

Kurzbericht zum Salgen Symposium in Westport (Irland) 2003

Von Dr. Jörg Schneider Frankfurt am Main 15. Feb. 2003

Vom 11. – 15. Januar 2003 fand in Westport (Irland) das abschließende Salgen Symposium – *Genetics and the Conservation of Atlantic Salmon* mit etwa 65 Teilnehmern statt. Bei der Veranstaltung wurden diverse Fragen des genetischen und populationsökologischen Themenkomplexes behandelt, die auch für die Wiederansiedlungsprojekte in Rhein, Weser, Elbe und den norddeutschen Gewässern relevant sind. Der Teilnehmerkreis des Salgen Symposiums setzte sich aus den international führenden Genetikern, die mit Schwerpunkt die Genetik des Atlantischen Lachses und weiterer Salmoniden bearbeiten, sowie zahlreichen Projektmanagern zusammen. Das Salgen-Projekt ist von der EU finanziert und wird vom Atlantic Salmon Trust gefördert. Ziel ist eine umfangreiche Bestandsaufnahme bzw. ein *Review* genetischer Untersuchungen an Atlantischen Lachsen (*Salmo salar*). Mit der durchgeführten Bestandsaufnahme sollen die Kenntnisse der Populationsökologie, der Genetik und des Artenschutzes verknüpft werden und den „Anwendern“, also den Populationsmanagern und Projektbetreuern, in verständlicher Form zur Verfügung gestellt werden, um Erhaltungs- und Wiedereinbürgerungsprogramme effektiver zu gestalten. Das Symposium diente dabei auch der Rückkopplung mit den „Praktikern“, um damit die in Vorträgen zur Diskussion gestellten Forschungsergebnisse auf ihre Anwendbarkeit zu prüfen und ggf. weiterführende Anregungen hinsichtlich des aktuellen Forschungsbedarfs aufzunehmen.

Das Projekt wird in 2003/2004 mit der Herausgabe eines Buches und einer Broschüre abgeschlossen. Bis dahin werden die im Rahmen des Symposiums erarbeiteten Stellungnahmen und sonstigen Anregungen aufgearbeitet.

Im Rahmen des Symposiums wurden auch Aspekte der *Wiederansiedlung* des Lachses und der damit verknüpften Problematik der Kriterien potentiell geeigneter Herkünfte für Besatzzwecke behandelt. Ein weiterer Diskussionspunkt war die Verfahrensweise der künstlichen Vermehrung bei Rückkehrern unterschiedlicher Herkunft (Kreuzen oder

herkunftsreine Linien erhalten) sowie die Frage genetischer Komponenten (Laichzeit, Migration). Hierzu zählt auch die Problematik, mit kleinen Anfangsbeständen unter Vermeidung von genetischen *bottle-neck*-Effekten eine Gründerpopulation aufzubauen.

Die wichtigsten für die hiesigen anhängigen Projekte relevanten Ergebnisse des Symposiums sind im folgenden Kurzbericht zusammengefasst. Hierin sind auch die Fragen und Ergebnisse eingearbeitet, die im Rahmen der diversen Diskussionen in den und um die *work-shops* behandelt wurden. Die Zusammenfassung erhebt nicht den Anspruch auf Vollständigkeit, und sie gibt einen auch aus vielen persönlichen Gesprächen entstandenen subjektiven Eindruck wieder. Dennoch soll versucht werden, den gegenwärtigen Diskussions- und Kenntnisstand hinsichtlich der spezifischen Fragestellungen bei Wiedereinbürgerungsprojekten möglichst objektiv wiederzugeben. Es sei vorausgeschickt, dass im Rahmen des Symposiums viele Fragen offen geblieben sind, weil noch keine ausreichenden Erfahrungen vorliegen, die genetischen Untersuchungsmethoden noch nicht ausgereift sind – und vielleicht auch, weil einige spezifische Fragen relativ neu sind und sie noch niemand an die Genetiker herangetragen hat.

Genetische Variabilität, Inzucht und *out-breeding*

Genetische Variabilität drückt aus, dass der Population ein ausreichend großer Genpool zur Verfügung steht, in dem auch seltenere Erbanlagen vertreten sind. Mit einer hohen genetischen Variabilität wächst die Fähigkeit der Adaption an wechselnde Umweltbedingungen und damit die Überlebenschance einer Population. Ein Mangel an genetischer Variabilität blockiert die Chancen für die Evolution (*a lack of genetic variation blocks chances for evolution...* NIELSEN). Unter Evolution ist die fortwährende Anpassung (durch Mutation, Selektion) der Population an sich verändernde biotische und abiotische Umweltbedingungen zu verstehen. Anpassungsprozesse vollziehen sich hierbei nicht am Einzelindividuum, sondern von Generation zu Generation. Dabei wirken sich also im Rahmen der Selektion die Anpassungsnotwendigkeiten und Umweltbedingungen auf die Überlebenschance des Einzelindividuums aus – und dessen Reproduktionserfolg determiniert die Anpassung der Nachkommen (*yesterdays environment dictates tomorrows adaptations...* GARCIA DE LEANIZ).

Inzucht-Effekte (*in-breeding*) treten auf, wenn die effektive Populationsgröße zu gering wird (vgl. unten); dabei nimmt die Fähigkeit zur Adaption ab. Inzucht tritt vor allem bei

geringer Populationsgröße auf. Einerseits ist die Wahrscheinlichkeit für Paarungen zwischen verwandten Individuen erhöht. Das gilt vor allem, wenn der Populationsumfang über mehrere Generationen gering bleibt. Außerdem gewinnen Zufallseffekte an Bedeutung, so dass sich Allelfrequenzen in der Folgegeneration in nicht vorhersehbarer Weise ändern können. Hierbei gehen seltene Allele, die nur bei einem geringen Teil der Population vorliegen, der Gesamtpopulation verloren (genetische Drift) oder sind plötzlich überrepräsentiert. Inzucht kann deshalb genetisch festgestellt werden. Normalerweise ist die genetische Komposition (*genetic composition*) zwischen den Jahrgängen nahezu gleich. Signifikante Änderungen der genetischen Komposition zwischen Jahrgängen sind ein Indiz für Inzuchtprozesse.

Typische Formen von Inzucht-Depression sind geringere Fruchtbarkeit (Fertilität), geringere Überlebensraten und geringere Fitness. Streuner, die zur Reproduktion beitragen und eine entsprechend vorteilhafte genetische Ausstattung mitbringen, können Inzuchteffekte abdämpfen, indem sie die effektive Populationsgröße erhöhen (siehe unten).

Mit dem Begriff *out-breeding* werden gegenteilige Effekte beschrieben, die aber ebenfalls zu Verlusten der Adaptionfähigkeit führen. *Out-breeding* entsteht, wenn nicht angepasste Individuen sich in einer an die spezifischen Umweltbedingungen angepassten Population erfolgreich an der Reproduktion beteiligen (oder bei künstlicher Vermehrung eingekreuzt werden). Dadurch wird die genetische Ausstattung der autochthonen Population verändert. Da autochthone Bestände über evolutive Prozesse spezifische Anpassungsprozesse durchgemacht haben, ist die von Fremdherkünften eingetragene genetische Komposition selten vorteilhaft für die Population und wird entsprechend durch Selektion nach einigen Generationen herausfallen. Ob es zu *out-breeding* Effekten kommt, hängt entscheidend von den vorliegenden Größenordnungen und vom Reproduktionserfolg der allochthonen Tiere ab. Erhöhte Streunerraten (z.B. auch durch Farmlachse) haben in stabilen größeren Populationen aus populationsgenetischer Sicht keinen oder nur geringen negativen Einfluss. Kleine instabile Bestände sind gegenüber dem Einfluss fremden genetischen Materials hingegen deutlich gefährdeter.

Inzucht und *out-breeding* sind schleichende Prozesse, die sich u.U. erst mehrere Generationen nach ihrem Wirken in erhöhten Mortalitätsraten oder verringertem Reproduktionserfolg niederschlagen. Ein Unterschreiten der minimalen effektiven Populationsgröße (siehe unten) kann wegen der auftretenden Inzuchteffekte – ggf. trotz zwischenzeitlicher Bestandserholung – erst mehrere Generationen später zum Bestandszusammenbruch führen. Gleiches gilt für *out-breeding* Effekte.

Genetisch effektive Populationsgröße

Die Populationsgröße und die genetische Variabilität sind bei Anpassungsprozessen die entscheidenden Faktoren. Je geringer die Populationsgröße, desto eher treten Defizite in der genetischen Variabilität auf.

Dabei ist zu beachten, dass die Zahl der erfolgreich reproduzierenden Individuen im Rahmen der Naturvermehrung grundsätzlich erheblich kleiner ist als die Zahl der Rückkehrer und somit die Anzahl der rückkehrenden Laichfische nicht mit der Populationsgröße im genetischen Sinn gleichgesetzt werden kann. Die „genetisch effektive Populationsgröße“ N_e gibt an, wie viele Individuen des Gesamtbestandes N_c (*census population size*) tatsächlich an der Reproduktion und damit an der Weitergabe der genetischen Ausstattung beteiligt sind.

Bei vielen Tierpopulationen beträgt N_e nur 10% von N_c . Ähnliche Anteile werden auch für Lachspopulationen vermutet, wobei hier noch erheblicher Forschungsbedarf besteht.

Als kritischer Wert gilt für kurze Zeiträume eine effektive Populationsgröße von $N_e = 50$ bis 100 Tieren (50 % Rogner, 50 % Milchner). Sinkt die Populationsgröße unter den kritischen Wert, werden Inzuchteffekte wahrscheinlich. Auf einen längeren Zeitraum bezogen ist eine effektive Populationsgröße von $N_e = 500$ Tieren notwendig. Treten Fluktuationen in der Populationsgröße auf, ist die geringste Bestandsgröße als effektive Populationsgröße anzusetzen. Bei unausgeglichem Geschlechtsverhältnis bildet die anteilsschwächere Gruppe (üblicherweise die Rogner, siehe unten) den limitierenden Faktor. Da sich die Reproduktion einer Generation über einen Zeitraum von 3-5 Jahren erstreckt, sind rechnerisch 100 – 167 „effektive Elterfische“ *pro Jahr* für eine stabile Population von $N_e = 500$ Tieren notwendig.

Ein N_e von 10% des N_c würde bedeuten, dass ein Bestand von weniger als 5000 Rückkehrern in drei bis fünf Jahren ($N_c < 1000-1667/\text{Jahr}$) auf Dauer nicht überlebensfähig sein kann. Die Existenz diverser deutlich kleinerer Populationen zeigt jedoch, dass die Art hier flexibler sein könnte, als erwartet. Allerdings weisen die Genetiker darauf hin, dass mit der sinkenden Populationsgröße die Fragilität des Bestandes wächst bzw. die Anpassungsfähigkeit der Population eingeschränkt wird und ihre evolutiven Möglichkeiten sinken.

Die voraussichtlich hohe Diskrepanz zwischen N_e und N_c kann mehrere Ursachen haben: Wichtige Faktoren sind, dass sich nicht alle Rückkehrer zum richtigen Zeitpunkt am richtigen Ort einfinden (*timing*, siehe unten), dass das Geschlechterverhältnis ungleich ist, dass nicht alle Rückkehrer gleich fruchtbar sind, dass nicht alle Rückkehrer (hier vor allem subdominante anadrome Männchen) erfolgreich an der Reproduktion teilnehmen (soziale Struktur, Schwächung, Besamung von Eiern erst nach der Besamung durch dominanten Milchner) und nicht alle Tiere bis zum Laichakt überleben (z.B. durch Krankheiten, Verletzungen, Prädation, Fang). Auch haben einige Tiere aufgrund ihrer sozialen Dominanz (Männchen) oder ihres Körpergewichts (bedingt die Eizahl bei Rognern) einen höheren Reproduktionserfolg als andere.

Aber nicht nur die anadromen Rückkehrer sind für die Populationsgröße relevant. Frühreife Männchen sind in vielen Gewässern sehr zahlreich vertreten und sie können sich außerordentlich effektiv an der Reproduktion beteiligen. Hierzu nutzen sie ihre geringe Körpergröße aus. Von den großen anadromen (dominanten) Milchnern werden sie beim Laichakt schlecht wahrgenommen und da sie erst im letzten Augenblick des Laichaktes aus der Deckung in die Laichgrube einfallen und ihre Spermien blitzschnell abgeben, sind sie auch kaum abzuwehren. Die Spermienzahl der frühreifen Männchen ist im Vergleich zum Körpergewicht höher als bei den anadromen Männchen. Auch sind die Spermien mobiler und langlebiger als bei den meist älteren adulten Rückkehrern. Genetische Untersuchungen an Brütlingen haben ergeben, dass bis zu 100% der Eier eines Geleges durch frühreife Männchen besamt werden können. Für einzelne frühreife Tiere sind Befruchtungsraten bis 50% festgestellt worden. Je höher der Anteil frühreifer Männchen am Laichplatz, desto geringer ist zwar ihr *individueller* Reproduktionserfolg, aber umso höher der Gesamterfolg der Frühreifen gegenüber den anadromen Männchen. Mit dem Auftreten der frühreifen Parrs erhöht sich also die effektive

Populationsgröße – insbesondere dann, wenn wenig anadrome Männchen an der Reproduktion beteiligt sind. Es ist sogar anzunehmen, dass diverse kleine Populationen ohne die Beteiligung frühreifer Männchen am Reproduktionsprozess letztlich nicht lebensfähig sein würden.

Ein hoher Anteil frühreifer Männchen am reproduktiven Bestand trägt aber nur bedingt zur Erhöhung der effektiven Populationsgröße bei. Liegt ein Missverhältnis in der Geschlechterverteilung vor, kann die effektive Populationsgröße mit der Formel

$$N_e = \frac{4N_m N_f}{N_m + N_f} \quad (m = \text{Männchen}; f = \text{Weibchen})$$

ausgedrückt werden. Bei 90 Milchern und 10 Rognern läge hier die Gesamtzahl reproduzierender Individuen zwar bei 100, die effektive Populationsgröße N_e entspräche jedoch nur 36 Tieren. 1 Rogner und eine sehr hohe Anzahl Milchner ergäben eine Populationsgröße N_e von etwa 4.

Einen messbar geringeren Einfluss auf die effektive Populationsgröße haben Farmfische (*hatchery fish*), wie sie beispielsweise in Sea-Ranching-Projekten, Elterntierhaltungen und natürlich auch im Speisefischproduktionssektor anfallen. Ursächlich ist ein geringerer Reproduktionserfolg. Die Effekte treten sehr rasch, das heißt bereits nach wenigen Generationen auf. Allerdings lassen sich die negativen Effekte abmildern, wenn ein entsprechendes Management in der Aufzucht vorliegt (Einkreuzen von Wildfischen, keine F_3 - Generation usw.).

Zur Erhöhung der Variabilität in Lachspopulationen trägt die hohe Zahl wechselnder Partner bei. Bis zu 18 verschiedene Geschlechtspartner sind für anadrome Fische festgestellt worden. Hinzu kommen frühreife Männchen, die die Zahl der Partner eines Rogners nochmals deutlich erhöhen können. In vielen Gelegen erreichen Nachkommen frühreifer Männchen Anteile von 40-50%.

Ein weiterer wichtiger Faktor sind Streuner. Ihr Einfluss bzw. ihr reproduktiver Erfolg auf der Populationsebene ist umso höher, je geringer die Populationsgröße und je geringer die genetische Distanz zur autochthonen Population ist. Hinsichtlich der effektiven Populationsgröße sind also nur „effektive Streuner“ (*effektive strayers*) relevant.

Streunerraten variieren erheblich und viele Streuner sind ausgebrochene Farmlachse. Das Problem streunender Farmlachse sind die Hybrid-Nachkommen; deren Fitness ist um 15-30% geringer als bei Nachkommen von Wildfischen. Dieser Effekt dauert etwa drei bis vier Generationen an.

Von Bedeutung für die effektive Populationsgröße N_e sind auch genetisch determinierte zeitliche Aspekte des Reproduktionsverhaltens (*spawning time*). Hier wurde die These, dass die genetisch festgelegte Laichzeit eine herausragende Position bei der Stammauswahl darstellen sollte, bestätigt. Gerade in kleinen Gründerpopulationen fallen Misserfolge eines Teils der Rückkehrer bei der Reproduktion bzw. der Ei- und Larvalentwicklung besonders ins Gewicht, weil hierdurch die effektive Zahl der Laichfische eingeschränkt wird. In solchen Fällen wäre die N_e also geringer als bei zeitlich optimal laichenden Herkünften. Durch mangelhafte Übereinstimmung der Laichzeit (*lack of timing*) innerhalb der Gründerpopulation kann die effektive Populationsgröße ebenfalls sinken, weil sich laichreife Tiere außerhalb des Zeitfensters am Laichplatz einfinden. Dies könnte insbesondere bei der Entscheidung für oder gegen Mischbesatz (verschiedene Herkünfte) bzw. beim Kreuzen von Herkünften aus verschiedenen Klimagebieten (mit verschiedenen Laichzeiten) zu beachten sein.

Für die künstliche Vermehrung und Elterntierhaltung ergeben sich hinsichtlich Größe des Laichfischbestandes entsprechend wichtige Anregungen und Empfehlungen aus der Diskussion um effektive Populationsgrößen und Inzuchtprobleme. Auch in der Nachzucht ist N_c nicht gleich N_e , denn auch hier gilt, dass nicht alle Tiere (insbesondere Milchner) fruchtbar sind. Auch gibt es bei Milchnern teils erhebliche Unterschiede in der Fruchtbarkeit. Um auszuschließen, dass einzelne Milchner überrepräsentativ in der Befruchtung vertreten sind (womit die N_e verringert würde), darf das Sperma beim Abstreifen nicht gemischt (gepoolt) werden. Vielmehr sollte jede Eicharge nur mit der Milch eines einzelnen Männchens besamt werden, auch wenn die Gefahr besteht, eine schlecht befruchtete Eicharge verwerfen zu müssen. Um möglichst „naturnahe“ Verhältnisse und eine weitere Erhöhung der Variabilität zu erreichen, empfiehlt sich ausdrücklich auch die Verwendung frühreifer Männchen. Der Laichfischbestand sollte mindestens 50 Rogner und 50 Milchner umfassen. Geringere Individuenzahlen sollten nur vorübergehend toleriert werden. Dabei kann eine Elterntierhaltung auch vorübergehend auf wesentlich geringerem Niveau aufgebaut werden (Verwendung

erster Rückkehrer bzw. Nachkommen erster Rückkehrer), wenn es im Projektverlauf weitere Einkreuzungen gibt und die erzeugten Besatzfische nur einen moderaten Teil der Generation im Gewässer ausmachen (weitere Quellen für Besatzfische vorhanden und / oder hohe Anteile Naturvermehrung).

Hinweis: In der durchaus kontroversen Diskussion zur Problematik „minimale und effektive Populationsgröße“ wurden diverse Beispiele für sehr kleine Gründerpopulationen vorgebracht, die nach Verfrachtung erfolgreich neue Lebensräume besiedelt haben. So dürfte der Karpfen nur in wenigen Einzelexemplaren nach Europa gekommen sein. Auch die Einbürgerung von pazifischen Chinook-Lachsen nach Neuseeland vor 100 Jahren fand mit einem einzigen, kleinen Ausgangsbestand statt. Mittlerweile haben sich hier zwei genetisch unterscheidbare, lebensfähige Populationen herausgebildet. Die Kröte *Bufo marinus* wurde 1935 in wenigen Exemplaren von Hawaii nach Australien eingeführt und hat mittlerweile den größten Teil des Nord-Ostens des Kontinentes besiedelt und sich zur Plage entwickelt. Diese positiven Beispiele unterstreichen die Unwägbarkeiten im „Minimale-Populationsgrößen-Konzept“. Unbekannt ist jedoch, wie viele Einbürgerungen fehl geschlagen sind, eben weil die Größe der Gründerpopulation in der neuen Umgebung zu gering war.

Managementaufgaben und Fragestellungen

Im Rahmen des Symposiums wurde deutlich, dass die Anforderungen und Problemstellungen für die Projektmanager und Genetiker stark von der spezifischen Aufgabe abhängig sind. Ein Projektmanager, der einen stark dezimierten Bestand stützen und wieder aufbauen soll, und ein Genetiker, der dieser Bestandsstützung wissenschaftlich zur Seite steht, haben substantiell andere Bewertungsansätze und Strategien als ein Projektmanager, der vor der Aufgabe steht, einen seit vielen Jahrzehnten ausgestorbenen Lachsbestand mit fremden Herkünften wiederaufzubauen. Es ist also zunächst einmal grundsätzlich zwischen der Wiedereinbürgerung (*restoration, re-introduction*), definiert als „kein Ausgangsmaterial mehr vorhanden“, der aktiven Bestandsstützung einer (kleinen) Restpopulation durch supplementären Besatz (*rehabilitation, mitigation*) und der Bestandsverbesserung (*conservation*), also der Entwicklung von Schutzmaßnahmen zu unterscheiden. Daneben existieren noch Ranching-Projekte zur Produktion von Rückkehrern zur fischereilichen Nutzung (*enhancement*).

Während Maßnahmen zur Bestandsverbesserung indirekt sind, der nachhaltigen Entwicklung dienen und insbesondere auf Veränderungen in den Gefährdungsursachen abzielen (Habitatmaßnahmen, Fangregelungen, usw.), schließen die Wiedereinbürgerung und die Bestandsstützung neben den indirekten Maßnahmen direkte Besatzmaßnahmen ein. Besatz bedeutet jedoch immer auch einen mehr oder weniger großen Eingriff in populationsgenetische Strukturen. Durch gezielten Besatz kann die genetische Variabilität und damit die Überlebenschance einer Restpopulation gesteigert werden, aber auch das Gegenteil erreicht werden (*out-breeding* Effekte); eine vom Projektmanager ausgewählte Startpopulation im Rahmen der Wiedereinbürgerung kann im Sinne ihrer genetischen Disposition über mehr oder weniger große Chancen einer erfolgreichen Einnischung in das neue Heimatgewässer verfügen usw..

Bestandsstützung

Für den mit der *Bestandsstützung* betrauten Projektmanager stellt sich zunächst die Frage der kleinsten tolerierbaren Populationsgröße, d.h. wann kann der dezimierte Restbestand wegen der steigenden Inzuchtgefahr nicht mehr aus sich selbst heraus über Nachzuchten gestützt werden und wann ist die kritische Populationsgröße erreicht, ab der über den supplementären Besatz mit „benachbarten“, also genetisch nahe stehenden Stämmen nachgedacht werden muss. Unter dem Gesichtspunkt, dass noch „heimisches Ausgangsmaterial“ zur Verfügung steht, besteht zunächst einmal das Risiko, durch Besatz mit ungeeigneten (nicht adaptierten) Fremdherkünften die fragile Restpopulation endgültig in ihrer genetischen Ausstattung bzw. Fitness so zu schwächen, dass der Bestand zusammenbricht - und so alles zu verlieren. Denkbar ist auch das umgekehrte Szenario: der Projektmanager wartet zu lange mit seiner Entscheidung, von außen zusätzliches genetisches Material einzubringen und die kleine Restpopulation bricht aufgrund von Inzuchtprozessen unaufhaltsam zusammen.

Sicher ist, dass das Einkreuzen oder Einbringen fremder Herkünfte in (zahlenmäßig geschwächte) adaptierte autochthone Bestände ein hohes *out-breeding* Risiko bedeutet. Meist habe diese Fremdherkünfte auch ein eingeschränktes Reproduktionspotential. Sogar direkte Nachbarpopulationen, so wurde am Beispiel zweier Flüsse an Irlands Westküste gezeigt, können nach Transfer in das Nachbargewässer einen deutlich geringeren Reproduktionserfolg (50%) aufweisen als die adaptierte autochthone Population.

Als prioritäre Fragen im Rahmen der Bestandstützung gelten also:

- a) Wann ist eine Population zu klein, um noch ohne supplementäre Besatzmaßnahmen überlebensfähig zu sein?
- b) Welche Möglichkeiten bestehen außerhalb von Besatzmaßnahmen mit autochthonen und allochthonen Fischen auf der Managementebene noch (Habitatverbesserungen, Befischungsbeschränkungen, Parasitenbekämpfung usw.)
- c) Welche Herkunft eignet sich für das Einkreuzen in die bestehende autochthone Restpopulation?

Zunächst erscheinen diese Problemstellungen der Bestandsstützung für kaum ein deutsches Lachswiederansiedlungsgewässer relevant. Jedoch häufen sich auch in Deutschland die Hinweise auf zunehmende Naturvermehrung (u.a. Elbzuflüsse in Sachsen, Saynbach in Rheinland-Pfalz) bzw. es werden kleine reproduktive Bestände entdeckt (siehe Delme und Oste in Norddeutschland). Folglich werden in Kürze auch hier entsprechende Entscheidungen zu treffen sein: Wie verfare ich mit meinen Besatzgewässern? Wann stelle ich den Besatz ein? Ist die Bestandsgröße (die Individuenzahl der Rückkehrer) bzw. die effektive Populationsgröße ausreichend, um lebensfähig zu sein? Basiert die neue Population auf genügend Elternfischen (ausreichende genetische Variabilität) oder war die Individuenzahl der Gründergeneration zu klein? Ist mein Elterntierbestand in der Nachzucht groß genug? Welche Bestände bilden Reproduktionseinheiten bzw. Teilpopulationen? Besteht mit benachbarten Beständen ein genetischer Austausch durch Streuner (wodurch sich die effektive Populationsgröße erhöhen würde)? Bilden Rückkehrer von Besatzfischen, die in Gewässern mit bereits bestehenden (kleinen) reproduktiven Beständen eingesetzt wurden, gar eine Gefährdung des „autochthonen“ Bestandes durch *out-breeding*-Effekte?

Wiedereinbürgerung

Einem *Wiedereinbürgerungsprojekt* müssen Untersuchungen mit folgenden Fragestellungen vorangestellt werden: Ist die Ursprungspopulation tatsächlich völlig erloschen? Gibt es genetisch auswertbare Proben (Gewebe, Schuppen), um die historische Population zu beschreiben und genetisch mit potentiellen

Spenderpopulationen zu vergleichen? Dauern die Ursachen, die zum Erlöschen der Ursprungspopulation geführt haben, noch an?

Sind die Ursachen des Bestandszusammenbruchs beseitigt oder entscheidend abgemildert und es liegt keine Ursprungspopulation mehr vor, stellen sich die für Wiedereinbürgerungsprojekte relevanten Fragen nach der Herkunft und Eignung des Besatzmaterials.

Als prioritäre Fragen zu Beginn der Wiedereinbürgerung gelten also:

- a) Welche Herkunft eignet sich am ehesten als Spenderpopulation?
- b) Ist die Verwendung mehrerer Herkünfte sinnvoll?
- c) Welche Herkünfte lassen sich miteinander kreuzen?

Bestehen Nachbarpopulationen, die sich für Besatzmaßnahmen heranziehen lassen, sind diese Herkünfte jeder anderen Herkunft vorzuziehen.

Insbesondere die Frage der Verwendung mehrerer Herkünfte sowie der „Kompatibilität“ verschiedener Herkünfte bei natürlicher und künstlicher Vermehrung konnte nicht abschließend beurteilt werden. Eine Mehrzahl der Genetiker lehnt die Mischung verschiedener Herkünfte in der künstlichen Vermehrung ab, so lange die Herkünfte nicht identifiziert werden können und die Entwicklung der Nachkommen nicht über kontrollierte Bedingungen, wie Markierungen und Wiederfänge, einem Monitoring unterzogen werden. Eine Minderheit misst den Rückkehrern, die ja einen im neuen Gewässer erfolgreichen Teil der Besatzcharge ausmachen, einen so hohen Stellenwert zu, dass sie es für zweitrangig halten, welcher Ursprungsherkunft die Tiere zuzuordnen sind. Hierbei ist jedoch zu berücksichtigen, dass die vorangegangenen Selektionsprozesse sehr unterschiedlich sein können. Ein aus Naturvermehrung stammender Rückkehrer hat gegenüber einem als Brütling besetzten Rückkehrer einen deutlich größeren Selektionsdruck im neuen Heimatgewässer erfahren. Praktisch keinen Selektionsdruck im Süßwasser erfahren als Smolt besetzte Fische. So ist hier eine deutlich bessere Differenzierung notwendig – Rückkehrer sind in ihrer „Qualität“ im Sinne erfolgter Anpassungsprozesse nicht gleichzusetzen.

Grundsätzlich gilt, dass die „Kompatibilität“ genetisch nahe stehender Herkünfte höher sein sollte als bei genetisch entfernteren Herkünften. Genetische Distanz wächst mit geographischer Distanz. Was das für die Praxis bedeutet, ist unklar. Kommt es zwischen

zwei Fremdherkünften im neue Gewässer auch zu *out-breeding* Effekten? Wie ist das Risiko einzuschätzen? Die Mehrzahl der Genetiker will negative Konsequenzen bei der Mischung stark unterschiedlicher Herkünfte in der Einnischung in neue Gewässer nicht ausschließen oder hält sie sogar für sehr wahrscheinlich (z.B. NIELSEN, CONSUEGRA, VERSPOOR). Die Bandbreite der Ansichten reicht hier von „mische nicht amerikanische, europäische und baltische Herkünfte, aber innerhalb der Formkreise sollten wenig Probleme auftreten“ bis zu „mische keine Herkünfte, die aus verschiedenen Flüssen stammen, da es sich hier um angepasste und aufeinander abgestimmte Fortpflanzungseinheiten handelt“. Als Konzession an die praktischen Möglichkeiten kann vielleicht die Empfehlung an den Projektmanager formuliert werden, eine gewisse „Kompatibilität“ für Herkünfte aus Einzugsgebieten oder Regionen anzunehmen. Danach könnte man unter Vorbehalt südwest-schwedische Herkünfte miteinander kreuzen. Gleiches mag für west-irische Stämme oder die Herkünfte Allier und Dordogne gelten. Kreuzungen bzw. Mischbesatz zwischen westfranzösischen (z.B. Allier), irischen, schottischen oder skandinavischen Herkünften stellen hingegen ein erhöhtes Risiko dar. Negative Effekte können in der Fitness der Folgegeneration auftreten, aber auch erst nach mehreren Generationen (z.B. mangelnder Reproduktionserfolg, höhere Mortalitätsraten usw.).

Auswahl des Besatzmaterials / Eignung von Fremdherkünften

Die Frage, welche Eignungskriterien bei Wiedereinbürgerungs- und Bestandsstützungsprojekten für die Herkünfte aus „Spenderpopulationen“ gelten, konnte nicht abschließend beantwortet werden. Einige Empfehlungen dürften als Konsens betrachtet werden, andere Empfehlungen sind Einzelmeinungen. Dabei war spürbar, dass sich die Problematik der Herkunftsauswahl außerhalb der Wiedereinbürgerungsprojekte an den großen Systemen Rhein, Weser und Elbe sowie in Norddeutschland kaum stellt, weil in den meisten Regionen geographisch nahe Populationen für eine Bestandsstützung oder Restoration zur Verfügung stehen.

Folgende „Empfehlungen“ sind völlig unstrittig:

- a) Die großen genetischen Unterschiede zwischen den amerikanischen, europäischen (hier u.a. Chromosomenzahl) und baltischen Rassen / Metapopulationen weisen auf eine lange räumliche Trennung hin. Eine Vermischung (beabsichtigt durch Besatz,

unbeabsichtigt durch streunende Zuchtlachse) dieser genetisch differierenden Formen ist strikt zu vermeiden.

- b) Es gibt starke klimatische Anpassungen, die dazu führen, dass u.a. Wanderzeit (*run timing*), Laichzeit (*spawning time*) und physiologische Leistungen (Stoffwechsel, Wachstum) auf die spezifischen Verhältnisse des Heimatgewässers abgestimmt sind. Einem Transfer von Herkünften zwischen stark abweichenden Klimazonen wird allgemein sehr wenig Aussicht auf Erfolg eingeräumt. Der genetisch fixierten Laichzeit kommt besondere Bedeutung zu; bei Abweichungen zwischen Spender- und Empfängergewässer sinken die Chancen einer erfolgreichen Naturvermehrung.

Folgende „Empfehlungen“ wurden häufig bzw. von den meisten Diskussionsteilnehmern ausgesprochen, sind aber auf Einwände gestoßen:

- a) Da die genetische Distanz zwischen Populationen der geographischen Distanz annähernd entspricht und die klimatischen Gegebenheiten häufig (aber nicht immer!) regional ähnlich sind, ist es grundsätzlich angeraten, die geographisch nächstgelegene Population als Spenderpopulation zu verwenden. Einwand: Dies gilt im regionalen Zusammenhang zweifellos. Bei großen Entfernungen zu den nächsten potentiellen Spenderpopulationen erscheint die Empfehlung zu starr. Beispielsweise könnten die klimatischen Verhältnisse eines 1000 km entfernten Spendergewässers dem Empfängergewässer mehr ähneln als die klimatischen Verhältnisse in einem nur 500 km entfernten Gewässer. Damit hätte dieses Kriterium nur sekundäre Bedeutung.
- b) Wenn für die ausgestorbene Population bekannt ist, dass der MSW Anteil hoch war, sollte die Spenderpopulation ebenfalls einen hohen MSW-Anteil aufweisen. Der zeitliche Rahmen des Aufenthalts im Meer besitzt eine starke genetische Komponente und die Anteilstärke der MSW-Fische weist weltweit einen rückläufigen Trend auf. Es ist folglich wahrscheinlicher, dass sich eine Verschiebung zu höheren Grilseanteilen ergibt, als dass sich aus einem Spenderstamm mit hohen Grilseanteilen ein gemischter Grilse/MSW-Stamm mit hohen MSW-Anteilen entwickelt. Die historischen Belege und Daten zu Lachspopulationen großer mitteleuropäischer Ströme (Rhein, Weser, Elbe) weisen in der Tat hohe Anteile mehrseewinteriger Lachse auf. In der Sieg (Rheinsystem) war der Grilseanteil jedoch höher als im Oberrhein. Einwand: Unklar ist die biologische Bedeutung des Grilse/MSW-Anteils für die Population bzw. die Chancen einer Anpassung. Ein Beleg

für die Untauglichkeit von eingeführten Grilse-Stämmen in ursprünglich MSW-Fischdominierten Gewässern steht noch aus.

Folgendes Kriterium wurden in Diskussionen vorgebracht, erreichte jedoch wegen substantieller Einwände nicht den Charakter einer „Empfehlung“:

a) Anpassung an die Länge des Herkunftsgewässers. Hier wird im Zusammenhang mit Wiedereinbürgerungsversuchen in langen Flußsystemen wie Rhein, Elbe, Weser u.a. die Annahme zum Ausdruck gebracht, dass Herkünfte kurzer Gewässersysteme aufgrund der stark divergierenden Migrationsdistanz elementare Nachteile aufweisen. Hier wurde zur Kenntnis genommen, dass der bisherige Erfolg mit dem in einem sehr kurzen Gewässer beheimateten Stamm Lagan (Schweden) in Rhein (Rheinland-Pfalz) und Elbe (Sachsen) die grundsätzliche Möglichkeit belegt, dass unter solchen Verhältnissen hohe Rückkehrerraten erreicht werden können. Auch die an der Kontroll- und Fangstation Buisdorf an der Sieg dokumentierten hohen Rückkehrerraten für dieses Gewässersystem bieten - unter der Einschränkung, dass hier noch nicht nach Herkünften unterschieden werden konnte - einen ersten Einblick. Da in NRW in erheblichem Umfang irisches Besatzmaterial (kurze Herkunftsgewässer) verwendet wird und in Rheinland-Pfalz ebenfalls hauptsächlich Lagan besetzt wurde, liegt auch hier nahe, dass die Länge des Herkunftsgewässers eher von untergeordneter Bedeutung ist. Da die Anzahl der Rückkehrer einer Generation positiv mit der Anzahl der Smolts korreliert, muss in beiden Fällen davon ausgegangen werden, dass auch im Smoltstadium keine wesentlichen negativen Effekte bestanden (z.B. *timing* der Umstellung der Osmoregulation).

Offene Fragen und Anregungen

Die Standortbestimmung im Rahmen des Salgen-Symposiums hat offen gelegt, dass insbesondere für Wiedereinbürgerungsprojekte diverse Fragen noch unbeantwortet bleiben müssen. Allgemein wird empfohlen, die wichtigsten Aufgaben wie die Entwicklung von Kriterien zur Auswahl geeigneter Herkünfte und zur „Kompatibilität“ unterschiedlicher Herkünfte (inkl. Verfahrensweise in der Zucht) mittels so genannter *common-garden*-Experimente zu lösen. Hierunter ist der kontrollierte Besatz mit markierten Lachsen, die unter gleichen Bedingungen gegeneinander verglichen werden, zu verstehen. Begleitend sollten diese Experimente mit effektiven Monitoring-Einrichtungen (Erfassung der Rückkehrerraten an Kontroll- und Fangstationen) sowie

genetischen Untersuchungen (z.B. zum Reproduktionserfolg) verknüpft werden. Aber auch der Vergleich von Besatzerfolgen zwischen Gewässern mit sortenreiner Besatzgeschichte (nur eine Herkunft oder eine Herkunft pro Jahr) sind als Informationsquellen heranzuziehen. Beachtet werden muss beim Vergleich zwischen unterschiedlichen Gewässern, dass die Mortalitätsraten u.a. bei der Abwanderung (etwa durch Stauhaltungen, Wasserkraftanlagen) stark variieren können.

Einige offene Fragen und Lösungsansätze sind in untenstehender Tabelle zusammengefasst.

OFFENE FRAGEN	STICHWORTE
Welche Herkünfte sind besonders geeignet (Wissensstand)?	Geographische/genetische Distanz, Laichzeit, MSW-Anteile, Migrationsdistanz
Welche Eignungskriterien sind überhaupt biologisch relevant?	Geographische/genetische Distanz, Laichzeit, MSW-Anteile, Migrationsdistanz
Ist der Besatz mit mehreren Herkünften (sog. Mischbesatz) sinnvoll?	Besatz nach Monitoring-Einheiten: Oberrhein, Main, Sieg, Mosel...
Führen Kreuzungen zu <i>out-breeding</i> Effekten? Wann?	Laichgewinnung in Iffezheim, KFS Sieg, Moselreuse
Soll Abstreifen mit nicht identifizierten Herkünften erfolgen?	Geographische Distanz entspricht genetischer Distanz, "out-breeding"
Wann hat sich eine Herkunft als ungeeignet erwiesen?	Wichtigste Kriterien? Rückkehrerquote und/oder Naturvermehrung?
LÖSUNGSANSATZ	NOTWENDIGE MAßNAHMEN
<i>common-garden</i> - Experimente mit identifizierbaren Herkünften	Markierungen, Smoltbesatz, Fang-/Kontrollstationen
Vergleichende Untersuchungen bei "sortenreiner" Besatzgeschichte	Standardisierung der Methoden
Genetische Untersuchungen	Reduzierung der Herkünfte. Begleitprojekte - Referenzdatenerhebung (<i>baselines</i>)