,72	2,58	2,35	2,93	1,90	2,14	2,30	2,73	1,96	2,87	2,46	2,39	2,70	3,05	2,39	1,64	1,57							

Naturnähe
 aus: gering, renat.: hoch, +/-: mittel, renat.: hoch, nat.: hoch, +/-: gering, +/-: gering, nat.: hoch, aus: mittel, renat.: mittel, +/-: hoch, aus: gering, renat.: mittel, +/-: mittel, renat.: hoch, nat.: mittel, +/-: hoch, renat.: hoch, +/-: mittel, renat.: hoch, nat.: mittel, +/-: mittel

Bewertung nach fiBS
 sehr gut (blau), gut (grün), mäßig (gelb), unbefriedigend (orange), schlecht (rot)

Eigene Naturnähe-Klassen der Probestrecken
 nat.: seit längerer Zeit naturnah
 renat.: innerhalb der letzten 7 Jahre renaturiert
 +/-: bedingt naturnah / teilweise befestigt
 aus: ausgebaut

★ Zeitpunkt der Umgestaltung
 ■■■■ Fischsterben im Dezember 2010

Tab. 5.6.5-2: Bewertungen von Befischungsergebnissen in Heve und Großer Schmalenau aus den Jahren 2010 bis 2019 mit dem fischbasierten Bewertungssystem „fiBS“

Gewässer	Heve fiGt 02				Gr. Schmalenau fiGt 02/01				
	1	2 = L01	3 = L02	4 = L03	5 = L05	6 = L06	7 = L07	8 = L08	
2010		2,67	1,96	2,12					
2011			★		2,78	2,43	2,69	2,21	
2012					★	★			
2013		2,38	2,54	1,24	2,19	2,93	3,19	2,00	
2014		★			2,76	3,36			
2015									
2016									
2017		2,21	2,21	2,14	2,37	2,23	2,12	3,92	4,17
2018		2,21	2,14	2,30	2,51	2,14	2,69	2,77	4,42
2019		2,14	2,14	1,73	1,73	1,48	1,48	2,23	2,92

"Naturnahe"	aus	renat.	renat.	nat.	renat.	renat.	nat.	+/-
Strukturreichtum	gering	hoch	hoch	hoch	hoch	mittel	hoch	mittel

Bewertung nach fiBS

- sehr gut
- gut
- mäßig
- unbefriedigend
- schlecht

Eigene Naturnahe-Klassen der Probestrecken

- nat. seit längerer Zeit naturnah
- renat. innerhalb der letzten 7 Jahre renaturiert
- +/- bedingt naturnah
- aus ausgebaut

★ Zeitpunkt der Umgestaltung

Wenn ein ausgebaute Gewässerabschnitt renaturiert wird, erwartet man im besten Fall, dass die Fischfauna vor der Umgestaltung nicht in einem guten Zustand ist und nach den Baumaßnahmen allmählich einen immer besseren Zustand erreicht. Leider zeigen die Tabellen 5.6.5-1 und 5.6.5-2 einen solchen Ablauf an keiner der untersuchten Probestrecken. Die Bewertungen wechseln oft von Jahr zu Jahr ohne erkennbaren Grund.

Im vorliegenden Bericht sind für die meisten Arten in strukturreichen Abschnitten der Möhne höhere Dichten dokumentiert als in strukturarmeren (Kap. 5.6.2.1) - dies ist aber nicht gleichbedeutend mit einem höheren fiBS-Wert, denn fiBS reagiert v.a. auf die prozentuale Zusammensetzung der Fischfauna, nicht auf die Abundanz von Arten. Dies ist eine Schwachstelle von fiBS, denn die Individuenzahl jeder Art beeinflusst die Anteile aller anderen. So kann ein gutes Reproduktionsjahr einer Art die prozentualen Anteile aller anderen Arten so stark beeinflussen, dass sich die Gesamtbewertung der Fischfauna verschlechtert, ohne dass sich die Abundanz der anderen Arten verändert hätte.

Die fiBS-Werte in den Tabellen 5.6.5-1 und 5.6.5-2 zeigen jedoch bei einer Gesamtbetrachtung Tendenzen, naturnahe bzw. strukturreiche Probestrecken durchschnittlich besser zu bewerten als „mittelgute“ Strecken und strukturarmer bzw. ausgebaute Strecken schlechter.

Eine weitere nachvollziehbare Bewertung ist die schlechtere Beurteilung als im Vorjahr der meisten Probestrecken in Heve und Großer Schmalenau nach dem Dürresommer 2018, der die Fischfauna massiv schädigte.

Insgesamt gesehen zeigt die Auswertung in diesem Kapitel jedoch, dass das fischbasierte Bewertungssystem keine sichere Beurteilung einer einzelnen Probestrecke in einem Jahr liefert. Erst das „Poolen“, also die gemeinsame Auswertung mehrerer gleichartiger Probestrecken in einem Jahr oder mehrerer Befischungen einer Probestrecke in verschiedenen Jahren ergibt verlässlichere Bewertungen (vgl. SCHÜTZ et al. 2005, STORM & BUNZEL-DRÜKE 2020).

5.7 Makrozoobenthos

5.7.1 Überblick

Während der Laufzeit des Projektes wurden im Jahre 2017 vier Probestellen, im Jahr 2018 sechs Probestellen und im Jahr 2019 wieder vier Probestellen auf die Komponente Makrozoobenthos beprobt. Im Jahr 2019 wurden die beiden Probestellen Infineon und Fliegenwald erneut beprobt; diese gehörten schon im Jahr 2017 zum Programm. Vom LANUV NRW wurden Daten zu vier weiteren Probestellen (M4a in Wülfte, M10a unterhalb Heidberg, M16a oh Glenne, M56 oh KA Völlinghausen) geliefert. Bei diesen Probenahmen fand aber keine Trennung in die Kiesfraktion und die anderen Substrattypen statt.

5.7.2 Ergebnisse allgemeiner Maßzahlen

Die Individuenzahlen schwankten zwischen 350 (Ausbaustrecke Infineon) und knapp 2000 (renaturierte Strecke Allagen) Individuen pro Quadratmeter. Die niedrigste Taxazahl wurde mit 41 an der Ausbaustrecke „Infineon“ und die höchste Anzahl an dem renaturierten Abschnitt „Schule Beleck“ mit 63 Taxa gefunden.

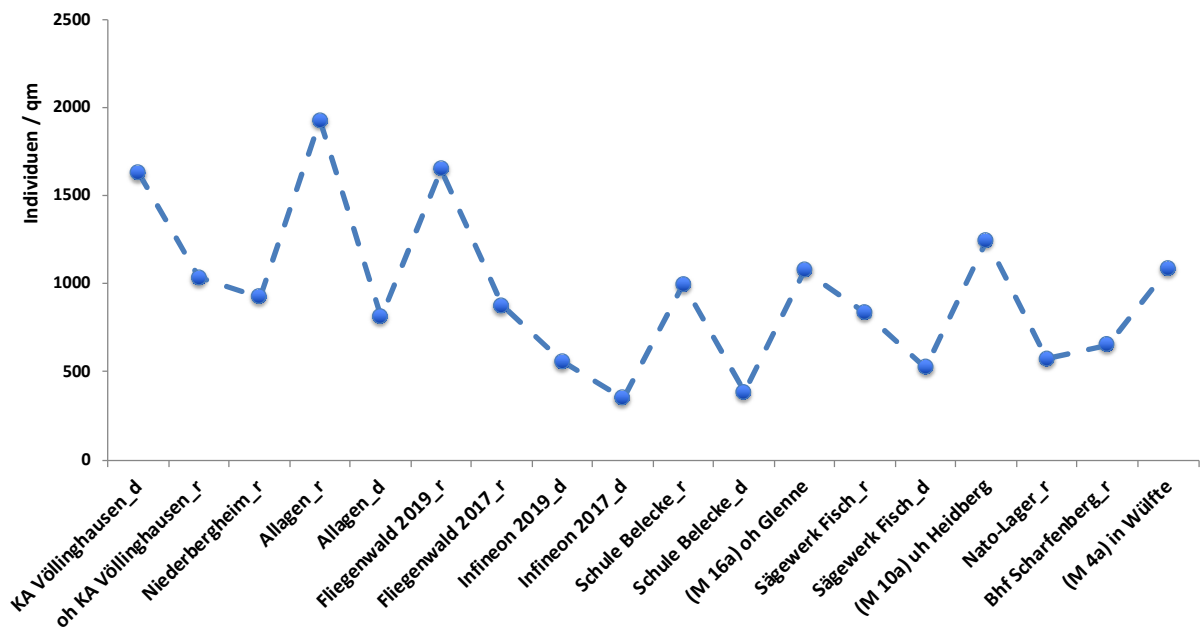


Abb. 5.7.2-1: Individuendichte (pro Quadratmeter) des Makrozoobenthos an den Probestellen im Längsverlauf der Möhne (von rechts nach links); „r“ bezeichnet renaturierte/naturnahe Probestellen, „d“ bezeichnet ausgebaute/degradierte Probestellen.

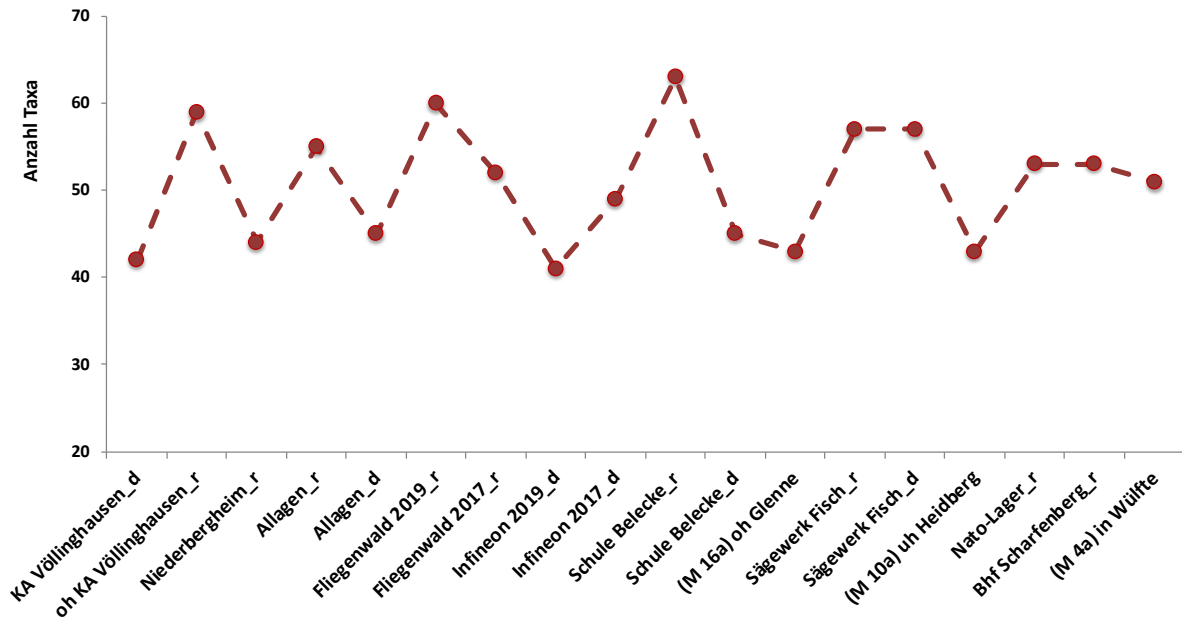


Abb. 5.7.2-2: Anzahl unterschiedlicher Makrozoobenthos-Taxa an den Probestellen im Längsverlauf der Möhne (von rechts nach links); „r“ bezeichnet renaturierte/naturnahe Probestellen, „d“ bezeichnet ausgebaute/degradierte Probestellen.

Bei eng beieinander liegenden renaturierten und ausgebauten Strecken sind die Individuendichte und die Anzahl unterschiedlicher Taxa jeweils deutlich höher in den renaturierten Abschnitten. Einzige Ausnahme stellt die ausgebaute Probestelle unterhalb der Kläranlage Völlinghausen dar, an der bedingt durch den Kläranlagenzulauf die Nahrungsgrundlage stark erhöht ist und somit die Individuendichte auch stark erhöht im Vergleich zu den renaturierten Probestellen oh KA Völlinghausen und Niederbergheim. Die Taxazahlen sind aber in den letztgenannten, renaturierten Probestellen höher als in der Ausbaustrecke.

Die höheren Abundanzen und Taxazahlen in den naturnahen/renaturierten Abschnitten im Vergleich zu den jeweiligen ausgebauten Strecken zeigen sich jeweils auch dann, wenn nur die Kiesfraktionen der Abschnitte betrachtet werden.

5.7.3 Bewertung des Makrozoobenthos mit PERLODES

Die Bewertung mit der ökologischen Zustandsklasse zeigt hauptsächlich die Klassen „mäßig“ und „unbefriedigend“. Hierbei verschlechtert sich der Zustand im Längsverlauf typspezifisch jeweils von „gut“ auf „unbefriedigend“. Als Mittelgebirgsbach ist die Möhne im Oberlauf in Wülfte in einem „guten“ Zustand. Ab da verschlechtert sich der Zustand trotz Renaturierungsmaßnahmen auf „mäßig“ am Bahnhof Scharfenberg und beim ehemaligen NATO-Lager. Bis zum Zulauf der Glenne nimmt die Zustandsklasse auf „unbefriedigend“ ab. Durch den Zulauf der Glenne wird aus dem Mittelgebirgsbach ein Mittelgebirgsfluss (Typ 9). Im Bewertungssystem für Typ 9 werden Bachtypische Arten häufig positiv eingestuft, weshalb sich die Zustandsklasse „gut“ für die Abschnitte oberhalb Belecke ergeben. Am Ortsausgang von Belecke hat die starke, strukturelle Degradation (Probestelle Infineon) direkte Auswirkungen auf das Makrozoobenthos, welches eine „unbefriedigende“ Zustandsklasse anzeigt. Im weiteren Verlauf reagiert das Makrozoobenthos strukturabhängig. Dabei bestimmt das Modul „allgemeine Degradation“ die Ökologische Zustandsklasse. Das Modul „Saprobie“ ist im gesamten Längsverlauf mit „gut“ bewertet, was auf eine geringe saprobielle Belastung hindeutet. Die naturnahen

bzw. renaturierten Abschnitte werden tendenziell im Modul „allgemeine Degradation“ und der EQR des Moduls etwas besser bewertet als die jeweiligen ausgebauten bzw. degradierten Vergleichsabschnitte.

Tab. 5.7.3-1: Ergebnisse der PERIODES-Bewertung der Probestellen im Längsverlauf der Möhne (von rechts nach links): „_r“ = renaturierte/naturnahe Probestellen, „_d“ = ausgebaut/degradierte Probestellen, ÖZK = ökologische Zustandklasse (unb. = unbefriedigend, mäß. = mäßig), SI = Modul Saprobienindex, AD = Modul allgemeine Degradation, EQR = Ecological Quality Ratio, FI = Faunaindex, GSG = Gewässerstrukturgüte-bewertung

Typ	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	5	5	5	5	5	5	5	7	
	KA Völlinghausen_d	oh KA Völlinghausen_r	Niederbergheim_r	Allagen_r	Allagen_d	Fliegenwald 2019_r	Fliegenwald 2017_r	Infineon 2019_d	Infineon 2017_d	Schule Belecke_r	Schule Belecke_d	(M16a) oh Glenne_d	SW Fisch_r	SW Fisch_d	(M10a) uh Heidberg_r	Nato-Lager_r	Bhf. Scharfenberg_r	(M4a) In Wülfte						
ÖZK	unb.	mäß.	unb.	unb.	unb.	mäß.	mäß.	unb.	unb.	sehr	sehr	unb.	unb.	unb.	mäß.	mäß.	mäß.	mäß.	unb.	unb.	unb.	unb.	unb.	unb.
SI	gut	gut	schl	schl	schl	schl	schl	gut	schl	gut	gut	gut	gut	gut	gut	schl	schl	schl	gut	gut	gut	gut	gut	gut
AD	unb.	mäß.	unb.	unb.	unb.	mäß.	mäß.	unb.	unb.	gut	gut	unb.	unb.	unb.	mäß.	mäß.	mäß.	mäß.	unb.	unb.	unb.	unb.	unb.	unb.
EQR (AD)	0,36	0,50	0,38	0,39	0,38	0,45	0,55	0,40	0,35	0,78	0,78	0,33	0,40	0,38	0,45	0,42	0,53	1,67						
FI	mäß.	mäß.	unb.	unb.	mäß.	mäß.	mäß.	mäß.	unb.	sehr gut	sehr gut	unb.	mäß.	mäß.	mäß.	mäß.	gut	gut	unb.	unb.	unb.	unb.	unb.	unb.
EQR (FI)	0,43	0,56	0,37	0,39	0,44	0,44	0,58	0,48	0,28	0,88	1,00	0,36	0,44	0,45	0,57	0,52	1,64	1,74						
GSG 2012	4	7	1	3	4	1	1	3	3	2	4	4	4	4	4	2	2	4	2					

Der Fauna-Index als einer der maßgeblichen Metrics für die Berechnung der EQR des Moduls „allgemeine Degradation“ zeichnet das Bild der graduellen, jeweils typspezifischen Abnahme der Bewertung im Längsverlauf nach. Dabei spiegeln sich erhebliche morphologische Degradationen der Probestellen deutlich wieder. Prominente Beispiele hierfür sind die Verschlechterungen von „M10a uh Heidelberg“ zu „Sägewerk Fisch_d“ und von „Schule Belecke_r“ zu „Infineon_d“.

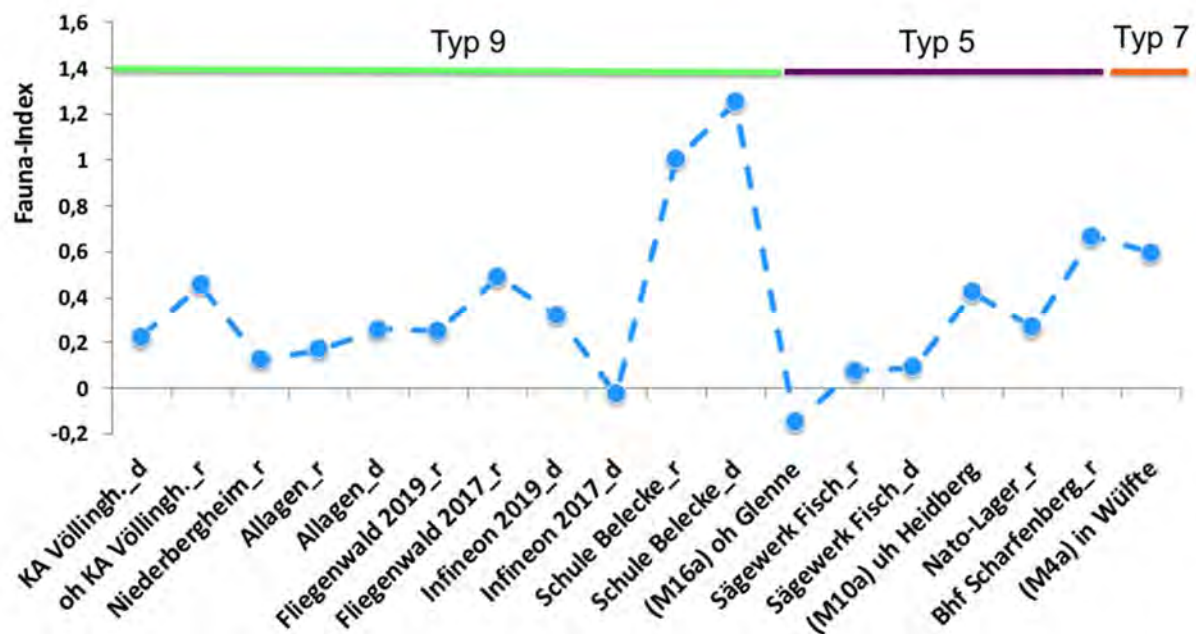


Abb. 5.7.3-1: Faunaindex errechnet für die Gesamtproben im Längsverlauf der Möhne (von rechts nach links). Der jeweilig zugrunde gelegte Gewässertyp ist oberhalb dargestellt; „r“ = renaturierte/naturnahe Probestellen, „d“ = ausgebaute/degradierte Probestellen

5.7.4 Spezifische Betrachtung der Kiesfraktion

Der Faunaindex ist im PERLODES-Bewertungssystem der Metric, der besonders die morphologische Naturnähe bzw. Degradation von Probestellen bewertet. Je nach ihrer morphologischen Präferenz sind vielen Taxa gewässertypspezifische Indikationswerte zwischen -2 und +2 zugeordnet worden. Der Faunaindex kann somit als Proxy für die Natürlichkeit der Gewässersohle und besonders auch der Kiesfraktion der Probestellen herangezogen werden.

Im paarweisen Vergleich im Längsverlauf der Möhne zeigt sich, dass die renaturierten/naturnahen Abschnitte meist etwas besser durch den Faunaindex bewertet werden als die jeweiligen ausgebauten/degradierten Vergleichsstrecken. Der Unterschied ist allerdings jeweils gering und das Probestellenpaar „Schule Belecke“ stellt eine Ausnahme dar.

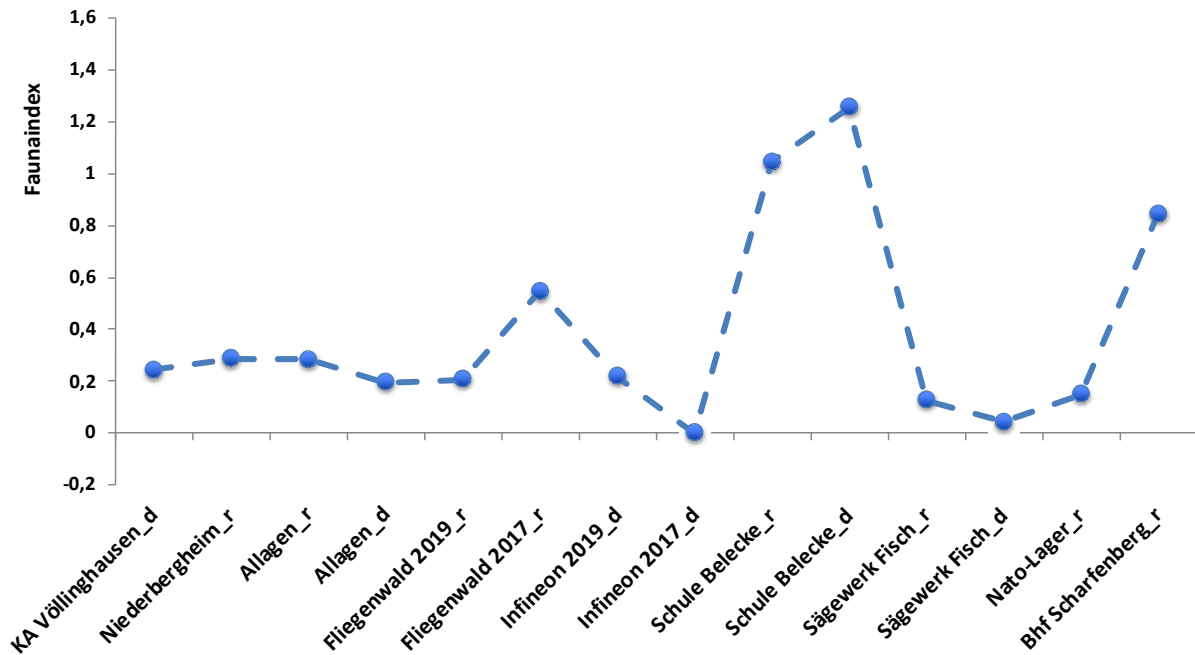


Abb. 5.7.4-1: Faunaindex errechnet mit der Kiesfraktion der Probestellen im Längsverlauf der Möhne (von rechts nach links); „r“ = renaturierte/naturnahe Probestellen, „d“ = ausbaute/degradierte Probestellen

5.7.5 Ergebnisse der Wiederholungsbeprobungen

Die beiden Möhne-Probestellen Infineon und Fliegenwald wurden sowohl im Jahr 2017 als auch 2019 beprobt. Die Bewertungsergebnisse zeigen, dass sich die Ökologische Zustandsklasse, das Ergebnis des Moduls Saprobie und auch das Ergebnis des Moduls „allgemeine Degradation“ nicht verändert haben. Die Ausbaustrecke Infineon wird in beiden Jahren mit „unbefriedigend“ bewertet und die morphologisch naturnahe Strecke Fliegenwald eine Klasse besser mit „mäßig“. Zwischen den Jahren gibt es Veränderungen in der EQR der „allgemeinen Degradation“ und im Faunaindex. Diese Veränderungen haben aber keine Auswirkungen auf die Ökologische Zustandsklasse.

Tab. 5.7.5-1: Ergebnisse der PERLODES-Bewertung der beiden Probestellen, die zweimal im Laufe des Projektes untersucht wurden; EQR = Ecological Quality Ratio, GSG = Gewässerstrukturgütebewertung, mit dem Jahr der Begehung in Klammern

Jahr	Fliegenwald (naturnah)		Infineon (Ausbaustrecke)	
	2019	2017	2019	2017
Ökologischer Zustand	mäßig	mäßig	unbefriedigend	unbefriedigend
Saprobie	gut	gut	gut	gut
Allgemeine Degradation	mäßig	mäßig	unbefriedigend	unbefriedigend
EQR (allg. Degr.)	0,45	0,55	0,40	0,35
Fauna-Index	mäßig	mäßig	mäßig	mäßig
EQR (Fauna-Index)	0,44	0,58	0,48	0,28
GSG (2012)	1	1	5	5

5.7.6 Indikatortaxa für das Kieslückensystem

Das Kieslückensystem ist schon seit langem als bedeutender Lebensraum in Fließgewässern bekannt (z.B. SCHWÖRBEL 1964). Viele Studien haben sich mit der Besiedlung dieses Lebensraums beschäftigt. Dabei wurde häufig die Bedeutung besonders für Jugendstadien von verschiedensten Makroinvertebraten hervorgehoben. Spezifische Arten, die nur in diesem Lebensraum zu finden sind, werden nur vereinzelt genannt und betreffen dann meistens Grundwasserbewohner. Auch in internationalen Datenbanken zur Autökologie von Makrozoobenthos (z.B. www.freshwaterecology.info) werden spezifisch das Interstitial bewohnende Arten nicht explizit ausgewiesen. Jedoch ist z.B. von der Eintagsfliegenlarve *Ephemera danica* bekannt, dass sie grabend im Interstitial von Bächen und Flüssen lebt. Des Weiteren zeigt der Saprobienindex von 1,8 die Sauerstoffbedürftigkeit dieser Art. *Ephemera danica* ist demnach angewiesen auf eine gut durchströmte Gewässersohle, ähnlich den Kieslaichern bei den Fischen. Somit kann diese Art als Indikator dienen und ihre Anwesenheit bzw. Abwesenheit in Gewässerabschnitten als Indikation für naturnahe bzw. naturferne Ausprägung der Gewässersohle angesehen werden.

Im Längsverlauf der Möhne wurde *Ephemera danica* besonders in den renaturierten Abschnitten im Oberlauf und im unteren Bereich ab der naturnahen Stelle Fliegenwald gefunden. In den degradierten Abschnitten um Rüthen und Belecka kam diese kaum bzw. gar nicht in den Proben vor.

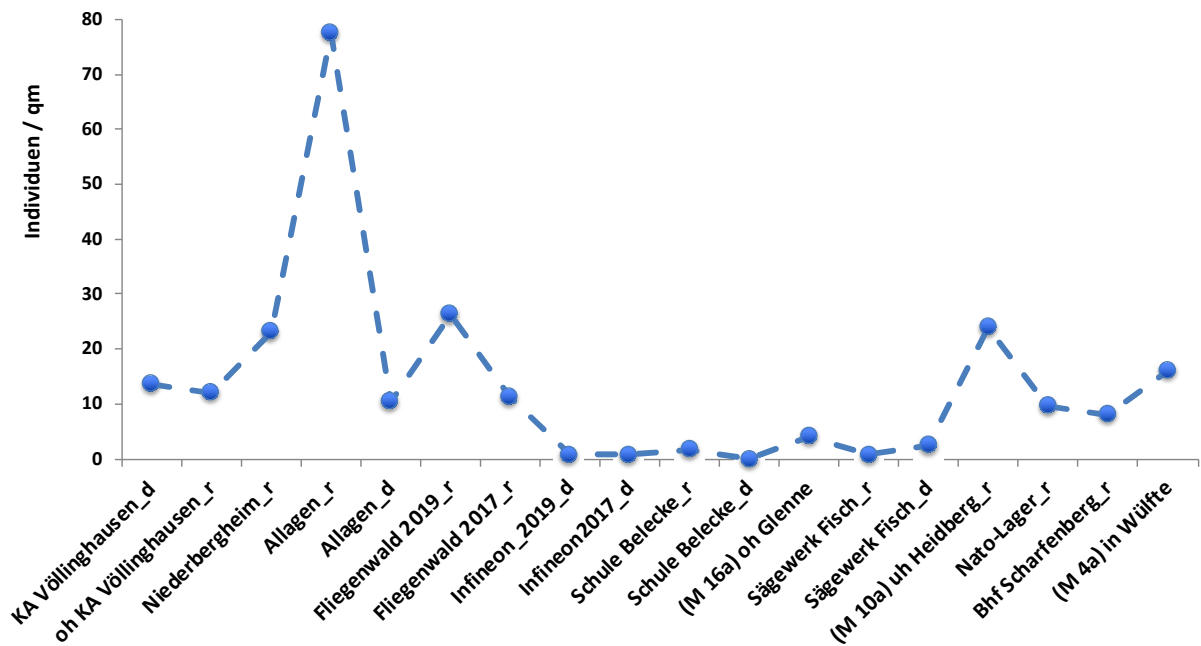


Abb. 5.7.6-1: Individuendichte (pro Quadratmeter) der im Interstitial grabenden Eintagsfliege *Ephemera danica* an den Probestellen im Längsverlauf der Möhne (von rechts nach links); „r“ bezeichnet renaturierte/naturnahe Probestellen, „d“ bezeichnet ausgebaute/degradierte Probestellen.

Eine weitere Art, die als Indikator für ein offenes Kieslückensystem gilt, ist der Wurm *Eiseniella tetraedra*. Bo et al. (2006) konnten zeigen, dass diese Art in ihren Proben sehr häufig im hyporheischen Interstitial zu finden war. Auch in den Probennahmen im Längsverlauf der Möhne kommt *Eiseniella tetraedra* vor allem in den Kiesfraktionen der naturnahen und renaturierten Abschnitte vor. Die ausgebauten Abschnitte mit fehlendem Kies, nur geringem Kieslückensystem oder starker Kolmation werden kaum besiedelt.

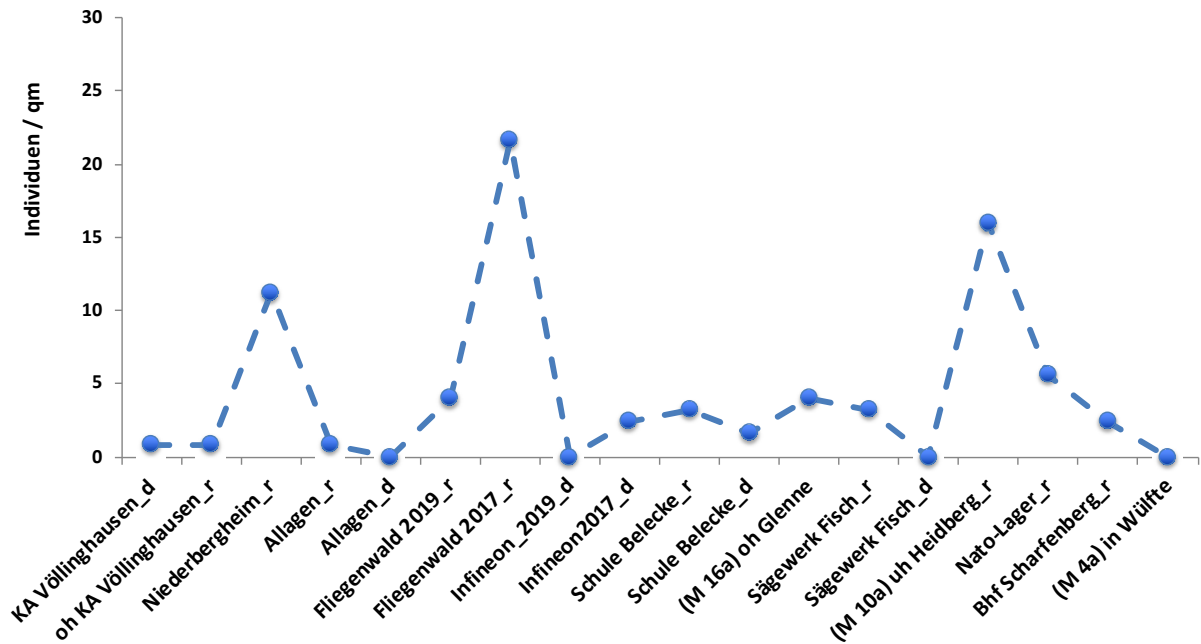


Abb. 5.6.7-2: Individuendichte (pro Quadratmeter) des im Interstitial lebenden Wurmes *Eiseniella tetraedra* an den Probestellen im Längsverlauf der Möhne (von rechts nach links); „r“ = renaturierte/naturnahe Probestellen, „d“ = ausgebaute/degradierte Probestellen

Auch GIESWEIN et al. (2019) haben in Untersuchungen zur Feinsedimentbelastung in Mittelgebirgsbächen Indikatortaxa identifiziert, die eine übermäßige Belastung mit Feinsediment anzeigen. Viele Taxa tolerieren eine zu hohe Belastung mit Feinsediment nicht und können Gewässerabschnitte dann nicht mehr besiedeln. Demgegenüber nehmen tolerante Taxa bei erhöhten Feinsedimentmengen in ihrer Abundanz zu. Von den Arten, die von GIESWEIN et al. (2019) als sensitiv gegenüber erhöhter Feinsedimentbelastung gekennzeichnet sind, finden sich nur wenige und nur in geringen Abundanzen in den Taxaliste der Möhne-Probestellen. Die Biozönosen in der Möhne sind hauptsächlich geprägt durch Feinsediment-tolerante Taxa. Bei Paralleluntersuchungen im Einzugsgebiet der Heve und Kleinen Schmalenau zeigten sich im Vergleich zur Möhne deutlich unterschiedliche Biozönosen, die auch durch Feinsediment-intolerante Arten geprägt sind.

6 Diskussion

6.1 Diskussion: Methodenkritik

Die gewählten Methoden zur **Analyse des Kieshaushaltes** (Drohnenflüge, Längsschnitte der Sohle, Ermittlung der Kies-Korngrößen) waren gut durchführbar und erbrachten verlässliche Ergebnisse.

Drohnenflüge zur Erstellung von Luftbildern und zur Erfassung von Kiesbänken waren besonders einfach an renaturierten Abschnitten, an denen noch kein dichter Baumbestand die Sicht in das Gewässer behinderte. Begradigte und eingetiefte Abschnitte mit dichten Ufergehölzen eignen sich nicht so gut für die Drohnenkartierung, aber Übersichts-Luftbilder erleichtern dennoch eine Aufnahme der Strukturen vom Boden aus.

Die Erkennungsquote der mit der Drohne erfassten Furten bzw. Kiesbänke lag insgesamt bei über 90 %, wie der Vergleich mit den Bodenkontrollen ergab.

Das **Aufmaß der Sohle** zur Erstellung von Längsschnitten wurde mit einem optischen Tachymeter durchgeführt. Die ermittelten Standorte der Kolke und Furten wurden u.a. mit den Befliegungsergebnissen verglichen. Zur Bestimmung der genauen Lage wurden mit einem GPS-Rover Festpunkte in der Nähe des Gewässers gesetzt.

Der Einsatz des Tachymeters hat sich im Winter auch an baumreichen Gewässerabschnitten bewährt; besonders im Wald und in engen Tälern wären die GPS-Signale allein meist nicht ausreichend gewesen.

Zur **Ermittlung der Kies-Korngrößen** und ihrer Verteilung in der Gewässersohle kamen zwei verschiedene Methoden zum Einsatz: die Erstellung von Sieblinien von Kiesproben, die 1 – 3 m bachaufwärts des Hochpunktes einer Querbank in dem Bereich entnommen wurden, in dem Bachforellen typischerweise ablaichen (s. Skizzen in BUNZEL-DRÜKE et al. 2020) und die Absammlung und Vermessung der Steine der Deckschicht etwa in dem gleichen Bereich.

Sieblinien spiegeln die Deckschicht aus größeren Kiesen nicht wider, die Fische öffnen müssen, um Laichgruben in dem darunter liegenden, meist feineren Kies anzulegen. Oft entscheidet die Deckschicht darüber, ob Forellen ausreichend gute Laichbedingungen finden. Die Vermessung der Steine der Deckschicht ist bei der hier bearbeiteten Fragestellung daher den Sieblinien vorzuziehen und hat zudem den Vorteil, zeitsparender und schonender für die Kiesbänke zu sein.

Zur **Abschätzung des Umfangs der Kolmatierung des Interstitials** wurden zwei relativ einfache, kostengünstige Methoden erprobt: Die „EAWAG-Methode“ und die „Nagelprobe“.

Die „EAWAG-Methode“ wird bei Niedrigwasser eingesetzt. Sie ist leicht anzuwenden und schnell. Für eine vergleichende Bewertung des Zustands von Kiesbänken in Gewässerabschnitten unterschiedlicher Naturnähe sollte eine größere Zahl von Stellen beprobt werden.

Die „Nagelprobe“ fand im Winter statt, während der Fortpflanzungszeit der Bachforelle. In dieser Zeit sind Hochwasser nicht selten; v.a. an den unteren Gewässerabschnitten (mit größerem Einzugsgebiet) wurden an mehreren Probestrecken einige oder alle Nägel aus den Kiesbänken gerissen. Die Methode ist damit in der Hochwassersaison nur eingeschränkt zu empfehlen.

Elektrobefischungen und die **Analyse von Makrozoobenthos** sind häufig genutzte, verlässliche Methoden, die auch in der vorliegenden Studie wertvolle Erkenntnisse lieferten. Durch die Probenahme in drei verschiedenen Jahren konnten Fehlinterpretationen durch singuläre Ereignisse ausgeschlossen und Bestandsentwicklungen verfolgt werden.

Die **Untersuchung von Eisvogel-Gewöllproben** zur Ermittlung von Verbreitungsmustern und Bestandsentwicklungen von Fischen hat sich bewährt. Insbesondere zum Vorkommen der Äsche und zu langfristigen Bestandsveränderungen lieferte die Methode wichtige zusätzliche Daten zu den Elektrofischungen.

6.2 Diskussion: Kieshaushalt

Für die geomorphologische Naturnähe eines Gewässers, aber auch für die Tier- und Pflanzenarten, die dort leben, spielt nicht nur das Vorhandensein bzw. Fehlen von Kies eine Rolle, sondern v.a. seine räumliche Anordnung. Unter natürlichen Bedingungen ist die Sohle eines kiesführenden Baches oder Flusses nicht eben, sondern eine Abfolge von flach und schnell überströmten Bänken und tieferen ruhigen Kolken. Außerdem sortiert die Strömungsgeschwindigkeit den Kies. An bestimmten Stellen entstehen zusätzlich Kiesinseln und seitliche Bänke.

Die **Abfolge von Querbänken und Kolken im Längsverlauf** ist in zehn der daraufhin untersuchten Gewässerabschnitten recht regelmäßig und passt ganz oder annähernd in die Erfahrungswerte des mittleren Abstands zwischen Furten vom Fünf- bis Siebenfachen der Sohlbreite (s. LEOPOLD et al. 1964, GREGORY et al. 1994).

Es gibt allerdings auch Probestrecken, an denen Kies-Querbänke komplett fehlten: die naturfernen Ausbaustrecken HV 01 „Heve Pegel Neuhaus“ und MO 18 „Möhne Infineon“ sowie die Strecke mit Lehmsohle ohne Kiessubstrat MO 30 „Möhne Bhf Scharfenberg“, außerdem die „bedingt naturnahe“ Strecke MO 16 „KA Beleck“, die begradigt und relativ breit ist und nur eine sehr geringe Varianz der Wassertiefen aufweist. Der letztgenannten Strecke optisch sehr ähnlich sind MO 09 „Möhne KA Völlinghausen“ und MO 10 „Möhne oberhalb Merpke“. Ihnen fehlen Querbänke fast vollständig, weil hier der Kies stellenweise bis zum Grundgebirge abgetragen ist. Das ist bei MO 16 allerdings nicht der Fall; der Grund für das Fehlen einer Pool-Riffle-Sequenz lässt sich an dieser Stelle nicht erklären.

Eine Probestrecke hat „zu viele“ Querbänke für ihre Breite:

- MO 17 Möhne Fliegenwald.

Drei Probestrecken haben „zu wenige“ Querbänke:

- MO 19 Möhne Schule Beleck,
- MO 21 Möhne Sägewerk Fisch,
- MO 22 Möhne KA Rüthen.

Die erhöhte Zahl von Querbänken im Fliegenwald dürfte eine Auswirkung der relativ großen Totholzmenge in diesem Abschnitt sein. Fließgewässer mit bewaldeten Ufern und viel Totholz im Bett weisen oft - aber nicht immer - einen geringeren Abstand zwischen Querbänken auf als das Fünf- bis Siebenfache der Sohlbreite (z.B. KELLER & TALLY 1979, GREGORY et al. 1994).

Weniger Querbänke als die Erfahrungswerte angeben deutet auf Störungen des Kieshaushaltes hin. Probestrecke MO 22 ist ausgebaut, MO 21 besteht aus einem ausgebauten Abschnitt mit kurzen Laufverlängerungen. MO 19 ist eine renaturierte Strecke mit geringem Windungsgrad und sehr wenig Totholz.

Aus den Daten der Strukturkartierungen wurden die prozentualen **Kies- und Totholzanteile** an der Wasserfläche bei mittlerem Sommerniedrigwasser (MNQ) bilanziert. Die Dichte an Quer- und Längsbänken sowie von Totholz ist neben geometrischen Bedingungen des Gewässers entscheidend für die Naturnähe.

Die Totholz mengen scheinen einen erheblichen Einfluss auf die Ausdehnung der Kiesstrukturen zu haben, der auch bei geringeren Windungsgraden wirkt. MO 17 „Möhne Fliegenwald“ ist das beste Beispiel dafür. Obwohl der Windungsgrad mit 1,03 sehr gering ist, befinden sich hier große Kiesbänke. Dafür spielen mehrere Faktoren eine Rolle: Unbefestigte Ufer und große dauerhaft verfügbare Totholz mengen haben zu einer Aufweitung des Gewässers geführt. Gleichzeitig ist es nur gering in die Aue eingeschnitten. Kies aus oberhalb liegenden begradigten Abschnitten hat sich hier über Jahrzehnte angesammelt, offenbar weil das flussabwärts liegende Wehr Eiling ein Einschneiden der Sohle und den Abtransport von Kies verhindert hat. Der beidseitige Auwald mit älteren Bäumen liefert seit Jahrzehnten kontinuierlich Totholz. Dadurch entsteht eine hohe Strömungsvarianz, die sich bereits durch kleinere Hochwasser verändert. Betrachtet man den Weg der Hauptströmung, so lässt sich bei MNQ ein „Mikro-Windungsgrad“ erkennen, der etwa bei 1,3 liegt.

Die **Korngrößenverteilung des Kieses** in Sohlkörper und Deckschicht der beprobtem Abschnitte sowie die Menge an Totholz sind in Tabelle 6.2-1 noch einmal als Überblick eingetragen.

Tab. 6.2-1: Korngrößen des Kieses in Querbänken sowie Menge an Totholz an 12 Probestrecken an Heve, Großer Schmalenau und Möhne

Probestrecke		Korngröße des Kieses		Durch Renaturierung "reaktiver" Kies	Totholz
Nr	Name	Sohlkörper (Sieblinien)	Deckschicht der Sohle		
HV 02	Heve oberhalb Neuhaus	kleine Korngrößen vorhanden	kleine Korngrößen vorhanden	ja	sehr viel
HV 04	Heve Wildwiese	kleine Korngrößen vorhanden	kleine Korngrößen vorhanden	nein	etwas
GRS 05	Große Schmalenau Neuhaus	"normale" Verteilung	kleine Korngrößen vorhanden	ja	viel
GRS 08	Große Schmalenau Donnerscher Weg	"normale" Verteilung	große Korngrößen dominieren	nein	etwas
MO 09	Möhne KA Völlinghausen	große Korngrößen dominieren	große Korngrößen dominieren	nein	etwas
MO 10	Möhne oberhalb Merpke	große Korngrößen dominieren	große Korngrößen dominieren	nein	fehlt
MO 11	Möhne Ersatzaue Allagen	kleine Korngrößen vorhanden	kleine Korngrößen vorhanden	ja	etwas
MO 13	Möhne Fischaufstieg	kleine Korngrößen vorhanden	nicht erhoben	ja	etwas
MO 16	Möhne KA Beleck	"normale" Verteilung	nicht erhoben	nein	fehlt
MO 17	Möhne Fliegenwald	kleine Korngrößen vorhanden	nicht erhoben	nein	sehr viel
MO 23	Möhne Aalbeck	große Korngrößen dominieren	nicht erhoben	nein	fehlt
MO 28	Möhne unterhalb Wünnenbeck	große Korngrößen dominieren	nicht erhoben	nein	fehlt

Aus den Ergebnissen der Korngrößenverteilung des Kiesel der Querbänke sowie der Kiesstrukturkartierungen wird deutlich, dass großkiesige Deckschichten, die in naturfernen Abschnitten vorkommen, ein deutliches Anzeichen für einen gestörten Geschiebehauhalt sind. So steigt in begradigten Strecken die Fließgeschwindigkeit mit der Folge, dass Kiese geringer Korngröße fortgespült werden und auf der Sohle überwiegend große, schwerere Steine zurückbleiben, die eine „Sohlpanzerung“ bilden und darunter ggf. vorhandene Kiese kleinerer Korngrößen abdecken.

Laufverlängerungen oder andere Neutrassierungen von Gewässern in Renaturierungen reaktivieren zuvor „inaktive“ Kiese aus dem natürlichen Kiesreservoir. In den Probestrecken MO 11 (Ersatzau Alagen) und MO 13 (Fischaufstieg Allagen) besteht die Sohle der neu angelegten Möhnestrecken aus solchem Kiese, der seit langer Zeit nicht mehr überflossen wurde. Hier zeigt sich bei der Analyse sehr deutlich, dass der Anteil an kleineren Korndurchmessern höher ist als in den anderen untersuchten Möhnestrecken. Gleichzeitig fehlt die „Sohlpanzerung“ durch große Steine, so dass lithophile Fisch- und Rundmaularten Zugang zu potenziellen Laichplätzen haben. Ob bzw. wie lange dieser Zustand allerdings erhalten bleibt, lässt sich nicht abschätzen. Wenn Eckpunkte wie Windungsgrad und Totholzangebot suboptimal sind, können renaturierte Strecken nach Abklingen der „Baggerdynamik“ schnell altern und ihre positiven Eigenschaften verlieren. Möglicherweise ist die Probestrecke Möhne MO 19 Schule Belecka ein Beispiel dafür.

Zusammenfassend lässt sich festhalten, dass „gute“ Korngrößenverteilungen in der Deckschicht in Abschnitten mit hohem Windungsgrad (über 1,5) und der Verfügbarkeit von nicht fixiertem, die Strömung lenkenden Totholz zu finden sind. Liegt der Windungsgrad unter 1,5, so ist eine gute Korngrößenverteilung der Deckschicht nur anzutreffen, wenn viel Totholz im Gewässer liegt. Bei eher durchschnittlicher Korngrößenverteilung im Kieskörper kann die Anwesenheit von Totholz die Struktur der Deckschicht deutlich aufwerten. Das Totholzangebot ist an neu trassierten Abschnitten allerdings meist längerfristig gering, weil Ufergehölze erst heranwachsen und altern müssen.

Die Uferentfesselung an begradigten Strecken mobilisiert durch die einsetzende Seitenerosion Kiese, jedoch nicht in dem Umfang wie bei einer windungsreichen Neutrassierung. Die Kiesdeckschicht erzielt dann keine guten Ergebnisse. Fehlt außerdem noch Totholz, so ist die Kiesstruktur für anspruchsvolle Kieslaicher kaum geeignet. Naturnahe, nie durch Ausbau veränderte Abschnitte an der Heve zeigen, dass bei hohen Windungsgraden und Kurven enger als 90 ° auch ohne Totholz naturnahe Kiesstrukturen vorkommen.

Eine reich strukturierte Sohle besitzt lokal variable Strömungsverhältnisse. Damit verbunden sind meist größere Unterschiede in der **Kolmationsentwicklung**, das heißt, dass in gut strukturierten Gewässerabschnitten meist neben kolmatierten Stellen auch Sohlenbereiche ohne ausgeprägte Kolmation vorhanden sind (Schälchli et al. 2002).

Bei erhöhten Abflüssen kann außerdem eine Dekolmation einsetzen: Wenn einzelne Steine der Deckschicht von der Strömung bewegt werden, wird der unter der Deckschicht liegende Kolmationshorizont weggespült und die Durchlässigkeit im betroffenen Sohlenbereich nimmt sprunghaft zu. Eine komplette Umlagerung der Deckschicht führt zu vollständiger Dekolmation; allerdings lagern sich bei abklingendem Hochwasser wieder Feinsedimente im Interstitial ab und die Kolmation beginnt erneut (Schälchli et al. 2002).

Das Ausmaß der Kolmation von Kiesbänken im Untersuchungsgebiet wurde mit zwei verschiedenen einfachen Methoden an einigen ausgewählten Probestrecken untersucht. Beide Methoden sind nicht genau, ergaben aber tendenziell ähnliche Ergebnisse: Strecken, die bereits längere Zeit im naturnahen Zustand sind, schneiden meist besser ab als vor wenigen Jahren renaturierte Abschnitte. Wahrscheinlich sind Kiesbänke, die bei Baumaßnahmen freigelegt werden, anfangs noch nicht aufgelockert und stärker mit Feinsedimenten vermischt.

6.3 Diskussion: Fische und Rundmäuler

Die Befischungen 2017 bis 2019 mit mehr als 55.000 gefangenen Individuen und die Analyse von Eisvogelgewöllproben mit mehr als 10.000 diagnostischen Fischknochen wiesen 27 Fisch- und Rundmaularten im Möhnesystem nach, davon 19 bei Elektrobefischungen und 22 im Eisvogelgewölle. Fünf Arten konnten nur bei Befischungen und sechs nur in der Eisvogelnahrung nachgewiesen werden.

Für die Auswertung standen zusätzlich Befischungsdaten aus verschiedenen anderen Projekten sowie der landesweiten Datenbank FischInfo NRW zur Verfügung.

Verbreitungsmuster 2016 bis 2019

In der **Möhne** reicht die zusammenhängende Verbreitung von Äsche, Barbe, Hasel und Gründling – typischen Arten der Äschenregion – flussaufwärts bis Rüthen; noch weiter oben ist die Möhne zu klein und zu kühl für diese Arten. Kopfstarke Elritzenbestände finden sich nach flussaufwärts bis etwa zur Aalbecke östlich Rüthen, wobei unklar bleibt, ob die Ausbreitung dieser ehemals in der Möhne fast verschwundenen Art schon abgeschlossen ist.

Oberhalb Belecke ist die Bachforelle nicht selten, aber die Zahl diesjähriger (0+) Fische ist niedriger als in den Gewässerstrecken unterhalb, wo verstärkt Besatzmaßnahmen stattfinden. Die Konzentration von Döbeln und Dreistachligen Stichlingen oberhalb der Einmündung der Glenne könnte auf eine Störung unbekannter Ursache hinweisen; im besten Fall handelt es sich nur um die Phase nach den zahlreichen Umgestaltungsmaßnahmen, die die Pioniere Döbel und Stichling nutzen, bevor z.B. die Groppe dichtere Bestände ausbildet.

Die Abundanz der Groppe ist zwischen der Einleitung der Kläranlage Rüthen und der Mündung der Glenne sehr niedrig – vielleicht eine Folge nicht ausreichender Wasserqualität.

Eine Reihe von Arten zeigt geringere Bestandsdichten in einigen Probestrecken der unteren Möhne (Belecke bis Möhnesee), nämlich zwischen Belecke und Allagen sowie flussabwärts Niederbergheim. Bei Elritze und Schmerle sind diese „Abundanzlücken“ besonders deutlich, sie treten aber auch bei Hasel, Döbel, Gründling und Dreistachligem Stichling in Erscheinung. Nicht betroffen sind die gegen Wasserverschmutzung empfindlichen Arten Bachforelle und Groppe, so dass eine stoffliche Belastung als Ursache ausscheidet.

Von den betroffenen sechs Strecken besitzen fünf eine geringe Vielfalt der Sohlstruktur, eine dagegen (17 Fliegenwald) eine hohe. Die Naturnähe der Sohle ist also offenbar ein wichtiger Faktor für das beobachtete Muster, aber nicht der einzige. Die genannten Probestrecken sind alle auffällig stark beschattet – auch Nr. 17. Alle betroffenen Fischarten mit Ausnahme des Stichlings benötigen für ihre Reproduktion höhere Wassertemperaturen als Groppe und Bachforelle. In stark beschatteten Abschnitten bleibt die Erwärmung gering durchströmter Flachwasserzonen oder Buchten aus. Eventuell ist auch das Angebot an Fluginsekten als Anflughahrung (z.B. für die Elritze) geringer.

Dieses Beispiel zeigt, dass Vorkommen und Dichte von Fischarten von verschiedenen Faktoren gesteuert werden, von denen die Sohlstruktur nur einer ist.

In **Heve** und **Großer Schmalenau** sind nicht so ausgeprägte Verbreitungsmuster zu erkennen wie in der Möhne. Döbel, Schmerle und Gründling bevorzugen die unteren Probestrecken, Bachforellen den Oberlauf der Großen Schmalenau.

Unterschiede zwischen strukturreichen und strukturarmen Gewässerabschnitten

Nur in der der Möhne ist es möglich, bei mehreren Arten Abundanzunterschiede zwischen naturnahen und weniger naturnahen Gewässerabschnitten festzustellen. In Heve und Große Schmalenau waren die Unterschiede der Probestrecken hinsichtlich Strukturreichtum bzw. Naturnähe so gering, dass keine Differenzierung der Fisch-Abundanzen erkennbar war.

Die Kieslaicher Äsche, Barbe und Döbel aller Altersstufen waren in der Möhne in allen drei Jahren in strukturreichen Strecken häufiger als in strukturarmen - mit Ausnahme des Döbels im Oberlauf im Jahr 2018, wo kaum Unterschiede zwischen strukturarmen und strukturreichen Strecken auftreten.

Die ebenfalls lithophile Elritze wies nur im Unterlauf der Möhne höhere Dichten in strukturreichen Abschnitten auf als in strukturarmen. Im Oberlauf, wo die Dichte der Art insgesamt höher ist, scheint keine Bevorzugung naturnaher Strecken vorzuliegen, was jedoch eventuell nur eine Folge der fehlenden oder eventuell gerade erst erfolgenden Besiedlung der obersten fünf Probestrecken ist.

Schmerle, Gründling und Dreistachliger Stichling zeigen in den strukturreichen Strecken überwiegend höhere Abundanzen als in den strukturärmeren. Allerdings scheint die Sohlstruktur bei der Schmerle im Oberlauf der Möhne keine große Rolle zu spielen – möglicherweise, weil hier auch in den weniger naturnahen Abschnitten genügend Flachwasserzonen zur Verfügung stehen, auf die die Schmerle angewiesen ist.

Die lithophile Bachforelle und die nicht lithophile Groppe passen nicht in dieses Muster. Im unteren Möhneabschnitt waren ihre Abundanzen in strukturarmen Strecken höher, im oberen Abschnitt scheinen die Arten dagegen strukturarme Strecken nicht zu bevorzugen.

Der Abschnitt der Möhne unterhalb von Belecka gehört zur Äschenregion. Strukturarme Abschnitte sind ausgebaut; sie fließen schneller und nähern sich mit dieser Eigenschaft der Forellenregion an. Diese „künstliche Rhithralisierung“ fördert mit Bachforelle und Groppe zwei in der Forellenregion dominante Arten. Welche Mechanismen wirken dabei?

Die Groppe benötigt für die Fortpflanzung keine Kiesbänke; sie legt ihre Eier an der Decke von hohl aufliegenden Steinen oder ähnlichen kleinen Höhlen ab. Das Brutpflege betreibende Männchen fächelt dem Gelege wenn nötig Frischwasser zu, so dass die Sauerstoffversorgung unabhängig von möglicher Kolmation des Interstitials gewährleistet ist. Groppen nutzen zudem gern Steinschüttungen als Unterstände, daher haben sie im Allgemeinen mit derartigen Uferbefestigungen keine Probleme.

Bei der Forelle scheinen höhere Dichten in strukturarmen Abschnitten zunächst paradox: Forellen gehören zu den besonders anspruchsvollen Kieslaichern, den „Brutversteckern“, die gut durchströmte, den ganzen Winter über sedimentfrei bleibende Bänke benötigen (ausführlicher s. BUNZEL-DRÜKE & DRÜKE 2020), wie sie in den Ausbaustrecken der Möhne fehlen oder extrem selten sind. Die Erklärung liefern die Besatzmaßnahmen der Anglervereine. Junge Bachforellen werden jährlich in großer Zahl an vielen Stellen in der Möhne v.a. flussabwärts Belecka ausgesetzt. Die natürliche Reproduktion dagegen findet wohl nur in geringem Umfang statt. Die Besatzfische „maskieren“ dann noch vorhandene, aber zahlenmäßig weit geringere Konzentrationen junger Forellen an Orten natürlicher Fortpflanzung in strukturreichen Abschnitten.

Die „künstliche Rhithralisierung“ scheint also die Äschenregion für die beiden an die Bedingungen der Forellenregion angepassten Arten „wohnlicher“ zu machen. In der Forellenregion dagegen bringt eine Rhithralisierung für Forelle und Groppe keine Vorteile.

Insgesamt ist festzuhalten, dass sich Renaturierungen relativ schnell positiv auf die Bestände der meisten Fischarten auswirken. Auch die Kieslaicher profitieren. Die Groppe besiedelt neu entstandene Lebensräume wie Laufverlängerungen allerdings nur sehr langsam, weil sie im Vergleich zu anderen Arten relativ wenige Eier legt und eine niedrige Ausbreitungsgeschwindigkeit hat. Der Dreistachlige Stichling dagegen ist zwar etwas konkurrenzschwach, aber ein Pionier, der in den ersten Jahren in neu angelegten Flussabschnitten z.T. große Bestände ausbildete.

Langfristige Bestandsveränderungen

Langzeitstudien von Fischbeständen sind selten, und „Momentaufnahmen“ durch Elektrobefischungen können Befunde oft nicht zufriedenstellend erklären. Im Möhnesystem erlaubten glückliche Umstände, an vier Probestrecken Befischungen aus den letzten 12 bis 14 Jahren analysieren zu können. Es zeigten sich einige Trends. Besonders eindrucksvoll ist das Comeback der Elritze, die um 2000 aus der **Möhne** (fast) verschwunden war und mittlerweile eine der häufigsten Arten ist. Auch Döbel und Dreistachliger Stichling wurden in der Möhne häufiger, während die Abundanz der Bachforelle zurückging.

Das Fischsterben im Dezember 2010, als giftiges Holzschutzmittel aus dem Sägewerk Fisch in Rütten einen großen Teil der flussabwärts lebenden Fische tötete, löste wahrscheinlich die Bestandsmaxima von Schmerle, Dreistachligem Stichling und Gründling im Jahr 2012 aus (im Jahr 2011 fanden keine Untersuchungen statt). Die aufgeführten Arten sind früh geschlechtsreif, laichen mehrmals im Jahr und können dadurch als „Pioniere“ konkurrenzarme Lebensräume schnell besiedeln, während die größeren Arten Äsche und Barbe spät geschlechtsreif werden und nur einmal im Jahr Eier legen, also viel länger für eine Bestandserholung brauchen. Junge Döbel wiesen im Jahr 2012 ebenfalls ein Maximum auf. Zwar sind Döbel groß und nicht „frühreif“, aber sie laichen mehrmals im Jahr und waren außerdem vor dem Fischsterben häufiger als die anderen größeren Arten.

In der **Heve** lässt sich mit den Elektrobefischungen zwischen 2005 und 2019 allenfalls ein leichter Rückgang der Bachforelle und eine leichte Bestandszunahme des Döbels feststellen; im Eisvogelgewölle, das aus einem längeren Zeitraum stammt, ist ein deutlicher Rückgang des Anteils der Bachforelle in der Eisvogelnahrung vom Zeitraum 1983 bis 2001 gegenüber 2018 zu beobachten und gleichzeitig eine Zunahme des Döbels. Der Gründling erschien in der Heve bei Neuhaus im Jahr 2014, sein Bestand steigt seitdem an.

Zusammengefasst entsteht der Eindruck, dass die Heve von der Forellenregion zur Äschenregion tendiert. Ein möglicher Auslöser dafür könnte der Sturm Kyrill sein, der im Januar 2007 große Teile der Fichtenforste in der Aue der Heve vernichtete. Plötzlich war die Heve nicht mehr überwiegend beschattet, sondern überwiegend der Sonne ausgesetzt. Außerdem gelangten erhebliche Mengen Feinsedimente aus den Fahrspuren der Forstfahrzeuge in das Gewässer. Eine Folge dieser Veränderungen war ein auffälliges Wachstum von Fadenalgen auf dem Kies der Sohle.

Singuläre Ereignisse

Die zwei oben genannten Beispiele zeigen, wie singuläre Ereignisse den Fischbestand über Jahre in Zusammensetzung und Dichte beeinflussen können: das Fischsterben durch Holzschutzmittel in der Möhne 2010 und der Verlust von Gehölzen in großen Teilen der Heve-Aue durch den Orkan Kyrill im Januar 2007.

Wie sich das extreme Hochwasser in Heve und Großer Schmalenau im August 2007 auf die aquatische Fauna auswirkte, ist nicht bekannt.

Einen weiteren, mittlerweile vielleicht nicht mehr als singular zu bezeichnenden Einfluss haben sommerliche Trockenperioden. Innerhalb des Zeitraumes der vorliegenden Studie war 2018 ein solches extremes Dürrejahr. Während an der Möhne nur geringe Auswirkungen sichtbar waren, fielen Heve und Große Schmalenau streckenweise trocken. Dies reduzierte den Fischbestand insgesamt um 40 bis 60 %. Insbesondere die Groppe ging stark zurück; durch ihre vergleichsweise niedrige Reproduktionsrate dürfte eine Bestandserholung mehrere Jahre dauern.

Bewertung der Fischfauna mit fiBS

Die Beurteilung der Ergebnisse der Elektrofischungen mit dem fischbasierten Bewertungssystem (fiBS) ergab zwar bei einer Betrachtung über die Untersuchungsjahre tendenziell ähnliche Einschätzungen wie die anderen Auswertungen, aber bei der Betrachtung von einzelnen Probestrecken in einzelnen Jahren auch oft nicht sinnvoll erscheinende Bewertungen der Fischfauna. Es wird daher empfohlen, fiBS v.a. für gepoolte (zusammengefasste) Daten aus mehreren Jahren oder von mehreren strukturell ähnlichen Probestrecken in einem Jahr einzusetzen (vgl. STORM & BUNZEL-DRÜKE 2020).

Für eine Defizitanalyse der Fischfauna und die Erarbeitung möglicher Abhilfemaßnahmen ist eine Betrachtung der Originaldaten einer fiBS-Bewertung weit überlegen.

Fazit Fische und Rundmäuler

Ziel der Untersuchungen an dieser Tiergruppe war es, die Beziehungen der Arten zum Kieshaushalt und ihre Reaktionen auf Gewässerrenaturierungen zu erfassen. Es zeigte sich jedoch, dass – wie zu erwarten war – weitere Faktoren die aquatische Fauna beeinflussen. Dennoch lässt sich nachweisen, dass der Zustand der Kiesbänke und der von ihnen abhängigen lithophilen Arten im Untersuchungsgebiet insgesamt nicht schlecht ist. Alle nachgewiesenen Kieslaicher pflanzen sich erfolgreich fort, allerdings in unterschiedlichem Umfang:

- Die besonders anspruchsvolle **Bachforelle** reproduziert sich in der Möhne, aber der Umfang wird durch Besatz „maskiert“. In der Heve ist die Art rückläufig; natürliche Fortpflanzung findet v.a. im Oberlauf der Großen Schmalenau statt.
- Der Bestand der **Äsche** in der Möhne ist klein, wahrscheinlich als Folge des Fischsterbens 2010; natürliche Fortpflanzung konnte u.a. durch den Eisvogel nachgewiesen werden; eventuell findet auch Besatz statt. Die Art fehlt im Hevesystem; unter natürlichen Bedingungen würden Individuen aus der Äschenregion der Möhne zeitweise in die Heve aufsteigen, was aber wegen der Talsperre nicht möglich ist.
- Die **Elritze** war um 2000 (fast) verschwunden, erlebte aber seit etwa 2005 ein sehr erfolgreiches Comeback in der Möhne; die Art fehlt im Hevesystem.
- Kleine Bestände des **Hasel**, der zu den weniger anspruchsvollen Kieslaichern gehört, existieren in Möhne und Hevesystem, sie pflanzen sich natürlich fort.
- Das **Bachneunauge** ist verbreitet in Möhne und Hevesystem und pflanzt sich natürlich fort.
- Der Bestand der **Barbe** in der Möhne ist klein, wahrscheinlich als Folge des Fischsterbens 2010, sie pflanzt sich aber natürlich fort; die Art kommt im Hevesystem nicht vor.
- Als einzige der aufgeführten Arten ist der **Döbel** nur ein fakultativer Kieslaicher. Er weist einen großen Bestand in der Möhne auf, einen kleineren im Hevesystem. Die natürliche Fortpflanzung ist sehr erfolgreich.

Die meisten Arten – Kieslaicher und auch andere – nutzen bevorzugt strukturreiche Gewässerabschnitte, und zwar renaturierte Strecken in ähnlichem Umfang wie bereits seit längerem naturnahe

Strecken. Besonders deutlich wird der Unterschied zwischen naturnahen und ausgebauten Strecken an der unteren Möhne.

Als nicht so günstig haben sich die obersten Untersuchungsstrecken erwiesen, an denen die Sohle der neu trassierten Möhne im Auelehm verläuft. Die meisten der untersuchten Renaturierungen sind jedoch aus Sicht der Fische und Rundmäuler gut gelungen und sollten fortgesetzt werden.

6.4 Makrozoobenthos

Die Möhne ist in der LAWA-Typologie zwischen ihrem Quellgebiet und Brilon-Wülfte als Typ 7 – also karbonatischer Mittelgebirgsbach – festgelegt worden; ab dieser Stelle wechselt die Einstufung zu Typ 5 (silikatischer Mittelgebirgsbach) und ab der Mündung der Glenne zu Typ 9 (silikatischer Mittelgebirgsfluss). Die Einstufung als „silikatisch“ muss jedoch hinterfragt werden.

Bei den Probenahmen des Makrozoobenthos wurden jeweils auch allgemeine physikalisch-chemische Parameter gemessen. Dabei fiel auf, dass die Leitfähigkeit der Möhne bereits im Oberlauf Werte von weit über 200 $\mu\text{S}/\text{cm}$ aufwies. Diese Werte stiegen weiter auf über 400 $\mu\text{S}/\text{cm}$ oberhalb der Wästermündung (Westerbach) und erhöhten sich durch den Zulauf der Wäster auf über 1000 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Bis zur untersten Probestelle sank die Leitfähigkeit nicht mehr unter 800 $\mu\text{S}/\text{cm}$, was für ein silikatisches Gewässer sehr hoch ist.

Die Möhne wechselt zwar etwa bei Wülfte von Kalkuntergrund auf silikatischen Boden, aber das Wasser, das überwiegend von der verkarsteten Briloner Hochfläche stammt, ist weiterhin karbonatisch geprägt, genauso wie die Zuflüsse Glenne und Wäster. Vieles spricht also dafür, dass die Möhne eher einen karbonatischen Charakter hat als einen silikatischen. In Hinsicht auf die Bewertung der Probestellen würden sich bei Einstellung des Gewässertyps auf Typ 7 im Oberlauf und Typ 9.1 im weiteren Verlauf unterhalb der Glennemündung gravierende Veränderungen in der ökologischen Zustandsklasse ergeben. Diese Veränderung des Gewässertyps hätte aber nur bewertungstechnische Relevanz. In Hinsicht auf die Fragestellung der Besiedlung eines natürlichen Kieslückensystems wäre diese Typveränderung irrelevant.

Ein weiteres Problem in der Bewertung stellt die Einstufung des Neozoons *Echinogammarus berilloni* dar. Dieser Flohkrebs ist als Neozoon im Faunaindex negativ eingestuft (-2). Er hat schon seit mehreren Jahrzehnten den einheimischen Flohkrebs *Gammarus pulex* verdrängt und dessen ökologische Nische ausgefüllt. Weitere negative Folgen sind nicht bekannt. Allein durch die Ersetzung von *E. berilloni* durch *G. pulex* bei der Berechnung im Bewertungssystem würden fast alle Probestellen unterhalb der Glennemündung den ökologisch guten Zustand aufweisen.

Fazit Makrozoobenthos

Bei der Untersuchung des Makrozoobenthos konnten nur geringfügige Unterschiede zwischen den ausgebauten/degradierten Probestellen und den naturnahen/renaturierten Probestellen festgestellt werden. In den renaturierten/naturnahen Strecken waren Abundanz und Taxazahl etwas höher als in den Ausbaustrecken. Des Weiteren war die Bewertung mit dem Bewertungssystem PERLODES stellenweise besser in den naturnahen/renaturierten Abschnitten. Nichtsdestotrotz waren die Unterschiede marginal und meist wurde nicht der gute Zustand festgestellt. Die Renaturierungsmaßnahmen sind an den meisten Probestellen erst wenige Jahre alt (Ausführung zwischen 2012 und 2016). Verschiedene Untersuchungen haben gezeigt, dass das Makrozoobenthos nicht sofort auf Verbesse-

rungen der Gewässermorphologie reagiert (LORENZ et al. 2018, LEPS et al. 2016) und die Wiederbesiedlung stark abhängig ist von naturnahen Besiedlungsquellen in direkter Umgebung (SUNDERMANN et al. 2011).

Auch die Kiesfraktion ist in den renaturierten Strecken nur geringfügig besser besiedelt als in den Ausbaustrecken, was bedeutet, dass andere Parameter mitentscheidend sind für das Vorkommen des Makrozoobenthos. Allerdings zeigen zwei Interstitialarten – die Eintagsfliege *Ephemera danica* und der Wurm *Eiseniella tetraedra* - durch ihre An- bzw. Abwesenheit deutlich den Unterschied des Kieslückensystems in den naturnahen Strecken im Vergleich zu den Ausbaustrecken. Es fehlen in der Möhne aber im Vergleich zu anderen naturnahen Gewässern in der Umgebung viele Feinsedimentbelastungs-intolerante Arten.

7 Fazit

Bewertung der durchgeführten Optimierungsmaßnahmen und Vorschläge für die weitere Entwicklung der Gewässer unter besonderer Berücksichtigung des Kieshaushalts

Im Einzugsgebiet der Möhne weist der Kieshaushalt einige Defizite auf, ist aber insgesamt gesehen besser als erwartet. So gibt es außerhalb der Stauhaltungen auch an der Möhne noch vegetationsfreie, sich bei Hochwasser umlagernde Kiesbänke. Der Abtrag von Kies bis auf das Grundgebirge (Sohlerosion) beschränkt sich auf wenige begradigte Strecken. Selbst die Elritze als – laut Literatur - anspruchsvoller Kieslaicher ist in der Möhne wieder weit verbreitet, die Bestände nehmen noch zu.

Die Makrozoobenthos-Untersuchungen belegen allerdings, dass der Feinsedimenteintrag in die Möhne ein größeres Problem darstellt als im Hevesystem. Dies war zu erwarten, denn die Einzugsgebiete von Heve und Großer Schmalenau sind zum weit überwiegenden Teil bewaldet, während die Möhne große Agrarflächen, darunter auch viele Äcker, entwässert. Maßnahmen zur Verbesserung dieser Situation sind kaum in einem wirksamen Umfang umsetzbar, z.B. die Rückumwandlung von Äckern in Grünland oder Wald oder die großflächige Extensivierung von Grünland.

Die zahlreichen seit 2006 durchgeführten Renaturierungen an Möhne, Heve und Großer Schmalenau erwiesen sich als sehr erfolgreich. Sie haben überwiegend einen großen Struktureichtum auf der Sohle geschaffen, der demjenigen in bereits länger naturnahen Gewässerabschnitten nahekommt.

In frischen Umbaustrecken können Kiesbänke in den ersten Jahren nach der Umgestaltung noch ein „verlehmt“ Interstitial haben. Umlagerungen sind jedoch in dieser Zeit häufiger als in „alten“ Abschnitten, so dass sich das Porensystem in gewissem Umfang freispült. Die typischen Pool-Riffel-Sequenzen stellen sich von selbst ein und brauchen nicht vorgeformt zu werden.

Bei den Untersuchungen wurde immer wieder bestätigt, wie groß die Bedeutung von großem, nicht fixiertem Totholz für den Struktureichtum der Kiessohle ist; es kann durch lokale Umlagerungen von Kies sogar einen Teil der Kolmation des Interstitials kompensieren, die durch anthropogen erhöhte Feinsedimentfrachten entsteht.

Bei Optimierungsmaßnahmen an Fließgewässern des Mittelgebirges sind Profilgeometrie und Windungsgrad nach dem Vorbild nahegelegener naturbelassener Abschnitte einzurichten. Die Sohle neuer Schlingen sollte nicht im Auelehm verlaufen, da dies für fast alle Gewässer untypisch und außerdem besiedlungsfeindlich für aquatische Organismen ist. Wenn die „menschengemachte“ Trennung von Gewässer und Aue durch die Ablagerung von Auelehm rückgängig gemacht werden soll, ist eventuell der Abtrag von Auelehm, also die Anlage einer Ersatzau, die bessere Lösung.

Eine Sohlhebung in bzw. auf die Talkiese verursacht keine der oben geschilderten Probleme, jedoch sollte bei der Schaffung von Laufverlängerungen mit höherem Sohlniveau geprüft werden, ob dann Abschnitte mit unverändert tiefem Niveau zu Sedimentfallen werden, die den Kiestransport behindern.

Ausführliche Hinweise für die Planung und Umsetzung von Renaturierungsmaßnahmen an kiesführenden Mittelgebirgsbächen sind in BUNZEL-DRÜKE et al. (2020) zusammengestellt.

Die Besiedlung neu angelegter Gewässerabschnitte, also z.B. Laufverlängerungen in begradigten Strecken, verläuft je nach Tierart unterschiedlich schnell. Die Groppe mit ihrer eher niedrigen Reproduktionsrate und geringen Ausbreitungsgeschwindigkeit gehört zu den langsamen Einwanderern, während Pioniere wie der Dreistachlige Stichling frische „Baustellen“ sofort nutzen können.

Die meisten Fischarten im Untersuchungsgebiet haben in naturnahen Gewässerabschnitten mit reicher Sohlstruktur größere Bestände als in ausgebauten strukturarmen Abschnitten. Eine Ausnahme stellen Groppe und Bachforelle dar, die typischen Arten der Forellenregion. In der Äschenregion werden sie durch die „künstliche Rhithralisierung“ ausgebauter Strecken gefördert, während sich in der Forellenregion Strecken im Ausbauzustand nicht positiv auf die beiden Arten auswirken. Hier herrschen auch in naturnahen Strecken die Bedingungen des Rhithrals, so dass eine weitere Erhöhung der Fließgeschwindigkeit durch Begradigung und seitliche Einengung der Sohle den rheophilen Arten keine Vorteile bringt.

Die Bestandsgröße lithophiler Fischarten wird zum einen durch Menge und Qualität der Kiesbänke und anderer Sohlstrukturen bestimmt. Hoher Strukturreichtum verursacht ein lokal unterschiedliches Ausmaß von Kolmation, so dass selbst bei einem gewissen Eintrag von Feinsedimenten auch Sohlbereiche mit geringer Kolmation des Interstitials vorhanden sind, die als Laichplätze dienen können. Zum anderen spielen viele weitere Faktoren eine Rolle, deren genaue Wirkung nicht immer bekannt ist, z.B. die Beschattung des Wasserkörpers. Sonneneinstrahlung fördert manche Arten und ist nachteilig für andere, daher sollten sowohl bewaldete als auch offene Gewässerabschnitte vorhanden sein.

Singuläre Ereignisse können u.U. über Jahre nachwirken. Ein Beispiel ist das große Fischsterben 2010 in der Möhne, das von Rüthen ausging. Noch im Untersuchungszeitraum 2017 bis 2019 waren die Abundanzen von Äsche und Barbe niedrig. Die späte Geschlechtsreife dieser Arten spielt eine Rolle bei der nur langsamen Bestandserholung, aber wohl auch die Tatsache, dass der potenzielle Lebensraum dieser Arten flussabwärts durch die Möhnetalsperre begrenzt wird. Die Populationen bleiben also immer isoliert und relativ klein. Mehrere nicht oder kaum überwindbare Querbauwerke zwischen Warstein-Belecke und Möhnesee-Völlinghausen zerstückeln den Lebensraum zusätzlich und behindern auch Laichwanderungen zu den besten Fortpflanzungsstätten. Beseitigung oder Umbau der Wehre könnten die Bestände der beiden Kieslaicher vergrößern oder zumindest stabilisieren. Eine Beseitigung oder Minimierung der Staustrecken würde außerdem den Lebensraum der lithophilen und weiterer rheophiler Arten vergrößern.

Die sommerliche Trockenperiode im Jahr 2018 beeinträchtigte in den Jahren 2018 und 2019 die Analyse der Reaktionen der Fischfauna auf unterschiedliche Gewässerstrukturen in Heve und Großer Schmalenau – die Befischungsergebnisse zeigten aber eindrucklich, welche Auswirkungen des Klimawandels auf die Forellenbäche des Rheinischen Schiefergebirges zu erwarten sind. Die meisten dieser Bäche haben nur einen kleinen Grundwasserspeicher, so dass ausbleibende Niederschläge eine umgehende Reduktion des Abflusses zur Folge haben. Der Wasserspiegel fällt schnell, bis nur noch die tiefsten Kolke Wasser führen – mit katastrophalen Folgen für Fische und andere aquatische Organismen. Linderung können hier Biberstau schaffen, die Wasser in den Oberläufen länger speichern und für einen gleichmäßigeren Abfluss sorgen. Der Biber breitet sich derzeit auch im Süden Nordrhein-

Westfalens aus und wird auch den Arnsberger Wald irgendwann erreichen; eine künstliche Wiederansiedlung könnte den Prozess allerdings beschleunigen.

In der zusätzlich zum hier vorliegenden Abschlussbericht erarbeiteten Schrift „Die Möhne und ihre Zuflüsse: Ein Leitfaden über ihre Naturgeschichte mit Hinweisen zur Renaturierung“ werden verschiedene Aspekte zur naturnahen Gestaltung von kiesführenden Gewässern der Mittelgebirge vertieft behandelt.

Fast alle grundsätzlichen Erkenntnisse aus dem „Abschlussbericht“ über das Möhnesystem und dem „Leitfaden“ sind auch auf andere kiesführende Bäche und Flüsse des Mittelgebirges in Nordrhein-Westfalen und darüber hinaus übertragbar.

8 Literatur

- ABU Arbeitsgemeinschaft Biologischer Umweltschutz im Kreis Soest e.V. (2011): Kurzbericht über die Elektrofischungen in der Möhne Ende Dezember 2010 nach dem Fischsterben am 21. Dezember 2010. – Unveröff. Gutachten im Auftrag des Kreises Soest. – ABU, Bad Sassendorf. 9 S.
- BO, T., M. CUCCO, S. FENOGLIO & G. MALACARNE (2006): Colonisation patterns and vertical movements of stream invertebrates in the interstitial zone: a case study in the Apennines, NW Italy. - *Hydrobiologia* 568: 67–78.
- BRACKWEHR, L., M. BUNZEL-DRÜKE, U. DETERING, G. JACOBS, M. KÜHLMANN, S. KUSS, K.P. LAMPERT, M. MÖHLENKAMP, B. PEINERT, A. PETRUCK, M. SCHARF, V. SCHULZ, T. SEUME & O. ZIMBALL (2016): Die Quappe (*Lota lota*) im Einzugsgebiet der Lippe: Ökologie, Schutzmaßnahmen, Zucht und Wiederansiedlung. – Landesfischereiverband Westfalen und Lippe e.V. (Hrsg.) Band 8, Münster. 104 S.
- BÜLOW, B.V. & H. VIERHAUS (1984): Gewölleanalysen – ein Weg der Säugetierforschung. - In: SCHRÖPFER, R., R. FELDMANN & H. VIERHAUS (Hrsg.): Die Säugetiere Westfalens. - Abh. Westf. Mus. Naturk. 46 (4): 26-37.
- BUNZEL, M. (1987): Der Eisvogel (*Alcedo atthis*) in Mittelwestfalen – Studien zu seiner Brutbiologie, Populationsbiologie, Nahrung und Siedlungsbiologie. - Dissertation an der Westfälischen Wilhelms-Universität Münster. 236 S.
- BUNZEL-DRÜKE, M., J. DRÜKE, R. LOERBROKS & O. ZIMBALL (2020): Die Möhne und ihre Zuflüsse: Ein Leitfaden über ihre Naturgeschichte mit Hinweisen zur Renaturierung. - Studie im Auftrag der Bezirksregierung Arnsberg, Dezernat für Wasserwirtschaft und Gewässerschutz. – Arbeitsgemeinschaft Biologischer Umweltschutz im Kreis Soest e.V., Bad Sassendorf. 74 S.
- CAMPOS, F., A. FERNÁNDEZ, F. GUTIÉRREZ-CORCHERO, F. MARTIN-SANTOS & P. SANTOS (2000): Diet of the Eurasian kingfisher (*Alcedo atthis*) in northern Spain. - *Folia Zoologica* 49: 115–121.
- ČECH, M. (2017a): Key of fish diagnostic bones. - https://www.researchgate.net/publication/313862231_Key_of_fish_diagnostic_bones
- ČECH, M. (2017b): Lamprey (*Lampetra* sp.) in the diet of common kingfisher (*Alcedo atthis*). - *Bull. Lampetra, ZO ČSOP VLAŠIM* 8: 44-47.
- ČECH, M. & P. ČECH (2006): Diet of kingfisher at various types of waters. - In: ČECH, P. (Hrsg.): Kingfisher (*Alcedo atthis*), Its Conservation and Research: 55–71. - Proceedings of the 1st international seminar, 02/19 ZO ČSOP Alcedo, Vlašim, Czech Republic. (Tschechisch mit erweiterter Zusammenfassung in Englisch)
- ČECH, M. & P. ČECH (2011): Diet of the common kingfisher (*Alcedo atthis*) in relation to habitat type: a summary of results from the Czech Republic. - *Sylvia* 47: 33–47. (Tschechisch mit erweiterter Zusammenfassung in Englisch)
- ČECH, M. & P. ČECH (2013): The role of floods in the lives of fish-eating birds: predator loss or benefit? - *Hydrobiologia* 717: 203–211.
- DOUCET, J. (1969): Coup d’oeil sur le régime alimentaire du Martin-pêcheur. - *Aves* 6: 90-99.
- DÜBLING, U. (2009): Handbuch zu fiBS - Hilfestellungen und Hinweise zur sachgerechten Anwendung des fischbasierten Bewertungsverfahrens fiBS. - Schriftenreihe des Verbandes Deutscher Fischereiverwaltungsbeamter und Fischereiwissenschaftler e.V., Heft 15.

- EAWAG Eidg. Anstalt für Wasserversorgung, Abwasserreinigung und Gewässerschutz & Schälchli, Abegg + Hunzinger dipl. Ing. ETH/SIA, Fluss- und Wasserbau (2002): Kolmation - Methoden zur Erkennung und Bewertung. – Schlussbericht, Dübendorf & Zürich. 24 S.
- FAO (1998): Guidelines for the routine collection of capture fishery data. – FAO Fish. Tech. Pap. 382, 113 S.
- FELDMANN, R. (1980): Zur Verbreitung und Ökologie des Dreistachligen Stichlings und des Zwergstichlings in Westfalen. - Natur und Heimat 40: 99-109.
- GIESWEIN, A., D. HERING & A.W. LORENZ (2019): Development and validation of a macroinvertebrate-based biomonitoring tool to assess fine sediment impact in small mountain streams. - Science of the Total Environment 652: 1290–1301.
- GREGORY, K.J., A.M. GURNELL, C.T. HILL & S. TOOTH (1994): Stability of the pool-riffle sequence in changing river channels. - Regulated Rivers: Research and Management 9: 35-43.
- HAASE, P., K. SCHINDEHÜTTE & A. SUNDERMANN (2006): Operationelle Taxaliste als Mindestanforderung an die Bestimmung von Makrozoobenthosproben aus Fließgewässern zur Umsetzung der EU-Wasser-rahmenrichtlinie in Deutschland. - Available at: <http://www.fliessgewaesserbewertung.de>
- HALLET, C. (1977): Contribution à l'étude du régime alimentaire du Martin-Pêcheur (*Alcedo atthis*) dans la vallée de la Lesse. - Aves 14: 128–144.
- HALLET, C. (1978): Le régime alimentaire du Martin-pêcheur: étude qualitative et quantitative. - Mémoire présenté pour l'obtention du grade de Licencié en Sciences zoologiques, Fac. N.D. Paix, Namur. 79 S.
- HALLET-LIBOIS, C. (1985): Modulations de la stratégie alimentaire d'un prédateur: éco-éthologie de la predation chez le Martin-pecheur *Alcedo atthis* (L., 1758), en periode de reproduction. - Cahiers Ethol. Appl. 5: 1-206.
- KELLER, E.A. & T. TALLY (1979): Effects of large organic material on channel form and fluvial processes in the coastal redwood environment. – In: RHODES, D.D. & G.P. WILLIAMS (eds.): Adjustments of the fluvial system: 169-197. Kendall Hunt, Dubuque.
- KLINGER, H., C. SCHÜTZ, D. INGENDAHL, L. STEINBERG, W. JAROCINSKI & G. FELDHAUS (2011): Rote Liste und Artenverzeichnis der Fische und Rundmäuler - Pisces et Cyclostomata - in Nordrhein-Westfalen, Stand Mai 2010. - In: LANUV (Hrsg.): Rote Liste der gefährdeten Pflanzen, Pilze und Tiere in Nordrhein-Westfalen, 4. Fassung. - LANUV-Fachbericht 36: 223-238.
- KOTTELAT, M. & J. FREYHOF (2007): Handbook of European Freshwater Fishes. – Kottelat & Freyhof, Cornol (Schweiz) & Berlin (Deutschland). 646 S.
- KOTYUKOV, Y.V. (2016): Ökologie des Eisvogels der südlichen Meschera. - Veröffentlichungen des Oka Zapovednik 36. Ryazan: NP "Stimme der Provinz". 187 S.
- Land Oberösterreich (Hrsg.) (2005): Vision Flussperlmuschel - Newsletter Dezember 2015. - Amt der Oö. Landesregierung, Direktion für Landesplanung, wirtschaftliche und ländliche Entwicklung, Abteilung Naturschutz, Linz. 16 S.
- LANUV Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen (2015): Fließgewässertypenkarten Nordrhein-Westfalens. - LANUV-Arbeitsblatt 25, Recklinghausen.

LEPS, M., A. SUNDERMANN, J.D. TONKIN, A.W. LORENZ & P. HAASE (2016): Time is no healer: increasing restoration age does not lead to improved benthic invertebrate communities in restored river reaches. - *Science of the Total Environment* 557–558: 722–732.

LEOPOLD, L.B., M.G. WOLMAN & J.P. MILLER (1964): *Fluvial processes in geomorphology*. – Freeman, San Francisco.

LORENZ, A.W., P. HAASE, K. JANUSCHKE, A. SUNDERMANN & D. HERING (2018): Revisiting restored river reaches – Assessing change of aquatic and riparian communities after five years. - *Science of the Total Environment* 613-614: 1185–1195.

MEIER C., P. HAASE, P. ROLAUFFS, K. SCHINDEHÜTTE, F. SCHÖLL, A. SUNDERMANN & D. HERING (2006): *Methodisches Handbuch Fließgewässerbewertung. Handbuch zur Untersuchung und Bewertung von Fließgewässern auf Basis des Makrozoobenthos vor dem Hintergrund der EG-Wasserrahmenrichtlinie*. www.fliessgewaesserbewertung.de

NZO GmbH & IfÖ Institut für angewandte Ökologie (2007): Erarbeitung von Instrumenten zur gewässerökologischen Beurteilung der Fischfauna, Kapitel 9.6 (Steckbriefe Referenzen). - Gutachten im Auftrag des Ministeriums für Umwelt und Naturschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz des Landes NRW. 61 S.

POTTGIESSER, T & M. SOMMERHÄUSER (2004): Begleittext zur Aktualisierung der Steckbriefe der bundesdeutschen Fließgewässertypen (Teil A) und Ergänzung der Steckbriefe der deutschen Fließgewässertypen um typspezifische Referenzbedingungen und Bewertungsverfahren aller Qualitätselemente (Teil B), UBA-Projekt (Förderkennzeichen 36015007) und LAWA-Projekt O 8.06.

RAVEN, P. (1986): The size of minnow prey in the diet of young kingfisher *Alcedo atthis*. - *Bird Study* 33: 6–11.

REYNOLDS, S.J. & M.D.C. HINGE (1996): Food brought to the nest by breeding kingfisher (*Alcedo atthis*) in the New Forest of southern England. - *Bird Study* 43: 96–102.

RICKER, W.E. (1975): Computation and interpretation of biological statistics of fish populations. – *Bulletin of the Fisheries Research Board of Canada* 191: 2-6.

RUTTE, E. (1962): Schlundzähne von Süßwasserfischen. - *Palaeontographica Abt. A* 120: 165-212.

Schälchli, Abegg + Hunzinger – dipl. Ing. ETH / SIA, Fluss- und Wasserbau (2002): Kolmation – Methoden zur Erkennung und Bewertung. – Gutachten im Auftrag der Eidg. Anstalt für Wasserversorgung, Abwasserreinigung und Gewässerschutz (EAWAG). Schälchli, Abegg + Hunzinger, Zürich. 22 S.

SCHMIDT, C. & R. VANDRÉ (2006): Schlamm, Kies und Rost - Aktuelle Erfahrungen mit dem Schutz der Flussperlmuschel in Bayern. - In: Natur- und Umweltschutz-Akademie des Landes Nordrhein-Westfalen (NUA) (Hrsg.): Schutz und Erhalt der Flussperlmuschel in Nordrhein-Westfalen; Workshop am 10.-11. November 2005 in Monschau. – NUA-Heft Nr. 20: 41-46.

SCHÜTZ, C., M. FUCHS, M. BUNZEL-DRÜKE & O. ZIMBALL (2005): Sondermessprogramm 2004/2005 „Biologische Monitoringsmethoden an Fließgewässern“ – Bericht Fische, Teil 1: Erprobung neuer Fischbewertungssysteme für die Anwendung in der WRRL. Unveröff. Gutachten im Auftrag des MUNLV NRW, Albaum. 137 S.

SCHWOERBEL, J. (1964): Die Bedeutung des Hyporheals für die benthischen Lebensgemeinschaften des Fließgewässers. - *Verhandlungen der Internationalen Vereinigung für Theoretische und Angewandte Limnologie* 15: 215–226.

STORM, S. & M. BUNZEL-DRÜKE (2020): Maßnahmenanalyse zum Fischbestand der Lippe - Fische der Lippe und ihrer Aue von der Quelle bis zur Mündung: Verbreitung, Abundanz, longitudinale Ortsbewegungen, Defizitanalyse und Vorschläge für Verbesserungsmaßnahmen. - Landesfischereiverband Westfalen und Lippe e.V. (Hrsg.), Münster. 493 S.

SUNDERMANN, A., S. STOLL & P. HAASE (2011): River restoration success depends on the species pool of the immediate surroundings. - *Ecol. Appl.* 21: 1962–1971.

UTTENDÖRFER, O. (1952): Neue Ergebnisse über die Ernährung der Greifvögel und Eulen. - Stuttgart/Ludwigsburg.

VILCHES, A., R. MIRANDA & J. ARIZAGA (2012): Fish prey selection of the common kingfisher *Alcedo atthis* in Northern Iberia. - *Acta Ornithol.* 47: 169–177.

VILCHES, A., J. ARIZAGA, R. MIRANDA & A. IBBOTSON (2013): Impact of common kingfisher on a salmon population during the nestling period in southern England. - *Knowl. Manag. Aquat. Ecosyst.* 410: 1–8.