

Susanne C. K. Vaeßen und Denise Herrmann

Entwicklung einer fischpassierbaren Krebs Sperre

Zugewanderte, nicht heimische Flusskrebse bedrohen die europäischen Arten durch Übertragung von Krankheiten und Konkurrenz. Ihre Ausbreitung wird durch die angestrebte Durchgängigkeit der Binnengewässer gefördert. Selektive Barrieren sollen die Krebse in der Ausbreitung hindern, ohne die Fischwanderung zu stören.

1. Einleitung

Der starke Rückgang heimischer Flusskrebarten ist neben der allgemeinen Biotopzerstörung zu einem Großteil auf das Eindringen gebietsfremder Flusskrebarten zurückzuführen, welche neben allgemeiner ökologischer Konkurrenz insbesondere durch die Übertragung der Krebspest (*Aphanomyces astaci*), einer für heimische Flusskrebse tödlichen Pilzinfektion, die Bestände stark dezimiert haben. Zunehmender Schiffsverkehr und gewässerverbindende Kanalbauten haben dabei zusätzlich zur Verbreitung der Fremdarten beigetragen, so dass sich die Artenzahl der wirbellosen Neozoen im Rhein seit der Jahrhundertwende verfünffacht hat [1]. Die letzten Rückzugsgebiete des häufigsten heimischen Flusskrebse, dem streng geschützten Edelkrebs (*Astacus astacus*), liegen heute in isolierten Gewässern wie z.B. Kleinseen und Talsperren, vor allem aber in Oberläufen von Fließgewässern [2,3], während die Unterläufe größerer Wasserstraßen bereits mit gebietsfremden Flusskrebarten – insbesondere dem Amerikanischen Kamberkrebs (*Orconectes limosus*) – besiedelt sind [4, 5, 6].

Dem Nordamerikanischen Signalkrebs (*Pacifastacus leniusculus*) kommt bei dieser Invasion eine besondere Bedeutung zu, da er auf Grund seiner Temperaturtoleranz – im Gegensatz zum Kamberkrebs – in der Lage ist, bis in die kühleren Oberläufe der Fließgewässer vorzudringen. Dabei stellen selbst krebspestfreie Populationen dieser besonders großen Art eine Gefahr für heimische Krebse dar, da sie aggressiver sind, höhere Reproduktionsraten aufweisen und schneller wachsen. Selbst ohne die Übertragung der Krebspest

werden einwandernde Signalkrebse eine Edelkrebspopulation auf Dauer verdrängen [7, 8].

Die EG-Wasserrahmenrichtlinie fordert einen „guten ökologischen Zustand“ der europäischen Binnengewässer. Dabei soll die größtmögliche Durchgängigkeit eines Fließgewässers erreicht werden, die durch Längs- und Querbauwerke häufig eingeschränkt wird. Es gilt also diese Barrieren zurückzubauen oder zumindest passierbar zu gestalten [9]. Obwohl diese Zielsetzungen zunächst positiv zu bewerten sind, bringen sie zu Zeiten biologischer Invasionen aber auch Probleme mit sich. Die geografische Isolation von Fließgewässerabschnitten durch Wehre und Dämme stellt vielerorts den letzten wirksamen Schutz der darin vorkommenden heimischen Krebsbestände dar [10,11]. Optimal wäre es, Fremdpopulationen von Flusskrebsen selektiv zu isolieren, so dass die Durchgängigkeit des Gewässers für andere Spezies – insbesondere für Fische – erhalten bleibt.

Versuche zur Entwicklung einer solchen selektiven Barriere hat es bereits gegeben. Nennenswert sind die Untersuchungen von ELLIS [12]. In dieser Studie wurde eine physikalische Barriere erprobt, die Restpopulationen des stark bedrohten Shasta-Flusskrebse (*Pacifastacus fortis*) in den Oberläufen eines Fließgewässersystems in Kalifornien vor einwandernden Signalkrebsen schützen sollte. Das einzige Modell, das sich als passierbar für Fische, jedoch nicht für Krebse erwies, bestand in einer vertikalen Barriere mit Überhang.

Diese Barriere war allerdings nur für Freiwasserfische wie Regenbogenforellen (*Oncorhynchus mykiss*) passierbar. Bodenfische wie Groppen (*Cottus gobio*) überquerten sie nur, wenn sie aufgeschweicht

wurden und niemals aus eigenem Antrieb. Offensichtlich stellte die Sperre für die Tiere eine Verhaltensbarriere dar [12].

Auch das Schwimmverhalten von Signalkrebsen zur Sperrenüberwindung wurde untersucht, indem 44 Tiere für mehrere Wochen in einem Becken untergebracht wurden, von dem die eine Hälfte, in der sich die Tiere befanden, durch eine in sich geschlossene Aluminium-Bande abgegrenzt wurde. Weder Futter, noch ein Sauerstoffgradient oder Aufschrecken der Tiere konnte diese zum Überschwimmen der Barriere bringen, sodass davon ausgegangen wurde, dass Krebse diese Fortbewegungsmethode nicht zur Überwindung nutzen und sie ausschließlich zur Flucht einsetzen [12]. Grundsätzlich deckten sich Ellis' Befunde mit den Aussagen der relevanten Literatur, laut denen der Schwimmreflex eines Flusskrebse durch einen anterioren visuellen Stimulus ausgelöst und nur selten und dann sehr kurz spontan gezeigt wird [13-17].

Ellis' Studie zeigte außerdem, dass jede kleinste Unebenheit in Barrieren – sowohl in Fließrinnen- als auch in Stillwasserversuchen – eine Überwindung durch Überklettern ermöglichte, die Barriere also vollkommen glatt sein muss, um einen erfolgreichen Rückhalt der Tiere zu gewährleisten [12].

In den vorliegenden Arbeiten wurde eine fischpassierbare Krebsbarriere entwickelt, wie sie später in festen wasserbaulichen Strukturen wie z. B. Fischtreppe eingebaut werden könnte. Dabei wurde im Gegensatz zur vertikalen Barriere von Ellis [12] gezielt eine sanft ansteigende Barrierenwand angestrebt, um auch Bodenfische wie Groppen eine Überwindung zu ermöglichen. Zunächst wurden erforderliche Neigungswinkel glatter Flächen er-

mittelt, die die Passage von Flusskrebse gerade noch verhindern. Zusätzlich wurden Überwindungsstrategien der Krebse beobachtet – insbesondere das Schwimmverhalten – und die Bedeutung der Sperrenrauheit untersucht [18].

Im Anschluss daran wurde das Barrierendesign mit Hilfe von numerischen Simulationen verfeinert. Durch die Visualisierung räumlicher Strömungsverteilungen konnte eine als erfolgreich einzustufende Variante der Krebsbarriere konstruiert werden, die in anschließenden Versuchen mit Signalkrebsen und Gropen erprobt wurde.

2. Material und Methode

2.1 Versuche zum benötigten Barrierenneigungswinkel und zur Sperrenrauheit

Die Versuche zum benötigten Barrierenneigungswinkel fanden in der Versuchshalle des Instituts für Wasserbau und Wasserwirtschaft der RWTH Aachen unter biologischer Betreuung des Lehr- und Forschungsgebiets Ökosystemanalyse statt. In einer 30 m langen, 1 m hohen und 1 m breiten Fließrinne wurden zwei Versuchskammern mit einer Länge von jeweils 3 m durch Trenngitter abgegrenzt. In jeder Versuchskammer wurde eine im Anstellwinkel verstellbare, an den Wänden dicht abschließende Barriere aus PVC (1,5 cm stark, 35 cm hoch) installiert, welche die Kammern nochmals in je einen Start- und Zielbereich unterteilten. Der 1 m² große Startbereich wurde mit Krallmatten ausgelegt, um den Tieren Halt zu gewähren, wie er auch in einem Bachbett gegeben wäre. Der 2 m lange Zielbereich

wurde mit Köderkörbchen (Hundefutter) für die Tiere attraktiver gemacht. Ebenso wie der übrige Rinnenboden war er mit PVC-Platten beschichtet worden. **Bild 1** zeigt eine Skizze des Versuchsaufbaus in der Fließrinne.

In den Versuchen wurden bei unterschiedlichen Strömungsgeschwindigkeiten und Abflusswerten jeweils in 8°-Schritten ansteigende Sperrenneigungswinkel von $\alpha = 0^\circ$ (flach aufliegend) bis $\alpha = 48^\circ$ erprobt. Jeder Versuch lief über 48 Stunden, wenn es den Tieren nicht bereits vorher gelang, die Sperre zu überwinden. In diesem Fall wurde der Versuch vorzeitig abgebrochen. Alle Versuche wurden mit Infrarotkameras überwacht und abschließend ausgewertet.

Zusätzlich wurden einige Messreihen mit einer aufgerauten Sperrenplatte durchgeführt. Dazu wurde ihre Oberfläche mit Schmirgelpapier beklebt. Ebenso fanden einige Stillwasser-Versuche in einem Aquarium mit gerasterter Bodenscheibe (Maschenweite 1 cm²) statt, bei denen die Tiere gezielt über Fluchtreaktionen zum Schwimmen gebracht und die erreichten Geschwindigkeiten gemessen wurden. Die Auswertung erfolgte anhand von Videoaufnahmen, über die sich die zurückgelegte Wegstrecke pro Sekunde feststellen ließ.

Als Versuchstiere kamen Signalkrebse ab einer Körpergröße von 9,0 cm (Spitze des Rostrums bis Ende des Schwanzfächers) zum Einsatz. Es wurden sowohl körperlich intakte als auch Tiere mit fehlenden Gliedmaßen eingesetzt.

2.2 Versuche zum Barrierendesign

Um die Wirksamkeit der Krebsbarriere zu steuern, wurde im Wasserbaulabor der

Hochschule Ostwestfalen-Lippe, Abt. Höxter, ein Modell auf der Grundlage numerischer Strömungssimulationen entwickelt und in der Versuchsrinne mit Krebsen untersucht. Mit der numerischen Modelltechnik konnten die Geschwindigkeitsverhältnisse, die für die Wirksamkeit der Sperre entscheidend sind [18], im Raum detailliert visualisiert werden.

Die numerischen Simulationen umfassten zunächst die Analyse von zwei Varianten aus der grundlegenden Versuchsreihe (Kapitel 2.1), für die auch Videosequenzen zu den voran gegangenen Versuchen vorlagen. Somit war ein direkter Vergleich von Strömungsbildern und der Einfluss der Strömung auf das Wanderverhalten möglich. Ausgewählt wurde jeweils die Variante,

- bei der den Krebsen ein Überschwimmen der Sperre gelang (Rampenneigung 24,3°, 0,50 m/s Fließgeschwindigkeit über Rampenkante) und
- bei der es den Krebsen nicht gelang, diese durch Kletter- oder Schwimmversuche zu überwinden (Rampenneigung 32,4°, 0,44 m/s Fließgeschwindigkeit über Rampenkante).

Basierend auf den Erkenntnissen, die sich durch den Vergleich der Strömungsbilder mit den Videosequenzen ergaben, wurden weitere Varianten ausgearbeitet und getestet, um die Konstruktion zu optimieren.

Die numerische Untersuchung der Strömungsbedingungen im Bereich der Krebsbarriere erfolgte mit einem virtuellen Volumenmodell, dessen Geometrie mit einem 3D-Volumenmodellierer erzeugt wurde. Bei der darauffolgenden Vernetzung und Berechnung der Strömungsbedingungen wurden turbulente Strömungsbedingungen sowie die Wandreibung

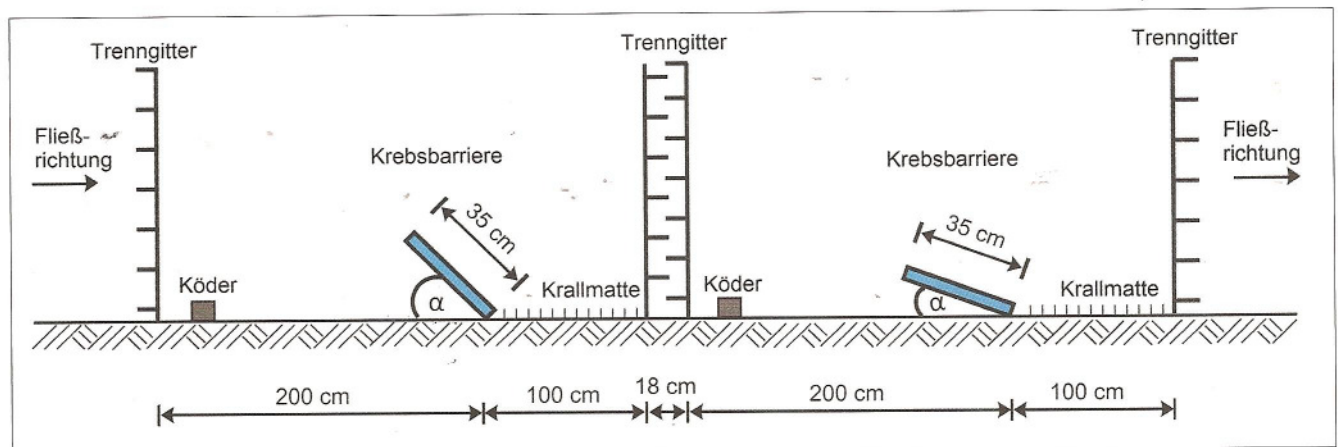


Bild 1: Skizze des Versuchsaufbaus zur Barrierenneigung (verändert nach [18])

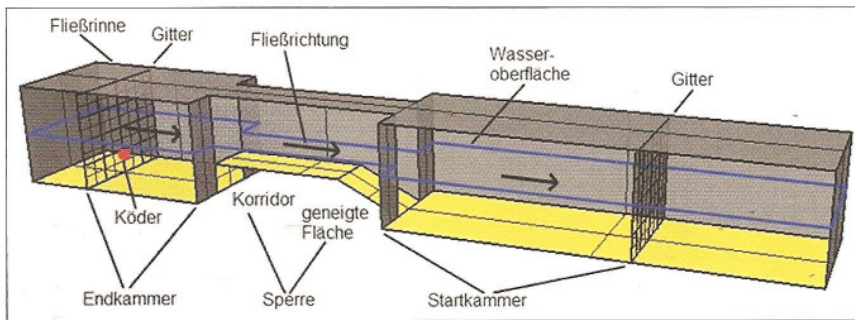


Bild 2: Skizze: Versuchsaufbau zum Barrierendesign (vereinfacht)

entsprechend der im hydraulischen Modellversuch benutzten Materialien berücksichtigt. Zur Einsparung von Rechenzeit im Rahmen der Variantenfindung wurde auf die Nachbildung einer freien Wasseroberfläche verzichtet und mit einer geschlossenen, aber reibungsfreien Modellberandung an der Oberfläche gearbeitet. Die Zuflussrandbedingung wurde über die Fließgeschwindigkeit $v_{zu} = 0,15 \text{ m/s}$ vorgegeben, die Wassertiefe unterhalb der Sperre wurde mit $h_{uW} = 0,36 \text{ m}$ festgelegt. Diese Werte entsprachen etwa

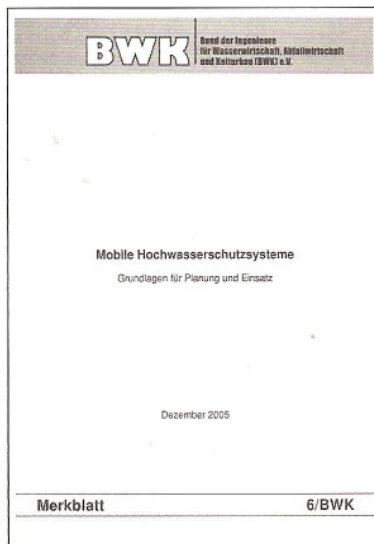
den Versuchsbedingungen wie in Kapitel 2.1 beschrieben.

Nach Abschluss der Vorstudien wurde die ausgewählte Variante dem Versuch mit lebenden Krebsen unterzogen. Die hydraulischen Untersuchungen fanden in der ca. 7,00 m langen und 0,60 m breiten Kipprinne des Wasserlabors in Höxter statt. Auch hier wurde innerhalb der Rinne eine Versuchskammer mit Gittern abgegrenzt, so dass die Versuchsstrecke aus den Abschnitten Sperre, Startkammer und Endkammer bestand. Bild 2 zeigt ei-

ne vereinfachte Skizze des Versuchsaufbaus. Insgesamt war die Konstruktion 1,00 m lang, 0,60 m breit und 0,50 m hoch. Die eigentliche Sperre bestand aus einer Holzkonstruktion mit einer geneigten Platte und einem anschließenden ebenen Korridor. Alle Barrierenoberflächen waren mit Aluminium beschichtet, um den Krebsen keinen Halt zu gewähren. Zusätzlich gab es zur Anhebung der Fließgeschwindigkeiten eine Verengung von beiden Seiten, sodass sich die Breite der Rampe und des Korridors auf 0,25 m belief. Die geneigte Fläche war 0,25 m breit und 0,35 m lang. Mit einem Winkel von $25,40^\circ$ überbrückte sie die Höhe des Korridors (0,15 m). Der Aufbau der Start- und Endkammer sowie die Versuchszeiten und Abbruchbedingungen entsprachen den Versuchen zum erforderlichen Neigungswinkel (s.o.). Sobald die Fließgeschwindigkeit als wirksam und damit als nicht passierbar galt, wurde sie für den nächsten Versuch gedrosselt.

Als Versuchstiere wurden Signalkrebse aus dem regionalen Fanggebiet eingesetzt. Es fanden sechs Versuche statt. Zu-

ANZEIGE



Merkblatt 6

Mobile Hochwasserschutzsysteme

Grundlagen für Planung und Einsatz

Die Hochwasser der letzten Jahre haben die Notwendigkeit eines verbesserten Hochwasserschutzes entlang zahlreicher Flüsse vor Augen geführt. Dabei ist ein zunehmendes Interesse an mobilen Hochwasserschutzwänden festzustellen, für die bisher jedoch keine allgemein anwendbaren Standards vorlagen. Dieser Lücke nimmt sich das jetzt vorliegende BWK Merkblatt an, indem es Empfehlungen für die Planung, Konzeptionierung und Beurteilung solcher Einrichtungen ausspricht und damit dem Fachpublikum Grundlagen für einen sicheren und gezielten Einsatz mobiler Hochwasserschutzsysteme liefert. Neben Kriterien für Konstruktion, Statik, Gründung und Logistik werden Mindestanforderungen an die Standsicherheit, Betriebssicherheit und funktionale Sicherheit festgesetzt.

Zielgruppe des Merkblattes sind die am Hochwasserschutz beteiligten Behörden, Planer und Systemhersteller sowie die interessierte Öffentlichkeit.

Zu bestellen bei der Bundesgeschäftsstelle des BWK, Hintere Gasse 1, 71063 Sindelfingen, Bestell-Fax: 0 70 31 / 4 38 39 95, E-Mail: info@bwk-bund.de

BESTELLCOUPON

Ich bestelle:

Expl. Mobile Hochwasserschutzsysteme Grundlagen für Planung und Einsatz

zum Preis von

30,- €

20,- € für BWK-Mitglieder

Name _____

Straße _____

PLZ Ort _____

Datum, Unterschrift _____

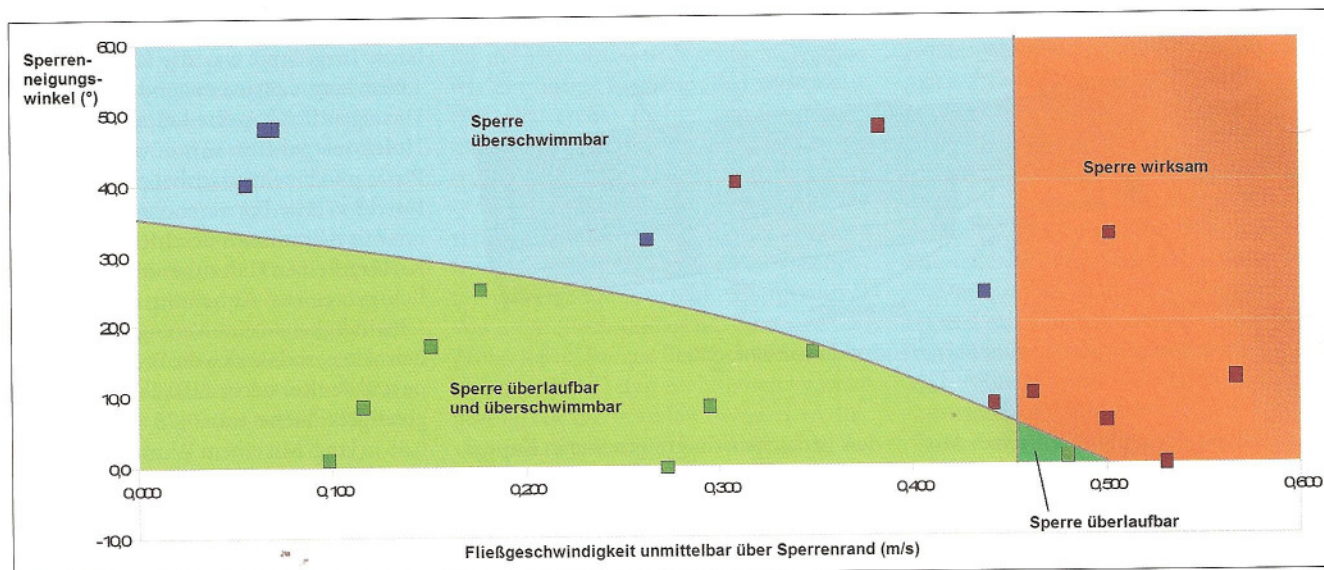


Bild 3: Zusammenfassung der Ergebnisse (Grenzen geschätzt, Quadrate: blau = Sperre überschwommen, grün = Sperre überklettert, rot = Sperre wirksam - verändert nach [18])

nächst wurden 8 Tiere pro Versuch eingesetzt. Später wurde die Besatzdichte auf 15 Exemplare erhöht, um einen zusätzlichen Dichtestress zu erzeugen. Die Überwachung des gesamten Versuches erfolgte durch Infrarotkameras, um das Verhalten der Tiere nachträglich auswerten zu können.

Im Anschluss an die Versuchsreihe wurde die Krebsbarriere bei gleichbleibenden Bedingungen auf ihre Passierbarkeit von Groppen überprüft. In einem Zeitraum von 24 h wurde zunächst die Fließgeschwindigkeit getestet, bei der es keinem Krebs gelungen war, die Sperre zu überwinden. Nachdem eine Groppe die Barriere komplett überschwommen hatte, wurde der Versuch beendet und als erfolgreich eingestuft.

3. Ergebnisse und Diskussion

Wie erwartet ergab sich eine deutliche Korrelation zwischen Abfluss/Strömungsgeschwindigkeit und erforderlichem Sperrenneigungswinkel in Bezug auf die Passierbarkeit. Bei starker Strömung reichte ein geringer Neigungswinkel aus, um eine Überwindung der Sperre durch Krebsen zu verhindern. So war bei einer Strömungsgeschwindigkeit von 0,53 m/s (gemessen unmittelbar über der Barriere) bereits eine flach aufliegende glatte Sperrenplatte ein wirksames Hindernis. Bei extrem langsamen Geschwindigkeiten von 0,07 m/s war dagegen eine 48° steile Sperre noch überlaufbar.

Bei einer Aufrauung der Sperrenplatte verschoben sich wirksame Strömungs- und Winkelverhältnisse zugunsten der Krebsen. Hier konnten sowohl höhere Strömungsgeschwindigkeiten als auch steilere Sperrenneigungswinkel überwunden werden. Dies verdeutlicht die Notwendigkeit einer regelmäßigen Wartung und Reinigung der Sperreroberfläche in der Praxis.

Das überraschendste Ergebnis der Versuchsreihen stellte das Verhalten der Signalkrebse dar, die – im Gegensatz zu der Studie von Ellis [12] – hier das eigentlich

als Fluchtreaktion bekannte Schwimmverhalten gezielt einsetzten, um die Sperre zu überwinden.

Zeigte das Hochklettern an der Sperrwand keinen Erfolg, brachen einzelne Tiere die Kletterversuche ab, drehten sich mit dem Schwanz zur Sperre und beförderten sich rückwärts in die Wassersäule darüber und auf die andere Seite.

Bis zu Strömungsgeschwindigkeiten von 0,44 m/s wurde in den Versuchen ein erfolgreiches Schwimmverhalten gezeigt. Inwieweit ein Überschwimmen oberhalb



Bild 4: Signalkrebse vor, bzw. auf der Sperre

dieses Wertes möglich ist, kann nicht mit Sicherheit gesagt werden. In den Aquarien-Versuchen zur Schwimmgeschwindigkeit, bei denen die Tiere aufgeschreckt und schwimmend über einen gerasterten Bodengrund getrieben wurden, wurden lediglich Geschwindigkeiten von maximal 0,34 m/s erreicht, womit die Tiere weit hinter den in der Fließrinne gezeigten Leistungen zurück blieben.

Bild 3 fasst die Ergebnisse der Neigungswinkelversuche zusammen. Bei den eingezeichneten Linien handelt es sich um Schätzungen. Es wird deutlich, dass das Schwimmverhalten eine weitaus größere Rolle spielt, als zunächst angenommen. Bei Fließgeschwindigkeiten, die ein Überschwimmen der Sperre zulassen, ist der Neigungswinkel praktisch irrelevant. Zwar kam es unterhalb dieses Strömungswertes auch zum erfolgreichen Rückhalt der Krebse, dies sagt aber lediglich aus, dass die Tiere keinen erfolgreichen Schwimmversuch unternahm. Ist die kritische Strömungsgeschwindigkeit überschritten, sind bereits sehr geringe Anstellwinkel der Sperre wirksam, was aus dem kleinen dunkelgrünen Bereich in der Abbildung ersichtlich wird. Somit kommt der Fließgeschwindigkeit über der Sperrenkante letztlich eine größere Bedeutung zu als dem Anstellwinkel.

Um auch bei geringeren Abflüssen die erforderliche Fließgeschwindigkeit zu gewährleisten, ergab sich in den anschließenden Versuchen zum Barrierendesign folgende Konstruktion: Die Sperre bestand aus einer geneigten Fläche. Ein anschließender waagerechter Korridor diente als Verlängerung und verhinderte, dass Krebse die Sperre in einer Etappe überschwimmen konnten. Der Querschnitt der Barriere wurde eingeeengt, um höhere Fließgeschwindigkeiten in der gesamten Sperre zu erzielen (Werte s.o.).

In allen Versuchen steuerten die Krebse nach Versuchsbeginn sofort auf die Schräge zu und versuchten, diese zu überqueren. **Bild 4** zeigt die Flusskrebse vor und auf der Sperre. Wenn sich mehrere Exemplare gleichzeitig auf der Schräge befanden, überkletterten sie sich gegenseitig, bildeten somit eine Art „Räuberleiter“ und gelangten meistens bis zum Ende der Schräge. Nur wenige Probanden erreichten die obere Kante ohne diese Vorgehensweise. Letztendlich schaffte es kein Krebs in den Korridor zu klettern, um von dort aus in die Endkammer zu kommen. Alle Versuche wurden als nicht passierbar eingestuft.

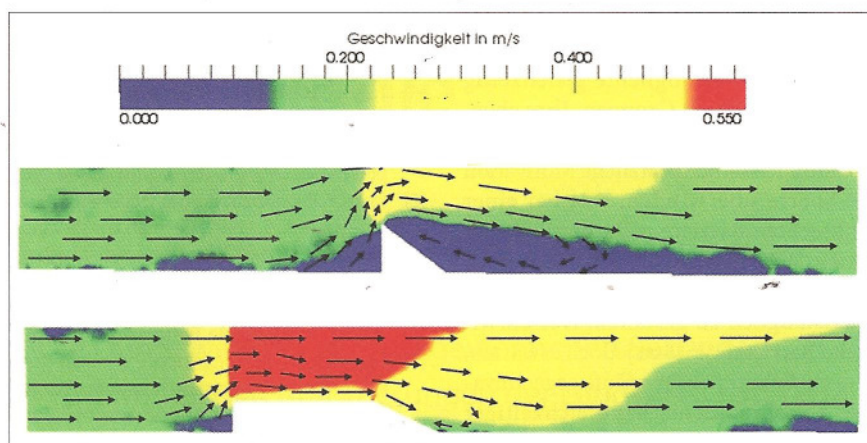


Bild 5: Geschwindigkeitsverteilung mit Strömungspfeilen: oben: „nicht passierbare“ Variante, unten: entwickelte Krebs Sperre

Während der Versuche wurden die Krebse vereinzelt aufgeschreckt, um zu überprüfen, ob sie im Falle eines Fluchtversuches über die Sperre schwimmen würden. Die Schwimmbereitschaft war im Allgemeinen sehr gering. Nur ein einziger Krebs versuchte ohne direkte äußere Anreize über die Sperre zu schwimmen. Dabei drehte er sich am Fuß der geneigten Fläche mit dem Schwanz zur Wasseroberfläche, schwamm auf diese zu und ließ sich über der oberen Kante der Schräge nieder. Von dort aus schaffte er es jedoch nicht, den Korridor zu passieren und rutschte wieder in die Startkammer zurück. Die Fließgeschwindigkeit in diesem Versuch betrug 0,07 m/s (innerhalb der Sperre: auf der Sohle und an der Wasseroberfläche). Diese geringe Strömung dürfte theoretisch kein Hindernis darstellen, nachdem die Krebse zuvor gegen Strömungen von bis zu 0,44 m/s anschwimmen konnten. Es gelang keinem Tier die Sperre zu überwinden.

Gropen waren in der Lage, die Sperre zu überschwimmen (getestet bei 0,41 m/s). Jedoch handelte es sich um lediglich einen Versuch, der abgebrochen wurde, nachdem ein Exemplar die Barriere überschwommen hatte. Die Schwimmbereitschaft wurde durch Aufschrecken erhöht. Untersuchungen, ob diese Krebsbarriere auch ohne äußeren Antrieb für Fische durchgängig ist, sind geplant. In dem Einzelversuch ging es lediglich darum, zu prüfen, ob die Groppe diese Kombination aus Höhe und Fließgeschwindigkeit überwinden kann.

Für die Krebse spielen die Turbulenzen an der Sperre scheinbar eine größere Rolle, als die Fließgeschwindigkeit selbst. **Bild 5** zeigt die Geschwindigkeitsverteilungen

der „nicht passierbaren“ Variante aus der grundlegenden Versuchsreihe im Vergleich zu der weiter entwickelten Krebs Sperre. Zur besseren Übersicht wurden die Turbulenzen in Form von Pfeilen nachträglich ins Strömungsbild eingezeichnet. Ihre Stärke hängt im Wesentlichen von der Strömungsgeschwindigkeit und der Querschnittserweiterung, bzw. von der Änderung der Neigungswinkel und der Schärfe der Kanten ab. Je schneller das Wasser fließt und je plötzlicher und extremer sich der Querschnitt ausweitet, desto stärker bilden sie sich aus. In der „nicht passierbaren“ Variante folgt nach einer plötzlichen Querschnittsverengung unmittelbar die Querschnittsaufweitung. Als Folge bildet sich eine Walze, die dazu führen kann, dass die Krebse die Schräge hinauf gedrückt werden. Videoaufnahmen aus den grundlegenden Versuchen bestätigen diese Aussage. Im Korridor der Sperre pendeln sich die Strömungen mehr oder weniger „parallel“ ein, sodass sich eine kleinere Walze hinter der Querschnittsaufweitung bildet. Des Weiteren wurde in dieser Versuchsreihe beobachtet, dass die Krebse nur bis zur oberen Kante der Schräge gelangten. Das Strömungsbild verdeutlicht, wie sich hier die Strömungsrichtung für den Krebs ändert. Sie kommt von schräg oben und könnte z. B. die Schenkel der Krebse niederdrücken.

Es stellt sich also die Frage, wie Signalkrebse Strömungen bzw. Strömungsrichtungen wahrnehmen, wie sie sich dementsprechend orientieren und ob Turbulenzen der entscheidende Faktor sind, um gebietsfremde Flusskrebse an einer flussaufwärts gerichteten Wanderung zu hindern.

Die hier entwickelte Krebsbarriere hat sich als unüberwindbar für Signalkrebse erwiesen und ermöglichte gleichzeitig eine Passage durch Groppen. Ihre abgechrägte Bauweise lässt erwarten, dass letztere auch ohne zusätzliche Motivation die Sperre überwinden, was bei einer senkrechten Barriere nicht der Fall war. Dies ist aber in weiteren Versuchen noch zu überprüfen, um die Sperre vollständig praxistauglich zu gestalten. Der entwickelte Barrierentyp lässt jedoch erwarten, dass ein Schutz der Oberläufe gegen invasive Flusskrebarten bei gleichzeitiger Durchgängigkeit für Fische durchaus möglich ist.

Danksagung

Diese Studien fanden im Rahmen des durch den Fischereiverband NRW beauftragten Pilotprojekts „Maßnahmen zum nachhaltigen Schutz der heimischen Flusskrebstebestände vor invasiven gebietsfremden Flusskrebsen“ statt, welches durch das Edelkrebprojekt NRW durchgeführt und durch den Europäischen Fischereifonds der Europäischen Union finanziert wird. Wir danken für die technische Unterstützung bei den Fließbrinnenversuchen in Aachen den Mitarbeitern der RWTH Mario Czogallik, Manfred Kriegel und Irene Ohligschläger, sowie in Höxter dem Mitarbeiter der HS-OWL Dieter Loy. Großer Dank gilt außerdem Marcus Zoher (Edelkrebprojekt NRW), Wilhelm Schecht (Fischereigemeinschaft Herste e.V.) und der Landschaftsstation im Kreis Höxter e.V. für die Beschaffung der Versuchstiere und Imke Evers (RWTH Aachen) für deren Betreuung außerhalb der Versuche. Nicht zuletzt gilt unser Dank Jeff Cook von der Spring Rivers Foundation in Kalifornien für die Bereitstellung unveröffentlichter Forschungsergebnisse und anregende Diskussionen.

Literatur

- [1] BOYE, P. (2003) NEOZOEN. IN: KOWARIK, I. (ed.) Biologische Invasionen – Neophyten und Neozoen in Mitteleuropa. Ulmer, Stuttgart, 380 S.
- [2] BLANKE, D. (1998) Flußkrebse in Niedersachsen. Informationsdienst Naturschutz Niedersachsen 18: 146-147.
- [3] BLANKE, D., SCHULZ, H. K. (2002) Situation des Edelkrebste (Astacus astacus L.) sowie weiterer Flusskrebstearten in Niedersachsen. In: DGL e. V. (ed.) DGL/SIL Jahrestagung 2002. Eigenverlag der DGL, Werder, Braunschweig, S. 385-389.
- [4] MOMOT, W. T. (1988) Orconectes in North America and elsewhere. In: Holdich, D. M., Lowery,

R. S. (eds.) Freshwater crayfish: biology, management and exploitation. Croom Helm, London, S. 262-282.

- [5] TROSCHEL, H., DEHUS, P. (1993) Distribution of crayfish species in the Federal Republic of Germany with special references to Austropotamobius pallipes. Freshwater crayfish 9: 390-398.
- [6] DEHUS, P., PHILLIPSON, S., BOHL, E., OIDTMANN, B., KELLER, M., LECHLEITER, S. (1999) German conservation strategies for native crayfish species with regard to alien species. In: GHERARDI, F., HOLDICH, D. M. (eds.) Crayfish in Europe as alien species. A. A. Balkema, Rotterdam, S. 149-159.
- [7] SÖDERBÄCK, B. (1991) Interspecific dominance relationship and aggressive interactions in the freshwater crayfishes Astacus astacus (L.) and Pacifastacus leniusculus (Dana). Canadian Journal of Zoology 69: 1321-1325.
- [8] WESTMAN, K., SAVOLAINEN, R., JULKUNEN, M. (2002) Replacement of the native crayfish Astacus astacus by the introduced species Pacifastacus leniusculus in a small, enclosed Finnish lake: a 30-year study. Ecography 25: 53-73.
- [9] Richtlinie 2006/60/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 23. Oktober 2000 zur Schaffung eines Ordnungsrahmens für Maßnahmen der Gemeinschaft im Bereich der Wasserpolitik.
- [10] BOHL, E. (1987) Crayfish stock and culture situation in Germany. Report from the workshop on crayfish culture 16-19 November, Trondheim, S. 87-90.
- [11] GROSS, H. (2003) Lineare Durchgängigkeit von Fließgewässern – ein Risiko für Reliktvorkommen des Edelkrebste (Astacus astacus, L.)? Natur und Landschaft 78: 33-35.
- [12] ELLIS, M. J. (2005) Crayfish Barrier Flume Study – Final Report. United States Fish and Wildlife Service, Spring Rivers Ecological Sciences, Contract Number 101812M634.
- [13] WINE, J. J., KRASNE, F. B. (1972) The organization of escape behavior in the crayfish. Journal of Experimental Biology 56: 1-18.
- [14] WEBB, P. W. (1979) Mechanics of escape responses in crayfish (Orconectes virilis). Journal of Experimental Biology 79: 245-263.
- [15] HOLDICH, D. M., REEVE, I. D. (1988) Functional morphology and anatomy. In: HOLDICH, D. M., LOWERY, R. S. (eds.) Freshwater crayfish. The University Press, Cambridge, S. 11-51.
- [16] HOLDICH, D. M. (2002) Background and functional morphology. In: Holdich, D. M. (ed.) Biology of freshwater crayfish. Blackwell Science Ltd., Oxford, S. 3-29.
- [17] LIGHT, T. (2002) Behavioral effects of invaders: alien crayfish and native sculpin in a California stream – Chapter 3 in Invasion Success and Community Effects of Signal Crayfish (Pacifastacus leniusculus) in Eastern Sierra Nevada Streams. Ph.D. Dissertation, Graduate Group in Ecology, University of California, Davis, 146 S.
- [18] ROY M. FRINGS, SUSANNE C.K. VAESSEN, HARALD GROSS, SEBASTIAN ROGER, HOLGER SCHÜTTRUMPF, HENNER HOLLERT, A fish-passable barrier to stop the invasion of non-indigenous crayfish, Biological Conservation, Volume 159, March 2013, Pages 521-529

Autoren

Dipl. Gylm. Susanne Vaeßen

Lehr- und Forschungsgebiet Ökosystemanalyse, Institut für Umweltforschung, RWTH Aachen
Worringerweg 1
52074 Aachen
E-Mail: susanne.vaessen@rwth-aachen.de

B. Eng. Denise Herrmann

Wilmersiek 14
32657 Lemgo
E-Mail: herrmann.denise@gmx.net

Koautoren

Dr. Burkhard Beinlich

Landschaftsstation im Kreis Höxter (Steinernes Haus)
Zur Specke 4
34434 Borgentreich
E-Mail: beinlich@landschaftsstation.de

Dr. Roy M. Frings

Institut für Wasserbau und Wasserwirtschaft, RWTH Aachen
Mies-van-der-Rohe-Straße 1
52056 Aachen
E-Mail: frings@iww.rwth-aachen.de

Dr. Harald Groß

Edelkrebstejekt NRW
Neustraße 7
53902 Bad Münstereifel
E-Mail: info@edelkrebstejektNRW.de

Prof. Dr. Henner Hollert

Lehr- und Forschungsgebiet Ökosystemanalyse, Institut für Umweltforschung, RWTH Aachen
Worringerweg 1
52074 Aachen
E-Mail: henner.hollert@bio5.rwth-aachen.de

Prof. Dr. Klaas Rathke

Fachgebiet Hydraulik/Quantitative Wasserwirtschaft, Fachbereich Umwelt-ingenieurwesen und Angewandte Informatik, Hochschule Ostwestfalen-Lippe, Standort Höxter
An der Wilhelmshöhe 44
37671 Höxter

Prof. Dr. Holger Schüttrumpf

Institut für Wasserbau und Wasserwirtschaft, RWTH Aachen
Mies-van-der-Rohe-Strasse 1
52056 Aachen
E-Mail: schuettrumpf@iww.rwth-aachen.de