

# Diabaswerk Huneberg



## **Gewässerökologische Untersuchung und Bewertung potenzieller Auswirkungen von Schwebstoffeinträgen in den Fließgewässern des Großen Huneberges**

**Oktober 2015**

**BWU**

Büro für Wasserwirtschaft und  
Umwelt Dr.-Ing. Dirk Böhme

**Auftraggeber**



Harzer Pflastersteinbrüche Telge & Eppers,  
NL der KEMNA BAU Andrae GmbH & Co. KG  
Am Güterbahnhof 5  
38667 Bad Harzburg

**Vorhaben**

Diabaswerk Huneberg  
Gewässerökologische Untersuchung und Bewertung potenzieller Auswirkungen von Schwebstoffeinträgen in den Fließgewässern des Großen Huneberges

**Dokument**

- Bericht -

**Bearbeitung**



Büro für Wasserwirtschaft und  
Umwelt Dr.-Ing. Dirk Böhme  
Blümnerstraße 18, 04229 Leipzig  
Tel.: (0341) 604 282 07  
Fax: (0341) 604 282 06  
Mail: [info@bwwu.de](mailto:info@bwwu.de), [www.bwwu.de](http://www.bwwu.de)

Bearbeitung

Dirk Böhme

NAN Laboranalytik

IFB Halle GmbH, [www.ifb-halle.de](http://www.ifb-halle.de)  
ANALYTIKUM Umweltlabor GmbH Merseburg

E-Befischung

Wildfisch- und Gewässerschutz 1985 Wernigerode e.V., <http://wildfisch-wernigerode.de>

Leipzig, 06. Oktober 2015

Dirk Böhme

## Inhalt

<b>1</b>	<b>Einführung</b> .....	<b>3</b>
<b>2</b>	<b>Allgemeine Beschreibung der untersuchten Gewässer</b> .....	<b>3</b>
<b>3</b>	<b>Potenzielle Auswirkungen erhöhter Feinsedimenteinträge in Fließgewässer</b> .....	<b>3</b>
<b>4</b>	<b>Bearbeitungsumfang und Vorgehensweise</b> .....	<b>4</b>
4.1	Wasser- und Schwebstoffbeschaffenheit .....	5
4.2	Fische .....	6
4.3	Makrozoobenthos .....	7
<b>5</b>	<b>Ergebnisse</b> .....	<b>7</b>
5.1	Aktueller Gewässerzustand im Bereich der Probenahmestellen .....	7
5.2	Wasser- und Schwebstoffbeschaffenheit .....	19
5.3	Fische .....	25
5.4	Makrozoobenthos .....	33
<b>6</b>	<b>Zusammenfassung und Schlussfolgerungen</b> .....	<b>39</b>
<b>7</b>	<b>Quellen</b> .....	<b>40</b>

## Anhänge

<b>A-1</b>	Übersichtskarten der Probenahmestellen und Befischungstrecken
<b>A-2</b>	Laborberichte Wasser- und Sedimentanalytik
<b>A-3</b>	Ergebnisse der E-Befischungen
<b>A-4</b>	Artenlisten Makrozoobenthos

## Tabellen

Tabelle 1:	Beprobungstermine	5
Tabelle 2:	Parameterliste und Verfahren der Laboranalytik	5
Tabelle 3:	E-Befischungen (Termine und Längen der Befischungstrecken)	6
Tabelle 4:	Sohlsubstrate der untersuchten Fließgewässer im Bereich der Probenahmestellen für Makrozoobenthos	18
Tabelle 5:	Ergebnisse der Wasser- und Sedimentanalytik 2014/15	21
Tabelle 6:	Ergebnisse der E-Befischung: Bestandsdichten an den Haupt-Untersuchungstrecken	25
Tabelle 7:	Ergebnisse der E-Befischung: Bestandsdichten an den Neben-Untersuchungstrecken	25
Tabelle 8:	Längenwachstum von Bachforellen in Abhängigkeit vom Alter	30
Tabelle 9:	Längenwachstum von Groppen in Abhängigkeit vom Alter	32
Tabelle 10:	Zustandsbewertung des Ökologischen Gewässerzustandes auf Grundlage des Makrozoobenthos nach PERLODES	33
Tabelle 11:	Anteile indikatorisch relevanter Habitatpräferenzen im MZB der Hune und der Referenzgewässer	35
Tabelle 12:	Anteile indikatorisch relevanter Ernährungstypen im MZB der Hune und der Referenzgewässer	36

Tabelle 13: Unterschiede zwischen den MZB-Gemeinschaften der Großen Hune und der Referenzgewässer	37
Tabelle 14: Rote-Liste-Arten in den untersuchten Gewässern	38
<b>Abbildungen</b>	
Abbildung 1: Massive Sohlbefestigung unter der neuen Brücke über die Große Hune	8
Abbildung 2: Absturz unterhalb der Brücke des Talsperren-Rundweges	9
Abbildung 3: Große Hune A, Sohlstruktur	10
Abbildung 4: Große Hune B, natürliche Step-Pool-Struktur	10
Abbildung 5: Riefenbach, unterer Abschnitt	11
Abbildung 6: Riefenbach, unterer Abschnitt, Sohlstruktur	11
Abbildung 7: Riefenbach, oberer Abschnitt (im Frühjahr 2015 trocken gefallen)	12
Abbildung 8: Riefenbach, oberer Abschnitt, Sohlstruktur mit Bachmoos ( <i>Fontinalis antipyretica</i> )	12
Abbildung 9: Speckenbach	13
Abbildung 10: Speckenbach, Sohlstruktur	13
Abbildung 11: Tiefenbach	14
Abbildung 12: Tiefenbach, Sohlstruktur	14
Abbildung 13: Große Hune A, flächenhafter Feinsedimentfilm einer flachen, gleichmäßig überströmten Grobkies-Strecke	15
Abbildung 14: Große Hune A, differenziertes Ablagerungsmuster der Feinsedimente im Querprofil	15
Abbildung 15: Große Hune B, Sohlstruktur und flächenhafter Feinsedimentfilm (äußere Kolmation) in einem gering durchströmten Pool	16
Abbildung 16: Große Hune B, Feinsedimentfilm auf einem <i>Fontinalis</i> -Polster	16
Abbildung 17: Große Hune B: hellgraues Feinsediment im Einbindebereich eines Steines in die Sohle lässt auch auf lokale innere Kolmation des Lückensystems schließen	17
Abbildung 18: Borsten-Rotalge ( <i>Lemanea fluviatilis</i> ) auf einem Steinblock im Unterlauf der Großen Hune	19
Abbildung 19: Metallkonzentrationen in der Feststofffraktion $\leq 63 \mu\text{m}$ in der Großen Hune und den Referenzgewässern	20
Abbildung 20: Arsen (gelöst) in Abhängigkeit vom pH	23
Abbildung 21: Zink (gelöst) in Abhängigkeit vom pH	23
Abbildung 22: Bachforelle, helle Färbungsvariante, Gr. Hune B, Oktober 2014	26
Abbildung 23: Bachforellen, dunkle Färbungsvariante, Grenzkappe, Oktober 2014	26
Abbildung 24: Bachforelle, Lt = 39 cm, Große Hune B, Juni 2015	27
Abbildung 25: Groppe mit Jungtier, Große Hune zwischen Brücke des Talsperren-Rundweges und Mündung in den Okerstausee, Oktober 2014	27
Abbildung 26: Längenverteilung des Bachforellenbestandes (Große Hune B)	30
Abbildung 27: Längenverteilung des Bachforellenbestandes (Riefenbach, unterer Abschnitt)	31
Abbildung 28: Längenverteilung des Groppen-Bestandes (Große Hune B)	32
Abbildung 29: Mikrohabitatpräferenzen des MZB in der Große inn Hune und in den Referenzgewässern	35
Abbildung 30: Ernährungstypen des MZB in der Großen Hune und in den Referenzgewässern	36

## 1 Einführung

Die KEMNA BAU Andreae GmbH & Co. KG betreibt das Diabaswerk Huneberg im Harz. Durch die Oberflächenentwässerung des Diabaswerkes bei Starkregen und Schneeschmelze größere Mengen mineralischer Feinsedimente in den Vorfluter, die Große Hune, gelangen. Mit der Wasserrechtlichen Erlaubnis für die Einleitung der Oberflächenentwässerung wurde deshalb ein Einleitgrenzwert von  $100 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$  AFS, gemessen am Ablauf der Ansetzteiche, festgesetzt. Auf Forderung der Unteren Wasserbehörde des Landkreises Goslar ist die Wirksamkeit dieser Festlegung stichprobenartig auf Ebene der Wasser- und Sedimentchemie sowie der aquatischen Biozönose zu überprüfen und anhand der Oberflächengewässer-Verordnung (OGewV) zu beurteilen. Mit Schreiben vom 18.09.2014 erteilte die KEMNA BAU Andreae GmbH & Co. KG dem Büro für Wasserwirtschaft und Umwelt Dr.-Ing. Dirk Böhme den Auftrag zur Durchführung der entsprechenden Untersuchungen 2014/2015.

## 2 Allgemeine Beschreibung der untersuchten Gewässer

Die Große Hune mit ihren Zuflüssen gehört ebenso wie alle Bergbäche im näheren Umfeld (Einzugsgebiete der Okertalsperre und der Radau) nach der „Karte der biozönotisch bedeutsamen Fließgewässertypen Deutschland“ (POTTGIEßER et al. 2004) zum Fließgewässer-Typ 5 „grobmaterialreiche silikatische Bäche des Mittelgebirges“. Nach Gefälle, Quellentfernung und Gewässerbreite sind die Gewässer im Untersuchungsbereich zum Epirhithral und damit der oberen Forellenregion zuzurechnen.

Aufgrund der geringen Größe des Einzugsgebietes ( $A_{EO} \approx 3,5 \text{ km}^2$ ) ist die Große Hune kein eigenständiger Oberflächenwasserkörper (OWK) im Sinne der europäischen Wasserrahmenrichtlinie (WRRL). Sie gehört als isolierter Zufluss zum OWK DE\_LW\_DENI\_15004 (Okertalsperre). Die zu Referenzzwecken ausgewählten Gewässer der näheren Umgebung (Riefenbach, Speckenbach und Tiefenbach) sind Bestandteil des benachbarten OWK DE\_LW\_DENI\_15006 (Radau) und gehören zum gleichen Gewässertyp.

Für Fließgewässer mit Einzugsgebieten  $< 10 \text{ km}^2$  sind die im Kontext der Einführung der WRRL entwickelten Bewertungsverfahren des ökologischen Zustands streng genommen nicht anwendbar<sup>1</sup>. Messstellen zur Überwachung des ökologischen Gewässerzustandes im Rahmen des WRRL-Monitoring werden deshalb in solchen Gewässern in der Regel nicht betrieben. Das ist auch bei der Großen Hune und den drei Referenzgewässern der Fall. Hier sind lediglich ältere Ergebnisse einer saprobiologisch ausgerichteten Erhebung nach DIN 38 410 aus dem Juni 2002 verfügbar (Große Hune, Tiefen- und Riefenbach, NLWK 2002).

## 3 Potenzielle Auswirkungen erhöhter Feinsedimenteinträge in Fließgewässer

Zu den möglichen Auswirkungen von Feinsedimenten auf die Fischbestände in Fließgewässern liegt eine umfassende Literaturstudie von KEMP et al. (2011) vor, die den aktuellen Kenntnisstand zusammenfasst. Der Mehrzahl der bisher zu diesem Thema veröffentlichten Arbeiten beschäftigt sich mit der Familie der Lachsartigen (Salmonidae), insbesondere mit den Folgen übermäßiger Sedimenteinträge in die Reproduktionshabitate, sowie mit dem durch Schwebstoff-Pulse ausgelösten physiologischen Stress.

Da es sich im vorliegenden Fall um eine relativ gleichmäßige Dauerbelastung handelt, müssten ggf. nachteilige chronische Effekte auf qualitativer (Verschwinden sensitiver Arten) und auf Populationsebene (verringertes Wachstum, Ausfall von Jahrgängen) erkennbar sein, z.B. wenn die Lebensraumstruktur durch Sedimentablagerungen übermäßig beeinträchtigt wäre

---

<sup>1</sup> Für Bäche im Sinne der WRRL-kompatiblen deutschen Fließgewässer-Typologie und der dafür entwickelten und kalibrierten Bewertungsansätze gilt  $10 \text{ km}^2 \leq A_{EO} < 100 \text{ km}^2$ .

oder wenn die unmittelbar wirksame AFS-Konzentration<sup>2</sup> physiologischen Dauerstress verursachen würde (z.B. Blockierung der Kiemenfunktion). Indirekte Wirkungen, die sich über niedere trophische Ebenen (Behinderung der Primär- und Sekundärproduzenten) über die Nahrungskette bis zum Fischbestand fortsetzen, könnten zu verringertem Wachstum bis hin zum Auftreten von Hungerformen und verzögerter Geschlechtsreife führen.

Zu den möglichen Auswirkungen von Feinsedimenten auf das Makrozoobenthos liegt eine umfassende Literaturstudie von JONES et al. (2012) vor, die den aktuellen Kenntnisstand zusammenfasst. Für kontinuierliche Feinsedimenteinträge in der hier gegebenen Intensität kommen danach Wirkungen auf mehreren Ebenen in Frage.

Auf Ebene der Habitatstruktur könnte das Lückensystem der kies- und schottergeprägten Gewässersohle als Lebensraum blockiert werden (äußere und ggf. innere Kolmation). Damit verbunden wäre eine Zunahme des Anteils von Schlamm- und Feinsandbesiedlern (Pelal + Psammal) bei gleichzeitiger Abnahme der Kies und Schotter (Akal) bevorzugenden Arten. Auf Ebene des Nahrungsnetzes innerhalb des Gewässerökosystems könnte der Anteil derjenigen Arten abnehmen, die sich als Filtrierer ernähren oder den epilithischen Biofilm abweiden, da deren Nahrungsquellen durch suspendierte bzw. sich flächenhaft ablagernde Feinsedimente qualitativ entwertet werden. Insgesamt wäre bei übermäßiger Belastung eine deutliche Verringerung der Artenzahl zu erwarten, da die o.g. Effekte wie ein Filter das potenziell vorhandene Artenspektrum beschränken.

Die beschriebenen Effekte müssten nahe der Einleitstelle in größerem Umfang feststellbar sein als an entfernter liegenden Untersuchungsstellen bzw. Befischungsstrecken. Die Verhältnisse in der Großen Hune sollten in dieser Hinsicht in deutlichem Kontrast zu den Referenz-Untersuchungsstellen bzw. -Befischungsstrecken in den anderen Gewässern stehen.

Weitere Wirkungen können die Effekte der Feinsedimenteinträge überlagern und maskieren bzw. verstärken. Dazu gehört die in der Literatur unter der Bezeichnung "Strahlwirkung" (DRL 2008) beschriebene Möglichkeit, dass Organismen aus oberliegenden, unbeeinträchtigten Gewässerabschnitten passiv (durch Drift) und aktiv in die beeinträchtigten Gewässerabschnitte gelangen. Damit können die betreffenden Arten in der fraglichen Strecke zeitweise oder dauerhaft präsent sein, ohne hier jedoch immer alle Voraussetzungen für die regelmäßige erfolgreiche Reproduktion vorzufinden. Querbauwerke als Wanderhindernisse für den lokalen Fischbestand können die ggf. durch die Feinsediment-Belastung verursachten Störungen des Reproduktionsgeschehens durch Einschränkung saisonaler Habitatwechsel und Fragmentierung des Gewässersystems verstärken.

Die zumindest theoretisch denkbare Überlagerung der auf physikalischen Prinzipien beruhenden Effekte der Feinsedimenteinträge durch toxische Wirkungen begleitender Schadstoffe (hier: harztypische Schwermetalle) soll anhand von Wasser- und Sedimentanalysen beurteilt werden.

#### **4 Bearbeitungsumfang und Vorgehensweise**

Der Bearbeitungsumfang und die hinsichtlich chemisch-physikalischer Parameter (5 Messstellen x 3 Beprobungen) und Makrozoobenthos (5 Messstellen x 1 Beprobung) zu untersuchenden Gewässer wurden durch das Umweltamt des Landkreises Goslar in Abstimmung mit dem NLWKN vorgegeben (Schreiben vom 07.10.2014). Die zunächst weniger spezifische Vorgabe zur Untersuchung des Fischbestandes wurden in weiteren Abstimmungen mit dem LAVES (Obere Fischereibehörde) dahingehend konkretisiert, dass jeweils zwei Befischungsstrecken > 50...100 m Länge in der Großen Hune und im Riefenbach (als Referenzgewässer) durchzuführen waren. Übersichtskarten zur Lage der Probenahmestellen und Befischungsstrecken sind in Anhang A-1 abgelegt.

---

<sup>2</sup> AFS = Abfiltrierbare Stoffe

#### 4.1 Wasser- und Schwebstoffbeschaffenheit

Im Rahmen des vorgegebenen Untersuchungsprogramms war die Belastung des Gewässers mit Nährstoffen und Schwermetallen zu prüfen, letztere sowohl in der gelösten als auch in der Schwebstoffphase. Die Beprobungstermine sind Tabelle 1 zu entnehmen.

**Tabelle 1: Beprobungstermine**

Probenahme Nr.	Große Hune A	Große Hune B	Riefenbach	Tiefenbach	Speckenbach
1 (Wasser, Sediment, parallel dazu Befischung in Gr. Hune und Riefenbach)	23.10.2014	23.10.2014	23.10.2014	21.10.2014	21.10.2014
2 (Wasser, Sediment; Endphase der Schneeschmelze)	09.03.2014	09.03.2014	09.03.2014	09.03.2014	09.03.2014
3 (Wasser, Sediment, parallel dazu Probenahme Makrozoobenthos, Befischung in Gr. Hune und Riefenbach)	03.06.2015	03.06.2015	03.06.2015	03.06.2015	03.06.2015

Aufgrund der jeweils gegebenen Wasserstände kann davon ausgegangen werden, dass die Beprobungen im Oktober 2014 eine Abflusssituation  $> MQ$  (teilweise Benetzung der terrestrischen Böschungsvegetation), im März 2015 eine Abflusssituation  $\approx MQ$  (vollständige Benetzung der Gerinnesohle unterhalb der terrestrischen Böschungsvegetation) und im Juni 2015 eine Abflusssituation  $< MQ$  (unvollständige Benetzung der Gerinnesohle, Wasserstand nahe den höchsten Standorten aquatischer Moose) erfassten.

Für die Wasseranalytik wurden in situ einfache Schöpfproben genommen. In den unbeeinträchtigten Referenzgewässern bestand aber das Risiko, mit vertretbarem Feldaufwand bei Trockenwetterabfluss aus der fließenden Welle keine hinreichende Schwebstoffmenge für die Analytik gewinnen zu können. Deshalb wurde aus allen Gewässern in strömungsberuhigten Bereichen ein hinreichendes Volumen unverfestigter Feinsedimente von 2...3 Einzelpunkten der Sohle als Mischprobe entnommen. Deren Fraktion  $\leq 63 \mu m$  wurde im Labor abgetrennt und zur weiteren Analyse aufgeschlossen. Um Fremdkontaminationen zu vermeiden, wurden bei der Sedimententnahme keinerlei Metallgeräte verwendet. Die Überführung der Sedimente in die Transportgefäße (PE) erfolgte langsam und portionsweise in situ unter Nutzung des Gefäßrandes und des Schraubverschlusses. Alle Proben wurden bis zur Abgabe im Labor in Kühlboxen transportiert. Die chemische Laboranalytik übernahm das Institut für Bioanalytik Halle GmbH, Schiepziger Straße 35, D-06120 Halle (Saale). Die Bestimmung der Schwermetalle incl. Arsen erfolgte im Nachauftrag durch das für diese Verfahren akkreditierte ANALYTIKUM Umweltlabor GmbH, Jagdrain 14, D-06217 Merseburg.

**Tabelle 2: Parameterliste und Verfahren der Laboranalytik**

Parameter	Methode
AFS	DIN 38409-H2-2
pH-Wert	DIN EN ISO 10523 (C 5) 2012-04
el. Leitfähigkeit 25°C	DIN EN 27888 (C 8) 1993-11
Chlorid	DIN 38405-D 1-3 1985-12
Sulfat	Küvettest, Reaktion analog DIN 38405-D5-2
TOC	DIN EN1484 (H3)
TN	Ammonium-N: DIN 38406 E5
	Nitrit-N: DIN EN 26777 D10
	Nitrat-N: DIN 38405 D9-2

Parameter	Methode
Arsen (in Wasser und Schwebstoff)	DIN EN ISO 11 885, 2009-09
Blei (in Wasser und Schwebstoff)	DIN EN ISO 11 885, 2009-09
Cadmium (in Wasser und Schwebstoff)	DIN EN ISO 11 885, 2009-09
Chrom (in Wasser und Schwebstoff)	DIN EN ISO 11 885, 2009-09
Kupfer (in Wasser und Schwebstoff)	DIN EN ISO 11 885, 2009-09
Nickel (in Wasser und Schwebstoff)	DIN EN ISO 11 885, 2009-09
Zink (in Wasser und Schwebstoff)	DIN EN ISO 11 885, 2009-09
Vorbereitung Feststoff für Metallanalytik	Siebung 63 µm und Königswasser-Aufschluss DIN ISO 11 46638, 1997-06

Die Laborprotokolle sind im Anhang A-2 dokumentiert.

## 4.2 Fische

Gemäß Aufgabestellung und in Abstimmung mit dem LAVES (Obere Fischereibehörde) wurden an der Großen Hune und am Riefenbach (als Referenzgewässer) jeweils zwei Gewässerstrecken festgelegt, die am 21./23. Oktober 2014 und am 03. Juni 2015 befischt wurden. Vor Ort entschieden sich der Gutachter und der E-Fischereiausübende, an beiden Befischungsterminen einen dritten, mündungsnahen Abschnitt der Großen Hune in die Untersuchung einzubeziehen, um ggf. die Hinderniswirkung des Sohlabsturzes unter der Brücke des Talsperren-Rundweges erkennen zu können. Zusätzlich wurden bei der Herbstbefischung zwei weitere Gewässerabschnitte (Große Hune oh. Mündung der Grenzkappe, Grenzkappe oh. Mündung in die Große Hune) untersucht, um weitere Hinweise über mögliche Hinderniswirkungen bzw. Besiedlungswege für den Fischbestand der Großen Hune zu erlangen (Tabelle 3).

**Tabelle 3: E-Befischungen (Termine und Längen der Befischungsstrecken)**

Datum	Haupt-Untersuchungsstrecken					Neben-Untersuchungsstrecken	
	Große Hune A	Große Hune B	Große Hune uh. Brücke Talsperren-Rundweg	Riefenbach, unterer Abschnitt	Riefenbach, oberer Abschnitt	Große Hune oh. Mdg. Grenzkappe	Grenzkappe oh. Mdg. Große Hune
21.10.2014				190 m	265 m		
23.10.2014	160 m	200 m	50 m			165 m	150 m
03.06.2015	160 m	200 m	50 m	190 m	(265 m, Gerinne trocken)		

Die Befischung erfolgte mit einem tragbaren E-Fischereigerät vom Typ Bretschneider EFGI 650. Alle gefangenen Fische wurden gemessen und nach Art und Länge ( $\pm 5$  mm) erfasst. Notiert wurden auch alle Fische, denen die Flucht vor dem Anoden-Kescher gelang. Hier war aber nur eine Schätzung der Länge in 5-cm-Klassen möglich. Sämtliche Fangergebnisse sind im Anhang A-3 dokumentiert.

### 4.3 Makrozoobenthos

Das Makrozoobenthos wurde am 03.06.2015 in Anlehnung an die AQEM/STAR-Methodik beprobt. Hinderlich war dabei der Umstand, dass aufgrund der geringen Gewässergröße und der kleinräumigen Verzahnung der einzelnen Mikrohabitatstypen kaum einer dieser Typen „sortenrein“ beprobbar war. Daher wurde in Abwandlung der o.g. Methodik das gegebene Substratmosaik mit 3 Streifen von 1,0 m Länge abgedeckt, die durch kick-sampling mit einem 30 cm breiten 0,5-mm-Netz beprobt wurden. Dabei wurden alle vorhandenen Substrate anteilig erfasst. Grobe Steine wurden während des kick-sampling vorsichtig vor dem aufgestellten Kescher entnommen, in einer wassergefüllten Schüssel zwischengelagert und anschließend mit einer weichen Bürste abgewaschen. Von dem im Keschernetz zurückgehaltenen Spülgut wurde mittels der Schwemm-Technik die grobe mineralische Fraktion getrennt, auf köchertragende Trichoptera-Larven usw. durchgesehen (die entnommen wurden) und anschließend verworfen. Der abgeschwemmte Überstand wurde gemeinsam mit dem von den Grobsteinen abgewaschenen Material in eine weitere Schüssel mit Wasser gegeben, um die Lebendbestimmung von Turbellarien vor Ort vorzunehmen. Anschließend wurde die gesamte Probe nochmals durch den 0,5-mm-Kescher gespült, der Rückstand komplett in das Probengefäß überführt und mit Ethanol fixiert.

Das Tiermaterial wurde unter einer 4-fach vergrößernden Standlupe vorsortiert und entnommen (ältere Larvenstadien und sonstige größere Organismen). Die verbleibende Restfraktion (überwiegend Junglarven aquatischer Insekten und sonstige Taxa < 3 mm, Pflanzenreste, Detritus, Sand) wurde quantitativ mittels Subsampling zugeordnet. Dazu wurde die Restfraktion portionsweise einer Kunststoffschale mit 5 Zählstreifen verteilt. Aus einem nach Zufall ausgewählten Streifen wurden alle Tiere unter 10-facher Vergrößerung entnommen. Je nach Menge und Beschaffenheit der Restfraktion musste diese in 7-14 Teilportionen (=Füllungen der Schale) aufgeteilt werden. Die kumulativen Zählergebnisse dieser Fraktion wurden mit 5 multipliziert und zu den Ergebnissen des ersten Sortierganges addiert.

Die Bestimmung erfolgte bei 10-100facher Vergrößerung (Zeiss-Stereomikroskop GSZ) nach aktueller Standardliteratur (AUBERT 1959, BAUERNFEIND & HUMPECH 2001, EISELER 2005, FREUDE et al. 1971, 1979, HOHMANN (), ILLIES 1955, KILLEEN et al. 2004, KLAUSNITZER 1996, LANIV (2010, 2013), MALICKY 2010, STUDEMANN et al. 1992, SCHMEDTJE & KOHMANN 1992, SUNDERMANN & LOHSE 2006, WARINGER & GRAF 2011, ZWICK 1993a/b, 2004) bis zum niedrigsten, ohne aufwändige Einzelpräparation möglichen taxonomischen Niveau. Die Taxalisten sind im Anhang A-4 dokumentiert.

Mit der Software ASTERIX<sup>3</sup> wurden Indices zur Wassergüte und faunistischen Diversität sowie ökologisch-funktionale Parameter der Benthoszönose, sog. Metrics, ermittelt. Dazu wurden häufigkeitsgewichtete Mittelwerte aus 10-Punkte-Verteilungen errechnet, welche die für die einzelnen Arten zutreffenden ökologischen Präferenzen beschreiben. Detaillierte Beschreibungen der Metrics und der Berechnungsgänge sind dem Methodenhandbuch des offiziellen deutschen Gewässerbewertungsverfahrens zu entnehmen (MEIER et al. 2006)<sup>4</sup>.

## 5 Ergebnisse

### 5.1 Aktueller Gewässerzustand im Bereich der Probenahmestellen

Längs- und Querprofil der Großen Hune wie auch der Referenzgewässer sind in den für die aquatische Fauna relevanten Strukturelementen natürlich bis sehr naturnah ausgeprägt. Es

<sup>3</sup> Softwareversion 4.04, Stand September 2014, siehe <http://www.fliessgewaesserbewertung.de/download/berechnung/> Operationelle Taxaliste Stand Mai 2011, siehe <http://www.fliessgewaesserbewertung.de/download/bestimmung/>

<sup>4</sup> [http://www.fliessgewaesserbewertung.de/downloads/abschlussbericht\\_20060331\\_anh\\_I-VIII.pdf](http://www.fliessgewaesserbewertung.de/downloads/abschlussbericht_20060331_anh_I-VIII.pdf)

existiert eine ausgeprägte Pool- und Riffel-Struktur, teilweise auch eine pool-step-Struktur. Die Einzugsgebiete sind überwiegend (Gr. Huhne, Riefenbach) bzw. fast vollständig (Speckenbach, Tiefenbach) bewaldet. Dabei überwiegen in den höheren Lagen fichtendominierte Wirtschaftswälder, die am Unterlauf des Riefenbach in Buchenmischwald übergehen.

Die Linienführung der Großen Hune ist abschnittsweise durch Zwangspunkte fixiert, welche von Brücken und Wegeböschungen gebildet werden. Das Tal ist ein enges Kerbsohlental mit schmalen Alluvionen. Das Gewässer ist insgesamt durch eine intensive Abflussdynamik und Geschiebetrieb bei Hochwasser gekennzeichnet. Die Sohle ist über weite Strecken durch Ausspülung der feineren Körnungsklassen natürlich „gepanzert“, d.h. die bei Hochwasser nicht mehr bewegbaren Korngrößen bleiben im Bachbett liegen und bilden eine grobe Deckschicht, welche die darunter liegenden Sedimentgemische vor Strömungsangriff schützt. Dies ist das Endstadium der natürlichen, bei Durchgang eines Hochwassers mit allmählich absteigendem Ast auftretenden Sortierungsvorgänge, in deren Rahmen sich die bei Niedrigwasser gut sichtbaren Sohlstrukturen bilden.

Ökologisch relevante (jedoch nicht mit dem Diabas-Steinbruchbetrieb am Huneberg in Zusammenhang stehende) Beeinträchtigungen der Gewässerstruktur sind punktuell gegeben. Ein temporärer, ökologisch nicht überwindbarer Stau war bis zum Winter 2014 an einer Brückenbaustelle gesetzt. Nach der Fertigstellung der Brücke ist erkennbar, dass die neu angelegte massive Sohlbefestigung mit einzelnen "Rauhigkeits"elementen bestenfalls für schwimmstarke Einzelfische passierbar ist (Abbildung 1). Ähnliche Einschränkungen der Durchwanderbarkeit sind durch den Absturz unmittelbar unterhalb der Brücke des Talsperren-Rundweges (Abbildung 2) und durch die massiv befestigte Furt oberhalb des Zusammenflusses der Großen Hune mit der Grenzkappe.



**Abbildung 1:**  
**Massive**  
**Sohlbefestigung**  
**unter der neuen**  
**Brücke über die**  
**Große Hune**



**Abbildung 2: Absturz unterhalb der Brücke des Talsperren-Rundweges**

Im Rahmen forstlicher Arbeiten wurden lokal größere Mengen an Holzabfällen und Fichtenreisig am und im Bachlauf hinterlassen, was lokal zum Aufstau führte. Baumaßnahmen oder ähnlich morphologisch wirksame Eingriffe in das Gerinne fanden im Untersuchungszeitraum nur an einem Brückenbauwerk an der Großen Hune an der unterstromigen Begrenzung der Befischungsstrecke "Große Hune B" statt. Hier war zur Wasserhaltung der Baustelle im Oktober 2014 ein temporärer Stau gesetzt, der bei der zweiten Befischung nicht mehr vorhanden war.

Die Abbildungen auf Seite 10 bis 14 zeigen die örtlichen Verhältnisse an den Probenahmestellen und Befischungsstrecken. Danach folgen auf Seite 15 bis 17 Aufnahmen, die den am 03. Juni 2015 bei ruhender Einleitung sichtbaren Grad der Feinsedimentablagerung im Gerinne der Großen Hune belegen.

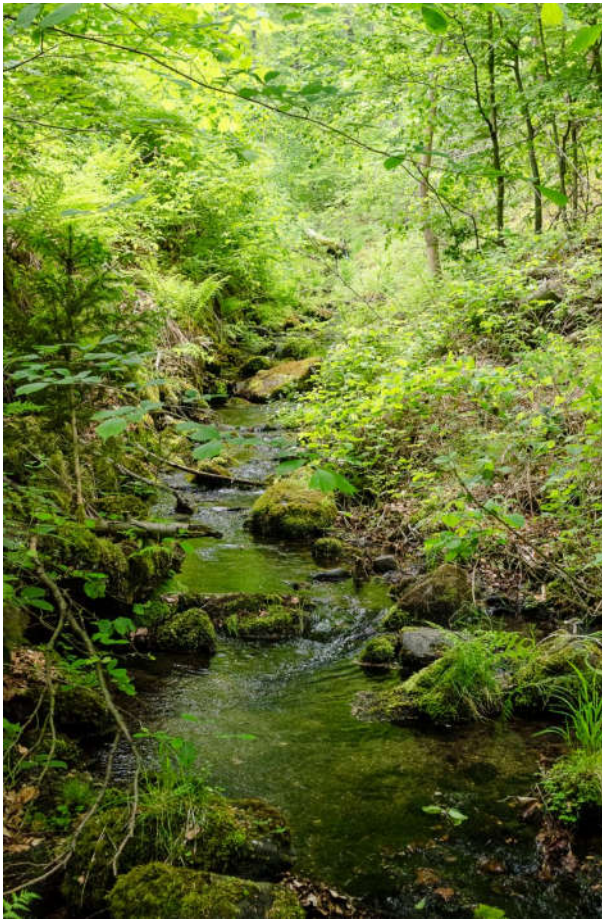


Abbildung 3: Große Hune A, Sohlstruktur



Große Hune B, natürliche Step-Pool-Struktur

Abbildung 4:



**Abbildung 5: Riefenbach, unterer Abschnitt**



**Abbildung 6: Riefenbach, unterer Abschnitt, Sohlstruktur**



Abbildung 7: Riefenbach, oberer Abschnitt  
(im Frühjahr 2015 trocken gefallen)



Abbildung 8: Riefenbach, oberer Abschnitt, Sohlstruktur mit Bachmoos (*Fontinalis antipyretica*)



Abbildung 9: Speckenbach



Abbildung 10: Speckenbach, Sohlstruktur



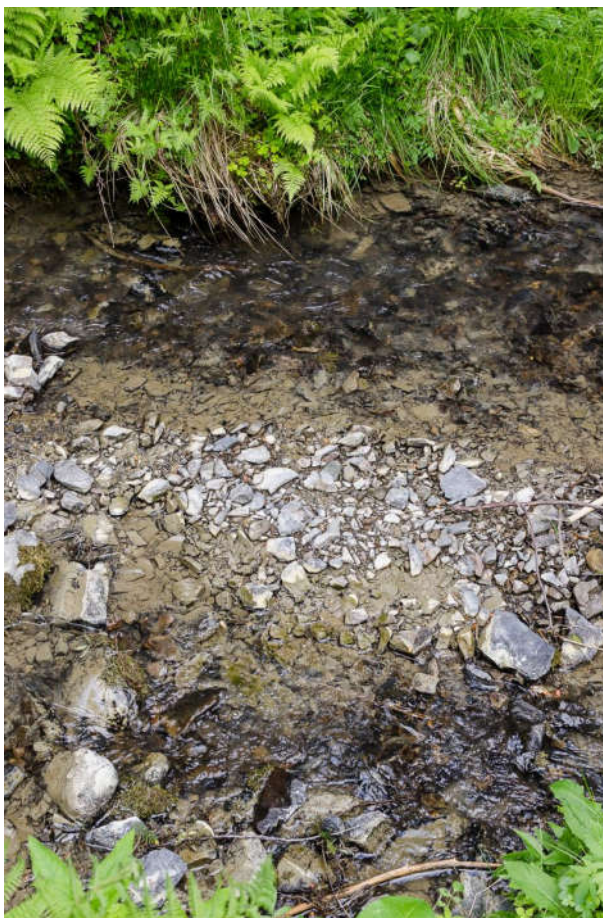
Abbildung 11: Tiefenbach



Abbildung 12: Tiefenbach, Sohlstruktur



**Abbildung 13: Große Hune A, flächenhafter Feinsedimentfilm einer flachen, gleichmäßig überströmten Grobkies-Strecke**



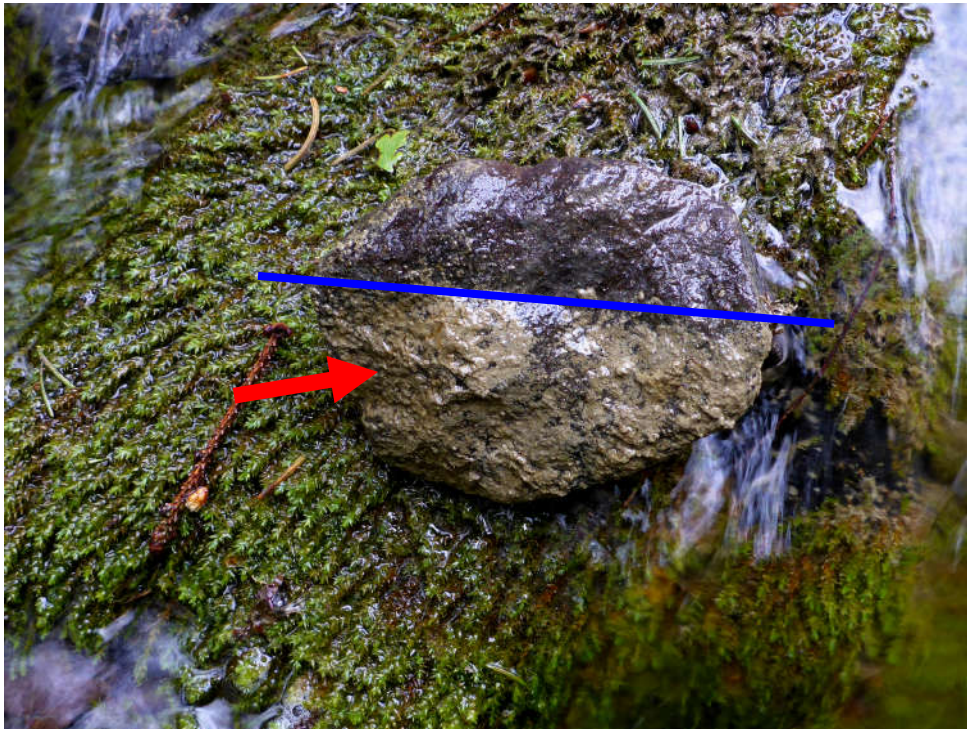
**Abbildung 14: Große Hune A, differenziertes Ablagerungsmuster der Feinsedimente im Querprofil**



**Abbildung 15: Große Hune B, Sohlstruktur und flächenhafter Feinsedimentfilm (äußere Kolmation) in einem gering durchströmten Pool**



**Abbildung 16: Große Hune B, Feinsedimentfilm auf einem *Fontinalis*-Polster**



**Abbildung 17: Große Hune B: hellgraues Feinsediment im Einbindebereich eines Steines in die Sohle lässt auch auf lokale innere Kolmation des Lückensystems schließen**

In Tabelle 4 sind die Sohlsubstrate der untersuchten Fließgewässer im Bereich der Probenahmestellen quantitativ beschrieben. Die Schätzung der Deckungsanteile bettbildender mineralischer Substrate und ggf. vorhandener anorganischer und organischer Auflagen vermittelt ein gutes Bild der Auswirkungen der Feinsedimenteinträge in die Große Hune. Anzeichen von äußerer und innerer Kolmation der Gewässersohle sind, wenn auch nicht gleichmäßig intensiv, im gesamten Gerinne der Großen Hune unterhalb der Einleitstelle zu beobachten.

Die Einleitsituation stellte sich in den letzten Jahren so dar, dass seit mindestens 5 Jahren im Rahmen der Eigenüberwachung sowie auch in den letzten beiden Jahren bei unangemeldeten Untersuchungen des NLWKN selbst nach Starkregen-Ereignissen der vorgegeben Grenzwerte von  $100 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$  AFS am Ablauf des untersten Absetzteiches eingehalten wurde.

**Tabelle 4: Sohlsubstrate der untersuchten Fließgewässer im Bereich der Probenahmestellen für Makrozoobenthos**

Bettbildende mineralische Substrate	Große Hune A	Große Hune B	Riefenbach	Tiefenbach	Speckenbach
Megalithal (> 40 cm) Oberseite von großen Steinen und Blöcken, anstehender Fels.	X	5 %	15 %	10 %	5 %
Makrolithal (> 20 cm - 40 cm) Größtkorn: Steine von Kopfgröße	5 %	20 %	35 %	15 %	10 %
Mesolithal (> 6 cm - 20 cm) Größtkorn: faustgroße Steine	20 %	25 %	20 %	40 %	25 %
Mikrolithal (> 2 cm - 6 cm) Grobkies (Größe Taubenei bis Kinderfaust)	35 %	20 %	20 %	20 %	15 %
Akal (> 0,2 cm - 2 cm) Fein- bis Mittelkies.	35 %	25 %	10 %	10 %	35 %
Psammal / Psammopelal (> 6 µm - 2 mm) Sand und/oder (mineralischer) Schlamm.	5 %	5 %	X	5 %	10 %
Argyllal (< 6 µm) Lehm und Ton (bindiges Material, z. B. Auenlehm).	X	X	-	X	X
Technolithal (Künstliche Sohl- und Böschungssubstrate)	-	-	-	-	-
<i>(Summe 100%. Schätzung und Rundung der Deckungsanteile in 5%-Schritten. X: Substrattyp vorhanden, jedoch Deckungsanteil &lt;&lt;5%)</i>					
<b>Anorganische und organische Auflagen sowie Aufwuchs (auf und über dem o.g. bettbildenden Material))</b>					
Algen (filamentöse Algen, Algenbüschel)					
Submerse Makrophyten (Makrophyten, inkl. Moose und Characeae)	10 %	30 %	30 %	10 %	5 %
Emerse Makrophyten (z. B. Typha, Carex, Phragmites)	-	-	-	-	-
Lebende Teile terrestrischer Pflanzen (Feinwurzeln, schwimmende Ufervegetation)	X	X	X	X	X
Xylal (Holz: Baumstämme, Totholz, Äste, größere Wurzeln)	X	5 %	X	X	X
CPOM (Ablagerungen von grobpartikulärem organischen Material, z. B. Falllaub)	X	5 %	5 %	-	X
FPOM (Ablagerungen von feinpartikulärem organischem Material)	X	X	5 %	X	X
Abwasserbakterien und -pilze, Sapropel	-	-	-	-	-
Abwasserbedingter Aufwuchs (z. B. Sphaerotilus) und/oder organischer Schlamm	-	-	-	-	-
Debris (am Ufer abgelagertes organisches und anorganisches Material (z. B. Schill vom Molluskenschalen)	-	-	-	-	-
Graue mineralische Feinsediment-Auflage	Schnellen, Riffel: 80 %  Stillwasser- bereiche 100 %	Schnellen, Riffel: 20 -30 %  Stillwasser- bereiche 100 %	-	-	-
<i>(Schätzung und Rundung der Deckungsanteile in 5%-Schritten. X: Substrattyp vorhanden, jedoch Deckungsanteil &lt;&lt;5%)</i>					

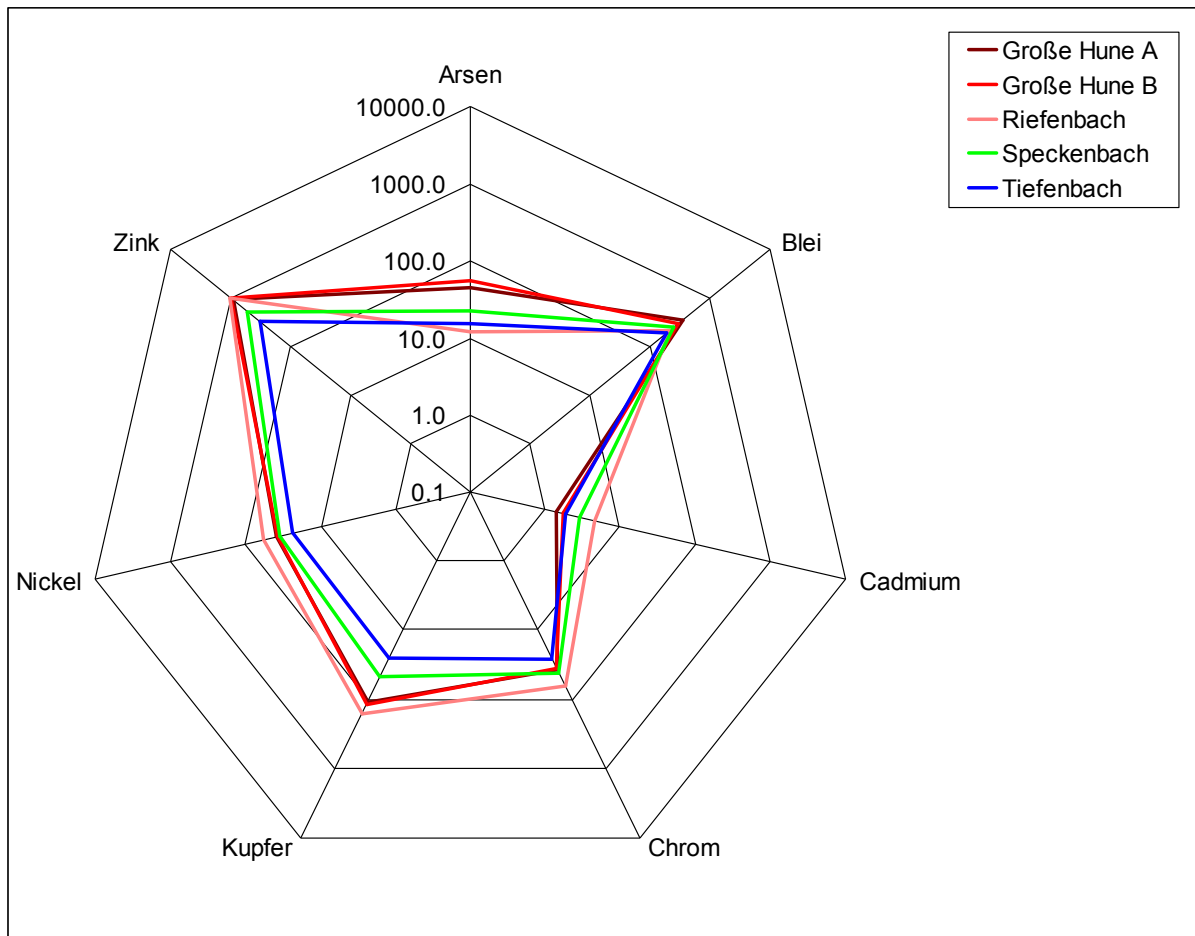
Im Lithophytal (Aufwuchs größerer Pflanzen auf Fels und festliegenden Blöcken und Steinen der Gewässersohle) dominiert an den untersuchten Gewässerabschnitten das Bach-Spatenmoos *Scapania undulata*, eine Charakterart kalkarmer Bergbäche (Abbildung 18). In der Großen Hune und im Riefenbach tritt auch das Gewöhnliche Quellmoos (*Fontinalis anti-pyretica*) aspektbildend hinzu. Als Besonderheit ist ein Vorkommen der Borsten-Rotalge (*Lemanea fluviatilis*) in der Großen Hune zwischen Mündung der und Brücke des Talsperrenrundweges zu nennen. Diese Art ist im Harz nicht allzu häufig anzutreffen und gilt deutschlandweit als gefährdet (RLD 3, LUDWIG & SCHNITTLER 1996).



**Abbildung 18: Borsten-Rotalge (*Lemanea fluviatilis*) auf einem Steinblock im Unterlauf der Großen Hune**

## **5.2 Wasser- und Schwebstoffbeschaffenheit**

Die Analysendaten sind in Tabelle 5 auf S. 21 zusammengefasst. Abbildung 19 gibt einen vergleichenden Überblick für die Schwermetalle der Schwebstoff-Fraktion.



**Abbildung 19: Metallkonzentrationen in der Feststofffraktion  $\leq 63 \mu\text{m}$  in der Großen Hune und den Referenzgewässern**

(jeweils Mittelwert aus 3 Beprobungen, Diagrammchse log-skaliert)

Das Schwermetallmuster ist in allen 4 Gewässern relativ ähnlich. Tiefen- und Speckenbach haben insgesamt etwa geringere Metallgehalte als Riefenbach und Große Hune. Je nach Metall erreichen die Konzentrationen im Riefenbach (Cd, Ni) oder in der Großen Hune (As) ihre Maximalwerte. Grundsätzlich sind in Gewässern und Auenböden im Harz bereits geogen erhöhte Hintergrundwerte von Metallen und Metalloiden zu erwarten. Als Maßstab zur Abgrenzung dieser regionalen geogenen Vorbelastung von anthropogenen Stoffeinträgen wird die Arbeit von SCHNEIDER et al. (2014) herangezogen.

**Tabelle 5: Ergebnisse der Wasser- und Sedimentanalytik 2014/15**

Sediment: 63µm-Fraktion aus nicht konsolidierten Feinsedimentablagerungen in strömungsberuhigten Bereichen; O-Wert: Orientierungswert für den Übergang vom guten zum mäßigen ökologischen Zustand nach LAWA 2015; UQN: Umweltqualitätsnorm; ZHK: zulässige Höchstkonzentration, JD: Jahresdurchschnitt.

Gelb hinterlegte Felder: Messwert bzw. Bestimmungsgrenze > geogener Hintergrundwert. Rote Zahlen: Messwert > Umweltqualitätsnorm bzw. O-Wert.

Parameter	Einheit	Geogener Hintergrundwert	UQN	O-Wert	Große Hune A	Große Hune B	Tiefenbach	Speckenbach	Riefenbach	Große Hune A	Große Hune B	Tiefenbach	Speckenbach	Riefenbach	Große Hune A	Große Hune B	Tiefenbach	Speckenbach	Riefenbach
		Oker-EZG (SCHNEIDER et al. 2014)	OGewV Anl. 5, 7	RAKON LAWA 2015	23.10.2014	23.10.2014	21.10.2014	21.10.2014	23.10.2014	09.03.2015	09.03.2015	09.03.2015	09.03.2015	09.03.2015	03.06.2015	03.06.2015	03.06.2015	03.06.2015	03.06.2015
AFS	mg*L <sup>-1</sup>				68	50	6	8	2	14	2	<2	<2	5	3,3	20	3,3	6,7	16,7
pH-Wert	-			≥6,5	6,8	6,9	6,3	6,5	6,9	8,2	7,9	6,8	7,3	7,6	7,7	8,3	7,4	7,9	8
LF	µS*cm <sup>-1</sup>				159	132	233	106	101	250	144	274	73	108	163	179	274	110	161
Chlorid	mg*L <sup>-1</sup>			200 (JD)	15	18	51	13	11	12	9	86	<1	<1	<1	15	92	<1	12
Sulfat	mg*L <sup>-1</sup>				16	12	<10	<10	<10	35	17	<10	<10	<10	25	28	<10	<10	10
TOC	mg*L <sup>-1</sup>			7 (JD)	10	<8	15	10	26	<8	<8	<8	<8	<8	<8	<8	<8	<8	<8
TN	mg*L <sup>-1</sup>				1,3	1,14	1,05	0,65	5,73	2,2	1,7	1	1,6	1,8	1,8	2,2	0,9	1,3	1,9
Arsen, gelöste Phase	µg*L <sup>-1</sup>	0,71			4,3	2,7	<1	<1	<1	11	5	<1	<1	<1	6	8,7	<1	<1	<1
Blei, gelöste Phase	µg*L <sup>-1</sup>	7,3			<10	<10	<10	<10	12	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10
Cadmium, gelöste Phase	µg*L <sup>-1</sup>	0,28	0,45 (ZHK) 0,08 (JD)		<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
Chrom, gelöste Phase	µg*L <sup>-1</sup>	0,62			<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10
Kupfer, gelöste Phase	µg*L <sup>-1</sup>	3,7			11	11	<10	<10	11	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10

Parameter	Einheit	Geogener Hintergrundwert	UQN	O-Wert	Große Hune A	Große Hune B	Tiefenbach	Speckenbach	Riefenbach	Große Hune A	Große Hune B	Tiefenbach	Speckenbach	Riefenbach	Große Hune A	Große Hune B	Tiefenbach	Speckenbach	Riefenbach	
		Oker-EZG (SCHNEIDER et al. 2014)	OGewV Anl. 5, 7	RAKON LAWA 2015	23.10.2014	23.10.2014	21.10.2014	21.10.2014	23.10.2014	09.03.2015	09.03.2015	09.03.2015	09.03.2015	09.03.2015	03.06.2015	03.06.2015	03.06.2015	03.06.2015	03.06.2015	03.06.2015
Nickel, gelöste Phase	$\mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$	2,5	20 (JD)		<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10
Zink, gelöste Phase	$\mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$	37			69	65	67	50	88	27	39	71	48	54	17	22	77	13	18	
Arsen, Sediment	$\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ TS		40		37	41	18	32	16	41	91	10	15	8,5	56	36	18	19	12	
Blei, Sediment	$\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ TS	1145			390	280	250	400	250	330	340	150	130	160	320	260	170	210	240	
Cadmium, Sediment	$\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ TS	7,9			1,1	2,1	2,4	4,1	6,3	0,82	2,1	1,5	1,7	2,6	2,2	0,93	1,7	2,5	4,6	
Chrom, Sediment	$\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ TS	243	640		41	32	31	42	75	39	36	20	40	63	30	39	27	43	51	
Kupfer, Sediment	$\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ TS	102	160		100	110	30	40	42	110	140	19	30	29	110	110	26	67	390	
Nickel, Sediment	$\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ TS	67			43	35	29	38	65	38	36	17	30	57	33	37	23	32	48	
Zink, Sediment	$\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ TS	833	800		1000	890	410	750	1200	830	1200	210	350	760	930	860	360	480	1100	

Bei den allgemeinen chemisch-physikalischen Beschaffenheitsparametern sind keine Auffälligkeiten zu verzeichnen. Der pH-Wert im Tiefenbach lag zwar im Oktober 2014 unter dem Schwellenwert von 6,3, jedoch ist dies in relativ elektrolytarmer silikatischen Bergbächen des Harzes nicht ungewöhnlich. Der biologische Versauerungsindex nach BRAUKMANN weist jedenfalls auf Basis der säuresensitiven Taxa des Makrozoobenthos für alle untersuchten Gewässer die Säureklasse 1 (unversauert) aus.

Beim TOC liegt der Orientierungswert knapp unter der Bestimmungsgrenze des Laborverfahrens. Die erhöhten TOC-Werte vom Herbst 2014 sind ebenfalls nicht ungewöhnlich. In dieser Zeit gelangt durch den Laubfall verstärkt allochthones organisches Material in die Bäche. Maßgeblich wäre hier ohnehin der Jahresdurchschnitt.

In der gelösten Phase sind beim Arsen in der Großen Hune z.T. deutliche Überschreitungen des geogenen Hintergrundwertes zu verzeichnen; beim Zink betrifft das neben der Großen Hune auch den Riefenbach. Im Oktober 2014 wurden in beiden Gewässern erhöhte Kupferkonzentrationen gemessen, obwohl diese bei den anderen Messterminen unterhalb der Bestimmungsgrenze lagen.

Der erhobene Datenbestand macht es zumindest bei As und Zn möglich, die mobilen Metallkonzentrationen der gelösten Phase gegen den pH aufzutragen. Messwerte  $\leq$  Bestimmungsgrenze wurden dabei für mit  $c = 0,5 \cdot$  Bestimmungsgrenze berücksichtigt.

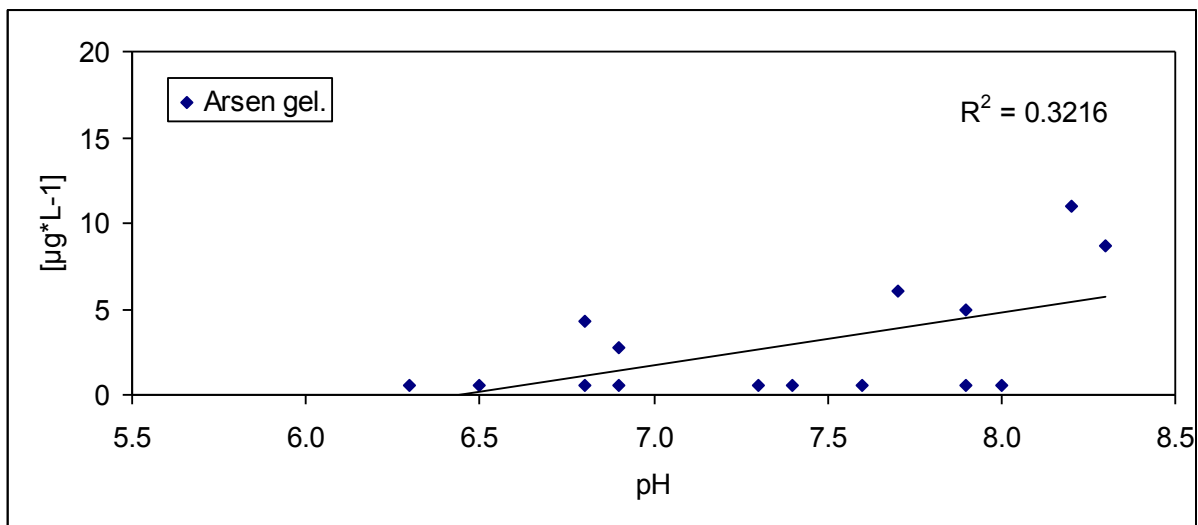


Abbildung 20: Arsen (gelöst) in Abhängigkeit vom pH

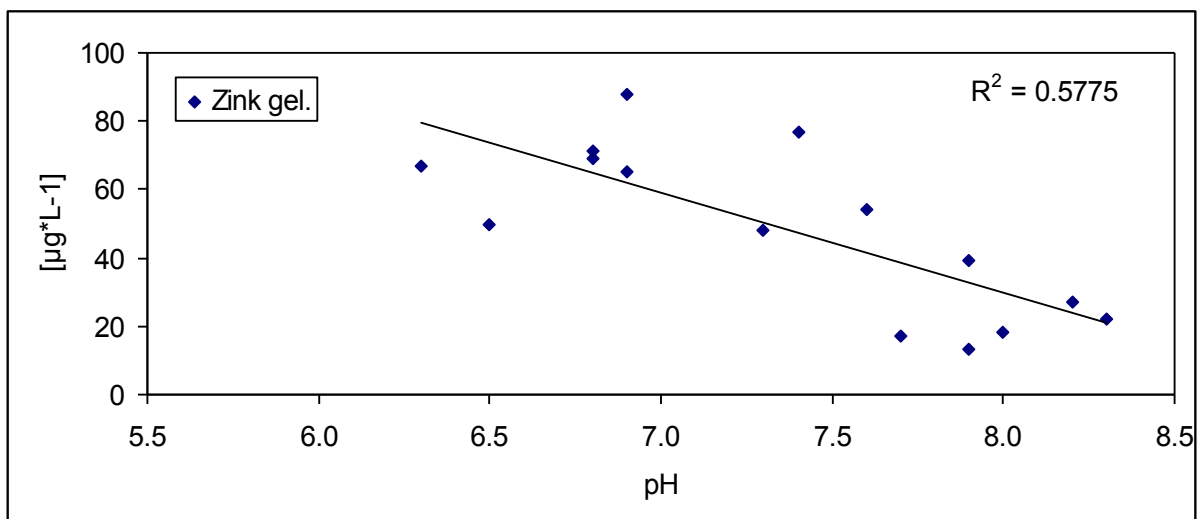


Abbildung 21: Zink (gelöst) in Abhängigkeit vom pH

Unter oxidischen Bedingungen und moderaten Redoxverhältnissen liegt das As im aquatischen Milieu eigentlich als gut lösliches Oxoanion der Arsensäure ( $\text{H}_2\text{AsO}_4^-$  bzw.  $\text{HAsO}_4^{2-}$ )

vor. Niedrige pH-Werte fördern aber gleichzeitig die Sorption des Arsenat-Ions an kationisch geladenen Mineraloberflächen (z.B. an Eisenhydroxide) (TRETNER 2002). Dies kann die negative Korrelation zwischen As (gelöst) und pH erklären. Beim Zink ist hingegen die typische Zunahme der Mobilität bei sinkendem pH (STUMM & MORGAN 1996) erkennbar.

Bei den Metallen in der 63µm-Fraktion der Bachsedimente zeigen sich Überschreitungen der Umweltqualitätsnormen für Kupfer (Riefenbach), Zink (Große Hune, Riefenbach) und Arsen (Große Hune). In Bezug auf Zink liegt die geogene Vorbelastung der Gewässersedimente des Untersuchungsgebiets sogar über der geltenden Umweltqualitätsnorm, die in 8 von 15 Einzelproben überschritten wird.

Aufgrund der typischen Mineralzusammensetzung von Gewinnungsgut und Abraum am Diabaswerk Huneberg ist es sehr unwahrscheinlich, dass dort die Abbautätigkeit eine relevante Mobilisierung der o.g. Metalle und deren Verfrachtung in das Gewässernetz zur Folge hat. Analysen des Abraummaterials stützen diese Vermutung, denn Chrom-, Kupfer- und Nickelkonzentrationen des Abraumes wurden im Bereich des geogenen Hintergrundes festgestellt, der auf die natürliche Genese des Diabas zurückzuführen ist (b.i.g. GmbH 2014). Im Eluat des Abbaugutes wie auch des derzeit auf Halde lagernden Abraummaterials wurden Antimon, Arsen, Cadmium, Kupfer, Quecksilber und Zink nur unterhalb der jeweiligen Bestimmungsgrenze gefunden (G.E.O.S. 2013).

Es sind aber sowohl im Einzugsgebiet des Riefenbaches (<http://www.harz-archaeologie.de/14.html>) als auch in dem der Großen Hune (KLUGE 1969) Standorte der historischen Montanwirtschaft bekannt:

- Riefenbachtal, am Rand des Riefenbruches: saisonaler Schmelzplatz der Rammelsberger Erze des 11./12. Jhd. n. Chr, mit insgesamt 4 Schlackenplätzen (nach C14-Datierung einer davon wahrscheinlich schon bronzezeitlichen Ursprunges)
- Huneberg: großer Schmelzplatz des 12. Jhd. n. Chr. (im Erweiterungsgebiet des Steinbruches)
- Schächte, Halden und Schürfe im Revier Spitzenberg (Altbergbau am Anfang des Kleinen Trogtales = Einzugsgebiet der Großen Hune)
- Pingenzug und Halden am Eisernen Wege (Altbergbau an der südlichen Talseite des Großen Trogtales =Große Hune)

Dabei handelt es sich um Gruben und Hüttenplätze, deren Abraum und Schlacken mit vergleichsweise hohen Rest-Metallkonzentrationen nicht abgefahren wurden, sondern in unmittelbarer Umgebung der Arbeitsstätten verblieben. So fand ASMUS (2012) während der Huneberg-Grabung am dortigen Verhüttungsplatz immerhin noch 1,6 t Schlacke. Das verhüttete Erz wurde nicht in der unmittelbaren Umgebung des Huneberges gewonnen, sondern aus dem Gebiet des Rammelsberges herangebracht. Es entstammt damit einer Blei-Zink-Kupfer-Lagerstätte. Im Zuge des Verhüttungsprozesses wurde Schwefel, aber auch das Begleitelement Arsen ausgetrieben. Letzteres konnte damit ebenso wie die gezielt gewonnenen Metalle an Ort und Stelle in Böden und Gewässer gelangen. Analog zum Ostharz (DOBLER 1999) kann auch hier davon ausgegangen werden, dass die frühen Bergbau- und Verhüttungsaktivitäten mit punktuellen und diffusen Einträgen bereits vor Entstehen einer industriellen Montanwirtschaft zu den typischen Schwermetall-Belastungsmustern der Harzer Gewässer- und Auensedimente beitrugen, die bis heute messbar sind.

In der späteren industriellen Phase der Harzer Montanwirtschaft überlagerten sich diese Altbelastungen zusätzlich mit diffusen Immissionen auf dem Luftpfad (Hüttenabgase und -stäube). Unter den hier diskutierten Stoffen gehört Arsen zum typischen regionalen Belastungsmuster dieses Eintragspfades (KNOLLE 1989). Somit treten auch in größerer Entfernung

der früheren Hüttenstandorte im Raum Goslar-Oker/Harlingerode einschlägige flächenhafte Belastungen von Böden und Gewässern auf.

### 5.3 Fische

Die Ergebnisse aller Befischungen sind im Anhang dokumentiert. Es wurden lediglich zwei Fischarten festgestellt: Bachforelle (alle Gewässer) und Groppe (nur in der Großen Hune). Dieses Ergebnis ist für kleine, schnell fließende Bergbäche in den höheren Lagen des Harzes nicht ungewöhnlich (vgl. WÜSTEMANN & KAMMERAD 1991, LESSMANN 1993, Wüstemann 2013). Einen Überblick über die erfassten Bestandsdichten gibt Tabelle 6. Als Beifänge sind ergänzend für die Juni-Befischung Larven des Feuersalamanders zu erwähnen (Gr. Hune B 1 Larve; Riefenbach/unterer Abschnitt 8 Larven).

**Tabelle 6: Ergebnisse der E-Befischung: Bestandsdichten an den Haupt-Untersuchungsstrecken**

Gewässer- abschnitt	Gr. Hune A, neue Brücke - Furt oh. Mdg. Grenzkappe	Gr. Hune B, unterer Ab- schnitt	Gr. Hune, uh. Brücke nahe Mdg.	Riefenbach, oberer Ab- schnitt	Riefenbach, unterer Ab- schnitt
<b>Datum</b>	<b>23.10.2014</b>	<b>23.10.2014</b>	<b>23.10.2014</b>	<b>23.10.2014</b>	<b>23.10.2014</b>
Bachforelle [n]	152	54	13	7	195
Bachforelle [n*ha <sup>-1</sup> ]	5277,8	1500,0	1083,3	286,9	6666,7
Groppe [n]	0	21	15	0	0
Groppe [n*ha <sup>-1</sup> ]	0	583,3	1250,0	0	0
<b>Datum</b>	<b>03.06.2015</b>	<b>03.06.2015</b>	<b>03.06.2015</b>	<b>03.06.2015</b>	<b>03.06.2015</b>
Bachforelle [n*ha <sup>-1</sup> ]	87	101	35	<i>(Gewässer- strecke trocken)</i>	114
Bachforelle [n*ha <sup>-1</sup> ]	3398,4	3366,7	3500,0		4453,1
Groppe [n]	4	28	20		0
Groppe [n*ha <sup>-1</sup> ]	156,0	933,3	2000,0		0

**Tabelle 7: Ergebnisse der E-Befischung: Bestandsdichten an den Neben-Untersuchungsstrecken**

Gewässer- abschnitt	Gr. Hune oh. Mdg. Grenzkappe	Grenzkappe oh. Mündung in die Hune
<b>Datum</b>	<b>23.10.2014</b>	<b>23.10.2014</b>
Bachforelle [n]	152	54
Bachforelle [n*ha <sup>-1</sup> ]	5277,8	1500,0
Groppe [n]	1	0
Groppe [n*ha <sup>-1</sup> ]	60,6	0

Bei der Herbstbefischung fiel auf, dass sich die Bachforellen aus der Großen Hune (im Gegensatz zu den hier gefangenen Groppen) durch sehr helle Färbung an das trüb-hellgraue

Milieu des mit Feinsedimenten befrachteten Gewässers angepasst hatten (Abbildung 22), während in den anderen Gewässern eine dunklere Färbung vorlag (Abbildung 23). Erstaunlich ist auch, dass in beiden Befischungsdurchgängen trotz der geringen Gewässergröße jeweils eine Bachforelle von erheblicher Größe (40 bzw. 39 cm) gefangen werden konnte (Abbildung 24). Möglicherweise handelt es sich dabei um Aufsteiger aus der Oker-Talsperre.



Abbildung 22: Bachforelle, helle Färbungsvariante, Gr. Hune B, Oktober 2014



Abbildung 23: Bachforellen, dunkle Färbungsvariante, Grenzkappe, Oktober 2014



Abbildung 24: Bachforelle, Lt = 39 cm, Große Hune B, Juni 2015



Abbildung 25: Groppe mit Jungtier, Große Hune zwischen Brücke des Talsperren-Rundweges und Mündung in den Okerstausee, Oktober 2014

Maßstab für die Bewertung der Befunde aus Großer Hune und Vergleichsgewässern sind daher Literaturangaben zu Vorkommen, Bestandsdichte und Altersstruktur der nachgewie-

senen Arten in naturnahen Bergbächen des gleichen Typs, möglichst aus dem gleichen Naturraum. Zunächst werden die Bestandsdichten betrachtet.

BLOHM et al. (1994) nennen für die Bachforelle 3000-5000 Ind./ha als typische Bestandsdichte in gut besiedelten kleineren Mittelgebirgsbächen. Die Bachforellen sind hier langsamwüchsig, d.h. die Geschlechtsreife wird überwiegend erst im 3. Jahr erreicht und eine Länge von 20 cm erst ab dem 4. Jahr überschritten. Für die Groppe gibt der gleiche Autor 1000-3000 Ind./ha an. Auch diese Art ist kleineren Mittelgebirgsbächen langsamwüchsig (Geschlechtsreife überwiegend im 2.-3. Jahr). Über 60% des Gesamtbestandes der Groppe werden normalerweise von den ersten beiden Jahrgängen gestellt.

WÜSTEMANN (2013) erwähnt für die Wormke eine Bestandsdichte von ca. 4400 Bachforellen/ha als Ergebnis einer erfolgreichen Wiederbesiedlung. LEBMANN (1993) untersuchte die Fischbestände an zwei nicht versauerten, naturnahen Bergbächen des Oberharzes (Alte Riefensbeek im EZG der Söse, Varleybach im EZG der Grane). Diese Bestände wurden (wie auch die im vorliegenden Gutachten untersuchten) nicht fischereilich genutzt oder künstlich gestützt. Bei der Bachforelle konnte er ca. 1800-4900 Ind./ha mit 70-150 kg/ha bei einem Korpulenzfaktor von ca. 1,1 feststellen. Die Dichte der Groppen betrug in den von LEBMANN untersuchten Gewässern ca. 200-1500 Ind./ha; hier liegen keine Angaben zu Masse und Korpulenzfaktor vor. Auffällig waren bei beiden Arten sowohl unausgewogene Längenverteilung bzw. Altersstruktur als auch deutliche Abundanzschwankungen im Vergleich mehrerer Befischungstermine. Diese Erscheinungen werden mit hydrometeorologischen Ursachen und den arttypischen Bewegungen (Laichmigration, saisonale Habitatwechsel, Ausweichen vor Extrembedingungen) erklärt.

Im Oktober wurden in der Großen Hune deutlich geringere Fischdichten als im Riefenbach erfasst. Lediglich im oberen Befischungsabschnitt erreicht der Bachforellenbestand eine ähnliche Dichte wie in dem unbelasteten Referenzgewässer. Einschänkend muss hinzugefügt werden, dass die Befischungseffizienz durch die Trübung der Hune dort geringer war als im Riefenbach, da abschnittsweise keine Sicht auf die Sohlstruktur möglich war. Somit konnten mehr Fische ungesehen entkommen, die andernfalls durch Nachfassen mit dem Elektroden-Kescher ebenfalls hätten gefangen oder wenigsten gesehen und notiert werden können. Die relativ geringste Fangeffizienz ist erfahrungsgemäß beim jüngsten Jahrgang der jeweiligen Art gegeben.

Der Oberlauf des Riefenbaches fiel bereits bei der Herbstbefischung trotz gut geeigneter Strukturausstattung durch einen sehr geringen Bachforellenbestand auf. Im Juni 2015 war diese Befischungsstrecke bis auf eine einzelne Restpfütze vollständig trocken gefallen. Das scheint kein häufiger und lange anhaltender Zustand zu sein, denn in diesem Fall würden auch die aquatischen Moose auf den Steinen des Bachbettes (u.a. *Fontinalis antipyretica*) verschwinden. Über vergleichbare Erscheinungen wurde aus der Nationalparkverwaltung Harz berichtet. Bei dem dort betriebenen Monitoring an Quellen, die u.a. aufgrund ihrer dauerhaften Wasserführung ausgewählt wurden, kam es bereits im Frühjahr 2015 zum Trockenfallen von ca. 20% aller Untersuchungsstellen (O. WÜSTEMANN, mdl. Auskunft 03.06.2015).

Im Juni zur zweiten Befischung wurde die Gewässertrübung als Ursache geringerer Fangeffizienz weitgehend reduziert, da an diesem Tag der Pumpenbetrieb im Steinbruch zeitweilig eingestellt wurde. Auch unter diesen Bedingungen bleibt die Bestandsdichte der Bachforelle in der Hune unter der im Riefenbach; der Unterschied betrug nun ca. 20-25%. Die Größenordnung des Bachforellenbestandes in der Großen Hune liegt trotzdem innerhalb des LEBMANN (1993) angegebenen Wertebereiches. Die gleichmäßige Verteilung über alle drei Befischungsstrecken der Hune lässt keinen Belastungsgradienten erkennen.

Bei der Groppe lässt sich hingegen eine Zunahme der Bestandsdichte in der Großen Hune mit der Entfernung von der Einleitstelle erkennen. Die höchsten Groppendichten wurden zu beiden Befischungsterminen auf dem kurzen Gewässerabschnitt zwischen dem Okerstausee

und der Brücke des Talsperren-Rundweges festgestellt. Der Absturz unmittelbar hinter der Brücke ist für Groppen nicht überwindbar. Dennoch lag auch in der Befischungstrecke Große Hune B die Bestandsdichte im Juni 2014 innerhalb des von LESSMANN (1993) angegebenen Bereiches. Die am weitesten flussauf gefangene Groppe fand sich unterhalb der Furt nahe der Mündung der Grenzkappe. Die glatte, massive Sohlbefestigung der Furt ist ebenfalls für diese Fischart nicht passierbar.

Im Rahmen des FFH-Monitorings wurden für Streckenbefischungen größerer Gewässerabschnitte<sup>5</sup> folgende Abundanzkriterien zur Bewertung des Erhaltungszustandes von Groppenpopulationen im Mittelgebirgsraum vorgeschlagen (SCHNITZER & SCHÜTZ 2006):

- Erhaltungszustand A ("hervorragend"): > 1000 Ind./ha
- Erhaltungszustand B ("gut"): 400–1000 Ind./ha
- Erhaltungszustand C ("mittel bis schlecht") < 400 Ind./ha.

(Individuenzahl ohne Altersklasse 0+)

Die Angabe zum „hervorragenden“ Erhaltungszustand korrespondiert auch mit WATERSTRAAT (1992), der am Beispiel der weitgehend unbeeinträchtigten Vesser (Thüringer Wald) für nahrungsarme Mittelgebirgsbäche eine „Normaldichte“ von 1000-3000 Ind./ha postuliert.

Legt man diesen Vorschlag sowie die Fangdaten vom Juni 2015 zugrunde, die keine Exemplare der Altersklasse 0+ enthalten können, so würde der Erhaltungszustand der Population in der untersten Befischungstrecke (Gr. Hune, uh. Brücke nahe Mdg.) als "hervorragend", in der Befischungstrecke Gr. Hune B (unterer Abschnitt) als "gut" und in der Befischungstrecke Gr. Hune A (neue Brücke - Furt oh. Mdg. Grenzkappe) als "mittel bis schlecht" bewertet.

Ein Zusammenhang dieser Bestandssituation mit dem Feinsedimenteintrag kann weder bewiesen noch ausgeschlossen werden, weil aus vergleichbaren unbeeinträchtigten Gewässerstrecken (Riefenbach und Grenzkappe als Referenzstandorte der vorliegenden Untersuchungen, Varleybach und Riefensbeek bei LESSMANN 1993) ebenfalls ein Spektrum der Besiedlungsdichte von 0 bis 1500 Ind./ha dokumentiert ist. Die Daten von LESSMANN belegen darüber hinaus an der Riefensbeek ebenfalls einen Rückgang der Besiedlungsdichte mit Annäherung an die Quellregion. Da die schwimmstärkeren Bachforellen wesentlich gleichmäßiger über den Gewässerlängsschnitt der Großen Hune verteilt sind, ist zu vermuten, dass die vorhandenen Querbauwerke eine wichtige Rolle bei der Nutzung des Gewässers durch die lokale Groppenpopulation spielen. Darauf weist auch WÜSTEMANN (2013) am Beispiel der Ecker hin.

Die Längenverteilungen der Bachforellen geben Aufschluss über die Altersstruktur der untersuchten Populationen (Tabelle 8). Das Wachstum der Bachforelle ist in kalten, relativ nährstoffarmen Bergbächen langsamer als im Tiefland. Daher sind in den Bächen des Oberharzes wohl eher die kleineren Werte aus den jeweils angegebenen Intervallen realistisch.

---

<sup>5</sup> Die in PAN & ILÖK (2010) bzw. LAVES (2011) geforderten Werte (> 3000, 1000 bis ≤ 3000, < 1000 Ind./ha) beziehen sich auf die selektive Befischung einzelner ausgewählter Habitats (Punktbefischung).

Tabelle 8: Längenwachstum von Bachforellen in Abhängigkeit vom Alter

Altersklasse [Sommer]	$L_t$ in cm nach PLOMANN (1982): Wertebereiche aus Fließgewässern von der norddeutschen Tiefebene bis zu den Hochlagen der ostdeutschen Mittelgebirge [von - bis]	$L_t$ in cm nach JUNGWIRTH et al. (1980): Mittelwerte aus Gebirgsbächen mit sehr langsamem Wachstum
1	6 - 14	9,8
2	12 - 24	13,9
3	19 - 33	17,6
4	22 - 40	20,9
5	25 - 45	-

Zur Beurteilung der Altersstruktur der Bachforellen-Bestände wurden Befischungsergebnisse der Strecken „Gr. Hune B - unterer Abschnitt“ und „Riefenbach, unterer Abschnitt“ ausgewählt, da hier die meisten Individuen erfasst wurden.

An der Großen Hune (Abbildung 26) sind im Oktober 2014 mindestens 4 Jahrgänge vertreten. Die Längen < 15cm sind unterrepräsentiert. Dies ist auf die geringere Fangeffizienz durch erhöhten Abfluss und starke Trübung zu erklären. In den Größeklassen 0-5 cm, 5-10 cm und 10-15 cm entkamen außerdem jeweils 7, 7 und 3 Individuen, deren Länge nicht gemessen werden konnte. Sie gehören überwiegend zur jüngsten Altersklasse, fehlen aber in der Abbildung. Berücksichtigt man diese Individuen, normalisiert sich die Altersklassenverteilung.

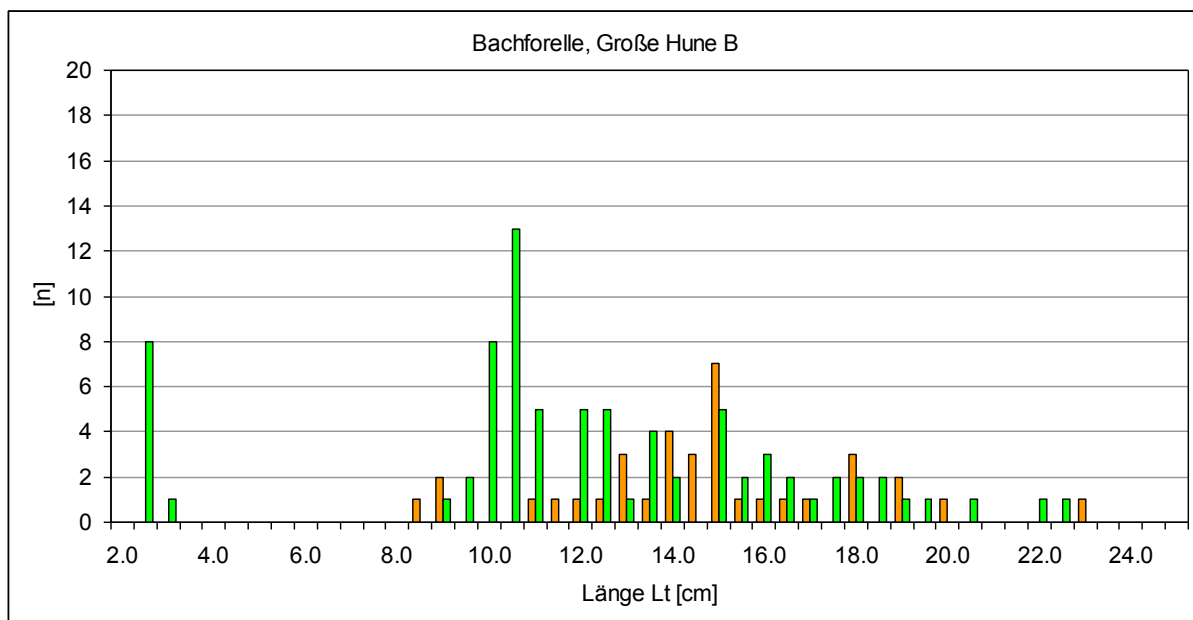


Abbildung 26: Längenverteilung des Bachforellenbestandes (Große Hune B)

(orange: Oktober 2014, grün: Juni 2015. Im Oktober kommt ein Exemplar  $L_t = 40$  cm hinzu, das durch Begrenzung der X-Achse auf 25 cm zur besseren Lesbarkeit nicht im Diagramm sichtbar ist.)

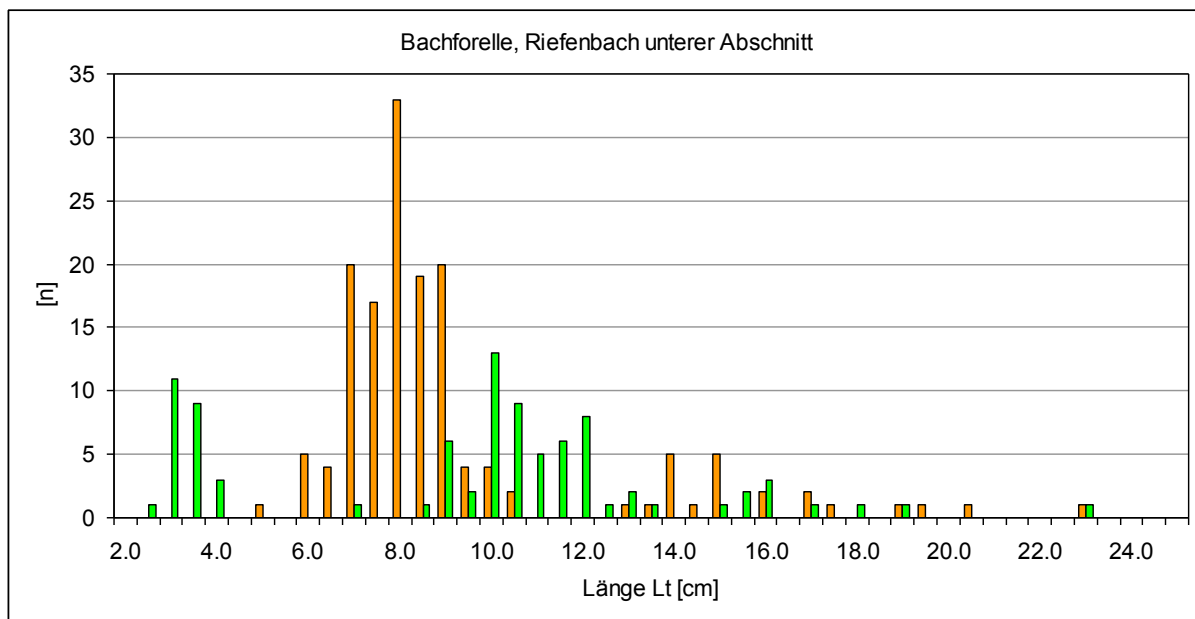
Im Juni 2015 ist auch der Nachwuchs der letzten Reproduktionsperiode (Spätherbst/Winter) 2014 als eigenständige Kohorte im Bereich  $2 \text{ cm} \leq L_t \leq 4 \text{ cm}$  vertreten. Diese Kohorte ist noch um mindestens 13 Individuen im Längenbereich 0 - 5 cm zu ergänzen, die als entkom-

men notiert, aber nicht gemessen werden konnten. Das gleiche gilt für 3 bzw. 5 Individuen in den Längebereichen 5 - 10 bzw. 10 - 15 cm. Damit ergibt sich eine natürliche, von Jahrgang zu Jahrgang abfallende Altersklassenverteilung ohne erkennbaren Ausfall eines Reproduktionsjahrganges.

Im Riefenbach (Abbildung 27 auf der nächsten Seite) ergab die Oktober-Befischung einen sehr starken Jungfisch-Jahrgang aus der letzten Reproduktionsperiode im Intervall  $6 \text{ cm} \leq L_t \leq 9 \text{ cm}$  bei deutlichem Rückgang der Individuenzahlen in den folgenden beiden Altersklassen. Die Zahl der entkommenen Individuen (40 bzw. 3 in den Längenklassen 5 - 10 bzw. 10 - 15 cm) verstärkt diesen Befund noch.

Im Juni war auch am Riefenbach der Nachwuchs der letzten Reproduktionsperiode (Spätherbst/Winter 2014) als eigenständige Kohorte im Bereich  $2 \text{ cm} \leq L_t \leq 4 \text{ cm}$  vertreten. Die entkommenen Individuen (jeweils 15, 5, 3, 1 in den Längenklassen 0 - 5, 5 - 10, 10 - 15 sowie 15 - 20 cm) verstärken hauptsächlich diesen Nachwuchsjahrgang, so dass sich eine ausgewogene Altersstruktur ohne erkennbaren Ausfall eines Reproduktionsjahrganges ergibt.

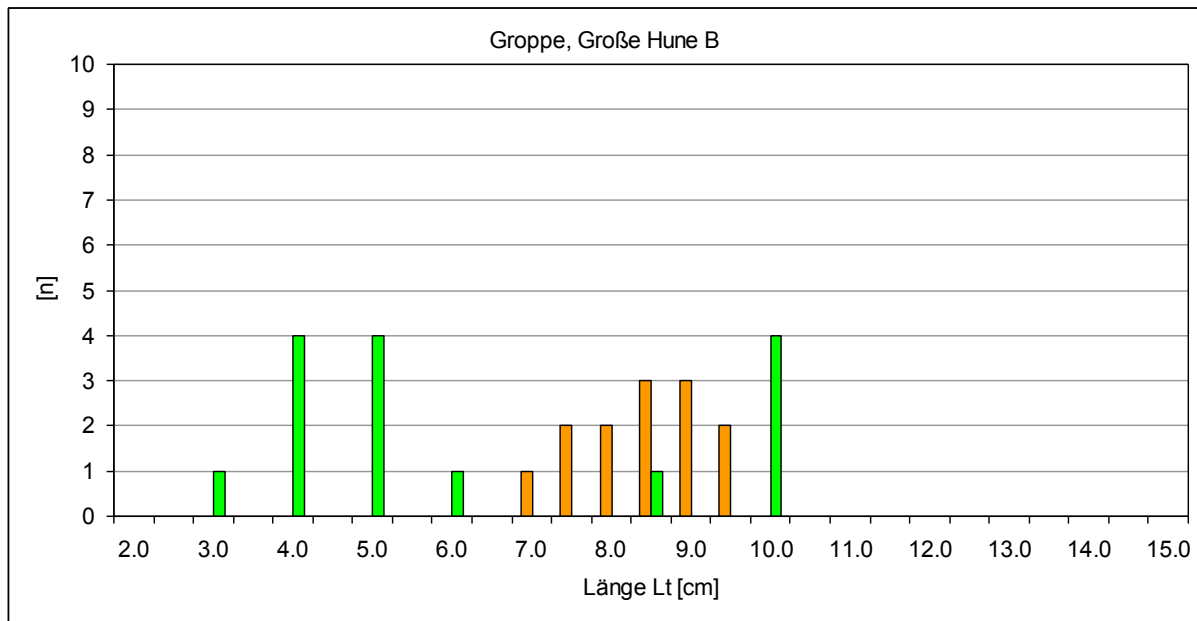
Sämtliche gefangenen Bachforellen wiesen normale Körperproportionen auf, die Zuwächse zwischen den einzelnen Jahrganggruppen sind nicht auffällig gering. Diese Befunde sind plausibel, da nach den Ergebnissen der Benthos-Untersuchung (siehe Abschnitt 5.4, S. 33ff) auch die quantitative Verfügbarkeit von Fischnährtieren in der Großen Hune kein Problem ist.



**Abbildung 27: Längenverteilung des Bachforellenbestandes (Riefenbach, unterer Abschnitt)**

(orange: Oktober 2014, grün: Juni 2015)

Wegen des Fehlens der Gruppe im Riefenbach ist eine Betrachtung der Längen- bzw. Altersklassenverteilung dieser Art nur für die Große Hune möglich (Abbildung 28). Auch hier werden die Fänge des Befischungsstrecke „Große Hune B“ ausgewertet, wo die höchste Individuenzahl gefangen wurde.



**Abbildung 28: Längenverteilung des Groppen-Bestandes (Große Hune B)**

(orange: Oktober 2014, grün: Juni 2015)

Als Vergleichsgrundlage dienen die in Tabelle 8 zusammengestellten Angaben zum Wachstum der Art.

**Tabelle 9: Längenwachstum von Groppen in Abhängigkeit vom Alter**

Alter [Jahre]	ca. $L_t$ [cm] (BLOHM et al. 1994)		
	schnell wachsende Bestände		langsam wachsende Bestände
	♂	♀	
1	6	5	3
2	8	7	5
3	11	10	7
4	12	11	8

Die im Oktober erfassten Längenverteilung zwischen 7 und 11 cm lässt aufgrund des artspezifisch langsamen Wachstums der Groppe (ab 2. Jahr nur noch 1 cm jährlich) die Anwesenheit von 2 bis 3 Jahrgängen vermuten. Im Juni 2015 wurden neben dem vorjährigen Reproduktionsjahrgang ( $3 \text{ cm} \leq L_t \leq 6 \text{ cm}$ ) einige wenige Individuen von 8,5 bzw. 10 cm Länge erfasst. 5 bzw. 8 Individuen in den Längenklassen 0 - 5 cm bzw. 5 - 10 cm entkamen ohne Vermessung. Es ergibt sich die Anwesenheit eines starken Jahrganges der vorjährigen Reproduktion sowie zweier weiterer Altersklassen. Eine Störung ist aus den erlangten Daten nicht ableitbar.

Generell verfestigt sich beim der Durchsicht der einschlägigen Literatur der Eindruck, dass potenzielle Beeinträchtigungen von Groppenbeständen durch erhöhtes Feinsedimentaufkommen zwar häufig vermutet bzw. aus plausiblen kausalen Erwägungen heraus postuliert werden (BLOHM et al. 1994, TOMLINSON & PERROW 2003, ZBINDEN et al. 2004, LAVES 2011), aber tatsächlich quantifizierende Erhebungen zu diesem Problem anscheinend nicht vorliegen. Auch die von ZBINDEN et al. (2004) als einschlägige Quelle für die Auswirkungen von Feinsedimenten genannte Arbeit von BUCHER (2002) enthält keine artspezifischen Ergebnis-

se. So räumen denn auch TOMLINSON & PERROW (2003) in einer umfangreichen naturschutzorientierten Arbeit über die Art ein: „Siltation is a major, but unquantified threat to bullhead populations...“<sup>6</sup>. BLESS (1983) beschreibt allerdings eine altersspezifische Präferenz der Art für Substrate, deren Korndurchmesser annähernd der Körperlänge entspricht. FISCHER (1999) betont die Bindung der Art an grobes Substrat (Makrolithal), das hauptsächlich geeignete Verstecke zu bieten hat. BLOHM et al. (1994) greifen Beobachtungen u.a. von WATERSTRAAT (1992) und SPÄH & BEISENHERZ (1984) auf, nach denen Groppen in feinsedimentreichen (sandigen) Bächen Norddeutschlands ihre Einstände in Ermangelung großer, hohl liegender Steine auch unter Wurzeln, Totholz und Torfbrocken, in kleinen Kolken usw. wählen, wo für alle Größenklasse ausreichende Mikrohabitate vorkommen. Die abwechslungsreiche, naturnahe Strukturierung der Großen Hune könnte deshalb in Verbindung mit der mittelgebirgstypischen Abfluss- und Geschiebedynamik auch die Ursache dafür sein, dass trotz der vorhandenen Feinsedimenteinträge und -ablagerungen eine hinreichende Habitatausstattung für die lokale Groppenpopulation vorhanden ist.

#### 5.4 Makrozoobenthos

Der wesentliche Wirkpfad der Entwässerung des Diabaswerkes für die Hune besteht in der intermittierenden Einleitung von Schmelz-, Niederschlags- und Sickerwasser, das mit mineralischen Feinsedimenten befrachtet ist. Diese Einleitung wirkt als quasi-kontinuierliche Dauerbelastung und ist bis zu einem Grenzwert von  $100 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$  AFS zulässig.

Die damit verbundene hydraulische Mehrbelastung des Gewässerbettes ist aufgrund der begrenzten Pumpenkapazität (maximal  $\approx 27 \text{ L} \cdot \text{s}^{-1}$ ) vernachlässigbar. Jedoch kann es bei sommerlichen Starkregenereignissen, die auf eine Niedrigwasserphase folgen, auch zu kurzfristiger Erhöhung der Wassertemperatur über die natürlichen Verhältnisse hinaus kommen, da das Sumpfungswasser im Steinbruch über von der Sonne aufgeheizte Rohgesteinsflächen zusammenfließt. Weitere stoffliche und physikalische Belastungen (z.B. Nähr- und Zehrstoffeinträge, pH-Veränderungen etc.) sollten aufgrund der Herkunft des einzuleitenden Wassers nicht relevant sein.

Die zunächst ermittelten Indices für Saprobie, Säurestatus und allgemeine morphologische Degradation (WRRL-Bewertungsmodule des Makrozoobenthos in PERLODES) ergeben einen sehr guten ökologischen Gewässerzustand der Referenzstrecken und einen guten bis sehr guten Zustand der beiden Untersuchungsstrecken an der Hune (A: sehr gut, B: gut; siehe Tabelle 10).

**Tabelle 10: Zustandsbewertung des Ökologischen Gewässerzustandes auf Grundlage des Makrozoobenthos nach PERLODES**

Ökologische Zustandsbewertung (Fließgewässertyp 5, NWB, Taxaliste Allg. Degradation gefiltert)	Gr. Hune A	Gr. Hune B	Riefenbach	Specken- bach	Tiefenbach
Ökologische Zustandsklasse	sehr gut	gut	sehr gut	sehr gut	sehr gut
Ergebnis der Ökologischen Zustands- klasse ist	gesichert	gesichert	gesichert	gesichert	gesichert
Qualitätsklasse Modul Saprobie	sehr gut	sehr gut	sehr gut	sehr gut	sehr gut
Ergebnis des Modules „Saprobie“ ist	gesichert	gesichert	gesichert	gesichert	gesichert
Qualitätsklasse Modul Allgemeine De- gradation	sehr gut	gut	sehr gut	sehr gut	sehr gut
Ergebnis des Modules Allgemeine De- gradation ist	Gesichert	gesichert	gesichert	gesichert	gesichert

<sup>6</sup> Unterstreichung durch den Verfassers dieses Gutachtens

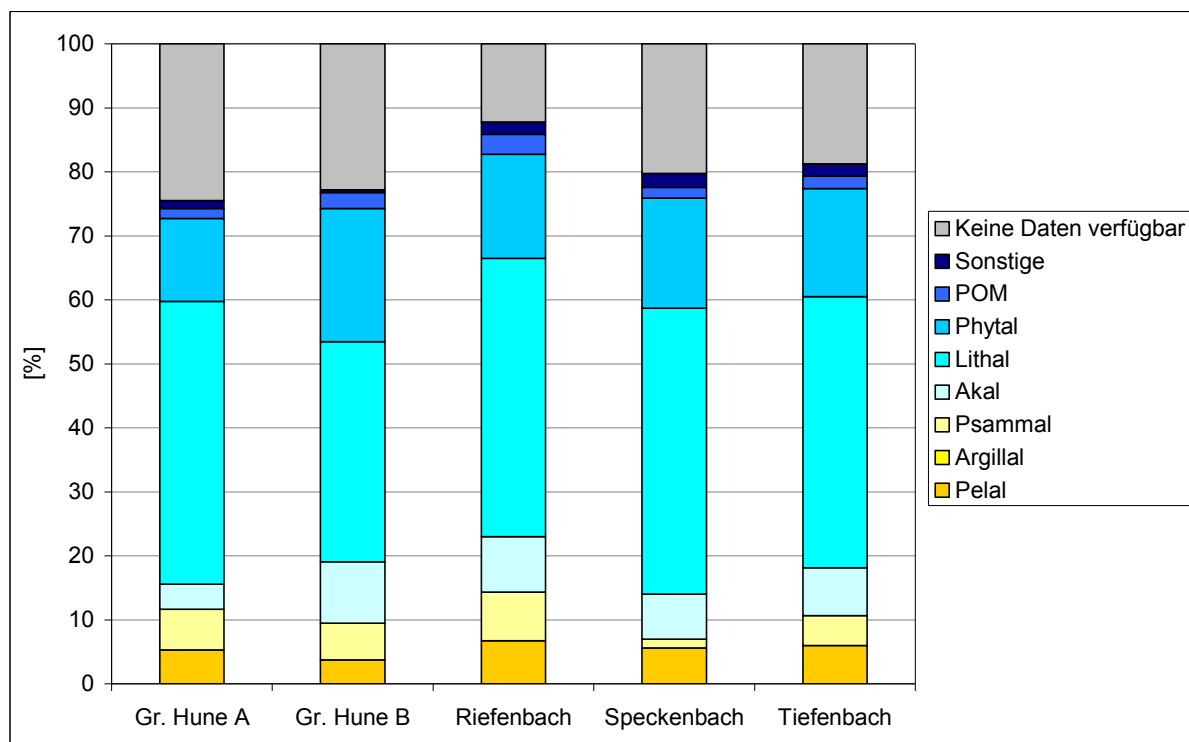
Ökologische Zustandsbewertung (Fließgewässertyp 5, NWB, Taxaliste Allg. Degradation gefiltert)	Gr. Hune A	Gr. Hune B	Riefenbach	Specken- bach	Tiefenbach
Qualitätsklasse Modul Versauerung	sehr gut	sehr gut	sehr gut	sehr gut	sehr gut
Ergebnis des Modules Versauerung ist	Gesichert	gesichert	gesichert	gesichert	gesichert

Diese Bewertung ist nur eingeschränkt aussagefähig, da das Bewertungssystem für größere Gewässer (Bäche im Sinne der WRRL mit Einzugsgebietsflächen im Intervall  $10 \text{ km}^2 \leq A_{Eo} < 100 \text{ km}^2$ ) kalibriert ist. Festzustellen bleibt jedoch, dass nicht der einleitungsnahe Untersuchungsbereich „Große Hune A“, sondern der in Fließrichtung weiter entfernt liegende Bereich „Große Hune B“ in seinem Besiedlungsbild offenbar deutlicher von den anderen Untersuchungsstrecken abweicht. Dies mag mit der im Bereich "Große Hune B" gegebenen Tendenz zur lokalen Bildung von step-pool-Strukturen im Zusammenhang stehen, da in den Pools unter Rückstau einfluss geringere Fließgeschwindigkeiten auftreten als bei durchgängig gleichmäßigem Gefälle. Deshalb wird in solchen Strukturen auch tendenziell mehr Sediment zurück gehalten.

In den folgenden Abschnitten werden die Indikatoren möglicher Störungen bzw. Beeinträchtigungen der Benthoszönose einzeln betrachtet.

Zunächst fällt auf, dass die beiden Untersuchungsstellen in der Großen Hune mit 1782 bzw. 1028 erfassten Individuen eine geringere Besiedlungsdichte aufweisen als die Referenzgewässer (2430 - 2868 Individuen). Auch die Taxazahl ist an den beiden Untersuchungsstellen der Großen Hune im Mittel geringer als die in den Referenzgewässern. Die mit 36 Taxa niedrigste Zahl wurde an der Untersuchungsstelle Große Hune B und die mit 51 Taxa höchste Zahl wurde am Tiefenbach erfasst.

Ausgehend von den im Abschnitt 3 (S. 3 f) genannten Wirkpfaden, werde als stressorspezifische Indikatoren zur Prüfung auf Beeinträchtigungen durch überhöhten Feinsediment-Eintrag zunächst die Mikrohabitat-Präferenzen und der Verteilung der Ernährungstypen der Benthoszönose untersucht (Abbildung 29 auf S. 35, Abbildung 30 auf S. 36).



**Abbildung 29: Mikrohabitatpräferenzen des MZB in der Große inn Hune und in den Referenzgewässern**

Erläuterung zu den Mikrohabitatpräferenzen: Pelal: unverfestigte Feinsedimente: Schlack, Schlamm; Argyllal: verfestigte Feinsedimente: Lehm, Ton; Psammal: Fein- bis Grobsand; Akal: Fein- bis Mittelkies; Lithal: Grobkies, Steine, große Blöcke; Phytal: Algen, Moose, höhere Wasserpflanzen; POM: Totholz, Falllaub, Getreibsel; Detritus (particular organic matter). Die Präferenz jeder Art wird durch die Verteilung von 10 Punkten auf die einzelnen Mikrohabitate beschrieben. Dargestellt sind die nach Individuenzahlen gewichteten Mittelwerte je Untersuchungsstelle

**Tabelle 11: Anteile indikatorisch relevanter Habitatpräferenzen im MZB der Hune und der Referenzgewässer**

Mikrohabitat-Präferenz (MHP) und Habitatausstattung (HA)	Gr. Hune A	Gr. Hune B	Riefenbach	Speckenbach	Tiefenbach
<b>MHP Pelal + Psammal</b>	11,7 %	9,5 %	14,3 %	7,0 %	10,6 %
<b>HA Psammal/ + Psammopelal</b>	35 %	25 %	10 %	10 %	35 %
<b>Quotient MHP / HA</b>	0,33	0,38	1,43	0,70	0,30
<b>MHP Akal</b>	3,9 %	9,5 %	8,6 %	7,0 %	7,5 %
<b>HA Akal</b>	5 %	5 %	X	5 %	10 %
<b>Quotient MHP / HA</b>	0,78	1,90	(3,44) <sup>7</sup>	1,40	0,75

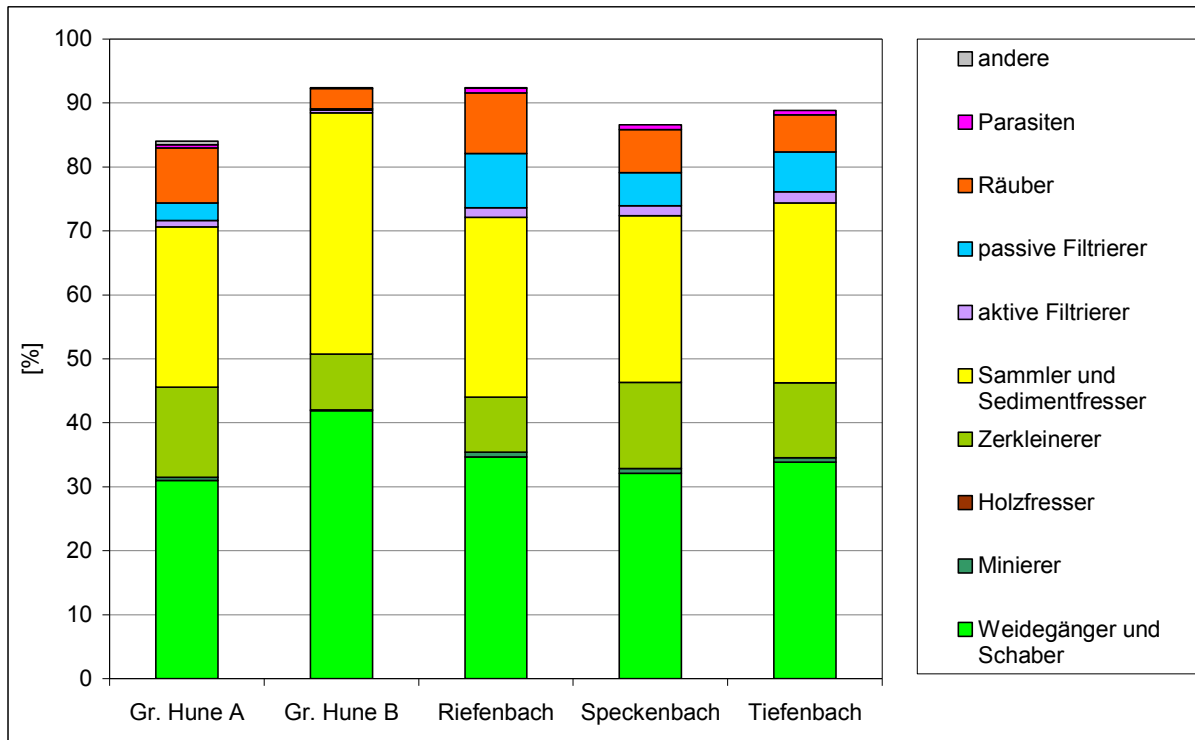
Zur Beurteilung der Relevanz der errechneten Mikrohabitat-Präferenzen (MHP) werden diese zum Anteil der jeweiligen Substratfraktionen an der Habitatausstattung der Probenstelle (HA) ins Verhältnis gesetzt. Ist der Quotient MHP/HA << 1, dann sind deutlich weniger Individuen mit der entsprechenden Habitatpräferenz vertreten, als nach dem Habitatangebot zu erwarten wären. Wird er >> 1, dann sind deutlich mehr Individuen mit der entsprechende Habitat-

<sup>7</sup> Weil HA > Schätzintervall, wurde hier mit HA = 0,5\*Schätzintervall = 2,5 % gerechnet.

präferenz vertreten, als nach dem Habitatangebot zu erwarten wären. Dies könnte darauf hindeuten, dass sich z.B. Feinsedimentbesiedler an Stelle der Besiedler von Kiesbänken auch dort etablieren, wo der Lebensraum der Kies präferierenden Arten durch eingespülte Feinsedimente nicht mehr nutzbar ist.

Der Quotient MHP / HA für die Feinsedimente liegt in den drei Referenzgewässern im Bereich von 0,30 bis 1,43. In der Großen Hune beträgt er 0,33 bzw. 0,38. Er liegt damit am unteren Rand des Referenzbereiches und zeigt an, dass die Feinsedimentbesiedler in der Großen Hune eher unter- als überrepräsentiert sind. Beim Akal beträgt der Quotient MHP / HA in der Großen Hune bei 0,78 bzw. 1,90 und in den Referenzgewässern zwischen 0,75 und  $\approx 3.44$ . Er liegt damit in der Großen Hune innerhalb des Referenzbereiches, so dass nicht auf eine Entwertung des Mikrohabitatstyps Akal durch den Feinsedimenteintrag geschlossen werden kann. Es ergeben sich also keine Hinweise auf eine erhebliche quantitative Veränderung bzw. auf eine erhebliche qualitative Beeinträchtigung der nutzbaren Habitatangebote im Gewässer.

Etwas anders stellt sich die Verteilung der Ernährungstypen dar (Abbildung 30, Tabelle 12).



**Abbildung 30: Ernährungstypen des MZB in der Großen Hune und in den Referenzgewässern**

Das Nahrungsspektrum jeder Art ist durch die Verteilung von 10 Punkten auf die einzelnen Ernährungstypen beschrieben. Dargestellt sind die nach Individuenzahlen gewichteten Mittelwerte je Untersuchungsstelle.

**Tabelle 12: Anteile indikativ relevanter Ernährungstypen im MZB der Hune und der Referenzgewässer**

Anteil der Ernährungstypen [%]	Gr. Hune A	Gr. Hune B	Riefenbach	Speckenbach	Tiefenbach
Aktive und passive Filtrierer	3,8 %	0,6 %	9,9 %	6,7 %	8,0 %
Weidegänger	31,0 %	41,9 %	34,7 %	32,1 %	33,9 %

Der Anteil aktiver und passiver Filtrierer erreicht in der Großen Hune mit 3,6 % bzw. 0,6 % deutlich geringere Werte als in den Referenzgewässern (6,7 % bis 9,9 %). Dies weist auf eine lokale Störung durch Feinsediment-Eintrag hin.

Die Weidegänger, in den Referenzgewässern mit Anteilen zwischen 32,1 % und 34,7 % vertreten, erreichen im einleitungsnahen Untersuchungsbereich Großen Hune A einen ähnlichen Wert wie in den Referenzgewässern, während ihr Anteil im Untersuchungsbereich Großen Hune B sogar noch größer ist. Hieraus kann keine Störung der benthischen Lebensgemeinschaft abgeleitet werden.

In Tabelle 13 ist eine Auswahl weiterer qualitative Befunde zusammengestellt, die auf eine abweichende Lebensgemeinschaft in der Großen Hune hinweisen.

**Tabelle 13: Unterschiede zwischen den MZB-Gemeinschaften der Großen Hune und der Referenzgewässer**

Gewässer → Taxa ↓	Gr. Hune A	Gr. Hune B	Riefenbach	Specken- bach	Tiefenbach
Turbellaria - <i>Dugesia gonocephala</i>	12	1	92	91	46
Diptera - Simuliidae Gen. sp.	1	0	195	138	155
Trichoptera - Sericostomatidae Gen. sp.	8	8	40	75	60
Plecoptera - Perlidae Gen. sp.	47	18	0	0	6
Amphipoda - <i>Gammarus</i> sp.	83	7	11	0	3
Plecoptera - <i>Protonemura</i> sp.	354	21	241	406	343
Zahlen = Individuensummen der jeweils angegebenen Taxa, bei Familien bzw. Gattungen einschließlich der ggf. genauer bestimmten Individuen.					

Der auffälligste Unterschied ist das weitgehende Fehlen von Kriebelmücken-Larven (Diptera-Simuliidae) in der Großen Hune. Hier ist ein direkter Bezug zur Feinsedimentbelastung offensichtlich, denn diese Larven heften sich auf stark angeströmten Steinoberflächen an und ernähren sich als passive Filtrierer. Neben dem möglichen Versetzen der mit einem Fangschleim überzogenen Filterfächer durch mineralische Partikel ist auch eine qualitative Entwertung ihrer Nahrungsquelle (organische Fraktion des anströmenden Schwebstoffpartikel-Gemisches) wahrscheinlich.

Beim räuberisch lebenden Dreieck-Strudelwurm (*Dugesia gonocephala*) ist zu vermuten, dass der auch auf Steinunterseiten (die diese Art als Habitat nutzt) zu findende Feinsediment-Film die Lebensraumeignung beschränkt. Köcherfliegenlarven der Familie der Sericostomatidae sind ebenfalls in der Großen Hune unterrepräsentiert. Möglicherweise spielt hierbei eine Rolle, dass diese Arten altersspezifisch bestimmte Sandkornfraktionen zum Köcherbau benötigen, die in der Großen Hune entweder in geringerem Maße vorhanden oder durch Ablagerungen von Feinsedimenten schlechter zugänglich sind.

Auch bei den Larven der Steinfliegen (Plecoptera) zeichnen sich Unterschiede ab. Während die Gattung *Protonemura* zumindest an der Untersuchungsstelle Große Hune B deutlich unterrepräsentiert ist, scheinen die Verhältnisse dort den großwüchsigen Larven der Familie der Perlidae (*Perla* sp., *Dinocras cephalotes*) zuzusagen. Diese Arten gelten als Reinwassertiere mit geringer Säuretoleranz. Ebenso sind Flohkrebse der Gattung *Gammarus* in der Großen Hune deutlich häufiger anzutreffen als in den Referenzgewässern. Diese Falllaub-Verzehrer gelten als säureempfindlich (BREHM & MEIJERING 1982, BRAUKMANN 1987) und bedürfen eines bestimmten Mindestniveaus an Calcium (DITTMAR 1955, MINSHALL & MINSHALL 1978).

Diese Besiedlungsunterschiede zwischen Großer Hune und Referenzgewässern sind möglicherweise auf abweichende hydrogeochemische Verhältnisse in den jeweiligen Einzugsgebieten zurück zu führen. Rein geologisch bedingt treten im Harz auch kleinräumig deutliche Unterschiede in der Alkalinität und Mineralisierung silikatischer Fließgewässer auf. Insbesondere Diabas-geprägte Einzugsgebiete wirken in dieser Hinsicht günstig (MATSCHULLAT et al. 1994).

Im Vergleich mit den vorliegenden Altbefunden (Beschreibung der Saprobie und Zusammensetzung der Lebensgemeinschaft von Großer Hune, Tiefenbach und Riefenbach in NLWK 2002) sind keine relevanten Abweichungen zu den 2015 festgestellten Verhältnissen erkennbar. So konnten für die Große Hune z.B. auch die bereits in NLWK (2002) besonders erwähnten Vorkommen von *Perla marginata*, *Esolus angustatus*, *Oreodytes sanmarki*, *Hydropsyche fulvipes* und Groppe bestätigt werden. In naturschutzfachlicher Hinsicht ist eine Beurteilung der Befunde anhand der festgestellten Arten aus den Roten Listen Deutschlands bzw. Niedersachsens möglich. Diese Arten sind in Tabelle 14 zusammengestellt.

**Tabelle 14: Rote-Liste-Arten in den untersuchten Gewässern**

Art	RL-D	RL-NDS	Gr. Hune A	Gr. Hune B	Riefenbach	Speckenbach	Tiefenbach
<b>Plecoptera - Steinfliegen</b>							
<i>Dinocras cephalotes</i>		2	x	x			x
<i>Perla marginata</i>	3	2	x	x			x
<i>Perlodes microcephalus</i>		3			x	x	x
<b>Ephemeroptera - Eintagsfliegen</b>							
<i>Baetis scambus</i>		3			x		
<i>Electrogena lateralis</i>		3				x	
<i>Rhithrogena semicolorata</i>		3	x	x	x	x	x
<b>Coleoptera - Käfer</b>							
<i>Esolus angustatus</i>		3	x	x	x	x	x
<i>Oreodytes sanmarki</i>		3		x			
<b>Trichoptera - Köcherfliegen</b>							
<i>Hydropsyche fulvipes</i>	3	V	x				
<i>Hydropsyche incognita</i>		D	x				
<i>Oecismus monedula</i>		V			x		x
<i>Plectrocnemia geniculata</i>		V				x	
<i>Rhyacophila praemorsa/polonica</i>		(V)	x				
<i>Synagapetus iridipennis</i>	3	3		x			
<b>Gefährdete Arten Makrozoobenthos (Kategorie 2 - 3)</b>			<b>5</b>	<b>6</b>	<b>5</b>	<b>4</b>	<b>5</b>
<b>Pisces - Fische</b>							
<i>Cottus gobio</i> - Groppe		3	x	x		nicht befischt	nicht befischt
<b>Amphibia - Lurche</b>							
<i>Salamandra salamandra</i> - Feuersalamander		3		x	x	nicht befischt	nicht befischt
<b>Gefährdete Arten gesamt (Kategorie 2 - 3)</b>			<b>6</b>	<b>8</b>	<b>5</b>	<b>4</b>	<b>5</b>
<p><u>Erläuterung der RL-Kategorien:</u> 2 = stark gefährdet, 3 = gefährdet, V = Vorwarnliste, D = Datenlage defizitär, ( ) = larvaltaxonomisch nicht sicher unterscheidbar, RL-Kategorie bezieht sich auf die unterstrichene, biogeographisch hier plausible Art. <u>Quellen:</u> REUSCH &amp; HAASE 2000 (RL-NDS: Eintags-, Stein- und Köcherfliegen), HAASE 1996 (RL-NDS Wasserkäfer), PODLOUCKY &amp; FISCHER 2013: (RL-NDS Amphibien), LAVES 2008 (RL-NDS Fische), BfN 2009 (RL-D Wirbeltiere), BINOT et al. 1998 (RLD: Eintags-, Stein- und Köcherfliegen, Wasserkäfer)</p>							

Im Vergleich der Großen Hune mit den Referenzgewässern ergeben sich beim Makrozoobenthos keine Hinweise auf eine Verringerung der Zahl gefährdeter Arten. Im Gegenteil, auch unter Berücksichtigung der Befischungsergebnisse (Groppe, Feuersalamander-Larven im Beifang) sowie des mündungsnahen Nachweises der Borsten-Rotalge (siehe S. 19) ist die Große Hune nach wie vor ein Gewässer von erhöhtem naturschutzfachlichem Wert.

## 6 Zusammenfassung und Schlussfolgerungen

In der von Feinsediment-Einleitungen aus dem Steinbruch Huneberg betroffenen Großen Hune und typgleichen Referenzgewässern der näheren Umgebung wurden 2014/15 das Makrozoobenthos, der Fischbestand und ausgewählte Beschaffenheitsparameter von Wasser und Sediment (Schwerpunkt Schwermetalle) untersucht.

Für die einzelnen Qualitätskomponenten, die mit dem Untersuchungsprogramm abgedeckt wurden, lassen sich folgende Einschätzungen geben:

- Wasserbeschaffenheit - allgemeine chem.-physikal. Parameter:  
Gegenüber den Referenzgewässern ist eine deutlich erhöhte Konzentration suspendierter Feststoffe (AFS) in der Großen Hune zu beobachten, die mit bereits visuell auffälliger Wassertrübung und flächenhafter Entwicklung eines mineralischen Feinsedimentfilms auf dem überwiegenden Teil der Gewässersohle einhergeht.
- Schwermetalle und Arsen in der Feststoff-Phase:  
In den Sedimenten der Großen Hune und/oder im Riefenbach werden bei Zink, Arsen und Kupfer geltende Umweltqualitätsnormen verletzt. Die erhöhten Konzentrationen sind aber den historischen montanwirtschaftlichen Aktivitäten in der Region zuzuordnen. Dazu gehören sowohl die bekannten Altbergbaustandorte und montanarchäologisch erkundeten Hüttenplätze in den Einzugsgebieten von Großer Hune und Riefenbach als auch diffuse Einträge von Hüttenstäuben auf dem Luftpfad, die bis in die jüngere Vergangenheit gegeben waren.
- Schwermetalle und Arsen in der gelösten Phase:  
Gegenüber den geogenen Hintergrundwerten anthropogen erhöhte Konzentrationen können aufgrund der Bestimmungsgrenzen in keinem der untersuchten Gewässer ausgeschlossen werden, jedoch werden in keinem Fall geltende Umweltqualitätsnormen verletzt. Die Erläuterungen zur Eintragungssituation im vorigen Anstrich gelten auch hier.
- Fischbestand:  
Bezüglich der Bachforellenpopulation lässt sich aus Bestandsdichte und Alterszusammensetzung im Vergleich zum Referenzgewässer Riefenbach keine Beeinträchtigung ableiten. Erfreulicherweise beherbergt die Große Hune darüber hinaus eine reproduzierende Gropfenpopulation. Die Bestandsdichte dieser Art wächst mit der Entfernung der Befischungsstrecken von der Einleitstelle. Ein eindeutiger Nachweis oder Ausschluss der Feinsedimenteinträge als Ursache ist aber nicht möglich, da mehrere Wanderungshindernisse die Bewegungsmöglichkeiten der Art innerhalb des Gewässers einschränken. Das kann auch ohne stoffliche Belastung zum Ausdünnen lokaler Teilpopulationen führen (UTZINGER et al. 1998).
- Makrozoobenthos:  
Zieht man das (für Quellbäche mit derart kleinem EZG eigentlich nicht vorgesehene) deutsche Fließgewässer-Bewertungssystem PERLODES zur Bewertung des Makrozoobenthos heran, so ergibt sich für die beiden Untersuchungsstellen in der Großen Hune ein "guter" bzw. "sehr guter" ökologischer Zustand, für die drei Referenzgewässer ein "sehr guter" Zustand. Die benthische Lebensgemeinschaft der Großen Hune ist dennoch lokal durch den Feinsedimenteintrag gestört. Die für diese Einschätzung

maßgeblichen Indikatoren sind die Ernährungstypen-Verteilung, insbesondere der stark verringerte Anteil der Filtrierer, sowie eine gegenüber den Referenzgewässern geringere Besiedlungsdichte. Trotzdem erweist sich die Lebensgemeinschaft des Gewässers insgesamt noch als relativ artenreich. Ein erheblicher Verlust an Biodiversität ist nicht erkennbar, zumal das Gewässer nach wie vor auch Lebensraum bergbachtypischer Rote-Liste-Arten ist. Ausschlaggebend dafür sind wahrscheinlich die spülende Wirkung, die bereits kleine Hochwasserscheitel in dem relativ steilen Gerinne der Großen Hune haben können, und die Strahlwirkung unbeeinträchtigter Zuflüsse des gleichen Gewässertyps, insbesondere der Grenzkappe.

Der derzeit geltende Grenzwert von  $100 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$  AFS am Ablauf des letzten Absetzteiches ist damit ausreichend, um erhebliche Beeinträchtigungen der Großen Hune durch die Einleitung der Wässer aus dem Diabasabbau am Huneberg zu vermeiden.

Die im Rahmen des vorliegenden Gutachtens ausgeführten Wasser- und Sedimentanalysen geben keine Anhaltspunkte für eine relevante Zusatzbelastung des Gewässers mit Schwermetallen und Arsen aus dem Diabas-Steinbruch. Dies wäre auch aufgrund der vorliegenden Eluat-Analysen von Abbaumaterial und Abraum sehr unwahrscheinlich, da die einschlägigen Parameter unter den jeweiligen Bestimmungsgrenzen lagen.

Wenn im Zuge der geplanten Erweiterung des Steinbruches Ausgleichs- und Ersatzmaßnahmen am lokalen Fließgewässernetz erforderlich werden, so bietet sich hierfür die Herstellung der ökologischen Durchgängigkeit an den drei Wanderhindernissen in der Großen Hune an (massiv befestigte Furt oh. Mündung der Grenzkappe, massiv befestigte Sohle unter der erneuerten Forstwegbrücke, Absturz an der Brücke des Talsperren-Rundweges). Maßgeblich für die Umgestaltung der betreffenden Bauwerke ist die sehr beschränkte Fähigkeit der Groppe zur Überwindung von Sohlabstürzen und hydraulisch glatten Sohlstrukturen ohne Lückensystem.

## 7 Quellen

ASMUS, B. (2012): Medieval Copper Smelting in the Harz Mountains, Germany. Veröffentlichungen aus dem Deutschen Bergbau-Museum Bochum Nr. 191. 395 S.

BfN [Bundesamt für Naturschutz Bonn-Bad Godesberg, Hrsg.] (2009): Rote Liste gefährdeter Tiere, Pflanzen und Pilze Deutschlands. Band 1: Wirbeltiere. Naturschutz und Biologische Vielfalt Heft 70(1). 386 S.

b.i.g. GmbH [Beratende Ingenieure und Geologen GmbH](2014): Eignungsbewertung Bodenabraum Diabaswerk „Huneberg“ als Rekultivierungsboden für Deponie „Morgenstern“ bei Liebenburg, LK Goslar. Clausthal-Zellerfeld, 8 S. + Anl.

BLESS, R. (1982): Untersuchungen zur Substratpräferenz der Groppe. *Senckenbergiana biologica* 63: 161-165

BLOHM, H.P., T. GAUMERT & P. KÄMMEREIT (1994): Leitfaden für die Wieder- und Neuansiedlung von Fischarten. Binnenfischerei in Niedersachsen Heft 3. Hildesheim, 90 S.

BINOT, M., R. BLESS, P. BOYE, H. GRUTKE & P. PRETSCHER [Hrsg.](1998): Rote Liste gefährdeter Tiere Deutschlands. Bundesamt für Naturschutz Bonn-Bad Godesberg, Schr.-Reihe für Landschaftspflege und Naturschutz Heft 55. 434 S.

BRAUKMANN, U. (1987): Zooökologische und saprobiologische Beiträge zu einer allgemeinen regionalen Bachtypologie. *Arch. Hydrobiol. Beih.* 26: 1-355

BREHM, J. & M. P. D. MEIJERING (1982): Zur Säure-Empfindlichkeit ausgewählter Süßwasserkrebse (*Daphnia* und *Gammarus*, Crustacea). *Arch. Hydrobiol.* 95: 17-27

DITTMAR, H. (1953): Ein Sauerlandbach, Untersuchungen an einem Wiesen-Mittelgebirgsbach. *Arch. Hydrobiol.* 50: 305-552

- DOBLER, L. (1999): Der Einfluß der Bergbaugeschichte im Ostharz auf die Schwermetalltiefengradienten in historischen Sedimenten und die fluviale Schwermetalldispersion in den Einzugsgebieten von Bode und Selke im Harz. Diss., Mathematisch-Naturwissenschaftlich-Technischen Fakultät der Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg. Halle, 120 S. + Anh.
- DRL [Deutschen Rat für Landespflege e. V. , Hrsg.] (2008): Kompensation von Strukturdefiziten in Fließgewässern durch Strahlwirkung. Schr.-R. d. Deutschen Rates für Landespflege H. 81: 138 S.
- FISCHER, S. (1999): Mikrohabitatwahl der Mühlkoppe (*Cottus gobio*) im Oberen Lunzer Seebach. Jahresberichte der Biologischen Station Lunz 16: 83-85
- HAASE, P. (1996): Rote Liste der in Niedersachsen und Bremen gefährdeten Wasserkäfer mit Gesamtartenverzeichnis, 1. Fassung vom 1.2.1996. Inform.d. Naturschutz Niedersachs. 16, Nr. 3: 81-100
- JENS, G. (1980): Die Bewertung der Fischgewässer. 2. Aufl., Paul Parey Verlag, Berlin. 160 S.
- JUNGWIRTH, M., O. MOOG & H. WINKLER (1980): Vergleichende Fischbestandsuntersuchungen an elf niederösterreichischen Fließgewässerstrecken. Österr. Fischereigesellschaft, Festschrift 1880-1980: 81-104
- KEMP, P., D. SEAR, A. COLLINS, P. NADEN & I. JONES (2011): The impacts of fine sediment on riverine fish. Hydrol. Process. 25: 1800–1821
- KLUGE, H. (1969): Mineralvorkommen und Fundpunkte auf den Eisenerzlagern im östlichen Teil des Oberharzer Diabasuges. Der Aufschluss - Zeitschrift für die Freunde der Mineralogie und Geologie 20 (11): 310-315
- KNOLLE, F. (1989): Harzbürtige Schwermetallkontaminationen in den Flußgebieten von Oker, Innerste, Leine und Aller. Beitr. Naturk. Niedersachs. 42: 53-60
- LAVES [Niedersächsisches Landesamt für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit, Dezernat Binnenfischerei, Hrsg.](2008): Vorläufige Rote Liste der Süßwasserfische, Rundmäuler und Krebse in Niedersachsen (unveröffentlicht).
- LAVES [Niedersächsisches Landesamt für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit, Hrsg.] (2011): Vollzugshinweise zum Schutz von Fischarten in Niedersachsen. – Fischarten des Anhangs II der FFH-Richtlinie und weitere Fischarten mit Priorität für Erhaltungs- und Entwicklungsmaßnahmen – Koppe, Groppe oder Mühlkoppe (*Cottus gobio*). – Niedersächsische Strategie zum Arten und Biotopschutz, Hannover, 13 S. [www.nlwkn.niedersachsen.de/download/50798](http://www.nlwkn.niedersachsen.de/download/50798)
- LEBMANN, D. (1993): Gewässerversauerung und Fließgewässerbiozönosen im Harz. Ber. d. Forschungszentrums Waldökosysteme Göttingen, Reihe A, Bd. 97: 1-247
- LUDWIG, G. & M. SCHNITTLER [Hrsg.](1996): Rote Liste gefährdeter Pflanzen Deutschlands. Schr.R. f. Vegetationskunde 28: 744 S.
- MATSCHULLAT, J., H. HEINRICHTS, J. SCHNEIDER & B. ULRICH [Hrsg.] (1994): Gefahr für Ökosysteme und Wasserqualität – Ergebnisse interdisziplinärer Forschung im Harz. Springer Verlag Berlin Heidelberg New York. 478 S.
- 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 der Basis des Makrozoobenthos vor dem Hintergrund der EG-Wasserrahmenrichtlinie - Stand Mai 2006 - . 79 S. + Anh.  
[http://www.fliessgewaesserbewertung.de/downloads/abschlussbericht\\_20060331\\_anh\\_I-VIII.pdf](http://www.fliessgewaesserbewertung.de/downloads/abschlussbericht_20060331_anh_I-VIII.pdf)
- MINSHALL, G. W. & J. N. MINSHALL (1978): Further evidence on the role of chemical factors in determining the distribution of benthic invertebrates in the River Duddon. Arch. Hydrobiol. 83: 324–355.
- NLWK [Niedersächsischer Landesbetrieb für Wasserwirtschaft und Küstenschutz -Betriebsstelle Süd] (2002): Gewässergütebericht Oker 2002. Schriftenreihe Band 4, Braunschweig. 271 S.
- PAN & ILÖK [Planungsbüro für angewandten Naturschutz GmbH, München und Institut für Landschaftsökologie, AG Biozönologie, Münster] (2010): Bewertung des Erhaltungszustandes der Arten

nach Anhang II und IV der Fauna-Flora-Habitat-Richtlinie in Deutschland - Überarbeitete Bewertungsbögen der Bund-Länder-Arbeitskreise als Grundlage für ein bundesweites FFH-Monitoring. Im Auftrag des Bundesamtes für Naturschutz (BfN) – FKZ 805 82 013. 87 S.

[https://www.bfn.de/fileadmin/MDB/documents/themen/monitoring/Bewertungsschemata\\_LRT\\_Sept\\_2010.pdf](https://www.bfn.de/fileadmin/MDB/documents/themen/monitoring/Bewertungsschemata_LRT_Sept_2010.pdf)

PLOMANN, J. (1982): Salmoniden - Bachforelle, Regenbogenforelle, Bachsaibling, Äsche. Sportverlag Berlin. 156 S.

PODLOUCKY, R. & C. FISCHER (2013): Rote Listen und Gesamtartenlisten der Amphibien und Reptilien in Niedersachsen und Bremen - 4. Fassung, Stand Januar 2013. Inform.d. Naturschutz Niedersachs. 33, Nr. 4: 121-168

POTTGIEßER, T. & J. KAIL, S. SEUTER & M. HALLE (2004): Abschließende Arbeiten zur Typisierung entsprechend den Anforderungen der EU\_WRRL – Teil II, Endbericht. Forschungsprojekt im Auftrag der LAWA: 1-16 + Kartenanhang. [http://www.fliessgewaesserbewertung.de/downloads/...](http://www.fliessgewaesserbewertung.de/downloads/)

REUSCH, H. & P. HAASE (2000): Rote Liste der in Niedersachsen und Bremen gefährdeten Eintags-, Stein- und Köcherfliegenarten, 2. Fassung, Stand 1.10.2000. Inform.d. Naturschutz Niedersachs. 20, Nr. 4: 182-200

SCHNITZER, P. & C. SCHÜTZ (2006): Kap. 14: Rundmäuler (Cyclostomata) und Fische (Pisces). in: Empfehlungen für die Erfassung und Bewertung von Arten als Basis für das Monitoring nach Artikel 11 und 17 der FFH-Richtlinie in Deutschland. Berichte des Landesamtes für Umweltschutz Sachsen-Anhalt - Halle. Sonderheft 2: 193–237

SPÄH, H. & W. BEISENHERZ (1984): Beitrag zur Verbreitung und Ökologie der Groppe (*Cottus gobio* L., Pisces) in Ostwestfalen und im Kreis Osnabrück. Verhandlungen d. Gesellschaft für Ökologie 1 2: 617-626.

STUMM, W. & J.J. MORGAN (1996): Aquatic Chemistry. Chemical Equilibria and Rates in Natural Waters. 3. ed. Wiley & Sons, New York. 1022 S.

TOMLINSON, M.L. & M. R. PERROW (2003): Ecology of the Bullhead. Conserving Natura 2000 Rivers Ecology Series No. 4. English Nature, Peterborough. 16 S.

TRETNER, A. (2002): Sorptions- und Redoxprozesse von Arsen an oxidischen Oberflächen - Experimentelle Untersuchungen. Diss., Ruprecht-Karls-Universität Heidelberg, Institut für Umwelt-Geochemie der Fakultät für Chemie und Geowissenschaften. 127 S. [http://archiv.ub.uni-heidelberg.de/volltextserver/3045/1/Tretner\\_Diss.pdf](http://archiv.ub.uni-heidelberg.de/volltextserver/3045/1/Tretner_Diss.pdf)

UTZINGER, J., C. ROTH & A. PETER (1998): Effects of environmental parameters on the distribution of bullhead *Cottus gobio* with particular consideration of the effects of obstructions. Journal of Applied Ecology 35: 882-892

WATERSTRAAT, A. (1992): Populationsökologische Untersuchungen an *Cottus gobio* L. und anderen Fischarten aus zwei Flachlandbächen Norddeutschlands. Limnologica 22: 137 - 149

WÜSTEMANN, O. & B. KAMMERAD (1991): Die Fischfauna der Fließgewässer des Kreises Wernigerode (Bezirk Magdeburg/Sachsen-Anhalt). Fischökologie aktuell 5: 14-18

WÜSTEMANN, O. (2013): Fische im Nationalpark Harz - Arten, Verbreitung und Bestandsentwicklung. S. 23-39 in: Nationalparkverwaltung Harz [Hrsg.]: Zur Situation der Gewässer im Nationalpark Harz. Schriftenreihe aus dem Nationalpark Bd. 10. Wernigerode.

ZBINDEN, S., J.D. PILOTTO & V. DUROUVEZ (2004): Biologie, Gefährdung und Schutz der Groppe (*Cottus gobio*) in der Schweiz. Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft Bern [Hrsg.], Mitteilungen zur Fischerei Nr. 77, 73 S.

### Bestimmungsliteratur

AUBERT, J. (1959): Plecoptera. in: Schweizer Entomologische Gesellschaft (Hrsg.): Insecta Helvetica 1: 1-144

- BAUERNFEIND, E. & U.H. HUMPESCH (2001): Die Eintagsfliegen Zentraleuropas (Insecta: Ephemeroptera): Bestimmung und Ökologie. Verlag des Naturhistorischen Museums Wien. 239 S.
- EISELER, B. (2005): Bildbestimmungsschlüssel für die Eintagsfliegenlarven der deutschen Mittelgebirge und des Tieflandes. Identification key to the mayfly larvae of the German Highlands and Lowlands. *Lauterbornia* 53: 1-112
- FREUDE, H., K. W. HARDE & G. A. LOHSE (1971): Die Käfer Mitteleuropas. Band 3. Goecke & Evers, Krefeld. 365 S.
- FREUDE, H., K. W. HARDE & G. A. LOHSE (1979): Die Käfer Mitteleuropas. Band 6. Goecke & Evers, Krefeld. 367 S.
- HOHMANN, M. (2011): Bestimmungsschlüssel für die deutschen, außeralpinen Steinfliegen-Larven. Anhang in: Untersuchungen an Wasserinsekten im Nationalpark Harz (Sachsen-Anhalt) unter besonderer Berücksichtigung von Köcherfliegen (Insecta: Trichoptera). Faunistik, Phänologie, Autökologie, Taxonomie, Bioindikation. kassel university press, Kassel. 318 S.
- ILLIES, J.(1955) Steinfliegen oder Plecoptera. in Dahl, M. & H. Bischoff (Hrsg.): Die Tierwelt Deutschlands und der angrenzenden Meeresteile Teil 43. Fischer Verlag Jena, 1-150
- JONES, J.I., J.F. MURPHY, A.L. COLLINS, A.A. SEAR, P.S. NADEN & P.D. ARMITAGE (2012): The Impact Of Fine Sediment On Macro-Invertebrates. *River Research and Applications* 28: 1055–1071
- KILLEEN, I., D. ALDRIDGE & G. OLIVER (2004): Freshwater Bivalves of Britain and Ireland. FSC/National Museum of Wales. Shrewsbury, 114 S.
- KLAUSNITZER, B. (1996): Käfer im und am Wasser. 2. Auflage. Die Neue Brehm Bücherei 567, Magdeburg. 200 S.
- LANUV [Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz NRW](2010): Taxonomie für die Praxis Bestimmungshilfen - Makrozoobenthos (1). LANUV Arbeitsblatt 14, Recklinghausen. 182 S.
- LANUV [Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz NRW](2013): Taxonomie für die Praxis Bestimmungshilfen - Makrozoobenthos (2). LANUV Arbeitsblatt 20, Recklinghausen. 288 S.
- MALICKY, H. (2010): Atlas of European Trichoptera. Springer Verlag, Dordrecht. 359 S.
- SCHMEDTJE, U. & F. KOHMANN (1992): Bestimmungsschlüssel für die Saprobier-DIN-Arten (Makroorganismen). Informationsberichte Bayer. Landesamt für Wasserwirtschaft 2/88, Loseblattsammlung.
- STUEDEMANN, D., P. LANDOLT, M. SARTORI, D. HEFTI & I.TOMKA (1992): Ephemeroptera. in: Schweizer Entomologische Gesellschaft (Hrsg.): *Insecta Helvetica* 9: 1-175
- SUNDERMANN, A. & S. LOHSE (2006): Bestimmungsschlüssel für die aquatischen Zweiflügler (Diptera) in Anlehnung an die Operationelle Taxaliste für Fließgewässer in Deutschland. <http://www.fliessgewaesserbewertung.de> [Stand Mai 2006].
- WARINGER, J. & W. GRAF (2011): Atlas der mitteleuropäischen Köcherfliegenlarven. Erik Mauch Verlag, Dinkelscherben, 468 S.
- ZWICK, P. (1993a): Anmerkungen zu Illies (1955), Plecoptera, in Dahl, Tierwelt Deutschlands. (unveröff. Mskr.)
- ZWICK, P. (1993b): Überarbeitete und ergänzte Fassung des Schlüssels von RAUSER (1980) nach d. Übers. v. K. ZERNY. (unveröff. Mskr.)
- ZWICK, P. (2004): Key to the West Palaearctic genera of stoneflies (Plecoptera) in the larval stage. *Limnologia* 34: 315-348