

Leitfaden für fischbiologische Erhebungen in Fliessgewässern unter Einsatz der Elektrofischerei

Armin Peter und Markus Erb

EAWAG
Forschungszentrum für Limnologie
Fischereiwissenschaften
6047 **Kastanienbaum**

1. Einleitung

Das öffentliche Interesse am Schutz unserer Gewässer und der Erhaltung einheimischer Fischarten hat in den letzten Jahrzehnten stark zugenommen. Die biologische Vielfalt oder Biodiversität wird in unseren, durch menschliche Aktivitäten stark veränderten Gewässern zu einem wichtigen Thema. Die Dokumentation der Artenvielfalt und des Zustandes der Fischpopulationen ist eine unabdingbare Voraussetzung für richtiges Management und Schutz der gefährdeten Arten. Die Ökologie und mit ihr die Fischbiologie haben sich in den letzten Jahrzehnten methodisch stark entwickelt. Wir sind heute durchaus in der Lage, in kleinen und mittelgrossen Fliessgewässern exakte Angaben über Fischdichten und Fischbiomassen zu machen. Der Elektrofischerei kommt dabei eine wichtige Bedeutung zu. In Fliessgewässern ist sie heute die wichtigste Fangmethode. Besonders durchwatbare Fliessgewässer eignen sich hervorragend für den Einsatz der Elektrofischerei. Schwieriger wird es in grösseren Gewässern mit zunehmender Tiefe. In tiefen Stellen (ab zirka 2 - 2.5m Wassertiefe) ist die Elektrofischerei nicht mehr effizient. Grosse Flüsse können daher mit dem aus einem Boot betriebenen Elektrofangerät nur noch an gewissen Stellen punktweise befischt werden.

In einem durchwatbaren Fliessgewässer stellt sich sehr rasch die Frage, wie, wann und mit welchen Methoden das Gewässer zu befischen ist. Auch dann, wenn die Elektrofischerei ohne Probleme und effizient eingesetzt werden kann, gibt es immer noch viele offene Fragen:

- ist eine quantitative, arbeitsaufwendige Abfischung nötig oder reicht eine weniger zeitaufwendige Methode (halbquantitativ/qualitativ) ?
- welche Methode soll eingesetzt werden (Fang-Wiederfang oder Methode mit konstantem Aufwand) ?
- ist die abzufischende Strecke abzusperren ?
- welche Art von Elektrofangerät soll eingesetzt werden (Gleichstrom, Impulsstrom)?
- welche Strecken sind zu befischen ?
- wie harmlos / problematisch ist die Elektrofischerei für die Fische ?

Der Einsatz der Elektrofischerei ist heute umstrittener als vor einigen Jahren. Es stellt sich die Frage, ob der elektrische Strom die Fische schädigt oder wie vorzugehen ist, damit die Fische nicht geschädigt werden.

Die folgenden Ausführungen beziehen sich fast ausschliesslich auf Bestandserhebungen mit dem Elektrofänger. Sie sollen helfen, zu entscheiden, welche Methode wie eingesetzt werden soll. Zudem wird diskutiert, unter welchen Umständen die Elektrofischerei als fischschonend betrachtet werden kann. Bevor jedoch Methoden diskutiert werden, sind klare Fragen zu formulieren, die es mit der Elektrofischerei zu beantworten gilt.

Tabelle 1: Häufige Probleme in der Fischökologie.

Problem/Fragen:	
●	Biologische Vielfalt (Welche Fischarten sind vorhanden ? Existenz von seltenen Arten ?)
●	Dichte und Biomasse der Fische
●	Altersstruktur der Population
●	Wachstum
●	Überlebe- bzw. Sterberaten der Fische
●	Geschlechterverhältnis
●	Alter bei Eintritt der 1. Geschlechtsreife
●	Beitrag der natürlichen Fortpflanzung
●	Wanderungen
●	Überwinden von Hindernissen
●	Gefährdung von Fischarten
●	Habitatsbenützung der Fische (Präferenzen)
●	Winterhabitate der Fische
●	Erfolgskontrolle bei Bewirtschaftungsmassnahmen
●	Erfolgskontrolle bei Verbesserungen des Lebensraumes (Revitalisierungen)

Trotz der vielen Fragen, die mit der Elektrofischerei angegangen werden können, ist es ratsam, sich auf eine oder wenige Fragen zu beschränken. Als Grundsatz dient, dass nicht alles gemessen werden soll, was gemessen werden kann.

2. Effizienz und Grenzen der Elektrofischerei

2.1. Abiotische Faktoren

Der Attraktionsradius (Distanz zur Anode, ab welcher der Fisch eine Galvanotaxis zeigt) beträgt in der Regel 1.5 - 2 m (NELVA *et al.*, 1979; PERSAT & COPP, 1990). Daraus ergibt sich die Limitierung der Elektrofischerei durch die Gewässertiefe. Neben der Tiefe gibt es aber noch viele andere Faktoren, welche die Fangwahrscheinlichkeit stark beeinflussen:

Leitfähigkeit des Wassers

Leitfähigkeiten zwischen 100 $\mu\text{S}/\text{cm}$ - 1000 $\mu\text{S}/\text{cm}$ wirken sich positiv auf die Fangwahrscheinlichkeit (p) aus. Bei höheren und niedrigeren Leitfähigkeiten nimmt p stark ab, obwohl Fische auch bei sehr niedrigen Leitfähigkeiten gefangen werden können (z.B. 19 $\mu\text{S}/\text{cm}$ im Sustlibach Kt. UR; PETER, 1986). Die nötige Spannung und Geräteleistung bei der Elektrofischerei hängt von der Leitfähigkeit des Wassers ab. Bei niedrigen Leitfähigkeiten sind hohe Spannungen zu verwenden (die benötigte elektrische Leistung ist niedrig, es können auch leistungsschwache Generatoren eingesetzt werden). Bei hoher Leitfähigkeit ist mit niedriger Spannung zu fischen (die benötigte Leistung ist hoch, es müssen leistungsstarke Geräte eingesetzt werden).

Transparenz des Wassers

Der Betäubungsradius (maximale Distanz eines Fisches zur Anode, ab welcher dieser betäubt wird) beträgt zirka 0.5 m. Eine eingeschränkte Sichtweite führt zu einer starken Grössenselektivität der Methode, es werden vor allem grosse Fische gefangen. Bereits in leicht trübem Wasser lassen sich bodenorientierte und dem Untergrund gut angepasste Fische (z.B. Groppe und Gründling), Kleinfische generell, aber auch in Schwärmen lebende Fische schlecht fangen. In klarem Wasser können die auf dem Boden lebenden Fischarten oder versteckorientierte Fische (z. B. die Forelle) gut gefangen werden.

Habitatsstruktur

Gut strukturierte Habitate weisen eine hohe Fischdichte auf. Deshalb ist die Wahrscheinlichkeit, Fische zu fangen, in diesen Habitaten grösser als in monotonen Strecken. Oft ist es jedoch schwierig, die Fische aus gut strukturierten Habitaten herauszufangen (z. B. Holzansammlungen). Ähnliche Schwierigkeiten ergeben sich mit den Unterwasserpflanzen. Fische, die in den Pflanzenbüscheln betäubt werden, haben eine niedrige Fangwahrscheinlichkeit. In schlecht strukturierten Habitaten (monotone Abschnitte) flüchten die Fische vor der herannahenden Fangequippe. Ist die Abfischungsstrecke nicht mit Netzen oder einer Elektrobarriere abgesperrt, entweichen diese Fische.

Substrat

Auf Schlamm und Schluff sind die Fische schwieriger zu fangen. Dieses Substrat leitet den elektrischen Strom besser als Kies, es entstehen deshalb mehr Unregelmässigkeiten im elektrischen Feld. Zudem tritt im Schluff nach dem Eintauchen der Anode sehr rasch eine Wassertrübung auf.

Fliessgeschwindigkeit

Langsam fliessendes, aber auch sehr schnell fliessendes Wasser schafft für die Elektrofischerei schwierige Bedingungen. In schnell fliessendem Wasser treiben die betäubten Fische rasch an der Anode vorbei, der Person mit dem Fangnetz steht meist nur eine sehr kurze Reaktionszeit zur Verfügung. In langsam fliessendem Wasser bleiben die betäubten Fische an der Anode. Wird der Anodenkontakt nicht auf ein Minimum reduziert, kann es zu Verletzungen kommen.

Temperatur

Die optimale Wassertemperatur für die Ausübung der Elektrofischerei beträgt für die Salmoniden 5-10° C, für die Cypriniden 10-20° C (ZALEWSKI & COWX, 1990). Bei Temperaturen unterhalb von

4° C weisen die Fische geringere Fangwahrscheinlichkeiten auf, da sie schneller immobilisiert werden und somit schwieriger zu fangen sind.

2.2. Biotische Faktoren

Artsselektivität

Die Artzugehörigkeit spielt bezüglich der Fangwahrscheinlichkeit eine wesentliche Rolle. Die Körperleitfähigkeiten verschiedener Fischarten unterscheiden sich bis zu einem Faktor 3 (STERNIN *et al.*, 1972). Die Fischlänge und das Verhalten der Fische sind jedoch für die Fangeffizienz wichtiger als physiologische Unterschiede. Wie bereits erwähnt, hängt die Fangwahrscheinlichkeit bei benthisch lebenden Arten (z.B. Groppe, Gründling, Schmerle, Neunauge) stark von der Zusammensetzung des Sediments ab. Pelagisch und semipelagisch lebende Arten (Äsche) meiden das elektrische Feld und sind schwieriger zu fangen. Grundsätzlich gilt, dass Fischgemeinschaften mit mehreren Arten schwieriger zu fangen sind als weniger diverse Gemeinschaften mit nur wenigen Fischarten (1-3 Arten).

Grössenselektivität

Die Elektrofischerei wirkt grössenselektiv. Grössere Fische haben eine grössere Fangwahrscheinlichkeit. Dies ergibt sich aus der grösseren Spannungsdifferenz im elektrischen Feld zwischen Kopf und Schwanz. CHIEMELEWSKI *et al.* (1972) beschreiben für cDC (konstanter Gleichstrom) und pDC (gepulster Strom) einen exponentiellen Zusammenhang zwischen Körperlänge der Fische und der Fangwahrscheinlichkeit. BORGSTROM & SKAALA (1993) zeigen hingegen in einer neueren Arbeit für pDC eine lineare Abhängigkeit (Abb. 1).

Abb. 1: Geschätzte Fangwahrscheinlichkeiten verschiedener Grössenklassen juveniler Bachforellen und atlantischer Lachse mit den entsprechenden Regressionsgeraden (aus BORGSTROM & SKAALA, 1993).

3. Verschiedene Stromarten

Wechselstrom (AC, englisch alternating current) und Gleichstrom (DC, englisch direct current) unterscheiden sich in ihrer Wirkung auf Fische grundsätzlich. Der Einsatz von AC ist nicht empfehlenswert. Obwohl Fische grundsätzlich auch mit AC gefangen werden können, ist diese Anwendung Spezialisten zu überlassen. In der Schweiz ist AC für die Elektrofischerei nicht zugelassen (Verordnung zum Bundesgesetz über die Fischerei). DC wird direkt als konstanter DC (cDC) oder aber in gepulster Form (pDC) eingesetzt. Bei pDC gibt es, abhängig von den Pulsen pro sec (Frequenz), der Länge der einzelnen Pulse und der Gruppierung von mehreren Pulsen, unterschiedliche Anwendungsmöglichkeiten. Elektrofängergeräte mit gepulstem Gleichstrom (pDC) sind dank ihrem geringen Gewicht (batteriebetrieben) und dem damit verbundenen breiten Einsatzspektrum weltweit stark verbreitet. Abbildung 2 gibt einen Überblick über die weltweit verwendeten Stromtypen in der Elektrofischerei. Die Fische reagieren auf DC wie in Abbildung 3 dargestellt.

Die Reaktion der Fische auf Pulsstrom pDC ist recht kompliziert. Es ist nicht bekannt, welcher Typus von pDC auf die Fische die beste Wirkung hat (hohe Fangwahrscheinlichkeit, geringe Verletzungsrate). Rechteckige Pulse werden bevorzugt, da sie einen grösseren Anteil an cDC aufweisen. Verglichen mit cDC unterscheidet sich pDC wie folgt:

- die Galvanotaxis ist schwächer als bei cDC
- die Tetanie (Muskelkrampf) tritt schon bei sehr niedrigen Spannungsgradienten auf (0.16 V cm⁻¹). Deshalb werden die Fische bereits in einem relativ grossen Abstand zur Anode betäubt. Sie zeigen keine richtige anodische Reaktion.

Abb. 2: Einige in der Elektrofischerei eingesetzte Stromtypen.

Abb. 3: Die wichtigsten Reaktionszonen in der Elektrofischerei. Die aktuellen und relativen Grössen der Zonen sind abhängig von der Fischart, der Grösse der Fische und den allgemeinen Bedingungen und variieren mit der abgegebenen Leistung, der Grösse der Elektroden und den Umweltbedingungen (nach SNYDER, 1992).

Diese Tatsachen reduzieren die Fangwahrscheinlichkeit und beeinträchtigen die Resultate der Abfischungen. Durch verschiedene Kombinationen von Frequenzen und Pulslängen wurde versucht, die negativen Eigenschaften von Pulsstrom zu reduzieren (siehe auch Kapitel 4).

Trotz einigen Nachteilen kann auf den Einsatz von pDC nicht verzichtet werden. Die mit batteriebetriebenen, pDC liefernden Fanggeräte sind leicht, äusserst mobil und der Stromkreis kann per Knopfdruck ein- und ausgeschaltet werden. Heute werden zudem fischschonende pDC Geräte gebaut (z. B. Coffelt CPSc-System).

Auf keinen Fall darf der Eindruck entstehen, dass Fischverletzungen durch die Elektrofischerei nur mit pDC-Systemen zusammenhängen. Auch mit cDC Systemen können negative Auswirkungen auf Fische entstehen. Dies passiert besonders beim Ein- und Austauschen der Anode.

Zusammenfassung Strom und Fische:

- Der Einsatz von AC ist verboten und zu vermeiden.
- Wo immer möglich, soll mit konstantem Gleichstrom (cDC) gefischt werden. Die Vorteile sind:
 - hohe Fangwahrscheinlichkeit (kein anderer Stromtyp übertrifft cDC)
 - Verletzungsrisiko: cDC ist für die Fische der schonendste Stromtyp
- Nur wenn auf Mobilität nicht verzichtet werden kann, kommt der Pulsstrom pDC zum Einsatz. Es ist aber zu berücksichtigen, dass die Fische auf pDC schlechter reagieren (schlechtere Galvanotaxis) und dass für sie ein höheres Verletzungsrisiko besteht (Tetanie bereits bei sehr niedrigen Spannungsdifferenzen). Als fischschonendes Impusgerät bietet sich das CPSc-System der Firma Coffelt (USA) an.

4. Schädliche Auswirkungen der Elektrofischerei

4.1. Negative Effekte für Fische

Die Elektrofischerei galt während vieler Jahre und sogar Jahrzehnte als unbedenklich, nicht oder kaum schädigend für Fische (HALSBAND & HALSBAND, 1975). In den letzten Jahren sind jedoch vor allem in den USA viele Publikationen erschienen, die gegenüber der Elektrofischerei eine kritischere Position einnehmen (SHARBER & CAROTHERS, 1988, 1990; LAMARQUE, 1990). LAMARQUE gehört neben SHARBER & CAROTHERS zu den wenigen Autoren, die bereits vor mehr als 6 Jahren Schädigungen der Fische durch die Elektrofischerei aufzeigten. In den letzten Jahren häuften sich die Publikationen, welche sich mit den negativen Auswirkungen der Elektrofischerei beschäftigen.

Beschrieben wurden bis heute *Verhaltensänderungen* (MESA & SCHRECK, 1989; SORENSEN, 1994), *Stress* (BOUCK & BALL, 1966; MESA & SCHRECK, 1989), *Wachstumsreduktion* (GATZ *et al.*, 1986; DWYER & WHITE, 1995) und *physische Verletzungen* (HUDY, 1985; SHARBER & CAROTHERS, 1988, 1994).

Als bestimmende Faktoren für das Verletzungsrisiko lassen sich folgende Parameter nennen:

- Spannungsgefälle zwischen Kopf und Schwanz und somit auch die Fischlänge
- Stromtyp (AC, cDC und pDC)
- Expositionszeiten im Stromfeld
- Leitfähigkeit des Wassers
- Fischart
- Herkunft (Wild- oder Zuchtfische).

Die bis heute durchgeführten Untersuchungen zeigen deutlich, dass Rückenmarks-verletzungen zusammen mit Verletzungen des Muskelgewebes im Bereich des Rückenmarks, gebrochene Knochen (v.a. Wirbel) und Schäden an Synapsen die wichtigsten negativen Auswirkungen von Strom auf Fische sind. Bei Salmoniden ist durch Überprüfen der Haut leicht festzustellen, ob Wirbel beschädigt sind. In der Nähe der betroffenen Wirbel erscheinen dann dunkle Flecken auf der Haut. Falls grosse Areale des Körpers dunkel gefärbt sind, handelt es sich wahrscheinlich um einen Bruch der Wirbelsäule. Diese Flecken resp. die zugrunde liegenden Verletzungen können auch schon auftreten, wenn der Fisch noch weit von der Anode entfernt ist. Sie sind ein Resultat von Hypererregungen des sympathischen Nervensystems, verursacht durch den Bruch eines Wirbels. Diese Flecken sind nicht mit Verbrennungen zu verwechseln, welche hauptsächlich durch direkten Kontakt der Fische mit der Anode entstehen.

Ausgelöst durch Publikation von SHARBER & CAROTHERS (1988) wurden in den USA grosse Bedenken betreffend der Elektrofischerei geäussert. Diese Autoren stellten fest, dass 44-67 % der mit Strom (moderne pDC-Geräte) gefangenen Regenbogenforellen (>300 mm Totallänge) verletzt waren.

Im September 1992 wurde in den USA durch die *Fisheries Management Section* der *American Fisheries Society* ein Netzwerk für den Informationsaustausch zum Thema "Verletzungen durch Elektrofischerei" ins Leben gerufen (SNYDER, 1995). Neueste Untersuchungen in verschiedenen amerikanischen Bundesstaaten bestätigen, dass durch Anwendung von pDC beträchtliche Schäden an der Wirbelsäule entstehen können. Es wurde aber auch festgestellt, dass mässige Verletzungen verheilen und sich die betroffenen Fische wieder normal verhalten. Bei bestimmten Fischarten wurden

Rückgratverletzungen (bis 90% der Individuen) festgestellt. Salmoniden (Bachforelle, Regenbogenforelle und Bachsaibling) reagieren besonders empfindlich.

Es scheint eine direkte Beziehung zwischen der Pulsfrequenz und der Verletzungsrate zu existieren, aber auch plötzliche Spannungsänderungen, wie sie beim Ein- und Austausch der Anode entstehen, sind von Bedeutung. Somit bleibt die Verletzungsfrage auch bei Verwendung von Geräten mit Gleichstrom aktuell.

Ein weiteres Problem der Elektrofischerei ist das Ersticken der Fische, verursacht durch zu lange Exposition an den Elektroden und durch falsches Handling der gefangenen Fische. Diese Beeinträchtigungen lassen sich jedoch vermeiden, indem die Fische nur kurz dem Anodenfeld ausgesetzt und äusserst sorgfältig behandelt werden. Auch ist mit möglichst niedrigen Spannungen und grossen Elektroden zu arbeiten.

4.2. Negative Effekte für Eier

Über Laichplätzen kann der Strom die sich entwickelnden Embryonen und Fischlarven beschädigen (DWYER & WHITE, 1995; DWYER *et al.*, 1993). DWYER & ERDAHL (1995) zeigten, dass Eier der Cutthroat-Forellen (*Oncorhynchus clarki*) besonders in der Zeitspanne von 4-14 Tagen nach der Befruchtung durch den elektrischen Strom stark geschädigt werden. Danach sind die Eier deutlich weniger sensibel. Für sie ist die Höhe der angelegten Spannung kritischer als die verwendete Stromart (DC, pDC, CPSc). LAMARQUE (1990) erwähnt ebenfalls, dass die Eier bis zum Augenpunktstadium relativ empfindlich sind. Es empfiehlt sich, auf die Elektrofischerei über frisch angelegten Laichgruben zu verzichten. Grundsätzlich soll auch später in Laichgebieten während der Inkubationsphase (Phase bis Emergenz) nur mit niedrigen Spannungen (200 V) gefischt werden. Besonders auf Laichplätzen von gefährdeten Fischarten soll die Elektrofischerei während der Laichzeit und in den ersten Monaten nach dem Schlüpfen nur mit äusserster Vorsicht eingesetzt werden. Über die Auswirkungen von Strom auf Fischlarven ist wenig bekannt. Es kann jedoch davon ausgegangen werden, dass die Larven deutlich weniger sensibel reagieren als die Eier. Allerdings bestehen Unterschiede zwischen den verschiedenen Arten. Zanderlarven und -brütlinge gelten als äusserst sensibel, hingegen sind Forellenlarven und -brütlinge recht widerstandsfähig (LAMARQUE, 1990).

4.3. Gesamthafte Beurteilung der Schäden

Grundsätzlich ist zu beachten, dass die Elektrofischerei Fische schädigen kann. Davon können auch Individuen betroffen werden, die nicht das Ziel der Abfischungen sind und sich nur in der Nähe der Elektroden befinden, ohne gefangen zu werden. Bei jedem Einsatz der Elektrofischerei sollen die Fische auf Verletzungen kontrolliert werden. Es sind alle Massnahmen zu ergreifen, um Verletzungen zu vermeiden. Wird trotzdem ein substantieller Anteil der befischten Population geschädigt, muss die Elektrofischerei eingestellt und mit anderen Methoden weitergearbeitet werden.

Verletzungen der Fische sind also eine unvermeidbare Konsequenz beim Fischen mit Strom. Schliesslich ist aber die verursachte Mortalität mit der Populationsgrösse und mit negativen Auswirkungen anderer Fangmethoden zu vergleichen. Auch der Nutzen eines grundsätzlichen Erkenntnisgewinnes über die Fischpopulation ist zu berücksichtigen. SCHILL & BELAND (1995) rechnen vor, dass in elf untersuchten Flüssen in Idaho die Populationsmortalität bedingt durch das Elektrofischen maximal 0.1% - 0.3% beträgt. Auch muss beachtet werden, dass keine der heute bekannten Fangmethoden (z. B. Netz- oder Reusenfischerei) 0% Mortalität gewährleisten kann.

Die schädlichen Auswirkungen der Elektrofischerei können auf ein Minimum reduziert werden, falls folgendes beachtet wird. Es soll:

- wenn möglich mit cDC gefischt werden
- beim Einsatz von pDC mit niedrigen Frequenzen (Rechteck-Pulse mit ca. 30-40 Hz oder weniger) gearbeitet werden. Diese schädigen die Fische weniger. CPSc Systeme der Firma Coffelt haben sich als fischschonende Fanggeräte erwiesen. Beim Einsatz von pDC ist die Anschaffung eines CPS-Systems deshalb empfohlen
- mit möglichst niedrigen Spannungen und grossen Anoden gearbeitet werden. Damit lässt sich die Zone der Tetanie um die Anode minimieren
- die Aufenthaltszeit der Fische direkt an der Anode (Zone der Tetanie) auf ein Minimum reduziert, direkte Anodenberührungen wenn immer möglich vermieden werden. Dies bedingt einen erfahrenen Anodenführer und aufmerksame Kescherleute
- bei Nachteinsätzen auf gute Beleuchtungsverhältnisse geachtet werden, so dass die Fische rasch aus dem Wasser entnommen werden können
- sichergestellt werden, dass der Anodenführer und die Kescherperson mit Polarisationsbrillen ausgerüstet sind. Damit sind die Fische besser sichtbar, können schneller gefangen werden und sind somit weniger lang dem Strom ausgesetzt
- nur bei klarem Wasser gefischt werden (gute Sichttiefe)
- darauf geachtet werden, dass sich die Fische rasch in gut durchlüftetem Wasser erholen können
- bei unvermeidlichen Einsätzen in Laichgebieten während der Inkubationsperiode mit niedrigen Spannungen (< 200 V) gefischt werden

5. Zeitpunkt der Erhebungen

Die fischbiologischen Erhebungen sollen dann stattfinden, wenn die Abflussbedingungen günstig und die Voraussetzungen gegeben sind, optimale biologische Information über die Fischpopulationen zu erhalten. Eine grosse Bedeutung kommt der Einschätzung der natürlichen Reproduktion zu. Niedrige Abflussbedingungen mit guten Sichttiefen treten häufig im Spätsommer und Frühherbst auf. Bei niedrigem Abfluss sind die Fliessgeschwindigkeiten reduziert und die Wasseroberfläche beruhigt. Dies wirkt sich positiv auf den Fang aus. Wichtige Informationen zur Bedeutung der Naturverlaichung erhalten wir ebenfalls im Spätsommer und Herbst. Die 0+-Fische in unseren Gewässern sind zu diesem Zeitpunkt gross genug und können mit dem Elektrofangerät ohne Probleme nachgewiesen werden. Dies gilt ganz speziell auch für alpine und hochalpine Situationen. Unter alpinen Extremverhältnissen sind die 0+-Fische vor Ende Sommer in der Regel kaum nachweisbar.

Aus den genannten Gründen erweist sich die Zeit zwischen Ende August und anfangs Oktober als idealer Zeitpunkt für elektrische Abfischungen.

In einigen Gewässern, aber besonders in artenreichen Fliessgewässern des Flachlandes, interessiert oft auch die Habitatsbenützung der Fische im Winter. Um diese Frage anzugehen, sind Abfischungen im Winter unumgänglich. Grundsätzlich gilt in artenreichen Gewässern, dass für die Dokumentation der vorkommenden Arten mehrere Abfischungen verteilt auf sämtliche Jahreszeiten durchzuführen sind. Als Minimum braucht es eine Spätsommer- und Winterabfischung.

In den Sommermonaten sollten Abfischungen in Forellen- und Äschengewässern nur unter Einhaltung äusserster Vorsicht stattfinden. Hohe Temperaturen in Hälterungsbecken führen sehr rasch zu Sauerstoffmangel und Erstickung von Fischen.

6. Gefährdete Fischarten

In jedem Kanton sollte eine Übersicht über das Vorkommen von gefährdeten Fischarten vorhanden sein. Es muss also bekannt sein, wo die gefährdeten Arten leben und wann sie in gewissen Gewässerabschnitten vorhanden sind. Ebenfalls sollte ihre Habitatsbenützung dokumentiert sein. Die vorhandenen Populationen sind zu charakterisieren (Grössenklassen), ihre Laichgebiete zu identifizieren. Quantitative Methoden sind dazu nicht unbedingt erforderlich, hingegen braucht es halbquantitative Angaben (relative Dichten). Es wird davon abgeraten, die gefährdeten Fischarten zum Zeitpunkt des Ablaichens oder während der Entwicklungsphase der Eier und Embryonen zu befischen. Die im Kapitel 4 (schädliche Auswirkungen der Elektrofischerei) diskutierten Probleme sind unbedingt zu berücksichtigen. Minimale Effekte der Elektrofischerei dürfen allerdings in Kauf genommen werden. Ein Schutz der gefährdeten Fischarten ist nur möglich, wenn bekannt ist, wo sie leben und welche Habitate für sie wichtig sind. Ebenfalls ist ihre Populationsgrösse grob zu charakterisieren. Dies umfassend aufzuzeigen, ist nur mit der Elektrofischerei möglich. Die Inventarisierung der gefährdeten Fischarten hat sich jedoch mit zwei schwierigen Problemen auseinanderzusetzen:

- Viele gefährdete Fischarten leben vorwiegend in grösseren Fliessgewässern und sind mit der Elektrofischerei schwierig nachzuweisen. Ihre Populationsdichte ist zudem oft sehr gering (z. B. Strömer).
- Einige Arten treten in gewissen Fliessgewässerabschnitten nur periodisch auf (z.B. während der Laichzeit oder im Winter). Der Nachweis gelingt nur, mit mehrmaligen Abfischungen zu verschiedenen Jahreszeiten.

7. Populationsabschätzungen

Mit dem Einsatz der Elektrofischerei lässt sich in einem Fliessgewässer das Artenspektrum erfassen. Somit wird wichtige Information für die fischereiliche Bewirtschaftung, aber auch für biologische Überwachungsprogramme (Biomonitoring) gewonnen. Besonders wichtig sind Informationen über Artenvielfalt (Biodiversität) und Vorkommen von gefährdeten Fischarten, stets in Verbindung mit Dichteangaben. In der Regel werden Fischinventare mit grossem Aufwand erstellt, doch haben sich in den letzten Jahren auch Methoden durchgesetzt, die mit geringerem Aufwand recht schnell einen Überblick über die Fischbesiedlung in einem Fliessgewässer geben. Damit kann in einem bestimmten Fliessgewässer das Vorkommen gefährdeter Fischarten rasch aufgezeigt werden und es stehen somit wertvolle Basisinformationen zur Verfügung.

7.1. Qualitative und halbquantitative Befischungsmethoden

Diese Methoden eignen sich, um rasch einen Überblick über die in einem Fliessgewässer vorkommenden Fischarten zu gewinnen. In einem kleinen Fliessgewässer wird das ganze Gewässer oder aber mehrere repräsentative Abschnitte befischt. Die Befischung wird mit einem mobilen, tragbaren Elektrofänger durchgeführt. Dazu braucht es 2-3 Personen. Die geringe Fangwahrscheinlichkeit der tragbaren Geräte spielt für diese Befischungen keine Rolle. Eine Absperrung von Gewässerabschnitten ist ebenfalls nicht nötig. Die Fliessgewässerabschnitte werden mit gleicher Intensität befischt, alle Habitatstypen werden berücksichtigt. Die Identifikation der Fische (Art, Länge oder Grössenklasse) geschieht entweder direkt im Fangkescher oder in einem Kessel. Kleinfische werden in der Regel in zwei Grössenklassen unterteilt, für grosse Arten reichen drei Grössenklassen: 0+, Fische bis 20 cm, Fische grösser als 20 cm (oder 0+, juvenil, adult). Der Protokollführer erstellt bei der Abfischung für jede Art und Grössenklasse eine Strichliste. Es ist auch möglich, auf die Einteilung in Grössenklassen zu verzichten und die Fische auszumessen. Dies erhöht jedoch den Aufwand ziemlich stark.

Halbquantitative Methode

Die Befischung wird wie oben beschrieben durchgeführt. Die festgestellten Häufigkeiten werden nun vorgegebenen Häufigkeitsklassen zugewiesen (Tabelle 2). Damit sind jederzeit Vergleiche mit anderen Fliessgewässern möglich. Die halbquantitative Methode ist eine Angabe von relativen Dichten. Die festgestellte Dichte steht mit einer relativ konstanten, jedoch unbekanntem Proportion in Beziehung zur Grösse der Gesamtpopulation. Die Dichte wird mit einem Index (Klasse) angegeben. Ein Index von 4 bedeutet allerdings nicht, dass die Fischdichte doppelt so hoch ist wie bei der Klasse 2.

Tabelle 2: Häufigkeitsklassen (Indices) für halbquantitative Abfischungen.

Klasse	Dichte (Abundanz)
1	vereinzelt Vorkommen
2	geringe Dichte
3	mittlere Dichte
4	hohe Dichte
5	sehr hohe Dichte (massenhaft)

Qualitative Methode

Die Befischung erfolgt wie oben beschrieben, Fische werden jedoch nicht gemessen, sondern nur bestimmt. Die Häufigkeiten werden statt exakt aufgenommen nur geschätzt. Diese Methode erlaubt es, sich innert kurzer Zeit einen Überblick über die Fischbesiedlung (Artenvorkommen) zu verschaffen. Mit dieser Methode ist aber nur eine Aussage über die vorkommenden Fischarten und eine sehr grobe Abschätzung der Dichte möglich.

Die beschriebenen Methoden sind auf durchwatbare Fliessgewässer beschränkt. In grossen, nicht durchwatbaren Fliessgewässern gelangt die Punktbefischung zum Einsatz.

Punktbefischung

In grösseren und nicht mehr durchwatbaren Gewässern muss der Fangaufwand und die Intensität der Befischung in Grenzen gehalten werden. Es gelangt deshalb die Methode der Punktbefischung (englisch **Point Abundance Sampling**, PAS Nelva et al. 1979, Persat und Copp 1990) zum Einsatz. Die Teststrecke wird an zufällig ausgewählten Punkten befischt. An diesen Punkten wird die Anode eingetaucht und auf einer Kreisfläche mit einem Radius von zirka 2 m werden die Fische gefangen. Damit sich die Erhebungen an den einzelnen Punkten gegenseitig nicht beeinflussen, ist zwischen den befischten Punkten eine minimale Distanz von 15-20 m Metern freizuhalten. An jedem Punkt werden die gefangenen Fische nach Art und Grösse protokolliert. Je nach Untersuchungsziel, können auch Habitatsparameter (Tiefe, Fliessgeschwindigkeit, Substrat) festgehalten werden. Die mit der Punktbefischung erhobenen Daten geben Auskunft über die relative Häufigkeit von Arten und Grössenklassen. Die Methode eignet sich vor allem für grosse Flüsse.

7.2. Quantitative Befischungsmethoden

Wenn wir die Fischdichte in einem bestimmten Areal so exakt wie möglich abschätzen wollen, benützen wir quantitative Abfischungsmethoden. Diese Methoden werden hier so diskutiert, dass sie für einen kurzen Befischungsabschnitt oder für einige repräsentative Abschnitte einer 1-3 km langen Fliessstrecke eingesetzt werden können. Die befischten Strecken sind in der Regel 100-300 m lang und immer durchwatbar.

Für die quantitativen Bestandenserhebungen sollen nur Methoden zum Einsatz kommen, welche für die zu untersuchende Fischart erprobt sind. Das ganze Samplingprozedere soll korrekt, jedoch so einfach wie möglich durchgeführt werden. Jede Methode basiert auf Annahmen, die nicht verletzt werden dürfen. Eine richtig ausgeführte quantitative Befischungsmethode sollte erlauben, zur Bestandenserhebung eine Fehlerabschätzung durchzuführen.

Bei der Populationsabschätzung mit quantitativen Methoden entstehen **statistische** und **systematische** Fehler. Die wahre Populationsgrösse ist mit der Elektrofischerei nur abschätzbar, jedoch nie exakt bestimmbar. Die im folgenden berechneten Populationsgrössen sind daher Schätzwerte. Sie sind mit einem statistischen und einem systematischen Fehler behaftet.

- **Statistischer Fehler:** Die Präzision einer Methode bezieht sich auf ihre Wiederholbarkeit. Wenn wir annehmen, dass die Bestandesabschätzung in einer bestimmten Strecke mehrmals wiederholt wird und immer wieder zu einer fast identischen Populationsabschätzung führt, dann ist die Methode präzise. Die einzelnen Abfischungen können auch mit Schiessübungen verglichen werden (1 Schuss entspricht einer Abfischung). Liegen alle Treffer nahe beisammen, jedoch weit vom

Scheibenzentrum entfernt, ist der statistische Fehler klein, aber der systematische Fehler gross (siehe Abbildung 4). Der statistische Fehler entsteht durch die heterogene Verteilung der Fische in der Untersuchungsstrecke. Er kann durch intensive Befischung stark reduziert werden. Ein kleiner statistischer Fehler liefert eine gute Präzision.

- **Systematischer Fehler:** Der systematische Fehler hingegen bewirkt, dass die Populationsgrösse (auch bei guter Präzision) falsch eingeschätzt wird (Überschätzung/Unterschätzung). Er wird dann bedeutend, wenn die Voraussetzungen für eine bestimmte Schätzmethode nicht eingehalten werden. Schätzungen mit kleinem systematischen Fehler liefern, falls der statistische Fehler ebenfalls klein ist, eine recht exakte Populationsabschätzung. Systematische Fehler sind äusserst schwierig abzuschätzen (im Gegensatz zum statistischen Fehler).

Für alle Populationsschätzungen ist zu beachten, dass grundsätzlich in einem Gewässer räumlich und zeitlich starke Unterschiede in der Fischdichte auftreten. Eine Bestandesabschätzung ist daher als Momentaufnahme zu betrachten.

Abb. 4: Analogie zwischen Schiessübungen und Bestandesabschätzungen. Linke Scheibe: kleiner statistischer Fehler, jedoch grosser systematischer Fehler. Rechte Scheibe: kleiner statistischer und kleiner systematischer Fehler (aus WHITE *et al.*, 1982).

7.2.1. Die Removal Methode (Entfernen der Fische)

Die Einheit für eine Dichteabschätzung ist die Population (Gruppe von Organismen derselben Art, welche zu einer bestimmten Zeit einen bestimmten Raum nutzt). Die Removal-Methode ist die am häufigsten verwendete Populationsabschätzungs-Methode. Ein Abschnitt wird mehrfach befischt. Die Rate, mit welcher die Fangzahlen in den aufeinanderfolgenden Durchgängen abnimmt, steht in direktem Zusammenhang mit der unbekanntem Populationsgrösse. Diese Methode sollte nur eingesetzt werden, wenn die Fangwahrscheinlichkeit p gross genug ist ($p > 0.2$). Nur unter dieser Voraussetzung kann mit einem einzelnen Abfischungsdurchgang die Populationsgrösse massiv reduziert werden.

Die Removal-Methode basiert auf folgenden Annahmen (aus WHITE *et al.*, 1982):

- Beim richtigen "Removal-Sampling" wird ein Fisch nur einmal gefangen. Die gefangenen Fische werden (getrennt nach Durchgängen) in Becken gehältert, bis alle Abfischungsdurchgänge durchgeführt wurden. Am Schluss (nach dem Zählen, Messen und Wägen) werden sämtliche Fische wieder ins Gewässer zurückversetzt.
- Es wird angenommen, dass es sich um eine **geschlossene** Population handelt, d.h. dass zwischen den einzelnen Abfischungsdurchgängen keine Fische ein- oder auswandern. Konsequenterweise muss demzufolge die Abfischungsstrecke entsprechend abgesperrt werden (Elektrosperrung oder Sperrnetz). Falls die Strecke keineswegs als abgeschlossen betrachtet werden kann und Fische ein- und auswandern, wird die Abschätzung zu einem totalen Fiasko. Wenn Fische während den Durchgängen das befischte Areal verlassen, wird die Populationsgrösse N unterschätzt. Bei Einwanderungen wird N überschätzt (meist sehr stark).
- Removal-Methoden verlangen mindestens zwei Abfischungsdurchgänge. Zwei Durchgänge erlauben jedoch keine Berechnung der Annahme, dass die Fangwahrscheinlichkeit konstant

bleibt. Falls alle Tiere eine mittlere Fangwahrscheinlichkeit von 0.8 haben, genügt es, zwei Durchgänge durch-zuführen.

- Die Removal-Methode nimmt eine gleiche und konstante Fangwahrscheinlichkeit für alle Individuen an.
- Falls die Annahme der gleichen und konstanten Fangwahrscheinlichkeit getestet werden soll, sind mindestens drei Abfischungsdurchgänge durchzuführen. Dies empfiehlt sich in der Regel.
- Um mit der Removal-Methode brauchbare Resultate zu erhalten, muss die Fangwahrscheinlichkeit mindestens 0.2 betragen. Falls sie wirklich nur 0.2 beträgt, liefern auch sechs Durchgänge nur einigermaßen brauchbare Resultate.
- Die Removal-Methode ist für eine Population, die aus mehreren Tausend Individuen besteht, nicht brauchbar.
- Falls die verschiedenen Durchgänge keine offensichtliche Abnahme der Anzahl der gefangenen Fische liefert, ist die Removal-Methode nicht brauchbar.
- Die Annahme der konstanten Fangwahrscheinlichkeit kann bei Heterogenität der Fische nicht aufrechterhalten werden. Gründe für Unterschiede in der Fangwahrscheinlichkeit sind unterschiedliche Arten, Geschlechter oder Alter. **Die Daten sollten daher nach Fischarten und Grössenkategorien aufgetrennt werden** (falls möglich unter Umständen zusätzlich nach Geschlecht).

Um möglichst hohe Fangwahrscheinlichkeiten zu erreichen, wird empfohlen, in breiten Gewässern mit mehreren Anoden zu fischen. Bis 4-5 m Gewässerbreite ist der Einsatz einer Anode ausreichend. Bei einer Breite von 5-8 m wird empfohlen, mit 2 Anoden zu arbeiten. Bei Fließgewässern mit einer mittleren Breite von mehr 8 m sind nach Möglichkeit 2-3 Anoden oder mehr (bei Breiten > 15-20 m, 2-4 Anoden) einzusetzen.

Um die Populationsabschätzung zu standardisieren, empfehlen wir die Benützung eines Computerprogrammes. Gute Erfahrungen wurden mit dem Programm Microfish Version 3.0 (Van Deventer und Platts) gemacht. Die Populationsgrösse wird mittels des "maximum likelihood" (ML) Schätzers abgeschätzt. Dazu ein Beispiel:

Beispiel einer Populationsabschätzung mit dem Programm Microfish 3.0

Im Werdenberger Binnenkanal bei Buchs SG wurde am 29.7.1992 die Dichte der 0+-Regenbogenforellen (Grössenklasse 30-100 mm) auf einer Strecke von 100 m abgeschätzt. Es wurden drei Abfischungsdurchgänge mit folgendem Ergebnis durchgeführt:

Durchgang 1:	106 Individuen
Durchgang 2:	37 Individuen
Durchgang 3:	17 Individuen

Das Program Microfish 3.0 liefert:

Populationsabschätzung: =	168 Individuen
unteres Vertrauensintervall (95 %) =	160 Individuen

oberes Vertrauensintervall (95 %) =	177 Individuen
durchschnittliche Fangwahrscheinlichkeit p =	0.627
unteres Vertrauensintervall (95 %) für p =	0.539
oberes Vertrauensintervall (95 %) für p =	0.716

Mit einer Wahrscheinlichkeit von 95 % liegt die wahre Populationsgrösse zwischen mindestens 160 Individuen und maximal 177 Individuen.

Präzision: ein markanter Präzisionsgewinn kann bei der Removal Methode meist dann festgestellt werden, falls statt nur 2 Abfischungsdurchgänge noch ein 3. Durchgang durchgeführt wird. Der zeitliche Aufwand für einen dritten Durchgang ist meistens gering.

Genauigkeit: die Genauigkeit hängt davon ab, wie gut die der Methode zugrunde liegenden Annahmen eingehalten wurden. Trotzdem ist oft eine Abnahme der Fangwahrscheinlichkeit in den aufeinander folgenden Durchgängen festzustellen. Dies kann daran liegen, dass sich nicht gefangene Fische besser verstecken. Häufig wird den kleinen Fischen nach dem ersten oder zweiten Durchgang jedoch eine erhöhte Aufmerksamkeit geschenkt, die Fangwahrscheinlichkeit steigt dann an. Grundsätzlich neigt die Removal-Methode eher dazu, die wahre Populationsgrösse zu unterschätzen.

7.2.2. Die Fang-Wiederfang-Methode

Bei der Fang-Wiederfang-Methode werden Fische, die in einem ersten Abfischungsdurchgang gefangen, gemessen und markiert wurden, wieder in die Fangstrecke zurückversetzt. In einem zweiten Abfischungsdurchgang wird festgestellt, wie viele der gefangenen Fische markiert und unmarkiert sind. Mit der **Petersen-Methode** lässt sich die Population wie folgt berechnen:

$$N = M C / R$$

N = geschätzte Populationsgrösse nach der Originalformel von Petersen

M = Anzahl markierte und wieder zurückversetzte Fische

C = Total gefangene Fische im Wiederfang

R = Anzahl Fische im Wiederfang, die markiert sind

Die Fangwahrscheinlichkeit p im zweiten Fang wird geschätzt als :

$$p = R / M$$

Der Berechnung nach Petersen liegen folgende Annahmen zugrunde:

- Die Population ist **geschlossen** (keine Ein- und Auswanderungen zwischen Fang- und Wiederfang).
- Alle Fische besitzen die gleiche Fangwahrscheinlichkeit, im ersten Durchgang gefangen zu werden.
- Die Markierung beeinflusst die Fangwahrscheinlichkeit nicht.
- Zwischen Fang und Wiederfang verlieren die Fische keine Marken, alle markierten Fische werden als solche erkannt.

- Im zweiten Durchgang wird eine zufällige Stichprobe erhoben.

Wichtig ist, dass zwischen dem Fang und Wiederfang die Population geschlossen bleibt, die Sperrnetze bleiben also bis zum Ende des Wiederfanges im Fliessgewässer. Auch ist darauf zu achten, dass die Fische nach dem Markieren in der Fangstrecke gut verteilt werden. Damit sich die Fische optimal verteilen und mit den unmarkierten vermischen, sollte die Zeit zwischen Fang und Wiederfang genügend lang sein (minimal 1-2 Stunden, besser jedoch mehrere Stunden, maximal 1-2 Tage). Als Markierung hat sich besonders die Alcianblau-Methode bewährt. Mit einer nadellosen Injektionsspritze wird jedem Fisch aus dem Fang-Durchgang ein blau-grüner Punkt aufgespritzt (PETER, 1992). Bei kleinen Fischen erwies sich dies jedoch bei der Wiedererkennung der Farbe als schwierig. Für kleine Fische (6-8 cm) empfiehlt sich als Markierung, eine Flosse mit der Schere wenig anzuschneiden (Bauch-, Brust- oder ausnahmsweise die Schwanzflosse).

Die Petersen-Formel unterschätzt die Population in der Regel. Deshalb hat SEBER (1973) folgende Formel vorgeschlagen:

$$N = \frac{(M + 1)(C + 1)}{(R + 1)} - 1$$

Die Berechnung wird wiederum auf dem Computer durchgeführt. Das Programm PETERSEN von Ch. Krebs (KREBS, 1989) führt die entsprechenden Populations-berechnungen durch. Dazu ein Beispiel:

Populationsabschätzung mit dem Programm PETERSEN (KREBS, 1989)

In einer 200 m langen Strecke eines Fliessgewässer soll die Grösse der Groppenpopulation abgeschätzt werden. Die Groppen werden in einem Durchgang gefangen, gemessen, gewogen und mit Alcianblau markiert. In der Grössenklasse 70-130 mm wurden folgende Groppen gefangen:

Im ersten Durchgang gefangen, markiert und zurückversetzt:	M = 341
Total gefangene Groppen im Wiederfang-Durchgang:	C = 296
davon markierte Groppen:	R = 62

Das Programm PETERSEN (Option without replacement) liefert die folgende Populationsabschätzung:

Geschätzte Anzahl :	1'611 Groppen
unteres Vertrauensintervall (95 %):	1'347 Groppen
oberes Vertrauensintervall (95 %):	2'057 Groppen

Mit einer Wahrscheinlichkeit von 95 % beträgt die Anzahl Groppen in der Fangstrecke zwischen 1'347 und 2'057 Individuen.

Die Fang-Wiederfang-Methode kommt besonders dann zum Einsatz, wenn grosse Populationen abzuschätzen sind oder wenn die Fische eine geringe Fangwahrscheinlichkeit aufweisen ($p < 0.2-0.3$). Bei p Werten von durchschnittlicher Grösse liefern die Removal und die Fang-Wiederfang-Methode ähnliche Populationsabschätzungen. Grundsätzlich neigt jedoch die Removal-Methode eher dazu die wahre Populationsgrösse zu unterschätzen, während die Fang-Wiederfang-Methode die Population tendenziell eher überschätzt.

Weiterentwickelte Varianten von Fang-Wiederfangmethoden basieren auf mehrfachen Probenahmen (Schnabel Methode). Mit der Jolly-Seber Methode können auch offene Populationen abgeschätzt werden.

Wie bereits erwähnt, eignen sich die beschriebenen Methoden, um quantitative Aussagen in kurzen Befischungstrecken oder mehreren repräsentativen Strecken für zirka 1-3 km lange Fließgewässerabschnitte durchzuführen.

Sollen hingegen Aussagen über ein mehrere Kilometer langes Fließgewässer gemacht werden, so wird das Gewässer auf der gesamten Länge in Abschnitte eingeteilt. Einige dieser Abschnitte werden dann nach einem auf Zufall basierenden Auswahlverfahren befischt. Je präzisere Information für des gesamte Fließgewässer erwünscht sind, desto grösser die Anzahl der zu befischenden Strecken. In grossen Flüssen empfiehlt sich die Befischung mit der Punktmethode.

7.3. Ein-Fang-Methode

Falls absolute Werte nicht unbedingt nötig sind und räumliche und zeitliche Populationsveränderungen dokumentiert werden sollen, gelangt die Ein-Fang-Methode zum Einsatz. Sie ist eine relative Methode und eignet sich gut für ein Biomonitoring (BOHLIN, 1990). Ihre Anwendung benötigt nur einen geringen Zeitaufwand (im Vergleich zu quantitativen Abfischungen). Ein Absperren der Befischungstrecke ist nicht nötig. Die gefangenen Fische werden nach Art bestimmt und ausgemessen (Totallänge). Die Methode basiert auf der Annahme, dass der Fang pro standardisierter Einheit an Aufwand proportional zur Populationsgrösse ist (Catch Per Unit Effort, CPUE). Es wird also mit konstantem Aufwand pro Fläche gefischt, z. B. 30 Minuten pro 600 m² oder pro 100 m Uferlänge). Es wird von einer aus der Erfahrung bekannten Fangwahrscheinlichkeit p ausgegangen. Wird nun mit den Standard-Aufwand gefischt, lässt sich der Fang wie folgt berechnen:

$$C = p N$$

C = Fang

p = Fangwahrscheinlichkeit

N = Populationsgrösse

daraus folgt die Abschätzung der Populationsgrösse N ,

$$N = C / p$$

Merke: In der Regel ist die Präzision der Abschätzung recht gut, falls eine genügend grosse Anzahl Fische gefangen wird. Die Genauigkeit der Methode ist aber von den Fangbedingungen und der Effizienz abhängig (Zeit und Abfischungsareal müssen konstant sein). Die verwendeten Fangwahrscheinlichkeiten p sollten sich immer auf dieselben Fischarten, Grössenklassen und ähnliche Habitatsbedingungen beziehen.

7.4. Wahl der Abfischungsmethode

Die Wahl der Methode richtet sich konsequent nach den zu erreichenden Zielen und den mit der Abfischung zusammenhängenden Fragestellung. Es empfiehlt sich, die Fragestellung möglichst einfach zu wählen. Wenn möglich, sollen wenig arbeitsintensive Methoden eingesetzt werden (qualitative und halbquantitative Erhebungen, Punktbefischungen, Ein-Fang-Methode). Quantitative Methoden sollen nur dann angewendet werden, wenn dies unbedingt nötig ist. In diesem Fall ist die dem Problem angepasste Methode zu wählen (beachte Populationsgrösse und Fang-wahrscheinlichkeiten). Die Befischungen sollen so durchgeführt werden, dass eine Fehlerabschätzung möglich ist. Es empfiehlt sich, die Daten bei den kantonalen Fischereiverwaltungen zentral zu sammeln. Somit können Fangwahrscheinlichkeiten für die entsprechenden Arten und Grössenklassen aus ähnlichen Gewässern jederzeit abgerufen werden. So kann der Befischungsaufwand stark reduziert und vermehrt mit der Ein-Fang-Methode gearbeitet werden.

8. Habitatsparameter

Bei jeder Abfischung ist die Länge der befischten Strecke zu messen. Ebenfalls ist stets die mittlere Breite zu erheben. Weitere Habitatsinformationen die mit mittlerem Aufwand erhoben werden können, sind Aufnahmen von Querprofilen. Für die Schnellmethode werden nur die Maximaltiefe und benetzte Breite erhoben. Pro Abfischungsstrecke sollten zirka 15-20 Querprofile in regelmässigen Abständen ausgemessen werden. Aus den Querprofilen lassen sich die Variationskoeffizienten (VC) für die Maximaltiefe und die Breite berechnen:

$$VC = s / x_{mit} \cdot 100$$

s = Standardabweichung,
x_{mit} = Mittelwert

Die Variationskoeffizienten oder die Varianzen der einzelnen Parameter lassen sich zur Fischartenzahl, zur Diversität der Fische oder zu den Variationskoeffizienten der Totallängen einer Fischpopulation (z. B. Bachforelle) in Beziehung setzen. In der Regel deuten hohe Variationskoeffizienten der Breite oder Maximaltiefe auf eine grosse Habitatsvielfalt hin. In Gewässern des Flachlandes weisen gute Habitate meist eine grosse Artenvielfalt auf. In der Forellenregion sind die guten Habitatsstrukturen eine Voraussetzung für eine vielfältige, gut strukturierte Population.

Weitere Habitatserhebungen wie Meso- und Mikrohabitate sollten nur durch speziell ausgebildete Personen erfolgen.

Wichtige Informationen über Fischhabitate lassen sich aus der Beurteilung der Ökomorphologie und Hydrologie ableiten. Dazu eignet sich die EAWAG/BUWAL-Methode (EAWAG und BUWAL, 1995). Mit diesen Erhebungen lässt sich speziell die für die Fische wichtige Durchgängigkeit eines Gewässers beurteilen.

9. Literatur

- Bohlin, T.** 1990. Estimation of population parameters using electric fishing - Aspects of the sampling design with emphasis on salmonids in streams. In I. G. Cowx (Ed.), *Developments in electric fishing* pp. 156-173. Blackwell Scientific Publications Ltd., Oxford.
- Borgstrøm, R. & O. Skaala** 1993. Size-Dependent Catchability of Brown Trout and Atlantic Salmon Parr by Electrofishing in a low Conductivity Stream. *Nordic Journal of Freshwater Research*, 14-20.
- Bouck, G. R. & R. C. Ball** 1966. Influence of capture methods on blood characteristics and mortality in the rainbow trout. *Transactions of the American Fisheries Society* 95:170-176.
- Chiemelewski, A., R. Cuiat, W. Dembinski & P. Lamarque** 1967. Investigations of a method for comparing the efficiency of electrical fishing machines. *Polskie Archiwum Hydrobiologii* 20, 319-340.
- Dwyer, W. P. & D. A. Erdahl** 1995. Effects of electroshock voltage, wave form, and pulse rate on survival of cutthroat trout eggs. *North American Journal of Fisheries Management* 15, 647-650.
- Dwyer, W. P. & R. G. White** 1995. Influence of electroshock on short-term growth of adult rainbow trout and juvenile arctic grayling and cutthroat trout. *North American Journal of Fisheries Management* 15, 148-151.
- Dwyer, W. P., W. Fredenberg & D. A. Erdahl** 1993. Influence of electroshock and mechanical shock on survival of trout eggs. *North American Journal of Fisheries Management* 13/4, 839-843.
- EAWAG & BUWAL** 1995. Anleitung zur Beurteilung der schweizerischen Fliess-gewässer - Ökomorphologie, Hydrologie, Fischbiologie (Entwurf Endbericht).
- Gatz, A. J., J. M. Loar & G. F. Cada** 1986. Effects of repeated electroshocking on the instantaneous growth of trout. *Transactions of the American Fisheries Society* 6, 176-182.
- Halsband, E. & I. Halsband** 1975. Die Elektrofischerei. Heenemann VBH, Berlin.
- Hudy, M.** 1985. Rainbow trout and brook trout mortality from high voltage AC electrofishing in a controlled environment. *North American Journal of Fisheries Management* 5, 475-479.
- Krebs, C. J.** 1989. Ecological Methodology. Harper Collins, New York.
- Lamarque, P.** 1990. Electrophysiology of fish in electric fields. In I. G. Cowx und P. Lamarque (Ed.), *Fishing with electricity*, pp. 4-33. Blackwell Scientific Publications Ltd., Oxford.
- Mesa, M. G. & C. B. Schreck** 1989. Electrofishing mark-recapture and depletion methodologies evoke behavioral and physiological changes in cutthroat trout. *Transactions of the American Fisheries Society* 118, 644-658.

- Nelva, A., H. Persat & D. Chessel** 1979. Une nouvelle méthode d'étude des peuplements ichtyologiques dans les grands cours d'eau par échantillonnage ponctuel d'abondance. *C. R. Acad. Sc. Paris* 289/D, 1295-1298.
- Persat, H. & G. H. Copp** 1990. Electric fishing and point abundance sampling for the ichthyology of large rivers. In I. G. Cowx (Ed.), *Developments in electric fishing* pp. 197-209. Blackwell Scientific Publications Ltd., Oxford, England.
- Peter, A.** 1992. Methoden der Fischmarkierung. *Schweizerische Fischereiwissenschaft* 9/2, 3-4.
- Peter, A.** 1986. Abgrenzung zwischen Fisch- und Nichtfischgewässern. Bundesamt für Umweltschutz, Bern, 55 p.
- Schill, D. J. & K. F. Beland** 1995. Electrofishing injury studies. *Fisheries* 20/6, 28-29.
- Seber, G. A. F.** 1973. The estimation of animal abundance and related parameters. Griffin, London.
- Sharber, N. G. & S. W. Carothers** 1988. Influence of electrofishing pulse shape on spinal injuries in adult rainbow trout. *North American Journal of fisheries Management* 8, 117-122.
- Sharber, N. G. & S. W. Carothers** 1990. Influence of electric fishing pulse shape on spinal injuries in adult rainbow trout. In I. G. Cowx (Ed.), *Developments in electric fishing* pp. 19-26. Fishing News Books, Blackwell Scientific Publications Ltd., Oxford, England.
- Sharber, N. G., S. W. Carothers, J. P. Sharber, J. C. De Vos, Jr. & D. A. House** 1994. Reducing electrofishing-induced injury of rainbow trout. *North American Journal of Fisheries Management* 14, 340-346.
- Snyder, D. E.** 1992. Impacts of electrofishing on fish. Report of Colorado State University Larval Fish Laboratory to U.S. Department of the Interior Bureau of Reclamation, Salt Lake City, Utah, and Glen Canyon Environmental Studies Aquatic Coordination Team, Flagstaff, Arizona. 107 pp.
- Snyder, D. E.** 1995. Impacts of electrofishing on fish. *Fisheries* 20/1, 26-27.
- Sørensen, P. W.** 1994. Effects of electroshocking on the sexual behavior of goldfish and brook trout. *North American Journal of Fisheries Management* 14, 862-865.
- Sternin, V. G., I. B. Nikonorov und Y. K. Burmeister** 1972. Electrical fishing. Pishcheyaya Promshelnost, Moskau (Translated from Russian by E. Vilim, 1976: Israel Program for Scientific Translations, Jerusalem).
- White, G. C., D. R. Anderson, K. P. Burnham und D. L. Otis** 1982. Capture-recapture and removal methods for sampling closed populations. Los Alamos National Laboratory, LA-8787 NERP, UC-11. Los Alamos.
- Zalewski, M. und I. G. Cowx** 1990. Factors affecting the efficiency of electric fishing. In I. G. Cowx und P. Lamarque (Ed.) *Fishing with electricity*, pp. 89-111. Blackwell Scientific Publications Ltd., Oxford.