

Invasive Arten zählen zu den Hauptgefährdungsfaktoren für die aquatische Biodiversität und sind Gegenstand mehrerer Forschungsprojekte an der Funktionellen Aquatischen Ökologie und Fischbiologie. Grundeln wie diese Kesslergrundel (*Ponticola kessleri*) breiten sich derzeit im Gebiet der bayerischen Donau aus

Link

www.wzw.tum.de/fisch

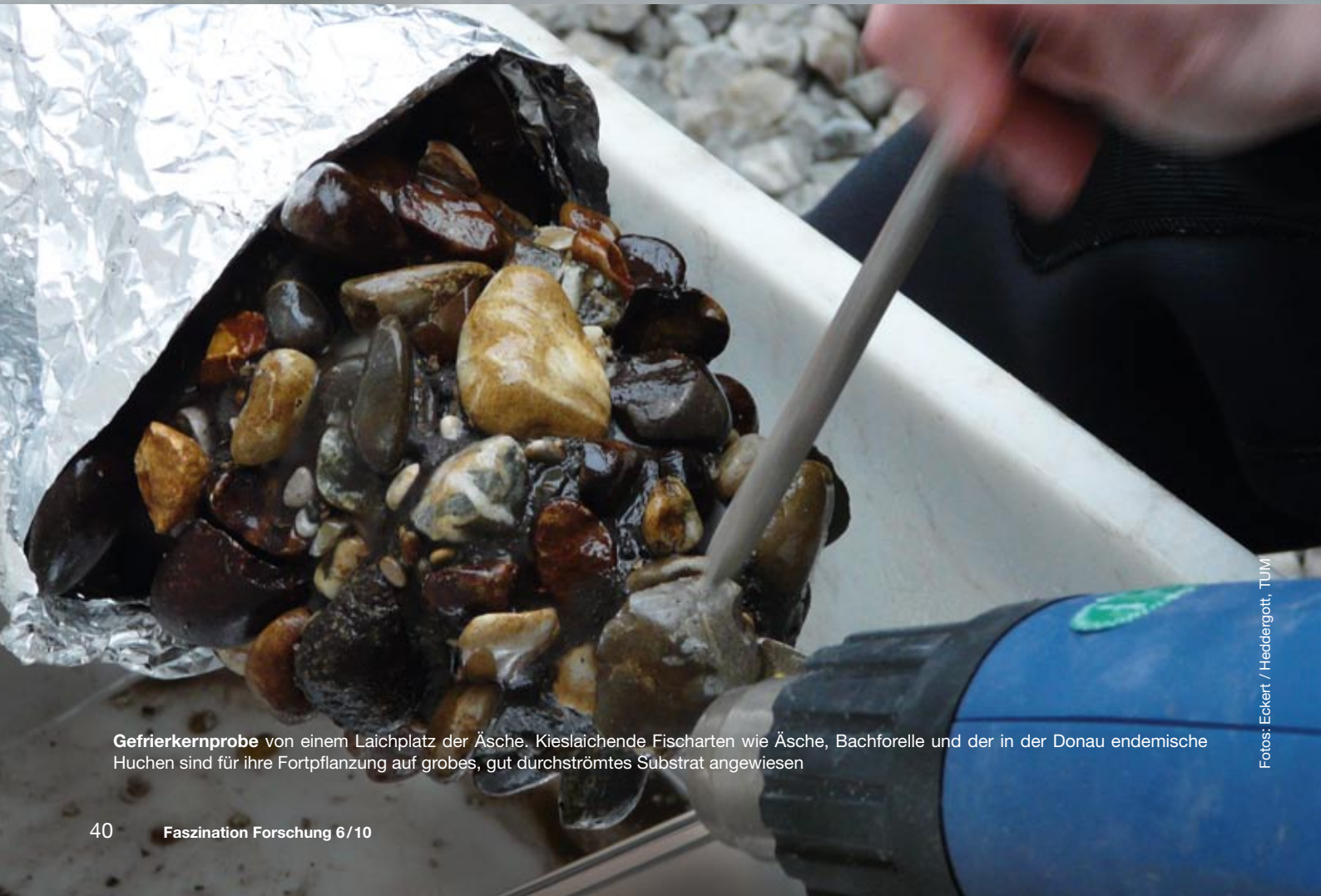


Forschung im Fluss

Schätzungsweise 130 Arten sterben täglich aus, in erster Linie, weil ihr Lebensraum schwindet. Prof. Jürgen Geist will dafür sorgen, dass es der Flussperlmuschel nicht so ergeht und erforscht die Biodiversität in aquatischen Ökosystemen



Zur Entnahme von Substratproben bohren die Wissenschaftler ein Rohr ins Flussbett und füllen es mit flüssigem Stickstoff. Der Boden um das Rohr herum gefriert, sodass die Schichtung in dem entnommenen Block bestehen bleibt und zusätzliche Informationen liefern kann



Gefrierkernprobe von einem Laichplatz der Äsche. Kieslaichende Fischarten wie Äsche, Bachforelle und der in der Donau endemische Huchen sind für ihre Fortpflanzung auf grobes, gut durchströmtes Substrat angewiesen

Fotos: Eckert / Heddergott, TUM



Forschung in der Funktionellen Aquatischen Ökologie und Fischbiologie spielt sich sowohl im Labor wie auch im Freiland ab. Für den direkt an der Forschungsstation gelegenen Abschnitt der Moosach hat die Forschungsgruppe das Fischereirecht.



Heimische Fischarten im Fokus von Prof. Dr. Jürgen Geist. Spezialisierte Arten dienen den Wissenschaftlern als Bioindikatoren. So können sie den ökologischen Zustand von Gewässern beurteilen

Es wirkt recht idyllisch, wie die von Jürgen Geist geleitete Juniorprofessur für Funktionelle Aquatische Ökologie und Fischbiologie am Wissenschaftszentrum Weißenstephan residiert: etwas abseits vom Campus im Grünen gelegen und mit der Moosach gleich hinterm Haus. Für diesen Abschnitt des Fließschens haben die Wissenschaftler das Fischereirecht. Auch ist genügend Platz vorhanden, um allerlei Gerätschaften und Ausrüstung unterzubringen, Boote etwa oder Becken, in denen die hauseigene Fischzucht unter Aufsicht eines Fischmeisters betrieben wird. Fischereirecht, Fischzucht, Fischmeister – nur selten verfügt eine universitäre Einrichtung über eine solche Ausstattung, und Geist weiß das zu schätzen: „Darum beneiden uns viele.“ Und es wäre ein großer Fehler, aus der idyllischen Lage auf verträumte Wissenschaft zu schließen – hier brummt das akademische Leben, die Juniorprofessur ist ein zentraler Knoten im internationalen Netz der aquatischen Ökosystemforschung. Allerdings sollte man die Vokabel „residieren“ nicht missverstehen: Die Gebäude sind ziemlich renovierungsbedürftig und bieten nicht genügend Raum für Büros und Labors. Seit Geist 2007 aus den USA an die TUM kam, hat die Arbeitsgruppe gut zwei Millionen Euro an Drittmitteln eingeworben. Mittlerweile sind hier 18 Leute beschäftigt, davon elf Doktoranden. Einige konnten immerhin vor Kurzem in zwei Bürocontainer ausweichen.

Ökologische Prozesse verstehen

Übergeordnetes Thema der Wissenschaftler ist die Erforschung der aquatischen Vielfalt auf all ihren Ebenen. Auf Ebene der Ökosysteme heißt das Quellen, Flüsse, stehende Gewässer und Meer; auf dem Niveau der Artenvielfalt und auf der genetischen Ebene werden sämtliche im Wasser lebenden Tiere und teilweise auch Pflanzen berücksichtigt. Die Verknüpfung zwischen genetisch-evolutionären Strukturen der Organismen und Populationen mit den Eigenschaften der Habitate führt zu einem umfassenden Verständnis ökologischer Prozesse. Dieses Vorgehen erfordert die Kombination klassischer ökologischer und moderner molekularbiologischer Methoden. Grundlagenforschung steht dabei ebenso auf dem Plan wie Fragen der Anwendung, wobei die enge Kooperation mit benachbarten Einrichtungen der TUM wertvolle Hilfe leistet.

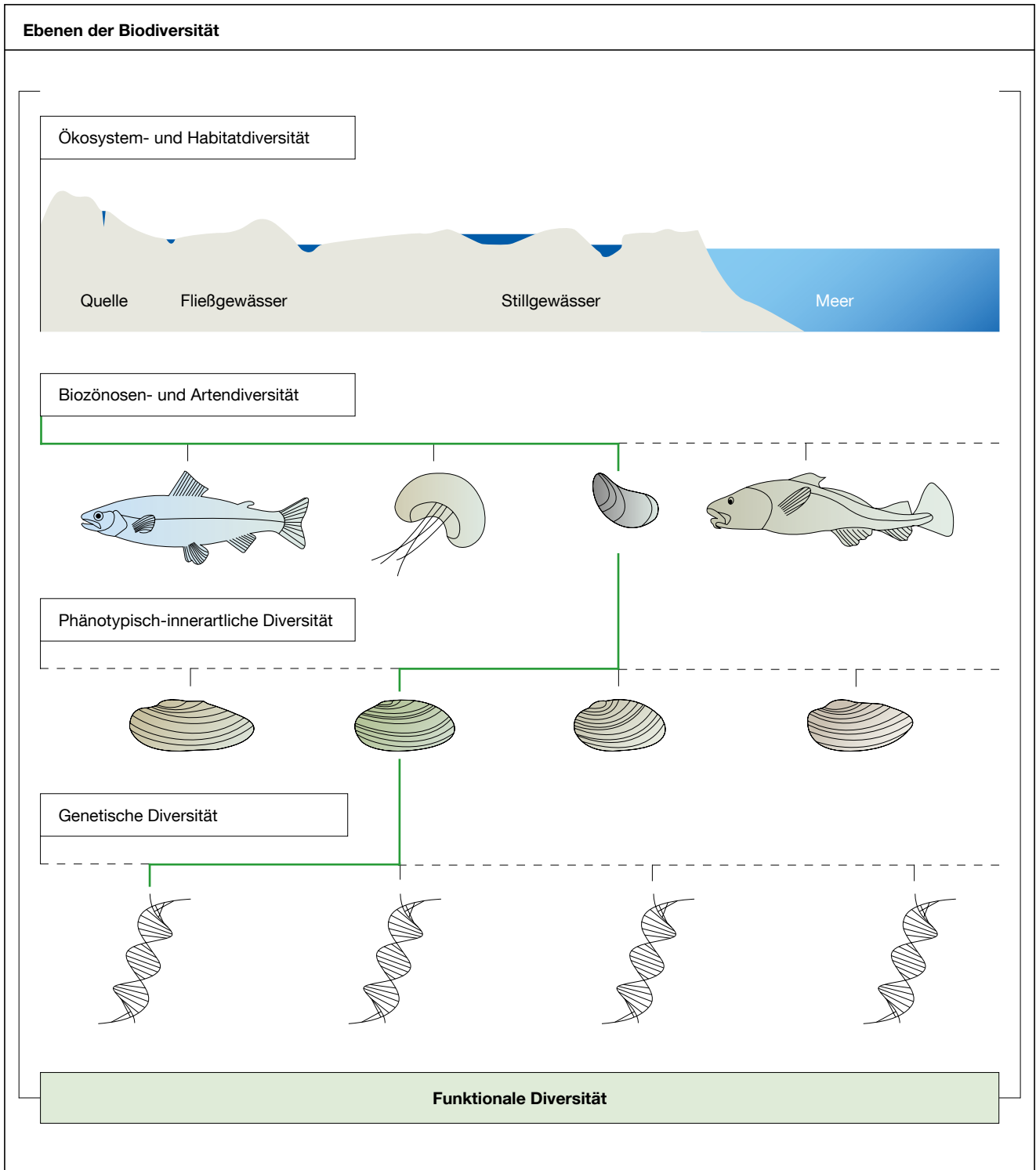
Bayern ist das wasserreichste Bundesland: 143.000 Hektar ist seine Wasserfläche groß, und die Länge der mindestens einen Meter breiten Fließgewässer erreicht gut 70.000 Kilometer. Allein dieser natürliche Gewässerreichtum und die Bedeutung von Wasser für den Menschen erklären die zentrale Rolle aquatischer Forschung an der TUM.

Da Süßgewässer, und hier vor allem Fließgewässer, besonders gefährdet sind und vom Menschen stark beansprucht werden, stehen Flüsse und Bäche meist im Vordergrund der Studien. Zentrale Fragen sind hierbei: Wie beeinflussen natürliche und anthropogene Faktoren – etwa Wasserentnahme zur Energiegewinnung, Eintrag von Düngemitteln und Chemikalien oder Fischerei – die Funktionalität dieser Ökosysteme, und zwar räumlich und zeitlich? Welche Faktoren und Prozesse werden wie gesteuert (Forschung) bzw. lassen sich wie steuern (Anwendung)? Welchen Einfluss hat das auf Biodiversität und Produktivität der Gewässer? Wie sehen wirksame Strategien zum Schutz der aquatischen Biodiversität aus und wie sind sie zu entwickeln?

Auf den Grund gehen

Ein in der Forschung lange vernachlässigtes Habitat ist das Flussbett. „Dabei ist die Beschaffenheit des Substrats ein Schlüsselfaktor für die Gesamtgesundheit aquatischer Ökosysteme“, erläutert Jürgen Geist. „Und gerade die Sohle von Flüssen und Bächen wird durch die Gewässerverschmutzung stark in Mitleidenschaft gezogen.“ Wenig ist bekannt darüber, welche Prozesse im Sediment ablaufen, was konkret die Qualität dieser Habitate bestimmt. Die Arbeitsgruppe Geist ergründet Gewässersubstrate umfassend durch kombinierte Bestimmung physiko-chemischer und biologischer Indikatoren. Dazu nutzen die Wissenschaftler zum Beispiel eine hauseigene Entwicklung, das „Egg-Sandwich“: kleine Käfige, die, bestückt mit Fischeiern, im Sediment versenkt werden.

Als biologische Indikatoren für die Wasserqualität fungieren Fische und Krebse, Muscheln, Insektenlarven und Kleinstlebewesen – allesamt keine typischen „Haustiere“ der Biologie. Die Weißenstephaner Wissenschaftler können in der Regel also weder Standard-Testkits noch etwa molekulargenetische Marker aus einer Gen-Datenbank nutzen. Zu Beginn vieler Pro- ▷





Fotos: Eckert / Heddergott, TUM

Egg-Sandwich: eine Eigenentwicklung der Wissenschaftler zur Untersuchung der Gewässersubstrate. Basismodul des „Egg-Sandwich“ sind zwei aneinander gekoppelte würfelartige Kammern aus Aluminiumgitter. Eine enthält ein befruchtetes Forellenei, aus der zweiten werden über perforierte PVC-Schläuche Wasserproben gezogen und auf pH, elektrische Leitfähigkeit, Temperatur, gelösten Sauerstoff, Nitrit und Nitrat, Ammonium und Redoxpotenzial geprüft. Jedes Sandwich enthält 112 solcher Module und wird vertikal in verschiedene Tiefen des

jekte heißt es darum, erst einmal die passende Methode zu entwickeln. Gemeinsam mit Kollegen aus der Molekularen Zoologie werden beispielsweise Mikrosatelliten und mitochondriale Marker etabliert, die für populationsgenetische Studien nötig sind. Für verschiedene Muschel- und Fischarten ist das bereits geschehen; so haben TUM-Wissenschaftler als Erste Mikrosatelliten-Marker für Perlmuschel und Teichmuschel isoliert und charakterisiert. Mit deren Hilfe gewinnen sie Einblick in die genetische Struktur der Populationen und können nachvollziehen, wie die langlebigen Mollusken Europa nach der letzten Eiszeit besiedelten, wie sich menschliche Einflüsse auf das genetisch-evolutive Potenzial dieser Arten auswirken und wie sich Schutzstrategien optimieren lassen. Von diesen Entwicklungen aus der Forschungsstation an der Moosach profitieren Forscher in aller Welt.

Behäbige Weichtiere

Süßwassermuscheln, die insgesamt zu den am stärksten bedrohten Tieren der Welt zählen, gehören in der Arbeitsgruppe Geist zur ganz normalen Versuchsauna. Dennoch besteht zwischen den behäbigen Weichtieren und dem agilen Juniorprofessor ein besonderes Verhältnis: Flussperlmuscheln waren es, die ihn zur wissenschaftlichen Beschäftigung mit Wasser und seinen tierischen Bewohnern brachten. Der heute 33-Jährige überbrückte die Zeit zwischen Bundeswehr und Studium mit einem Projekt am Wasserwirtschaftsamt seiner Heimatstadt Hof. Forschungsgegenstand war die

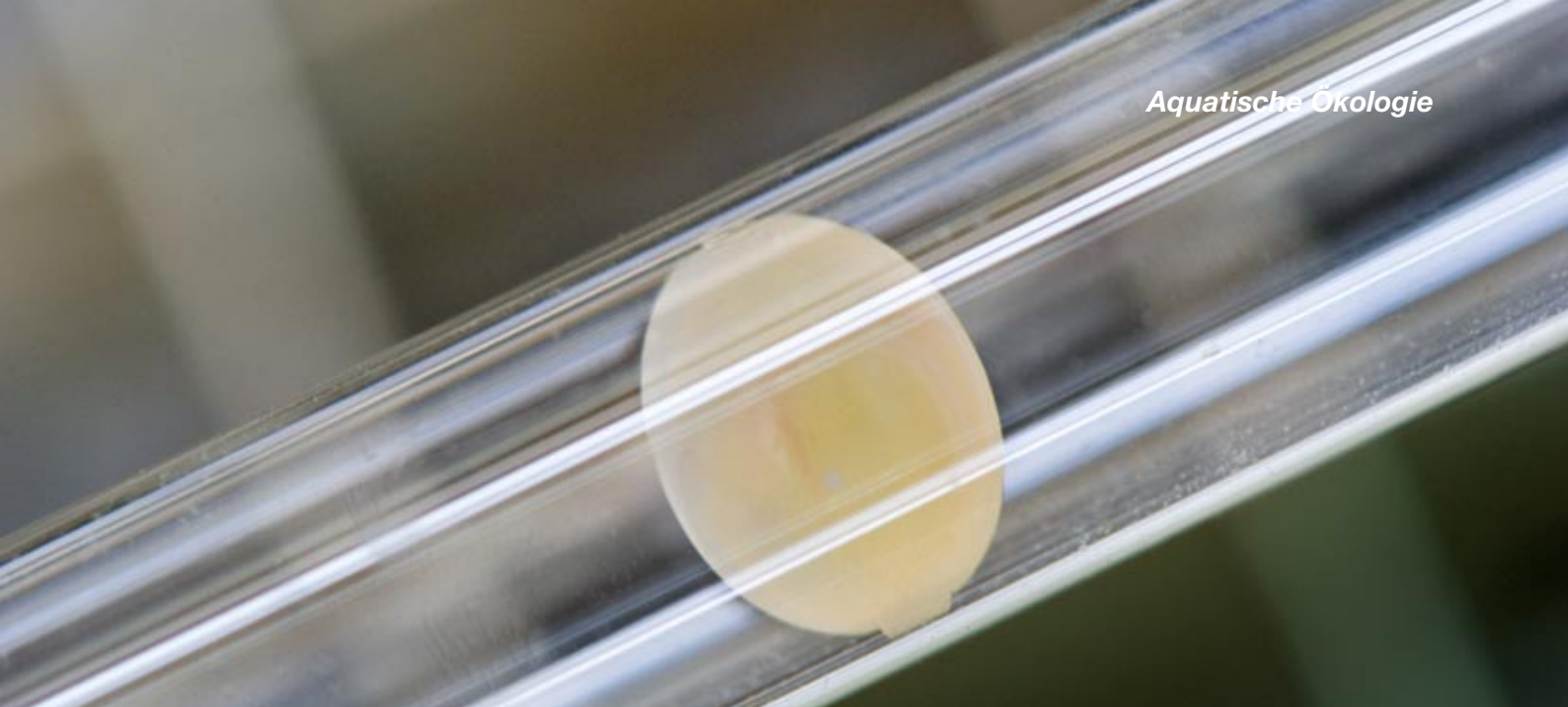
Flussperlmuschel. Und die enge Beziehung dauert an: An seiner Juniorprofessur ist die global vernetzte Koordinationsstelle für den Muschelschutz angesiedelt.

Hohe Ansprüche an die Wasserqualität

Muscheln stellen hohe Ansprüche an die Wasserqualität, an den Bestand an Wirtsfischen und an das Substrat. Das macht sie zu idealen Indikatoren für den Zustand und die Gesundheit von Gewässern. Vielerorts versucht man, sie zu schützen oder wieder anzusiedeln. Dazu muss man aber nicht nur ihre Bedürfnisse kennen, sondern auch ihre genetische Vielfalt und deren räumliche Verteilung. Solches Wissen erarbeiten die Wissenschaftler mit ihren molekulargenetischen Analysen etwa zur genetischen Diversität und Differenzierung der Flussperlmuschel.

Diese früher in Europa weitverbreiteten Tiere sind auf sehr wenige Populationen zusammengeschrumpft. Doch Muscheln punkten mit enormer Reproduktionsfähigkeit und Langlebigkeit – mehrere Millionen Larven können sie pro Jahr produzieren und über 100 Jahre alt werden. Jürgen Geist schlägt eine stärkere Fokussierung der Schutzbemühungen auf besonders wertvolle Populationen vor und ist sich sicher: „Wenn sofort etwas geschieht, kann die Flussperlmuschel sich wieder erholen.“

Im Umgang mit den oft unter Schutz stehenden Arten müssen die Wissenschaftler besonders behutsam sein, etwa beim Sammeln von Material für die DNA-Tests. Von Fischen reicht etwas Schuppenmaterial, Muscheln



Sediments eingesetzt. Als Referenz dienen Eier in einer Box, die im fließenden Wasser über dem Sediment schwimmt. Sind die Jungfische in der Box geschlüpft, wird das Egg-Sandwich entnommen und geöffnet. Lebende Jungfische in den Kammern zeigen gute Substratbedingungen an. Tote Fische bedeuten zwar gute Bedingungen für die Eientwicklung, jedoch schlechte im späteren Stadium. Abgestorbene Eier weisen auf schlechte Bedingungen während der Eientwicklung hin

kann man mit etwas Übung eine kleine Menge Hämolymphe abnehmen. Manchmal genügen auch alte Schalen, deren DNA mit derjenigen frei lebender Tiere – für deren Entnahme die Wissenschaftler eine behördliche Sondergenehmigung brauchen – verglichen wird.

Die Daten zeigen Zusammenhänge von Veränderungen der Habitatbedingungen und genetischen Effekten. Auch lässt sich aus Vergleichen der DNA aus alten Schalen mit rezenten Vorkommen erkennen, welche Populationen am besten zur Wiederansiedlung geeignet sind. Damit allerdings aus dem Material verlässliche Daten generiert werden konnten, war zunächst wie-

derum wissenschaftliche Pionierarbeit zu leisten: Um die Bedeutung längerfristiger äußerer Einflüsse auf die Schalen zu bewerten, wurden beispielsweise die Größe der Schalenstücke, die Art ihrer Zerkleinerung und verschiedene DNA-Extraktionsmethoden unter die Lupe genommen.

Muschellarven müssen sich während ihrer Entwicklung eine Zeit lang – je nach Art zwischen einem und zehn Monaten – in den Kiemen von Wirtsfischen einnisten. Eine Wiederansiedlung von Muscheln kann daher nur erfolgreich sein, wenn beide Arten gemeinsam betrachtet werden. Nur wenige Studien aber widmen sich ▶

Perlmuschel und Bachforelle

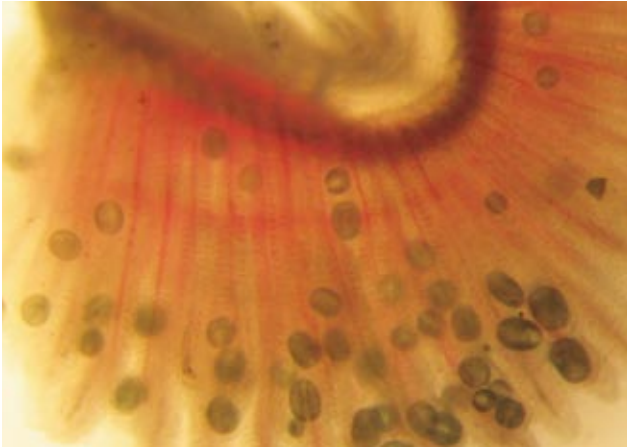
Mithilfe von Mikrosatelliten-Markern fahndeten die Wissenschaftler nach Unterschieden in der genetischen Vielfalt und der genetischen Ausprägung von Bachforellen und Flussperlmuscheln aus neun europäischen Flusssystemen. Da beide Arten im selben Habitat leben und interagieren, wären ähnliche Muster der genetischen Ausstattung zu erwarten.

Jedoch erreicht die Differenzierung bei den Muscheln einen höheren Grad – sie haben relativ wenige Genotypen ausgeprägt und sind damit genetisch eingeschränkt, weniger flexibel. Die Fische dagegen verfügen über eine hohe genetische Diversität, also eine relativ große Anzahl an Genotypen, und können sich daher leichter an verschiedene äußere Bedingungen anpassen.

Die höhere Differenzierung der Muscheln beruht wahrscheinlich auf deren starker Spezialisierung, die ihre Ausbreitung beschränkt. Dies führt zu Isolation und Fragmentierung. Der Genfluss innerhalb der

Populationen ist somit geringer als bei den wesentlich mobileren Fischen. Während Forellen mit drei bis vier Jahren geschlechtsreif werden und sich dann rund drei Jahre lang jährlich fortpflanzen, brauchen Perlmuscheln 12 bis 15 Jahre bis zur Geschlechtsreife und vermehren sich nicht jedes Jahr – dafür aber etwa 75 Jahre lang mit jeweils mehreren Millionen Larven. Zudem können weibliche Perlmuscheln bei niedriger Populationsdichte zum Zwitter werden. Diese Faktoren tragen sicher zu der nur mäßigen genetischen Vielfalt innerhalb der Muschelpopulationen bei.

Die Studie der Weihenstephaner Wissenschaftler zeigt, dass eine große genetische Diversität des Wirtsfisches – die es ihm erlaubt, produktivere Habitate aufzusuchen – nicht zwangsläufig auch eine hohe genetische Variabilität bei der Muschel bedeutet. Schutzmaßnahmen sollten dort Priorität haben, wo die Muscheln die höchste genetische Diversität besitzen.



Die Larven der Flussperlmuschel (sog. Glochidien) müssen sich zur weiteren Entwicklung für einen Zeitraum von bis zu zehn Monaten an den Kiemen eines geeigneten Wirtsfisches anheften

Koordinationsstelle Muschelschutz

Im Jahr 2008 wurde im Rahmen der Artenhilfsprogramme des Bayerischen Landesamts für Umwelt an der Juniorprofessur für Funktionelle Aquatische Ökologie und Fischbiologie die Koordinationsstelle für den Muschelschutz eingerichtet. Sie ist mit Universitäten rund um den Globus vernetzt, um die Ergebnisse der Muschelforschung zu bündeln.

Gleichzeitig vermittelt die Koordinationsstelle, wie sich die Forschungsergebnisse im Artenschutz für die heimischen und vom Aussterben bedrohten Muscheln anwenden lassen. So berät ein eigens eingestellter Experte Behörden etwa bei Bauvorhaben im Gewässerbereich. Das Bayerische Staatsministerium für Umwelt und Gesundheit unterstützt das Projekt für fünf Jahre mit knapp einer halben Million Euro.

den komplexen genetischen und ökologischen Interaktionen zwischen verschiedenen Arten desselben Habitats. Intuitiv glaubt man, was einer Art nützt, komme auch anderen Arten des Ökosystems zugute. Wieder waren die TUM-Forscher die Ersten, die eine enge zwischenartliche Beziehung unter genetischen Aspekten untersuchten – Perlmuschel und Bachforelle. Ergebnis: Die Muscheln sind stärker genetisch differenziert als ihre Wirtsfische, und die genetische Diversität beider Arten ist negativ korreliert. „Dieses Muster beruht vermutlich auf den unterschiedlichen ökologischen Nischen und der Lebensweise beider Arten“, erklärt Geist. „Das Beispiel zeigt, dass solche Unterschiede starke Effekte auf die genetische Diversität der Arten innerhalb eines Ökosystems haben können. Deshalb kann ein wirksamer Schutz der Biodiversität nur funktionieren, wenn man genetische Informationen von Arten mit verschiedenen Lebensweisen gemeinsam betrachtet.“

Fressen und gefressen werden

Als weiteren Schwerpunkt der Forschungen nennt Geist aquatische Nahrungsnetze. „Bisher fragte man meistens nur: Wer frisst wen? Wir dagegen fragen auch: Wer frisst wie viel? Das ist für zwei Prozesse wichtig zu wissen: wenn es um das Aussterben von Arten geht und um die Ansiedlung von Invasoren, von Neobiota. Wir wollen wissen, wie sich solche Vorgänge auf das Nahrungsnetz eines Gewässers auswirken.“ In Kooperation mit dem Lehrstuhl für Grünlandlehre kombinieren die Wissenschaftler Feldbeobachtungen mit der Analyse stabiler Isotope von Kohlenstoff und Stickstoff etwa aus Muskelgewebe von Fischen. Ihre Isotopenanalysen

Die Kesslergrundel (*Ponticola kessleri*) – ein Neozoon in der bayerischen Donau. Der reisefreudige Fisch ist aus dem Schwarzen Meer hunderte Kilometer nach Westen gewandert und vermehrt sich nun massenhaft in seinem neu eroberten Lebensraum



decken das gesamte Nahrungsnetz ab – von Pflanzen über Flohkrebse, Fischlarven und Friedfische bis zu Raubfischen wie Hecht oder Wels.

Grundeln, kleine Fische, die in großer Zahl aus dem Raum um das Schwarze Meer in die obere Donau eingewandert sind und sich rasant ausbreiten, sind Thema eines von der DFG geförderten Projekts. Mancherorts machen sie bereits mehr als die Hälfte der Fisch-Biomasse aus. Anhand der Isotopenanalysen kann man sagen, ob und wie diese Neozoen sich ins Nahrungsnetz einfügen. Ihr Mageninhalt verrät, was sie in der Donau fressen, Isotope aus dem Gewebe geben zu erkennen, wovon sie sich früher ernährt haben. Ein weiteres Beispiel für Invasoren, die das ausbalancierte Beziehungsgefüge von Gewässern durcheinanderbringen können, ist der „Killer-Shrimp“: ein Höckerflohkrebs aus dem Schwarzmeergebiet, der sich im Bodensee und seit etwa zwei Jahren auch im Starnberger See ausbreitet und die Nahrungsnetze empfindlich stören könnte.

Blick in das Gewässer-Zeitarchiv

Isotopenanalysen lassen sich auch dazu heranziehen, aus Fischzuchten entkommene Forellen von Wildformen zu unterscheiden: Gezüchtete Fische werden in der Aquakultur mit Pellets gefüttert, die viel Fischmehl und -öl aus Meeresfischen enthalten. Darüber hinaus lässt sich mithilfe von Muschelschalen über Isotopenanalysen sogar ein regelrechtes Gewässer-Zeitarchiv erstellen: Da die Weichtiere sehr alt werden, sind in ihren Schalen auch lange zurückliegende Veränderungen gespeichert. Ein von der Arbeitsgruppe Geist entwickeltes thermisches Verfahren erlaubt es, die verschie-

denen Schichten der Schalen – die quasi „Jahresringe“ bilden – voneinander zu trennen und einer Isotopenanalyse zugänglich zu machen.

Alle Disziplinen sind eingebunden

„Bei diesen Arbeiten kommt es uns zugute, dass an der TUM für ganz verschiedene, ineinandergreifende Aspekte der Gewässerforschung Experten versammelt sind. Hier wird nicht nur die ökologisch-systembiologische Seite mit Limnologie und Grundwasserökologie abgedeckt, sondern auch die technisch-ingenieurwissenschaftliche Seite – ein besonderes Alleinstellungsmerkmal“, betont Geist. Mit Kollegen der University of California geht seine Gruppe Fragen der ökologischen Risikobewertung an. Anhand von – natürlich selbst zu entwickelnden – Biomarkern für Stress wird der Einfluss von Schadstoffen wie Schwermetallen oder Insektiziden bestimmt. Denn der pure Nachweis solcher Substanzen sagt noch nichts aus über die Folgen für die Biozönose. Um die schwierig einzuschätzende toxikologische Relevanz zu bestimmen, werden Stressreaktionen von Fischen auf Umweltbelastungen ermittelt und zur Konzentration der Substanzen in Beziehung gesetzt. Welche Gene werden an- oder abgeschaltet, verstärkt exprimiert oder heruntergeregelt, und wie korreliert das mit Veränderungen im Verhalten der Tiere? In schwermetallhaltigem Wasser etwa produzieren Fische Substanzen, die das Schwermetall binden, sodass es sich leichter ausscheiden lässt. Sind die entsprechenden Gene besonders aktiv, weist das also auf Schwermetall im Wasser hin. Die simultane Analyse vieler derartiger Stressantworten ergibt ein Muster ▷

Der aus Nordamerika stammende Signalkrebs (*Pacifastacus leniusculus*, links) überträgt die Krebspest, eine Bedrohung für heimische Krebsarten. Der Höckerflohkrebs (*Dikerogammarus villosus*) wurde in den letzten Jahren erstmals in voralpinen Seen nachgewiesen



Fotos: Eckert / Heddergott, TUM





Bei der **Elektrofischung** wird Gleichstrom ins Wasser geleitet. Die Fische werden dabei zur Anode angezogen und kurzfristig betäubt. Nach Abschluss der Untersuchungen setzen sie die Wissenschaftler unbeschadet ins Gewässer zurück

Foto: Eckert / Heidegott, TUM

des Schadstoffgehalts im Wasser. Die Ergebnisse werden verknüpft mit Daten zur Mortalität und subletalen Parametern wie Wachstum, Schwimm- oder Reproduktionsverhalten der Fische.

Die Effekte kurzzeitiger Expositionen gegen Insektizide waren Thema von Studien mit der San Diego State University und der University of California in Berkeley und Davis. Denn, so die Hypothese der Wissenschaftler, nicht (nur) die üblicherweise untersuchte Langzeitbelastung durch chemische Substanzen ist relevant, sondern vor allem der kurzzeitige Kontakt, wie er etwa nach Regenfällen typisch ist. Die Fische werden in ihrem Fressverhalten beeinträchtigt, was zu vermindertem Wachstum führt und die Gefahr erhöht, Feinden zum Opfer zu fallen. Der Verdacht bestätigte sich: Die subletalen Effekte kurzzeitiger Exposition bei geringer Konzentration sind ernst. Bisher werden solche Effekte

im Zulassungsprozedere für Pestizide kaum berücksichtigt. Wie die Versuche beweisen, kann das unter Umweltaspekten in falscher Sicherheit wiegen.

Renaturieren – aber wie?

Flüsse sind die Ökosysteme, die der Mensch am stärksten nach seinen Bedürfnissen umgestaltet hat. Tiefgreifende „Regulierungen“ haben die Strömungseigenschaften und damit auch die Anzahl und das Artenspektrum der Fauna verändert. Jetzt versucht man, mit kostspieligen Renaturierungsmaßnahmen wieder naturnahe Verhältnisse zu schaffen – bisher jedoch häufig ohne Konsens, wie eine sinnvolle ökologische Restaurierung eigentlich aussieht. „Um bei Flussrestaurierungen erfolgreicher zu sein, muss man mehr darüber wissen, wie Fische ihr Habitat nutzen“, erläutert Geist. „Man darf nicht nur ganze Ströme mit großen

Insektizidtest

Larven von Elritzen wurden 24 Stunden lang verschiedenen Insektizidkonzentrationen ausgesetzt; mit genetischen Markern für zelluläre Stressantworten wie die Produktion von Hitzeschockproteinen oder die Aktivierung von Detoxikationsmechanismen wurde dann in Leber, Milz, glatter Muskulatur, Niere und Kiemen nach gewebespezifischen Veränderungen im Transkriptom* gesucht. Die stärksten Effekte fanden sich in der Leber. Das Wachstum der Tiere nahm mit steigender Konzentration des Insektizids ab; mittlere und vor allem höhere Konzentrationen führten zu abnormem Schwimmverhalten. Je höher die Konzentration, desto leichter wurden die Larven Beute von Fressfeinden. Zwar erwiesen sich die subletalen Effekte als weitgehend reversibel, doch können sich in natürlicher Umgebung auch kurze Störungen gravierend auswirken. Gerade die larvale Wachstumsphase ist aber extrem wichtig für eine Population.

*Das Transkriptom ist die Summe der Gene, die zu einem bestimmten Zeitpunkt in einer Zelle von DNA in RNA umgeschrieben werden, also aktiv sind.

Restaurierungsmaßnahmen betrachten, denn das lässt sich nur selten auf kürzere Abschnitte übertragen. Viel häufiger geht es darum, durch kleine Eingriffe wie modifizierte Uferbereiche natürliche Habitats wiederherzustellen.“

Den Auswirkungen auf die Artzusammensetzung ober- und unterhalb von Wehren gilt eine Studie an der Günz. Dieser in die Donau mündende, vielfach von Querbauwerken zerteilte Fluss ist typisch für Flüsse, aus denen Wasserkraft gewonnen wird. In dem zwischen zwei

Wehren gelegenen Untersuchungsabschnitt wurden zunächst die dort lebenden Fischarten bestimmt. Für solche Einsätze steht ein Boot mit Elektrofisch-Generator bereit: Eine Anode zieht die Fische geradezu magisch an; die leicht betäubten Tiere können eingefangen, untersucht und wieder freigelassen werden. 20 Arten wurden gefunden. Das beweist, dass auch stark veränderte Flüsse einer Vielfalt an Tieren Lebensraum bieten können. Doch handelt es sich vor allem um ubiquitäre Generalisten, die keine großen Ansprüche an ihren Lebensraum stellen. Spezialisten wie Nasen und Barben dagegen, die nur eine geringe Bandbreite an Bedingungen tolerieren, kommen kaum vor. „Es scheint unmöglich, dass diese Arten sich dort erfolgreich fortpflanzen können, solange ihr Habitat den Ansprüchen nicht genügt“, meint Geist.

Solche anwendungsbezogenen Arbeiten machen ihn zu einem gefragten Ansprechpartner nicht nur für Wissenschaftlerkollegen. Auch Ämter und Behörden greifen gern auf die Expertise des Juniorprofessors zurück und lassen sich beraten: Worauf ist bei Eingriffen zu achten, wie soll man vorgehen, welche Maßnahmen sind geeignet? Hier fließen letztlich unzählige Details aus den weit gefächerten Forschungsprojekten seiner Arbeitsgruppe zusammen und helfen, das komplizierte Gefüge aquatischer Ökosysteme zu verstehen und die Erkenntnisse in praktischen Nutzen umzusetzen. Oder wie Jürgen Geist ganz nüchtern sagt: „Unser Auftrag besteht vor allem darin, einen Beitrag zu leisten zum Verständnis des Systems Wasser, das für das gesamte Leben so wichtig ist.“

Sibylle Kettembeil

Glossar

Biodiversität

oder biologische Vielfalt bezeichnet die Variabilität von Organismen auf drei Ebenen: Die genetische (innerartliche oder intraspezifische) Vielfalt umfasst die Anzahl der unterschiedlichen Genotypen innerhalb einer Art; die Artenvielfalt (zwischenartliche oder interspezifische Vielfalt) ist ein Maß für die Vielfalt der biologischen Arten innerhalb eines Lebensraums und gibt die Vielfältigkeit von Flora, Fauna und Mikroorganismen an; die Ökosystemvielfalt (Biotopvielfalt) bezeichnet die Vielgestaltigkeit der Lebensräume.

Isotopenuntersuchungen

dienen zur Bestimmung des Anteils verschiedener Isotope eines Elements in einer Probe mittels Massenspektrometrie. Isotope sind Atome desselben Elements, die sich in der Anzahl ihrer Neutronen unterscheiden. Die meisten natürlich vorkommenden Elemente bilden ein oder wenige stabile Isotope, während die übrigen Isotope instabil (radioaktiv) sind. Kohlenstoff (C) hat zwei stabile Isotope:

12C (98,98 %) und 13C (1,11 %). Das Mengenverhältnis der beiden Isotope in biologischem Material erlaubt Rückschlüsse etwa auf die Art der Ernährung. Stickstoff (N) hat die stabilen Isotope 14N (99,63 %) und 15N (0,366 %). Biologische Materialien reichern das 15N an, zum Beispiel in der Nahrungskette. Fleischfresser als letztes Glied der Nahrungskette zeigen die höchsten 15N-Werte.

Mikrosatelliten

sind kurze DNA-Sequenzen aus ein bis fünf Basenpaaren, die in vielen Kopien über das Genom verteilt sind. Ihre Anzahl in einem DNA-Abschnitt ist ein individuelles Merkmal. Deshalb lassen sich Mikrosatelliten gut als molekulare Marker für Unterschiede zwischen Individuen nutzen.

Subletale Effekte

sind Beeinträchtigungen der körperlichen Unversehrtheit, die nicht zum Tod führen.