

Untersuchungen zur Substratqualität in der Our (Luxemburg)



Gutachten im Rahmen des EU-Projektes LIFE05Nat/L/000116
„Restauration des populations des moules perlières en
Ardennes“

2007

erstellt von:

Dr. rer. nat. Jürgen Geist

Angerstr. 14 a

85354 Freising

Tel.: 08161-42417

Email: geist@wzw.tum.de

1 Einleitung

Flussperlmuscheln (*Margaritifera margaritifera* L.) zählen zu den in Mitteleuropa unmittelbar vom Aussterben bedrohten Tierarten. Ehemals dichte, zusammenhängende Populationen in kalk- und nährstoffarmen Gewässern sind heute nur noch als isolierte Reliktbestände vorhanden. Flussperlmuscheln reagieren aufgrund ihres komplexen Entwicklungszyklus besonders empfindlich auf Veränderungen ihres Habitats und sind in ihrer parasitären Phase auf einen intakten Wirtsfischbestand sowie in ihrer postparasitären Phase auf gute Substratverhältnisse angewiesen.

Der Perlmuschelbestand in der Our im Grenzgebiet zwischen Luxemburg, Deutschland und Belgien wird auf derzeit nur noch ca. 500 Individuen beziffert (Stand: September 2007; Arendt & Thielen, mdl. Mitt.) und steht im Mittelpunkt der Artenschutzbemühungen im Rahmen des EU-LIFE Projektes „Restauration des populations des moules perlières en Ardennes“.

Untersuchungen zur Genetik europäischer Perlmuschelbestände zeigten basierend auf hochauflösenden Mikrosatelliten-Markern (Geist, 2002a; Geist et al., 2003; Geist & Kuehn, 2005), dass in der Perlmuschelpopulation der Our ein Privatallel auftritt, das noch in keiner anderen mitteleuropäischen Population nachgewiesen wurde. Trotz ihrer geringen genetischen Variabilität können Erhaltungsstrategien für die Perlmuschel in der Our damit einen wichtigen Beitrag zur Sicherung des evolutionären Potenzials der wenigen verbleibenden Perlmuschelpopulationen im Einzugsgebiet des Rheins leisten.

Die Situation des Wirtsfischbestandes in der Our in der Nähe des größten Perlmuschelbestandes wurde bereits im Rahmen einer Elektrofischung im laufenden LIFE-Projekt bewertet (Arendt & Thielen, mdl. Mitt.). Hierbei zeigte sich, dass die Wirtsfischdichte in einem ähnlichen Bereich wie in anderen europäischen Perlmuschelgewässern (vgl. Geist et al., 2006) liegt. Sofern immunologische Inkompatibilität und die Erfassung eines außergewöhnlich guten Jahres bei der Befischung ausgeschlossen werden können, dürfte der Status des Wirtsfischbestandes damit nicht die primäre Ursache der unzureichenden Reproduktion der Perlmuschel in der Our sein.

Während der postparasitären Phase leben Perlmuscheln für einen Zeitraum von ca. 5 Jahren eingegraben im Sedimentlückensystem (Interstitial) des Bachgrundes und sind in dieser Zeit auf ein stabiles Substrat und eine ausreichende Versorgung mit Sauerstoff und Nahrung angewiesen. Dies kann durch eine Trennung zwischen dem Wasser der freien Welle und dem Interstitial unterbunden werden, wodurch die Überlebensraten der Jungmuscheln im

Interstitial sinken (Buddensiek et al., 1993; Buddensiek, 1995; Geist, 1999a, b; Geist & Auerswald, 2007). Auch eine Instabilität des Substrates, wie unnatürlich hohe Sandfrachten anthropogenen Ursprungs, wirken sich nachteilig aus (Altmüller & Dettmer, 1996).

Durch Untersuchungen in mehreren europäischen Muschelgewässern mit und ohne funktionierende Reproduktion der Perlmuschel steht ein großer Vergleichsdatensatz zur Bewertung günstiger und ungeeigneter Jungmuschelhabitate zur Verfügung (Geist & Auerswald, 2007). Hierbei gilt es zu beachten, dass die jeweils ungünstigsten Bedingungen im Interstitial („worst case“-Situationen) den limitierenden Faktor für das Aufwachsen von Jungmuscheln darstellen – eine Periode, die in mitteleuropäischen Gewässern üblicherweise im Spätsommer und Frühherbst auftritt.

Ziel der im Rahmen dieses Projektes durchgeführten Untersuchungen war die Bewertung der Substratqualität in verschiedenen Bereichen der Our im Frühherbst 2007 zur Identifikation potenziell günstiger Bereiche für das Aufwachsen von juvenilen Flussperlmuscheln.



Abbildung 1: Die Perlmuscheln der Our (Bildmitte) befinden sich meist in stabilen Uferbereichen mit relativ starker Beschattung

2 Untersuchungsstellen

Insgesamt wurden im Rahmen der Untersuchungen an der Our 12 Querschnittsprofile im Zeitraum vom 06.-07. September 2007 beprobt. Die Auswahl der Untersuchungsstellen erfolgte hierbei in enger Abstimmung mit den Projektverantwortlichen des EU-LIFE05Nat/L/000116 (Frau Dipl.-Biol. Alexandra Arendt, Herr Dr. Frank Thielen, Frau Dipl.-Biol. Mireille Molitor), denen für ihren Einsatz und die Initiierung der Untersuchungen an dieser Stelle besonders gedankt werden soll. Bei der Auswahl der Untersuchungsstellen wurden nur Bereiche einbezogen, die aufgrund ihrer gewässermorphologischen Eigenschaften prinzipiell als Perlmuschelhabitat in Frage kommen. Die genaue Lage der Messstellen ist aus Tab. 1 und Abb. 2-4 ersichtlich. Die Our wurde im Bereich des Projektgebietes zwischen Dreiländereck Luxemburg-Belgien-Deutschland (OU-1) bis unterhalb der Ortschaft Dasburg (OU-12) untersucht. Alle relevanten Bereiche mit rezentem Muschelvorkommen wurden hierbei einbezogen (z.B. Stellen OU-4 – OU-6), da hier mit einem Abfallen von Jungmuscheln von auf natürlichem Wege infizierten Bachforellen gerechnet werden kann. Zudem belegt das derzeitige Perlmuschelvorkommen in diesem Bereich, dass eine für adulte Perlmuscheln zumindest tolerierbare Wasserqualität vorliegt.

Stellen-Nr.	Beschreibung	GPS-Koordinaten in WGS84 dezimal (Präzision ca. 10-15 m) longitude/latitude	Breite [m]	Mittlere Tiefe \pm SD [cm]
OU-01	Ca. 100 m unterhalb Brücke Dreiländereck und Einmündung Reibach	6,13773/50,12894	13,9	46 \pm 13
OU-02	Ca. 100 m unterhalb Campingplatz, ca. 1 km unterhalb OU-01	6,12978/50,12196	17,1	50 \pm 7
OU-03	Ca. 20 m unterhalb Wehr Kalbornmühle	6,13449/50,10516	19,1	26 \pm 8
OU-04	Unterhalb Kalbornmühle im Bereich einer Rausche, auf Höhe Perl- und Bachmuschel-vorkommen am rechten Ufer	6,12596/50,10164	12,1	41 \pm 9
OU-05	Ca. 380 m oberhalb OU-06, im Bereich des Muschelvorkommens am rechten Ufer	6,12565/50,09992	23,6	30 \pm 4

OU-06	Zwischen Tintesmühle und Kalbornmühle, südlichste Stelle im Bereich des Muschelbestands	6,12733/50,09671	19,8	31 ± 2
OU-07	Ca. 1,7 km unterhalb des Muschelvorkommens (OU-06)	6,12200/50,08209	20,0	29 ± 3
OU-08	Ca. 880 m unterhalb OU-07, unmittelbar unterhalb Wiese mit Ruine (linkes Ufer)	6,12189/50,07409	18,4	48 ± 11
OU-09	Ca. 30 m oberhalb Kenzelbach-Mündung	6,11273/50,06088	18,9	39 ± 7
OU-10	Ca. 20 m unterhalb OU-09, allerdings im Bereich stärkerer Strömung, nach Rausche	6,11256/50,06063	12,5	40 ± 7
OU-11	Ca. 570 m unterhalb OU-09/LOU-10	6,12007/50,05923	12,6	42 ± 6
OU-12	Ca. 150 m unterhalb Dasburgbrücke	6,12705/50,04824	18,7	40 ± 7

Tabelle 1: Untersuchungsstellen an der Our; Angaben zu Breite und Tiefe beziehen sich auf die Untersuchungsstellen zum Untersuchungszeitpunkt; SD= Standardabweichung

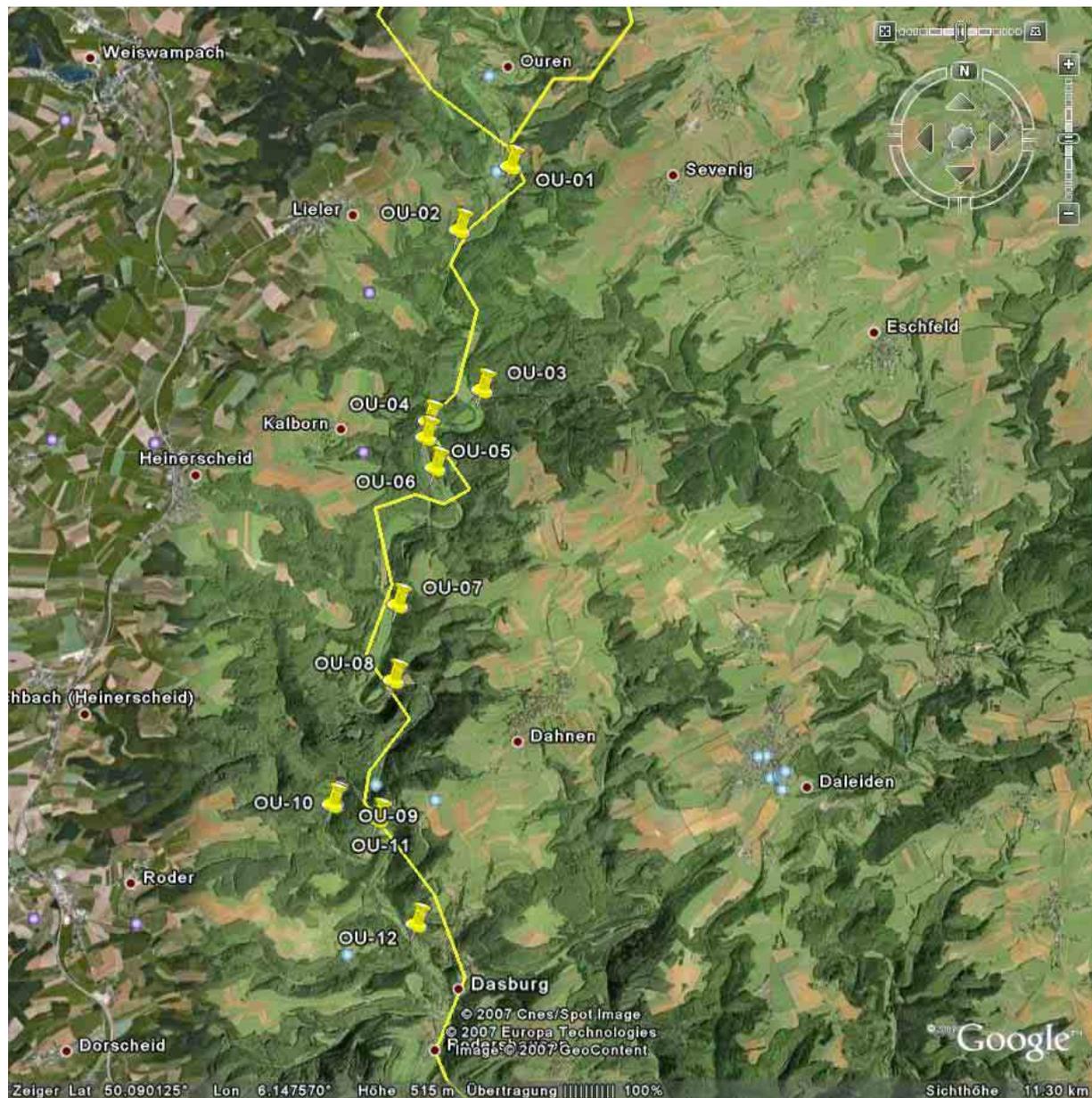


Abbildung 2: Übersicht über die Lage der 12 Untersuchungsquerschnitte an der Our (basierend auf Google Earth Darstellung); gelbe Linie = Landesgrenzen

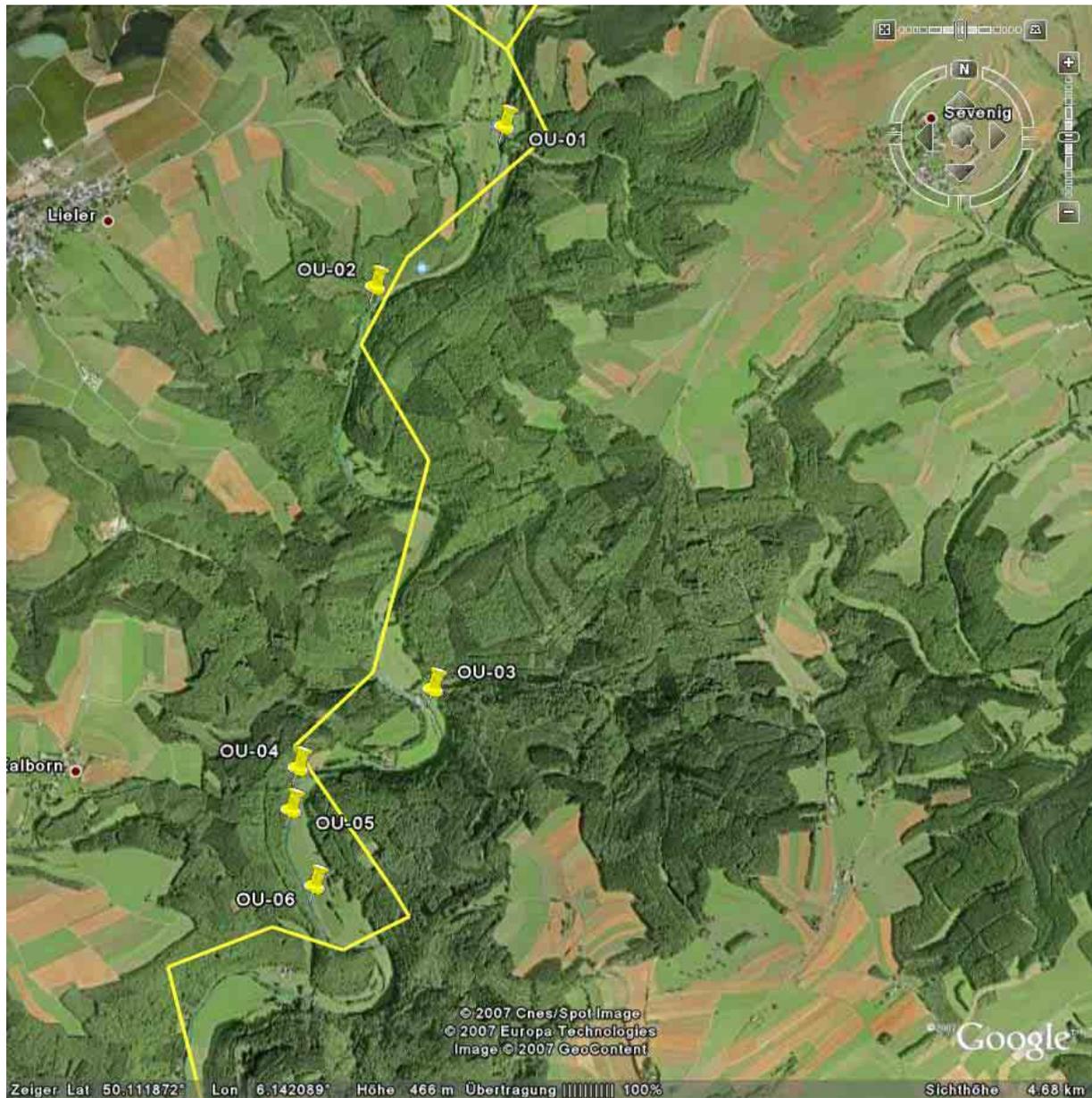


Abbildung 3: Detaildarstellung der flussaufwärts gelegenen Untersuchungsstellen OU-1 bis OU-6 (basierend auf Google Earth Darstellung); gelbe Linie = Landesgrenzen

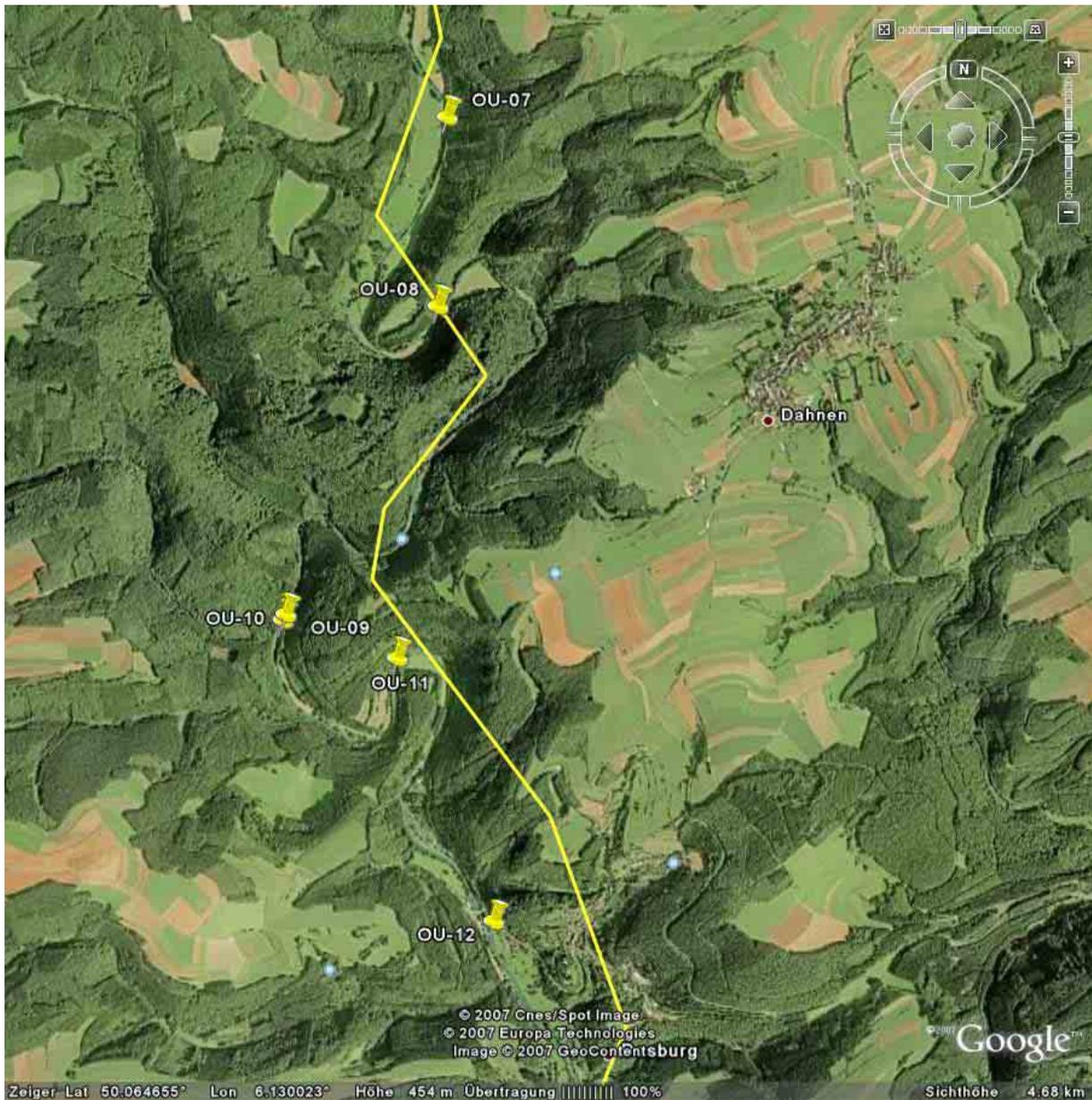


Abbildung 4: Detaildarstellung der flussabwärts gelegenen Untersuchungsstellen OU-7 bis OU-12 (basierend auf Google Earth Darstellung); gelbe Linie = Landesgrenzen

3 Material und Methoden

3.1 Strömungsgeschwindigkeit

Die Strömungsgeschwindigkeit besitzt für die Durchsatzvolumina und für die Effektivität der passiven Filtration adulter Perlmuscheln große Bedeutung. Darüber hinaus stellt die Strömungsgeschwindigkeit einen entscheidenden Faktor für den Geschiebetransport, die Korngrößenverteilung und das Sedimentations- / Resuspensionsverhalten von Sedimenten dar. Die angegebenen durchschnittlichen Strömungsgeschwindigkeiten an jedem Querschnittsprofil entsprechen der Oberflächen-Strömungsgeschwindigkeit. Sie wurde aus der Zeit berechnet, die ein Schwimmkörper zum Zurücklegen einer Strecke von 2 m benötigt. Alle Messungen wurden für das linke Ufer, die Bachmitte und das rechte Ufer zur Berechnung der Variation jeweils dreifach wiederholt und die Mittelwerte (MW) und Standardabweichungen (SD) berechnet.

3.2 Oberflächliche Substratverfestigung

Für das Eingraben junger Flussperlmuscheln sowie für die Durchströmbarkeit des Interstitials hat die Kolmation und Oberflächen-Substratverfestigung große Bedeutung. Diese korreliert zudem mit der Korngrößenverteilung. Ein Bereich mittlerer Sedimentverfestigung scheint für Jungmuscheln besonders günstig zu sein. Oberflächlich stark verhärtetes Substrat stellt eine Barriere für das Eingraben von Jungmuscheln dar (Hruska, pers. Mitteilung) und ist meist durch (zeitweise) hohe Strömungsgeschwindigkeiten, verbunden mit hoher Geschiebetransportkapazität, oder durch Kolmationserscheinungen zu erklären. Andererseits weisen verschlammte oder mit mobilem Sand überlagerte Bereiche, die ebenfalls als ungünstig für das Aufwachsen von Perlmuscheln angesehen werden, in der Regel eine sehr „weiche“ Sedimentoberfläche auf. Die oberflächliche Substratverfestigung wurde mit einem Penetrometer mit unterschiedlichen Steckaufsätzen an jedem der 12 Querschnittsprofile in mindestens 9 Einzelmessungen (je 3 links, 3 mitte, 3 rechts; in Bereichen mit größerer Breite an 12 Einzelpunkten) gemessen und für jede Querschnittsstelle der Mittelwert und die Standardabweichung bestimmt. Die Einzelmessungen wurden jeweils an Stellen durchgeführt, die potenziell als Jungmuschelhabitat geeignet sind (z.B. Kiestaschen zwischen größeren Steinen). An der Stelle OU-07 wurde nur die rechtsseitige Hälfte der Our beprobt, da an der linksseitigen Flusshälfte direkt das Untergrundgestein anstand.

3.3 Redoxpotenzial

Das Redoxpotenzial einer Reaktion ist ein Maß für die Fähigkeit einer Umgebung, Elektronen aufzunehmen oder abzugeben und damit (auf Böden bezogen) ein Maß für die freisetzbare Energie. Das Redoxpotenzial wird als Gleichspannungsdifferenz [mV] zwischen einer elektronenübertragenden, inerten Messelektrode und einer Referenzelektrode gemessen und ermöglicht Aussagen über die langfristige Sauerstoffversorgung, die Mineralisierung der organischen Substanz, die Verfügbarkeit und Mobilisierung von Nährstoffen (z.B. P) sowie den Abbau und die Freisetzung von Schadstoffen (z.B. Schwermetalle, H₂S). Als grober Richtwert kann gelten, dass bei einem auf die Standardwasserstoffelektrode bezogenen Redoxpotenzial von unter 300 mV in Böden kein Sauerstoff mehr verfügbar ist (Schlesinger, 1991).

An jedem der 12 Querschnittsprofile wurden, je nach Gewässerbreite und Variabilität des Substrates, die Redoxpotenziale in ungefähr gleichen Abständen an 3 bis 5 Einzelpunkten entlang eines Transektes in der freien Welle, in 5 cm und in 10 cm Sedimenttiefe gemessen (9 bis 15 Einzelmessungen pro Querschnitt). Alle Redoxpotenzialwerte wurden mittels Temperaturkorrektur auf das Normalpotenzial (bezogen auf die Wasserstoff-Elektrode) umgerechnet.

3.4 Leitfähigkeitsgradienten

Die Leitfähigkeit stellt ein Maß für die Gesamtmineralisation in Abhängigkeit von Temperatur, Dissoziationsgrad, Aktivität, Wertigkeit und Wanderungsgeschwindigkeit der Ionen dar. Flussperlmuscheln sind an kalk- und nährstoffarme Gewässer mit niedriger Leitfähigkeit angepasst. Bedingt durch Abbauprozesse organischer Substanz und durch eine fehlende Durchströmung kann die Leitfähigkeit im Interstitial deutlich höher als in der freien Welle liegen. Bei einem intensiven Austausch zwischen beiden Kompartimenten sollte hingegen kein Unterschied vorliegen. Zur Messung der Leitfähigkeit im Tiefengradienten wurden an allen 12 Querschnittsprofilen Wasserproben des Freiwassers, aus 5 cm und 10 cm Sedimenttiefe von beiden Uferbereichen und aus der Flussmitte mit einer Saugspritze entnommen (insgesamt pro Querschnittsprofil jeweils 9 Einzelproben). Hierbei wurde auf die Entnahme konstanter Wasservolumina geachtet, die durch das Schlauchvolumen auf 15 ml fest definiert wurden. Die Leitfähigkeitsmessungen wurden mit einem WTW-Cond 315i Messgerät (Bezugstemperatur 25°C) durchgeführt.

Eine Trennung zwischen dem Wasser der freien Welle und dem Interstitial kann in einigen Gewässern auch durch einen Vergleich des pH-Wertes im Freiwasser mit dem in unterschiedlichen Substrattiefen nachgewiesen werden, besitzt jedoch meist eine geringere Trennschärfe als der Gradient der Leitfähigkeit (Geist & Auerswald, 2007). Probemessungen von pH-Tiefengradienten am zuerst beprobten Transekt OU-03 zeigten, dass selbst an Stellen mit klarer Trennung von Freiwasser und Interstitial der pH-Wert mit 7,5 über alle Sedimenttiefen konstant war, weshalb auf diese Methodik an den weiteren Stellen zugunsten eines dichteren Messnetzes bei den anderen Messungen verzichtet wurde.

4 Ergebnisse und Diskussion

4.1 Strömungsgeschwindigkeit

Der Flussverlauf der Our ist gekennzeichnet durch einen meist kleinräumigen Wechsel der Strömungsgeschwindigkeit. Längere Abschnitte kommen offenbar allein aufgrund des Gefälles und der damit verbundenen starken Strömung und des instabilen Substrats nicht als Habitat für die Perlmuschel in Frage. Im Vergleich mit anderen mitteleuropäischen Perlmuschelgewässern zeichnet sich die Our durch eine vergleichsweise hohe durchschnittliche Strömungsgeschwindigkeit von 0,65 m/s über alle Untersuchungsstellen aus. Möglicherweise ist dies einer der Gründe, warum sich der Flussperlmuschelbestand der Our vor allem in den strömungsberuhigten Bereichen, meist in Ufernähe, konzentriert. Im unmittelbaren Bereich des Muschelvorkommens in Ufernähe lag die mittlere gemessene Strömungsgeschwindigkeit zum Untersuchungszeitpunkt bei nur etwa 0,5 m/s und damit unter dem jeweiligen Durchschnitt der entsprechenden Untersuchungsstrecken. In Abb. 5 sind die durchschnittlichen Strömungsgeschwindigkeiten mit Standardabweichung an den 12 untersuchten Querschnittsprofilen grafisch dargestellt.

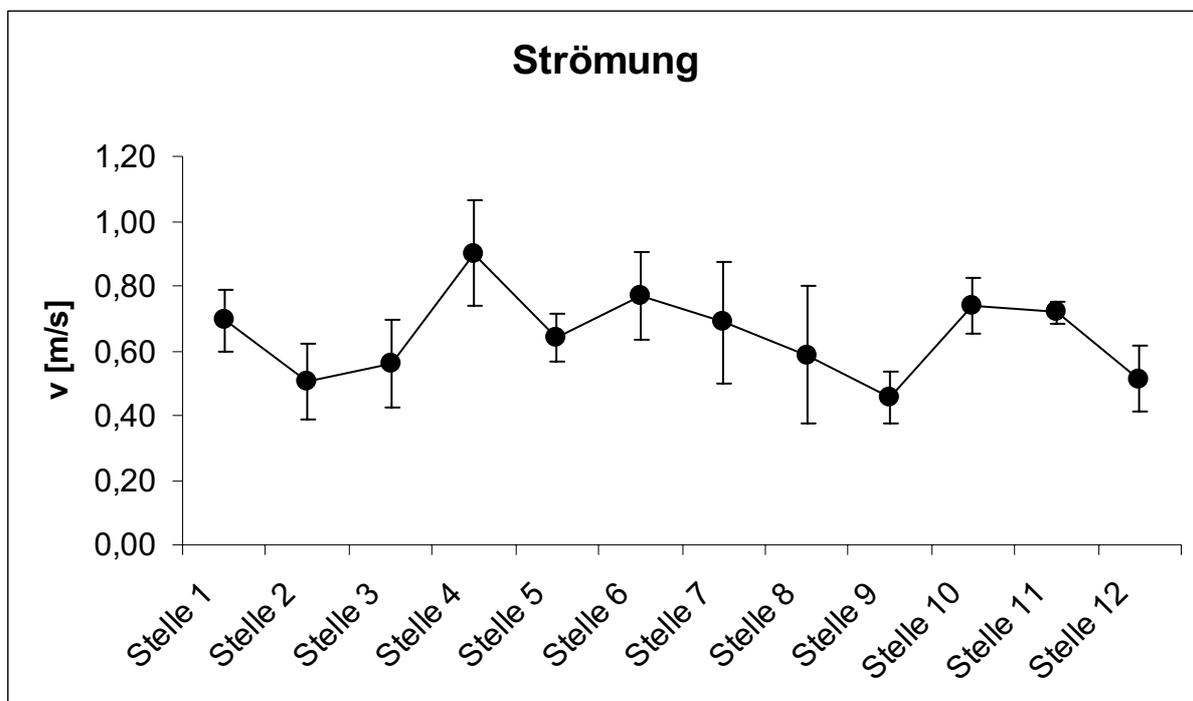


Abbildung 5: Durchschnittliche Strömungsgeschwindigkeiten (\pm Standardabweichung) an den Querschnittsprofilen der Our

4.2 Oberflächliche Substratverfestigung

Die mit dem Penetrometer gemessene mittlere oberflächliche Substratverfestigung an der Our variierte zwischen $0,33 \text{ kg/cm}^2$ und $2,44 \text{ kg/cm}^2$ und liegt damit meist über den Durchschnittswerten anderer europäischer Perlmuschelgewässer. In funktionalen europäischen Perlmuschelpopulationen mit Reproduktion lag die mittlere oberflächliche Sedimentverfestigung bei nur $0,16 \text{ kg/cm}^2$ mit einer Spannweite zwischen $0,04$ und $0,39 \text{ kg/cm}^2$. In nicht-funktionalen Gewässerbereichen ohne Jungmuschelnachwuchs wurde hingegen eine deutlich größere Spannweite zwischen $<0,001 \text{ kg/cm}^2$ an verschlammten Stellen bis zu $4,00 \text{ kg/cm}^2$ an kolmatierten Stellen nachgewiesen (Geist & Auerswald, 2007). Die niedrigsten durchschnittlichen Werte der oberflächlichen Sedimentverfestigung der Our wurden an den Stellen OU-1, OU-05, OU-09 und OU-10 mit $0,33$, $0,36$, $0,24$ und $0,37 \text{ kg/cm}^2$ gemessen (vgl. Abb. 6). Der mit Abstand höchste Wert von $2,44 \text{ kg/cm}^2$ trat an der Stelle mit der höchsten durchschnittlichen Strömungsgeschwindigkeit (OU-4) auf. Als Besonderheit der Our sollte jedoch erwähnt werden, dass die Variabilität an einzelnen Querschnittsprofilen vergleichsweise hoch ist und mit Ausnahme der Stellen OU-4, OU-6, OU-7 und OU-8 an allen anderen Stellen die Minima der Penetrometermessung innerhalb der Spannweite der für funktionale Stellen gemessenen Werte liegen.

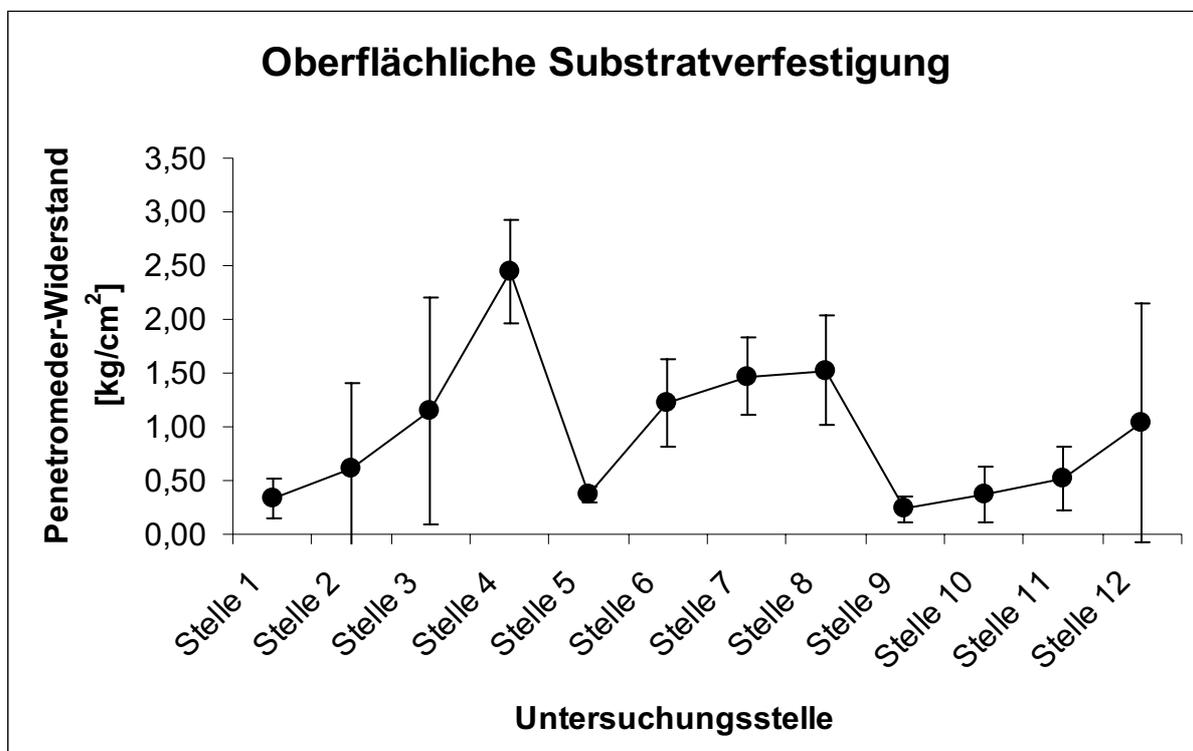


Abbildung 6: Mittlere oberflächliche Substratverfestigung (\pm Standardabweichung) an den Querschnittsprofilen der Our

Die Untersuchungen zeigen, dass Bereiche mit hoher durchschnittlicher Strömungsgeschwindigkeit nicht zwangsläufig verhärtet und kolmatiert sind (vgl. Stelle OU-1). Durchschnittliche Strömungsgeschwindigkeit und oberflächliche Substratverhärtung weisen eine positive Korrelation auf, aber das niedrige Bestimmtheitsmaß deutet auf einen deutlichen Einfluss weiterer Faktoren hin (vgl. Abb. 7).

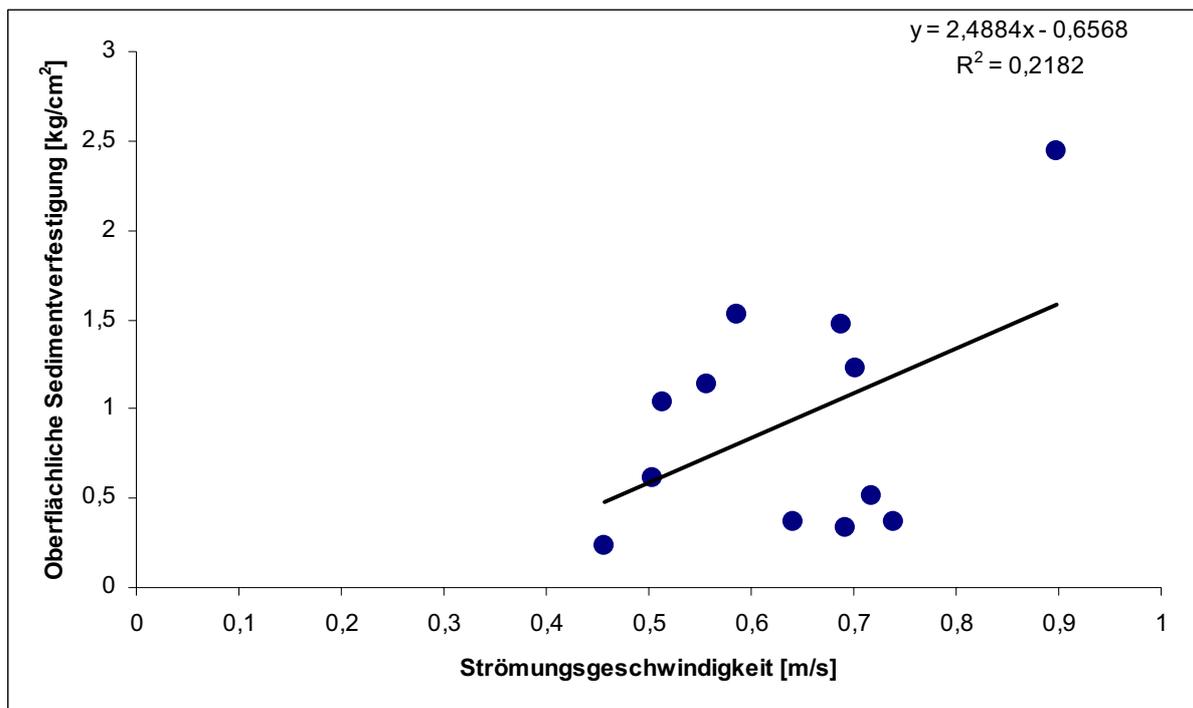


Abbildung 7: Zusammenhang zwischen mittlerer Strömungsgeschwindigkeit und oberflächlicher Sedimentverfestigung

Auch Schmid (1994) spricht von einer Verdichtung des bestehenden Lückenraumes durch kleine Kornfraktionen und einer damit verbundenen deutlichen Abnahme der Sauerstoffkonzentration.

In einigen Untersuchungsbereichen steht zudem nur ein geringer Anteil des Flussbettes als potenzielles Muschelhabitat zur Verfügung. So steht in einigen Bereichen unmittelbar das Untergrundgestein an (z.B. Bereiche an den Stellen OU-2, OU-7), in dem – im Gegensatz zu anderen Gewässern - kaum Lücken und Verankerungsmöglichkeiten für Perlmuscheln bestehen. Besonders im Bereich der flussabwärts gelegenen Stellen OU-7 bis OU-12 existierten wenige Stellen, an denen ein leichtes Eindringen auf 5 und 10 cm Substrattiefe überhaupt möglich war.

4.3 Redoxpotenzial und Habitatbedingungen

Das Redoxpotenzial als Maßzahl für Sauerstoffversorgung, die Mineralisierung der organischen Substanz, die Verfügbarkeit bzw. Mobilisierung von Nährstoffen (z.B. P) und den Abbau sowie die Freisetzung von Schadstoffen (z.B. Schwermetalle, H_2S) wies zum Zeitpunkt der Messungen eine erwartungsgemäß geringe Variabilität in der freien Welle der Our auf. Mit zunehmender Sedimenttiefe (5 cm, 10 cm) fiel das Redoxpotenzial bei meist gleichzeitig zunehmender Variabilität weiter ab (vgl. Abb. 8). Im Mittel fällt das Redoxpotenzial über alle Untersuchungsstellen in 5 cm Tiefe leicht auf 470 mV und in 10 cm deutlich auf 380 mV ab. Einige Untersuchungsstellen sind bereits in 5 cm und 10 cm Sedimenttiefe offenbar nicht ausreichend mit Sauerstoff versorgt und weisen Redoxpotenziale unter 300 mV auf (vgl. Abb. 9). Im Gegensatz dazu zeigen einige Bereiche selbst in 5 cm und 10 cm Substrattiefe ähnlich hohe Redoxpotenziale wie die freie Welle des Gewässers.

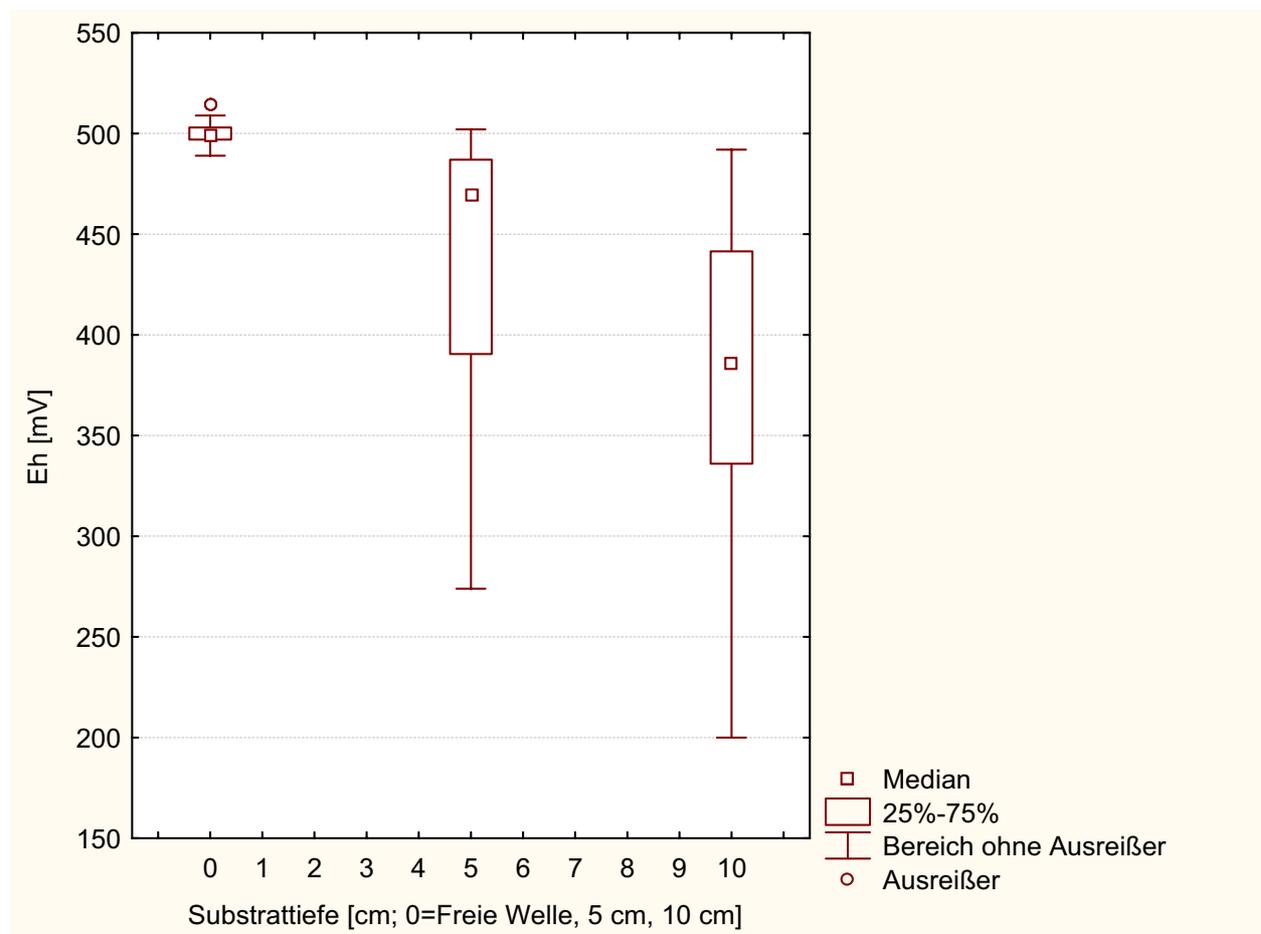


Abbildung 8: Redox-Normalpotenzial im Freiwasser und in 5 und 10 cm Substrattiefe der Our über alle Messstellen; $n_{ges}=120$

Als grobe Faustregel kann gelten, dass Redoxpotenziale zwischen 400 und 800 mV oxidierende Verhältnisse, solche zwischen 0 und 400 mV teilreduzierende Verhältnisse und zwischen 0 und -400 mV reduzierende Bedingungen widerspiegeln. Nach Schlesinger (1991) liegt die experimentell bestimmte Grenze zwischen aeroben und anaeroben Bedingungen in Böden bei einem Normalpotenzial von ca. 300 mV. Eine Reduktion von Nitrat zum toxischen Nitrit findet in Abhängigkeit verfügbarer Liganden bei etwa 400 mV statt.

In Abbildung 9 sind die Redoxpotenziale in der freien Welle, in 5 cm Substrattiefe und in 10 cm Substrattiefe für die 12 Untersuchungsstellen im Detail zusammen mit den absoluten Redox-Minima zum Untersuchungszeitpunkt dargestellt. In der freien Welle variierte das Redoxpotenzial kaum zwischen den Untersuchungsstellen und innerhalb der Einzelmesspunkte an den Untersuchungsstellen. In 5 cm und besonders in 10 cm Substrattiefe war eine stellenspezifisch signifikante Absenkung des Redoxpotenzials zu verzeichnen. Im Vergleich mit den anderen Untersuchungsstellen der Our weisen die Stellen im mittleren Bereich der Our zwischen Kalbornmühle und Tintesmühle tendenziell die geringsten Unterschiede zwischen dem Redoxpotenzial der freien Welle und in 5 cm (meist auch in 10 cm Tiefe) auf. Besonders günstig sind die Bereiche OU-3, OU-5 und OU-6 einzustufen. An der Stelle OU-5 lag eine geringe Trennung zwischen Interstitial und freier Welle vor, obwohl in diesem Bereich zugleich eine niedrigere Strömungsgeschwindigkeit gemessen wurde. Damit erscheint ein Aufwachsen von Jungmuscheln im Vergleich mit den anderen untersuchten Stellen im Bereich des jetzigen Muschelvorkommens am wahrscheinlichsten. Anoxische Bereiche mit einem Redoxpotenzial von unter 300 mV traten an den Untersuchungsstellen OU-1, OU-7 bis OU-9 und OU-11 und OU-12 auf.

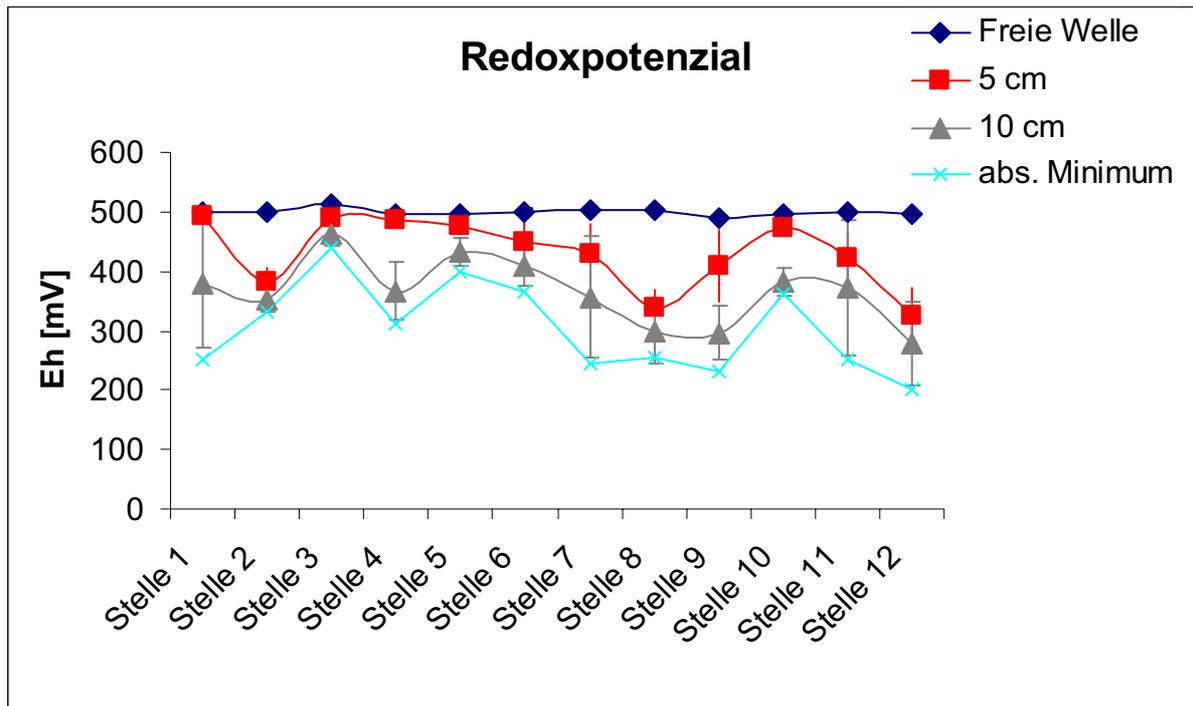


Abbildung 9: Mittlere Redoxpotenziale (\pm Standardabweichung) an den Querschnittsprofilen der Our; günstige Stellen (z.B. Stelle 3) weisen geringfügige Unterschiede zwischen den Redoxpotenzialen der freien Welle und dem Interstitial (5 cm, 10 cm) auf

Besonders auffällig an der Our ist die zum Teil kleinräumige Variabilität des Redoxpotenzials. So waren selbst an Stellen mit niedrigen Redoxpotenzialen OU-1, OU-4, OU-7, OU-10, OU-11 auch Teilbereiche vorhanden, in denen nur eine geringfügige Abweichung zwischen den Redoxpotenzialen in freier Welle und denen des Interstitials auftrat, was auf eine kleinräumig funktionierende Durchströmung des Lückensystems auch in diesen Bereichen hindeutet. Derart günstige Stellen waren in den Bereichen OU-12, OU-8 und OU-2 nicht nachweisbar.

Als Ergebnis der Redoxpotenzialmessungen lässt sich zusammenfassend festhalten, dass in bestimmten Bereichen und Einzelmesspunkten der Our das Redoxpotenzial mit zunehmender Sedimenttiefe im Vergleich zu dem der freien Welle nicht oder nur geringfügig absank. Dies kann durch eine gute Durchströmbarkeit des Substrates an diesen Stellen, verbunden mit guter Sauerstoffversorgung, oder durch eine niedrige Intensität der Sauerstoffzehrung durch Abbau organischer Substanz erklärt werden. Sofern günstige Redoxbedingungen im Sediment nur aufgrund einer hohen Sedimentumlagerungsrate an Stellen mit hoher Strömungsgeschwindigkeit gemessen werden, deutet dies ebenfalls auf ein ungünstiges Habitat für das Aufwachsen von Jungmuscheln hin. An der Mehrzahl der Stellen lagen jedoch signifikante Unterschiede zwischen dem Redoxpotenzial der freien Welle und dem Interstitial in 5 und 10 cm Sedimenttiefe vor.

Messungen nach gleicher Methodik zeigten, dass an Stellen mit Jungmuschelaufkommen anderer europäischer Perlmuschelgewässer selbst zu „worst-case“-Bedingungen (d.h. im Sommer bei hohen Wassertemperaturen, niedrigen Abflusswerten und Strömungsgeschwindigkeiten, erhöhter Primärproduktion und erhöhter Feinsediment-deposition) keine oder nur geringfügige Reduktionen des Redoxpotenzials im Substrat festzustellen sind (Geist & Auerswald, 2007). Im Gegensatz dazu weist die Mehrzahl der Gewässer ohne Jungmuschelvorkommen zumindest zeitweilig reduzierende Bedingungen im Interstitial auf. Ein Aufwachsen von Jungmuscheln an bestimmten Stellen der Our wird durch die vorliegenden Ergebnisse nicht ausgeschlossen. Bei der Interpretation gilt es allerdings zu beachten, dass im Rahmen der vorliegenden Untersuchung nur eine einmalige, qualitative Messung im Frühherbst 2007 durchgeführt wurde, junge Flussperlmuscheln hingegen für einen Zeitraum von ca. 5 Jahren punktuell günstige Habitatbedingungen benötigen. Weitere wichtige Faktoren wie die Substratstabilität oder die Nahrungssituation würden sich nur durch langfristige bzw. weiterführende Untersuchungen bewerten lassen. Darüber hinaus muss darauf hingewiesen werden, dass aufgrund des regnerischen und kühlen Sommers 2007 und der damit stärkeren Durchströmung und geringeren Intensität der Abbauprozesse im Interstitial nachgewiesene Unterschiede zwischen freier Welle und Interstitial wohl weniger ausgeprägt waren, als dies in anderen Jahren der Fall ist. Ein Hochwasser ca. 2 Wochen vor Untersuchungsbeginn kann durch Umlagerungsprozesse im Gewässerbett ebenfalls kurzfristig günstige Bereiche geschaffen haben.

Oftmals lassen sich bereits rein optisch deutliche Unterschiede zwischen günstigen, durchströmten (Abb. 10-12) und ungünstigen, verschlammten oder verbackenen Substratbereichen ausmachen (Abb. 13-15). An einigen Stellen war der optische Substrateindruck trügerisch. So waren z.B. optisch günstig wirkende, kiesige Bereiche an Stelle OU-12 bereits in wenigen Zentimetern Substrattiefe völlig mit Feinsediment zugesetzt und wiesen niedrige Redoxpotenziale und erhöhte Leitfähigkeiten verglichen mit der freien Welle auf.



Abbildung 10: Bereiche mit sortiertem, kiesigem Substrat zwischen größeren Steinen stellen meist günstige Stellen dar (Stelle OU-06)



Abbildung 11: Grobkiesiger Bereich mit geringem Feinsedimentanteil an Stelle OU-6



Abbildung 12: Größere Lücke zwischen Gesteinsblöcken an Stelle OU-5



Abbildung 13: Besonders in Bereichen mit geringerer Strömung kann eine Trennung des Interstitialwassers vom Wasser der freien Welle durch absterbende Algen und Feinsediment begünstigt werden (hier: Stelle OU-9)



Abbildung 14: Besonders im Bereich der unteren Untersuchungsstellen sind kiesgefüllte Lücken oft stark durch Eutrophierung und Feinschlammablagerung beeinträchtigt.



Abbildung 15: Starkes Algenwachstum trat besonders an der untersten Untersuchungsstelle OU-12 auf.

Am Beispiel der Our wird deutlich, dass durch ein Zusammenspiel von Eutrophierung und einer Trennung des Wassers der freien Welle und des Interstitials ungünstige Aufwuchsbedingungen für juvenile Flussperlmuscheln entstehen können. Die landwirtschaftliche Nutzung in einem Großteil des Einzugsgebietes trägt zur Nährstoff- und Feinsedimentbelastung, z.B. über ungesicherte Viehtränken (vgl. Abb. 16) bei.



Abbildung 16: Sedimenteintrag über ungesicherte Viehtränke im Bereich der Untersuchungsstelle OU-07

An mehreren Untersuchungsstellen der Our, besonders im Bereich der Stellen OU-1 und OU-4 bis OU-7 wurden Elritzenschwärme (*Phoxinus phoxinus*) während der Untersuchung nachgewiesen, die ebenfalls auf gut durchströmte, kiesige Substratbereiche als Laichhabitat angewiesen sind.

4.4 Leitfähigkeitsgradienten

Bereits optisch unterscheiden sich Wasserproben des Freiwassers von denen des Interstitials mitunter deutlich (vgl. Abb. 17), was u.a. durch unterschiedliche Redoxpotenziale bedingt ist. Im Gegensatz zum Redoxpotenzial stiegen die gemessenen Leitfähigkeitswerte mit zunehmender Sedimenttiefe im Vergleich zum Wasser der freien Welle leicht an (vgl. Abb. 18, 19).



Abbildung 17: Proben aus dem Freiwasser (links) und Interstitialwasser in 5 cm (mitte) und 10 cm Tiefe (rechts) an der Untersuchungsstelle OU-11

In der Our lag zum Untersuchungszeitpunkt die mittlere Leitfähigkeit in der freien Welle über alle Untersuchungsstellen relativ konstant bei $152 \mu\text{S}/\text{cm}$ (Spannweite $149 - 154 \mu\text{S}/\text{cm}$). Im Gegensatz dazu lag die mittlere Leitfähigkeit in 5 und 10 cm Interstitialtiefe um einige $\mu\text{S}/\text{cm}$ höher (vgl. Abb. 17). Die Abweichungen und die Variabilität der Werte nahmen mit zunehmender Substrattiefe zu und waren in 10 cm Substrattiefe besonders ausgeprägt.

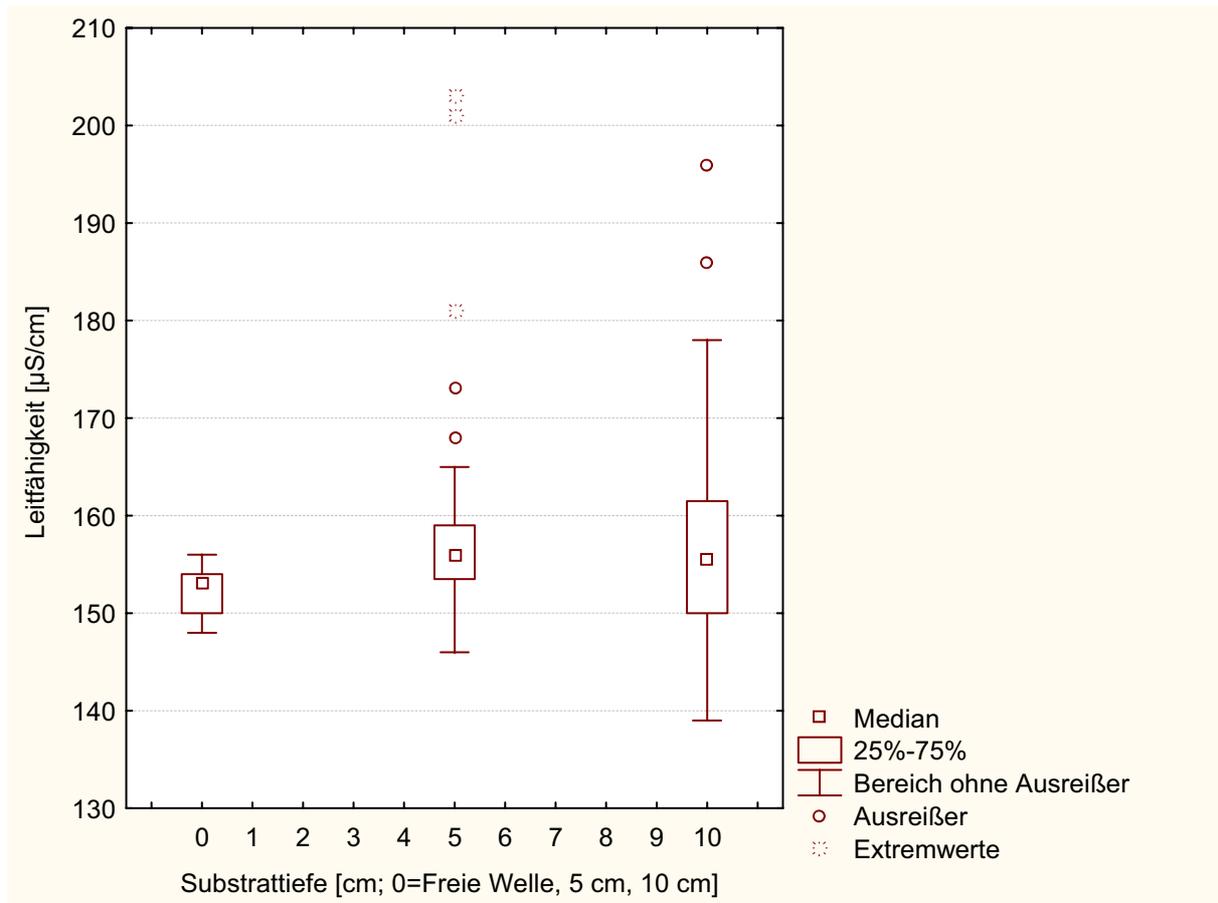


Abbildung 18: Leitfähigkeit im Freiwasser und in 5 und 10 cm Substrattiefe der Our über alle Messstellen (bezogen auf 25°C); $n_{\text{ges}}=108$

Die Ähnlichkeit der Werte in 5 und 10 cm, sowie die in Einzelbereichen bereits in 5 cm Tiefe stark erhöhten Leitfähigkeiten von über 200 $\mu\text{S}/\text{cm}$ an den Stellen OU-2 und OU-12 deuten darauf hin, dass im Falle eines fehlenden Austausches zwischen dem Wasser der freien Welle und dem Interstitial meist bereits in den oberen 5 cm Substrattiefe eine dominante Barriere vorliegt. Die im Mittel geringsten Abweichungen der Leitfähigkeiten zwischen freier Welle und Interstitial wurden im Bereich der mittleren Untersuchungsstellen zwischen Kalbornmühle und Tintesmühle (OU-4 bis OU-6), in denen auch das rezente Perlmuschelvorkommen konzentriert ist, sowie in den knapp unterhalb liegenden Bereichen (OU-7, OU-8) und an der Untersuchungsstelle OU-1 nachgewiesen. An den Stellen im Bereich des rezenten Muschelvorkommens sowie an den Stellen OU-1, OU-10 und OU-11 wurden im Interstitial zum Teil niedrigere Leitfähigkeitswerte als im Freiwasser gemessen, was einen Hinweis auf ein Einströmen von Grund- oder Zwischenabflusswasser geringer Belastung darstellt. Die Ergebnisse von Leitfähigkeitsmessung und Redoxpotenzialmessungen bestätigen und ergänzen sich für die Mehrzahl der

Untersuchungsstellen. Bereiche mit niedrigen Redoxpotenzialen im Interstitial (z.B. OU-2, OU-12) weisen zumeist auch erhöhte Leitfähigkeiten im Interstitial auf.

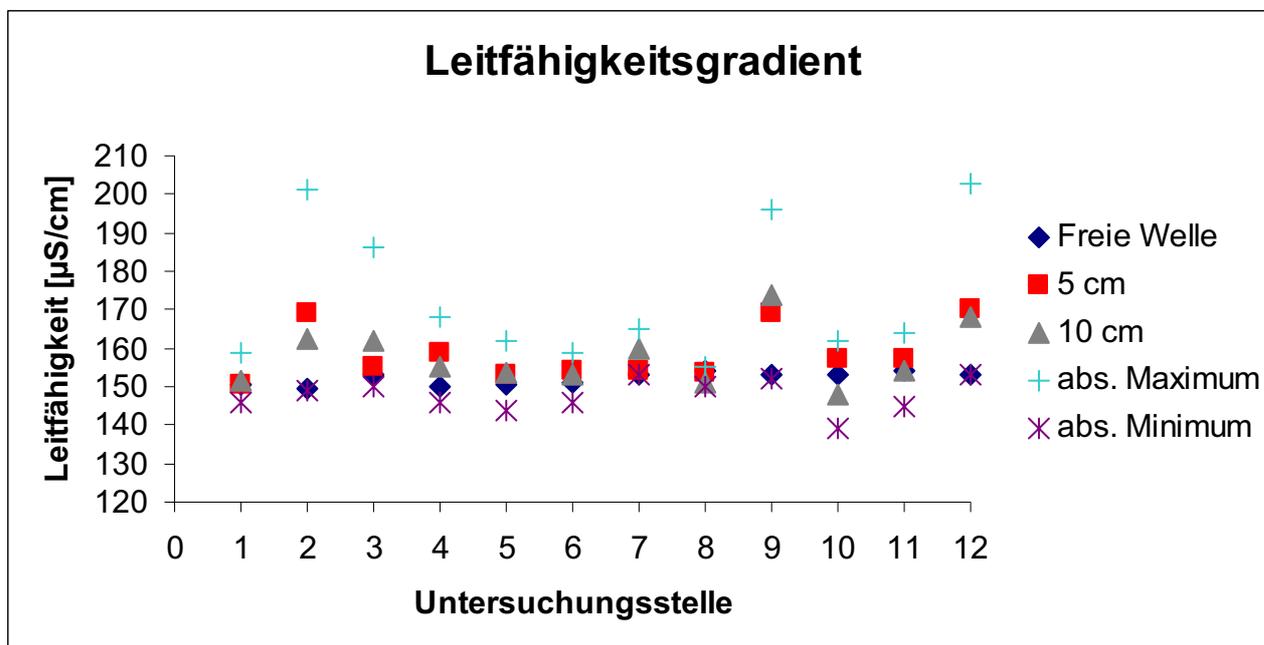


Abbildung 17: Mittlere Leitfähigkeit (bezogen auf 25°C Referenztemperatur) in der freien Welle, in 5 cm und in 10 cm Tiefe im Interstitial für die 12 Untersuchungsprofile der Our; Maxima und Minima geben die im jeweiligen Profil gemessenen Maximal- und Minimalwerte an.

Bezugnehmend auf verschiedene Autoren geben Sachteleben et al. (2004) einen Richtwert der Leitfähigkeit für Perlmuschelgewässer von $< 150 \mu\text{S/cm}$ an, der in der Our z.T. überschritten wird. Die zum Untersuchungszeitpunkt gemessenen Werte in der freien Welle lagen in etwa im Bereich des Richtwertes, wenngleich im Interstitial stellenweise deutlich höhere Werte gemessen wurden. Aus Kenntnis mehrerer (intakter) Perlmuschelgewässer im In- und Ausland hält der Verfasser dieses Berichtes die Angabe eines generell für die Perlmuschel tolerierbaren Grenzwertes der Leitfähigkeit für nicht sinnvoll.

5 Zusammenfassung

Im Rahmen der vorliegenden Untersuchung wurde die Substratqualität der Our an 12 Transekten zwischen dem Dreiländereck Luxemburg-Belgien-Deutschland und der Ortschaft Dasburg im September 2007 untersucht und bewertet. Hierbei sollten qualitativ günstige und ungünstige Bereiche für das potenzielle Aufwachsen von jungen Flussperlmuscheln identifiziert werden. Hierzu wurden Strömungsgeschwindigkeiten, oberflächliche Sedimentverfestigungen sowie Tiefengradienten im Redoxpotenzial und der Leitfähigkeit untersucht.

Trotz des vergleichsweise kühlen und abflussreichen Sommers 2007 wurden an der Our deutliche hydrophysikalische und hydrochemische Defizite des Substrates nachgewiesen. Allerdings sind die Habitatbedingungen zwischen und innerhalb der Untersuchungstranekte der Our sehr heterogen, so dass selbst in Bereichen mit durchschnittlich schlechten Substratbedingungen oftmals kleine Einzelstellen, z.B. in gut durchströmten Kiestaschen zwischen größeren Steinen, existieren, in denen ein Aufwachsen von Jungmuscheln prinzipiell möglich erscheint.

Besonders günstige Stellen, an denen sich die chemisch-physikalischen Bedingungen im Interstitial von denen der freien Welle weniger unterscheiden, wurden vor allem im Bereich des rezenten Muschelvorkommens zwischen Kalbornmühle und Tintesmühle (OU-4, OU-5 und OU-6) und in den angrenzenden Bereichen nachgewiesen. Als eher günstig können v.a. Stellen eingestuft werden, die trotz einer vergleichsweise geringen Strömungsgeschwindigkeit keine ausgeprägte Trennung zwischen dem Wasser der freien Welle und dem Interstitial aufweisen, wie dies neben der Stelle OU-5 und den Muschelstandorten auch in Teilbereichen der Stellen OU-1 und OU-10 nachweisbar war. Insgesamt stehen an der Mehrzahl der untersuchten Stellen der Our allerdings nur sehr begrenzte Bereiche zur Verfügung, die potenziell als Jungmuschelhabitat geeignet sind. Besonders an den flussabwärts gelegenen Untersuchungsstellen OU-7 bis OU-12 waren nur wenige Lücken zwischen größeren Steinen und Blöcken vorhanden, in denen die Messgeräte bis auf 10 cm Tiefe in das Bachbett eingebracht werden konnten. Kiesige Bereiche an den flussabwärts gelegenen Stellen wiesen zudem meist eine schlechte Sortierung auf, waren mit hohen Feinsedimentanteilen verfüllt und häufig verbacken, was zu stellenweisen signifikanten Trennungen zwischen dem Wasser der freien Welle und den Bedingungen im Interstitial in 5 cm und 10 cm Tiefe führte. In diesen Bereichen war zudem eine stärkere Algenbildung als in den flussaufwärts gelegenen Strecken zu verzeichnen. Eine ausbleibende Durchströmung durch die hydrophysikalische

Trennung des Interstitials von der freien Welle führt besonders in Kombination mit Eutrophierungseffekten zu einer deutlichen Abnahme der Sauerstoffversorgung und des Redoxpotenzials.

Das Vorkommen von Elritzen (*Phoxinus phoxinus*), die besonders im Bereich der Untersuchungsstellen OU-1 und OU-4 bis OU-7 in relativ dichten Schwärmen in Ufernähe beobachtet wurden, bestätigt, dass zumindest über kürzere Zeitperioden bzw. punktuell günstige Substratbedingungen in der Our vorhanden sind. Im Gegensatz zur Perlmuschel besitzt diese kieslaichende Art allerdings eine kürzere Entwicklungsdauer der Eier im Interstitial.

6 Schlussfolgerungen

Bei der Interpretation der vorliegenden Ergebnisse gilt es zu beachten, dass diese die Bedingungen im September 2007 widerspiegeln und nur eine Abschätzung, aber keine verlässliche Langzeitaussage über die Sedimentqualität für die Aufwuchsperiode der Jungmuscheln von ca. 5 Jahren zulassen.

Aufgrund der Größe des Einzugsgebietes der Our lässt sich das Problem der über weite Strecken für Flussperlmuscheln unzureichenden Substrat- und Wasserqualität nur über längerfristige und gemeinsame Anstrengungen aller Anrainerstaaten lösen. Die Flussperlmuschel kann als Flaggschiff-, Schlüssel-, Indikator- und Schirmart angesehen werden, deren Schutz im Einzugsgebiet beginnen muss (Geist, 2005). Bereits Schmid (1994) wies darauf hin, dass hierbei auch der Erhöhung der Retentionskapazität im Einzugsgebiet besondere Bedeutung zukommt. Zur umfassenden Wiederherstellung eines über weite Strecken günstigen Habitats, das die Reproduktion und Bestandserholung der Perlmuschel in der Our auf natürlichem Wege sichern würde, bleibt bei realistischer Betrachtung der Gegebenheiten nicht genügend Zeit.

Als kurzfristig wirksame Maßnahme zur Erhaltung des Perlmuschelbestandes der Our muss daher auf halbnatürliche Arterhaltungsmaßnahmen, wie die Aufzucht von Jungmuscheln in Lochplatten, zurückgegriffen werden. Aufgrund der vielerorts defizitären Substratbedingungen kann davon ausgegangen werden, dass die Verluste deutlich minimiert werden können, wenn die Jungmuscheln nach Entnahme aus den Lochplatten in Kiesboxen eingebracht und im Gewässer verankert werden, da so künstlich gut durchströmte, aber gleichzeitig stabile Mikrohabitate geschaffen werden. Dennoch sollte als langfristiges Ziel verfolgt werden, eine auf natürlichem Weg und vom Menschen unabhängige Reproduktion der Perlmuschel in der Our zu erreichen. Als vergleichsweise günstig (z.B. für die Ausbringung von Jungmuscheln und für die Infektion autochthoner Bachforellen) erscheint die Gewässerstrecke zwischen Kalbornmühle und Tintesmühle, in der die günstigsten Substratbedingungen gemessen wurden und in der auch der rezente Muschelbestand der Our konzentriert ist. Daneben liegen aber auch an anderen Stellen der Our kleinräumig potenziell geeignete Jungmuschelhabitate vor, die allerdings aufgrund der geringen Populationsgröße und des konzentrierten Vorkommens der Perlmuscheln in der Our und der Entfernung zu diesen Bereichen auf natürlichem Weg (Abfallen der Glochidien von infizierten Wirtsfischen) wahrscheinlich nicht besiedelt werden können (z.B. OU-1). Wenngleich der geringe Anteil solcher Bereiche aufwändige Maßnahmen in Frage stellen mag, so erscheint ein Versuch des

Nutzens dieser Chance bei geringem Aufwand dennoch sinnvoll. Idealerweise könnten hierbei zum Zeitpunkt der Glochidiengewinnung Elektrobefischungen an den im Rahmen dieser Untersuchung als günstig identifizierten Stellen durchgeführt werden und diese Wirtfische vor Ort infiziert und anschließend in ihr angestammtes Habitat zurückgesetzt werden. Neben der höheren Konkurrenzstärke und der höheren Wahrscheinlichkeit eines Verbleibs und der Dominanz der Wirtfische an diesen Stellen würde damit auch der Aufwand für das Haltern und Ausbringen von weniger adaptierten Bachforellen aus der Fischzucht entfallen. Sinnvoll erscheint es, die im Rahmen der vorliegenden Studie identifizierten Bereiche mit günstigerer Substratqualität zu berücksichtigen, darüber hinaus aber die Erfolgchancen durch ein „Streuen“ der Infektionen auf verschiedene Gewässerbereiche zu erhöhen. Sofern als „Notlösung“ auf die Infektion und den Besatz mit nicht-authochthonen glochidientragenden Bachforellen aus der Fischzucht zurückgegriffen werden muss, sollte besonders darauf geachtet werden, den Besatz erst kurz vor Abfallen der Glochidien zu tätigen, um so den Abwurf der Glochidien in den hierfür ausgewählten Bereichen sicherzustellen.

Aufgrund der Größe der Our, ihrer Strömungsgeschwindigkeit und ihrer ausgeprägten Hochwässer ist es voraussichtlich sehr schwierig, über direkte, das Habitat verbessernde Maßnahmen kiesige, lockere und gleichzeitig stabile Substratbereiche zu schaffen, die für Jungmuscheln besonders geeignet sind. Am ehesten sind solche Maßnahmen durch das Einbringen größerer, stabilisierender Steine möglich, in deren Lücken kiesiges Material eingebracht werden kann. Bei der Durchführung solcher Maßnahmen unmittelbar unterhalb des bestehenden Muschelbestandes kann das Risiko einer Beeinträchtigung der bestehenden Population minimiert werden.

An dieser Stelle soll besonders betont werden, dass auch bei einer Entscheidung für eine kurzfristige Arterhaltungsmaßnahme im Rahmen einer Rettungszucht das langfristige Ziel in einer Gewässer- und Einzugsgebietsrenaturierung liegen muss, um langfristig eine natürliche, vom Menschen unabhängige Reproduktion der Perlmuschel sicherzustellen.

7 Literatur

Altmüller R, Dettmer R (1996) Unnatürliche Sandfracht in Geestbächen – Ursachen, Probleme und Ansätze für Lösungsmöglichkeiten am Beispiel der Lutter; *Inform. D. Naturschutz Niedersachs.* **16** (5); 222-237

Buddensiek V (1995) The culture of juvenile pearl mussels *Margaritifera margaritifera* in cages: a contribution to conservation programmes and the knowledge of habitat requirements; *Biological Conservation* **99**; 183-190

Buddensiek V, Engel H, Fleischauer-Rossing S, Wächtler K (1993) Studies on the chemistry of interstitial water taken from defined horizons in the fine sediments of bivalve habitats in several North German lowland waters II: microhabitats of *Margaritifera margaritifera* L.; *Archiv für Hydrobiologie* **127**; 151-166

Geist J (1999a) Schadwirkungen von Feinsedimenten in Flussperlmuschelgewässern; *die Flussmeister; Zeitschrift für Wasserwirtschaft*; 43-46

Geist J (1999b) Ist die Flussperlmuschel noch zu retten? Geoökologische Aspekte im Gewässerschutz; *junge wissenschaft* **55**; 18-24

Geist J (2002a) Entwicklung molekulargenetischer Marker bei der Flussperlmuschel (*Margaritifera margaritifera* L.); Diplomarbeit im Fach Biotechnologie der Tiere an der Technischen Universität München

Geist J (2005) Conservation Genetics and Ecology of European Freshwater Pearl Mussels (*Margaritifera margaritifera* L.); Dissertation TU München

Geist J, Rottmann O, Schröder W, Kühn R (2003) Development of microsatellite markers for the endangered freshwater pearl mussel *Margaritifera margaritifera* L. (Bivalvia: Unionoidea); *Molecular Ecology Notes* **3**; 444-446

Geist J, Kuehn R (2005) Genetic diversity and differentiation of central European freshwater pearl mussel (*Margaritifera margaritifera* L.) populations: implications for conservation and management; *Molecular Ecology* **14**; 425-239

Geist J, Porkka M, Kuehn R (2006) The status of host fish populations and fish species richness in European freshwater pearl mussel (*Margaritifera margaritifera* L.) streams; *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems* **16**; 251-266

Geist J, Auerswald K (2007) Physicochemical stream bed characteristics and recruitment of the freshwater pearl mussel (*Margaritifera margaritifera*); *Freshwater Biology*; in press

Sachteleben J, Schmidt C, Vandr  R, Wenz G (2004) Leitfaden Flussperlmuschelschutz; Bayerisches Landesamt für Umweltschutz (Hrsg.); Augsburg

Schlesinger (1991) Biogeochemistry. Academic Press, San Diego

Schmid P.E. (1994) Limnologische Untersuchungen der Bettsedimente des Alfbaches und der Our; Endbericht; Biologische Station Lunz, 61 S.

8 Anhang

Fotonachweise der einzelnen Untersuchungsstellen

(OU-1 bis OU-12 von flussaufwärts nach flussabwärts; LOU-Codes in zeitlicher Reihenfolge der Untersuchung sind in Klammern genannt)



Abbildung 18: Our im Bereich der Untersuchungsstelle OU-1 (LOU-05); das Substrat ist gekennzeichnet durch kleine kiesgefüllte „Taschen“, die durch größere Steine stabilisiert werden.



Abbildung 19: Our im Bereich der Stelle OU-2 (LOU-06) kurz unterhalb des Campingplatzes



Abbildung 20: Our im Bereich der Untersuchungsstelle OU-3 (LOU-01) unterhalb des Wehrs an der Kalbornmühle



Abbildung 21: Our im Bereich der Untersuchungsstelle OU-4 (LOU-04)



Abbildung 22: Untersuchungsstelle OU-5 (LOU-03) auf Höhe des rezenten Muschelbestandes



Abbildung 23: Our im Bereich der Untersuchungsstelle OU-6 (LOU-02) auf Höhe des rezenten Muschelbestandes



Abbildung 24: Our im Bereich der Untersuchungsstelle OU-7 (LOU-07)

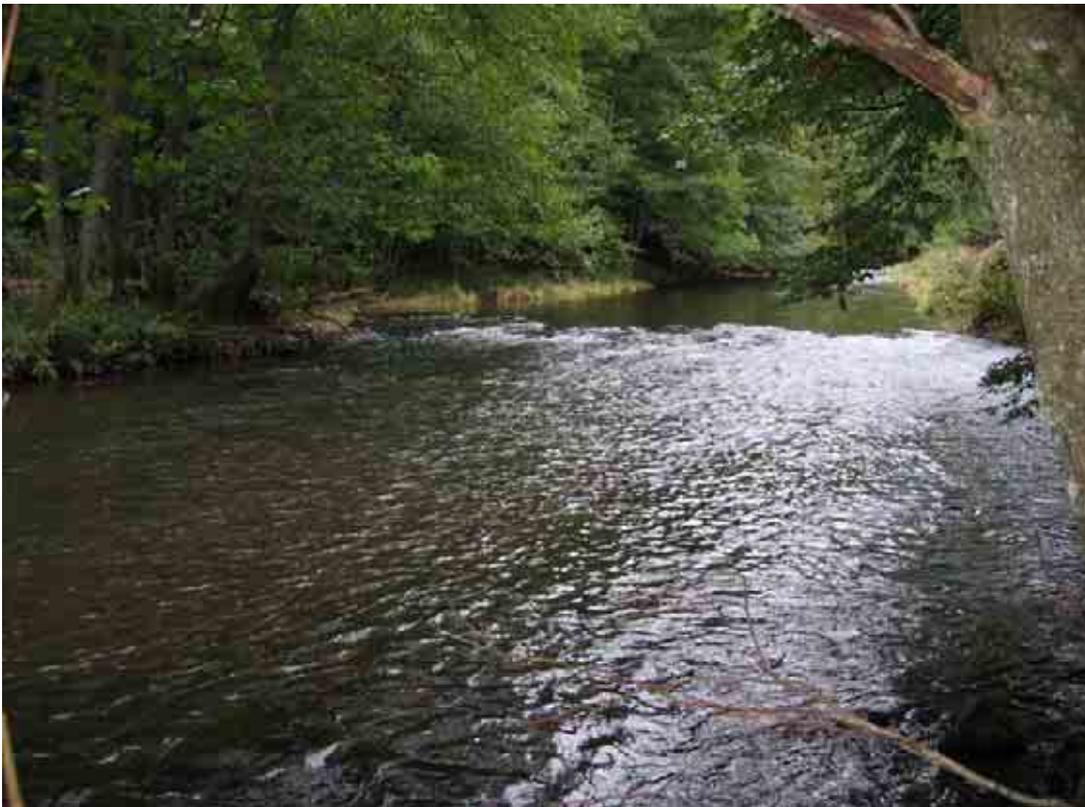


Abbildung 25: Our im Bereich der Untersuchungsstelle OU-8 (LOU-08)



Abbildung 26: Our im Bereich der Untersuchungsstelle OU-9 (LOU-09)



Abbildung 27: Our im Bereich der Untersuchungsstelle OU-10 (LOU-10) im Rauschbereich ca. 20 m unterhalb Stelle LOU-09



Abbildung 28: Our im Bereich der Untersuchungsstelle OU-11 (LOU-11)



Abbildung 29: Our im Bereich der untersten Untersuchungsstelle im Projektgebiet OU-12 (LOU-12)