

**Radiotelemetrische Untersuchungen am Zuchtkarpfen,  
*Cyprinus carpio carpio* morpha *domestica*, während der  
Winterung unter Berücksichtigung der  
Bewegungsaktivität der besenderten Karpfen, der  
biotelemetrischen Methode sowie deren Auswirkungen  
auf die Versuchsfische**

Dissertation zur Erlangung des akademischen Grades  
Doktor der Naturwissenschaften  
an der Naturwissenschaftlichen Fakultät der Universität Wien

eingereicht von  
Christian Bauer

Wien, September 2002

„Die Wissenschaft von heute ist der Irrtum von morgen.“  
*Jakob Johann Baron von Uexküll, Zoologe (1864-1944)*

# I. Inhalt

|   |    |
|---|----|
| <b>1. Einleitung</b>  | 1  |
| 1.1. Der Ursprung der europäischen Karpfen                        | 1  |
| 1.2. Der Karpfen in der Teichwirtschaft                           | 2  |
| 1.3. Bedeutung der Winterung                                      | 3  |
| 1.4. Der Karpfen im Winter  | 4  |
| 1.4.1. Das Winterlager  | 4  |
| 1.4.2. Der ruhende Karpfen  | 5  |
| 1.4.3. Der Karpfen im Winter außerhalb Europas                    | 6  |
| 1.5. Biotelemetrische Untersuchungen bei Fischen                  | 7  |
| 1.6. Fragestellung  | 8  |
| <b>2. Material und Methoden</b>                                   | 9  |
| 2.1. Versuchstiere  | 9  |
| 2.2. Tierversuch  | 9  |
| 2.3. Versuchsteiche   | 10 |
| 2.3.1. Lage der Teiche  | 10 |
| 2.3.2. Karten der Teiche  | 10 |
| 2.3.3. Kaltenbachteich  | 11 |
| 2.3.4. Streitteich  | 12 |
| 2.3.5. Mitterhöllteich  | 13 |
| 2.4. Radiotelemetrische Technik                                   | 14 |
| 2.4.1. Methoden der Radiotelemetrie                               | 14 |
| 2.4.1.1. Externe Anbringung des Senders                           | 15 |
| 2.4.1.2. Magenapplikation des Senders                             | 15 |
| 2.4.1.3. Implantation des Senders                                 | 15 |
| 2.4.2. Ultraschall versus Radiosignale                            | 17 |
| 2.4.3. Radiotelemetrische Ausrüstung                              | 18 |
| 2.4.4. Senderimplantation   | 18 |
| 2.5. Datenaufnahme und Auswertung                                 | 21 |
| 2.5.1. Positionsbestimmung  | 21 |
| 2.5.2. Physikalisch/chemische Parameter                           | 24 |
| 2.5.3. Allgemeine Untersuchung der Versuchsfische                 | 25 |
| 2.5.4. Untersuchung der Leibeshöhle und deren Organe              | 26 |
| 2.5.5. Histologische Untersuchungen                               | 26 |
| 2.5.6. Röntgen und Computertomographie                            | 26 |
| <b>3. Ergebnisse</b>  | 28 |
| 3.1. Auswirkungen auf die Versuchsfische vor der Winterung        | 28 |
| 3.1.1. Senderimplantation   | 28 |
| 3.2. Untersuchungen nach der Winterung                            | 28 |
| 3.2.1. Allgemeiner Zustand der Versuchstiere                      | 28 |
| 3.2.2. Ausfälle   | 29 |
| 3.2.3. Äußerer Zustand der Operationswunde und des Antennenkanals | 32 |
| 3.2.4. Geöffnete Leibeshöhle                                      | 34 |
| 3.2.5. Röntgenologische Untersuchungen                            | 38 |

---

|  |     |
|--|-----|
| 3.2.6. Histologische Untersuchungen                                    | 42  |
| 3.3. Radiotelemetrische Technik  | 45  |
| 3.3.1. Referenzsender  | 45  |
| 3.3.2. Relative Signalstärke   | 46  |
| 3.4. Telemetrische Daten und Fischaktivitäten                          | 47  |
| 3.4.1. Winter 1999/2000  | 47  |
| 3.4.1.1. Streitteich   | 48  |
| 3.4.1.2. Kaltenbacheich  | 53  |
| 3.4.1.3. Vergleich von Streitteich und Kaltenbacheich                  | 57  |
| 3.4.2. Winter 2000/2001  | 59  |
| 3.4.2.1. Streitteich   | 59  |
| 3.4.2.2. Kaltenbacheich  | 63  |
| 3.4.2.3. Vergleich von Streitteich und Kaltenbacheich                  | 68  |
| 3.4.3. Winter 2001/2002  | 70  |
| 3.4.3.1. Streitteich   | 70  |
| 3.4.3.2. Kaltenbacheich  | 74  |
| 3.4.3.3. Mitterhöllteich   | 78  |
| 3.4.3.4. Vergleich von Streitteich, Kaltenbacheich und Mitterhöllteich | 83  |
| 3.5. Physikalisch/chemische Daten                                      | 84  |
| 3.5.1. Die Winterteiche  | 84  |
| 3.5.2. Winter 1999/2000  | 85  |
| 3.5.3. Winter 2000/2001  | 87  |
| 3.5.4. Winter 2001/2002  | 90  |
| <b>4. Diskussion</b>   | 93  |
| 4.1. Senderimplantierung und deren Auswirkungen auf die Versuchsfische | 93  |
| 4.1.1. Implantationstechnik – chirurgische Methode                     | 93  |
| 4.1.2. Der Sender in der Leibeshöhle                                   | 97  |
| 4.1.3. Allgemeiner Gesundheitszustand nach der Winterung               | 100 |
| 4.2. Radiotelemetrische Positionsbestimmung                            | 101 |
| 4.3. Der Karpfen im Winter   | 105 |
| 4.3.1. Verhalten im Winter – das Winterlager                           | 105 |
| 4.3.2. Umweltbedingung und Störungen                                   | 110 |
| 4.3.3. Nahrungsaufnahme  | 113 |
| 4.4. Die Winterteiche  | 116 |
| <b>5. Literatur</b>  | 120 |
| <b>6. Anhang A – Senderimplantation</b>                                | 131 |
| <b>7. Anhang B – Positionspolygone</b>                                 | 134 |
| 7.1. Kaltenbacheich, Winter 1999/2000                                  | 134 |
| 7.2. Kaltenbacheich, Winter 2000/2001                                  | 137 |
| 7.3. Kaltenbacheich, Winter 2001/2002                                  | 140 |
| 7.4. Streitteich, Winter 1999/2000                                     | 142 |
| 7.5. Streitteich, Winter 2000/2001                                     | 145 |
| 7.6. Streitteich, Winter 2001/2002                                     | 148 |
| 7.7. Mitterhöllteich, Winter 2001/2002                                 | 150 |

---

|                           |     |
|---------------------------|-----|
| <b>8. Zusammenfassung</b> | 152 |
| <b>9. Summary</b>         | 154 |
| <b>10. Danksagung</b>     | 155 |
| <b>11. Lebenslauf</b>     | 156 |

# 1. Einleitung

## 1.1. Der Ursprung der europäischen Karpfen

Die Vorfahren von *Cyprinus carpio* entwickelten sich vermutlich im Bereich des Kaspischen Meeres und breiteten sich Ende des Pliozäns in das Schwarzmeer- und Aralseebecken aus (BALON 1969). Im Zuge günstiger nacheiszeitlicher Umweltbedingungen fand eine weitere Ausbreitung bis in den Donaoraum und möglicherweise ins östliche asiatische Kernland (China) statt (BALON 1969, 1995). In der Folge werden heute drei Subspezies anerkannt (BARUŠ et al. 2001): Der europäische und zentralasiatische Wildkarpfen *Cyprinus carpio carpio*, der ostasiatische Wildkarpfen *Cyprinus carpio haematoporus* und der südostasiatische Wildkarpfen *Cyprinus carpio viridiviolaceus*.

Die vielfältigen Zuchtformen des Karpfens, die heute die Teiche in Europa bevölkern, gehen zurück auf die Wildform *Cyprinus carpio carpio*, L. 1758, deren Domestikation zu Zeiten der römischen Herrschaft an der Donau begann (BALON 1995). Diese Wildform (Abb. 1) war ursprünglich bis unterhalb von Wien beheimatet (BALON 1964, 1968) und noch bis zur Mitte des 20. Jahrhunderts konnten große Schulen von Wildkarpfen in der slowakischen Donau beobachtet und fischereilich genutzt werden. BALON (1995) gibt einen Überblick und reiche Literaturangaben über die damaligen Untersuchungen an den Wildkarpfenpopulationen. Gleichzeitig stellte er das Vorkommen von Populationen mit reinen Wildkarpfen angesichts des Verschwindens der Überflutungsbereiche und des zügellos überhandnehmenden Besatzes mit der domestizierten Form in Frage. Die Rote Liste ausgewählter Tiergruppen Niederösterreichs stuft den Wildkarpfen jedenfalls als stark gefährdet ein (MIKSCHI & WOLFRAM-WAIS 1999).

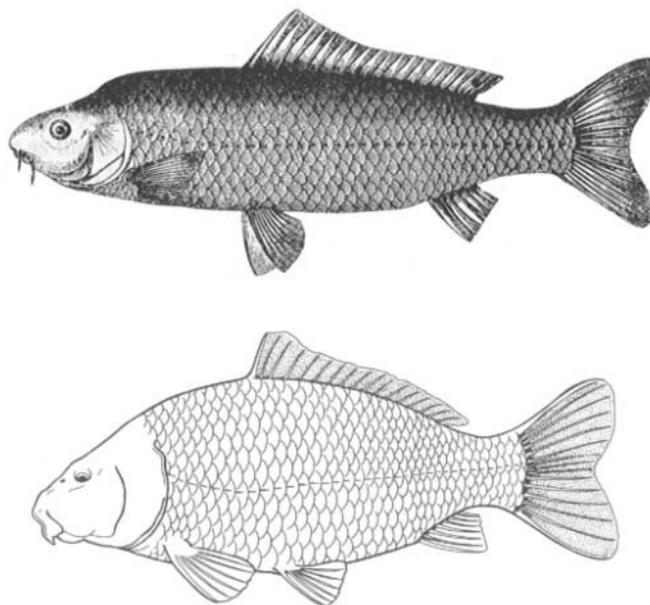


Abb. 1: *Cyprinus carpio* Linnaeus, 1758: Wildform, darunter Zuchtformen (verändert nach BALON 1995 und HOFMANN et al. 1987)

Die systematische Stellung der Versuchsfische, europäischer Zuchtkarpfen, nach NELSON (1994), erweitert nach BARUŠ et al. (2001):

Klasse ACTINOPTERYGII

Ordnung CYPRINIFORMES

Familie CYPRINIDAE

Art *Cyprinus carpio* Linnaeus, 1758

Unterart *Cyprinus carpio carpio* morpha *domestica*

## 1.2. Der Karpfen in der Teichwirtschaft

Die Zuchtform des Karpfens *Cyprinus carpio carpio* morpha *domestica* spielt eine zentrale Rolle in der europäischen Teichwirtschaft. Europaweit betrug die Produktion 1996 130 000 t. In Österreich waren es im selben Jahr 810 t (STEFFENS 1999, nach FAO-Berichten).

Wie bereits erwähnt, dürfte die Domestikation des Karpfens mit der römischen Herrschaft an der Donau begonnen haben und die Karpfenzucht wurde nach dem Zusammenbruch des römischen Imperiums vom christlichen Mönchtum weitergeführt und über Europa verbreitet (BALON 1995). Daraus entstand die Tradition der europäischen Karpfenteichwirtschaft mit den Schwerpunkten in Tschechien, das man wohl zurecht als Wiege der Teichwirtschaft in Europa bezeichnen kann, und weiters in Polen und Deutschland. Das Zentrum der österreichischen Karpfenteichwirtschaft im niederösterreichischen Waldviertel ist ein Ausläufer des bedeutenden Südböhmischen Teichgebietes. Des Weiteren wird in Österreich in der Steiermark und vereinzelt im Süden von Wien, im Burgenland und in Kärnten Karpfenzucht betrieben.

Seit der zweiten Hälfte des 19. Jahrhunderts beschäftigte man sich auch wissenschaftlich intensiver mit der Teichwirtschaft. Hier setzte das Buch: „Die Ernährung des Karpfens und seiner Teichgenossen“ von Josef ŠUSTA (1905), dessen böhmische Erstausgabe bereits 1884 erschien, einen Meilenstein in der Zusammenarbeit von Wissenschaft und Praxis in der Teichwirtschaft. Das Denkmal dieses Pioniers ist noch heute im südböhmischen Třeboň am Ufer des Teiches Svět zu bewundern. Diese Auseinandersetzung der Wissenschaft mit der Teichwirtschaft hält unvermindert an, auch wenn die Schwerpunkte unterschiedlich gesetzt wurden und werden. Einen Überblick über die wissenschaftlichen Interessen und Tätigkeiten auf diesem Gebiet geben BILLARD & GALL (1995), SCHLOTT-IDL & SCHLOTT (in Druck). STEFFENS (1964, 1980) erschließt zumindest teilweise die umfangreichen Arbeiten in den Staaten des ehemaligen „Ostblocks“, vor allem Polen, der Tschechischen Republik und Russland, wo intensive Forschungsarbeiten betrieben wurden und werden, die jedoch dem Autor der vorliegenden Studie aufgrund sprachlicher Barrieren und seltener oder fehlender Übersetzungen ins Deutsche oder Englische nur beschränkt zugänglich sind (z.B. GUSAR et al. 1989).

In neuerer Zeit erlebt die Karpfenteichwirtschaft eine kleine Blüte. Dies liegt in der Tatsache begründet, dass die Konsumenten zunehmend auf ihre Ernährungsgewohnheiten achten und möglichst „natürliche und gesunde“ Nahrung wünschen. Nicht zuletzt tragen die diversen Fleischskandale (Antibiotika, BSE) zu einer Rückbesinnung zum Fisch als Nahrungsmittel bei. Gerade Süßwasserfische haben hier einen guten Ruf (z.B. STEFFENS & WIRTH 1999). Der Karpfen kann bei entsprechender Zucht wegen seines an ungesättigten Fettsäuren reichen und fettarmen Fleisches punkten (SCHLOTT & SCHLOTT-IDL 1994, OBERLE 1995). Auch besteht ein Trend zu Bio-Lebensmitteln, der dem Karpfen als „Bioprodukt vom Feinsten“ (PIWERNETZ 1999), eine Nische am Markt eröffnet.

### 1.3. Bedeutung der Winterung

Das größte Augenmerk wird in der Teichwirtschaft seit jeher der produktiven Phase während der warmen Jahreszeit, in die ja auch die Produktion von Nachwuchs fällt, gewidmet. Das schlug und schlägt sich in den einschlägigen Lehrbüchern und Veröffentlichungen zum Thema nieder (z.B. WUNDER 1949, STEFFENS 1980, HAAS 1997, BOHL 1999, SCHLOTT & SCHLOTT in Druck).

Obwohl der Winter allgemein als schwierige und kritische Zeit in der Teichwirtschaft anerkannt wird und hohe Verluste unter den Karpfen verursachen kann, wurde und wird der Zeit des Überwinterns nie eine vergleichbare Aufmerksamkeit wie der produktiven Phase zuteil (z.B. STEFFENS 1964, SCHMELLER 1988). STEFFENS (1964) und dort zitierte Autoren betrachten Verluste von immerhin 20 – 60% unter den einsömmrigen (K1) und durchschnittlich 10 % bei zweisömmrigen (K2) Karpfen durchaus als regulär. Das liegt wohl daran, dass angesichts von Eis und Schnee Beobachtungen nicht einfach möglich sind und man die Zeit des Winterns traditionell für eine Zeit der Ruhe unter den Fischen hält, da sich ja auch die übrige Natur unter der Schneedecke im Winterschlaf befindet.

Zahlreiche Lehrbücher und Aufsätze geben jedenfalls Anleitungen zur möglichst erfolgreichen Überwinterung von Karpfen und den hierzu notwendigen Rahmenbedingungen (z.B. WALTER 1903, MEHRING 1934, SCHÄPERCLAUS 1961, HOFFMANN et al. 1987, SCHMELLER 1988, GELDHAUSER 1996).

Man konzentriert sich damals wie heute darauf, die Beschaffenheit der Winterteiche hinsichtlich Fläche, Tiefe, Untergrund bzw. Sedimentauflage und Zuflussverhältnisse so zu wählen, dass die Voraussetzungen für eine optimale Überwinterung seitens des Teiches gewährleistet sind. Auch die Bedeutung der Wasserqualität, vor allem hinsichtlich Sauerstoffgehalt und Temperatur, findet schon lange Berücksichtigung und wird im Wesentlichen bereits von HORÁK (1869) ebenso betont, wie von modernen Werken der Teichwirtschaft (z.B. SCHÄPERCLAUS & LUKOWICZ 1998).

Ziel aller Bemühungen ist es, den sogenannten Fischaufstand, die Auslagerung der Karpfen aus ihrem Winterlager, zu vermeiden. Während der Winterung selbst sind die Möglichkeiten freilich begrenzt. Neben der sorgfältigen Auswahl des Winterteiches, einer gewissen Regulation des Zuflusses, etwa Umleiten von überschüssigem Wasser, besteht nur die Möglichkeit, die Sauerstoffversorgung im Teich durch Öffnen der Eisdecke, das Auseisen der Teiche bzw. Schneiden von Wuhnen und heutzutage zusätzlich durch den Einsatz von Belüftern, zu verbessern. Dabei besteht in unserer Zeit der einzige Unterschied beim Schneiden der Wuhnen zu jener Technik, die WENZEL HORÁK (1869) beschreibt, in der Anwendung der Motorsäge. Im äußersten Notfall kann sogar eine Notabfischung notwendig werden (HORÁK 1869, PLANANSKY 1963).

Heutige Teichwirte haben zudem den Vorteil, auf moderne Messinstrumente und Schnelltestsysteme zurückgreifen zu können, mit denen eine Überwachung der Wasserqualität viel einfacher ist als noch vor einigen Jahrzehnten.

In früheren Zeiten bediente man sich Methoden, die angesichts der heutigen Esoterikwelle wieder von Interesse werden könnten, ohne dass hier eine Empfehlung ausgesprochen werden soll. So weiß HORÁK (1869) von einem Brauch zu berichten, der schon zu seiner Zeit nicht mehr gebräuchlich war, aber von den „alten“ Teichwirten noch angewendet wurde. Bei der Gefahr einer Auslagerung der Fische aus dem Winterlager wurde folgendes Mittel angewandt: „**Sie nahmen Krausemünze, Kalmus und Kampfer pulverisiert in dreifaches Löschpapier, in Briefform gepackt, und mit einer Ahle durchstochen, banden einen Stein daran, und versenkten**

es in die ~~W~~ahnen“. Freilich gestand auch HORÁK (1869) diesem Rezept nur eine „Wirkung“ zu, wenn zufällig ein Wetterumschwung zeitgleich stattfand.

## 1.4. Der Karpfen im Winter

### 1.4.1. Das Winterlager

Spricht man mit Fischern und Teichwirten über den Karpfen im Winter, dann besteht so gut wie einhellig die Meinung, dass sich die Karpfen in größeren Mengen an tiefen Stellen des Teiches sammeln und dort überwintern. Je nach Größe des Teiches und des Besatzes können ein bis mehrere Lager (Abb. 2) existieren, die dann bei der Abfischung der Winterteiche im Frühjahr zum Vorschein kommen können. PLANANSKY (1961) beschreibt ein solches Winterlager folgendermaßen: „...Da finden wir Lager an Lager in Form von fast ununterbrochenen, nur einige Meter breiten, aber oft ziemlich langen, 10 bis 20 cm tiefen, bis auf ganz festen Schlamm ausgeschlagene Mulden.“ Im Lehrbuch von KOCH et al. (1982) findet sich eine Abbildung von „Karpfen-Winterungsgruben“. Sie zeigen eine kreisrunde Gestalt und bei weitem nicht jene Ausmaße, wie von PLANANSKY (1961) beschrieben. Als Winterlager bezeichnet WALTER (1903) eine größere vertiefte Stelle im Winterteich, wo sich die Karpfen beim Eintritt des Frostes sammeln. Er denkt offenbar an eine künstliche Einrichtung eines solchen Lagers durch den Teichbewirtschafter. Ansonsten wird davon ausgegangen, dass das Winterlager eine von den Fischen im Zuge der Einwinterung geschaffene Struktur ist (z.B. REICHLÉ 1998).

Ob sich die Winterlager an der tiefsten oder tieferen Stelle im Teich befinden (HORÁK 1869, STEFFENS 1980) oder in der Mittelzone (HAAS 1982, 1997), darüber gehen die Meinungen auseinander und das ist wohl auch Interpretationssache. Eine allgemein gültige Aussage ist nicht zu finden, da kein Winterteich dem anderen gleicht und daher meint PLANANSKY (1961), dass sich die Fische die für sie am günstigsten Stellen aussuchen, ob das jetzt die tiefsten Bereiche des Teiches sind oder nicht.

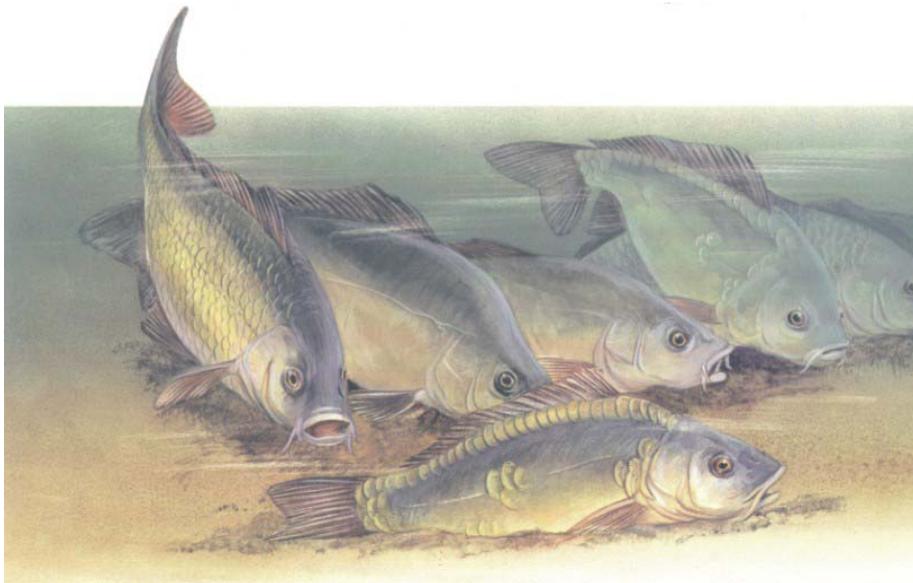


Abb. 2: Künstlerische Darstellung von Karpfen im Winterlager (verändert nach RITTER & SCHMITZ 1986)

### 1.4.2. Der ruhende Karpfen

Nach der Erläuterung der Bedeutung der Winterung und der Beschreibung der Winterlager muss man sich die Frage stellen, was die Karpfen im Winter eigentlich treiben. Wie verhalten sie sich in den Winterlagern? Zu dieser Frage findet man in der Literatur unterschiedliche Ansichten. So beschreibt HORÁK (1869) das Verhalten der Karpfen folgendermaßen: Die Karpfen stehen leicht geneigt, mit dem Kopf leicht abwärts und führen mäßige Bewegungen mit dem Schwanz aus, um Schlamm aus ihrem Lager fern zu halten. Auch MEHRING (1934) und SCHMELLER (1988) beschreiben ein ähnliches Geschehen im Winterlager. Bei SCHMELLER (1988) ist auch zu lesen, dass die Karpfen die Winterlager ab einer Wassertemperatur von 4 °C aufsuchen. Im Text wird dazu erläutert, dass sich die Karpfen dort in mehr oder minder großen Gruppen, in kreisförmiger Anordnung, mit dem Kopf nach innen versammeln. Nach REICHLE (1998) suchen die Fische ab einer Wassertemperatur von etwa 6 °C die Winterruheplätze an ausreichend tiefen Stellen auf und schaffen sich dort Vertiefungen im Schlamm. Bei GELDHAUSER (1996) ist nachzulesen, dass sich die Karpfen knapp über Grund zu großen Pulks versammeln, aber auch auf Grund setzten oder sogar ein Stück im Schlamm einsinken können.

In diesen Lagern verbringen die Karpfen den Winter. Nach ŠUSTA (1905) ermöglicht eine belanglose Atmung und unbedeutende Bewegungen ein Überdauern des Winters ohne besondere Gewichtsverluste. ŠUSTA (1905) führt weiter aus, dass der sogenannte Winterschlaf der Karpfen nichts anderes als eine Bezeichnung für die Einschränkungen der einzelnen Funktionen des Fisches auf das geringste Maß ist. Die Frequenz der Kiemendeckelbewegung und der Herzschlag sinken auf 4 mal pro Minute (SCHMELLER 1988). Nach HOFFMANN et al. (1987) sinkt der Herzschlag bei einer Wassertemperatur von 1 – 2 °C sogar auf nur 2 – 3 mal pro Minute, im Gegensatz zu 200 mal bei Temperaturen um 25 °C. Auch die Nahrungsaufnahme wird stark eingeschränkt oder überhaupt eingestellt. Nach ŠUSTA (1905) liegt der Grund für die gänzlich sistierende Ernährungsfunktion im Winter in der fehlenden Wärme. Ab welcher Temperatur die Tiere ihre Fresslust verlieren, darüber gehen die Meinungen auseinander und die Angaben schwanken zwischen 12 – 8 °C (SCHMELLER 1988), 10 °C (REICHLE 1998) und 4 °C (HUET 1986, LUKOWICZ & GERSTNER 1998).

Allgemein wird also angenommen, dass sich die Karpfen ab einer bestimmten Wassertemperatur am Grund sammeln und den Winter ohne nennenswerte Aktivität, bei eingeschränktem Stoffwechsel überdauern. Nur Störungen oder schlechte Umweltbedingungen, wie etwa ein niedriger Sauerstoffgehalt, bewegen die Fische dazu aus der Winterung aufzustehen und umherzuschwimmen, was als bedrohliche Situation für den Bestand gesehen wird und zu Verlusten führen kann. Daher ist absolute Ruhe oberstes Gebot und sportliche Aktivitäten wie Eislaufen oder gar Eisstockschießen müssen von den Winterteichen ferngehalten werden (z.B. SCHMELLER 1988, ZOBEL 1992, HAAS 1997, LUKOWICZ & GERSTNER 1998).

Hier sei noch ein Blick in die große farbige Enzyklopädie des Urania Tierreichs geworfen um zu sehen, was die Autoren des Fischteils (DECKERT & DECKERT 1991) dem interessierten Laien darlegen: „Im Winter ziehen sich die Karpfen an tiefere schlammige Stellen ihres Wohngewässers zurück und stellen die Nahrungsaufnahme ein. Bei 6 °C hören sogar die Pumpbewegungen der Kiemendeckel auf. Gefährlich werden Temperaturen unter 4 °C; die Tiere kommen dann in einen Starrezustand, steigen passiv nach oben, können nun leicht einfrieren und auf diese Weise sterben.“

Gegenüber diesen, als Allgemeingut (klammern wir das Urania Tierreich dabei aus) gehandelten Feststellungen, gibt es eine Reihe anderweitiger Beobachtungen. Bezüglich

der Inaktivität im Winter ist beispielsweise bei BOHL (1999) zu lesen, dass jede Beunruhigung der Karpfen zwar zu vermeiden ist, diese aber trotzdem, scheinbar ohne Grund, zeitweilig unter dem Eis umherziehen können und auch STEFFENS (1964) berichtet von Karpfen, die noch bei 0,5 °C keineswegs reglos herumstanden. Eine Studie aus der Tschechischen Republik erbrachte zwar Hinweise auf eine starke Aktivitätseinschränkung während des Winters, eine vollständige Einstellung der Aktivität konnte jedoch höchstens für eine begrenzte Zeit beobachtet werden (GUSAR et al. 1989). Bezüglich der Nahrungsaufnahme beschreibt BOHL (1999) die Beobachtung von K1, die bei einer Wassertemperatur von 1,7 °C unter dem Futterspender gefressen hatten. STEFFENS und dort zitierte Autoren (1964) wissen von Karpfen zu berichten, die noch bei Wassertemperaturen von 0,5 und 2,8 °C Nahrung aufgenommen hatten. BILLARD (1999) berichtet von Studien, die gezeigt haben, dass K1 bei einer Wassertemperatur von 3 - 8 °C einen zu 70 % gefüllten Darm aufwies. Auf eine Nahrungsaufnahme der K1 im Winter weist auch GASCH (1955, 1957) hin und STREMPPEL (1972) beschreibt die Aufnahme von Futtermittel durch Karpfen noch bei Wassertemperaturen von 3 °C. Konsequenterweise wird von ihm auch eine Winterfütterung gefordert, die auch manch anderer Autor unter bestimmten Bedingungen einräumt (z.B. HAAS 1997). Unter Hobbyfischern war es im übrigen noch nie ein Geheimnis, dass selbst kapitale Karpfen im Winter mit Köder gefangen werden können und das bei Wassertemperaturen um die 2 °C (GIBBINSON 1970).

Den Kleinen im Kindergarten jedenfalls ist die Sachlage sonnenklar:

Mit meinem Schlittschuh schneid' ich Kreise und  
Glitzerlinien ins Eis, dreh' Pirouetten,  
übe Sprünge und vom Laufen froh und heiß!

Jetzt bleib ich stehn, blick in die Tiefe:  
Da leuchtet klar das Fischgesicht  
vom dicken Karpfenkönig Willi  
nah unterm Eis im blauen Licht!

Sein Algenschloss ist eingefroren,  
die Fische ruhen tief im Schlamm,  
nur König Willi kann nicht schlafen,  
und seine Flossen werden klamm!

Schlaf wieder ein, mein dicker Karpfen!  
Jetzt will ich ganz leise sein  
und übers Eis sehr sachte schnurren,  
dann schläfst du sicher wieder ein...!

HEIDER (1992)

#### 1.4.3. Der Karpfen im Winter außerhalb Europas

Im angloamerikanischen Raum wurden einige Untersuchungen durchgeführt, die sich mit dem Verhalten von Karpfen im Winter beschäftigten (JOHNSEN & HASLER 1977, OTIS & WEBER 1982, PRIEGEL 1982). Die Voraussetzungen sind dort allerdings etwas anders. Der Karpfen wurde von Europa aus in der ersten Hälfte des 19. Jahrhunderts in

amerikanische und kanadische Gewässer eingebracht (McCRIMMON 1968). Er hat dort somit, im Gegensatz zu Europa, keine Jahrhunderte alte Tradition in der Fischerei. Im Vordergrund der Untersuchungen standen die Erforschung der Ökologie und Biologie des Karpfen in den nordamerikanischen Gewässern (natürliche Seen und Stauseen), die möglichen negativen Auswirkungen des Karpfens auf die heimische Tier und Pflanzenwelt und die Entwicklung effektiver Managementmethoden zur Populationskontrolle in den Gewässern (z. B. WEBER & OTIS 1984, SCHWARTZ 1987). In Nordamerika wurde nie die These vom Winterlager vertreten, da der dortige Zugang, wie schon oben erwähnt, ein ganz anderer war. Dort wird der Karpfen als Fremdling betrachtet der kontrolliert werden muss. Es verwundert daher nicht, dass man in den einschlägigen Untersuchungen harte Fakten statt traditionellem Wissen vorfindet. Die mir zugänglichen Untersuchungen sind sich darin einig, dass der Karpfen im Winter seine Aktivität zwar einschränkt, so dass die winterliche „homerange“ bei etwa einem Drittel der sommerlichen liegt (OTIS & WEBER 1982), von einem gänzlichen Einstellen aller Aktivität und einem Ruhen am Grund des Gewässers wird allerdings nirgends berichtet. Was die Nahrungsaufnahme angeht, so stellen amerikanische Untersuchungen fest, dass sie im Winter zwar eingeschränkt, aber keinesfalls gänzlich eingestellt wird: „Carp feed under ice in winter.“ (POWLES et al. 1983).

Eine russische Arbeit, die dem Autor zugänglich ist und nicht schon im europäischen Teil über STEFFENS (1964) einfluss, berichtet von bestimmten Bereichen in denen die Karpfen den Winter verbringen. Innerhalb dieser Überwinterungsplätze, die meist größere Tiefen aufweisen, kommt es allerdings vor allem im Jänner zu gewissen Wanderungen. Man muss allerdings bei Vergleichen mit Teichen mitteleuropäischen Formats vorsichtig sein, da es sich beim untersuchten Gewässer um einen 51000 ha großen Stausee handelt (OSIPOVA 1979).

Im asiatischen Raum wird rege Karpfenzucht betrieben. Allerdings kommt man außer in Nordchina nicht in die Verlegenheit, Karpfen bei sehr niedrigen Wassertemperaturen überwintern zu müssen. Dementsprechend wenig Raum nimmt die Problematik in einschlägigen Fachbüchern ein und über das Verhalten der Karpfen erfährt man kaum etwas (z. B. OUYANG – HAI & SU – ZHIFENG, 1991).

## 1.5. Biotelemetrische Untersuchungen bei Fischen

Methoden zu ersinnen, um das Verhalten von Fischen im Freiland außerhalb der Aquarien womöglich noch in trübem und tiefem Wasser mehr oder weniger ausgedehnter Gewässer zu beobachten und zu beschreiben, hat die Kreativität der Biologinnen und Biologen angeregt. So rüsteten beispielsweise STEVENS & TIEMEYER (1961) Welse in einem kleinen Teich mit Nylonschnüren aus, an deren einem Ende ein Korkschwimmer befestigt war. Anhand der Bewegungen der Schwimmer an der Wasseroberfläche untersuchten sie die diurnale Aktivität der Welse. Allerdings bot erst die Biotelemetrie Möglichkeiten der relativ unabhängigen und unbeeinflussten Beobachtung. Seit 1956 der erste Aufsatz über die Anwendung von biotelemetrischen Methoden bei Fischen veröffentlicht wurde (nach STASKO & PINCOCK 1977), hat diese Technik einen rasanten Aufschwung erlebt und eine unglaubliche Fülle von Erkenntnissen im Bereich der Biologie, Ethologie, Ökologie und Physiologie von Fischen erbracht. Eine 1991 erschienene Bibliographie verzeichnet mehr als 1100 einschlägige Publikationen (BARAS 1991) zum Thema. Der Vorteil von biotelemetrischen Methoden liegt in der Möglichkeit, Fische in ihrem natürlichen Lebensraum zu praktisch jedem beliebigen Zeitpunkt über einen Zeitraum von wenigen

Tagen bis zu mehreren Monaten beobachten zu können. Wanderungsverhalten lässt sich so beispielsweise viel präziser untersuchen als mit konventionellen Markierungstechniken, die auf Wiederfang basieren. Die Weiterentwicklungen der modernen Elektronik mit der zunehmenden Miniaturisierung, der Leistungssteigerung der Batterien, den Möglichkeiten vollautomatischer Peilstationen und satellitenunterstützter Datenübertragungs- und Ortungssysteme wird auch in Zukunft der Biotelemetrie eine hohe Bedeutung zukommen lassen.

In Österreich wird erst begonnen, die Möglichkeiten biotelemetrischer Methoden für die Erforschung von Biologie, Ökologie und Ethologie von Fischen zu nutzen (SCHMUTZ & UNFER 1996, SCHMUTZ et al. 1998).

Biotelemetrische Arbeiten mit Karpfen (*Cyprinus carpio* L.) sind aus der Tschechischen Republik (z.B. VOSTRADOVSKA, M. 1975, GUSAR et al. 1989), Frankreich (z.B. TROCHERIE & BERCY 1984, GUENEAU 1986, STEINBACH 1986), den Vereinigten Staaten (z.B. JOHNSEN & HASLER 1977, OTIS & WEBER 1982, PRIEGEL 1982) und Kanada (z.B. BROWN et al. 2000, 2001) bekannt.

## 1.6. Fragestellung

Wie die Ausführungen zeigen, besteht einiger Klärungsbedarf, was das Verhalten der Karpfen während des Winters betrifft. Zum einen gibt es so etwas wie eine allgemeine Meinung, zum anderen sind doch immer wieder Beobachtungen gemacht worden, die widersprüchliche Erkenntnisse vermitteln.

Leider ist auch zu bemerken, dass zwar immer wieder Artikel zum Thema erscheinen, sich aber selten genaue Quellenangaben und untermauerndes Datenmaterial zu den dargebrachten Aussagen bzw. zur jeweiligen Situation, der Versuchsanordnung oder dem genauen Umstand der Beobachtung finden.

Zum Beispiel lassen sich Beobachtungen, die etwa in Hälteranlagen gemacht wurden, nicht so ohne weiteres auf die Winterteiche übertragen.

Es scheint also notwendig, die Frage ganz aufzurollen und in einem ersten Schritt, als Basis für weitere Untersuchungen, verlässliches und nachvollziehbares Datenmaterial zur Karpfenwinterung zu erheben und die dazu notwendigen methodischen Ansätze zu entwickeln und zu erproben.

Ausgehend von der Hypothese, dass die Karpfen den Winter nahezu reglos bei geringer Stoffwechselaktivität im sogenannten Winterlager verbringen, soll eine Methode entwickelt und erprobt werden, die es ermöglicht, die Position der Karpfen während des Winters zu dokumentieren und somit die Winterlager selbst aufzuspüren.

Neben dem Auffinden der Standorte der Karpfen im Winter werden physikalische und chemische Parameter des Wassers in den Winterteichen aufgezeichnet und es wird versucht, einen Zusammenhang zwischen diesen Parametern und dem Verhalten der Versuchskarpfen herzustellen.

Die methodische Basis dieses Ansatzes bildet eine bewährte radiotelemetrische Technik, deren Leistungsfähigkeit unter winterlichen Bedingungen unter Eis und ihre Auswirkung auf die Versuchstiere, während des langen Zeitraumes der Winterung, jedoch noch unzureichend bekannt sind. Ein Ziel der vorliegenden Arbeit ist es, die Eignung und Möglichkeiten der eingesetzten Technik zu überprüfen und ihre Auswirkungen auf die besenderten Karpfen zu beschreiben.

## 2. Material und Methoden

### 2.1. Versuchstiere

Insgesamt wurden 33 dreisömmrige Karpfen (K3) (*Cyprinus carpio carpio* morpha *domestica*) der fast schuppenlosen Variante „Spiegelkarpfen“ (Abb. 3) zu den Untersuchungen herangezogen. Die Fische wiesen ein Gewicht von 1192 – 2346 g und eine Totallänge von 370 – 480 mm auf. Zur Verfügung gestellt wurden die Karpfen von der Teichwirtschaft Kinsky, Heidenreichstein und der Teichwirtschaft Fischer-Ankern, Kirchberg/Walde.

Mit radiotelemetrischen Sendern wurden 31 Karpfen versehen, je 10 in den Wintern 1999/2000 und 2000/2001, 11 im Winter 2001/2002. Die Unterscheidung der Fische erfolgte über die unterschiedlichen Frequenzen der Sender. Zwei weitere Karpfen wurden zu Vergleichszwecken bei der Sektion und den Röntgen- bzw. CT-Untersuchungen herangezogen.



Abb. 3: Fast schuppenlose Spiegelkarpfen wurden für die Untersuchungen eingesetzt

### 2.2. Tierversuch

Das Tierversuchsgesetz (TGV) 1988 (Bundesgesetz vom 27. September 1989 über Versuche an lebenden Tieren) BGBl. Nr. 501/1989 regelt die Versuche an lebenden Tieren.

Hierbei ist nach § 6 TGV 1988 eine Genehmigung der Tierversuchseinrichtung notwendig, welche laut Bescheid der NÖ Landesregierung vom 28. Juli 1999 erteilt wurde.

Die Genehmigung zur Leitung von Tierversuchen laut § 7 TGV 1988 wurde per Bescheid der NÖ Landesregierung vom 28. Juli 1999 erteilt.

Die Genehmigung zur Durchführung des Tierversuches „Besonderung von Spiegelkarpfen“ laut § 8 TGV 1988 wurde per Bescheid der NÖ Landesregierung vom 28. Juli 1999 erteilt.

## 2.3. Versuchsteiche

### 2.3.1. Lage der Teiche

Als Versuchsteiche wurden zwei Winterteiche (Kaltenbachtteich, Streitteich) der Teichwirtschaft Kinsky, Heidenreichstein, ausgewählt. Im Winter 2001/2002 wurde zusätzlich ein Winterteich (Mitterhöllteich) der Teichwirtschaft Fischer-Ankern, Kirchberg am Walde, mit besenderten Karpfen besetzt. Die Teiche befinden sich im äußeren Nordwesten von Niederösterreich (Abb. 4). Alle drei Teiche werden schon längere Zeit für die Überwinterung von Karpfen verwendet.

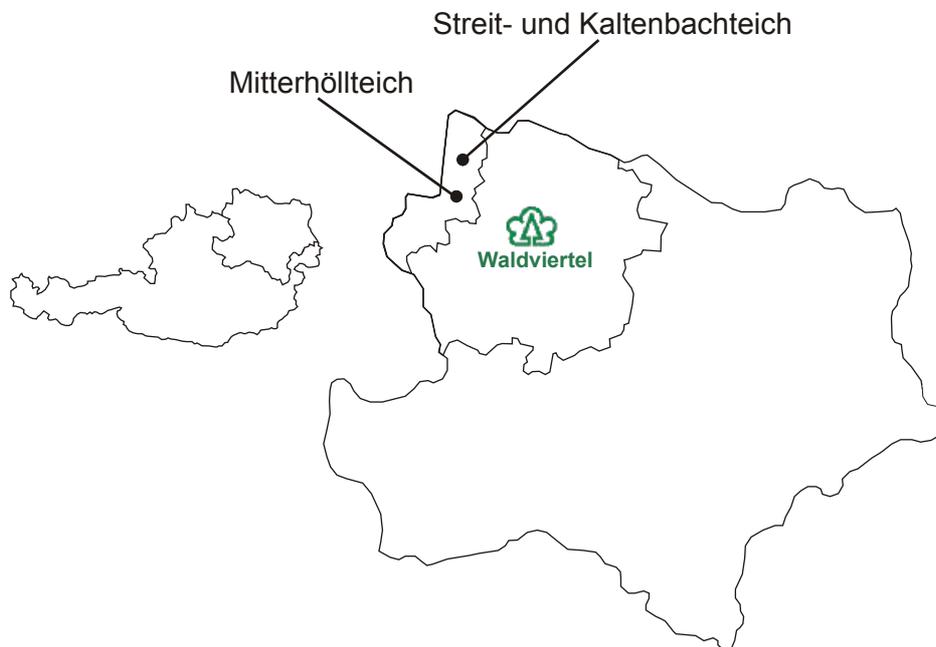


Abb. 4: Lage der Versuchsteiche im niederösterreichischen Waldviertel, politischer Bezirk Gmünd

### 2.3.2. Karten der Teiche

Als Basis für die Karten der Versuchsteiche wurden die entsprechenden Katasterpläne im Maßstab 1:1000 herangezogen.

Das Tiefenprofil wurde ermittelt, indem entlang der Längsachse der Teiche mit einer Schnur 7 – 9 Transekte gezogen wurden. Entlang dieser Transekte wurden vom Boot aus in Abständen von 5 – 10 m Tiefenlotungen vorgenommen. Die entsprechenden Tiefenlotungen wurden auf der Karte durch Linien verbunden.

Die Bearbeitung der Karten erfolgte mit dem Programm Corel Draw, © Corel Corporation.

### 2.3.3. Kaltenbachteich

Fläche: 2,2 ha (Abb. 5 und 6)

Ein von Wald und Wiese umgebener geschützt liegender Teich in der KG Heidenreichstein, Parzelle 608.

Besonderes Merkmal ist das saure Zuflusswasser durch Drainagegräben aus den umliegenden Nadelwäldern. Die größte Tiefe liegt bei ca. 3,5 m.



Abb. 5: Der Kaltenbachteich im Winter

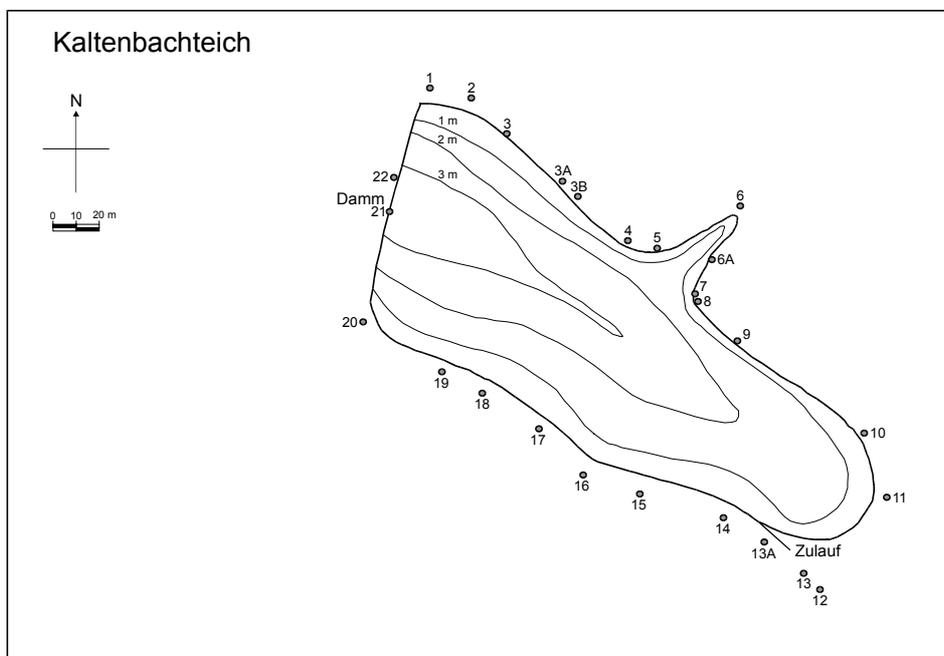


Abb. 6: Plan des Kaltenbachteiches mit eingezeichneten Messpunkten und Tiefenprofil

### 2.3.4. Streitteich

Fläche: 2,7 ha (Abb. 7 und 8)

Ein ausschließlich von Wiesen und Feldern umgebener Teich in exponierter Lage in der KG Heidenreichstein, Parzelle 863.

Er weist durch das landwirtschaftliche Einzugsgebiet einen stets höheren Phosphorgehalt auf als der Kaltenbachteich. Seine größte Tiefe beträgt ca. 2 m und der Teich weist ein deutlich flacheres Profil auf als der Kaltenbachteich.



Abb. 7: Der Streitteich im Winter

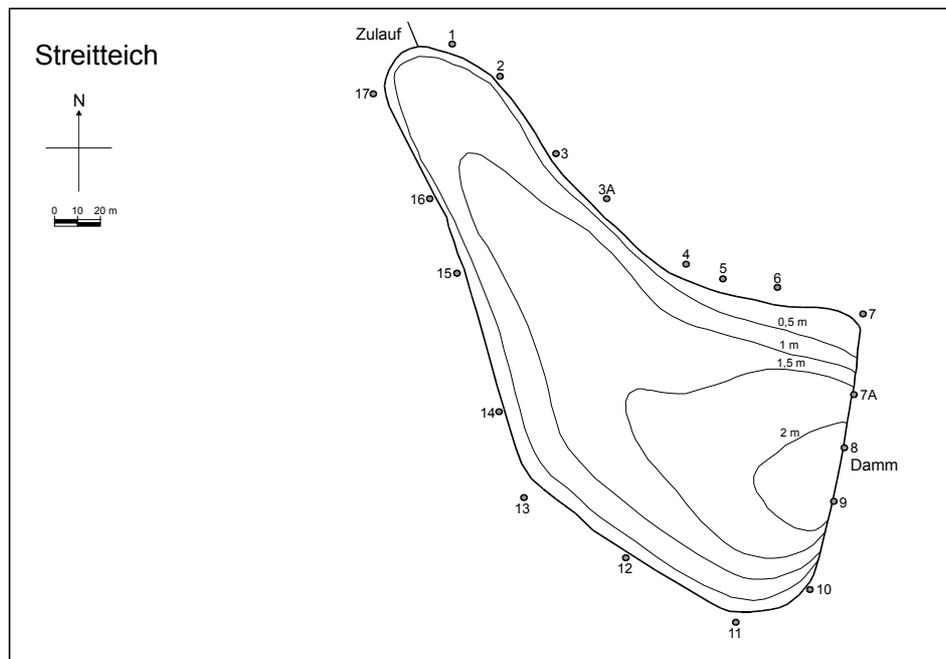


Abb. 8: Plan des Streitteichs mit eingezeichneten Messpunkten und Tiefenprofil

### 2.3.5. Mitterhöllteich

Fläche: 4,4 ha (Abb. 9 und 10)

Von landwirtschaftlichen Flächen und Wald umgebener Teich in der KG Schrems, Pürbach, Parzelle 1181. Der Teich wird im Sommer als Badeteich und im Winter mit Zustimmung des Bewirtschafters zum Schlittschuhfahren und Eisstockschießen genutzt. Seine maximale Tiefe beim Mönch beträgt ca. 2 m.



Abb. 9: Der Mitterhöllteich im Winter

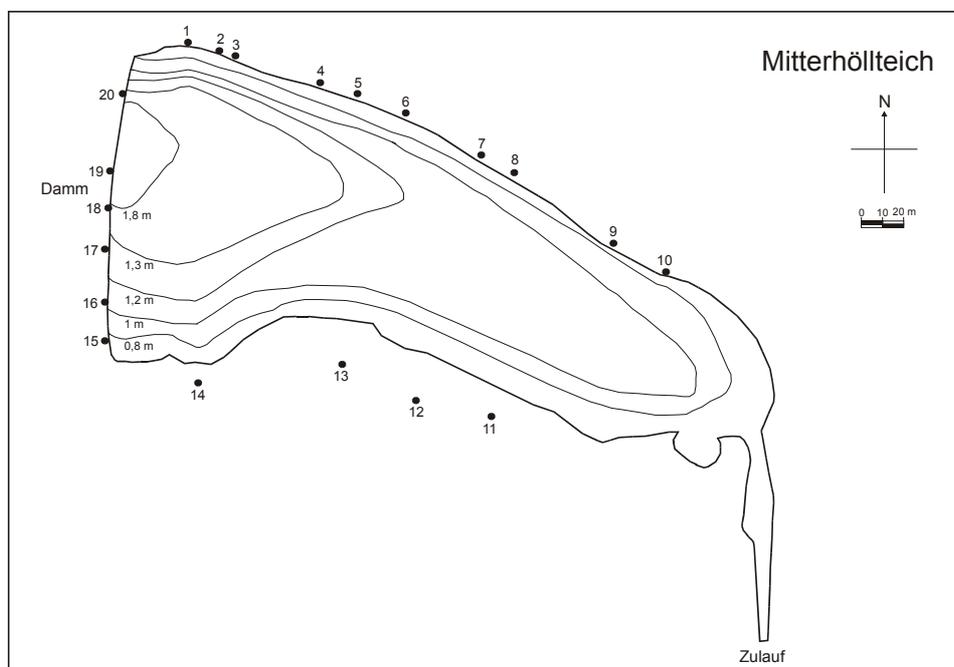


Abb. 10: Plan des Mitterhöllteichs mit eingezeichneten Messpunkten und Tiefenprofil

## 2.4. Biotelemetrische Technik

### 2.4.1. Methoden der Biotelemetrie

Die wesentlichen Komponenten eines biotelemetrischen Systems zur Positionsbestimmung des Versuchstieres, sind ein am Versuchstier befestigter Sender und ein Empfänger. Die Positionsbestimmung erfolgt dann über den Empfang und die Auswertung der vom Sender ausgesandten Signale.

Grundsätzlich bestehen drei Möglichkeiten, Fische mit einem Sender zu versehen: die externe Befestigung in der dorsalen Rumpfmuskulatur, die Applikation in den Magen und die Implantation in die Leibeshöhle (Abb. 11). Welche Methode zur Anwendung kommt, hängt von der Fragestellung, der zu untersuchenden Spezies und von den Umweltparametern im jeweiligen Gewässer ab.

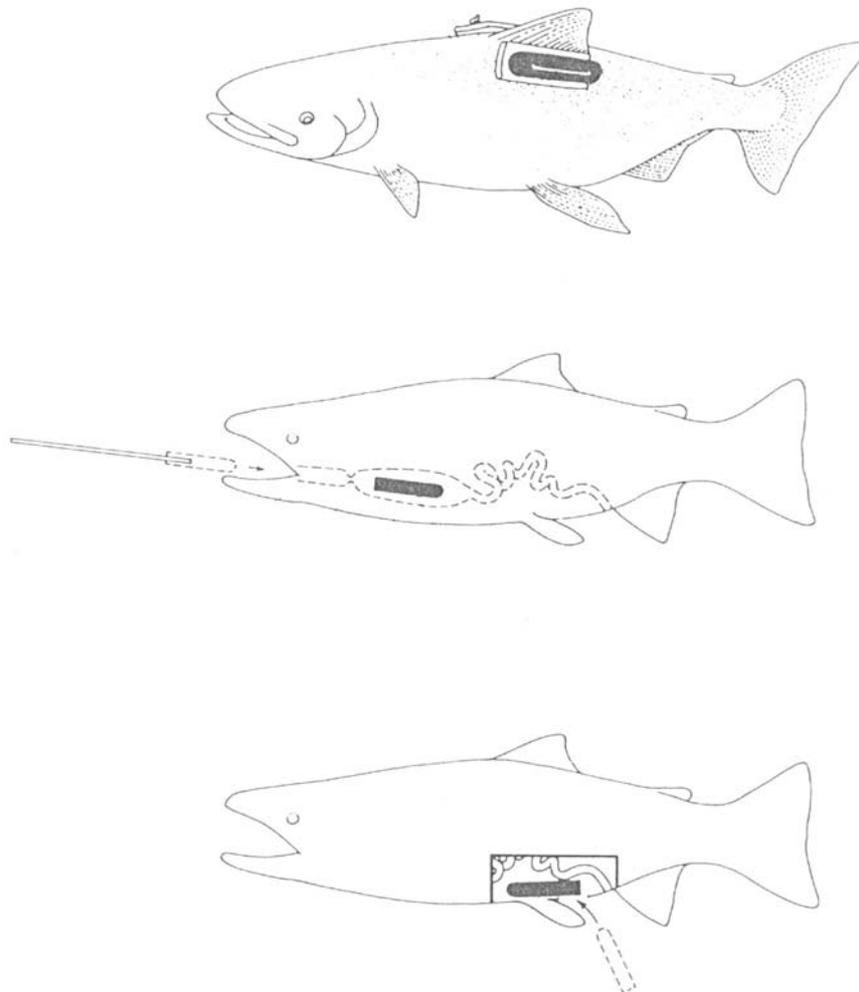


Abb. 11: Die unterschiedlichen Möglichkeiten der Anbringung eines Senders an den Versuchsfisch: (von oben nach unten) externe Anbringung, Magenapplikation, Implantierung (verändert nach MELLAS & HAYNES 1985)

#### 2.4.1.1. Externe Anbringung des Senders

Die externe Befestigung von Sendern in der dorsalen Rumpfmuskulatur (Abb.11), meist direkt unterhalb der Rückenflosse, ist eine sehr rasch durchzuführende Methode. Sie kommt immer wieder erfolgreich zum Einsatz und wird oftmals direkt im Feld praktiziert (z.B. ROGERS et al. 1984, AARESTRUP & JEPSEN 1998, MEYER & PELZ 1998). Die Methode weist jedoch, vor allem bei Untersuchungen über lange Zeiträume, eine Reihe von Nachteilen auf. Da der externe Sender die natürliche Stromlinienform des Fisches stört, kommt es dadurch zu einer Erhöhung des hydrodynamischen Widerstandes und zu erhöhtem Energieverbrauch (LEWIS & MUNTZ 1984). In Abhängigkeit von der Größe der Versuchsfische und der Größe des Senders, kann es infolge zu einer Beeinträchtigung des Schwimmvermögens kommen (McCLEAVE & STRED 1975). Zudem besteht die Gefahr, dass es zu einem Bewuchs des Senders mit Algen kommt und der hydrodynamische Widerstand dadurch noch wesentlich gesteigert wird (THORSTAD et al. 2001). Eine weitere Gefahr, die besonders in den Teichen zu berücksichtigen ist, besteht im Verhaken des Senders in submerser Vegetation (SCHRAMM & BLACK 1984, STEINBACH 1986). ROSS & McCORMICK (1981) sehen darin, neben der gesteigerten Selektion durch Räuber, eine Ursache für die hohe Mortalität unter den Versuchstieren. Als Langzeitfolgen der externen Befestigung beschreiben MELLAS & HAYNES (1985) Muskelschäden, verursacht durch die Befestigungsdrähte des Senders. STASKO & PINCOCK (1977) empfehlen die externe Befestigung von Sendern nur bei kurzzeitigen Studien oder Untersuchungen im Freiwasser größerer Fließgewässer. Auch ROSS & McCORMICK (1981) möchten den Einsatz von externen Sendern auf Situationen beschränkt sehen, in denen keine alternative Möglichkeit offen steht, etwa bei kleinen Fischen mit ausgereiften Gonaden.

#### 2.4.1.2. Magenapplikation des Senders

Die Applikation des Senders in den Magen des Versuchsfisches (Abb. 11) stellt eine schonende Methode dar, da sie ohne invasiven Eingriff auskommt. Insbesondere für kurzzeitige Untersuchungen wird diese Methode empfohlen (WINGER & WALSH 2001). Es kommt zu keiner Veränderung des Strömungswiderstandes und somit zu keiner Beeinträchtigung des Schwimmvermögens (McLEAVE & STRED 1975, MELLAS & HAYNES 1985). Langfristige Untersuchungen erhöhen jedoch die Gefahr, dass der Sender durch Heraufwürgen verloren geht (McLEAVE & STRED 1975, MELLAS & HAYNES 1985, LUCAS & JOHNSTONE 1990, ARMSTRONG & RAWLINGS 1993). Möglicherweise kommt es auch zu einer erheblichen Behinderung der Nahrungsaufnahme und Verwertung (ARMSTRONG & RAWLINGS 1993), wenngleich MELLAS & HAYNES (1985) beim Weißbarsch (*Morone americana*) keine Probleme bei der Nahrungsaufnahme und Verwertung feststellen konnten. Regenbogenforellen (*Salmo gairdneri*) schienen allerdings beeinträchtigt. Beim Karpfen kommt hinzu, dass ihm, wie allen Cypriniden, ein distinkter Magen fehlt (HARDER 1964). Die Einführung des Senders in ein mehr oder weniger einheitliches Darmrohr könnte aus diesem Grund verschiedene Probleme aufwerfen. Eine Ausstoßung des Senders – sei's durch Heraufwürgen oder normale Darmpassage - könnte begünstigt werden. Auch ein Darmverschluss wäre denkbar. SCHRAMM & BLACK (1984) lehnen aus ähnlichen Überlegungen die Magenapplikation bei ihrer Langzeitstudie an Graskarpfen (*Ctenopharyngodon idella*) ab.

#### 2.4.1.3. Implantation des Senders

Die Implantation des Senders macht einen operativen Eingriff zur Eröffnung der Leibeshöhle notwendig (Abb. 11). Diese Technik wird mittlerweile weltweit auf hohem

Niveau bei einer Vielzahl von Fischarten durchgeführt (BARAS 1991). Vor allem für Langzeituntersuchungen erweist sich die Implantation des Senders als die am besten geeignete und schonendste Methode (STASKO & PINCOCK 1977, LUCAS 1989, MARTINELLI et al. 1998). Als Beispiele seien hier die Arbeiten von MINOR & CROSSMAN (1978) und BEYERS & CARLSON (1993) genannt. Erstere implantierten einer Hechtart (*Esox masquinongy*) Sender für die Dauer von 15 Monaten, letztere Graskarpfen (*Ctenopharyngodon idella*) für die Dauer von 17 Monaten. Beeindruckend sind die Angaben von TYUS (1988), der von Fischen berichtet, welche über 8 Jahre mit dem implantierten Sender lebten, ohne dass negative Auswirkungen zu erkennen waren. Bei allen drei Untersuchungen traten keine nennenswerten Komplikationen auf.

Generell findet sich eine Vielzahl von Studien, die keine negativen Effekte der Implantation von Sendern auf das Verhalten, die Mortalität oder das Wachstum der Versuchsfische feststellen konnten (MINOR & CROSSMAN 1978, SUMMERFELT & MOSIER 1984, PEDERSEN & ANDERSEN 1985, GUENAU 1986, STEINBACH 1986, LUCAS 1989, MOORE et al. 1990, OKLAND et al. 1997, MARTINELLI et al. 1998). Da das Implantat wie bei der Magenapplikation nahe am Schwerpunkt des Fisches liegt, kommt es zu keiner Veränderung des Strömungswiderstandes und das Schwimmvermögen bleibt unbeeinträchtigt (MELLAS & HAYNES 1985, PEDERSEN & ANDERSEN 1985). Bei fachgerechter Durchführung des Eingriffs heilen die Operationswunden schnell und komplikationslos. Der Sender selbst verursacht in der Leibeshöhle keine Schäden. Postoperative Komplikationen sind selten (SCHRAMM & BLACK 1984, SUMMERFELT & MOSIER 1984, PEDERSEN & ANDERSEN 1985, LUCAS 1989, MARTINELLI et al. 1998). Es wurde jedoch von Fällen berichtet, in denen der Sender über die Körperwand, den Darm (z.B. SUMMERFELT & MOSIER 1984, MARTY & SUMMERFELT 1986 für *Ictalurus punctatus*) oder die Operationswunde (z.B. SCHRAMM & BLACK 1984 für *Ctenopharyngodon idella*) ausgestoßen wurde. In diesem Zusammenhang weisen SUMMERFELT & MOSIER (1984) darauf hin, dass das Gewicht des Senders in Wasser nicht mehr als 1,75 % des Fischgewichtes in Luft betragen sollte. Bezüglich der Senderausstoßung gibt es keine Angaben darüber, dass Ähnliches beim Karpfen vorkommt. In den Untersuchungen von JOHNSEN & HASLER (1977), OTIS & WEBER (1982), GUENAU (1986) und STEINBACH (1986) zeigt sich, dass die Implantationstechnik jedenfalls für Karpfen geeignet ist.

Radiosender verfügen über eine Antenne, wobei zwei Möglichkeiten bestehen, die Antenne im Fisch zu positionieren. Zum einen gibt es Sender mit aufgerollten Antennen, die in der Hülle des Senders integriert sind (CHILTON & POARCH 1997) und zum anderen Peitschenantennen, die die Körperwand des Versuchsfisches passieren müssen. Das erfolgt entweder durch einen eigenen Kanal (Antennenkanal) abseits der Operationswunde (OKLAND et al. 1997, JEPSEN & AARESTRUP 1999) oder durch die Operationswunde selbst (z.B. STEINBACH 1986). Letztere Variante könnte sich jedoch negativ auf den Heilungsprozess der Operationswunde auswirken. Die interne Antennenkonfiguration hat den Vorteil, dass ein Passieren der Körperwand nicht notwendig ist. Ein schwerwiegender Nachteil ist jedoch die Leistungseinschränkung der Signalübertragung und Signalreichweite, die diese Technik in großen und/oder tiefen Gewässern schnell an ihre Grenze stoßen lässt. Dieser Nachteil besteht bei externen Peitschenantennen nicht. Ihre Leistung und Reichweite ist im Allgemeinen höher (ROSS & KLEINER 1982, COOKE & BUNT 2001). Bei dieser Antennenkonfiguration lässt sich ein Antennenkanal durch die Körperwand allerdings nicht vermeiden.

Die vorliegende Untersuchung verwendete implantierte Sender mit externer Antenne, welche die Körperwand mittels eines Kanals passierten.

### 2.4.2. Ultraschall versus Radiosignale

Grundsätzlich gibt es zwei Methoden der biotelemetrischen Positionsbestimmung. Einerseits mittels Ultraschall (z.B. ZIBELL 1973) und andererseits mittels Radiowellen (z.B. HUBER & KIRCHHOFER 1998). STASKO & PINCOCK (1977) geben einen Überblick über die Methoden mit Schwerpunkt auf die Ultraschalltechniken. Obwohl GUSAR et al. (1989) bei ihren Telemetrieversuchen an Karpfen in Winterteichen Ultraschallsender einsetzen, wurde in der vorliegenden Arbeit auf Radiowellen zurückgegriffen. Einer der Gründe hierfür war, dass die Antenne des Empfängers nicht ins Wasser eingetaucht werden muss. Im Gegensatz dazu muss sich das Hydrophon bei der Ultraschalltechnik im Wasser befinden. Ein Öffnen der Eisdecke ist hierzu unumgänglich, was zur Störung der Fische und somit zu verfälschten Ergebnissen führen könnte. GUSAR et al. (1989) konnten auf offene Stellen im Eis zurückgreifen, die aufgrund von Belüftungsmaßnahmen bestanden. Die Technik des Belüftens wird im Waldviertel jedoch nur im äußersten Notfall eingesetzt und besteht, wenn überhaupt, nur in der zweiten Hälfte des Winters ab Ende Jänner. Darüber hinaus werden Radiowellen durch Turbulenzen im Wasser oder Wasserpflanzen nicht wesentlich beeinträchtigt und sind auch durch eine Eisdecke zu empfangen (STASKO & PINCOCK 1977, PRIEDE 1980). Ultraschallsignale leisten das nicht, sind aber die bessere Wahl, wenn Gewässer mit hoher Leitfähigkeit und/oder großer Tiefe vorliegen (STASKO & PINCOCK 1977). Die Stärke der Ultraschallsignale liegt auch in der Möglichkeit einer exakteren Peilung. Darüber hinaus verlassen Radiowellen das Wasser nur in einem Winkel kleiner als  $6^\circ$  zur Wasseroberfläche und unterliegen zudem einer Brechung und Polarisierung (Abb. 12) (STASKO & PINCOCK 1977, SISAK & LOTIMER 1998). Diese Phänomene, gemeinsam mit Fortpflanzungsverlusten des Radiosignals im Wasser, an der Schnittstelle Wasser-Luft und in der Luft können zu Schwierigkeiten bei der Peilung führen (SISAK & LOTIMER 1998). Bei Ultraschallsignalen besteht das Problem der verschiedenen Medien nicht. Grundsätzlich ist festzustellen, dass der Verwendung von Radiowellen zur Positionsbestimmung von Karpfen im Winter, unter den gegebenen Umständen, der Vorzug zu geben war.

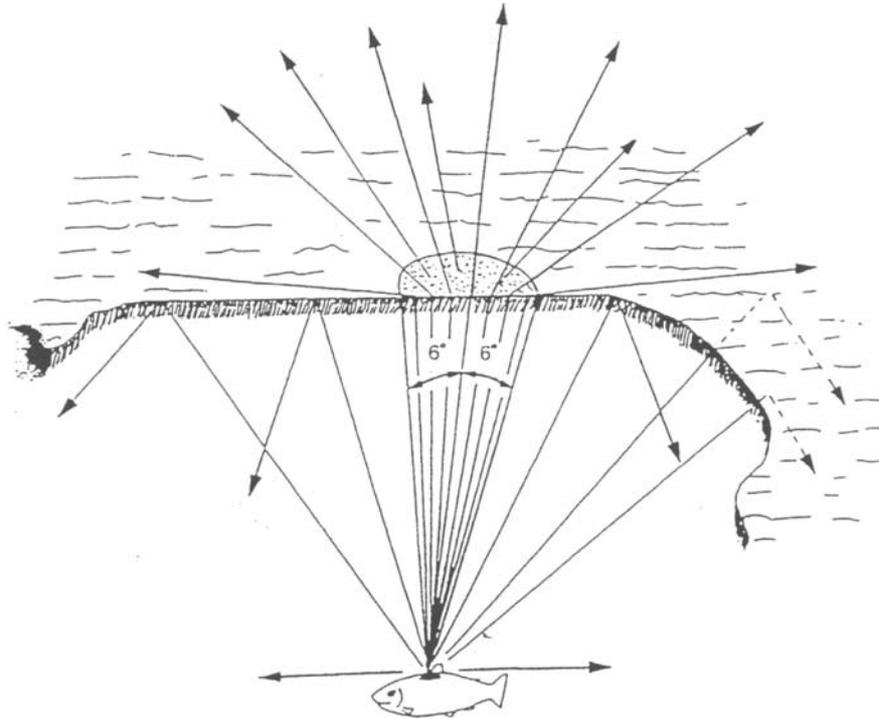


Abb. 12.: Reflexion und Brechung der Radiowellen an der Wasseroberfläche (verändert nach SISAK & LOTIMER 1998)

### 2.4.3. Radiotelemetrische Ausrüstung

Sender: Fabrikat der Firma LOTEK Inc., Typ MBTF-5 (Abb. 13) im VHF-Bereich mit einer Abmessung von 11×59 mm und einem Gewicht in Luft von 10,3 g und in Wasser von 4,6 g. Damit ist garantiert, dass das Gewicht des Senders in Wasser nicht mehr als 1,75 % des Fischgewichtes in Luft ausmacht (SUMMERFELT & MOSIER 1984). Die Antenne weist eine Länge von ca. 430 mm auf. Die Lebensdauer des Senders beträgt bei einer Pulsrate von 40 Impulsen pro Minute ca. 300 Tage. Es wurden insgesamt 35 Sender verwendet (31 in Karpfen, 4 als Referenzsender).

Empfänger: LOTEK SRX-400 W4.

Antenne: Model 3LTA der Firma Lindsay, AN-3YGF, 3 Element Yagi

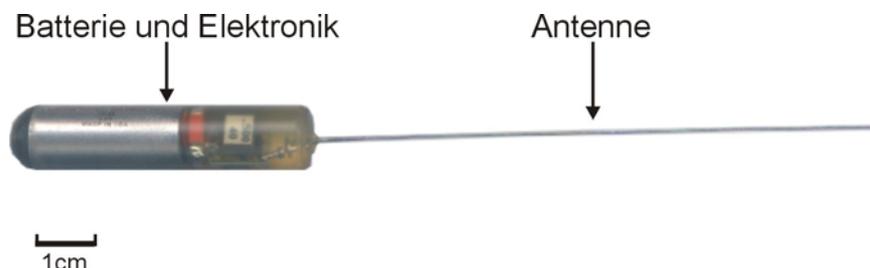


Abb. 13: Radiotelemetrischer Sender MBTF-5 (Fa. Lotek, Kanada)

### 2.4.4. Senderimplantation

Die chirurgische Technik orientierte sich an den Beschreibungen in der einschlägigen Literatur (z.B. SCHRAMM & BLACK 1984, PEDERSEN & ANDERSEN 1985, SUMMERFELT & SMITH 1990), insbesondere aber an JOHNSEN & HASLER (1977),

OTIS & WEBER (1982) STEINBACH (1986). Diese Autoren beschreiben eine derartige Methode am Karpfen. Die Durchführung der chirurgischen Maßnahmen oblag bescheidgemäß einem Tierarzt. Die Verwendung von nahezu schuppenlosen Spiegelkarpfen trägt zur Entlastung des Versuchstieres bei und vereinfacht die Operation. Es müssen keine Schuppen entfernt oder beschädigt werden, um den Eingriff durchführen zu können, wie auch STEINBACH (1986) bemerkt. Unter 6. Anhang A findet sich eine kurze Bilddokumentation der Senderimplantierung.

Der Sender wurde durch einen medioventralen Schnitt in die Leibeshöhle eingeführt, während die Antenne über einen eigenen Kanal die Körperwand durchstößt. Um die Antenne des Senders separat vom Schnitt für den Sender durch die Körperwand zu führen, wurde eine Venenverweilkanüle (Abb. 14) verwendet, wie sie in der Humanmedizin gebräuchlich ist. Eine ähnliche Technik beschreiben ROSS & KLEINER (1982) und ADAMS et al. (1998a, b). Für den Wundverschluss bei Fischen bieten sich neben den herkömmlichen nicht absorbierbaren Nähten (z.B. SCHRAMM & BLACK 1984), noch absorbierbares Nahtmaterial (z.B. MOORE et al. 1990, KASELOO et al. 1992), sowie Klebstoffe allein (z.B. NEMETZ & MACMILLAN 1988) oder in Kombination mit Nahtmaterial (z.B. MARTINELLI et al. 1998) an. Auch Wundklammern wurden erfolgreich eingesetzt (z.B. MULFORD, C. J. 1984). Alle diese Methoden wurden schon erfolgreich bei Fischen eingesetzt. Ausschlaggebend für die Wahl von nichtabsorbierbarem Nahtmaterial war die niedrige Wassertemperatur, welche eine verzögerte Wundheilung nach sich zieht.

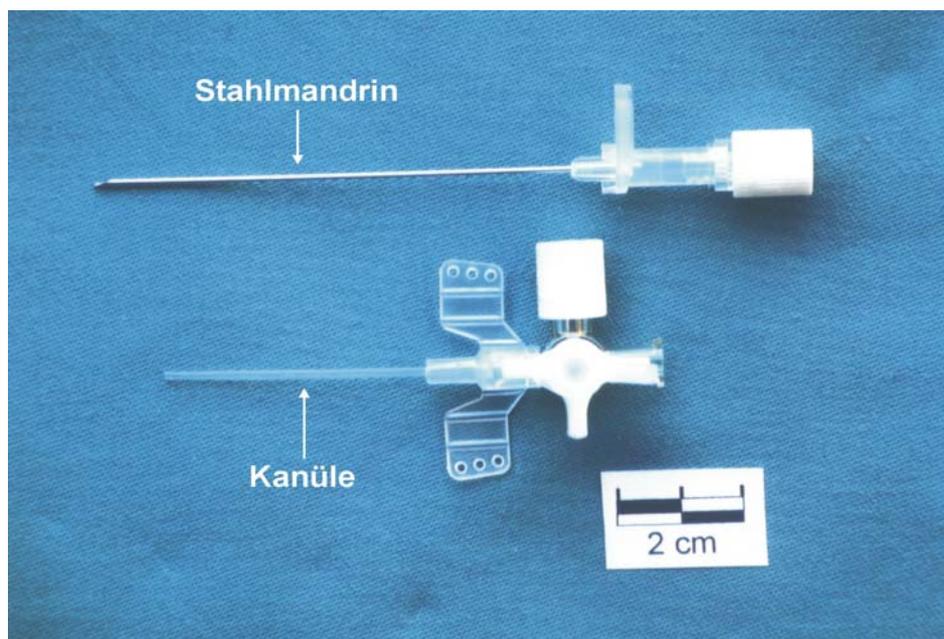


Abb. 14: Venenverweilkanüle für den Antennenkanal. Die Kanüle (unten) und der Stahlmandrin (oben) sind hier bereits getrennt

Die Senderimplantierung im Detail:

Die Narkotisierung des Karpfens erfolgte in einem Wasserbehälter, der MS222™ (3-Aminobenzolsäureethylestermethansulfonate, Fa. Sandoz) in der Dosierung 100 mg/l enthielt. Die Exposition zur Narkoselösung erfolgte bis die Anästhesiestufe 4 – 5 erreicht war (SUMMERFELT & SMITH 1990). Anschließend wurde der Versuchsfisch mit der ventralen Körperseite nach oben und dem Kopf etwas schräg nach unten in der

Operationseinrichtung auf einem befeuchteten Tuch platziert. Dabei wurde das Tier von einem Assistenten in dieser Position fixiert und die Beckenflossen abgespreizt (Abb. 15).

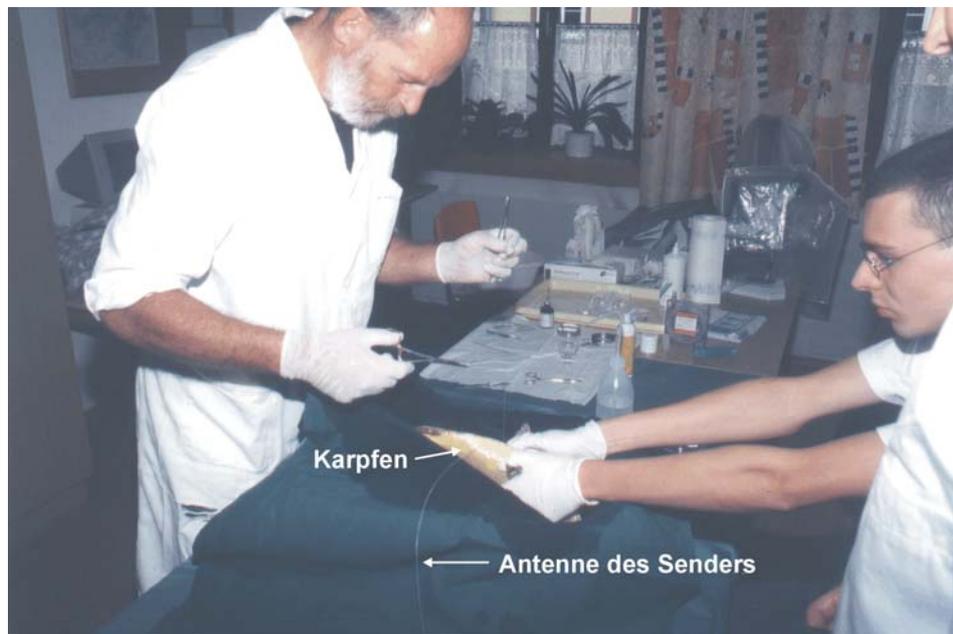


Abb. 15: Der Karpfen in der Operationseinrichtung

Nach erfolgter Desinfektion der Eingriffsstelle wurde vom Operateur posterior des Beckengürtels ein 30 – 40 mm langer medianer Schnitt entlang der Linea alba geführt und die Leibeshöhle eröffnet. Caudolateral des medioventralen Schnittes wurde mit einer Venenverweilkanüle (17G/1,4 mm O.D.×40 mm) die Körperwand punktiert und damit der Austrittskanal der Antenne geschaffen. Nach Entfernen des Stahlmandrins wurde die Antenne, von der Schnittstelle und Leibeshöhle kommend, durch die Venenverweilkanüle gefädelt. Nach Entfernen der Venenverweilkanüle verlief die Antenne durch die Körperwand und der Sender konnte durch den Schnitt in die Körperhöhle eingebracht werden, indem er durch den Schnitt craniad in Richtung des Beckengürtels in die Leibeshöhle geschoben wurde. Eine Positionierung des Senders dorsal des Beckengürtels wurde angestrebt (Abb. 16).

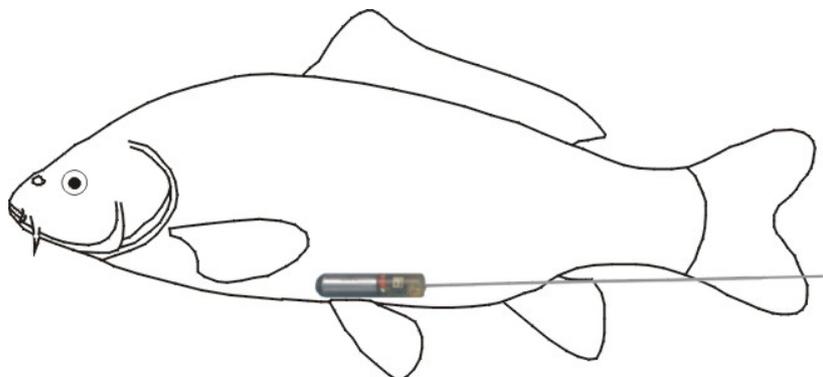


Abb. 16: Angestrebte Position des Senders in der Leibeshöhle des Karpfens

Abschließend wurde die Operationswunde mit 3 – 4 einfachen unterbrochenen Nähten (Supramid<sup>®</sup>, 3, USP 2/0 Serag-Wiesner) verschlossen. Die Nähte wurden bis zum Wiederfang der Karpfen im Frühjahr nicht entfernt. Zur Vorbeugung einer Peritonitis und

systemischer bakterieller Infektionen aus der Chirurgie wurde ein Breitbandantibiotikum (10 mg/kg Baytril® 2,5 %, Bayer AG) verabreicht. Mit einer abschließenden Wunddesinfektion wurde die Operation beendet.

Während der Operationsdauer von max. 3 – 4 Minuten befanden sich die Fische außerhalb des Wassers auf einem befeuchteten Tuch in der Operationsvorrichtung. Ein Spülen der Kiemen mit Wasser und Narkosemittel wurde nur durchgeführt, wenn die Wirkung der Narkose während der Operation nachließ und eine neuerliche Zufuhr von Narkotikum erforderlich war. Nach dem Eingriff wurden die Fische einige Tage gehältert, um bei Komplikationen eingreifen zu können. Anschließend wurden sie in die Versuchsteiche zur Winterung verbracht.

Die Implantierung der Sender und das Verbringen der Versuchskarpfen in die Winterteiche erfolgte im Oktober bzw. Anfang November (Tab. 1).

Tab. 1: Operations- und Aussetzungstermine

| Winter    | Operation  | Aussetzen  |
|-----------|------------|------------|
| 1999/2000 | 28.10.1999 | 2.11.1999  |
| 2000/2001 | 4.10.2000  | 9.10.2000  |
| 2001/2002 | 10.10.2001 | 15.10.2001 |

## 2.5. Datenaufnahme und Auswertung

### 2.5.1. Positionsbestimmung

Die Positionsbestimmung der besenderten Karpfen erfolgte mittels Peilung von mindestens zwei Fixpunkten am Ufer aus. Die Fixpunkte wurden von einem Geometer vermessen und in die Karten der Teiche eingetragen (Abb. 6, 8 und 10).

Die Positionsbestimmungen erfolgten ab Anfang November, zu einem Zeitpunkt, als noch deutliche Aktivitäten der Karpfen wahrgenommen werden konnten (springende Fische, Schwärme von Karpfen usw.).

Die Methode der Positionsbestimmung ist ähnlich der bei der Triangulation angewandten „Null – Average Method“ und der Methode der Fehlerpolygone (HEEZEN & TESTER 1967, SPRINGER 1979). Der Unterschied besteht darin, dass anstatt der mittleren Peilrichtung und dem Peilfehler zur beidseitigen Begrenzung, die ermittelten Grenzpeilungen selbst Verwendung finden. Anhand der digitalen Anzeige der relativen Signalstärke am Empfänger wurde versucht, das Signal auf einen möglichst kleinen Winkel einzuschränken. Die Grenzbereiche dieses Winkels wurden mithilfe eines Kompasses und markanter Geländepunkte gepeilt und in ein Feldtagebuch eingetragen. Die Position des jeweiligen besenderten Karpfens wurde durch jene Schnittfläche (Positionspolygon) bestimmt, die durch die Übertragung von mindestens zwei Peilungen auf die Karte des jeweiligen Teiches ermittelt wurde (Abb. 18 und 19). Die Positionspolygone aller Versuchsfische eines Teiches wurden für jeden Monat zu Aufenthaltsbereichen zusammengefasst.

Die Position der besenderten Karpfen wurde mindestens zweimal wöchentlich, wenn möglich vormittags und nachmittags, ermittelt. Bei Bedarf wurden zusätzliche Positionsbestimmungen durchgeführt.

An einer genau vermessenen Stelle wurde im Winter 2000/2001 und 2001/2002 im Kaltenbach- und Streitteich je ein Referenzsender versenkt, der mithilfe einer Boje (Abb.

17) einen Meter über Grund schwebte. Durch diesen Sender war es jederzeit möglich, auf ein Vergleichssignal zurückzugreifen und so Signalstörungen oder Fehlfunktionen an Sendern bzw. der Empfangsausrüstung zu erkennen.



Abb. 17: Fischereimeister Gratzl mit der Referenzsenderboje



Abb. 18: Peilung am Ufer des Kaltenbacheichs

Neben den Freilandarbeiten an den Teichen wurden sämtliche weiteren Arbeiten, einschließlich der Operationen, in der Ökologischen Station Waldviertel durchgeführt.

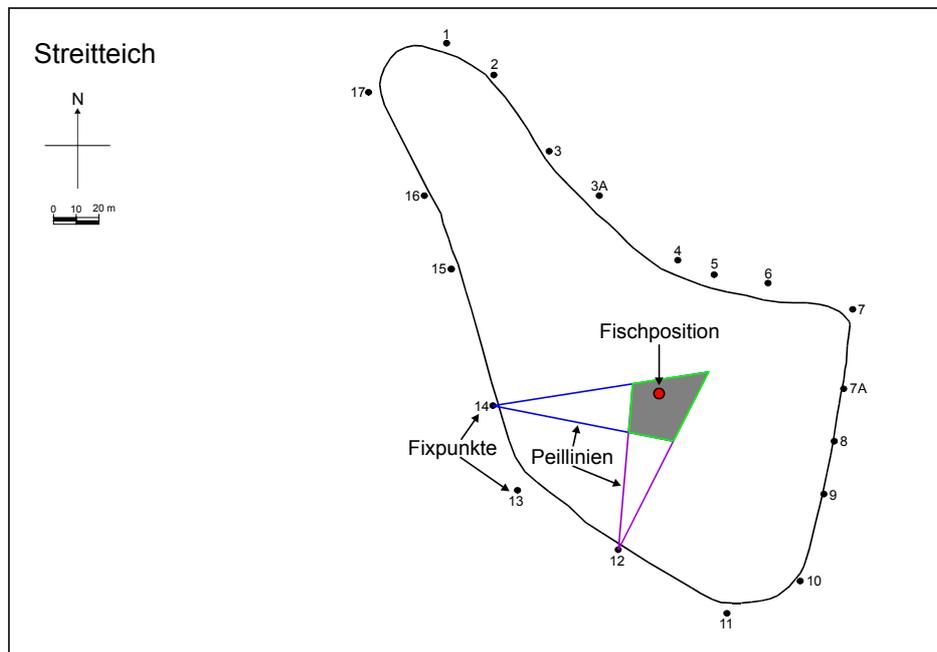


Abb. 19: Peiltechnik zur Positionsbestimmung der besenderten Karpfen. Das Positionspolygon, das die tatsächliche Fischposition enthält, wird von mindestens zwei Peilungen gebildet

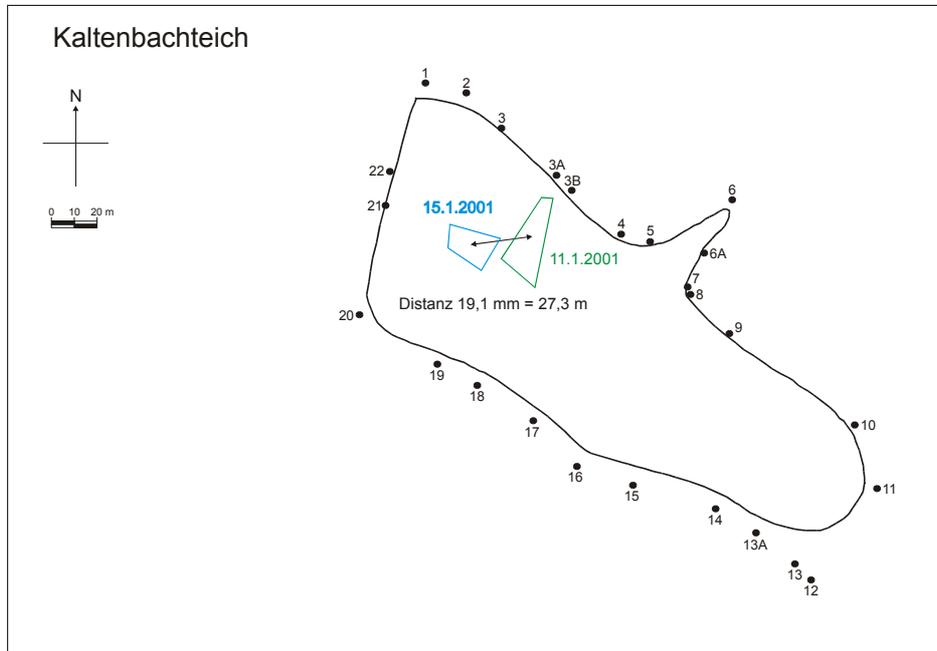


Abb. 20: Ermittlung der Bewegungsaktivität der Karpfen (Erläuterung im Text)

Um eine Maßzahl für die Bewegungsaktivität der Karpfen zu erhalten, wurden jeweils die subjektiven Mittelpunkte der zeitlich aufeinander folgenden Positionspolygone verbunden und diese Positionsdistanz in Meter ermittelt (Abb. 20). Diese Positionsdistanzen bildeten die Grundlagen für die Auswertung der Bewegungsaktivität der einzelnen Versuchsfische,

wie auch für die Vergleiche zwischen Versuchsfischen, den einzelnen Wintermonaten und den Versuchsteichen.

Ähnlich wurde beim Ermitteln der Peilgenauigkeit des Referenzsenders verfahren. Befand sich der Referenzsender innerhalb des ermittelten Positionspolygons, wurde der Abstand vom subjektiven Mittelpunkt dieser Fläche zum Referenzsender gemessen (Abb. 21). Befand sich der Referenzsender außerhalb des ermittelten Positionspolygons, wurde der kürzeste Abstand des Referenzsenders zur Grenze des Positionspolygons gemessen (Abb. 21).

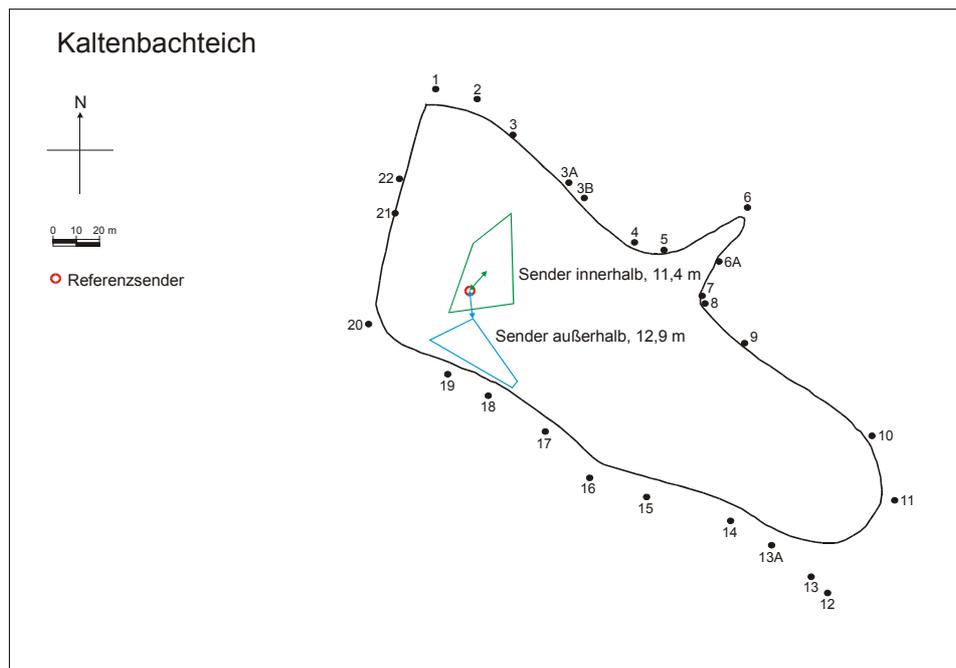


Abb. 21: Ermittlung der Genauigkeit der Peilung des Referenzsenders. Gemessen werden der Abstand des Senders vom subjektiven Mittelpunkt des ermittelten Bereichs (Sender innerhalb) bzw. der kürzeste Abstand des Senders zur Grenze des ermittelten Bereichs (Sender außerhalb)

Die Auswertung der gewonnenen Daten erfolgte mit dem Tabellenkalkulationsprogramm Excel, © Microsoft Corporation und dem Statistikprogramm SPSS, © SPSS Inc. Die statistischen Verfahren umfassten einen Test auf Normalverteilung (Kolmogorov-Smirnov-Z), weiters t-Test bei unabhängigen Stichproben, t-Test bei verbundenen Stichproben und bei nichtparametrischen Daten, Mann-Whitney U-Test, bzw. Wilcoxon-Wilcox-Test. Das Signifikanzniveau wurde jeweils mit  $p = 0,05$  festgelegt. Die ermittelten Positionen und Karten wurden im Programm Corel Draw, © Corel Corporation bearbeitet und ausgewertet.

### 2.5.2. Physikalisch/chemische Parameter

Die Entnahme der Wasserproben für die physikalisch/chemische Untersuchung erfolgte in ca. 10tägigem Rhythmus mittels eines SCHINDLER-Schöpfers (Volumen 5 l) mit eingebautem Quecksilberthermometer. Proben wurden rund 0,5 m unter der Wasseroberfläche und in rund 2 m Tiefe an der tiefsten Stelle, also meist an der Ablassvorrichtung des Teiches, gezogen. In Tabelle 2 sind die ermittelten Parameter angegeben. Im Winter 2001/2002 kam zusätzlich ein elektronisches Sauerstoff- und Temperaturmessgerät (WTW Oxi 315i) zum Einsatz. Dies ermöglichte die Anzahl der O<sub>2</sub>-

und Temperaturmessungen zu erhöhen. Angestrebt wurde an den Tagen der Positionsbestimmungen mindestens eine O<sub>2</sub>- und Temperaturmessung pro Winterteich durchzuführen.

Zum Öffnen der Eisdecke, um Wasserproben gewinnen zu können, kamen Eishacke und Motorsäge zum Einsatz. Im Winter 2001/2002 noch zusätzlich Eisbohrer, die eine weit schonendere und vibrationsärmere Arbeitsweise ermöglichten.

Tab. 2: Die Analyse der Wasserproben umfasste:

|                                |   |
|--------------------------------|---|
| Temperatur [°C]                | Quecksilberthermometer, WTW Oxi 315i, (Fa. Wissenschaftlich – Technische Werkstätten) |
| Sauerstoffsättigung %          | nach Tabellen der EAWAG Nov. 1973, bzw. elektronisch mit WTW Oxi 315i                 |
| Sauerstoffgehalt [mg/l]        | nasschemisch nach Winkler und mittels Elektrode (WTW Oxi 315i)                        |
| pH-Wert                        | elektronisch, WTW pH 340  |
| Säurebindungsvermögen [mval/l] | titrimetrisch (Mischindikator Methylorange und 0,1 N Salzsäure TITRISOL® Fa. Merck)   |
| Ammonium-Stickstoff [mg/l]     | Spektralphotometrisch als Indophenol, Fa. Macherey-Nagel                              |
| Gesamtphosphor [µg/l]          | Aufschluss mit Perhydrol, spektralphotometrisch, Ammonium-Heptamolybdat               |
| Sichttiefe [m]                 | Secchischeibe   |

Die Auswertung der gewonnen Daten erfolgte mit dem Tabellenkalkulationsprogramm Excel, © Microsoft Corporation.

### 2.5.3. Allgemeine Untersuchung der Versuchsfische

Vor und nach der Winterung wurden die Karpfen äußerlich auf ihren allgemeinen Gesundheitszustand untersucht. Die Fische wurden gewogen und vermessen. Anhand dieser Daten wurde der Korpulenzfaktor jedes Karpfens ermittelt. Die Berechnung des Korpulenzfaktors erfolgte mit Hilfe der Formel (aus SCHWARZ 1998):

$$k = \frac{W}{L^3} \times 100$$

k...Korpulenzfaktor  
 W...Lebendgewicht [g]  
 L...Körperlänge [cm]

Nach der Winterung wurden die Operationswunde und die äußere Pforte des Antennenkanals auf klinisch-pathologische Gewebereaktionen untersucht. Um das Ausmaß der klinisch-pathologischen Gewebereaktionen an der Operationswunde und an der Pforte des Antennenkanals vergleichend beurteilen zu können, wurde ein vierstufiges System benutzt. Diese vierstufige Beurteilung ist insofern mit Vorbehalt zu betrachten, als das makroskopische Bild der klinisch-pathologischen Gewebereaktion, durch unterschiedliche Reize und Reizstärken, vielgestaltige Abweichungen erfahren kann. Eine allgemeingültige Beurteilung ist daher nicht möglich. Solche Reize können traumatischer Natur sein, z.B. Verletzungen durch Entfernung von Schuppen im Bereich des Operationsfeldes oder Hälterschäden vor und nach der Operation. Als Folge davon könnte es zu einer verzögerten oder gestörten Wundheilung gekommen sein. Man darf auch nicht außer acht lassen, dass

es im Zuge der Abfischung im Frühjahr zu Verletzungen kommen kann. Diese können durch das Zugnetz, das Herauskeschern und Sortieren bzw. den Transport verursacht werden. Allerdings ermöglicht diese vierstufige Einteilung eine gewisse Klassifizierung und gewährleistet die Vergleichbarkeit innerhalb der vorliegenden Untersuchung.

#### 2.5.4. Untersuchung der Leibeshöhle und deren Organe

Bei 10 besenderten Karpfen wurde nach der Winterung die Leibeshöhle eröffnet, um die Lage des Senders und seine Auswirkungen auf die Organe der Leibeshöhle zu untersuchen. Vor allem einer möglichen Verdrängung von Leber und Darm durch das Volumen des Senders wurde nachgegangen. Zusätzlich sollte die Bildung einer bindegewebigen Kapsel um den Sender, wie z.B. von LUCAS (1989) für Forellen beschrieben, und deren mögliche Assoziation mit inneren Organen untersucht werden.

#### 2.5.5. Histologische Untersuchung

An den Versuchstieren, die einer Sektion unterzogen wurden (siehe 2.5.4.), wurden folgende histologische Untersuchungen durchgeführt. Von der den Sender umgebenden Bindegewebskapsel mitsamt Organresten (Leber, Darm, Peritoneum) wurden Gewebeproben genommen und in 4 % Formaldehyd fixiert. Die Einbettung erfolgte in Paraffin. Es wurden Schnitte in einer Dicke von 5 – 7  $\mu\text{m}$  angefertigt. Die Schnitte wurden nach folgenden Techniken gefärbt: AZAN nach Heidenhain, Haematoxylin-Eosin. Die Durchführung und Vorgehensweise bei den histologischen Arbeiten folgte einschlägigen Werken (ADAM & CZIHAK 1964, KISZELY & POSALAKY 1964, ROMEIS & BÖCK 1989, HINTON 1990).

Die histologischen Präparate wurden unter dem Mikroskop ausgewertet und fotografisch dokumentiert.

Die Arbeiten wurden am Institut für Hydrobiologie, Fischkunde und Bienenkunde, der Veterinärmedizinischen Universität Wien und am Institut für Zoologie, Abteilung Anatomie, der naturwissenschaftlichen Fakultät der Universität Wien durchgeführt.

#### 2.5.6. Röntgen und Computertomographie

Vier besenderte Karpfen wurden röntgenologisch (Abb. 22) und zwei zusätzlich mittels Computertomograph untersucht. Ein Kontrollfisch ohne Sender wurde ebenfalls diesen Untersuchungen unterzogen. Das röntgenologische Grundbildpaar wurde in sinistro-dextraler und dorso-ventraler Richtung im vertikalen Strahlengang angefertigt. Die Karpfen wurden dafür direkt auf der Filmkassette (Film-Foliensystem Dupont Chronex<sup>®</sup> Quanta III Folie (Fa. Sterling Diagnostic Imaging, Newark USA) mit Dupont Cronex 10 TL Filmen) platziert. 56 kV (seitliche Aufnahme) bzw. 65 kV (dorso-ventrale Aufnahme) und 1,4 mAs dienten bei einem Film-Fokusabstand von 80 cm als Belichtungsdaten.

Mittels Spiralcomputertomographen HiSpeed DX/i der Fa. General Electric wurden sowohl sagittale als auch axiale Schnitte der gesamten Karpfen mit 2 mm Schichtdicke und Schichtabstand angefertigt. Die Scans wurden sowohl im Weichteil- als auch im Knochenfenster ausgewertet und anschließend 3D rekonstruiert.

Die Arbeiten wurden an der Universitätsklinik für Radiologie der Veterinärmedizinischen Universität Wien durchgeführt.



Abb. 22: Röntgenuntersuchung eines besenderten Karpfens

## 3. Ergebnisse

### 3.1. Auswirkungen auf die Versuchsfische vor der Winterung

#### 3.1.1. Senderimplantation

Die Implantation der Sender in die Leibeshöhle der Karpfen verlief ausnahmslos ohne Komplikationen. Es kam zu keinen Infektionen durch Bakterien oder Pilze (Abb. 23). Die Karpfen machten nach der Implantation und während der Hälterung einen vitalen und lebhaften Eindruck. Alle Karpfen wurden in gutem Zustand von der postoperativen Hälterung in die Winterteiche verbracht.



Abb. 23: Die Operationswunde nach der postoperativen Hälterung kurz vor dem Verbringen in den Winterteich. Leichte Rötungen deuten auf einen entzündlichen Prozess hin. Anzeichen für Mykosen oder bakterielle Infektionen fehlen

### 3.2. Untersuchungen nach der Winterung

#### 3.2.1. Allgemeiner Zustand der Versuchsfische

Der allgemeine Gesundheitszustand der Versuchsfische nach der Winterung unterschied sich in allen drei Versuchswintern nicht von jenem der Karpfen, die mit ihnen in den selben Teichen überwintert wurden. Mit zwei Ausnahmen kam es zu keinen Ausfällen und die Versuchsfische konnten bei der Frühjahrsabfischung wieder gefangen werden (Abb. 24). Tabelle 3 zeigt die Gewichtsverluste der Karpfen während der drei Versuchswinter. Die Gewichtsveränderungen im Winter 1999/2000 bewegten sich zwischen  $-3,8\%$  und  $+0,2\%$ , durchschnittlich  $-2,3\%$ ; im Winter 2000/2001 zwischen  $-4,3\%$  und  $+1,8\%$ , durchschnittlich  $-1,6\%$ ; im Winter 2001/2002 zwischen  $-2,8\%$  und  $+1,9\%$ , durchschnittlich  $-1,0\%$ .

Die Korpulenzfaktoren der überwinterten Versuchsfische vor und nach dem Winter (Tab. 3) variierten im Winter 1999/2000 um  $-3,6\%$  bis  $+1,5\%$ , durchschnittlich  $-2,3\%$ ; im Winter 2000/2001 um  $-3,9\%$  bis  $1,8\%$ , durchschnittlich  $-1,7\%$ ; im Winter 2001/2001 um  $-2,8\%$  bis  $+1,6\%$ , durchschnittlich  $-0,7\%$ .



Abb. 24: Karpfen nach überstandenen Winter und in sehr gutem Zustand

### 3.2.2. Ausfälle

Im Frühjahr 2000/2001 kam ein besonderer Karpfen während der Abfischung nicht zum Vorschein und blieb verschwunden. Es wurde bei der Abfischung auch kein Karpfen gemeldet, der zwar über eine Operationsnaht, nicht jedoch über die auffallende Antenne verfügte. Das hätte bedeutet, dass der Sender ausgestoßen wurde. Da alle Karpfen über einen Sortiertisch gereicht wurden ist die Wahrscheinlichkeit, dass er übersehen wurde, gering. Diese Möglichkeit kann aber nicht völlig ausgeschlossen werden. Es liegt die Annahme nahe, dass dieser Versuchsfisch nicht aufgrund der winterlichen Umweltbedingungen verendete. Dafür spricht die Tatsache, dass der Karpfen während des Winters regelmäßig an unterschiedlichen Positionen geortet wurde - also am Leben war - und noch eine Woche vor der Frühjahrabfischung seine aktuelle Position bestimmt werden konnte (Abb. 25). Er hielt sich zu diesem Zeitpunkt an einer Stelle im Teich auf, wo der Teichwirt Fertigfutter ausbrachte, um die Kondition der Karpfen nach den Anstrengungen der Winterung zu verbessern. Ein Karpfen, der sich an einer Futterstelle aufhält und somit wahrscheinlich Nahrung zu sich nimmt, ist in einem relativ guten Gesundheitszustand und verendet nicht plötzlich. Mit Krankheiten geht üblicherweise eine Einschränkung der Nahrungsaufnahme einher. Auch die Wasserqualität war in der Woche vor der Abfischung für Karpfen unbedenklich. Möglicherweise wurde der Versuchsfisch Opfer eines Räubers. Zum Beispiel konnte der Fischotter (*Lutra lutra* L.) während des Untersuchungszeitraumes am Teich nachgewiesen werden (Abb. 26). Die These mit dem Räuber bleibt jedoch insofern Spekulation, als keine Reste des besonderen Karpfens gefunden werden konnten. Eine Bergung des im Schlamm begrabenen Senders gelang ebenfalls nicht.

Tab. 3: Daten der besenderten Karpfen vor und nach der Überwinterung

| Karpfen | Teich           | Winter    | Vor dem Winter |                 |                 | Nach dem Winter |                 |                 |                       |
|---------|-----------------|-----------|----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------------|
|         |                 |           | Gewicht [g]    | Totallänge [mm] | Korpulenzfaktor | Gewicht [g]     | Totallänge [mm] | Korpulenzfaktor | Gewichtsveränderung % |
| ,320    | Streitteich     | 1999/2000 | 2005           | 465             | 1,99            | 1949            | 465             | 1,93            | -2,8                  |
| ,360    | Streitteich     | 1999/2000 | 1600           | 425             | 2,08            | 1555            | 425             | 2,03            | -2,8                  |
| ,460    | Streitteich     | 1999/2000 | 2000           | 485             | 1,75            | 2003            | 485             | 1,75            | +0,2                  |
| ,580    | Streitteich     | 1999/2000 | 1635           | 415             | 2,29            | 1591            | 415             | 2,23            | -2,7                  |
| ,760    | Streitteich     | 1999/2000 | 1580           | 410             | 2,29            | 1545            | 410             | 2,23            | -2,7                  |
| ,380    | Kaltenbachteich | 1999/2000 | 1382           | 420             | 1,86            | 1375            | 420             | 1,85            | -0,5                  |
| ,400    | Kaltenbachteich | 1999/2000 | 1600           | 425             | 2,08            | 1576            | 425             | 2,05            | -1,5                  |
| ,420    | Kaltenbachteich | 1999/2000 | 1850           | 425             | 2,40            | 1789            | 425             | 2,33            | -3,3                  |
| ,540    | Kaltenbachteich | 1999/2000 | 1800           | 455             | 1,91            | 1732            | 455             | 1,84            | -3,8                  |
| ,740    | Kaltenbachteich | 1999/2000 | 1520           | 425             | 1,98            | 1476            | 425             | 1,92            | -2,9                  |
| ,320    | Streitteich     | 2000/2001 | 1499           | 420             | 2,02            | 1478            | 420             | 1,99            | -1,4                  |
| ,360    | Streitteich     | 2000/2001 | 1406           | 380             | 2,56            | 1350            | 380             | 2,46            | -4,0                  |
| ,400    | Streitteich     | 2000/2001 | 1631           | 415             | 2,28            | 1594            | 415             | 2,23            | -2,3                  |
| ,420    | Streitteich     | 2000/2001 | 1805           | 420             | 2,44            | 1727            | 420             | 2,33            | -4,3                  |
| ,460    | Streitteich     | 2000/2001 | 1358           | 410             | 1,97            | 1355            | 410             | 1,96            | -0,2                  |
| ,380    | Kaltenbachteich | 2000/2001 | 1192           | 370             | 2,35            | 1160            | 370             | 2,29            | -2,7                  |
| ,440    | Kaltenbachteich | 2000/2001 | 1446           | 400             | 2,26            | 1425            | 400             | 2,22            | -1,5                  |
| ,480    | Kaltenbachteich | 2000/2001 | 1383           | 395             | 2,24            | 1408            | 395             | 2,28            | +1,8                  |
| ,500    | Kaltenbachteich | 2000/2001 | 1608           | 395             | 2,61            | 1608            | 395             | 2,61            | 0                     |
| ,520    | Kaltenbachteich | 2000/2001 | 1669           | 415             | 2,38            | -----           | -----           | -----           | -----                 |
| ,640    | Streitteich     | 2001/2002 | 2148           | 445             | 2,44            | 2188            | 445             | 2,48            | +1,9                  |
| ,660    | Streitteich     | 2001/2002 | 1802           | 425             | 2,35            | 1793            | 425             | 2,34            | -0,5                  |
| ,680    | Streitteich     | 2001/2002 | 1240           | 395             | 2,01            | 1213            | 395             | 1,97            | -2,3                  |
| ,700    | Streitteich     | 2001/2002 | 1920           | 435             | 2,33            | 1901            | 435             | 2,31            | -1,0                  |
| ,720    | Kaltenbachteich | 2001/2002 | 1526           | 410             | 2,21            | 1522            | 410             | 2,21            | -0,3                  |
| ,740    | Kaltenbachteich | 2001/2002 | 2346           | 480             | 2,12            | 2281            | 480             | 2,06            | -2,8                  |
| ,760    | Kaltenbachteich | 2001/2002 | 1503           | 420             | 2,03            | 1466            | 420             | 1,98            | -2,5                  |
| ,800    | Kaltenbachteich | 2001/2002 | 1938           | 440             | 2,28            | 1901            | 440             | 2,23            | -1,9                  |
| ,580    | Mitterhölteich  | 2001/2002 | 2223           | 470             | 2,14            | 2255            | 470             | 2,17            | +1,4                  |
| ,600    | Mitterhölteich  | 2001/2002 | 1981           | 440             | 2,33            | 1996            | 440             | 2,34            | +0,8                  |
| ,620    | Mitterhölteich  | 2001/2002 | 2073           | 465             | 2,06            | -----           | -----           | -----           | -----                 |

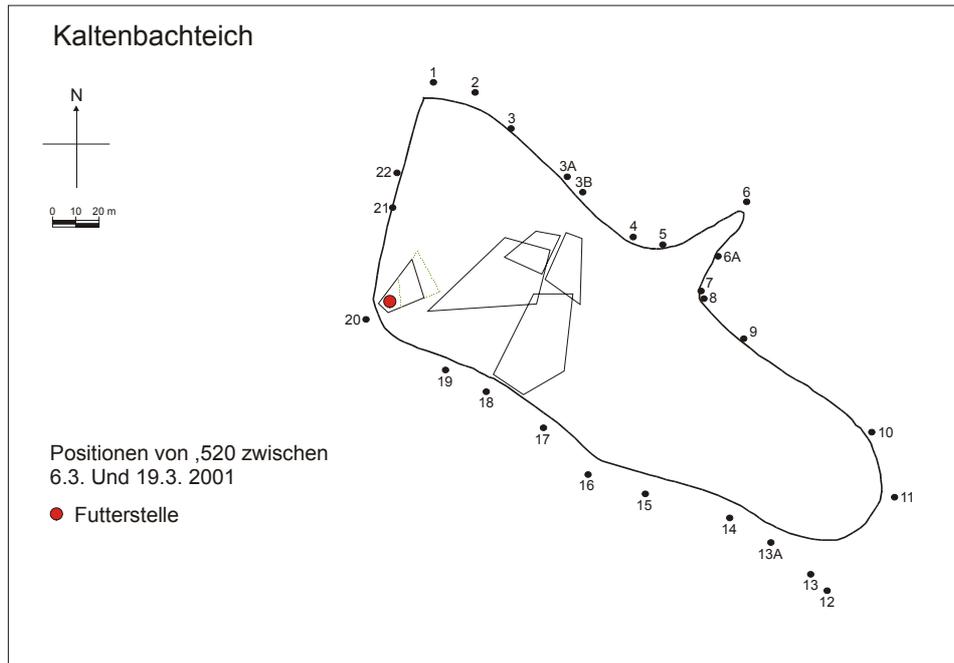


Abb. 25: Aufenthaltsorte des verschwundenen Karpfens kurz vor der Abfischung



Abb. 26: Nachweis des Fischotters (*Lutra lutra* L.) am Kaltenbacheich im Winter 2000/2001. Die Bilder zeigen Fraßreste (links) und Losung (rechts)

Bei der Abfischung am Mitterhöllteich im Frühjahr 2002 blieb ein Karpfen verschwunden. Der Verdacht, dass das Versuchstier verendet war oder den Sender ausgestoßen hatte, bestand bereits seit Ende Dezember 2001 (Abb. 27). Reste des Karpfens konnten nicht gefunden werden und ein Bergungsversuch des Senders blieb erfolglos. Im fraglichen Bereich des Teiches befindet sich eine Schlammauflage, die mindestens die Mächtigkeit der Wassertiefe (ca. 1,4 m) erreicht. Eine Ausstoßung des Senders liegt zwar im Bereich des Möglichen, ist aber aus den selben Gründen wie beim Fall aus dem Winter 2000/2001 eher unwahrscheinlich. Völlig ausgeschlossen werden kann es jedoch auch nicht. Der Versuchsfisch dürfte also verendet sein, wobei der Grund dafür nicht in der Senderimplantation zu suchen ist. Die Erfahrungen aus dem Jahr 2001 stützen diese Annahme. Weitere Indizien sind zum einen die Unauffälligkeit des Versuchsfisches während der postoperativen Halterung und beim Aussetzen in den Winterteich, zum anderen das Verhaltensmuster, welches sich nicht von den restlichen Versuchsfischen im Mitterhöllteich während der Positionsbestimmungen bis Ende Dezember unterschied. Die Einwirkung eines Räubers kann ebenfalls nicht ausgeschlossen werden. Der Fischotter

konnte auch am Mitterhölleiteich regelmäßig anhand von Fährten und Losungen nachgewiesen werden.

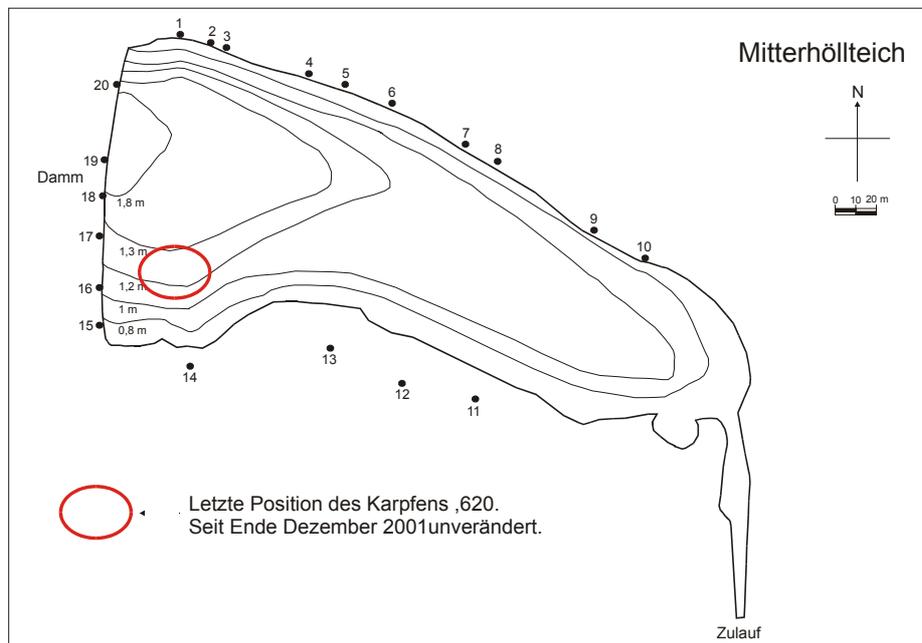


Abb. 27: Letzte Position des Karpfens Nummer 620, die seit Ende Dezember praktisch unverändert blieb

### 3.2.3. Äußerer Zustand der Operationswunde und des Antennenkanals

Die äußerliche Begutachtung der Operationswunde bzw. Narbe und des Antennenkanals ergaben bei allen im Frühjahr wiedergefangenen Karpfen keine Anzeichen von generalisierten bakteriellen Infektionen oder Mykosen. Alle Versuchsfische wiesen jedoch, in unterschiedlicher Ausprägung, die typischen klinisch-pathologischen Gewebereaktionen eines entzündlichen Prozesses in den fraglichen Bereichen auf.

Um einen besseren Überblick zu bekommen wurden die Versuchsfische anhand einer vierteiligen Einstufung des makroskopischen Bildes der Entzündungserscheinung in Gruppen unterteilt:

- 1. Stufe: Keine oder nur unbedeutende Entzündungserscheinungen, allenfalls geringgradige Rötung (Abb. 28).
- 2. Stufe: Sichtbare Entzündungserscheinungen, mittel- bis hochgradige Rötungen im Bereich der Stichkanäle der Nähte und des Antennenkanals; leicht aufgeworfene Wundränder und trichterförmige Erweiterung im Bereich des Antennenkanals (Abb. 29).
- 3. Stufe: Ausgeprägte Entzündungserscheinungen mit deutlichen Gewebsalterationen, hochgradige Rötung; stark aufgeworfene Wundränder; deutliche trichterförmige Erweiterung im Bereich des Antennenkanals; Schwellung und begrenzte nekrotische Prozesse im Operationsfeld (Abb. 30).
- 4. Starke Nekrose und Ulceration im Operationsbereich (Abb. 31).

Tab. 4: Einstufung der Gewebereaktionen der Versuchstiere

|                | <b>Frühjahr 2000</b><br>Untersuchte Fische: 10 | <b>Frühjahr 2001</b><br>Untersuchte Fische: 9 | <b>Frühjahr 2002</b><br>Untersuchte Fische: 10 |
|----------------|--|---|--|
| <b>Stufe 1</b> | 2  | 0   | 3  |
| <b>Stufe 2</b> | 7  | 6   | 2  |
| <b>Stufe 3</b> | 1  | 3   | 3  |
| <b>Stufe 4</b> | 0  | 0   | 2  |

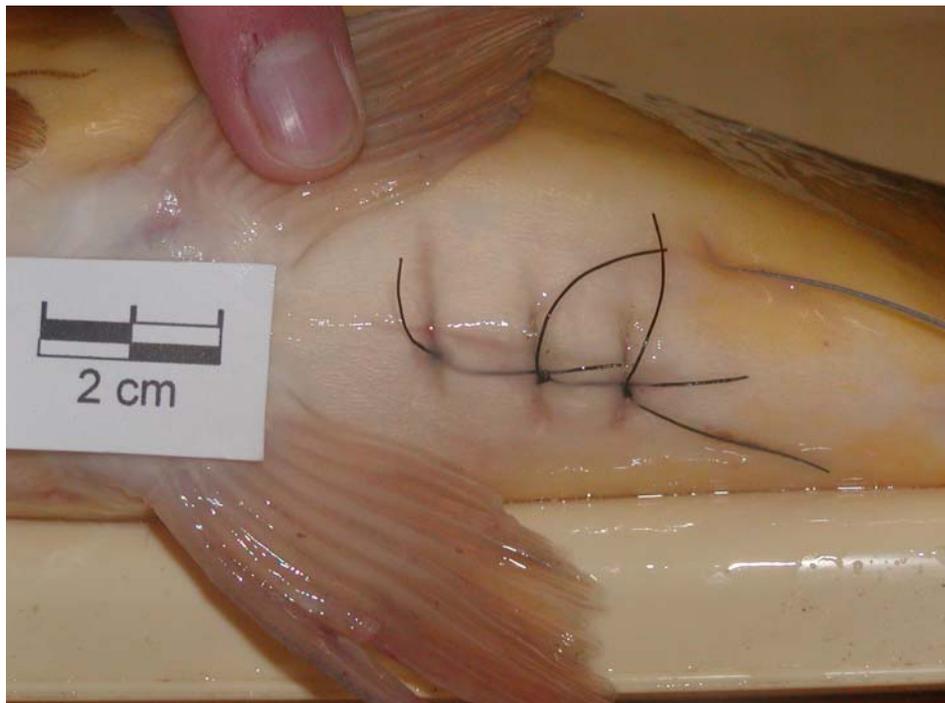


Abb. 28: Entzündliche Reaktion der 1. Stufe

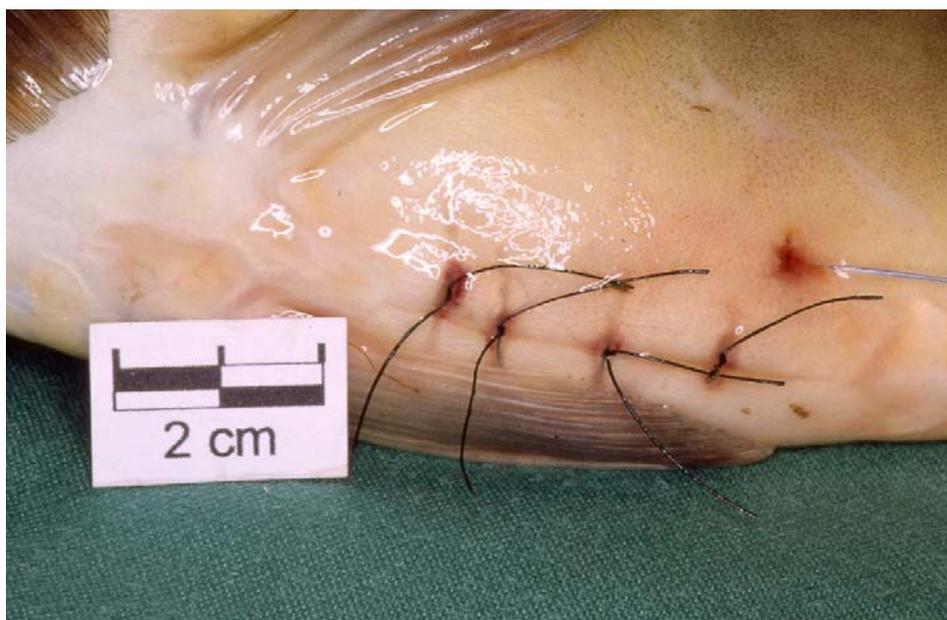


Abb. 29: Entzündliche Reaktion der 2. Stufe

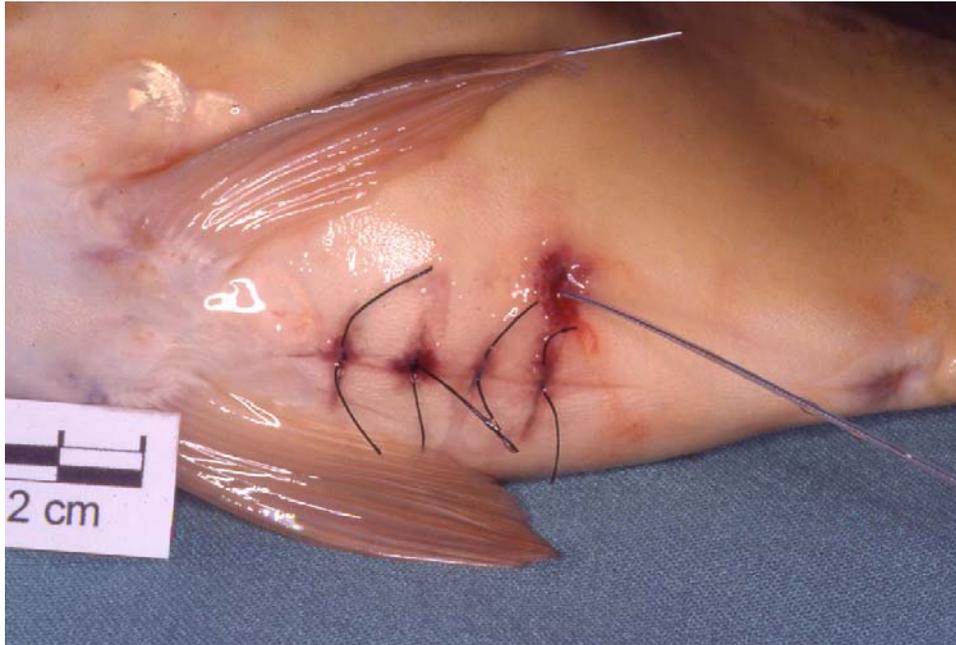


Abb. 30: Entzündliche Reaktion der 3. Stufe

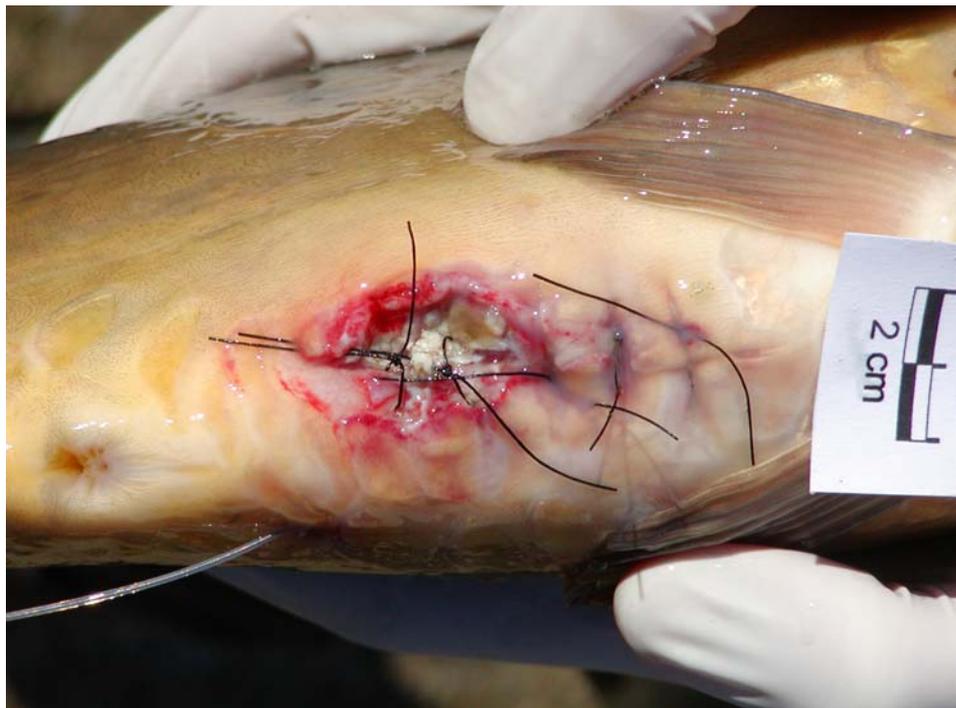


Abb. 31: Entzündliche Reaktion der 4. Stufe mit ausgeprägter Gewebsnekrose

#### 3.2.4. Geöffnete Leibeshöhle

Nach dem Eröffnen der Leibeshöhle der Karpfen war ersichtlich, dass die Heilung der Operationswunden unvollständig war. Die Wunden klapften nach dem Entfernen der Nähte vom Peritoneum her. Der Sender war bei allen Versuchstieren gut in die Leibeshöhle integriert. Keiner der Versuchsfische wies Anzeichen einer Peritonitis auf. Es konnten keine pathologischen Veränderungen der Organe in Zusammenhang mit dem Sender

festgestellt werden (Abb. 32). Eine auffällige Verdrängung der Organe durch den Sender konnte ausgeschlossen werden.

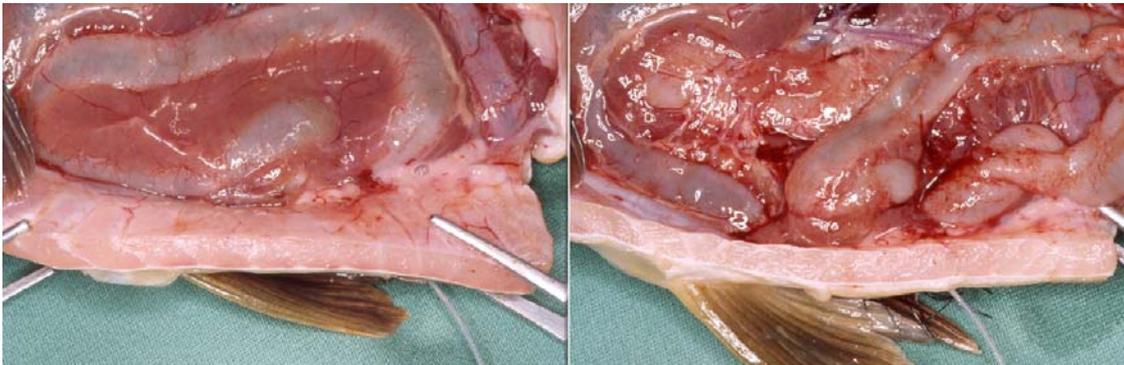


Abb. 32: Eröffnete Leibeshöhle. Links – Organe (Darm, Leber) in situ. Rechts – Ein Teil der Leberlappen entfernt. Vom Sender ist nichts zu sehen, dieser wird erst sichtbar, wenn auch ein Teil des Darmes abpräpariert wird

Der Sender war jeweils dorsal des Beckengürtels und etwas cranial der Operationswunde positioniert, umgeben von den Viscera der Leibeshöhle. Alle Sender waren von einer milchig weißen, Gewebekapsel umhüllt (Abb. 33). Die Wandstärke dieser Kapsel variierte von 0,5 bis 2,5 mm. Bei manchen Fischen war der Sender durch die Kapsel hindurch nicht zu erkennen. Bei anderen schimmerte der Sender sichtbar durch.



Abb. 33: Blick von dorsal auf die Gewebekapsel mit Sender. Oberhalb ein Sender zum Vergleich. Die starke Rötung rechts oberhalb der Kapsel rührt von einem chronisch entzündlichen Prozess im Bereich der Operationsnarbe her

Teilweise bestand eine Adhäsion zwischen der Kapsel und Teilen der Leber, des Darmes und der peritonealen Oberfläche im Bereich der Operationswunde. Ein Abpräparieren der Kapsel von diesen Organen war ohne Zerstörung der Kapsel nur sehr schwer möglich. Mit dem Sender selbst bestand in keinem Fall eine feste Verbindung. Eine Flüssigkeitsansammlung innerhalb der Kapsel konnte nicht bzw. nur in sehr geringem Ausmaß festgestellt werden. Abbildung 34 zeigt einen Sender in der geöffneten Kapsel.

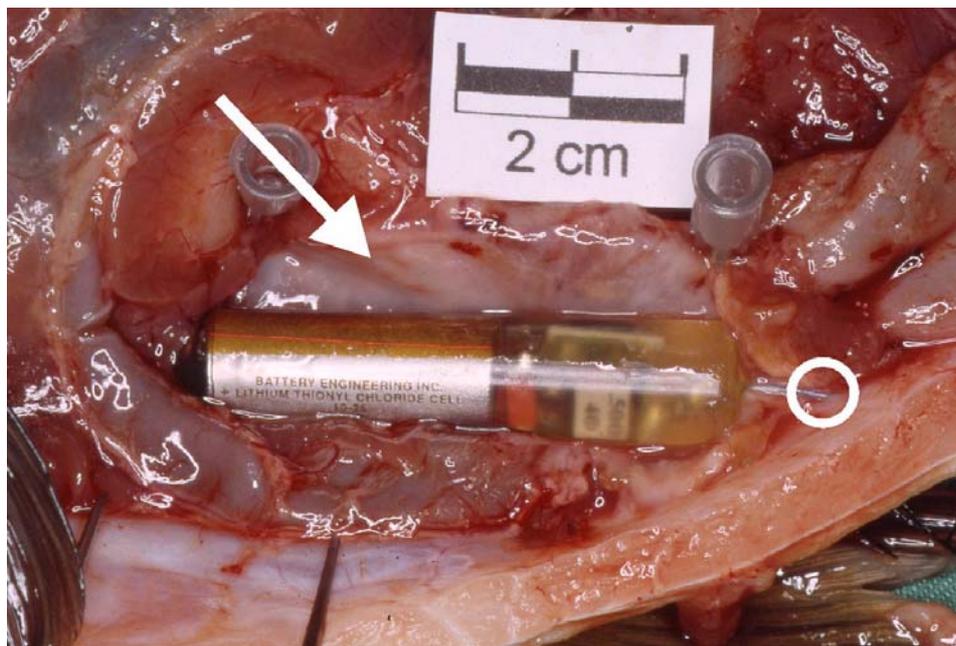


Abb. 34: Die geöffnete Kapsel (Pfeil) mit dem Sender in der Leibeshöhle. Weiters sind Teile von Darm und Leber zu sehen. Die Grenze zwischen der Gewebekapsel und inneren Organen lässt beide verbunden erscheinen. Der Kreis markiert den Durchtrittspunkt der Antenne durch die Körperwand. Dieser zeigt keine Anzeichen eines entzündlichen Prozesses

Der Antennenkanal, durch den die Antenne die Körperwand passiert, zeigte an der Körperoberfläche der Versuchstiere, wie in Punkt 3.1.3. beschrieben, teilweise aufgeworfene Wundränder, eine trichterförmige Erweiterung und Entzündungen. Im Körperinneren hingegen waren von einem entzündlichen Prozess nur geringe bis keine Spuren sichtbar. Die Gewebekapsel schloss die innere Pforte des Antennenkanals bzw. das Stück Antenne vom Sender bis zur Pforte gänzlich ab (Abb. 34, 35).

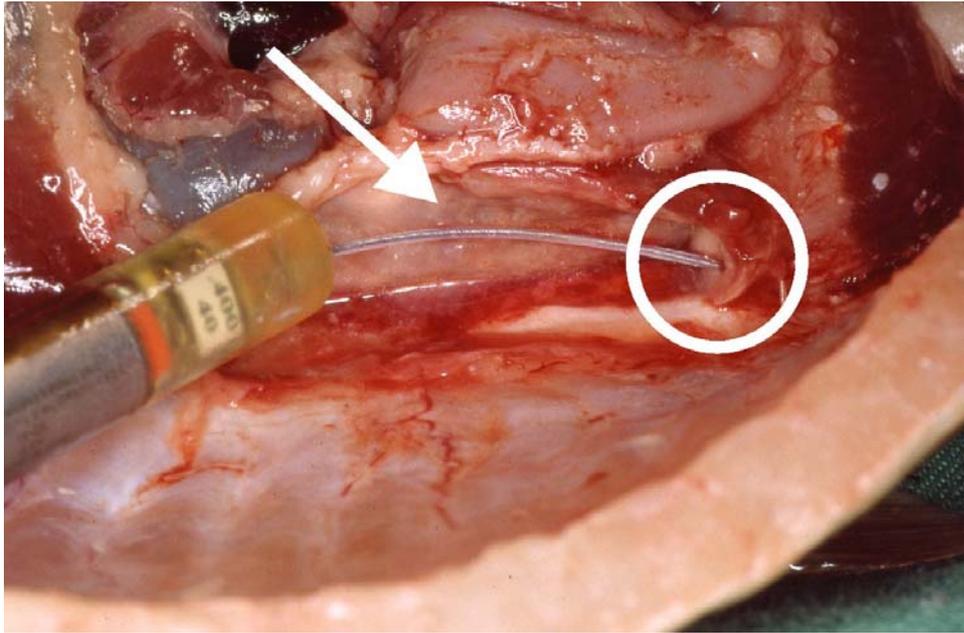


Abb. 35: Die Pforte des Antennenkanals (Kreis) in der geöffneten Gewebekapsel (Pfeil)

Die Reifung der Gonaden wurde durch den Sender nicht negativ beeinflusst (Abb. 36).

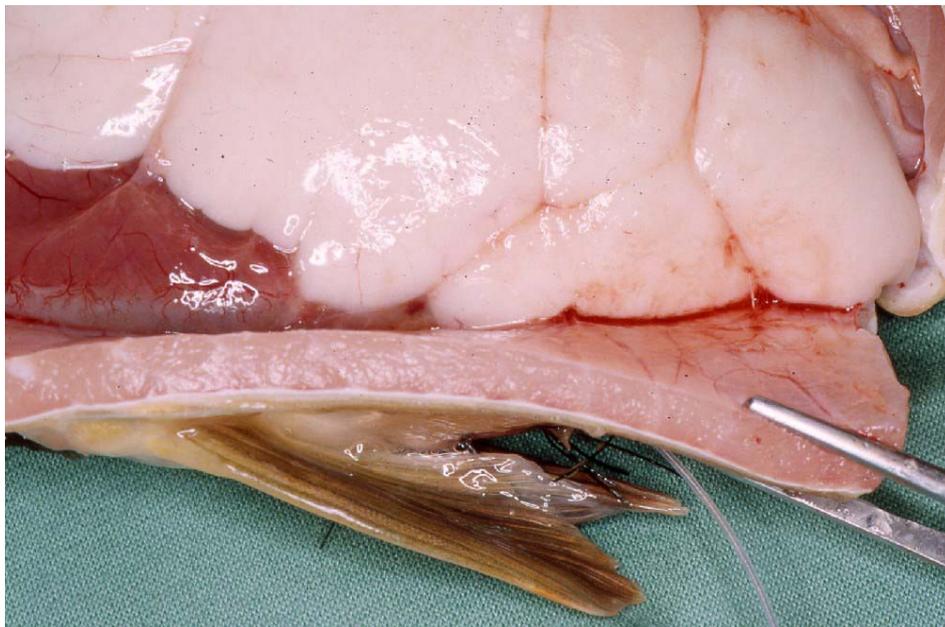


Abb. 36: Reifer Milchner, rechts unten ist die Antenne zu erkennen, die in die Leibeshöhle führt

### 3.2.5 Röntgenologische Untersuchungen

Anhand der Röntgenbilder konnte die Position der metallichten Sender und Antennen bestimmt werden. Sie waren unmittelbar dorsal des Beckengürtels cranial der Operationswunde der Bauchwand dicht anliegend, meist knapp rechts paramedian positioniert (Abb. 37). Bei zwei Versuchsfischen waren die Sender etwas lateral ausgelenkt (Abb. 38) und bei wiederum zwei kranial etwas aufgekippt (Abb. 39). Es waren keine auffälligen Verlagerungen der Bauchorgane erkennbar.

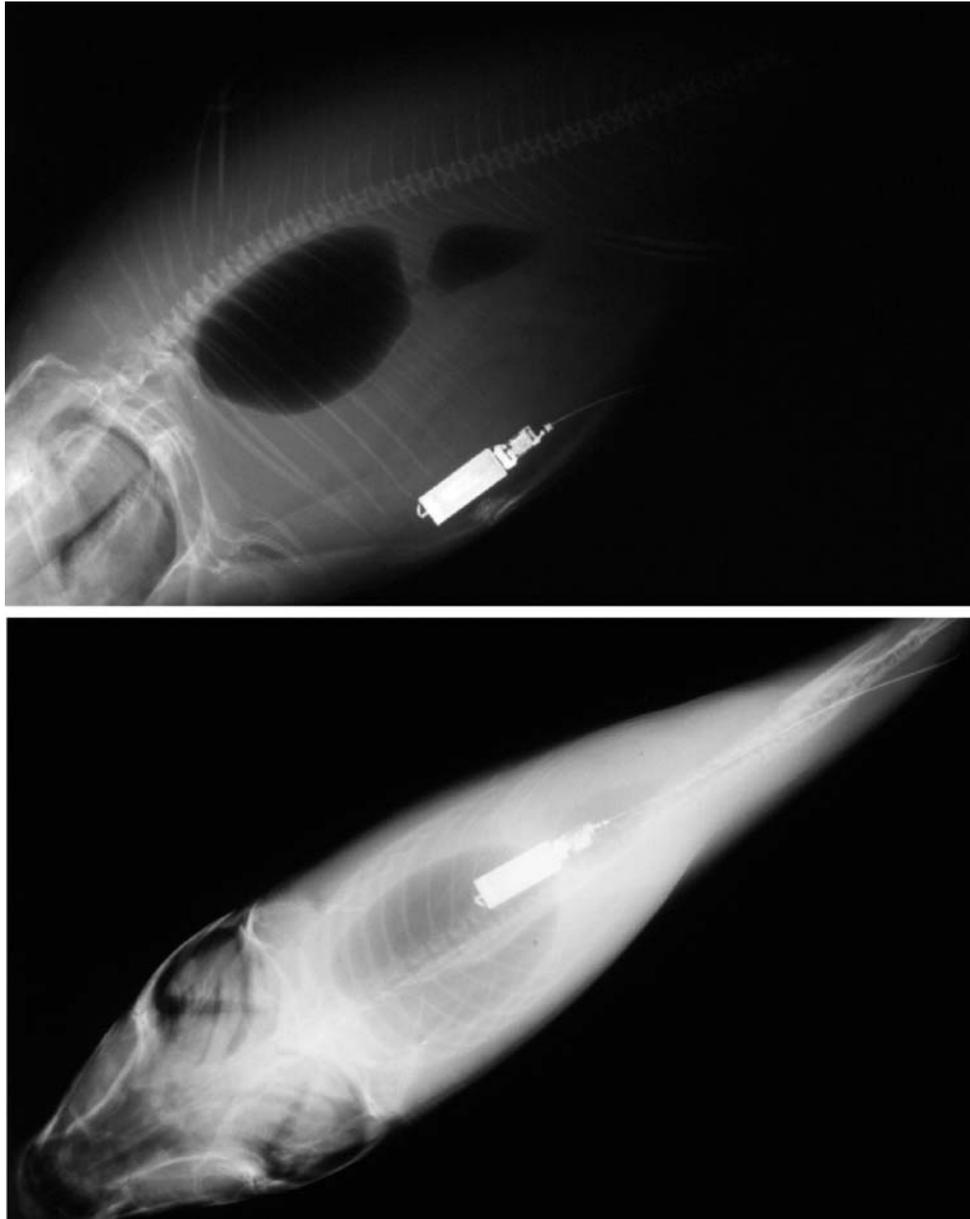


Abb. 37: Die laterale und dorso-ventrale Röntgenaufnahme eines besenderten Karpfens zeigt die Lage des Senders, wie bei der Mehrzahl der Versuchsfische, unmittelbar dorsal des Beckengürtels und knapp paramedian

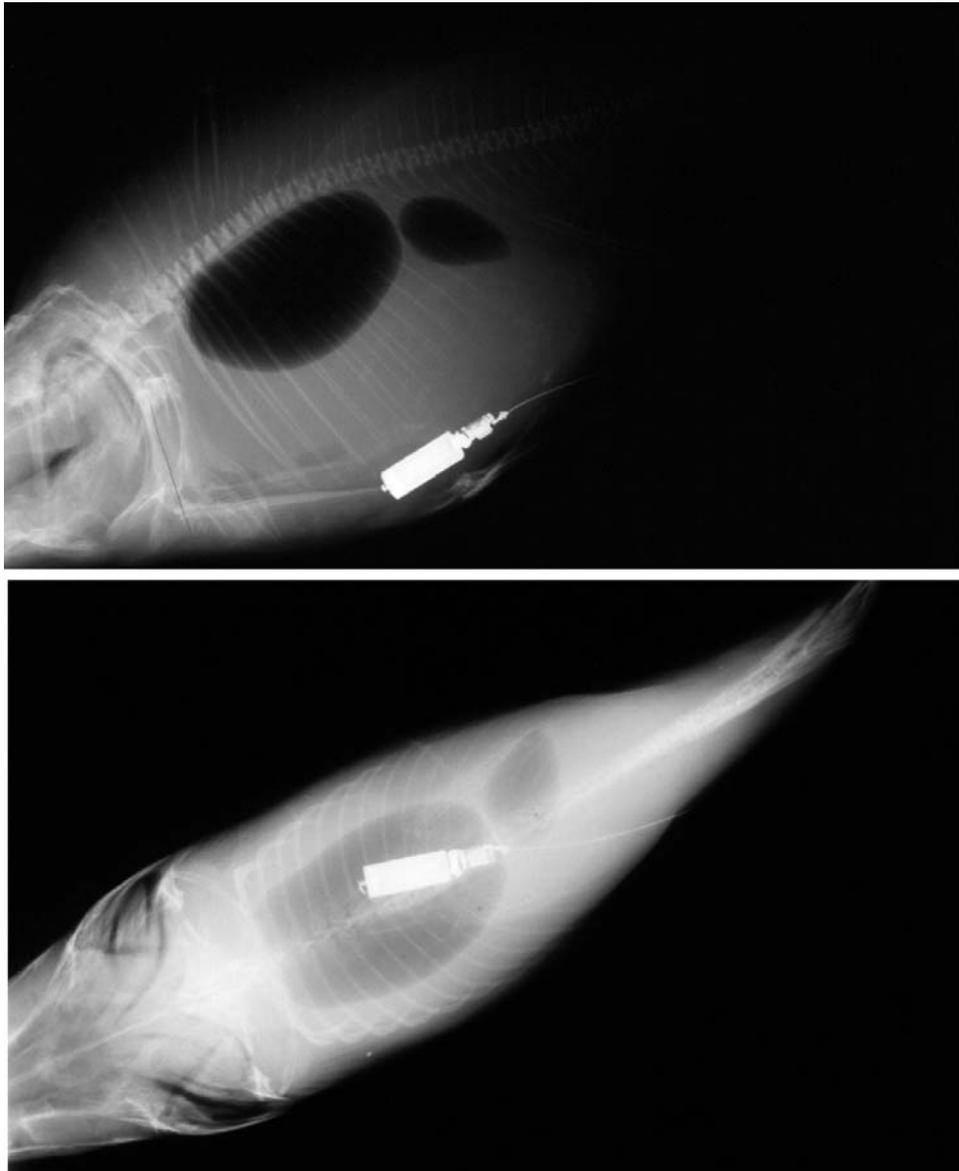


Abb. 38: Die laterale und dorso-ventrale Röntgenaufnahmen eines besenderten Karpfens zeigt die Lage des Senders, wie bei insgesamt zwei Versuchsfischen, nicht paramedian, sondern lateral etwas ausgelenkt

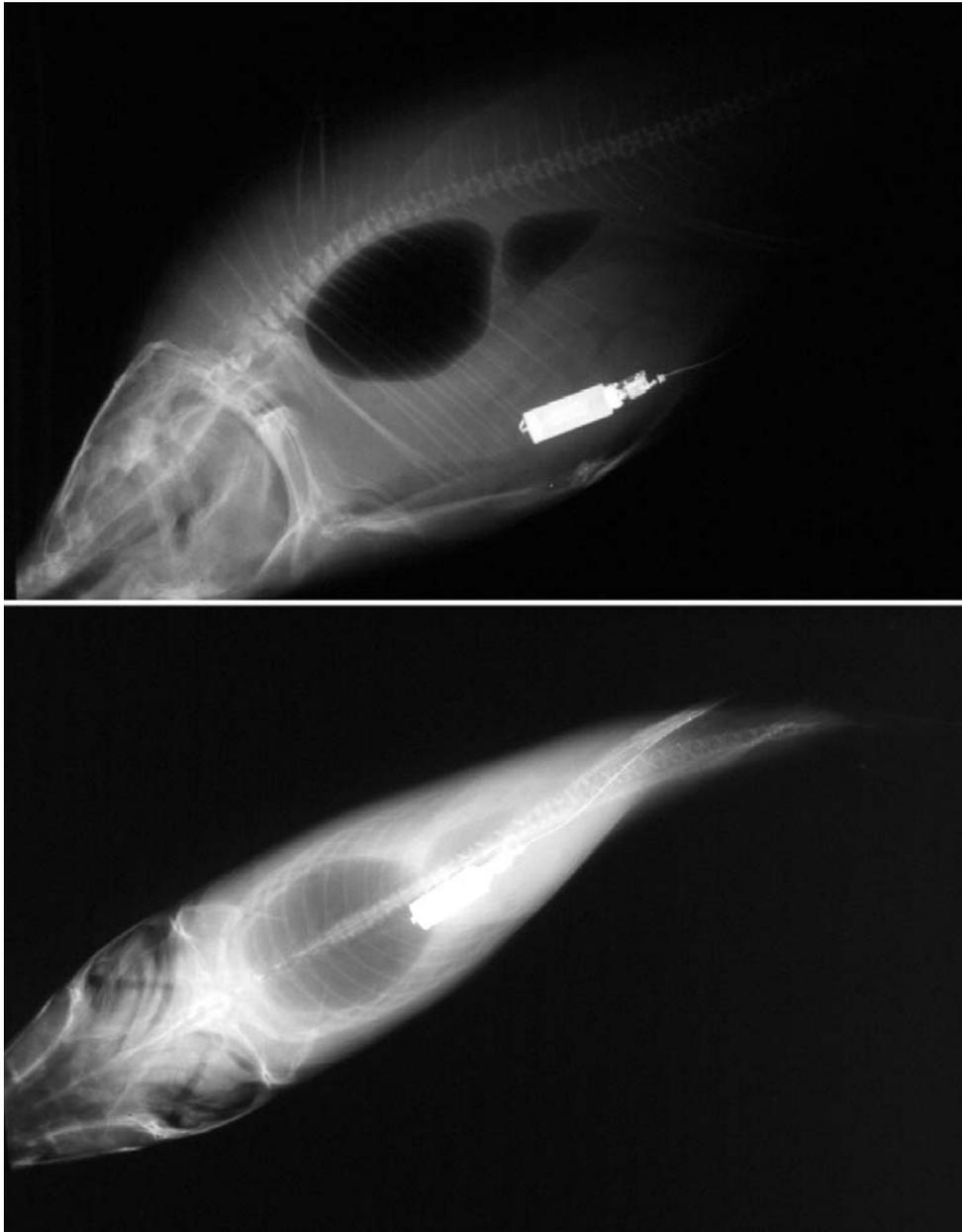


Abb. 39: Die laterale und dorso-ventrale Röntgenaufnahme eines besenderten Karpfens zeigt die Lage des Senders, wie bei insgesamt zwei Versuchsfischen, cranial etwas aufgekippt

Computertomographisch konnte die Position der Sender ebenfalls genau bestimmt werden (Abb. 40). Im Vergleich zum Referenzfisch konnten wiederum keine Organverlagerungen nachgewiesen werden. Die Vorteile dieser Technik, sowohl mit 2D – Schichtschnitten als auch mit fast beliebig drehbaren 3D – Rekonstruktionen der knöchernen Struktur oder der Weichteile zu arbeiten, wurden durch die Strahlungsartefakte aufgehoben. Diese Artefakte wurden durch die metalledichten Teile des Senders verursacht (Abb. 40).

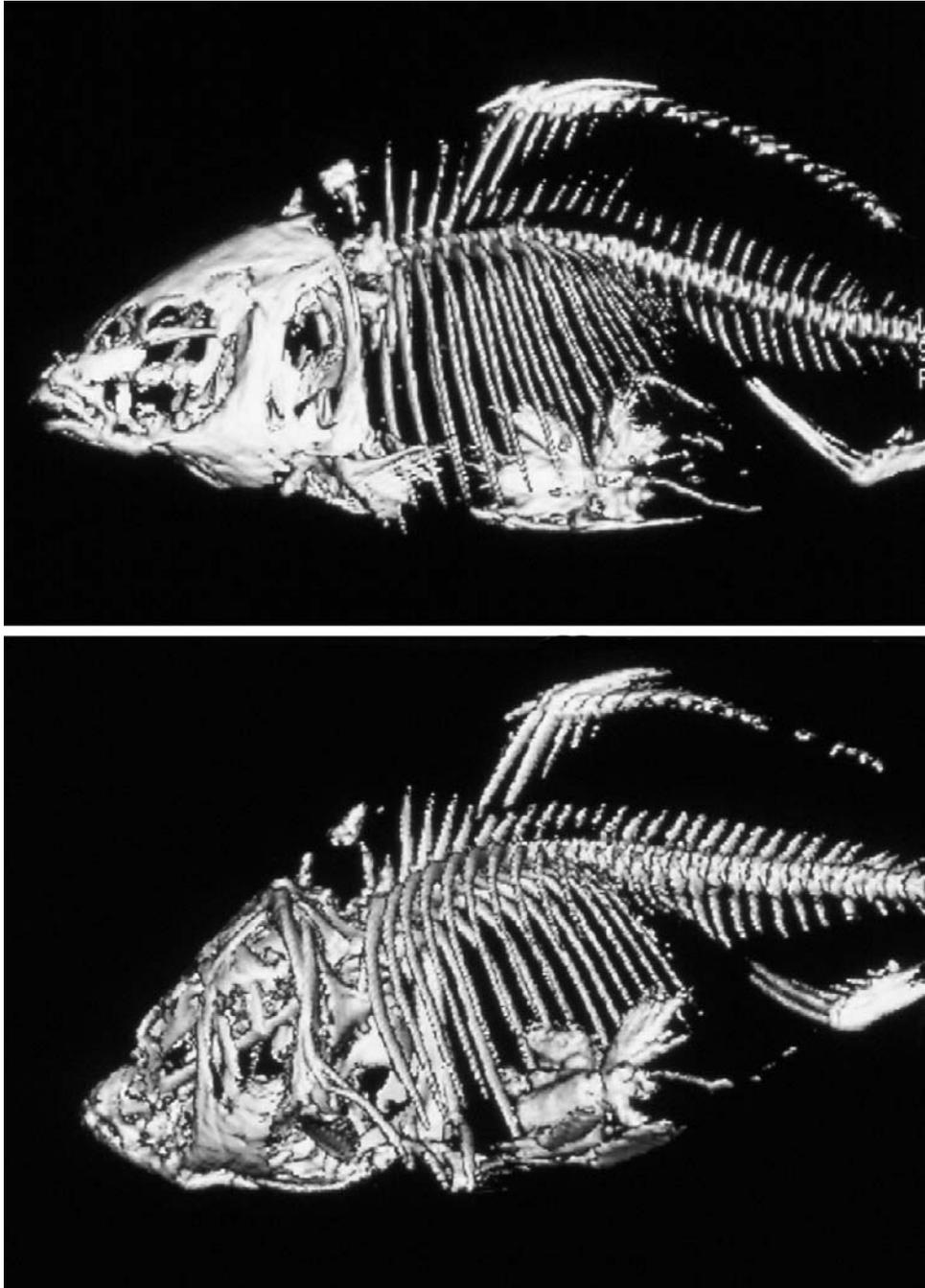


Abb. 40: Deutlich sind auf diesen CT – Aufnahmen eines besenderten Karpfens (3D – Rekonstruktion der knöchernen Strukturen) die Strahlungsartefakte um den Sender zu erkennen

### 3.2.6. Histologische Untersuchungen

Die histologischen Untersuchungen zeigen einen chronisch entzündlichen Prozess um den Sender in Form einer Gewebekapsel. Diese Kapsel weist eine Dicke von 0,5 – 2,5 mm auf. Der Aufbau ist zentral (lumenseitig) locker und besteht aus dicken, mehr oder weniger parallelen Fasern. Bei diesen Fasern handelt es sich möglicherweise um gealtertes Fibrin. Zellen sind relativ lockerer eingestreut. Peripher (darm- bzw. leberseitig) werden die Fasern zunehmend feiner und vernetzter (Abb. 41, 43). Das Gewebe macht einen kompakteren Eindruck und ist auch reicher an Zellen. Peripher treten auch verstärkt Blutgefäße auf, die zentral fehlen (Abb. 41, 42, 43). Der zelluläre Aufbau der Gewebekapsel besteht aus Fibroblasten, Erythrocyten, Lymphocyten und zahlreichen weiteren Leukozyten (Granulocyten, Makrophagen), welche nicht näher differenziert wurden. Die Fibroblasten erscheinen im zentralen Bereich der Kapsel in einer unregelmäßigen zipfeligen Gestalt und einem hohen Anteil an Zytoplasma (Abb. 44). Der teilweise große Nukleolus weist auf eine hohe Zellaktivität hin. Im peripheren Bereich der Kapsel nehmen sie eine zunehmend längliche, spindelförmige Gestalt an (Abb. 45). Lymphocyten treten in großer Zahl in den peripheren Bereichen der Kapsel auf, weniger in den zentralen Bereichen (Abb. 44, 45). Die anderen Leukozyten finden sich im gesamten Kapselbereich (Abb. 44, 45). In der AZAN-Färbung zeigen die Fasern der Kapsel eine einheitliche, sehr blassblaue Färbung, nur periphär sind gelegentlich stärker gefärbte Fasern zu finden. Möglicherweise handelt sich hierbei um eine beginnende Kollageneinlagerung. Das Vorhandensein von Kollagen in der Kapsel ist jedenfalls wahrscheinlich. Reticulin färbt sich mit AZAN ebenfalls leicht blau, könnte aber mittels anderer Färbemethoden besser erfasst werden. Im Ganzen lässt der Aufbau der Kapsel, in Analogie zu entsprechendem Entzündungsgewebe beim Säuger, an beginnendes Granulationsgewebe denken.

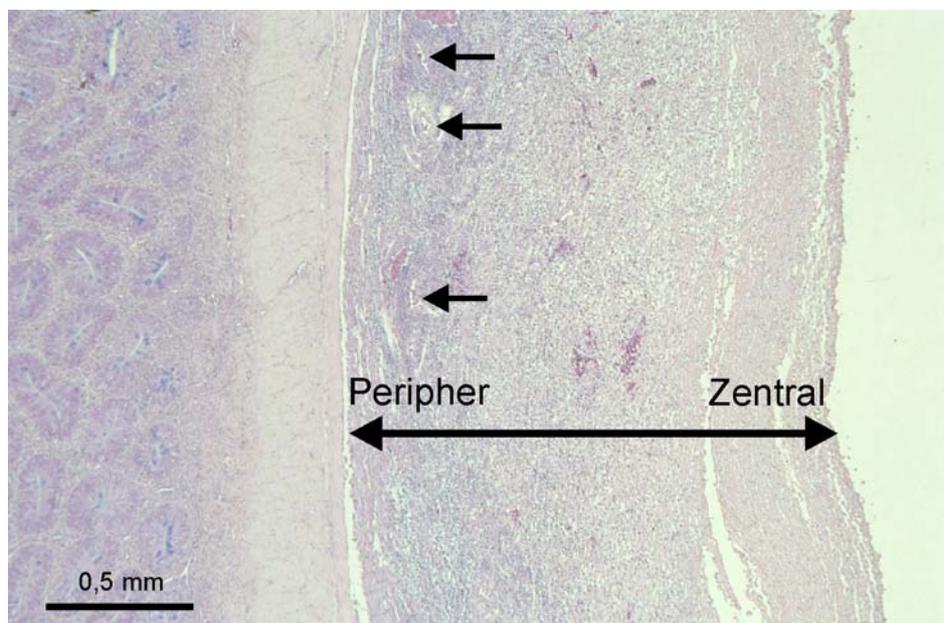


Abb. 41: Übersichtsbild: links Darm, in der Mitte (durch den Doppelpfeil markiert) die Gewebekapsel und rechts das Lumen, in dem sich der Sender befand. Gut zu erkennen ist die kompaktere periphere Struktur der Kapsel mit Blutgefäßen (Pfeile), gegenüber dem lockeren zentralen Teil. Der Spalt zwischen Kapsel und Darm ist ein Präparationsartefakt, ebenso die Risse im zentralen Teil der Kapsel. H & E, 6,3 × 6,3

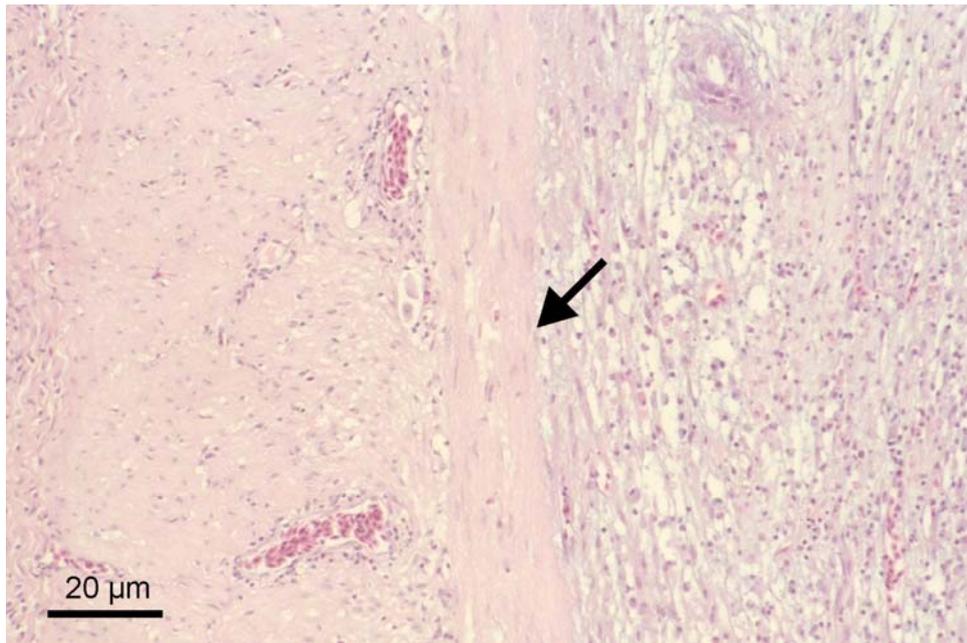


Abb. 42: Übersichtsbild: Der Pfeil markiert die Grenze zwischen Darm (links) und Gewebkapsel (rechts). In der Kapsel am oberen Bildrand, ein Blutgefäß. H & E,  $25 \times 6,3$

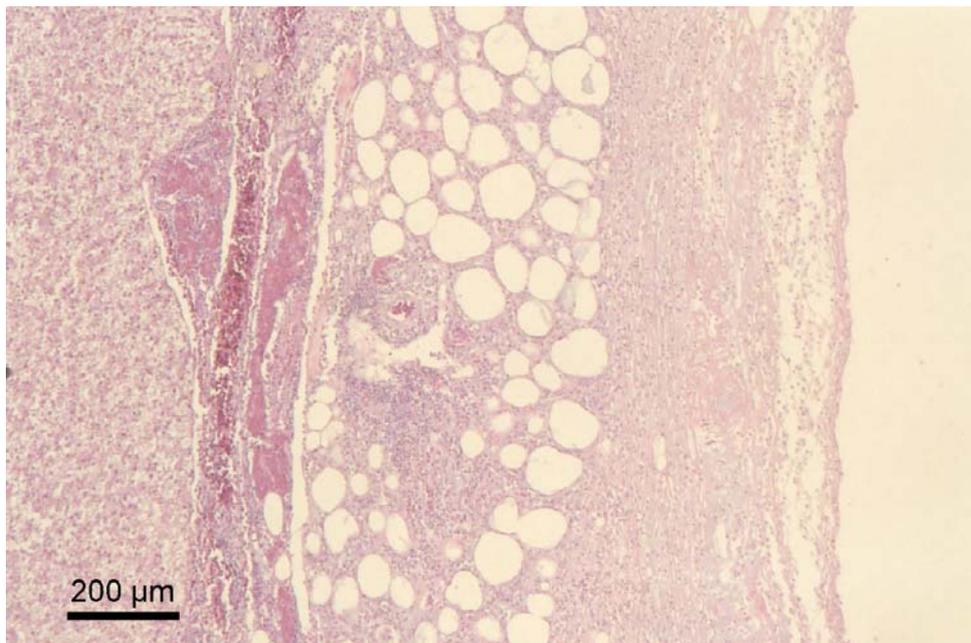


Abb. 43: Übersichtsbild: rechts das Lumen gefolgt von der Gewebkapsel, die über eine Schicht mit Fettzellen in die Leber (links) übergeht. In Bildmitte ein Blutgefäß. H & E,  $6,3 \times 10$

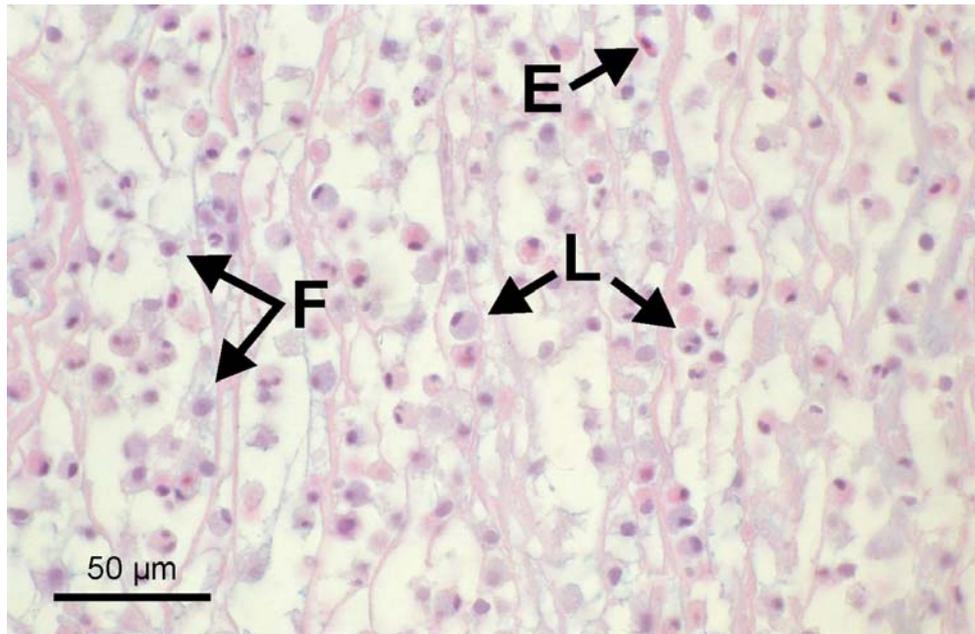


Abb. 44: Detailaufnahme der zentralen Gewebskapsel: lockere Fasern mit Fibroblasten (F), Erythrocyten (E) und Leukocyten (L). H & E,  $63 \times 6,3$

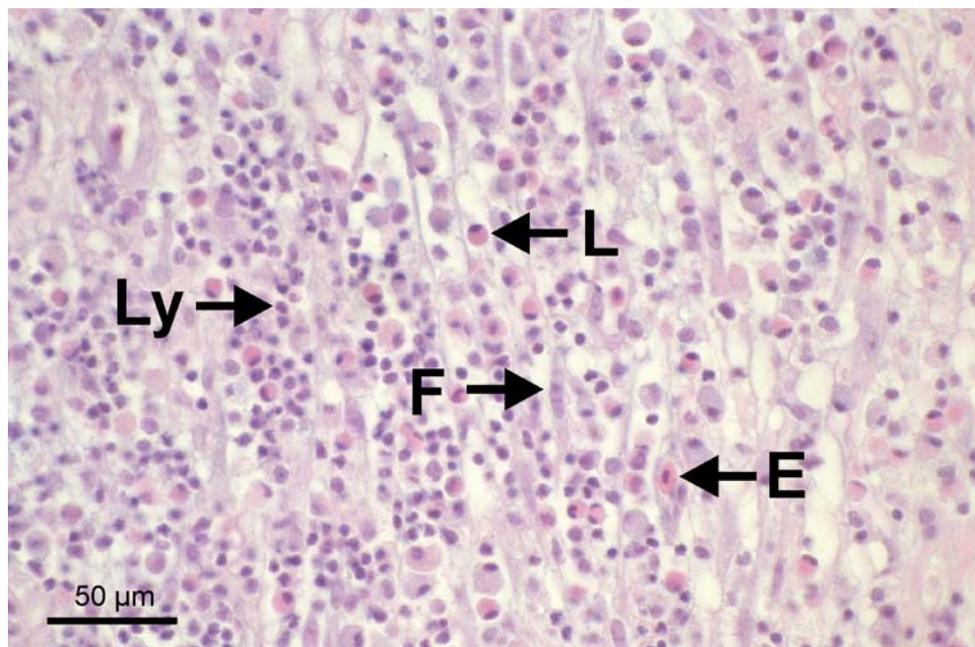


Abb. 45: Detailaufnahme der peripheren Gewebskapsel: kompakteres Gewebe mit Fibroblasten (F), Erythrocyten (E), Leukocyten (L) und Lymphocyten (Ly). H & E,  $63 \times 6,3$

### 3.3. Radiotelemetrische Technik

#### 3.3.1. Referenzsender

Von den insgesamt 102 vom Ufer aus vorgenommenen Peilungen der Referenzsender, befand sich bei 83 die tatsächliche Position des Senders innerhalb des ermittelten Positionspolygons, bei 19 Peilungen außerhalb (Tab. 5).

Tab 5: Referenzpeilungen

| Peilungen          | Streitteich | Kaltenbachteich | Beide Teich |
|--------------------|-------------|-----------------|-------------|
| <b>Insgesamt</b>   | 53 (100 %)  | 49 (100 %)      | 102 (100 %) |
| <b>Erfolgreich</b> | 48 (90,6 %) | 35 (71,4 %)     | 83 (81,4 %) |
| <b>Außerhalb</b>   | 5 (9,4 %)   | 14 (28,6 %)     | 19 (18,6 %) |

Der Referenzsender im Streitteich konnten mit signifikant größerer Genauigkeit angepeilt werden, als jener im Kaltenbachteich ( $t$  – Test,  $p = 0,000$ ). Bei 90,6 % der Positionsbestimmungen im Streitteich befand sich der Referenzsender tatsächlich innerhalb des ermittelten Positionspolygons. Das bedeutet, dass sich bei den Positionsbestimmungen im Streitteich, der besenderte Karpfen in 90,6 % der Fälle innerhalb des Positionspolygons befand. Im Kaltenbachteich war das nur bei 71,4 % der Positionsbestimmungen der Fall. Dieser geringe Prozentsatz war in den meisten Fällen auf jene Peilungen zurückzuführen, die von den Messpunkten 21 und 22 am Damm ausgeführt wurden. Berücksichtigt man diese Peilungen nicht, beträgt die Wahrscheinlichkeit 90 %. Da die Peilungen der Versuchsfische nur in seltenen Fällen vom Damm erfolgte, wurde auch im Kaltenbachteich von einer zufriedenstellenden Genauigkeit ausgegangen.

Insgesamt konnte eine korrekte Positionsbestimmung bei 81,4 % der Peilungen erreicht werden (Tab. 5). Bei Peilungen, bei denen der Sender innerhalb des ermittelten Positionspolygons lag, war der Abstand vom subjektiven Mittelpunkt zum Sender beim Streitteich im Mittel 6,8 m und beim Kaltenbachteich im Mittel 11,1 m. Bei Peilungen, bei denen der Referenzsender außerhalb des ermittelten Positionspolygons lag, war die kürzeste Distanz vom Sender zur Grenze des Positionspolygons beim Streitteich im Mittel 3,4 m und beim Kaltenbachteich im Mittel 7,9 m (Abb. 46).

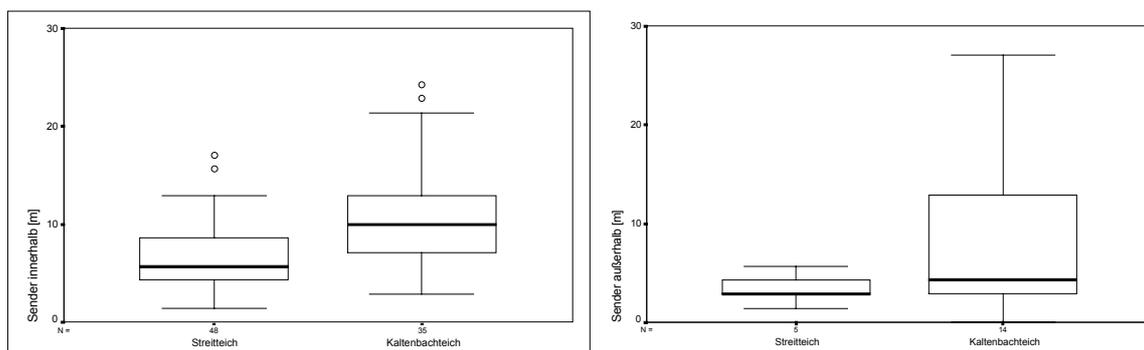


Abb. 46: Box-Whisker-Plot für die gemessenen Distanzen zwischen dem Referenzsender und dem subjektiven Mittelpunkt des ermittelten Positionspolygons (links). Box-Whisker-Plot für die gemessenen Distanzen zwischen dem Referenzsender und der Grenze des ermittelten Positionspolygons (rechts)

### 3.3.2. Relative Signalstärke

Wie im Abschnitt 2 Material und Methoden beschrieben, orientierte sich die Positionsbestimmung der Versuchskarpfen an der relativen Signalstärke. Eine quantifizierende Auswertung der relativen Signalstärke ist nicht sinnvoll. Zum einen ist die Signalstärke von zahlreichen Rahmenbedingungen abhängig (z.B. Tiefe, Entfernung, Position der Antenne des Senders zur Antenne des Empfängers, Hindernisse zwischen Sender und Empfänger) und zum anderen von der gewählten Verstärkerstufe, welche den jeweiligen Erfordernissen angepasst wurde. Was man zur Auswertung heranziehen kann, sind die Schwankungen in der relativen Signalstärke als rein qualitatives Merkmal. Diese Schwankungen traten in unterschiedlicher Intensität auf. Zum einen wirkte die Winterdecke aus Eis und Schnee auf den Teichen abschwächend, was aber durch eine größere Signalverstärkung zu einem Teil ausgeglichen werden konnte. Zum anderen konnten bei stark bewegter Wasseroberfläche sowohl bei den Sendern der Karpfen, als auch beim Referenzsender erhebliche Schwankungen der relativen Signalstärke festgestellt werden. Das hatte Auswirkungen auf die Peilgenauigkeit. Zudem wurden Schwankungen der relativen Signalstärke festgestellt, die zwar bei den besenderten Karpfen nicht jedoch bei den Referenzsendern auftraten. Hier sind die Ursachen nicht in den Wetterbedingungen zu suchen, sondern möglicherweise in der Bewegung der Fische, welche die Position der Antenne relativ zum Empfänger veränderte. Weiters könnte es zu Abschirmungseffekten kommen, wenn sich die Versuchsfische in einer Gruppe von Karpfen befinden. Ein Auf- oder Abtauchen der besenderten Karpfen könnte ebenfalls zu Signalschwankungen führen, die bei den in konstanter Tiefe verankerten Referenzsendern nicht auftraten. Die Abhängigkeit der relativen Signalstärke von der Wassertiefe zeigte sich anhand durchgeführter Tiefentests. Dabei wurde ein Sender an einer fixen Stelle im Teich - jeweils in einer anderen Tiefe - platziert und von immer derselben Position am Ufer angepeilt. Es zeigte sich, dass der Sender an der Wasseroberfläche sehr gut zu erfassen war und die Signalstärke mit zunehmender Tiefe abnahm. Als sich der Sender schließlich in 2 m Wassertiefe befand, war das Empfangsgerät nicht mehr in der Lage, die relative Signalstärke zu bestimmen.

### 3.4. Telemetrische Daten und Fischaktivitäten

#### 3.4.1. Winter 1999/2000

Im Jänner 2000 wurde versucht, die Position der besenderten Karpfen sowohl vom Ufer als auch vom Eis aus zu ermitteln. Die Peilung auf dem Eis sollte eine größere Genauigkeit gewährleisten. Wie die Versuche mit den Referenzsendern zeigten, konnte diese Genauigkeit erreicht werden. Es stellte sich jedoch heraus, dass die besenderten Karpfen sehr empfindlich auf Aktivitäten auf dem Eis reagierten, selbst wenn sehr behutsam vorgegangen wurde (Abb. 47).

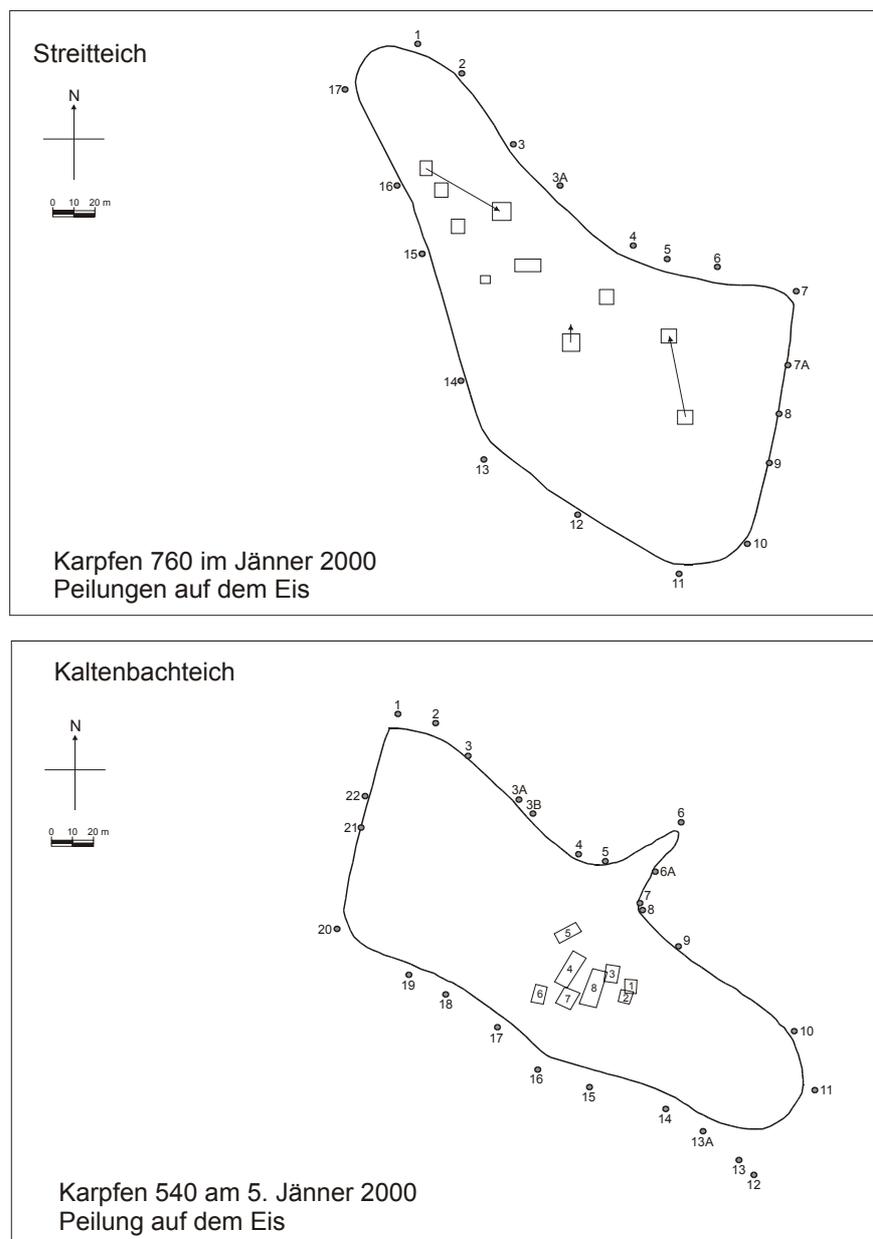


Abb. 47: Peilung der Karpfen auf dem Eis am Streitteich (oben) und Kaltenbacheich (unten). Die Nummerierungen markieren die Abfolge der Positionsbestimmungen und die Pfeile die Fluchrichtung des besenderten Karpfens

Das äußerte sich darin, dass bei der Positionsbestimmung der Eindruck entstand, dass der angepeilte Versuchsfisch auszuweichen versuchte und das Signal, kaum dass man die vermutete Aufenthaltsstelle erreicht hatte, sich in eine andere Richtung entfernte. Beim Versuch seine Position zu ermitteln, trieb man den Karpfen vor sich her. Abbildung 47 zeigt jeweils ein Beispiel für den Streit- und den Kaltenbachteich. Nach dieser Erkenntnis wurden die Positionsbestimmungen ausschließlich vom Ufer aus vorgenommen um keine Bewegungsartefakte zu erzeugen. Es musste dafür jedoch eine weit geringere Genauigkeit in Kauf genommen werden. Der Möglichkeit einer Positionsbestimmung auf dem Eis war ohnehin eine natürliche Grenze gesetzt. Meist ist das Eis der Winterteiche nur im Jänner und Anfang Februar risikolos begehbar.

#### 3.4.1.1. Streitteich

Bis 11. November 1999 konnten immer wieder Karpfen einzeln oder in Gruppen an der Wasseroberfläche beobachtet werden. Um den 25. November 1999 war eine geschlossene Winterdecke vorhanden. Die mittlere Wassertemperatur betrug Ende November 1999 3,5 °C. Der Sauerstoffgehalt in 2 m Tiefe lag Ende November 1999 bei 4,0 mg/l. Zu Beginn der Datenaufnahme am 22. November 1999 hielten sich die besenderten Karpfen, mit zwei Ausnahmen, zumeist östlich der Verbindungslinie der beiden Messpunkte 4 und 13 (in weiterer Folge kurz als Messpunkte 4/13 bezeichnet) auf (Abb. 48). Die Ausnahmen bildeten die Karpfen 320 und 360. Deren Position konnte zweimal westlich der Messpunkte 4/13 bestimmt werden. Die mittlere Positionsdistanz aller besenderten Karpfen im November 1999 betrug 55,6 m (Abb. 52, Tab. 6). Die mittleren Positionsdistanzen der individuellen Versuchsfische variierten von 67,1 m bei Karpfen 580, über 66,1 m bei Karpfen 360, 59,9 m bei Karpfen 320 und 46,4 m bei Karpfen 760, bis 38,6 m bei Karpfen 460. Karpfen 580 erreichte in diesem Monat seine höchste Positionsdistanz im Winter 1999/2000 (Tab. 6).

Im Dezember 1999 schwankte die mittlere Wassertemperatur zwischen 0,7 und 2,3 °C. Der Gehalt an Sauerstoff in 2 m Tiefe nahm von 12,9 mg/l Anfang Dezember 1999 auf 8,2 mg/l gegen Ende Dezember 1999 ab. Die Aufenthaltsbereiche der besenderten Karpfen lagen westlich der Messpunkte 4/14. Nur die Position des Karpfens 320 wurde zweimal östlich der Messpunkte 4/14, bis auf die Höhe der Messpunkte 3/16, bestimmt (Abb. 49). Die mittlere Positionsdistanz aller besenderten Karpfen betrug im Dezember 1999 39,5 m und war damit deutlich geringer als im November 1999 (Tab. 6). Die Positionsbestimmung des Karpfens 320 außerhalb des Aufenthaltsbereiches der übrigen Versuchsfische zeigte sich auch in seiner individuellen mittleren Positionsdistanz von 67,3 m. Diese lag deutlich höher als die individuellen mittleren Positionsdistanzen der übrigen Versuchsfische. Die größte individuelle mittlere Positionsdistanz neben dem Karpfen 320 wies Karpfen 360 mit 39,3 m auf, gefolgt von Karpfen 460 mit 39,0 m. Karpfen 760 mit 28,0 m und Karpfen 580 mit 27,9 m (Tab. 6).

Am 10. Jänner 2000 wurde mit 0,6 mg/l Sauerstoff in 2 m Tiefe der niedrigste Wert in diesem Winter gemessen. Bis Ende Jänner stieg der Sauerstoffgehalt auf 4,0 mg/l an. Die mittlere Wassertemperatur sank von 2,7 °C Anfang Jänner 2000 auf 0,8 °C gegen Ende Jänner 2000 ab. Die besenderten Karpfen hielten sich hauptsächlich westlich der Messpunkte 4/14 auf (Abb. 50). In diesem Bereich kam am ehesten der Effekt des Zuflusses zum Tragen, der den Teich mit sauerstoffreichem Frischwasser versorgte. Dort konnten die Fische bei Sauerstoffmangel noch die günstigsten Bedingungen vorfinden.

Von den 60 durchgeführten Positionsbestimmungen befanden sich nur 11 östlich der Messpunkte 4/14. Nur zwischen dem 10. und 20. Jänner 2000 unternahm einzelne Versuchsfische tageweise „Ausflüge“ östlich der Messpunkte 4/14. Zwei Versuchsfische hielten sich dabei je einmal direkt unter einer Wuhne auf (Abb. 50). Diese Wuhnen mit einer Abmessung von jeweils ca.  $20 \times 1,5$  m, wurden vom Bewirtschafter am 3. Jänner 2000 ins Eis geschnitten, um den Wasserkörper mit der Luft und somit dem Luftsauerstoff in Verbindung zu bringen. Ab diesem Zeitpunkt wurde der Teich zum Offenhalten der Wuhnen regelmäßig vom Bewirtschafter und seinen Mitarbeitern betreten. In den Wuhnen kam ab dem 11. Jänner 2000 ein Belüfter zum Einsatz. Der Belüfter bewirkte eine stärkere Anreicherung des Wassers mit Sauerstoff, indem Luft in den Wasserkörper gepumpt wurde. Das führte aber parallel zu einer Abkühlung des Wasserkörpers durch die eingebrachte kalte Umgebungsluft. Diese Maßnahmen wurden bis Ende Jänner 2000 fortgesetzt und können als Ursache für die im Laufe des Jäners sinkende mittlere Wassertemperatur und das Ansteigen des Sauerstoffgehalts gelten. Die mittlere Positionsdistanz aller Versuchsfische betrug im Jänner 2000 65,2 m. Das war der höchste Wert, der im Winter 1999/2000 zu beobachten war (Abb. 52, Tab. 6). Von den besenderten Karpfen wies Karpfen 360 mit 80,8 m die höchste individuelle mittlere Positionsdistanz auf, gefolgt von Karpfen 760 mit 69,2 m, Karpfen 320 mit 61,7 m, Karpfen 460 mit 58,0 m und Karpfen 580 mit 53,3 m (Tab. 6).

Ab dem 10. Februar 2000 begann sich die Winterdecke zu öffnen. Die mittlere Wassertemperatur stieg von  $0,7$  °C Anfang Februar 2000 auf  $2,3$  °C gegen Ende des Monats. Der Sauerstoffgehalt in 2 m Tiefe wurde Ende Februar 2000 mit  $16,6$  mg/l gemessen. Die Belüftungsmaßnahmen im Jänner 2000 sowie das Abschmelzen des Eises hatten den Gehalt an Sauerstoff im Teich erhöht. Im Februar 2000 befanden sich die Aufenthaltsbereiche der Versuchsfische zwischen den Messpunkten 3A/15 und 6/12 (Abb. 51). Die mittlere Positionsdistanz aller besenderten Karpfen erreichte mit  $31,7$  m ihren niedrigsten Wert im Winter 1999/2000. Bis auf Karpfen 580 mit  $29,0$  m, galt das auch für die individuelle mittleren Positionsdistanzen. Karpfen 320 wies einen Wert von  $47,8$  m, Karpfen 460 einen Wert von  $28,2$  m, Karpfen 760 einen Wert von  $27,1$  m und Karpfen 360 einen Wert von  $26,3$  m auf (Tab. 6).

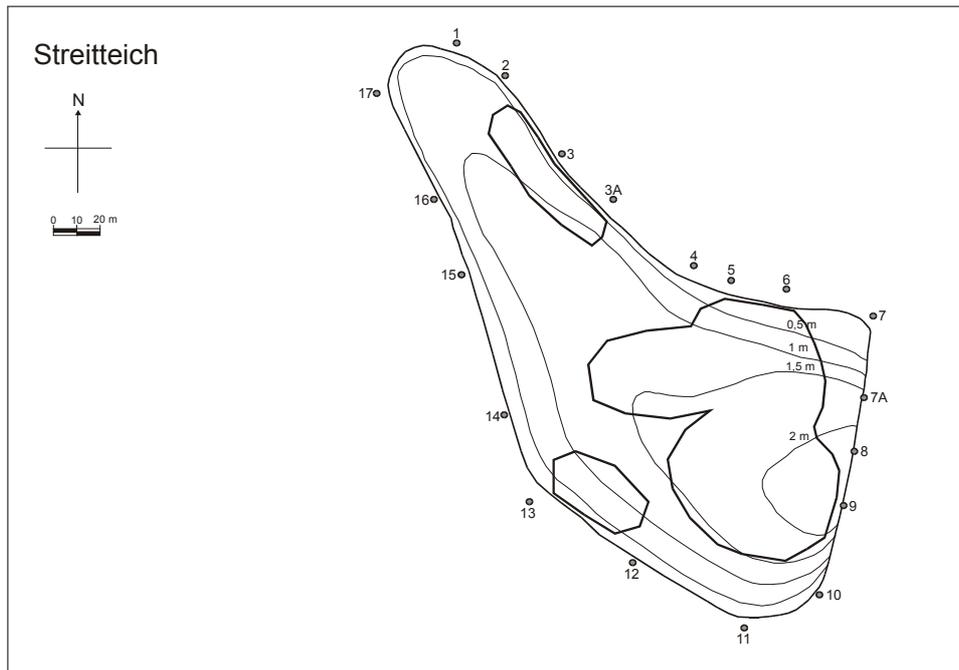


Abb. 48: Aufenthaltsbereiche der besenderten Karpfen im Streitteich im November 1999

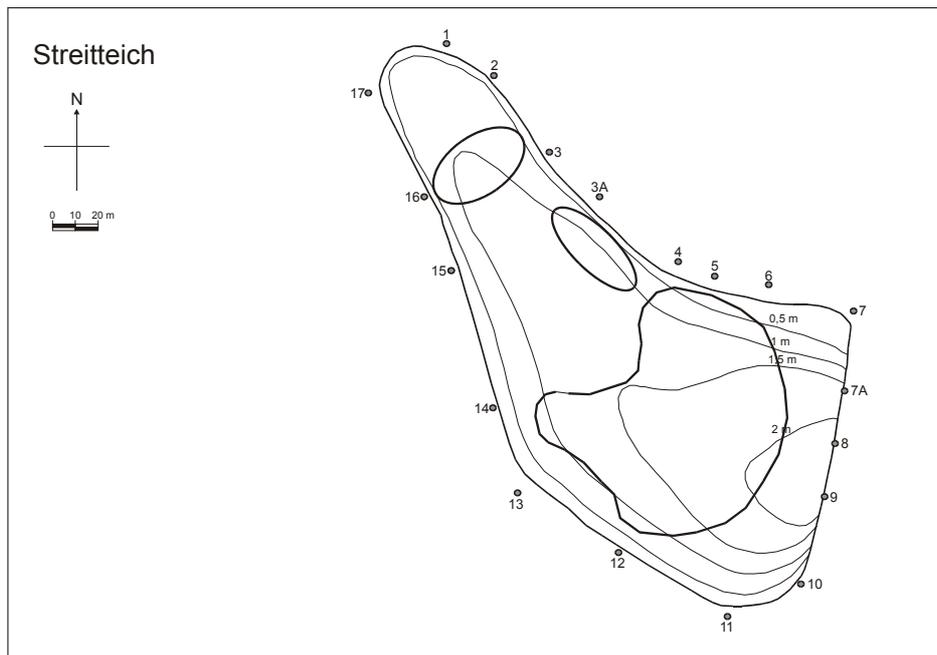


Abb. 49: Aufenthaltsbereiche der besenderten Karpfen im Streitteich im Dezember 1999

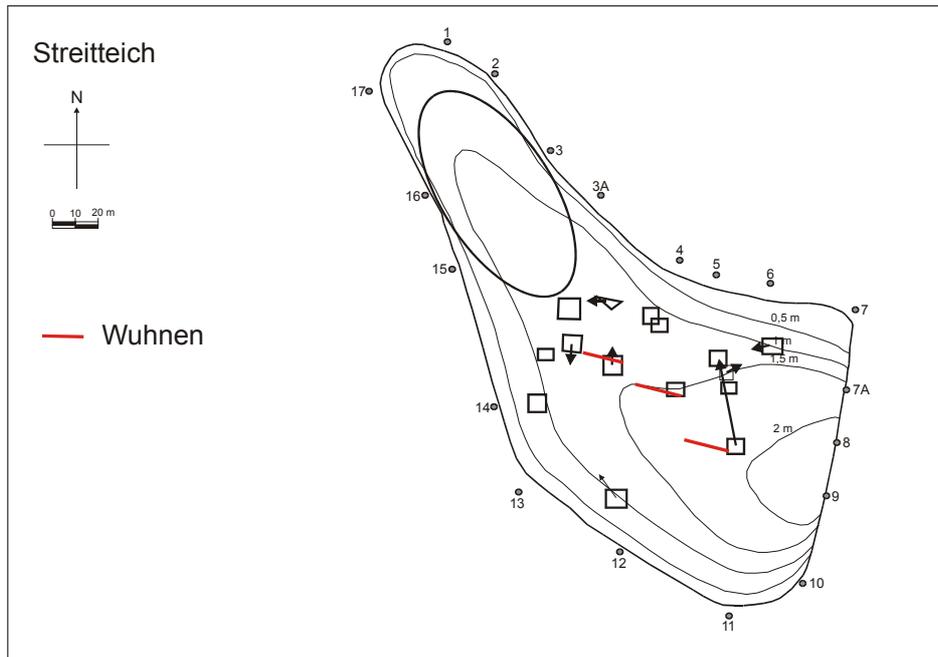


Abb. 50: Aufenthaltsbereiche der besenderten Karpfen im Streitteich im Jänner 2000

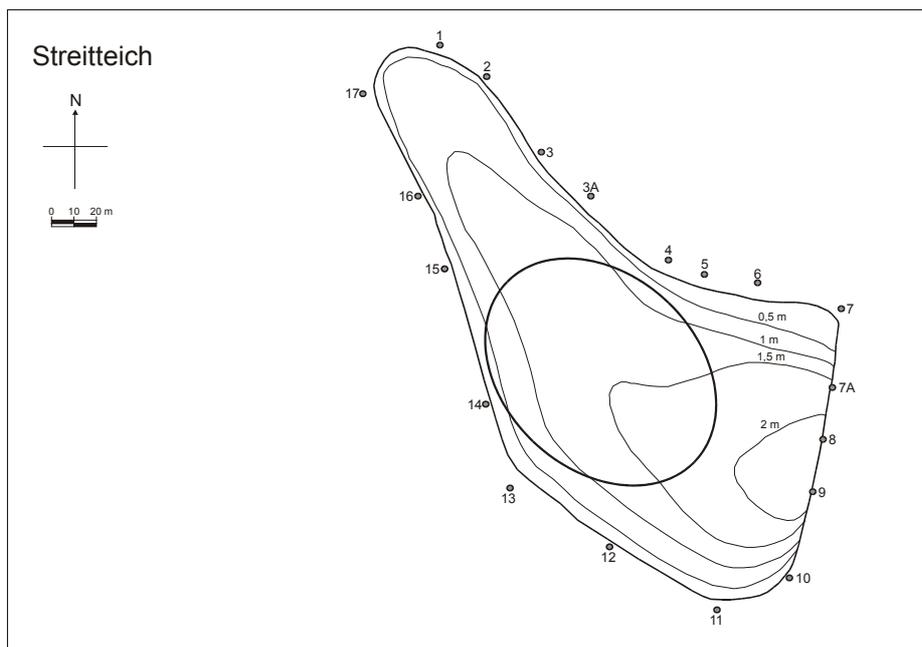


Abb. 51: Aufenthaltsbereich der besenderten Karpfen im Streitteich im Februar 2000

Vergleicht man die mittleren Positionsdistanzen von November 1999 bis Februar 2000 (Abb. 52) so ergibt sich, dass im Jänner 2000 die höchste mittlere Positionsdistanz ermittelt wurde (Tab. 6). Auch die Variationsbreite der Positionsdistanzen war in diesem Monat am größten (Abb. 52). Die hohen mittleren Positionsdistanzen, die im Jänner 2000 beobachtet wurden, könnten in Zusammenhang mit dem niedrigen Sauerstoffgehalt stehen. Als Reaktion auf diesen Sauerstoffmangel waren die besenderten Karpfen besonders unruhig und suchten jenen Bereich im Teich auf, an dem die Situation etwas günstiger war. Das war der Bereich des Zuflusses im Westen, wo sauerstoffreiches Zuflusswasser

einströmte. Tatsächlich war zwischen den Positionsdistanzen der Versuchsfische und dem Sauerstoffgehalt im Streitteich ein signifikant negativer Zusammenhang gegeben (lineare Regression  $p = 0,0000$ ,  $r^2 = 0,336$ ) (Abb. 53). Kein signifikanter Zusammenhang konnte zwischen den Positionsdistanzen und der mittleren Wassertemperatur ermittelt werden (lineare Regression  $r^2 = 0,0005$ ,  $p = 0,8713$ ). Die Positionspolygone der einzelnen besenderten Karpfen finden sich in Abschnitt 7, Anhang B.

Tab. 6: Mittlere Positionsdistanzen zwischen aufeinander folgende Peilungen im Streitteich, Winter 1999/2000. In Klammer die Anzahl der Fälle und bei den Mittelwerten zusätzlich die Standardabweichung

|                 | <b>Karpfen<br/>320</b> | <b>Karpfen<br/>360</b> | <b>Karpfen<br/>460</b> | <b>Karpfen<br/>580</b> | <b>Karpfen<br/>760</b> | <b>Mittel-<br/>Werte</b> |
|-----------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|--------------------------|
| <b>November</b> | 59,9 m<br>(n=6)        | 66,1 m<br>(n=7)        | 38,6 m<br>(n=5)        | 67,1 m<br>(n=4)        | 46,4 m<br>(n=2)        | 55,6 m<br>(n=24, s=36,7) |
| <b>Dezember</b> | 67,3 m<br>(n=10)       | 39,3 m<br>(n=10)       | 39,0 m<br>(n=10)       | 27,9 m<br>(n=10)       | 28,0 m<br>(n= 10)      | 39,5 m<br>(n=50, s=31,5) |
| <b>Jänner</b>   | 61,7 m<br>(n=12)       | 80,8 m<br>(n=12)       | 58,0 m<br>(n=11)       | 53,3 m<br>(n=11)       | 69,2 m<br>(n=14)       | 65,2 m<br>(n=60, s=42,2) |
| <b>Februar</b>  | 47,8 m<br>(n=7)        | 26,3 m<br>(n=7)        | 28,2 m<br>(n=7)        | 29,0 m<br>(n=7)        | 27,1 m<br>(n=7)        | 31,7 m<br>(n=35, s=21,7) |

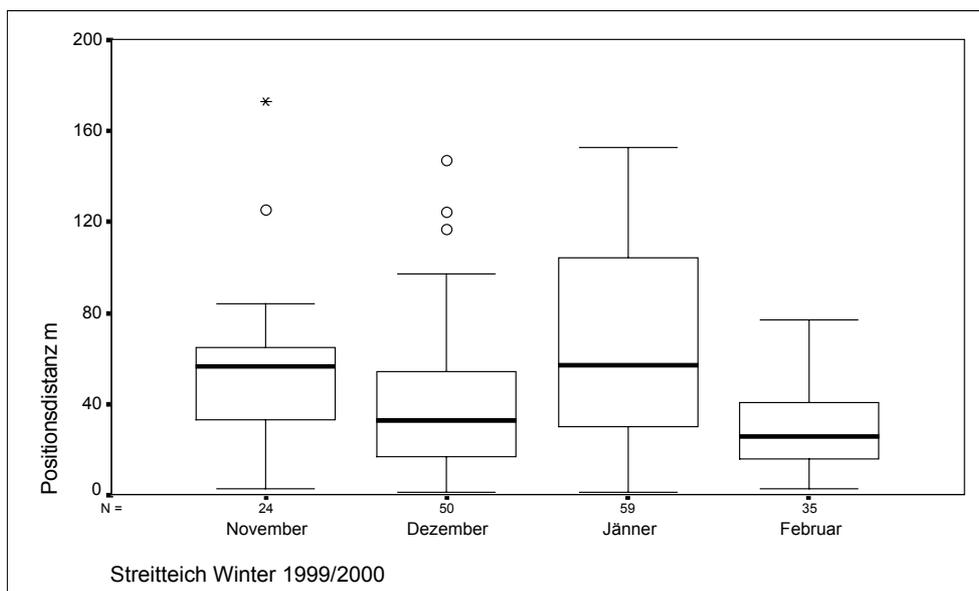


Abb. 52: Box-Whisker-Plot der Positionsdistanzen der besenderten Karpfen im Streitteich im Winter 1999/2000, ° Ausreißer, \* Extremwerte

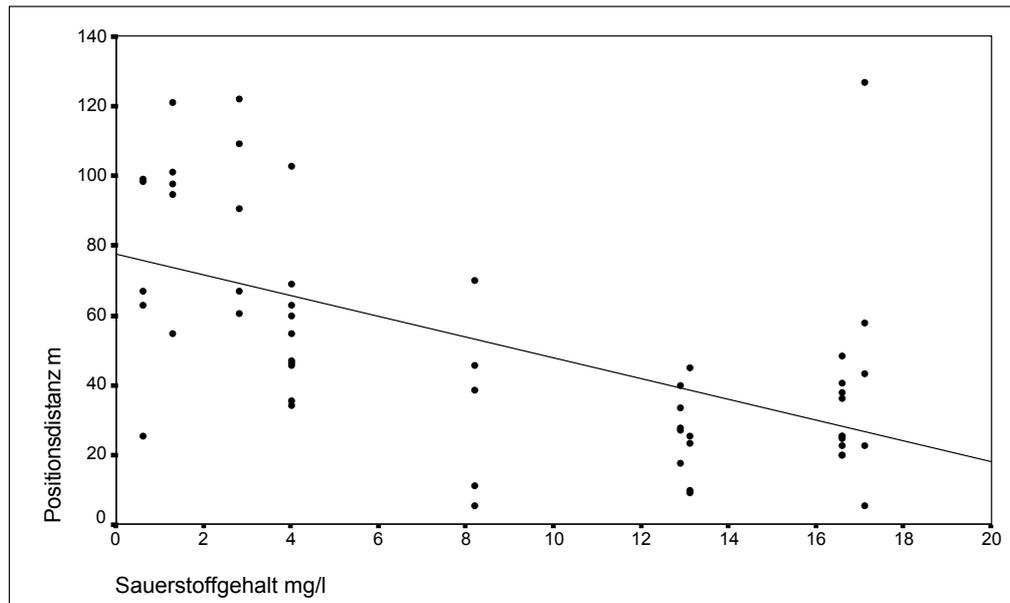


Abb. 53: Die Positionsdistanzen [m] aufgetragen gegen den Sauerstoffgehalt [mg/l] im Winter 1999/2000 im Streitteich.  $r^2 = 0,336$ , lineare Regression  $p = 0,0000$

#### 3.4.1.2. Kaltenbacheich

Bis 13. November 1999 konnten im Kaltenbacheich Karpfen einzeln oder in Gruppen an der Wasseroberfläche beobachtet werden. Die mittlere Wassertemperatur betrug Ende November 1999 3,6 °C. Der Sauerstoffgehalt in 2 m Tiefe betrug 10,7 mg/l. Um den 25. November 1999 war eine geschlossene Winterdecke vorhanden. Mit Beginn der Datenaufnahme am 22. November 1999 hielten sich die besenderten Karpfen westlich der Messpunkte 8/16 auf (Abb. 58). Die mittlere Positionsdistanz im November 1999 betrug 47,8 m (Abb. 62, Tab. 7). Das war der höchste Wert für den Kaltenbacheich im Winter 1999/2000. Die individuellen mittleren Positionsdistanzen der besenderten Karpfen schwankten zwischen 61,4 m bei Karpfen 540 und 33,6 m bei Karpfen 400. Dazwischen lagen Karpfen 420 mit 53,6 m, Karpfen 380 mit 46,6 m und Karpfen 740 mit 43,9 m (Tab. 7).

Im Dezember 1999 schwankte die mittlere Wassertemperatur zwischen 4,3 und 3,6 °C. Der Sauerstoffgehalt in 2 m Tiefe schwankte zwischen 11,8 und 12,6 mg/l. Die besenderten Karpfen hielten sich westlich der Messpunkt 9/16 auf (Abb. 59). Die mittlere Positionsdistanz nahm auf 35,8 m ab (Abb. 62, Tab. 7). Die individuellen mittleren Positionsdistanzen lagen zwischen 43,7 m bei Karpfen 380, 36,2 m bei Karpfen 740, 36,0 m bei Karpfen 540, 33,1 m bei Karpfen 400 und 30,1 m bei Karpfen 420 (Tab. 7).

Im Jänner 2000 schwankte die mittlere Wassertemperatur zwischen 3,1 und 3,8 °C. Der Sauerstoffgehalt in 2 m Tiefe nahm von 7,1 mg/l Anfang Jänner 2000 auf 3,8 mg/l Ende Jänner 2000 ab. Die Aufenthaltsbereiche der besenderten Karpfen erstreckten sich auf den Teichbereich zwischen den Messpunkten 3/20 und 9/16. Die Versuchsfische hielten sich dabei eher uferfern in den tieferen Bereichen des Teiches auf (Abb. 60). Die mittlere Positionsdistanz der Versuchsfische nahm im Jänner 2000 gegenüber dem Dezember 1999 auf 44,8 m zu (Abb. 62, Tab. 7). Ein Anstieg der individuellen mittleren Positionsdistanzen war auch bei den einzelnen Versuchsfischen festzustellen. Der Karpfen 420 erreichte mit

62,7 m den höchsten Wert, gefolgt von Karpfen 380 mit 44,5, Karpfen 740 mit 43,8 m, Karpfen 400 mit 43,4 m und Karpfen 540 mit 35,9 m (Tab. 7).

Im Februar 2000 stieg die mittlere Wassertemperatur von 3,9 auf 4,3 °C. Der Sauerstoffgehalt nahm bis Ende Februar auf 6,8 mg/l zu. Die Aufenthaltsbereiche der Versuchsfische beschränkten sich auf den Bereich zwischen den Messpunkten 3A/19 und 9/15. Lediglich die Position des Karpfens 380 wurde zweimal westlich der Messpunkte 3A/19 bestimmt (Abb. 61). Die mittlere Positionsdistanz im Februar 2000 betrug 31,4 m. Das war der niedrigste Wert im Kaltenbacheich im Winter 1999/2000 (Abb. 62, Tab. 7). Die individuellen mittleren Positionsdistanzen der besenderten Karpfen betragen 41,6 m für Karpfen 420, 36,9 m für Karpfen 740, 33,4 m für Karpfen 380, 29,2 m bei Karpfen 400 und 13,8 m bei Karpfen 540 (Tab. 7).

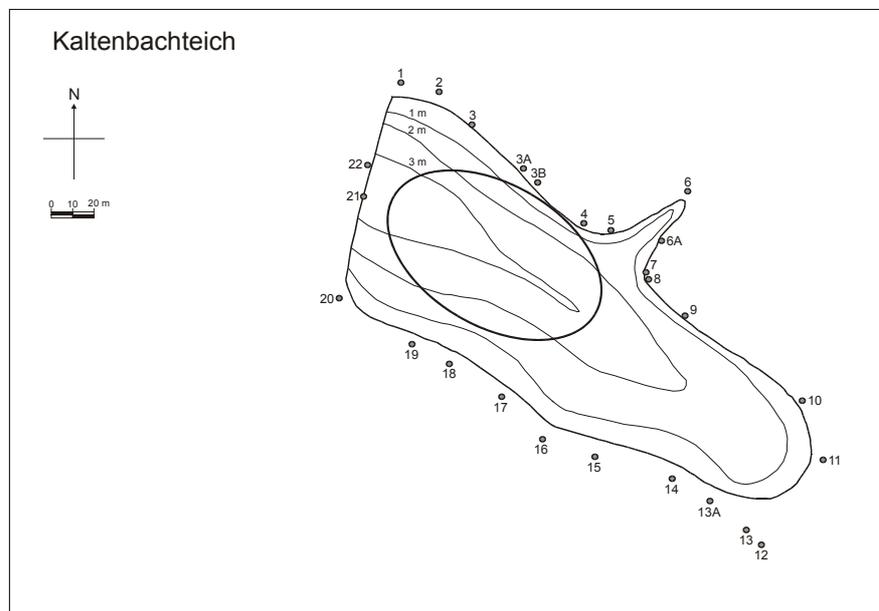


Abb. 58: Aufenthaltsbereich der besenderten Karpfen im Kaltenbacheich im November 1999

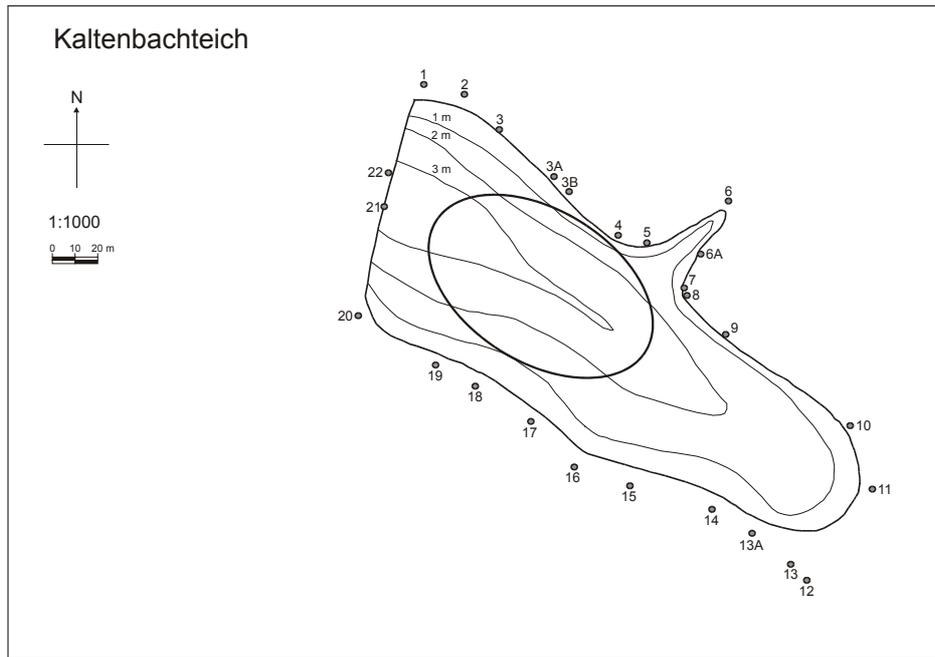


Abb. 59: Aufenthaltsbereich der besenderten Karpfen im Kaltenbachteich im Dezember 1999

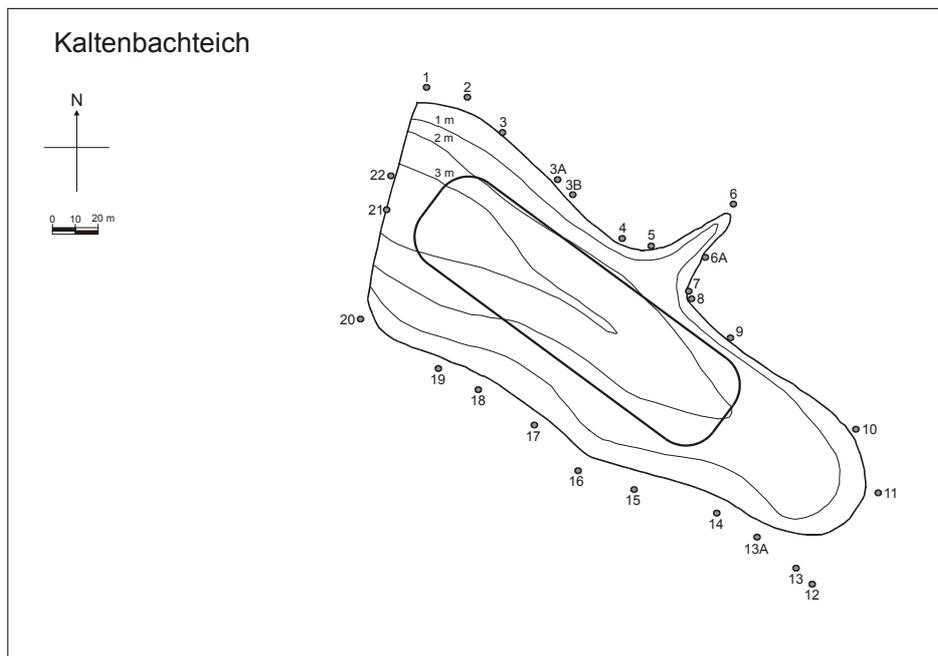


Abb. 60: Aufenthaltsbereich der besenderten Karpfen im Kaltenbachteich im Jänner 2000

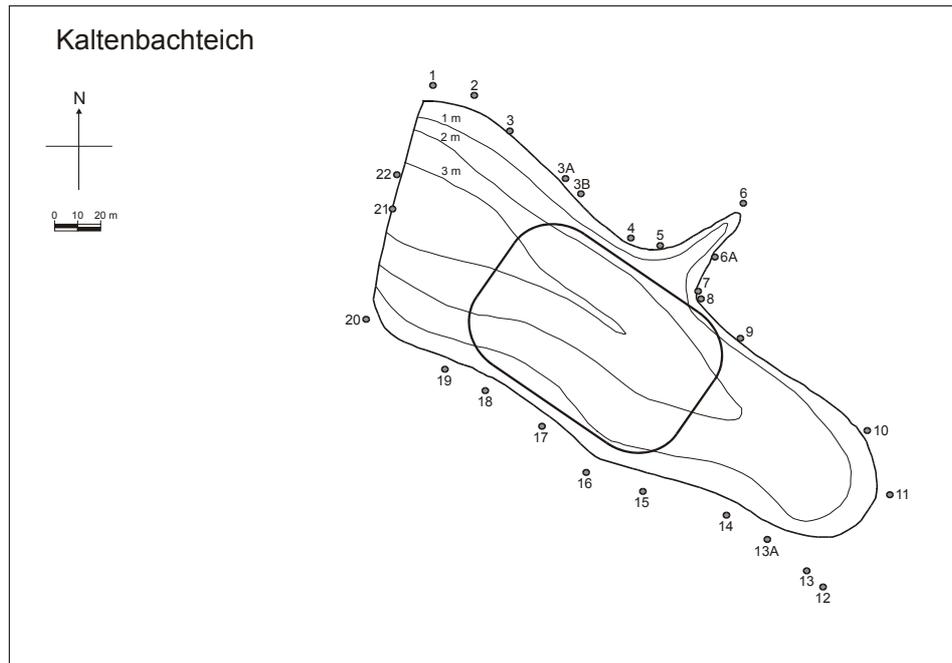


Abb. 61: Aufenthaltsbereich der besenderten Karpfen im Kaltenbachteich im Februar 2000

Vergleicht man die Mittelwerte der Positionsdistanzen für die Monate November 1999 bis Februar 2000 so ergibt sich, dass sich die einzelnen Monate relativ ähnlich (Tab. 8, Abb. 62) sind. Unterschiede wie sie im Streitteich auftraten, kamen im Kaltenbachteich nicht vor. Mit einer Ausnahme sind sich auch die Variationsbreiten der Positionsdistanzen ähnlich. Nur im Jänner 2000 streuen die Werte breiter als in den restlichen Monaten (Abb. 62). Ein signifikanter Zusammenhang zwischen den Positionsdistanzen und dem Sauerstoffgehalt bzw. den Positionsdistanzen und der mittleren Wassertemperatur konnten nicht festgestellt werden (lineare Regression  $r^2 = 0,0053$ ,  $p = 0,5962$  bzw.  $r^2 = 0,0018$ ,  $p = 0,7566$ ). Die Positionspolygone der einzelnen besenderten Karpfen finden sich in Abschnitt 7, Anhang B.

Tab. 7: Mittlere Positionsdistanzen zwischen aufeinander folgende Peilungen im Kaltenbachteich, Winter 1999/2000. In Klammer die Anzahl der Fälle und bei den Mittelwerten zusätzlich die Standardabweichung

|                 | <b>Karpfen<br/>380</b> | <b>Karpfen<br/>400</b> | <b>Karpfen<br/>420</b> | <b>Karpfen<br/>540</b> | <b>Karpfen<br/>740</b> | <b>Mittel-<br/>werte</b> |
|-----------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|--------------------------|
| <b>November</b> | 46,6 m<br>(n=5)        | 33,6 m<br>(n=4)        | 53,6 m<br>(n=4)        | 61,4 m<br>(n=4)        | 43,9 m<br>(n=4)        | 47,8 m<br>(n=24, s=17,9) |
| <b>Dezember</b> | 43,7 m<br>(n=10)       | 33,1 m<br>(n=10)       | 30,1 m<br>(n=10)       | 36,0 m<br>(n=9)        | 36,2 m<br>(n=9)        | 35,8 m<br>(n=50, s=19,1) |
| <b>Jänner</b>   | 44,5 m<br>(n=11)       | 43,4 m<br>(n=13)       | 62,7 m<br>(n=12)       | 35,9 m<br>(n=20)       | 43,8 m<br>(n=14)       | 44,8 m<br>(n=60, s=33,7) |
| <b>Februar</b>  | 33,4 m<br>(n=8)        | 29,2 m<br>(n=7)        | 41,6 m<br>(n=8)        | 13,8 m<br>(n=6)        | 36,9 m<br>(n=7)        | 31,4 m<br>(n=35, s=24,7) |

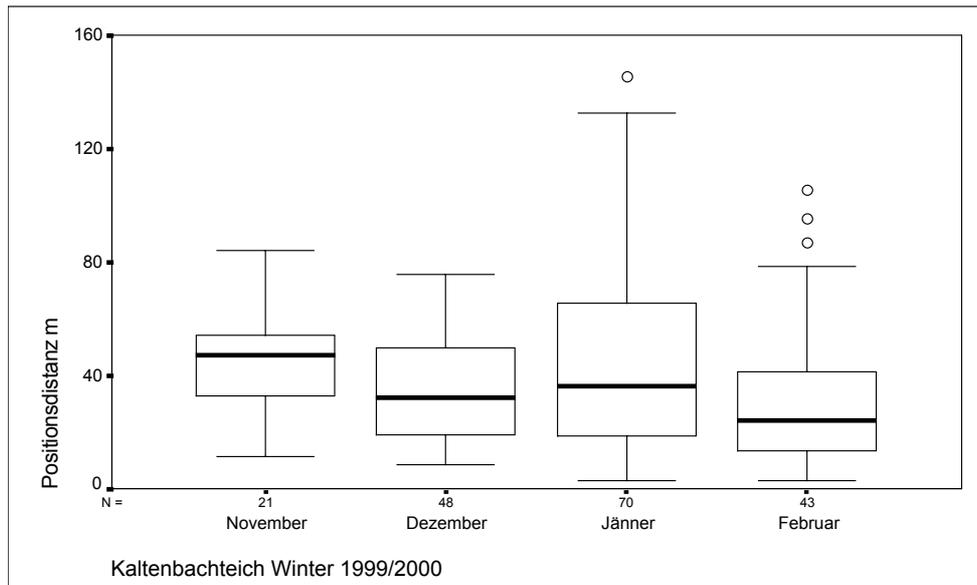


Abb. 62: Box-Whisker-Plot der Positionsdistancen der besenderten Karpfen im Kaltenbacheich im Winter 1999/2000, ° Ausreißer

### 3.4.1.3. Vergleich von Streitteich und Kaltenbacheich

Im Winter 1999/2000 konnte kein signifikanter Unterschied in den Positionsdistancen beider Teiche festgestellt werden (Mann - Whitney U – Test,  $p = 0,0640$ ). Vergleicht man die mittleren Positionsdistancen zwischen Streitteich und Kaltenbacheich in den einzelnen Monaten November 1999, Dezember 1999, Jänner 2000 und Februar 2000, so zeigt sich, dass im Kaltenbacheich stets die geringeren Positionsdistancen zu beobachten sind (Abb. 63, Tab. 8). Eine signifikant unterschiedliche Positionsdistanz konnte jedoch nur für den Jänner 2000 nachgewiesen werden (t-Test,  $p = 0,003$ ). In diesem Monat war die mittlere Positionsdistanz im Streitteich mit 65,2 m signifikant größer als im Kaltenbacheich mit 44,8 m (Abb. 63, Tab. 8).

Tab. 8: Mittlere Positionsdistancen zwischen aufeinander folgende Peilungen im Winter 1999/2000. In Klammer die Anzahl der Fälle und die Standardabweichung

|                      | <b>Streitteich</b>     | <b>Kaltenbacheich</b> |
|----------------------|------------------------|-----------------------|
| <b>November 1999</b> | 55,6 m (n=24, s=36,7)  | 47,8 m (n=21, s=17,9) |
| <b>Dezember 1999</b> | 39,5 m (n=50, s=31,5)  | 35,8 m (n=48, s=19,1) |
| <b>Jänner 2000</b>   | 65,2 m (n=59, s=42,2)  | 44,8 m (n=70, s=33,7) |
| <b>Februar 2000</b>  | 31,7 m (n=35, s=21,72) | 31,4 m (n=43, s=24,7) |

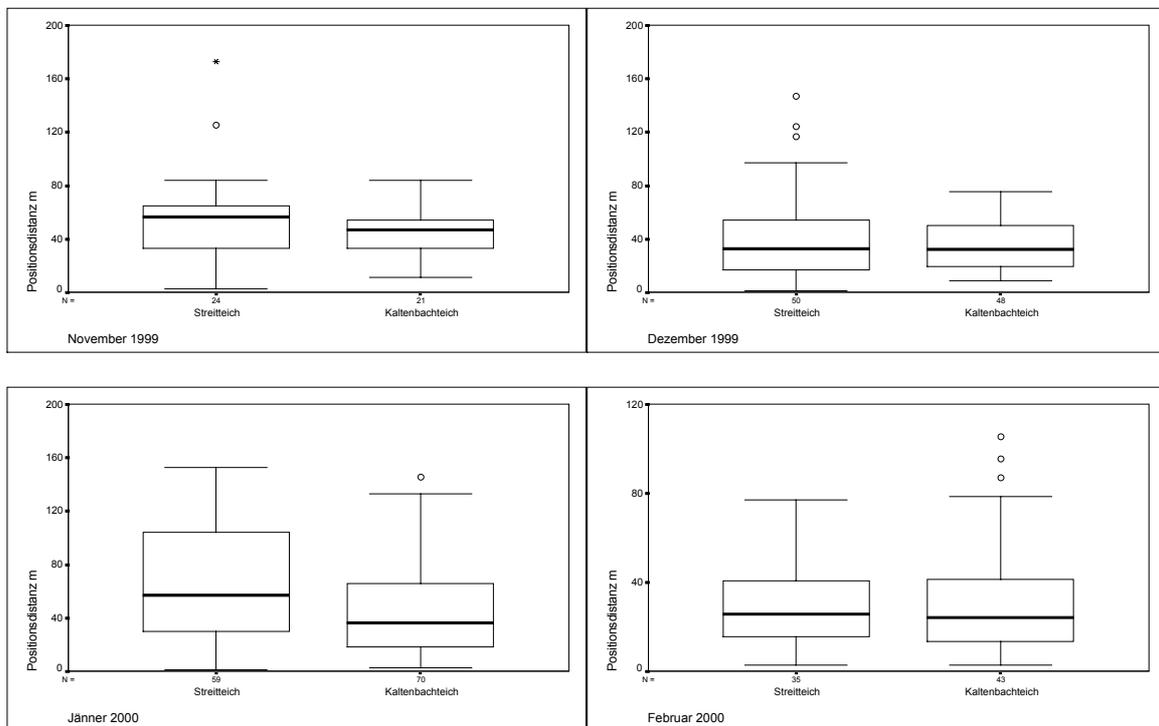


Abb. 63: Box-Whisker-Plots der mittleren Positionsanzahlen der besenderten Karpfen im Winter 1999/2000 im Streitteich und Kallenbachteich, ° Ausreißer, \* Extremwerte

### 3.4.2. Winter 2000/2001

#### 3.4.2.1. Streitteich

Die Datenaufnahme begann mit 3. November 2000. Die mittlere Wassertemperatur sank von 6,9 °C Anfang November 2000 auf 4,5 °C Ende des Monats. Der Sauerstoffgehalt in 2 m Tiefe schwankte zwischen 9,5 und 10,5 mg/l. Bis 23. November 2000 waren regelmäßig Karpfen einzeln oder in Gruppen an der Wasseroberfläche zu beobachten. Am 29. November 2000 gelang an einer Futterstelle am Damm, bei 4,6° C Wassertemperatur, mit dem Wurfnetz der Fang von Karpfen. Zwei der Tiere wurden auf ihren Darminhalt untersucht. Der Verdauungstrakt beider Fische war gut gefüllt mit Fertigfutter neben zahlreichen Cladoceren, Copepoden und Chironomidenlarven. Die Karpfen hielten sich im November 2000 östlich der Messpunkte 3A/14 auf. Lediglich die Positionen der Karpfen 400 und 420 wurden zweimal bzw. einmal westlich der Messpunkte 3A/14 bestimmt (Abb. 64). Die mittlere Positionsdistanz betrug im November 2000 43,0 m (Abb. 68, Tab. 10). Die individuellen mittleren Positionsdistanzen der besenderten Karpfen variierten zwischen 65,3 m bei Karpfen 400, 51,6 m bei Karpfen 420, 37,7 m bei Karpfen 360, 37,6 m bei Karpfen 320 und 23,5 m bei Karpfen 460 (Tab. 9).

Die mittlere Wassertemperatur nahm im Dezember 2000 bis auf 1,3 °C ab. Der Sauerstoffgehalt in 2 m Tiefe schwankte zwischen 11,9 und 12,6 mg/l. Am 15. Dezember 2000 gelang es an einer Futterstelle am Damm bei einer Wassertemperatur von 4,4° C Karpfen zu fangen. Zwei Tiere wurden auf ihren Darminhalt untersucht. Beide Fische wiesen einen zur Hälfte gefüllten Darm auf, der im vordersten Abschnitt Fertigfutter, ansonst Copepoden und Chironomidenlarven enthielt. Ab 18. Dezember 2000 begann der Streitteich zuzufrieren. Im Dezember 2000 hielten sich die Versuchsfische östlich der Messpunkte 3/15 auf. Die Karpfen 320 und 460 hielten sich ausschließlich östlich der Messpunkte 4/13 auf (Abb. 65). Die mittlere Positionsdistanz betrug im Dezember 2000 42,6 m (Abb. 68, Tab. 9). Der Karpfen 400 wies, wie auch im November 2000, die größte individuelle mittlere Positionsdistanz mit 48,5 m auf, gefolgt von Karpfen 360 mit 46,9 m, Karpfen 420 45,8 m, Karpfen 320 mit 38,2 m und Karpfen 460 wie im November mit der geringsten individuellen mittleren Positionsdistanz von 33,0 m (Tab. 9).

Im Jänner 2001 schwankte die mittlere Wassertemperatur zwischen 2,1 und 3,0 °C. Der Sauerstoffgehalt nahm von 9,5 mg/l Anfang Jänner 2001 auf 2,5 mg/l Ende des Monats ab. Der Aufenthaltsbereich der besenderten Karpfen erstreckte sich im Jänner 2001 vom Damm im Osten bis in den unmittelbaren Bereich des Zulaufes im Westen. Anfang Jänner 2001 befanden sich die Versuchsfische in der östlichen Hälfte des Teiches, westlich der Messpunkte 4/14. Mitte Jänner 2001 waren die Positionen der besenderten Karpfen einmal östlich der Messpunkte 4/14, dann wieder zwischen den Messpunkten 3/16 und 4/14. Erst gegen Ende Jänner 2001 fand eine Bewegung in die westliche Hälfte bis zum unmittelbaren Zulaufbereich statt (Abb. 66). Am 31. Jänner 2001 gelang unmittelbar im Zuflussbereich der Fang von Karpfen mit dem Wurfnetz. Von zwei Tieren wurde der Darm untersucht. Beide Därme waren jedoch leer. Am selben Tag wurden vom Bewirtschafter drei Wuhnen ins Eis geschnitten, um dem für Fische gefährlich niedrigen Sauerstoffgehalt entgegen zu wirken. Die mittlere Positionsdistanz betrug im Jänner 2001 56,2 m (Abb. 68, Tab. 9). Die mittleren individuellen Positionsdistanzen der Versuchsfische erstrecken sich von 78,7 m bei Karpfen 320 über 62,1 m bei Karpfen 460, 52,5 m bei Karpfen 360, 48,4 m bei Karpfen 400, bis 41,7 m bei Karpfen 420 (Tab. 9).

Mit 1. Februar 2001 kam in der Einfahrt zur Fischgrube (etwa bei Messpunkt 10) ein Belüfter zum Einsatz, der große Teile am Damm eisfrei hielt. Dieser Belüfter, der für eine Umwälzung des Wassers sorgte, dürfte auch zum Ansteigen des Sauerstoffgehaltes auf 6,2 mg/l und zum Absinken der mittleren Wassertemperatur auf 0,4 °C Anfang Februar 2001 geführt haben. Ende Februar 2001 betrug die mittlere Wassertemperatur 2,6 °C und der Sauerstoffgehalt 10,7 mg/l. Die Wuhnen wurden nicht weiter eisfrei gehalten. Im Februar 2001 waren die Aufenthaltsbereiche der Versuchsfische uneinheitlich. Anfang Februar 2001 wechselten sie aus dem östlich der Messpunkte 4/14 gelegenen Bereich in jenen westlich der Messpunkte 4/14 bis in den Bereich des Zulaufes, um gegen Ende des Monats wiederum zu wechseln (Abb. 67). Die mittlere Positionsdistanz im Februar 2001 betrug 56,2 m (Abb. 68, Tab. 9). Die individuellen mittleren Positionsdistanzen der besenderten Karpfen lagen zwischen 71,9 m bei Karpfen 400, 63,3 m bei Karpfen 460, 56,5 m bei Karpfen 420, 53,3 m bei Karpfen 360 und 35,7 m bei Karpfen 320 (Tab. 9).

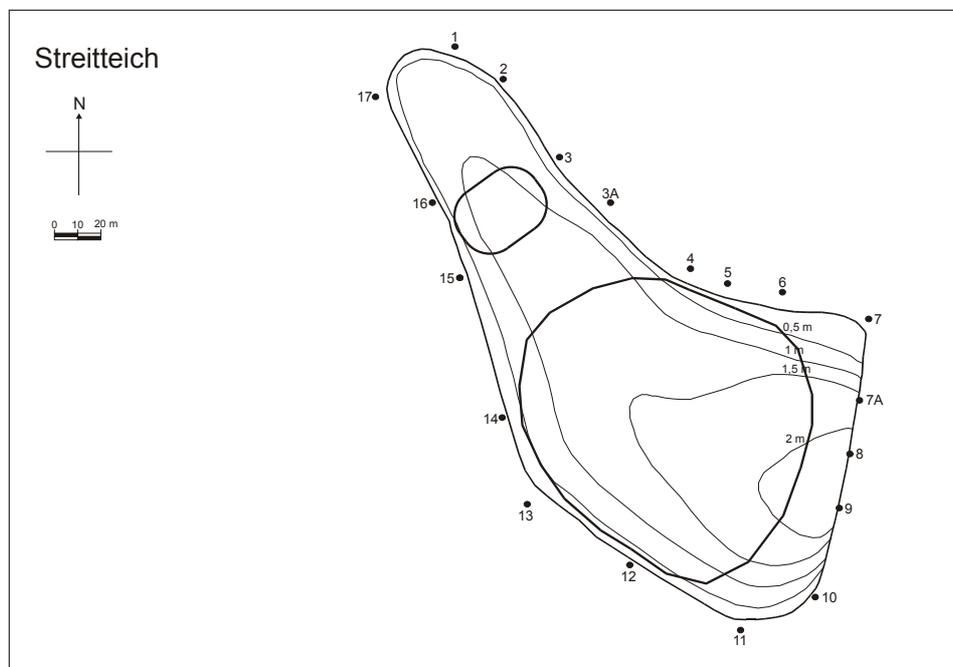


Abb. 64: Aufenthaltsbereiche der besenderten Karpfen im Streitteich im November 2000

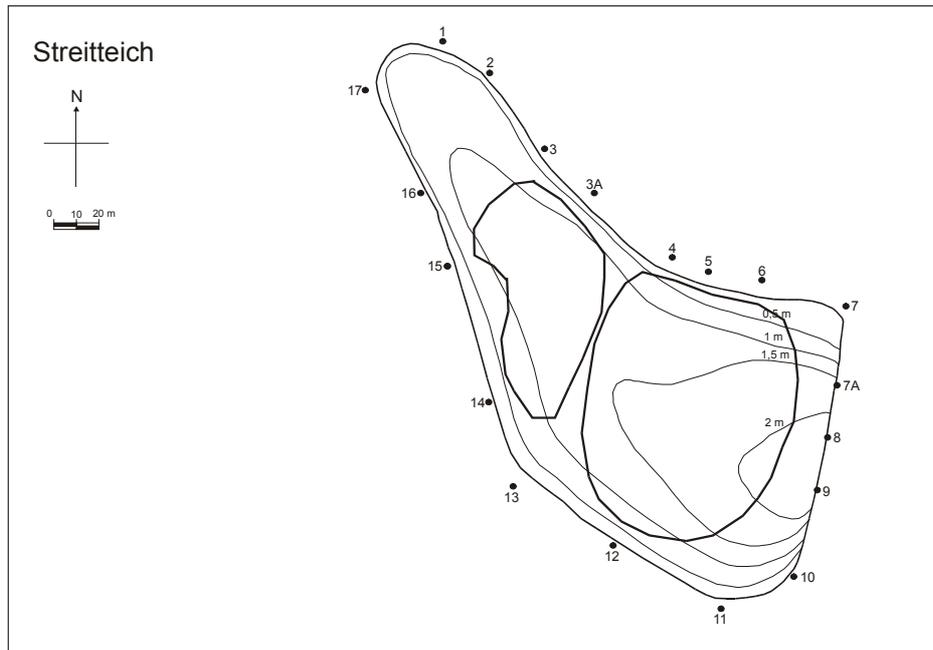


Abb. 65: Aufenthaltsbereiche der besenderten Karpfen im Streitteich im Dezember 2000

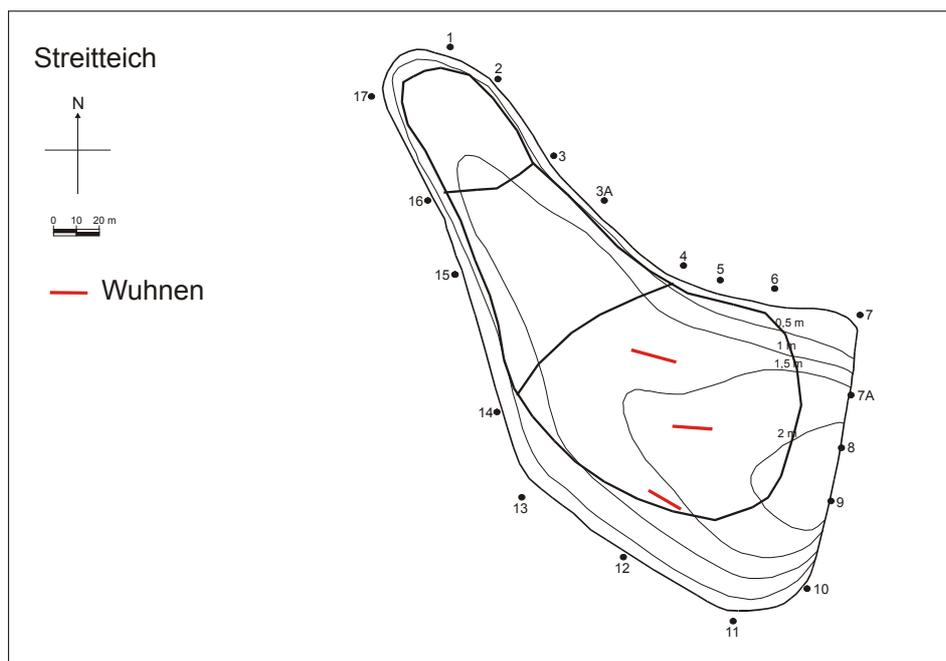


Abb. 66: Aufenthaltsbereiche der besenderten Karpfen im Streitteich im Jänner 2001

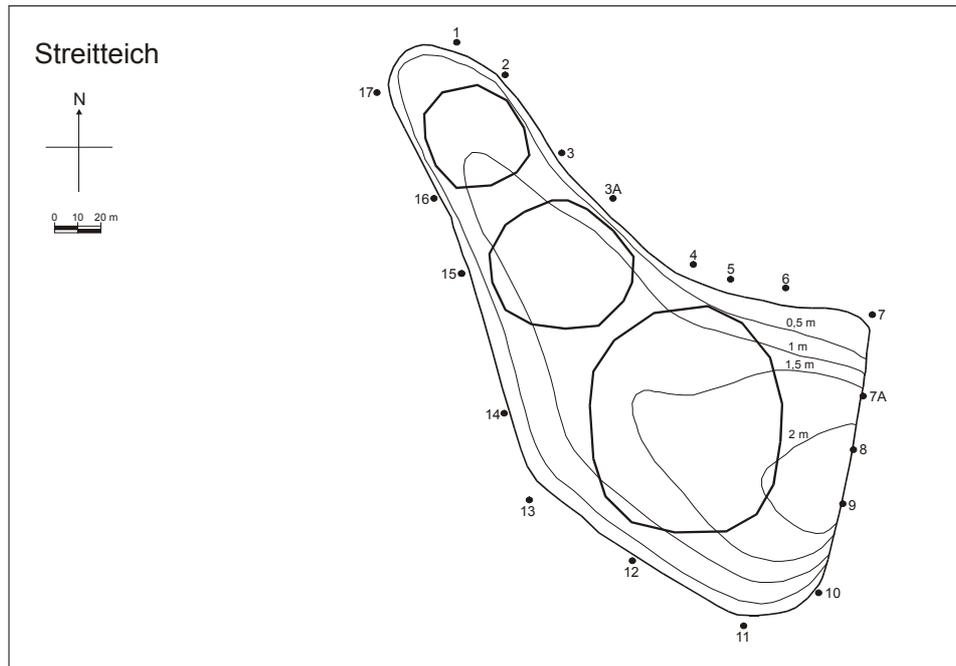


Abb. 67: Aufenthaltsbereiche der besenderten Karpfen im Streitteich im Februar 2001

Vergleicht man die mittleren Positionsdistanzen der einzelne Monate so ergibt sich, dass im Jänner und Februar 2001, mit jeweils 56,2 m, die größten mittleren Positionsdistanzen zu beobachten waren (Tab. 9). Beide Monate unterschieden sich von November und Dezember 2000 vorrangig aufgrund der größeren Variationsbreite der Positionsdistanzen (Abb. 68). Diese war im Jänner 2001 durch eine Reihe von Ausreißern bedingt. Verantwortlich für die größeren Positionsdistanzen im Jänner und Februar 2001 könnte, wie im Winter 1999/2000, ein fortschreitender Sauerstoffmangel gewesen sein. Wobei dieser erst im Laufe des Jänners 2000 auftrat und nicht wie im Vorjahr bereits Anfang Jänner. Ein signifikant negativer Zusammenhang zwischen den Positionsdistanzen und dem Sauerstoffgehalt konnte jedenfalls nachgewiesen werden (lineare Regression  $r^2 = 0,2081$ ,  $p = 0,0005$ ) (Abb. 69). Zwischen den Positionsdistanzen und der Wassertemperatur konnte kein signifikanter Zusammenhang nachgewiesen werden (lineare Regression,  $r^2 = 0,0431$ ,  $p = 0,1281$ ). Weiters konnte kein signifikanter Unterschied in den Positionsdistanzen zwischen zwei Positionsbestimmungen an einem Tag bzw. an zwei aufeinander folgenden Tagen festgestellt werden (Wilcoxon – Wilcox – Test,  $p = 0,0544$ ). Die Positionspolygone der einzelnen besenderten Karpfen finden sich in Abschnitt 7, Anhang B.

Tab. 9: Mittlere Positionsdistanzen zwischen aufeinander folgende Peilungen im Streitteich, Winter 2000/2001. In Klammer die Anzahl der Fälle und bei den Mittelwerten zusätzlich die Standardabweichung

|                 | Karpfen<br>320   | Karpfen<br>360   | Karpfen<br>400   | Karpfen<br>420   | Karpfen<br>460   | Mittel-<br>werte         |
|-----------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|--------------------------|
| <b>November</b> | 37,6 m<br>(n=13) | 37,7 m<br>(n=16) | 65,3 m<br>(n=13) | 51,6 m<br>(n=14) | 23,5 m<br>(n=13) | 43,0 m<br>(n=69, s=27,8) |
| <b>Dezember</b> | 38,2 m<br>(n=13) | 46,9 m<br>(n=12) | 48,5 m<br>(n=14) | 45,8 m<br>(n=15) | 33,0 m<br>(n=13) | 42,6 m<br>(n=67, s=24,5) |
| <b>Jänner</b>   | 78,7 m<br>(n=17) | 52,5 m<br>(n=18) | 48,4 m<br>(n=19) | 41,7 m<br>(n=19) | 62,1 m<br>(n=18) | 56,2 m<br>(n=91, s=46,8) |
| <b>Februar</b>  | 35,7 m<br>(n=12) | 53,3 m<br>(n=14) | 71,9 m<br>(n=12) | 56,5 m<br>(n=12) | 63,3 m<br>(n=13) | 56,2 m<br>(n=63, s=47,7) |

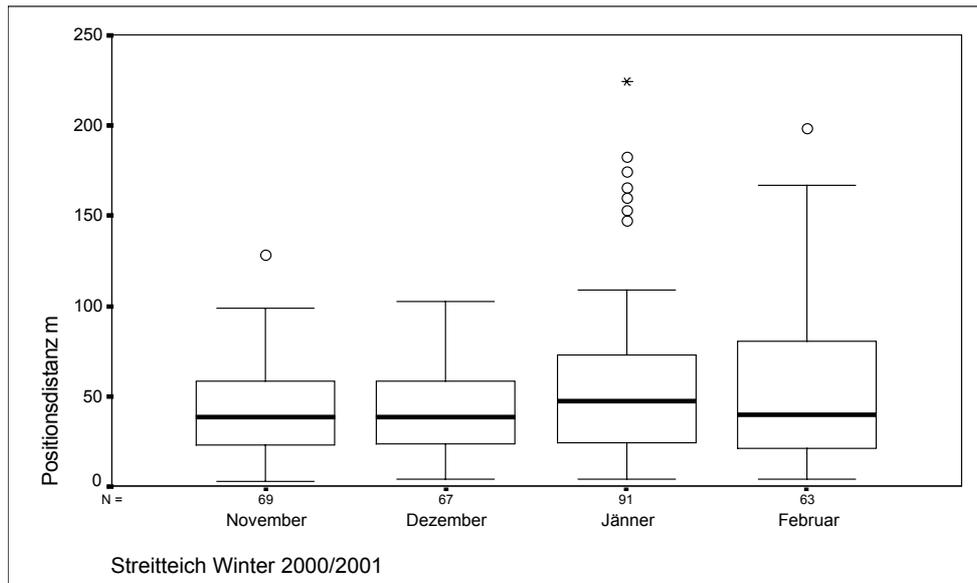


Abb. 68: Box-Whisker-Plot der Positionsdistanzen der besenderten Karpfen im Streitteich im Winter 2000/2001, ° Ausreißer, \* Extremwerte

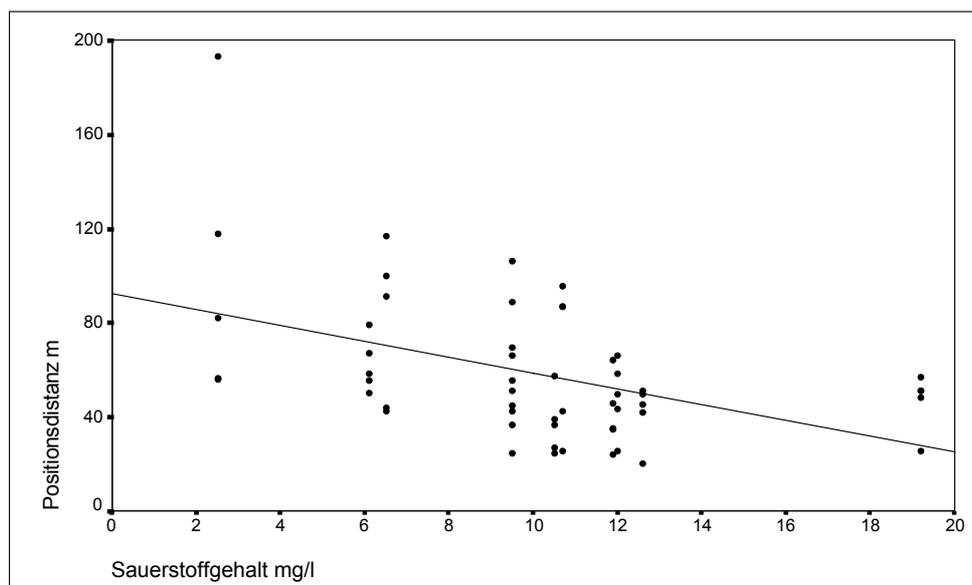


Abb. 69: Die Positionsdistanzen [m] aufgetragen gegen den Sauerstoffgehalt [mg/l] im Winter 2000/2001 im Streitteich,  $r^2 = 0,2081$ , lineare Regression  $p = 0,0005$

#### 3.4.2.2. Kaltenbacheich

Die Datenaufnahme begann am 7. November 2000. Von Anfang bis Ende November 2000 nahm die mittlere Wassertemperatur von 7,7 auf 5,2 °C ab. Der Sauerstoffgehalt in 2 m Tiefe schwankte zwischen 10,0 und 11,1 mg/l. Am 23. November 2000 konnten an den beiden Futterstellen am Damm neben der Beobachtung einer großen Anzahl von Karpfen, auch vier der fünf besenderten Karpfen eindeutig nachgewiesen werden (Abb. 70). Die Wassertemperatur betrug 5,6 °C. Karpfen 480 blieb während der Positionsbestimmung den Futterstellen fern. Bis 27. November 2000 waren im Kaltenbacheich immer wieder Karpfen einzeln oder in Gruppen an der Wasseroberfläche zu beobachten. Es gelang, am 27. November 2000 bei den Futterstellen am Damm mit dem Wurfnetz Karpfen zu fangen.

Die Wassertemperatur betrug 5,8 °C. Das klare Wasser des Kaltenbacheiches machte es möglich, an einer Futterstelle eine große Anzahl von Karpfen zu beobachten. Drei Fische wurden auf ihren Darminhalt untersucht. Der Verdauungstrakt aller drei Karpfen war zur Hälfte mit Chironomidenlarven und Copepoden gefüllt. Bei zwei Fischen kam im vordersten Darmabschnitt Fertigfutter hinzu, welches an den Futterstellen angeboten wurde. Der Aufenthaltsbereich der besenderten Karpfen im November 2000 umfasste den gesamten Teich, vom Damm im Westen bis in den unmittelbaren Zuflussbereich im Osten (Abb. 70). Die mittlere Positionsdistanz betrug im November 2000 67,9 m (Abb. 74, Tab. 10). Damit war der November 2000 der Monat mit den größten mittleren Positionsdistanzen im Kaltenbacheich im Winter 2000/2001. Die individuellen mittleren Positionsdistanzen der Versuchsfische betragen 75,5 m bei Karpfen 520, gefolgt von 73,5 m bei Karpfen 500, 70,0 m bei Karpfen 440, 63,6 m bei Karpfen 380 und 55,7 m bei Karpfen 480 (Tab. 10).

Im Laufe des Dezembers 2000 nahm die mittlere Wassertemperatur von 4,0 auf 2,7 °C ab. Der Sauerstoffgehalt schwankte zwischen 10,8 und 11,0 mg/l. Am 13. Dezember 2000 konnten bei einer Futterstelle mit dem Wurfnetz Karpfen gefangen werden. Die Wassertemperatur betrug 4,0 °C. Der Darm zweier untersuchter Fische enthielt außer Fertigfutter keine weiteren Nahrungsreste. Die Vereisung des Kaltenbacheiches setzte um den 18. Dezember 2000 ein. Die Aufenthaltsbereiche der besenderten Karpfen befanden sich großteils westlich der Messpunkte 5/17. Nur dreimal wurden die Positionen der Versuchsfische östlich der Messpunkte 5/17 festgestellt (Abb. 71). Die mittlere Positionsdistanz betrug im Dezember 2000 31,3 m und lag damit deutlich unter jener des Novembers 2000 (Abb. 74, Tab. 10). Die individuellen mittleren Positionsdistanzen der Versuchsfische reichten von 35,4 m bei Karpfen 440, über 34,5 m bei Karpfen 480, 30,7 m bei Karpfen 520, 29,0 m bei Karpfen 500, bis 27,0 m bei Karpfen 380 (Tab. 10).

Im Jänner 2001 schwankte die mittlere Wassertemperatur zwischen 3,2 und 3,0 °C. Der Sauerstoffgehalt in 2 m Tiefe nahm im Laufe des Jänners 2001 von 9,8 auf 6,1 mg/l ab. Der Aufenthaltsbereich der besenderten Karpfen befand sich, wie schon im Dezember 2000, westlich der Messpunkte 5/17. Im Gegensatz zum Dezember 2000 konnten im Jänner 2001 keine Versuchsfische außerhalb dieses Bereiches festgestellt werden (Abb. 72). Die mittlere Positionsdistanz im Jänner 2001 betrug 27,8 m und war damit die geringste im Kaltenbacheich im Winter 2000/2001 (Abb. 74, Tab. 10). Die individuellen mittleren Positionsdistanzen der Versuchsfische betragen 31,0 m bei Karpfen 500, 28,3 m bei Karpfen 520, 27,5 m bei Karpfen 380, 26,3 m bei Karpfen 480 und 26,1 m bei Karpfen 440 (Tab. 10).

Im Laufe des Februar 2001 stieg die mittlere Wassertemperatur auf 4,1 °C. Der Sauerstoffgehalt in 2 m Tiefe stieg auf 7,6 mg/l. Im Februar 2001 erstreckte sich der Aufenthaltsbereich der Versuchsfische auf ein Gebiet zwischen den Messpunkten 3/19 und 9/15 (Abb. 73). Die mittlere Positionsdistanz betrug im Februar 2001 30,6 m (Abb. 74, Tab. 10). Die individuellen mittleren Positionsdistanzen der besenderten Karpfen reichten von 36,9 m bei Karpfen 380, über 31,2 m bei Karpfen 440, 31,1 m bei Karpfen 480, 27,9 m bei Karpfen 500, bis zu 26,1 m bei Karpfen 520 (Tab. 10).

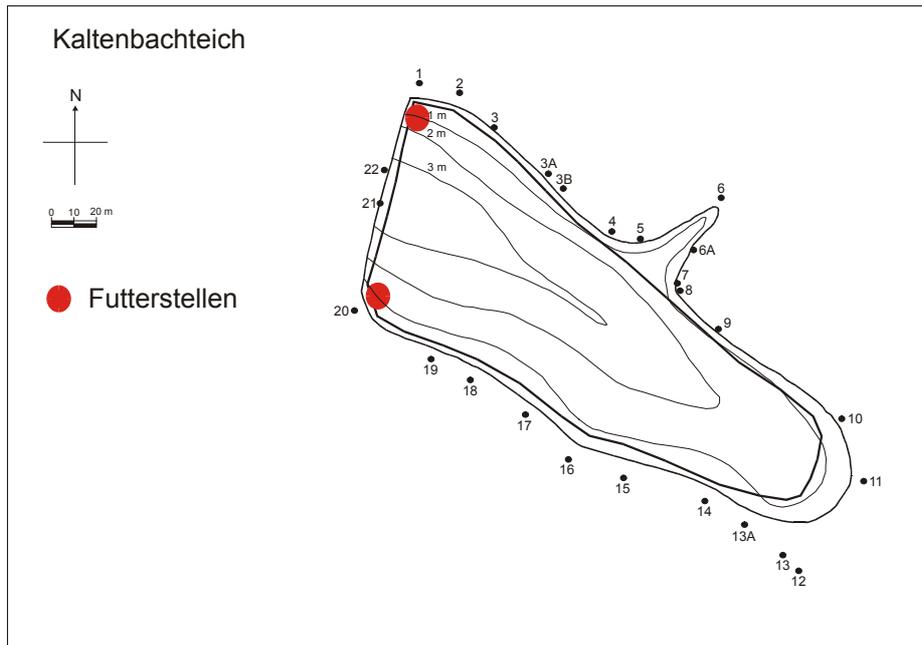


Abb. 70: Aufenthaltsbereich der besenderten Karpfen im Kaltenbachteich im November 2000

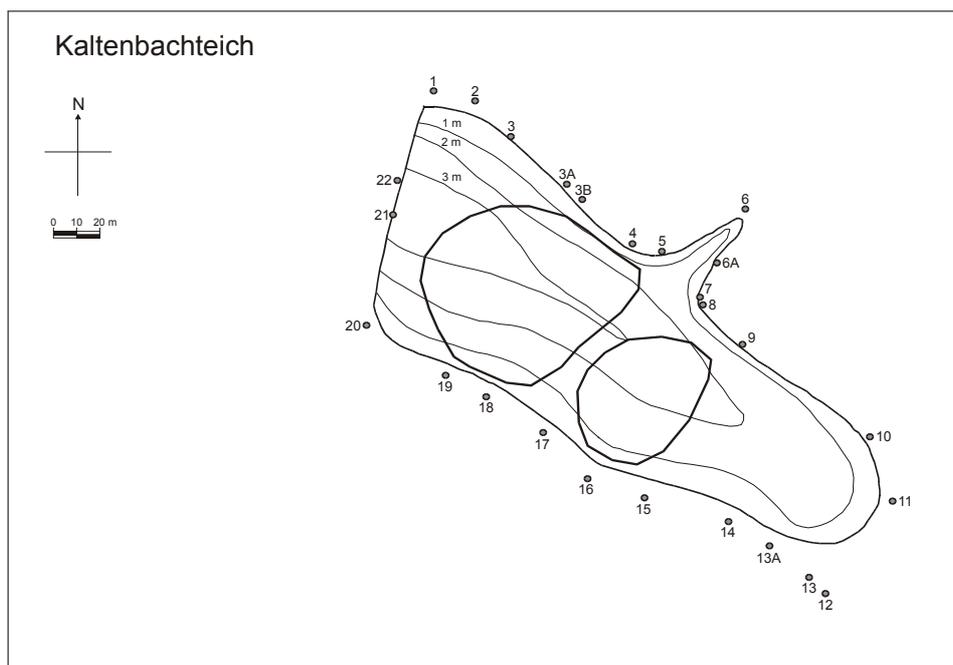


Abb. 71: Aufenthaltsbereiche der besenderten Karpfen im Kaltenbachteich im Dezember 2000

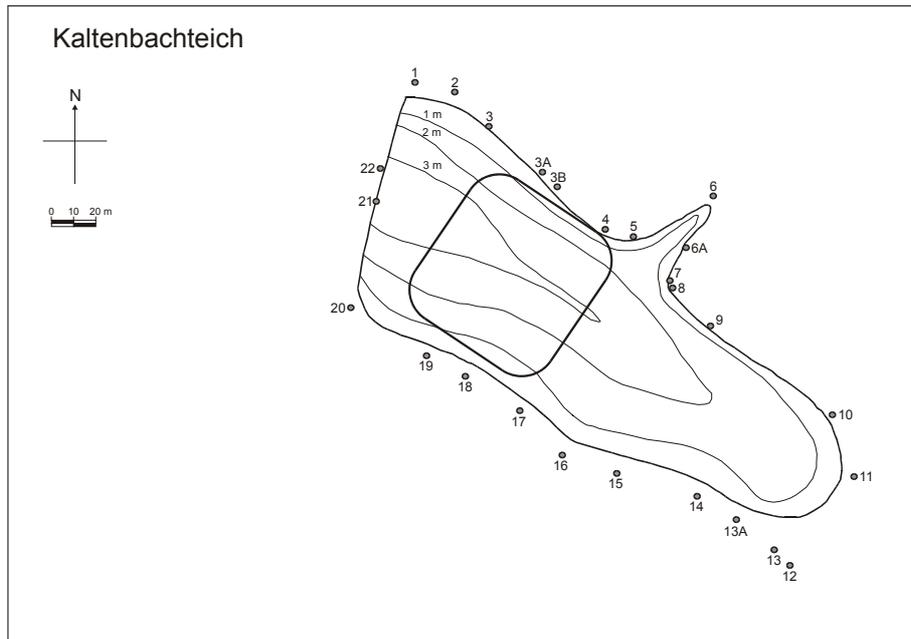


Abb. 72: Aufenthaltsbereich der besenderten Karpfen im Kaltenbachteich im Jänner 2001

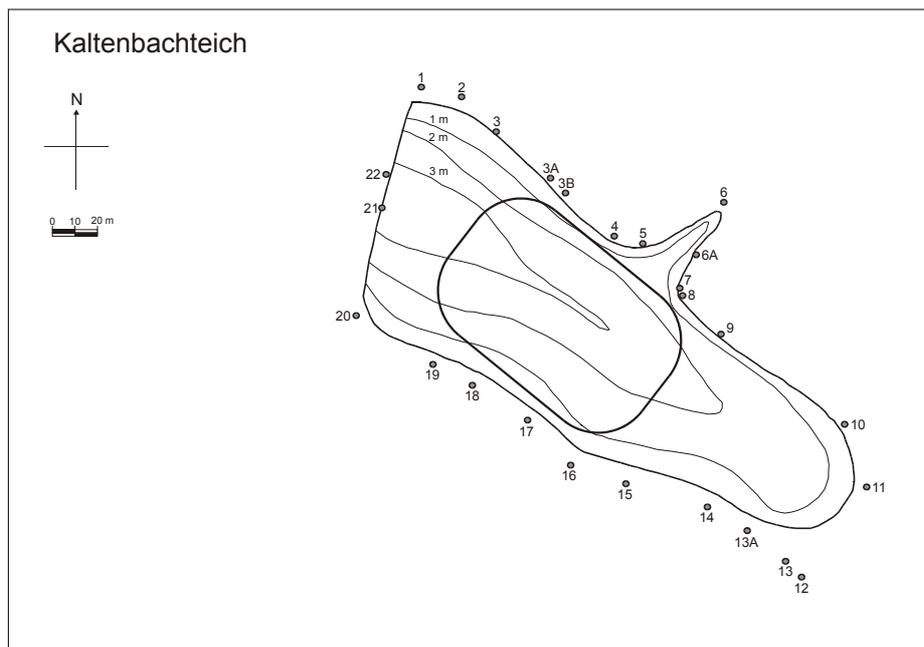


Abb. 73: Aufenthaltsbereich der besenderten Karpfen im Kaltenbachteich im Februar 2001

Vergleicht man die mittleren Positionsdistanzen der Monate November 2000 bis Februar 2001 so zeigt sich, dass die größte Positionsdistanz mit 67,9 m im November 2000 zu beobachten war. Die Monate Dezember 2000 bis Februar 2001 zeigten mit 31,3 m, 27,8 m und 30,6 m gleichmäßigere Positionsdistanzen und waren sich auch bezüglich ihrer Variationsbreite ähnlich (Abb. 74, Tab. 10). Die große mittlere Positionsdistanz im November 2000 könnte auf die relativ hohen Wassertemperaturen zurückgeführt werden. Zwischen den Positionsdistanzen und dem Sauerstoffgehalt sowie den Positionsdistanzen und der Wassertemperatur konnte ein signifikant positiver Zusammenhang festgestellt

werden (lineare Regression  $r^2 = 0,1032$ ,  $p = 0,0260$  bzw.  $r^2 = 0,3076$ ,  $p = 0,0000$ ) (Abb. 75). Höhere Wassertemperaturen ziehen höhere Aktivitäten der Fische nach sich. Der positive Zusammenhang von Positionsdistanzen und Sauerstoffgehalt lässt sich schwieriger begründen und muss wohl dahingehend interpretiert werden, dass der Zusammenhang auf der Tatsache beruht, dass Sauerstoffgehalt und Wassertemperatur signifikant positiv korrelieren (Pearson  $r = 0,4485$ ,  $p = 0,001$ ). Kein signifikanter Unterschied in den Positionsdistanzen zwischen zwei Positionsbestimmungen an einem Tag bzw. an zwei aufeinander folgenden Tagen konnte festgestellt werden (Wilcoxon – Wilcox – Test,  $p = 0,2054$ ). Die Positionspolygone der einzelnen besenderten Karpfen finden sich in Abschnitt 7, Anhang B.

Tab. 10: Mittlere Positionsdistanzen zwischen aufeinander folgende Peilungen im Kaltenbacheich, Winter 2000/2001. In Klammer die Anzahl der Fälle und bei den Mittelwerten zusätzlich die Standardabweichung

|                 | <b>Karpfen<br/>380</b> | <b>Karpfen<br/>440</b> | <b>Karpfen<br/>480</b> | <b>Karpfen<br/>500</b> | <b>Karpfen<br/>520</b> | <b>Mittel-<br/>werte</b> |
|-----------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|--------------------------|
| <b>November</b> | 65,6 m<br>(n=15)       | 70,0 m<br>(n=13)       | 55,7 m<br>(n=15)       | 73,5 m<br>(n=16)       | 75,5 m<br>(n=13)       | 67,9 m<br>(n=72, s=45,1) |
| <b>Dezember</b> | 27,0 m<br>(n=13)       | 35,4 m<br>(n=13)       | 34,5 m<br>(n=13)       | 29,0 m<br>(n=14)       | 30,7 m<br>(n=14)       | 31,3 m<br>(n=67, s=21,5) |
| <b>Jänner</b>   | 27,5 m<br>(n=16)       | 26,1 m<br>(n=17)       | 26,3 m<br>(n=14)       | 31,0 m<br>(n=14)       | 28,3 m<br>(n=15)       | 27,8 m<br>(n=76, s=13,0) |
| <b>Februar</b>  | 36,9 m<br>(n=12)       | 31,2 m<br>(n=12)       | 31,1 m<br>(n=13)       | 27,9 m<br>(n=13)       | 26,1 m<br>(n=12)       | 30,6 m<br>(n=62, s=16,2) |

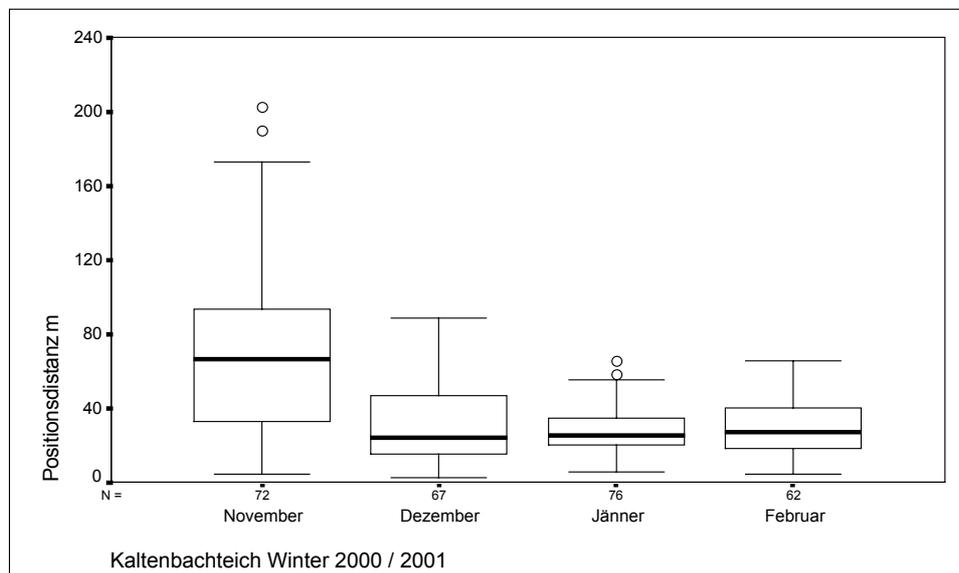


Abb. 74: Box-Whisker-Plot der Positionsdistanzen der besenderten Karpfen im Kaltenbacheich im Winter 2000/2001, ° Ausreißer

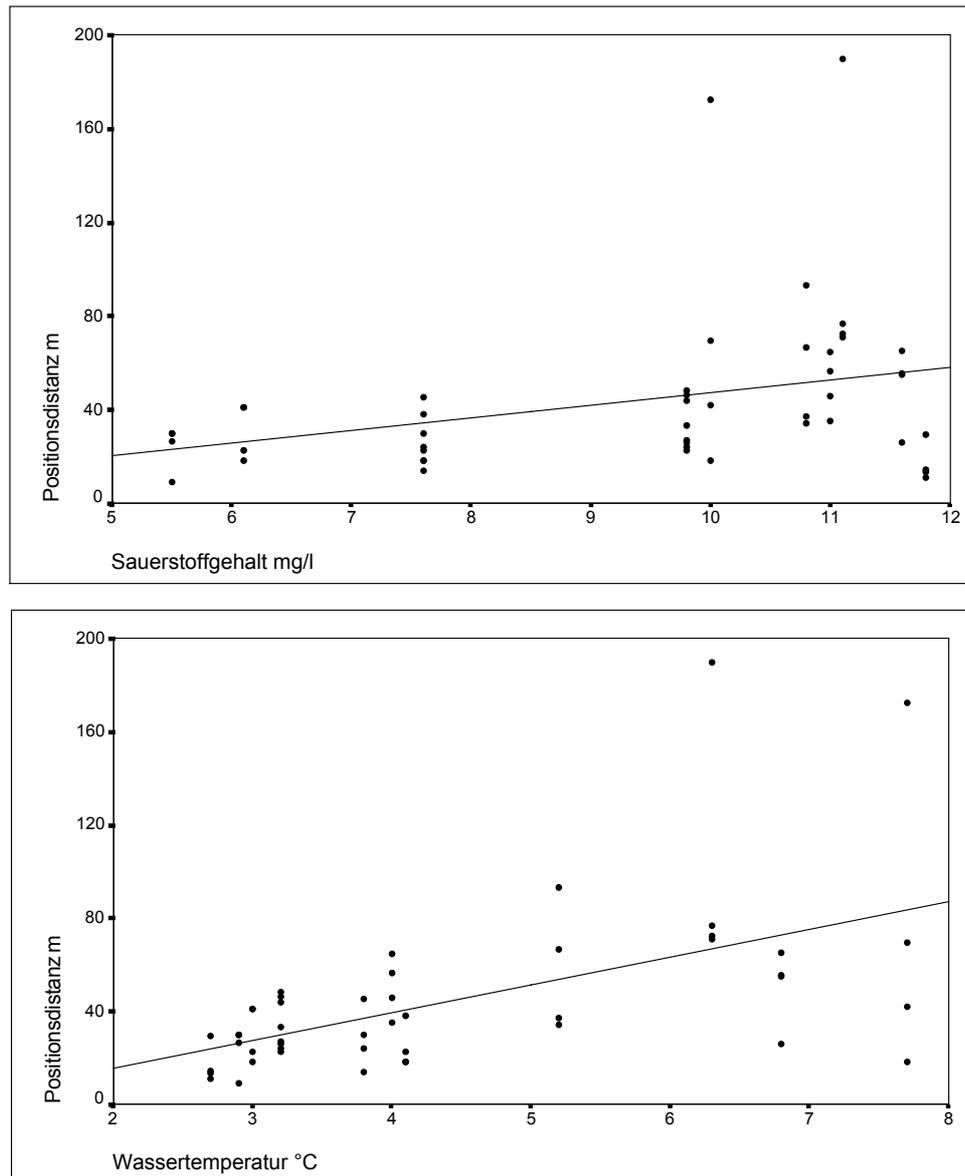


Abb. 75: Oben: Die Positionsanzahlen [m] aufgetragen gegen den Sauerstoffgehalt [mg/l] im Winter 2000/2001 im Kaltenbacheiteich,  $r^2 = 0,1032$ , lineare Regression  $p = 0,0260$ . Unten: Die Positionsanzahlen [m] aufgetragen gegen die Wassertemperatur [°C] im Winter 2000/2001 im Kaltenbacheiteich,  $r^2 = 0,3076$ , lineare Regression  $p = 0,0000$

### 3.4.2.3. Vergleich von Streitteich und Kaltenbacheiteich

Im Winter 2000/2001 wies der Kaltenbacheiteich gegenüber dem Streitteich die signifikant geringeren Positionsanzahlen auf (Mann – Whitney U – Test,  $p = 0,0006$ ). Vergleicht man die mittleren Positionsanzahlen zwischen Streitteich und Kaltenbacheiteich in den einzelnen Monaten November 2000, Dezember 2000, Jänner 2001 und Februar 2001, so zeigt sich, dass die Unterschiede zwischen den Teichen in jedem Monat signifikant sind (t-Test). Der November 2000 war der einzige Monat im Winter 2000/2001, in dem der Kaltenbacheiteich die signifikant größere mittlere Positionsanzahl aufwies ( $p = 0,001$ ). Im Dezember 2000 ( $p = 0,005$ ), Jänner 2001 ( $p = 0,000$ ) und Februar 2001 ( $p = 0,000$ ) wies der Streitteich die größeren Positionsanzahlen auf (Abb. 76, Tab. 11).

Tab. 11: Mittlere Positionsdistanzen zwischen aufeinander folgende Peilungen im Winter 2000/2001. In Klammer die Anzahl der Fälle und die Standardabweichung

|                      | <b>Streitteich</b>    | <b>Kaltenbachteich</b> |
|----------------------|-----------------------|------------------------|
| <b>November 2000</b> | 43,0 m (n=69, s=27,8) | 67,9 m (n=72, s=45,1)  |
| <b>Dezember 2000</b> | 42,6 m (n=67, s=24,5) | 31,3 m (n=67, s=21,5)  |
| <b>Jänner 2001</b>   | 56,2 m (n=91, s=46,8) | 27,8 m (n=76, s=13,0)  |
| <b>Februar 2001</b>  | 56,2 m (n=63, s=47,7) | 30,6 m (n=62, s=16,2)  |

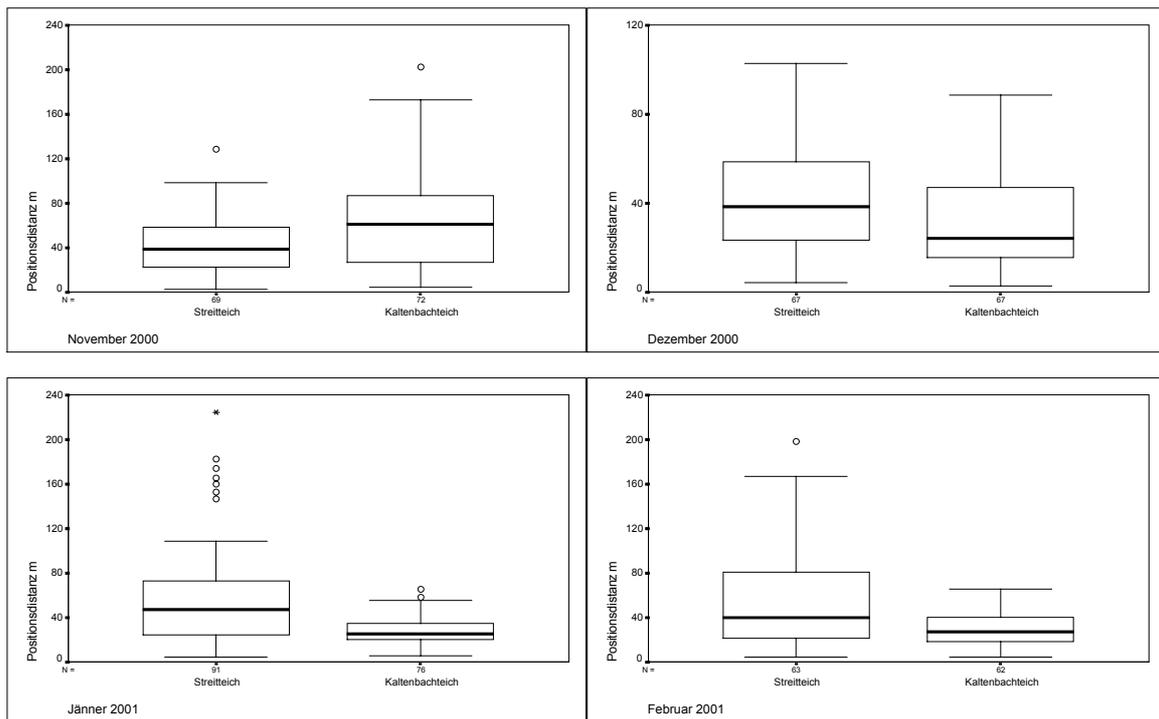


Abb. 76: Box-Whisker-Plots der mittleren Positionsdistanzen der besenderten Karpfen im Winter 2000/2001 im Streitteich und Kaltenbachteich, ° Ausreißer, \* Extremwerte

### 3.4.3. Winter 2001/2002

#### 3.4.3.1. Streitteich

Bis Ende November 2001 fiel die mittlere Wassertemperatur von 6,2 °C auf 3,0 °C. Der Sauerstoffgehalt in 2 m Tiefe schwankte zwischen 5,3 und 10,4 mg/l. Bis zum 12. November 2001 waren im Streitteich immer wieder Karpfen einzeln oder in Gruppen an der Wasseroberfläche zu beobachten. Um den 15. November 2001 trat eine vollständige Vereisung des Streitteiches ein. Die Datenaufnahme begann am 6. November 2001. Die besenderten Karpfen hielten sich im November 2001 östlich der Messpunkte 4/14 auf (Abb. 77). Die mittlere Positionsdistanz im November 2001 betrug 41,4 m (Abb. 81, Tab. 12). Die individuellen mittleren Positionsdistanzen der Versuchsfische variierten von 45,4 m bei Karpfen 700 über 37,6 m bei Karpfen 680 und 37,4 m bei Karpfen 660 bis 32,1 m bei Karpfen 640 (Tab. 12). Bei Karpfen 640, 660 und 680 war der November 2001 der Monat mit den geringsten mittleren Positionsdistanzen.

Im Dezember 2001 schwankte die mittlere Wassertemperatur zwischen 0,9 und 2,5 °C. Der Sauerstoffgehalt in 2 m Tiefe nahm von 8,7 auf 4,2 mg/l ab. Der Aufenthaltsbereich der besenderten Karpfen befand sich mit einer Ausnahme östlich der Messpunkte 3A/15. Die Position von Karpfen 680 konnte mehrmals westlich dieser beiden Messpunkte bestimmt werden (Abb. 78). Die mittlere Positionsdistanz betrug im Dezember 2001 40,3 m. Diese war damit die geringste für den Streitteich im Winter 2001/2002 (Abb. 81, Tab. 12). Die individuellen mittleren Positionsdistanzen der Karpfen variierten geringfügig zwischen 42,2 m bei Karpfen 660, 41,0 m bei Karpfen 700, 39,3 m bei Karpfen 680 und 38,9 m bei Karpfen 640 (Tab. 12). Für Karpfen 700 war der Dezember 2001 mit 41,0 m der Monat mit der geringsten mittleren Positionsdistanz.

Die mittlere Wassertemperatur schwankte im Jänner zwischen 1,3 und 2,1 °C. Der Sauerstoffgehalt in 2 m Tiefe nahm von 4,0 mg/l auf 1,5 mg/l ab. Dieser Wert wurde am 28. Jänner gemessen. Schon am 31. Jänner war der Sauerstoffgehalt auf 2,9 mg/l gestiegen. Mitte Jänner 2002 wechselte der Aufenthaltsbereich der Versuchsfische vom östlich der Messpunkte 4/14 gelegenen Teichabschnitt in den Zulaufbereich. Dies war möglicherweise eine Reaktion auf den sinkenden Sauerstoffgehalt. Innerhalb einer Woche kehrten die besenderten Karpfen jedoch wieder in den östlichen Abschnitt zurück (Abb. 79). Von Seiten des Teichbewirtschafters wurden keine Maßnahmen bezüglich der sich anbahnenden Sauerstoffkrise unternommen. Ende Jänner 2002 setzte Tauwetter ein. Das Tauwetter sorgte für starken Zufluss, welcher wiederum den Sauerstoffgehalt im Teich erhöhte. Die mittlere Positionsdistanz betrug im Jänner 2002 55,6 m (Abb. 81, Tab. 12). Die größte individuelle mittlere Positionsdistanz wies Karpfen 680 mit 75,6 m auf, gefolgt von Karpfen 700 mit 51,6 m, Karpfen 660 mit 47,9 m und Karpfen 640 mit 46,7 m.

Die mittlere Wassertemperatur im Februar 2002 schwankte zwischen 1,8 und 5,4 °C. Der Sauerstoffgehalt in 2 m Tiefe stieg von 9,5 mg/l Anfang Februar 2002 auf 13,4 mg/l Ende Februar. Anfang Februar 2002 begann das Eis abzuschmelzen und Mitte Februar war der Streitteich eisfrei. Ab dem 14. Februar 2002 waren Karpfen an der Wasseroberfläche zu beobachten. Fangversuche an einer Futterstelle am Damm blieben allerdings erfolglos. Im Februar 2002 lag der Aufenthaltsbereich der besenderten Karpfen östlich der Messpunkte 3A/15. Karpfen 700 wurde einmal westlich der beiden Messpunkte im unmittelbaren Zuflussbereich beobachtet (Abb. 80). Die mittlere Positionsdistanz betrug im Februar 2002, wie im Jänner 2002, 55,6 m (Abb. 81, Tab. 12). Die individuellen mittleren

Positionsabstände der Versuchsfische lagen zwischen 63,0 m bei Karpfen 700, 55,6 m bei Karpfen 640, 54,0 m bei Karpfen 660 und 49,0 m bei Karpfen 680 (Tab. 12). Auffallend war bei einigen Positionsbestimmungen, dass sich besenderte Karpfen in den flachen, verkrauteten Uferbereichen zwischen den Messpunkten 14 und 15 aufhielten und bei Annäherung flüchteten.

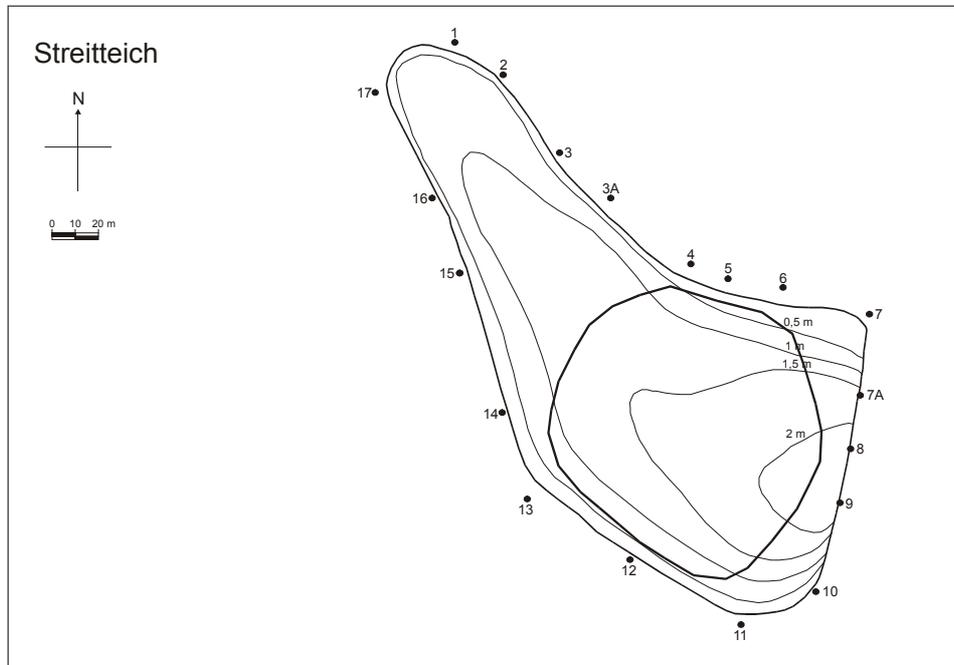


Abb. 77: Aufenthaltsbereich der besenderten Karpfen im Streitteich im November 2001

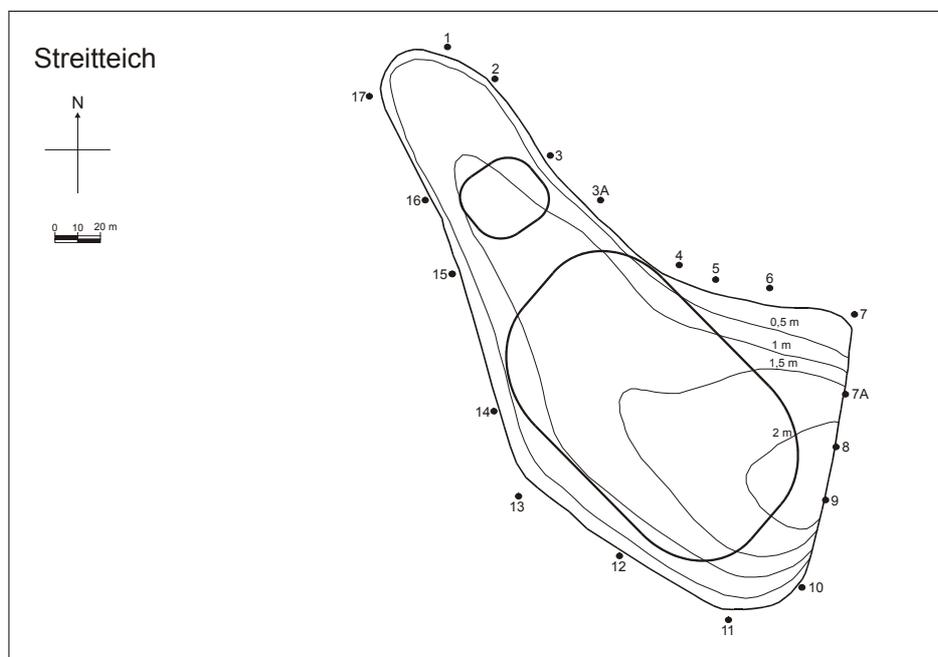


Abb. 78: Aufenthaltsbereiche der besenderten Karpfen im Streitteich im Dezember 2001

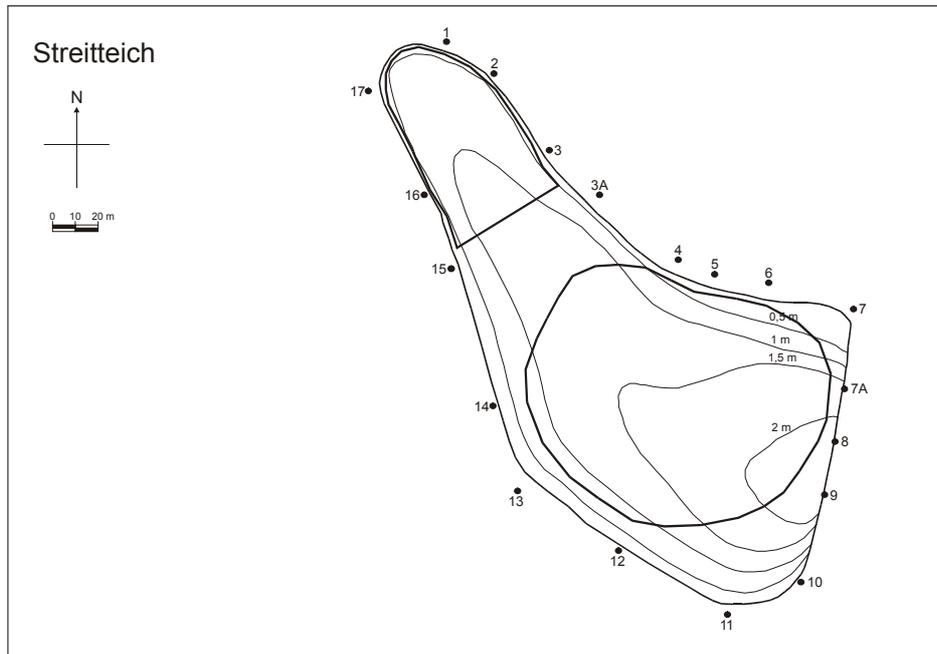


Abb. 79: Aufenthaltsbereiche der besenderten Karpfen im Streitteich im Jänner 2002

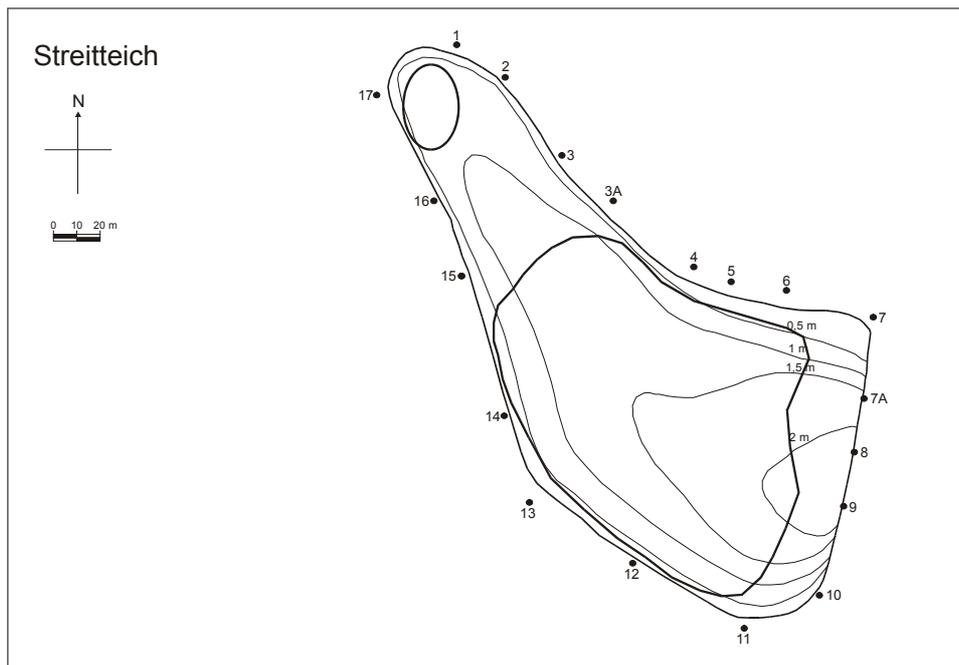


Abb. 80: Aufenthaltsbereiche der besenderten Karpfen im Streitteich im Februar 2002

Vergleicht man die mittleren Positionsdistanzen und die Variationsbreite der Positionsdistanzen der Monate November 2001 bis Februar 2002 so ergibt sich, dass sich alle Monate sehr ähnlich waren (Abb. 81, Tab. 12). Lediglich der Jänner 2002 wies einige Extremwerte und Ausreißer auf (Abb. 81). Signifikante Zusammenhänge zwischen Positionsdistanzen und Sauerstoffgehalt bzw. Positionsdistanzen und Wassertemperatur konnten nicht festgestellt werden (lineare Regression,  $r^2 = 0,0128$ ,  $p = 0,3739$  bzw.  $r^2 = 0,0099$ ,  $p = 0,4351$ ). Die sich anbahnende Sauerstoffkrise im Jänner 2002 wurde durch das einsetzende Tauwetter rechtzeitig gebannt und der Zug der besenderten Karpfen im

Jänner 2002, gekennzeichnet durch die Ausreißer und Extremwerte, zum Zufluss war möglicherweise aus diesem Grund zu kurz um ins Gewicht zu fallen. Die Positionsdistanzen zwischen zwei aufeinander folgenden Tagen waren signifikant größer als innerhalb eines Tages (Wilcoxon – Wilcox – Test,  $p = 0,0011$ ). Das bedeutet, dass die ermittelten Positionsdistanzen zwischen zwei Positionsbestimmungen am selben Tag kleiner waren als zwischen zwei Positionsbestimmungen an aufeinander folgenden Tagen. Die Positionspolygone der einzelnen besenderten Karpfen finden sich in Abschnitt 7, Anhang B.

Tab. 12: Mittlere Positionsdistanzen zwischen aufeinander folgende Peilungen im Streitteich, Winter 2001/2002. In Klammer die Anzahl der Fälle und bei den Mittelwerten zusätzlich die Standardabweichung

|                 | <b>Karpfen<br/>640</b> | <b>Karpfen<br/>660</b> | <b>Karpfen<br/>680</b> | <b>Karpfen<br/>700</b> | <b>Mittel-<br/>werte</b> |
|-----------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|--------------------------|
| <b>November</b> | 32,1 m<br>(n=13)       | 37,4 m<br>(n=14)       | 37,6 m<br>(n=13)       | 45,4 m<br>(n=13)       | 41,5 m<br>(n=53, s=17,6) |
| <b>Dezember</b> | 38,9 m<br>(n=15)       | 42,2 m<br>(n=15)       | 39,3 m<br>(n=17)       | 41,0 m<br>(n=15)       | 40,3 m<br>(n=62, s=29,5) |
| <b>Jänner</b>   | 46,7 m<br>(n=16)       | 47,9 m<br>(n=15)       | 75,6 m<br>(n=16)       | 51,6 m<br>(n=15)       | 55,6 m<br>(n=62, s=50,8) |
| <b>Februar</b>  | 55,6 m<br>(n=13)       | 54,0 m<br>(n=12)       | 49,0 m<br>(n=12)       | 63,0 m<br>(n=13)       | 55,6 m<br>(n=49, s=36,2) |

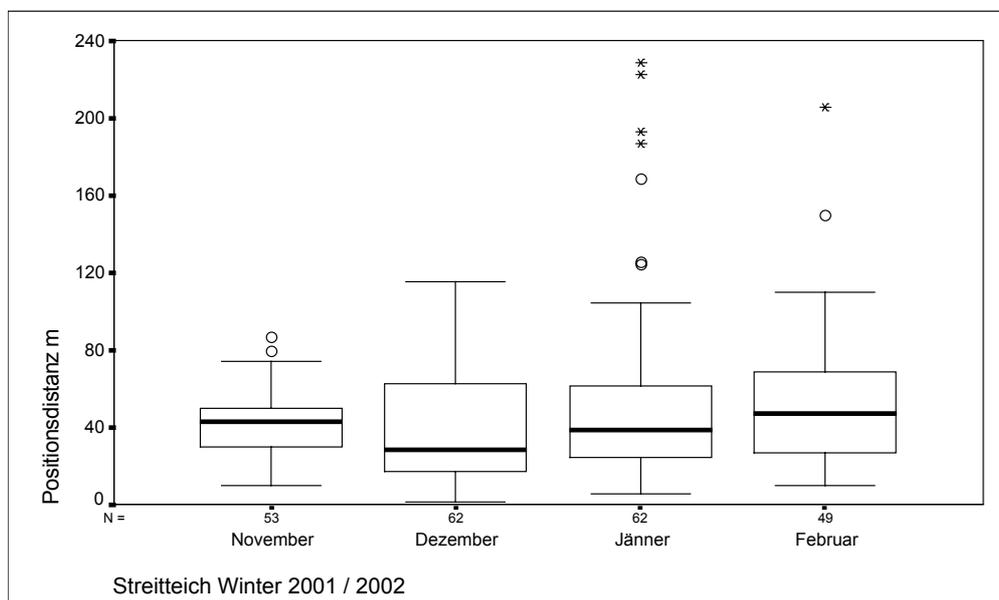


Abb. 81: Box-Whisker-Plot der Positionsdistanzen der besenderten Karpfen im Streitteich im Winter 2001/2002, ° Ausreißer, \* Extremwert

### 3.4.3.2. Kaltenbacheich

Im November 2001 fiel die mittlere Wassertemperatur von 7,4 auf 2,5 °C. Der Sauerstoffgehalt in 2 m Tiefe schwankte zwischen 9,6 und 11,0 mg/l. Bis zum 12. November 2001 waren immer wieder Karpfen einzeln oder in Gruppen an der Wasseroberfläche zu beobachten. Die Datenaufnahme begann am 6. November 2001. Um den 15. November 2001 war der Kaltenbacheich zugefroren. Die Aufenthaltsbereiche der besenderten Karpfen befanden sich im November 2001 westlich der Messpunkte 9/15 (Abb. 82). Die mittlere Positionsdistanz aller besenderten Karpfen im November 2001 betrug 43,1 m. Das war der höchste Wert im Kaltenbacheich im Winter 2001/2002 (Abb. 86, Tab. 13). Die größte individuelle mittlere Positionsdistanz zeigte Karpfen 740 mit 47,1 m, gefolgt von Karpfen 760 (46,7 m), Karpfen 800 (41,5 m) und Karpfen 720 (37,3 m).

Im Dezember schwankte die mittlere Wassertemperatur zwischen 1,3 und 2,8 °C. Der Sauerstoffgehalt in 2 m Tiefe fiel von 11,7 auf 6,6 mg/l. Die besenderten Karpfen hielten sich im Dezember 2001 westlich der Messpunkte 5/17 auf (Abb. 83). Im Dezember 2001 sank die mittlere Positionsdistanz aller Versuchsfische gegenüber dem November 2001 auf 27,6 m. Das war der niedrigste Wert im Winter 2001/2002 im Kaltenbacheich (Abb. 86, Tab. 13). Alle Karpfen wiesen geringere individuelle mittlere Positionsdistanzen auf. Karpfen 800 zeigte die größte mittlere Positionsdistanz mit 33,4 m, gefolgt von Karpfen 720 mit 30,0 m, Karpfen 740 mit 23,8 m und Karpfen 760 mit 23,1 m (Tab. 13).

Im Jänner 2002 schwankte die mittlere Wassertemperatur zwischen 1,8 und 3,6 °C. Der Sauerstoffgehalt in 2 m Tiefe fiel bis Mitte Jänner auf 4,6 mg/l, um bis Ende Jänner wieder auf 6,0 mg/l anzusteigen. Die Aufenthaltsbereiche der Versuchsfische waren zwischen den Messpunkten 3A/19 und 9/15 zu finden (Abb. 84). Im Jänner 2002 betrug die mittlere Positionsdistanz 29,7 m (Abb. 86, Tab. 13). Die Aktivität der besenderten Karpfen war ähnlich gering wie im Dezember 2001. Karpfen 720 wies eine individuelle mittlere Positionsdistanz von 31,4 m auf, gefolgt von Karpfen 760 mit 27,8 m, Karpfen 740 mit 27,2 m und Karpfen 800 mit 27,1 m (Tab. 13).

Im Februar schwankte die mittlere Wassertemperatur zwischen 2,2 und 4,7 °C. Der Sauerstoffgehalt in 2 m Tiefe stieg im Laufe des Monats auf 11,8 mg/l. Der Kaltenbacheich war ab dem 12. Februar 2002 eisfrei. Am 14. Februar wurden erstmals Karpfen an der Wasseroberfläche beobachtet. Fangversuche an einer Futterstelle am Damm verliefen jedoch erfolglos. Im Februar 2002 erstreckte sich der Aufenthaltsbereich der besenderten Karpfen auf den Teichabschnitt westlich der Messpunkte 9/15 (Abb. 85). Im Februar 2002 betrug die mittlere Positionsdistanz 38,5 m (Abb. 86, Tab. 13). Die größte individuelle mittlere Positionsdistanz wies Karpfen 800 mit 43,0 m auf, gefolgt von Karpfen 760 mit 41,9 m, Karpfen 720 mit 37,9 m und Karpfen 740 mit 31,6 m. Die erhöhten individuellen mittleren Positionsdistanzen spiegelten sich in der Verteilung der Positionspolygone wieder. Diese streuten im gesamten Bereich vom Damm im Westen bis zu den Messpunkten 9/15.

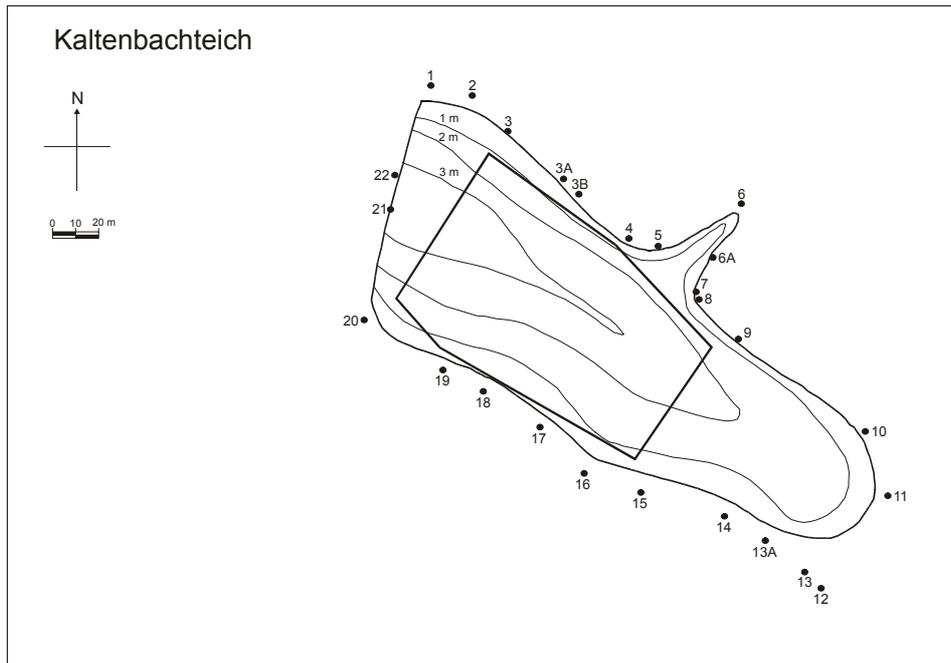


Abb. 82: Aufenthaltsbereich der besenderten Karpfen im Kaltenbacheich im November 2001

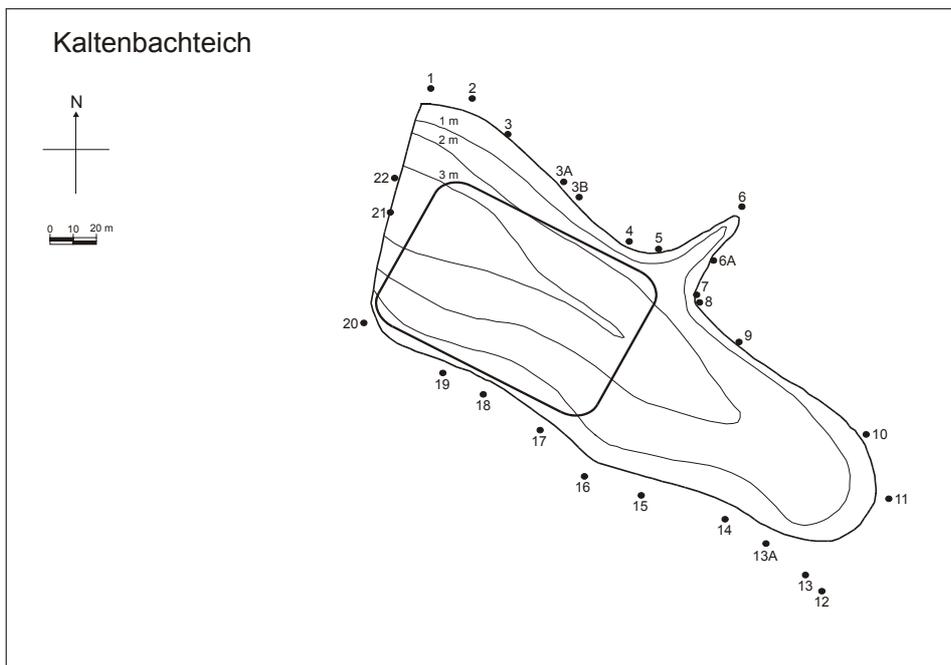


Abb. 83: Aufenthaltsbereich der besenderten Karpfen im Kaltenbacheich im Dezember 2001

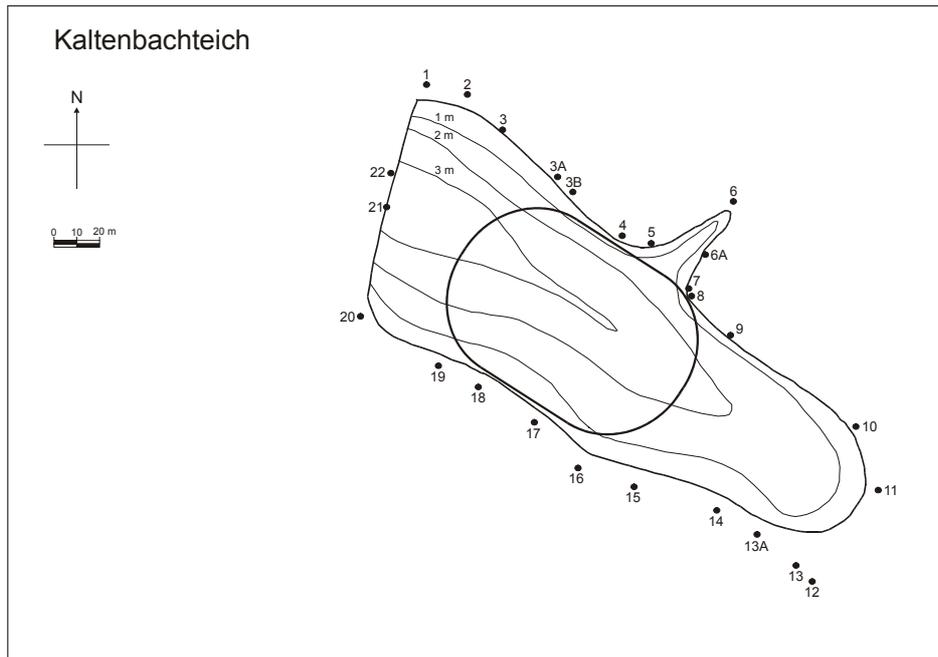


Abb. 84: Aufenthaltsbereich der besenderten Karpfen im Kaltenbacheich im Jänner 2002

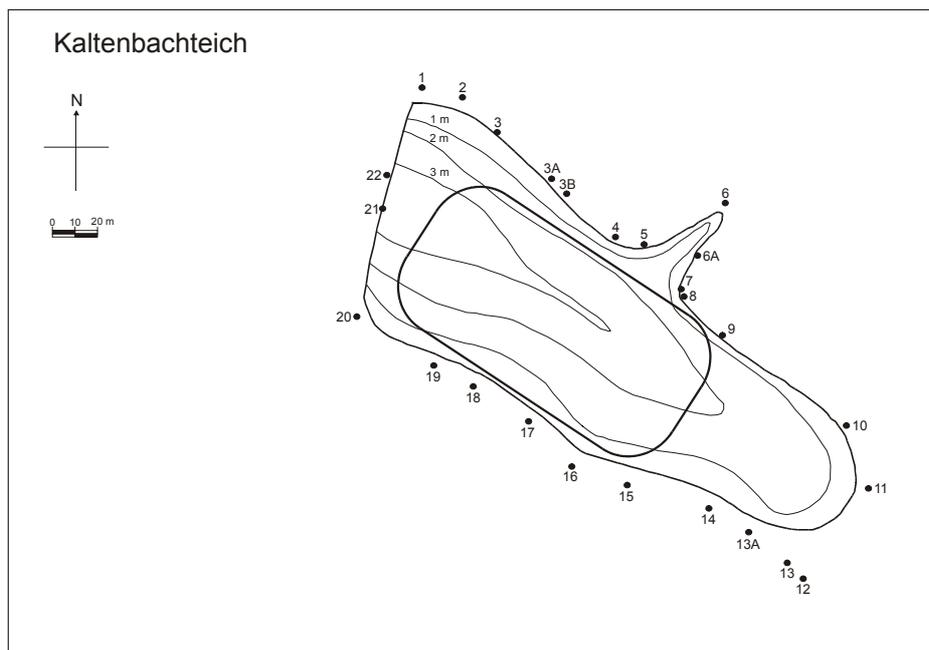


Abb. 85: Aufenthaltsbereich der besenderten Karpfen im Kaltenbacheich im Februar 2002

Vergleicht man die mittleren Positionsdistanzen der Monate November 2001 bis Februar 2002 so ergibt sich, dass der November 2001 die größere mittlere Positionsdistanz aufwies als die übrigen Monate. Etwas höhere Positionsdistanzen waren auch im Februar 2002 zu beobachten (Abb. 86, Tab. 13). Die hohe mittlere Positionsdistanz im November 2001 ist möglicherweise auf die höheren Wassertemperaturen zurückzuführen. Zwischen den Positionsdistanzen und der Wassertemperatur konnte ein signifikant positiver Zusammenhang ermittelt werden (lineare Regression,  $r^2 = 0,2764$ ,  $p = 0,0000$ ) (Abb. 86). Kein signifikanter Zusammenhang konnte zwischen dem Sauerstoffgehalt und den

Positionsdistancen ermittelt werden (lineare Regression,  $r^2 = 0,0022$ ,  $p = 0,7127$ ). Kein signifikanter Unterschied in den Positionsdistancen konnte zwischen zwei Positionsbestimmungen an einem Tag bzw. an zwei aufeinander folgenden Tagen festgestellt werden (Wilcoxon – Wilcox – Test,  $p = 0,1965$ ). Die Positionspolygone der einzelnen besenderten Karpfen finden sich in Abschnitt 7. Anhang B.

Tab. 13: Mittlere Positionsdistancen zwischen aufeinander folgende Peilungen im Kaltenbacheich, Winter 2001/2002. In Klammer die Anzahl der Fälle und bei den Mittelwerten zusätzlich die Standardabweichung

|                 | <b>Karpfen<br/>720</b> | <b>Karpfen<br/>740</b> | <b>Karpfen<br/>760</b> | <b>Karpfen<br/>800</b> | <b>Mittel-<br/>werte</b> |
|-----------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|--------------------------|
| <b>November</b> | 37,3 m<br>(n=14)       | 47,1 m<br>(n=13)       | 46,7 m<br>(n=13)       | 41,5 m<br>(n=13)       | 43,1 m<br>(n=53, s=25,4) |
| <b>Dezember</b> | 30,0 m<br>(n=15)       | 23,8 m<br>(n=15)       | 23,1 m<br>(n=15)       | 33,4 m<br>(n=15)       | 27,6 m<br>(n=60, s=16,0) |
| <b>Jänner</b>   | 31,4 m<br>(n=16)       | 27,2 m<br>(n=15)       | 27,8 m<br>(n=15)       | 27,1 m<br>(n=15)       | 29,7 m<br>(n=61, s=17,2) |
| <b>Februar</b>  | 37,9 m<br>(n=12)       | 31,6 m<br>(n=13)       | 41,9 m<br>(n=12)       | 43,0 m<br>(n=12)       | 38,5 m<br>(n=49, s=25,6) |

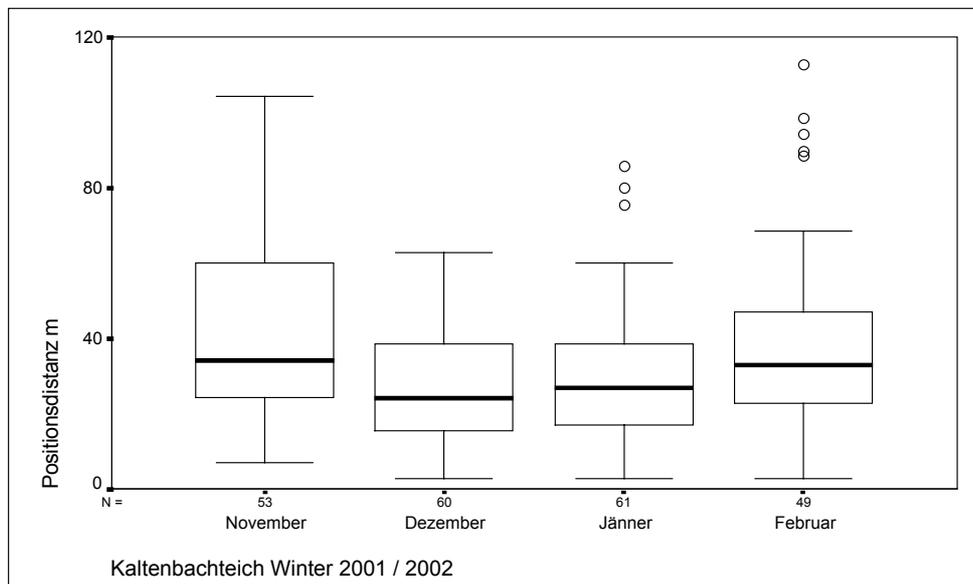


Abb. 86: Box-Whisker-Plot der Positionsdistancen der besenderten Karpfen im Kaltenbacheich im Winter 2001/2002, ° Ausreißer

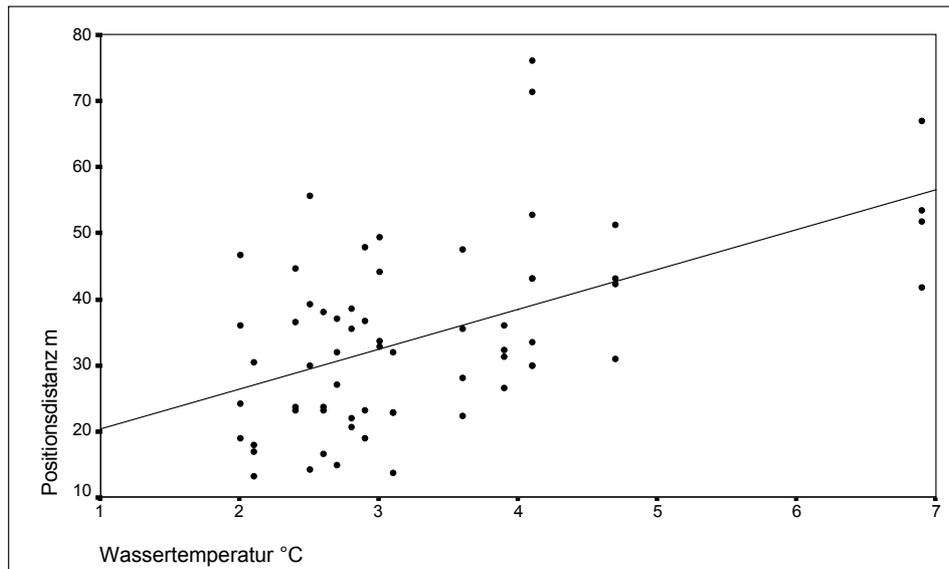


Abb. 87: Die Positionsanz [m] aufgetragen gegen Wassertemperatur [°C] im Winter 2001/2002 im Kaltenbacheich,  $r^2 = 0,2764$ , lineare Regression  $p = 0,0000$

#### 3.4.3.3. Mitterhöllteich

Karpfen 620 wurde nicht in die Auswertung einbezogen, da ab Mitte Dezember 2001 die Positionsanz kontinuierlich abnahmen, bis im Februar 2002 mit 8,7 m der geringste Wert verzeichnet wurde. Die Position wurde dabei Position immer im äußeren Südwesten des Mitterhöllteiches bestimmt.

Im November 2001 fiel die mittlere Wassertemperatur von 7,2 auf 1,6 °C. Der Sauerstoffgehalt in 1,8 m Tiefe schwankte zwischen 3,8 und 8,4 mg/l. Die Datenaufnahme begann am 6. November 2001. Bis zum 9. November 2001 waren an der Wasseroberfläche Karpfen zu beobachten. Um den 12. November 2001 begann der Teich zuzufrieren. Um den 15. November 2001 war die Eisdecke geschlossen. Allerdings war der Teich für den Zeitraum von 27. November bis 10. Dezember wieder vorübergehend eisfrei. Im November 2001 verteilten sich die Aufenthaltsbereiche der besenderten Karpfen auf den gesamten Teich westlich der Messpunkte 10/11 (Abb. 88). Die mittlere Positionsanz betrug im November 2001 60,0 m (Abb. 92, Tab. 14). Die individuellen mittleren Positionsanz der Karpfen 580 und 600 betragen 59,6 m bzw. 60,4 m (Tab. 14).

Im Dezember 2001 schwankte die mittlere Wassertemperatur zwischen 0,8 und 2,4 °C. Der Sauerstoffgehalt in 1,8 m Tiefe fiel bis Ende Dezember auf 1,3 mg/l. In den Weihnachtsferien (24. Dezember 2001 bis 6. Jänner 2002) wurde in einem begrenzten Bereich des Mitterhöllteiches etwas Wintersport betrieben. Dies geschah allerdings nur in geringem Ausmaß, da die Beschaffenheit des Eises zum Eislaufen und Eisstockschießen nicht gut geeignet war. Im Dezember 2001 beschränkten sich die Aufenthaltsbereiche der besenderten Karpfen im wesentlichen auf den Abschnitt des Teiches westlich der Messpunkte 7/13. Nur Ende Dezember 2001 wurden die Versuchsfische einmal auf der Höhe der Messpunkte 9/11 beobachtet (Abb. 89). Die mittlere Positionsanz betrug im Dezember 2001 59,5 m (Abb. 92, Tab. 14). Karpfen 580 wies eine individuelle mittlere Positionsanz von 58,4 m und Karpfen 600 von 60,5 m auf (Tab. 14).

Bis Ende Jänner 2002 stieg die mittlere Wassertemperatur von 1,3 auf 3,0 °C. Der Sauerstoffgehalt stieg bis Ende Jänner 2002 von 1,1 auf 9,1 mg/l. Das Mitte Jänner 2002 einsetzende Tauwetter wirkte sich positiv auf den Sauerstoffgehalt aus. Die Aufenthaltsbereiche der Versuchsfische verteilten sich im Jänner 2002 auf den Teich westlich der Messpunkt 9/11 (Abb. 90). Die mittlere Positionsdistanz betrug 52,6 m (Abb. 92, Tab. 14). Die individuellen mittleren Positionsdistanzen der besenderten Karpfen betragen für Karpfen 580 57,9 m und für Karpfen 600 47,5 m (Tab. 14).

Im Februar 2002 schwankte die mittlere Wassertemperatur zwischen 3,4 und 5,8 °C. Der Sauerstoffgehalt stieg bis auf 13,3 mg/l. Ab 12. Februar 2002 war der Mitterhöllteich eisfrei. Im Februar 2002 beschränkte sich der Aufenthaltsbereich des Karpfen 580 auf den Bereich des Teiches westlich der Messpunkte 5/13, während die Position von Karpfen 600 neben dem Bereich westlich der Messpunkte 5/13, auch auf Höhe der Messpunkte 8/12 bestimmt wurde (Abb. 91). Die mittlere Positionsdistanz betrug im Februar 2002 51,7 m (Abb. 92, Tab. 14). Während Karpfen 580 mit 38,5 m seine geringste individuelle mittlere Positionsdistanz in diesem Winter aufwies, erreichte Karpfen 600 mit 68,9 m seinen höchsten Wert für die individuelle mittlere Positionsdistanz in diesem Winter (Tab. 14).

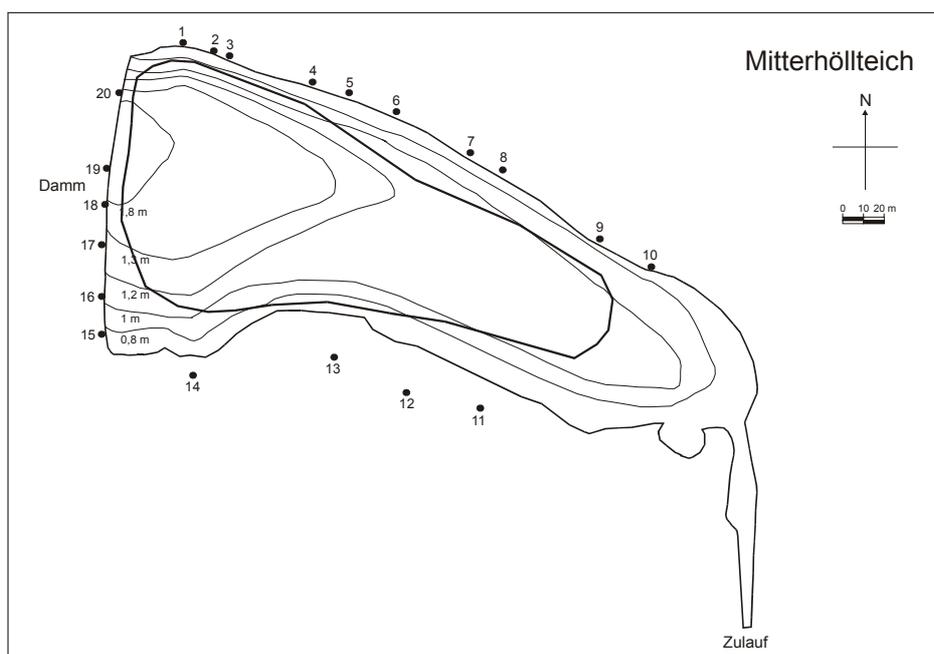


Abb. 88: Aufenthaltsbereich der besenderten Karpfen im Mitterhöllteich im November 2001

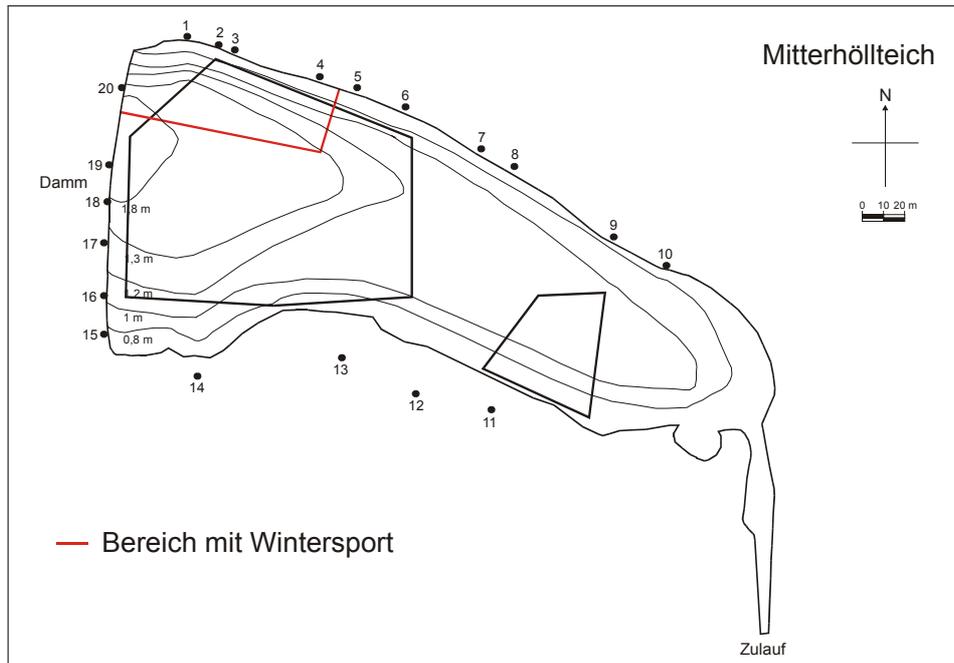


Abb. 89: Aufenthaltsbereiche der besenderten Karpfen im Mitterhöllteich im Dezember 2001

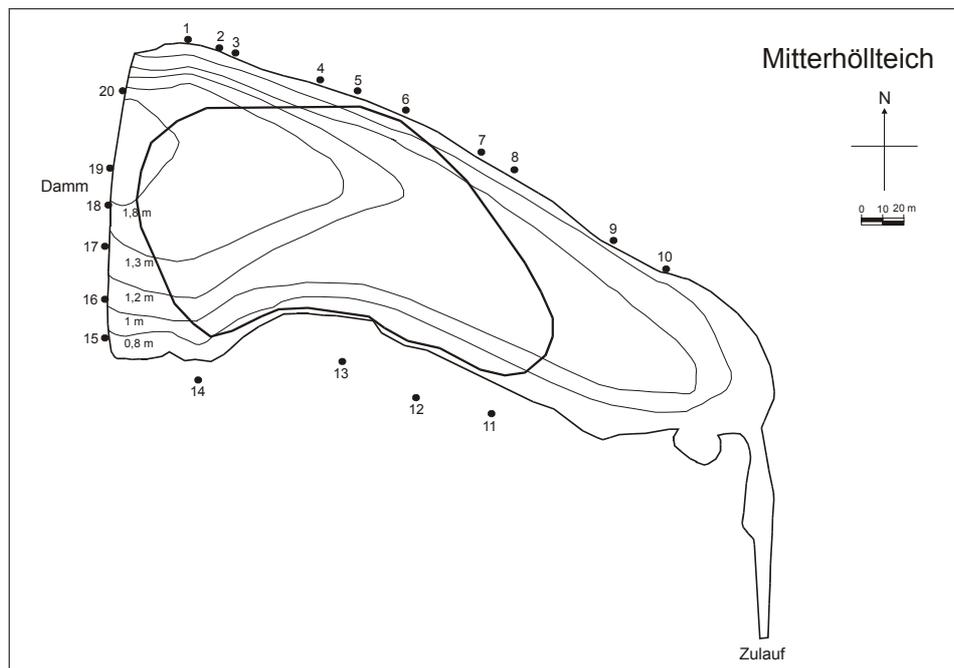


Abb. 90: Aufenthaltsbereich der besenderten Karpfen im Mitterhöllteich im Jänner 2002

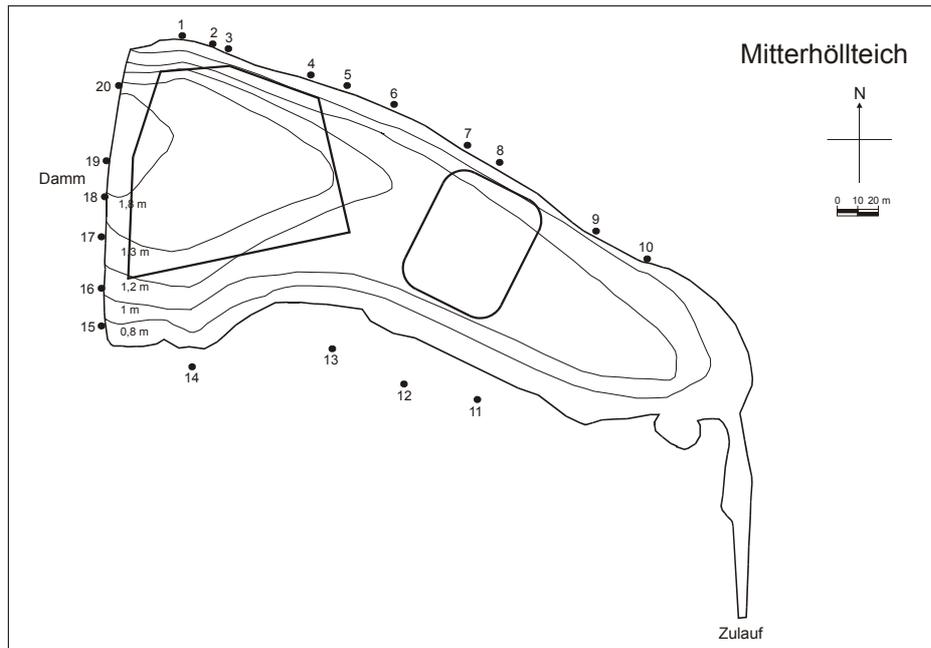


Abb. 91: Aufenthaltsbereiche der besenderten Karpfen im Mitterhölleiteich im Februar 2002

Vergleicht man die mittleren Positionsdistanzen der Monate November 2001 bis Februar 2002 so zeigte sich, dass diese eine leicht abnehmende Tendenz aufwiesen (Abb. 92, Tab. 14). Wie aus Abbildung 92 jedoch ersichtlich ist, waren sich alle Monate in ihrer Variationsbreite der Positionsdistanzen sehr ähnlich. Statistisch konnten jedenfalls keine signifikanten Unterschiede zwischen den einzelnen Monaten ermittelt werden (t-Test). Allerdings konnte zwischen den Positionsdistanzen und dem Sauerstoffgehalt ein signifikant negativer Zusammenhang festgestellt werden (lineare Regression,  $r^2 = 0,126$ ,  $p = 0,0392$ ) (Abb. 93). Das Bestimmtheitsmaß ist mit 0,126 allerdings niedrig und nur 12,6 % der Variabilität werden erklärt. Die Positionen der einzelnen Versuchsfische lassen eine Wanderung in den Zulaufbereich, der in Zusammenhang mit dem Sauerstoffgehalt steht, nicht eindeutig erkennen. Zwischen der Wassertemperatur und den Positionsdistanzen konnte kein signifikanter Zusammenhang festgestellt werden (lineare Regression,  $r^2 = 0,0000$ ,  $p = 0,9786$ ). Die Positionsdistanzen zwischen zwei aufeinander folgenden Tagen waren signifikant größer als innerhalb eines Tages (Wilcoxon – Wilcox – Test,  $p = 0,000$ ). Das bedeutet, dass die ermittelten Positionsdistanzen zwischen zwei Positionsbestimmungen am selben Tag kleiner waren als zwischen zwei Positionsbestimmungen an aufeinander folgenden Tagen.

Der Mitterhölleiteich wurde aus dem Grund ausgewählt, da dort die Ausübung von Wintersport vom Bewirtschafter geduldet wird. Im Winter 2001/2002 konnte allerdings nicht ermittelt werden, ob von den Eisläufern irgendeine Wirkung auf die besenderten Karpfen ausging. Zwar wurde etwas Wintersport betrieben, das Ausmaß der Wintersportaktivitäten war jedoch sehr gering. Die raue, schneeverkrustete Beschaffenheit der Winterdecke behinderte wintersportliche Aktivitäten wie Schlittschuhlaufen, Eishockey und Eisstockschießen. Zudem beschränkten sich die wenigen Wintersportler auf einen Bereich im Nordwesten des Teiches, sodass ein Grossteil der Teichfläche unberührt blieb. Eine störende Auswirkung des Wintersports auf die besenderten Karpfen, die sich in einer signifikanten Erhöhung der mittleren Positionsdistanzen in den Monaten Dezember 2001 und Jänner 2002 bemerkbar machen sollte, konnte nicht festgestellt werden (Abb. 92, Tab. 14). Die Positionspolygone der einzelnen besenderten Karpfen finden sich in Abschnitt 7, Anhang B.

Tab. 14: Mittlere Positionsdistanzen zwischen aufeinander folgende Peilungen im Mitterhölteich, Winter 2001/2002. In Klammer die Anzahl der Fälle und bei den Mittelwerten zusätzlich die Standardabweichung

|                 | <b>Karpfen 580</b> | <b>Karpfen 600</b> | <b>Mittelwerte</b>  |
|-----------------|--------------------|--------------------|---------------------|
| <b>November</b> | 59,6 m (n=15)      | 60,4 m (n=15)      | 60,0 (n=30, s=44,0) |
| <b>Dezember</b> | 58,4 m (n=15)      | 60,5 m (n=17)      | 59,5 (n=32, s=45,0) |
| <b>Jänner</b>   | 57,9 m (n=16)      | 47,5 m (n=16)      | 52,6 (n=33, s=28,8) |
| <b>Februar</b>  | 38,5 m (n=13)      | 68,9 m (n=10)      | 51,7 (n=23, s=37,1) |

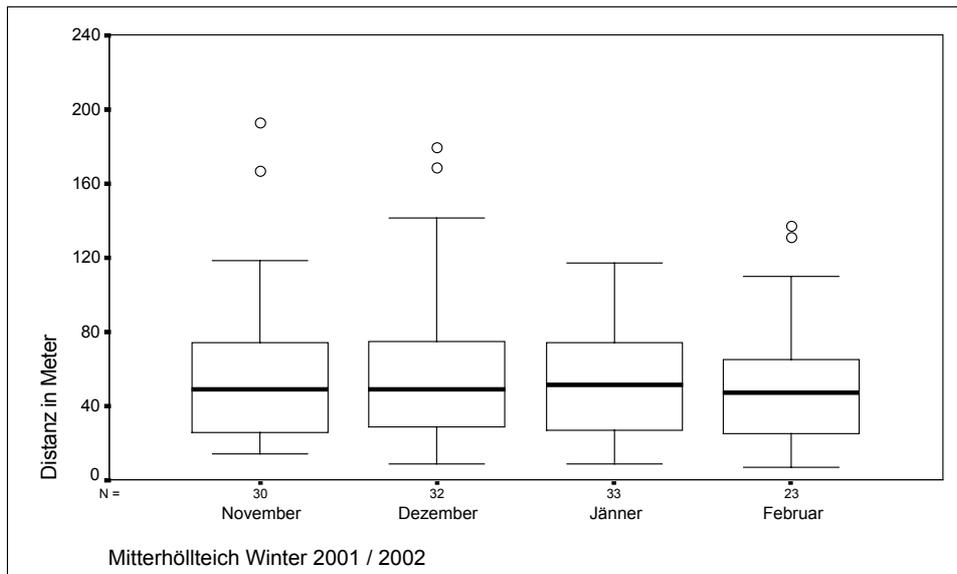


Abb. 92: Box-Whisker-Plot der Positionsdistanzen der besenderten Karpfen im Mitterhölteich im Winter 2001/2002, ° Ausreißer

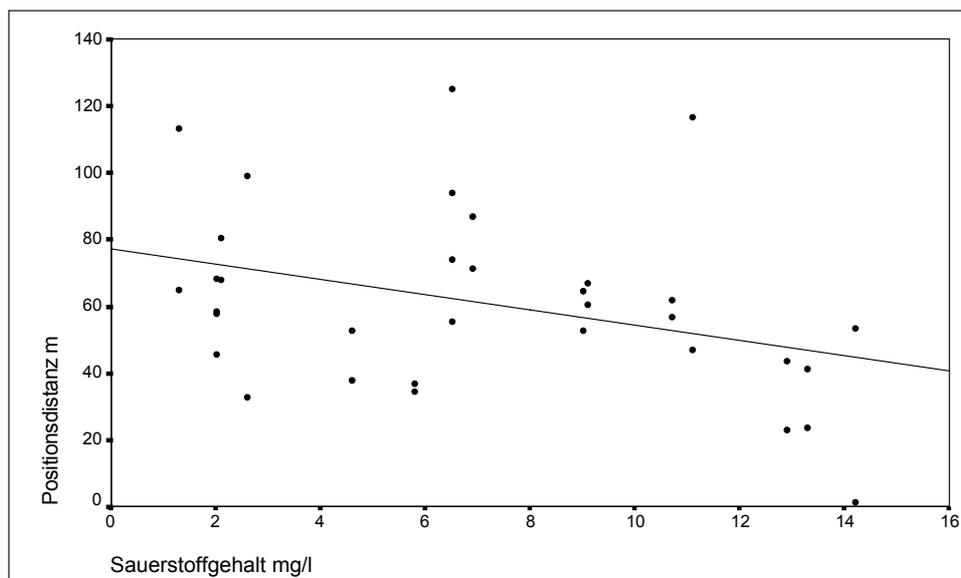


Abb. 93: Oben: Die Positionsdistanzen [m] aufgetragen gegen den Sauerstoffgehalt [mg/l] im Winter 2001/2002 im Mitterhölteich,  $r^2 = 0,126$ , lineare Regression  $p = 0,0392$

3.4.3.4. Vergleich von Streitteich, Kaltenbacheich und Mitterhöllicheich

Im Winter 2001/2002 wies der Kaltenbacheich gegenüber dem Streitteich die signifikant geringeren Positionsdistanzen auf (Mann – Whitney U – Test,  $p = 0,0000$ ). Vergleicht man die mittleren Positionsdistanzen zwischen Streitteich und Kaltenbacheich in den einzelnen Monaten November 2001, Dezember 2001, Jänner 2002 und Februar 2002 so zeigt sich, dass im Kaltenbacheich mit Ausnahme des Novembers stets die geringeren mittleren Positionsdistanzen zu beobachten waren (Abb. 94, Tab. 15). Einen signifikanten Unterschied der mittleren Positionsdistanz (t-Test) konnte für Dezember 2001 ( $p = 0,04$ ), für Jänner 2002 ( $p = 0,000$ ) und für Februar 2002 ( $p = 0,008$ ) nachgewiesen werden.

Vergleicht man die mittleren Positionsdistanzen zwischen Streitteich und Mitterhöllicheich in den Monaten November 2001 bis Februar 2002, so ergibt sich, dass in den Monaten November und Dezember 2001 die mittleren Positionsdistanzen im Mitterhöllicheich größer waren als im Streitteich. Im Jänner und Februar 2002 jedoch geringfügig geringer (Abb. 94, Tab. 15). Im Vergleich mit dem Kaltenbacheich wies der Mitterhöllicheich stets die größeren mittleren Positionsdistanzen auf (Abb. 94, Tab. 15).

Tab. 15: Mittlere Positionsdistanzen zwischen aufeinander folgende Peilungen im Winter 2001/2002. In Klammer die Anzahl der Fälle und die Standardabweichung

|                      | <b>Streitteich</b>    | <b>Kaltenbacheich</b> | <b>Mitterhöllicheich</b> |
|----------------------|-----------------------|-----------------------|--------------------------|
| <b>November 2001</b> | 41,5 m (n=53, s=17,6) | 43,1 m (n=53, s=25,4) | 60,0 m (n=30, s=44,0)    |
| <b>Dezember 2001</b> | 40,3 m (n=62, s=29,5) | 27,6 m (n=60, s=16,0) | 59,5 m (n=32, s=45,0)    |
| <b>Jänner 2002</b>   | 55,6 m (n=62, s=50,8) | 29,7 m (n=61, s=17,2) | 52,6 m (n=33, s=28,8)    |
| <b>Februar 2002</b>  | 55,6 m (n=49, s=36,2) | 38,5 m (n=49, s=25,6) | 51,7 m (n=23, s=37,1)    |

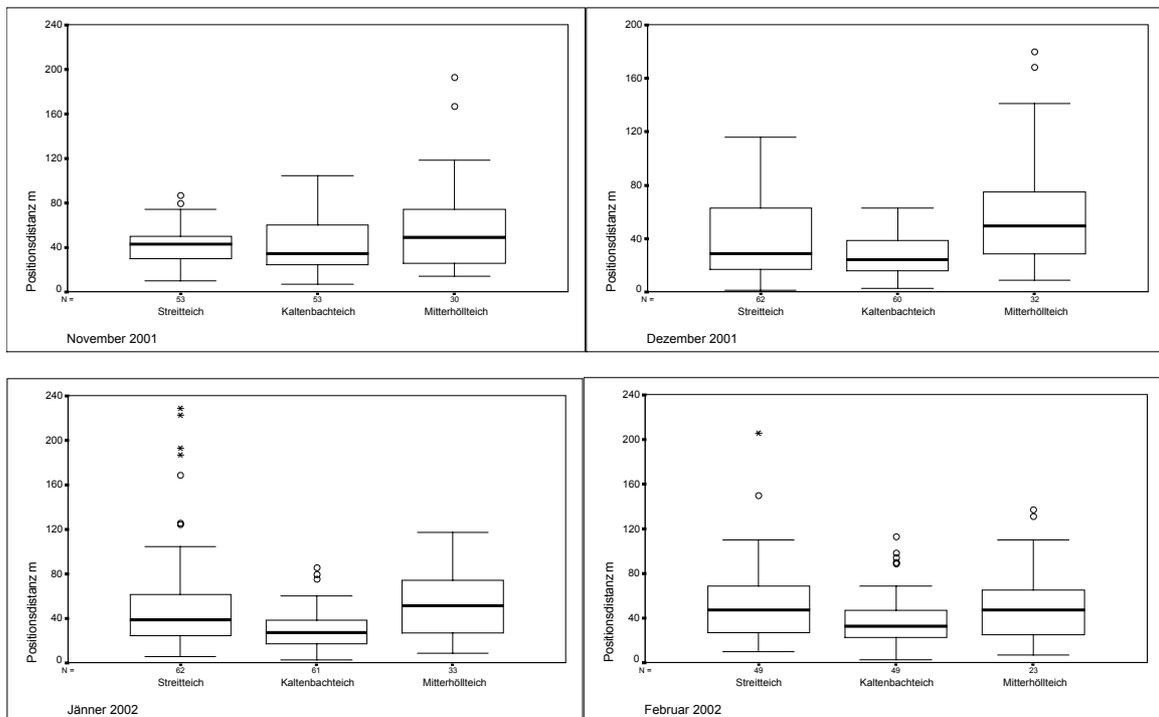


Abb. 94: Box-Whisker-Plots der mittleren Positionsdistanzen der besenderten Karpfen im Winter 1999/2000 im Streitteich, Kaltenbacheich und Mitterhöllicheich, ° Ausreißer, \* Extremwerte

### 3.5. Physikalisch/chemische Daten

#### 3.5.1. Die Winterteiche

Im Folgenden werden die wesentlichen physikalisch/chemischen Parameter der Versuchsteiche dargestellt. Die Tabellen 16, 17 und 18 zeigen Monatsmittelwerte sowie Minima und Maxima einiger Parameter. Die Daten für den Kaltenbacheich und den Streitteich sind Mittelwerte der Winter 1999/2000, 2000/2001 und 2001/2002. Die Daten für den Mitterhölleich stammen aus dem Winter 2001/2002. Die vorhandenen Daten lassen einen Vergleich des Mitterhölleichs am ehesten mit dem Streitteich zu. Grund ist der hohe Nährstoffgehalt in beiden Teichen. Der Gehalt an Gesamtphosphor (P<sub>ges</sub>) schwankte im Monatsmittel im Mitterhölleich zwischen 121 und 172 µg/l (Tab. 18). Im Streitteich schwankte dieser Wert zwischen 116 und 252 µg/l und im Kaltenbacheich zwischen 30 und 60 µg/l. Der Gehalt an Ammonium (NH<sub>4</sub>) war im Streitteich mit Monatsmittel zwischen 0,39 und 0,51 mg/l (Tab. 16) und im Mitterhölleich mit Monatsmittelwerten zwischen 0,24 und 0,64 mg/l (Tab. 18) gegenüber dem Kaltenbacheich mit Monatsmittelwerten zwischen 0,03 und 0,11 mg/l (Tab. 17) deutlich höher. Mit dieser hohen Nährstoffbelastung einher ging auch die gegenüber dem Kaltenbacheich mit einem Monatsmittel von 1,2 bis 2,1 m (Tab. 17) geringe Sichttiefe im Streitteich, Monatsmittel 0,5 bis 1,1 m (Tab. 16) und im Mitterhölleich, Monatsmittel 0,4 bis 0,8 m (Tab. 18). Die beiden letztgenannten Teiche zeichneten sich auch durch niedrigere Monatsmittelwerte beim Sauerstoffgehalt aus. Der minimale Sauerstoffgehalt betrug im Streitteich 0,6 mg/l und im Mitterhölleich 1,1 mg/l (Tab. 16, 18). Der Kaltenbacheich war der Teich mit dem konstantesten und höchsten Gehalt an Sauerstoff. In den drei Wintern wurden 3,8 mg/l nicht unterschritten und die Monatsmittelwerte schwankten zwischen 7,4 und 12,1 mg/l. Als wärmster Teich erwies sich in den drei Wintern ebenfalls der Kaltenbacheich mit einem monatlichen Temperaturmittel zwischen 3,1 und 5,6 °C (Tab. 17). Der Streitteich war mit Monatsmittelwerten zwischen 1,9 und 4,6 °C der kältere Teich (Tab. 16). Im Mitterhölleich schwankten die mittleren Monatstemperaturen zwischen 2,2 und 5,5 °C (Tab. 18). Der pH Wert war im Kaltenbacheich während der drei Winter im Monatsmittel 7,0 – 8,1 höher als im Streitteich, Monatsmittel 7,2 – 7,7 (Tab. 16, 17). Der Spitzenwert im Kaltenbacheich lag bei pH 9,0 (Tab. 17). Der Mitterhölleich zeigt einen pH Wert von 7,0 bis 7,3 im Monatsmittel (Tab. 18). In Zusammenhang mit dem pH Wert muss das Säurebindungsvermögen oder die Alkalinität (SBV) gesehen werden. Der Kaltenbacheich erwies sich dabei als der schlechter gepufferte Winterteich mit einem SBV von 1,3 bis 1,4 mVal/l im Monatsmittel (Tab. 17). Der Streitteich wies ein SBV von 1,8 bis 2,4 im Monatsmittel auf (Tab. 16) und der Mitterhölleich zeigte ein SBV von 1,7 bis 2,0 mVal/l (Tab. 18).

Tab. 16: Physikalisch/chemische Parameter des Streitteichs im Winter, Monatsmittelwerte, Minimum und Maximum

| Monat | Sichttiefe<br>[m] | T<br>[°C] | O <sub>2</sub><br>[mg/l] | O <sub>2</sub><br>[%] | pH  | SBV<br>[mval/] | NH <sub>4</sub><br>[mg/l] | Pges<br>[µg/l] |
|-------|-------------------|-----------|--------------------------|-----------------------|-----|----------------|---------------------------|----------------|
| Nov.  | 0,5               | 4,6       | 9,4                      | 78                    | 7,7 | 2,4            | 0,51                      | 252            |
| Dez.  | 0,6               | 1,9       | 11,3                     | 87                    | 7,7 | 2,4            | 0,46                      | 186            |
| Jan.  | 1,1               | 2,0       | 4,5                      | 34                    | 7,2 | 2,6            | 0,89                      | 174            |
| Feb.  | 0,9               | 1,9       | 11,9                     | 92                    | 7,4 | 1,8            | 0,39                      | 116            |
| Min.  | 0,3               | 0,2       | 0,6                      | 4                     | 6,9 | 1,0            | 0,04                      | 65             |
| Max.  | 1,4               | 7,8       | 16,6                     | 129                   | 8,4 | 3,4            | 1,39                      | 405            |

Tab. 17: Physikalisch/chemische Parameter des Kaltenbachteichs im Winter, Monatsmittelwerte, Minimum und Maximum

| Monat | Sichttiefe<br>[m] | T<br>[°C] | O <sub>2</sub><br>[mg/l] | O <sub>2</sub><br>[%] | pH  | SBV<br>[mval/] | NH <sub>4</sub><br>[mg/l] | Pges<br>[µg/l] |
|-------|-------------------|-----------|--------------------------|-----------------------|-----|----------------|---------------------------|----------------|
| Nov.  | 1,2               | 5,6       | 10,7                     | 91                    | 8,1 | 1,4            | 0,06                      | 60             |
| Dez.  | 1,5               | 3,4       | 12,1                     | 97                    | 8,0 | 1,3            | 0,03                      | 40             |
| Jan.  | 1,6               | 3,1       | 7,4                      | 59                    | 7,2 | 1,5            | 0,11                      | 36             |
| Feb.  | 2,1               | 3,4       | 7,6                      | 61                    | 7,0 | 1,4            | 0,07                      | 30             |
| Min.  | 0,8               | 1,0       | 3,8                      | 30                    | 6,3 | 0,6            | 0,01                      | 20             |
| Max.  | 2,5               | 8,2       | 13,0                     | 106                   | 9,0 | 1,9            | 0,27                      | 87             |

Tab. 18: Physikalisch/chemische Parameter des Mitterhöllesteichs im Winter, Monatsmittelwerte, Minimum und Maximum

| Monat | Sichttiefe<br>[m] | T<br>[°C] | O <sub>2</sub><br>[mg/l] | O <sub>2</sub><br>[%] | pH  | SBV<br>[mval/] | NH <sub>4</sub><br>[mg/l] | Pges<br>[µg/l] |
|-------|-------------------|-----------|--------------------------|-----------------------|-----|----------------|---------------------------|----------------|
| Nov.  | 0,4               | 5,5       | 8,8                      | 74                    | 7,3 | 1,8            | 0,24                      | 172            |
| Dez.  | 0,8               | 2,3       | 9,2                      | 72                    | 7,2 | 1,7            | 0,42                      | 139            |
| Jan.  | 0,9               | 2,2       | 6,1                      | 47                    | 7,0 | 2,0            | 0,65                      | 146            |
| Feb.  | 0,8               | 2,9       | 11,6                     | 92                    | 7,3 | 1,9            | 0,35                      | 121            |
| Min.  | 0,3               | 0,7       | 1,1                      | 9                     | 6,9 | 1,4            | 0,07                      | 105            |
| Max.  | 1,0               | 7,3       | 13,3                     | 102                   | 7,1 | 2,2            | 1,49                      | 290            |

### 3.5.2. Winter 1999/2000

Bei Streitteich und Kaltenbachteich war ab dem 25.11.1999 eine geschlossene Winterdecke vorhanden. Beim Kaltenbachteich bestand diese Winterdecke durchgehend bis zum 14. März 2000. Beim Streitteich war um den 6. Dezember die Winterdecke kurzfristig geöffnet, schloss sich jedoch wieder. Ab dem 10. Februar begann sich die Winterdecke zu öffnen und schließlich war der Streitteich ab dem 1. März eisfrei. Bei beiden Teichen bestand während des Winters nur ein sehr geringer Zufluss, was Auswirkungen auf den Sauerstoffgehalt in den Teichen hatte. Abbildung 95 zeigt den Verlauf der Wassertemperatur und des Sauerstoffgehaltes, unter Berücksichtigung der Winterdecke, während der Wintermonate 1999/2000.

Aufgrund der extrem angespannten Sauerstoffsituation im Streitteich wurden um den 3. Jänner 2000 an drei Stellen Wuhnen geschnitten und damit die Winterdecke geöffnet. Der niedrigste Sauerstoffgehalt wurde im Jänner 2000 mit 0,6 mg/l, das entspricht einer Sättigung von 4 % (Tab. 19), gemessen. Ab dem 11. Jänner kam zusätzlich ein Belüfter wechselweise in den Wuhnen zum Einsatz. Der Gehalt an Sauerstoff stieg aufgrund dieser Maßnahmen an. Die Wassertemperatur sank jedoch und erreichte mit 0,4 °C ihren tiefsten

Wert Anfang Februar 2000 (Abb. 95, Tab. 19). Maßnahmen, die eine Verbesserung des Sauerstoffgehaltes zum Ziel hatten, waren im Kaltenbacheich nicht notwendig. Im Mittel betrug der Gehalt an Sauerstoff 8,8 mg/l und die Sättigung 72 % (Tab. 19). Die Wassertemperaturen waren im Mittel mit 4,3 °C ebenfalls deutlich höher als im Streitteich und sanken im Minimum auf 2,5 °C ab (Tab. 19).

Abbildung 96 zeigt den Sauerstoffgehalt in der Tiefe und die Menge an Gesamtphosphor im Streitteich während des Winters 1999/2000. Auffallend ist, dass die Spitzen des Gehaltes an Gesamtphosphor und die Minima des Sauerstoffgehaltes zusammenfallen. Im Streitteich erreichte der Gehalt an Gesamtphosphor Spitzenwerte von 348 µg/l und der Mittelwert lag bei immerhin 233 µg/l. Im Kaltenbacheich hingegen schwankten der Gehalt an Gesamtphosphor im Winter 1999/2000 zwischen 20 – 61 µg/l, der Mittelwert betrug 41 µg/l (Tab. 19).

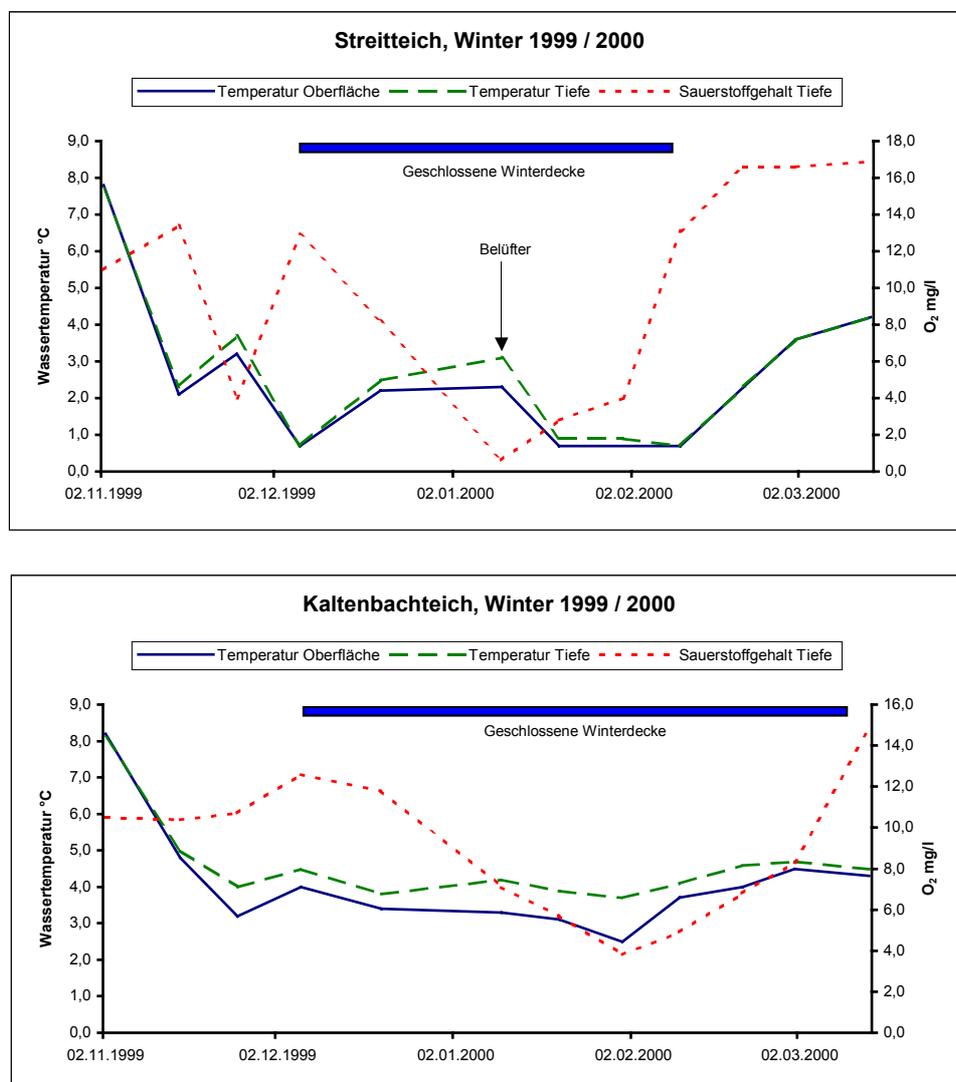


Abb. 95: Verlauf von Wassertemperatur und Sauerstoffgehalt im Streitteich und Kaltenbacheich in den Wintermonaten 1999/2000

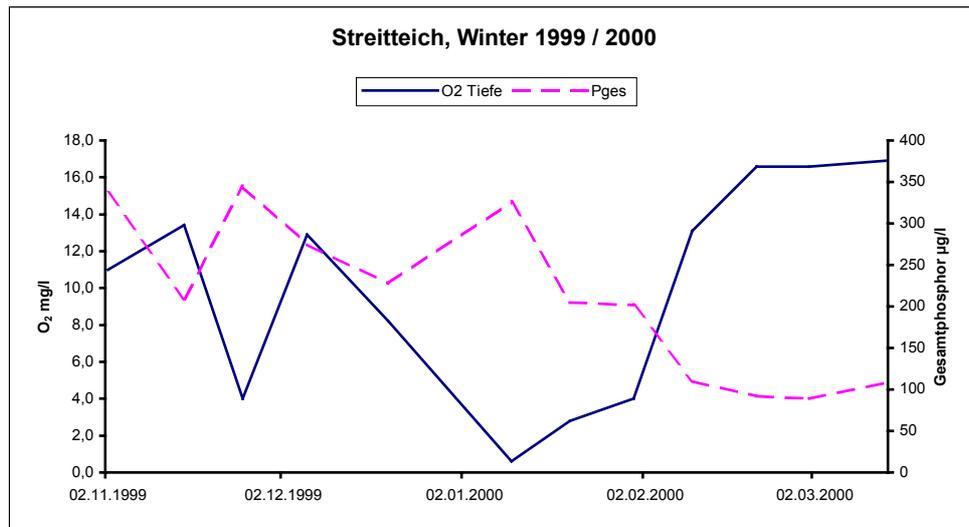


Abb. 96: Verlauf von Gesamtphosphor und Sauerstoffgehalt im Streitteich in den Wintermonaten 2000/2001

Tab. 19: Monatsmittelwerte, Maxima und Minima ausgewählter Parameter im Winter 1999/2000

|                              | <b>Streitteich</b>   | <b>Kaltenbachteich</b>  |
|------------------------------|--|---|
| <b>Wassertemperatur °C</b>   | Nov.: 4,5<br>Dez.: 1,5<br>Jan.: 1,1<br>Feb.: 1,5<br>Min./Max.: 0,4 – 7,9   | Nov.: 5,6<br>Dez.: 3,9<br>Jan.: 3,4<br>Feb.: 4,1<br>Min./Max.: 2,5 – 8,2    |
| <b>Sauerstoffgehalt mg/l</b> | Nov. 9,6<br>Dez.: 10,8<br>Jan.: 2,3<br>Feb.: 14,8<br>Min./Max.: 0,6 – 16,6 | Nov.: 10,6<br>Dez.: 12,6<br>Jan.: 5,6<br>Feb.: 6,5<br>Min./Max.: 3,8 – 12,9 |
| <b>Sauerstoffsättigung %</b> | Nov.: 80<br>Dez.: 82<br>Jan.: 17<br>Feb.: 113<br>Min./Max.: 4 – 129        | Nov.: 90<br>Dez.: 102<br>Jan.: 47<br>Feb.: 53<br>Min./Max.: 30 – 104        |
| <b>Gesamtphosphor µg/l</b>   | Nov.: 297<br>Dez.: 251<br>Jan.: 245<br>Feb.: 101<br>Min./Max.: 92 – 348    | Nov.: 54<br>Dez.: 37<br>Jan.: 35<br>Feb.: 24<br>Min./Max.: 20 – 61 (41)     |

### 3.5.3. Winter 2000/2001

Am Streitteich und Kaltenbachteich erfolgte die Vereisung gleichzeitig um den 18. Dezember 2000. Eisfrei waren beide Teiche wieder gleichzeitig um den 19. März 2001. Abbildung 97 zeigt den Verlauf der Wassertemperatur und des Sauerstoffgehaltes, unter Berücksichtigung der Winterdecke, während der Wintermonate 2000/2001.

Wie im Winter 1999/2000 wurden auch im Winter 2000/2001 vom Bewirtschafter im Streitteich drei Wuhnen geschnitten. Das geschah um den 30. Jänner 2001. Der niedrige

Sauerstoffgehalt von im Minimum 2,5 mg/l und einer Sättigung von 19 % Ende Jänner 2001, machten diese Maßnahme unumgänglich (Tab. 20). Ab dem 1. Februar wurde zusätzlich in der Einfahrt zur Fischgrube vom Ufer aus belüftet, um den drohenden Sauerstoffmangel zu beheben. Das Öffnen der Winterdecke und das Belüften bewirkten ein Ansteigen des Sauerstoffgehaltes. Im Gegenzug sank die Wassertemperatur auf ein Minimum von 0,4 °C Anfang Februar (Abb. 97, Tab. 20). Der negative Zusammenhang von Sauerstoffgehalt und Gesamtphosphor ist vorhanden, aber bei weitem nicht so deutlich ausgeprägt wie im Winter 1999/2000 (Abb. 98). Der Gehalt an Gesamtphosphor schwankte im Streitteich zwischen 111 – 264 µg/l und der Mittelwert war mit 165 µg/l deutlich geringer als im Winter 1999/2000. Im Kaltenbacheich lag der mittlere Gehalt an Gesamtphosphor bei 52 µg/l (Tab. 20). Die mittlere Wassertemperatur betrug im Kaltenbacheich 4,2 °C mit einem Minimum von 2,2 °C (Tab. 20). Der Sauerstoffgehalt schwankte zwischen 5,5 und 11,9 mg/l (Tab. 20).

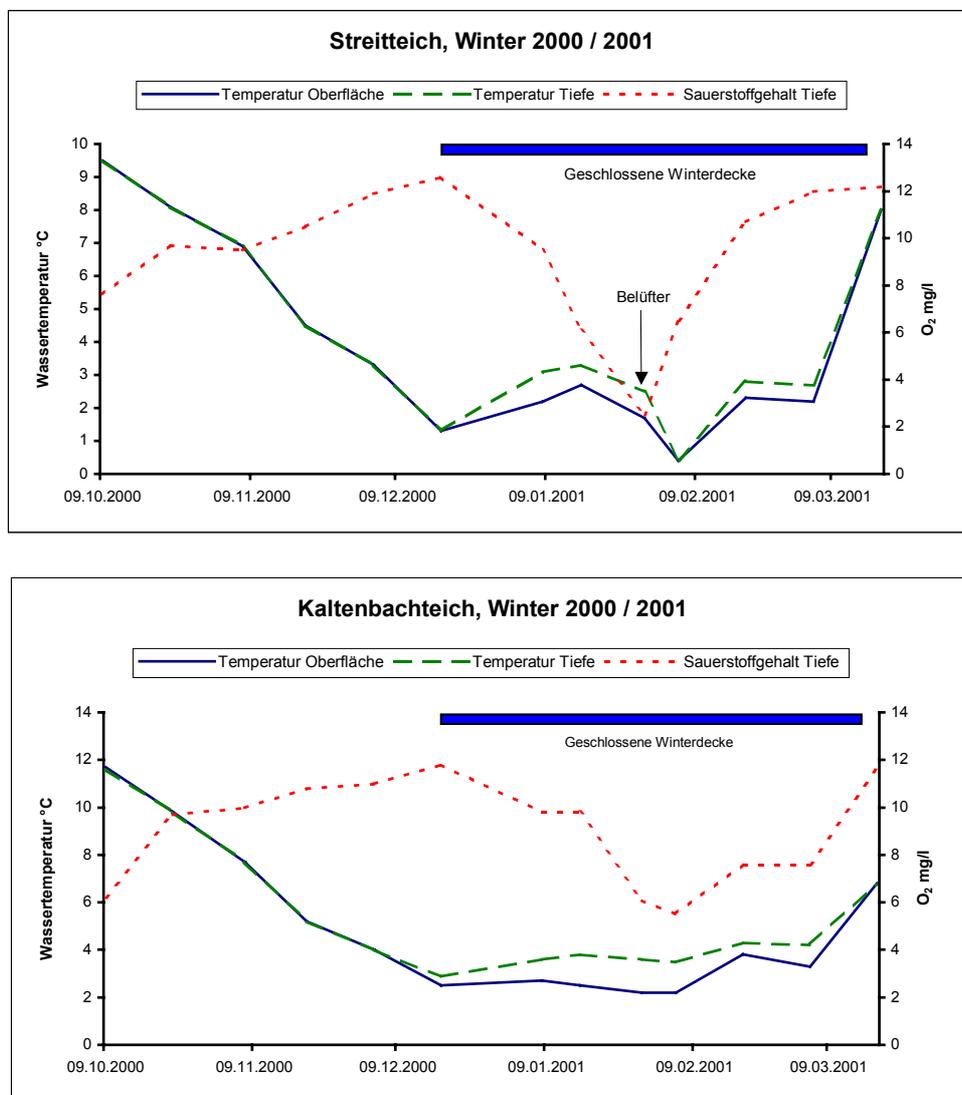


Abb. 97: Verlauf von Wassertemperatur und Sauerstoffgehalt im Streitteich und Kaltenbacheich in den Wintermonaten 2000/2001

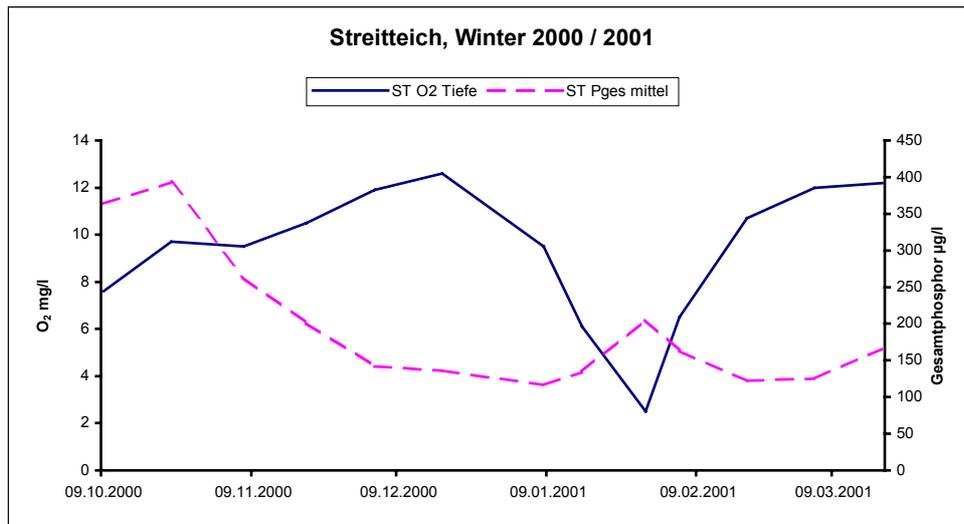


Abb. 98: Verlauf von Gesamtphosphor und Sauerstoffgehalt im Streitteich in den Wintermonaten 2000/2001

Tab. 20: Monatsmittelwerte, Minima und Maxima ausgewählter Parameter im Winter 2000/2001

|                              | <b>Streitteich</b>  | <b>Kaltenbachtteich</b>   |
|------------------------------|---|---|
| <b>Wassertemperatur °C</b>   | Nov.: 5,7<br>Dez.: 2,3<br>Jan.: 3,5<br>Feb.: 1,5<br>Min./Max.: 0,4 – 6,9    | Nov.: 6,4<br>Dez.: 3,4<br>Jan.: 3,1<br>Feb.: 3,5<br>Min./Max.: 2,2 – 7,7    |
| <b>Sauerstoffgehalt mg/l</b> | Nov.: 10,0<br>Dez.: 12,2<br>Jan.: 4,0<br>Feb.: 8,9<br>Min./Max.: 2,5 – 12,6 | Nov.: 10,6<br>Dez.: 11,3<br>Jan.: 9,1<br>Feb.: 7,3<br>Min./Max.: 5,5 – 11,9 |
| <b>Sauerstoffsättigung %</b> | Nov.: 84<br>Dez.: 95<br>Jan.: 57<br>Feb.: 68<br>Min./Max.: 19 – 95          | Nov.: 92<br>Dez.: 91<br>Jan.: 72<br>Feb.: 59<br>Min./Max.: 44 – 96          |
| <b>Gesamtphosphor µg/l</b>   | Nov.: 232<br>Dez.: 139<br>Jan.: 152<br>Feb.: 143<br>Min./Max.: 111 – 264    | Nov.: 75<br>Dez.: 39<br>Jan.: 45<br>Feb.: 40<br>Min./Max.: 36 – 87          |

### 3.5.4. Winter 2001/2002

Der Eisschluss erfolgte am Streitteich, Kaltenbacheich und Mitterhöllteich gleichzeitig um den 15. November 2001. Ende November 2001, um den 27., bis etwa den 6. Dezember 2001 war die Winterdecke aller drei Teiche teilweise eisfrei. Ein neuerlicher Eisschluss war ebenfalls bei allen drei Teichen gleichzeitig ab etwa dem 10. Dezember 2001 zu beobachten. Bei Streit- und Kaltenbacheich begann sich die Winterdecke um den 6. Februar 2002 zu öffnen, um schließlich mit dem 12. Februar (Streitteich) bzw. 14. Februar (Kaltenbacheich) vollständig verschwunden zu sein. Das Eis am Mitterhöllteich öffnete sich schon um den 28. Jänner 2002 und war mit 12. Februar verschwunden. Abbildung 99 zeigt den Verlauf der Wassertemperatur und des Sauerstoffgehaltes, unter Berücksichtigung der Winterdecke, während der Wintermonate 2001/2002.

Wie Abbildung 99 zeigt, zeichnete sich im Streit- und Mitterhöllteich gegen Ende Jänner 2002 eine Sauerstoffknappheit ab. Der Sauerstoffgehalt im Streitteich sank im Jänner 2002 auf 1,5 mg/l, das entspricht einer Sättigung von 12 %. Im Mitterhöllteich sank der Sauerstoffgehalt auf 1,1 mg/l, das entspricht einer Sättigung von 9 % (Tab. 21). Es wären wohl auch Maßnahmen seitens der Bewirtschafter notwendig geworden, hätte nicht eine Tauwetterperiode ab der zweiten Jännerhälfte für deutliche Entspannung gesorgt (Abb. 99). Zusätzlich wirkte sich der ungewöhnlich große Zufluss in diesem Winter bei beiden Teichen günstig auf die Sauerstoffversorgung aus. Im Kaltenbacheich konnten derartig niedrige Sauerstoffgehalte, wie auch schon in den Vorwintern, nicht beobachtet werden. Die Werte betragen im Mittel 9,8 mg/l und die Sättigung im Mittel 78 % (Tab. 21). Die Wassertemperaturen betragen im Streitteich im Mittel 2,7 °C, im Kaltenbacheich 3,3 °C und im Mitterhöllteich 3,0 °C (Tab. 21). Das gleichzeitige Auftreten von Sauerstoffminima und Gesamtphosphormaxima konnte im Streitteich nicht beobachtet werden (Abb. 100). Die Schwankungsbreite war in diesem Winter mit 65 – 390 µg/l höher als in den vorigen Wintern. Der mittlere Gehalt an Gesamtphosphor lag mit 177 µg/l zwischen dem Winter 1999/2000 und 2000/2001 (Tab. 21). Im Kaltenbacheich war der Gehalt an Gesamtphosphor mit einem Mittelwert von 24 µg/l und einer Schwankungsbreite von 19 – 33 µg/l am niedrigsten von allen drei Versuchswintern (Tab. 21). Der Mitterhöllteich wies einen mittleren Gehalt an Gesamtphosphor von 189 µg/l auf (Tab. 21).

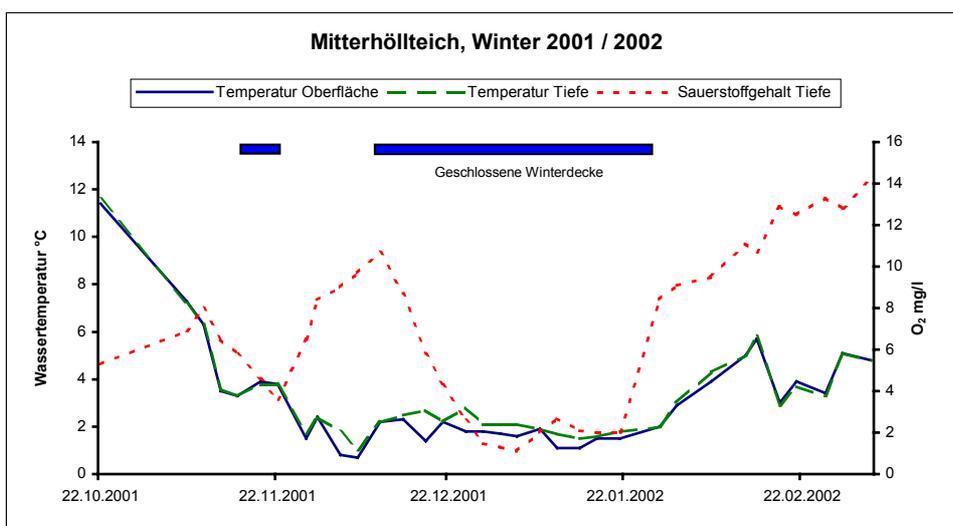
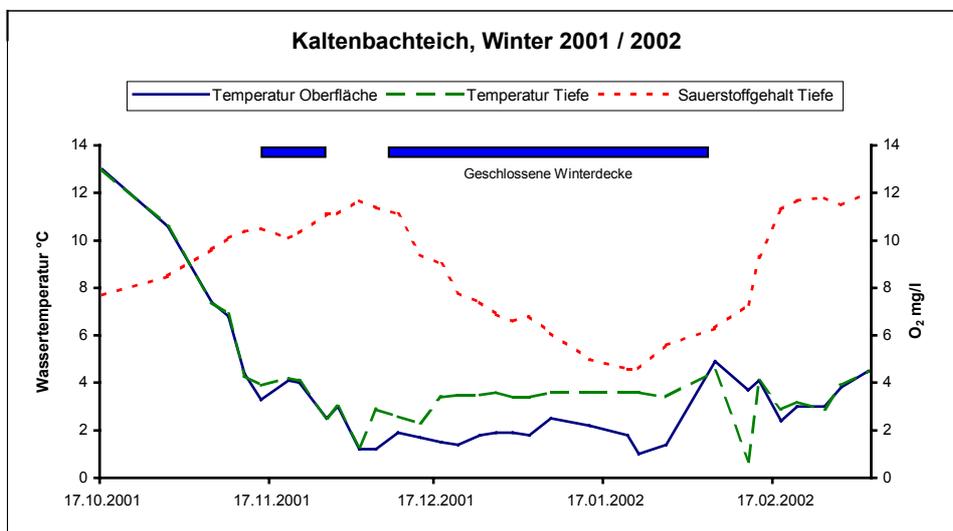
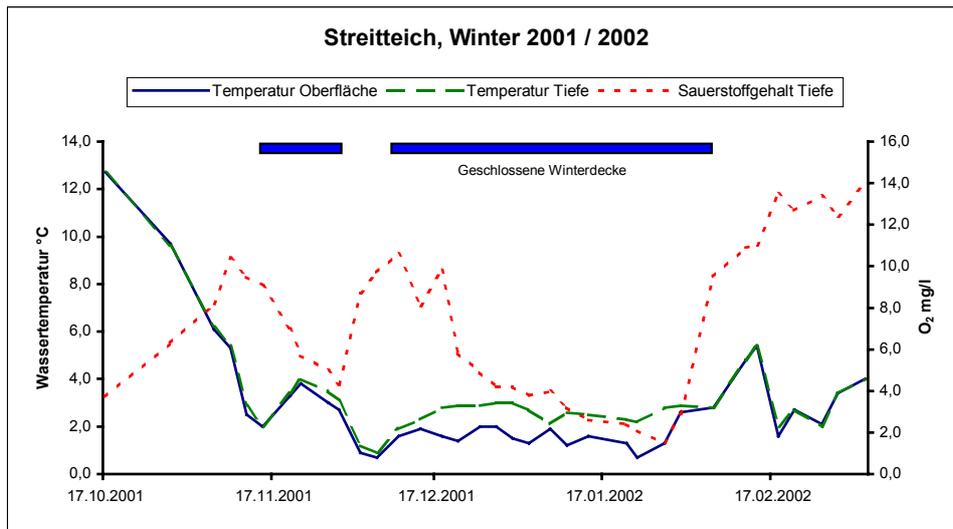


Abb. 99: Verlauf von Wassertemperatur und Sauerstoffgehalt im Streitteich, Kaltenbacheich und Mitterhölleiteich in den Wintermonaten 2001/2002

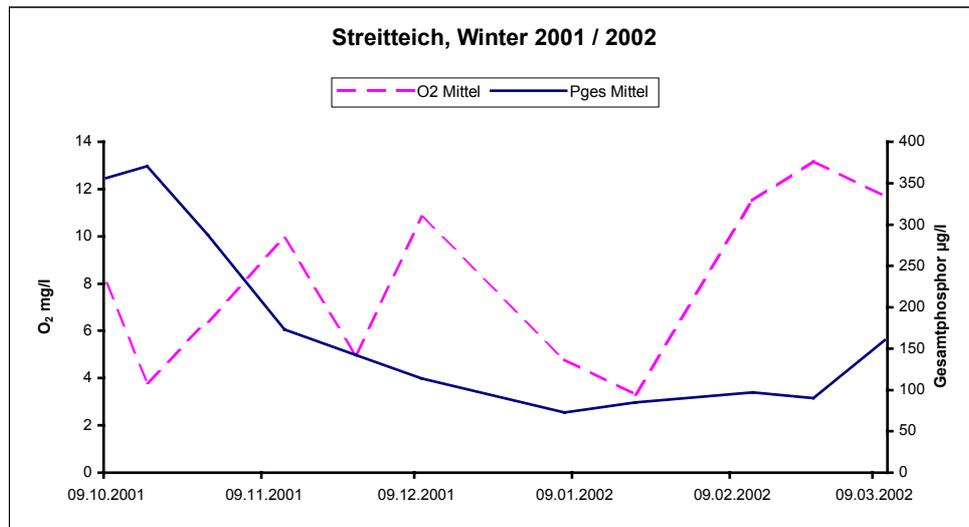


Abb. 100: Verlauf von Gesamtphosphor und Sauerstoffgehalt im Streitteich in den Wintermonaten 2001/2002

Tab. 21: Monatsmittelwerte, Minima und Maxima ausgewählter Parameter im Winter 2001/2002

|                                  | <b>Streitteich</b>   | <b>Kaltenbachteich</b>  | <b>Mitterhölleiteich</b>   |
|----------------------------------|--|---|--|
| <b>Wassertemperatur<br/>°C</b>   | Nov.: 3,6<br>Dez.: 1,9<br>Jan.: 2,0<br>Feb.: 3,3<br>Min./Max.: 0,7 – 6,2   | Nov.: 4,6<br>Dez.: 2,3<br>Jan.: 2,6<br>Feb.: 3,5<br>Min./Max.: 1,0 – 7,4    | Nov.: 4,0<br>Dez.: 1,9<br>Jan.: 1,8<br>Feb.: 4,2<br>Min./Max.: 0,7 – 7,3   |
| <b>Sauerstoffgehalt<br/>mg/l</b> | Nov.: 8,0<br>Dez.: 8,6<br>Jan.: 3,8<br>Feb.: 12,0<br>Min./Max.: 1,5 – 13,7 | Nov.: 10,5<br>Dez.: 10,4<br>Jan.: 6,7<br>Feb.: 9,8<br>Min./Max.: 4,6 – 12,2 | Nov.: 7,2<br>Dez.: 7,0<br>Jan.: 4,3<br>Feb.: 11,8<br>Min./Max.: 1,1 – 13,3 |
| <b>Sauerstoffsättigung<br/>%</b> | Nov.: 65<br>Dez.: 66<br>Jan.: 30<br>Feb.: 96<br>Min./Max.: 12 – 106        | Nov.: 87<br>Dez.: 81<br>Jan.: 53<br>Feb.: 79<br>Min./Max.: 37 – 98          | Nov.: 59<br>Dez.: 54<br>Jan.: 33<br>Feb.: 97<br>Min./Max.: 9 – 107         |
| <b>Gesamtphosphor<br/>µg/l</b>   | Nov.: 158<br>Dez.: 114<br>Jan.: 77<br>Feb.: 94<br>Min./Max.: 65 – 390      | Nov.: 32<br>Dez.: 22<br>Jan.: 22<br>Feb.: 24<br>Min./Max.: 19 – 33          | Nov.: 236<br>Dez.: 175<br>Jan.: 127<br>Feb.: 135<br>Min./Max.: 105 – 290   |

## 4. Diskussion

### 4.1. Senderimplantation und deren Auswirkungen auf das Versuchstier

#### 4.1.1. Implantationstechnik – chirurgische Methode

Bei der Untersuchung des Verhaltens von Tieren in ihrem natürlichen Lebensraum ist die Wahl der geeigneten Methode von großer Bedeutung. Grundvoraussetzung ist, dass die gewählte Methode das Verhalten des Tieres nicht beeinträchtigt. Gerade bei Techniken, die einen invasiven Eingriff darstellen - wie die Implantation eines Senders - ist dies besonders zu beachten. Die grundsätzliche Eignung der Implantation von biotelemetrischen Sendern bei Fischen ist anhand zahlreicher Untersuchungen gut dokumentiert (z.B. MINOR & CROSSMAN 1978, TYUS 1988, BEYERS & CARLSON 1993). Die Operationen, die im Zuge der vorliegenden Arbeit durchgeführt wurden, verliefen allesamt völlig komplikationslos. Die Versuchsfische erholten sich rasch. In der postoperativen Hälterung, vor dem Verbringen in die Winterteiche, waren keine zusätzlichen Maßnahmen notwendig, um etwa sekundäre Pilzerkrankungen abzuwehren. Diese Unkompliziertheit von Senderimplantationen beim Karpfen wird auch von OTIS & WEBER (1982) bestätigt. Die beiden Autoren berichten, dass die Karpfen nach dem Eingriff höchstens 48 Stunden gehältert bzw. in einem anderen Fall sogar sofort wieder ausgesetzt wurden. Das Aussetzen der Fische unmittelbar nach der Operation bzw. mit nur kurzer Erholungszeit von der Betäubung, wurde auch bei anderen Spezies, z.B. den Salmoniden *Oncorhynchus clarki* (BROWN & MACKAY 1995) und *Salmo trutta* L. (OVIDIO et al. 1998), durchgeführt. Die sofortige Freilassung soll sich günstig auf die Fische auswirken und weniger Stress verursachen (HART & SUMMERFELT 1975). Dennoch wird von vielen Autoren eine kurze Hälterung durchgeführt, um bei Komplikationen eingreifen zu können (z.B. BEYERS & CARLSON 1993). Da im Zuge der vorliegenden Untersuchungen keine unmittelbaren postoperativen Komplikationen auftraten, ist es durchaus denkbar, dass ein sofortiges Aussetzen nach der Operation zu keinerlei Verlusten oder anderen Problemen geführt hätte. Trotzdem ist eine Zwischenhälterung zu empfehlen. Diese ermöglicht, wie schon erwähnt, das Eingreifen bei Problemen und ist auch vom tierschutzrelevanten und ethischen Standpunkt geboten. Letztere werden in der Literatur generell zu wenig beachtet (SMOLOWITZ & WILEY 1998). Man gibt sich im Allgemeinen damit zufrieden, dass die angewandte Technik keine verhaltensmodifizierenden Auswirkungen hat, welche die Aussagekraft der Untersuchung beeinträchtigen könnten. Den Versuchsfischen sollte jedoch unnötiges Leiden erspart werden, wie es etwa durch unmittelbare postoperative Komplikationen bedingt sein könnte. Sobald die Versuchsfische freigelassen worden sind, ist ein Eingreifen jedenfalls nicht mehr möglich. Folgedessen ist sicherzustellen, dass die Tiere in gutem Zustand ausgesetzt werden und Zeit hatten, den Stress der Operation abzubauen. Der Stress, den das Herauskeschern aus der Hälterung verursacht, scheint in diesem Zusammenhang vertretbar, wenn dafür eine Überwachung der Karpfen möglich ist. Da es ohnehin nicht ratsam ist, unmittelbar nach der Operation mit der Datenaufnahme zu beginnen, sondern den Fischen eine gewisse Erholungszeit zuzugestehen (MARTINELLI et al. 1998), kann dies sinnvollerweise zusammen mit der Kontrollfunktion in der Hälterung erfolgen.

Der allgemein gute Gesundheitszustand der besenderten Karpfen nach jedem Winter, ist als Hinweis für die prinzipielle Eignung der Methode beim Karpfen zu werten. Darüber wird später berichtet. Im Folgenden sollen die klinisch-pathologischen Auswirkungen der Senderimplantation, wie sie sich nach der Winterung darstellten, besprochen werden. Die makroskopischen Befunde der Operationswunde und der Pforte des Antennenkanals haben ergeben, dass 20 Versuchsfische in die ersten beiden Gewebereaktionsstufen einzuteilen sind und 9 in die letzten beiden. Auf die vierte Stufe selbst entfallen dabei nur zwei Karpfen. Die klinisch-pathologischen Gewebeveränderungen an der Operationswunde, die sich vor allem auf den unmittelbaren Bereich der Nähte erstreckten, hätten zumindest verringert werden können, wenn absorbierbares Nahtmaterial zur Anwendung hätte kommen können. Die Probleme, die bei langer Verweildauer von chirurgischen Nähten auftreten können, von der Einwachsung der Epidermis entlang der Nähte bis zur Abszessbildung, sind von Säugetieren hinreichend bekannt (z.B. WINTER 1974). Im Zuge der vorliegenden Arbeit mussten jedoch die niedrigen Wassertemperaturen im Winter und deren Auswirkung auf die Wundheilung berücksichtigt werden. Grundsätzlich ist die Wundheilung bei Fischen mit jener bei Säugetieren vergleichbar. Die einzelnen Stadien der Wundheilung laufen bei unterschiedlichen Temperaturen zwar grundsätzlich gleich ab, bei niedrigeren kommt es jedoch zu einer entsprechenden Verlangsamung bzw. einer merklichen Hemmung (ROBERTS et. al 1973, ANDERSON & ROBERTS 1975). Darüber hinaus spielen bei der Wundheilung auch der Ernährungszustand der Fische und Stressfaktoren eine Rolle (MAWDESLEY-THOMAS & BUCKE 1973). In Bezug auf den Ernährungszustand wie auch die Stressfaktoren bietet der Winter für die Karpfen denkbar ungünstige Bedingungen. Wie sich bei der Sektion der Versuchsfische herausstellte, war die Wundheilung tatsächlich noch nicht abgeschlossen. Die Wunden klafften nach dem Entfernen der Nähte vom Peritoneum her. Wäre absorbierbares Nahtmaterial verwendet worden, hätten sich die Nähte vor der vollständigen Verheilung der Operationswunde aufgelöst und die Wunde hätte sich möglicherweise, unterstützt durch die Bewegungen des Karpfens, geöffnet. Das hätte für die Versuchsfische letal sein können, auf jeden Fall aber den Verlust des Senders bedeutet. PRINCE & MAUGHAN (1978) führten Senderverluste bei *Lepomis macrochirus* auf das Versagen absorbierbarer Nähte zurück. Die Verluste ließen sich eliminieren als sie auf herkömmliches nichtabsorbierbares Nahtmaterial umstellten.

Die Schnittführung medioventral entlang der Linea alba stellte sich nicht als nachteilig heraus. Bei dieser Schnittführung ist die Gefahr, Organe der Leibeshöhle zu verletzen, bei entsprechender Vorsicht gering und eine exakte medioventrale Positionierung des Senders unmittelbar dorsal des Beckengürtels ist gewährleistet. Die Sektion und Röntgenaufnahmen der Versuchsfische bestätigten dies. Die medioventrale Schnittführung wurde in einer Reihe von telemetrischen Arbeiten an Fischen erfolgreich durchgeführt (z.B. PEDERSEN & ANDERSEN 1985, BEYERS & CARLSON 1993). Trotzdem plädieren einige Autoren dafür, den Schnitt etwas lateral zu setzen (z. B. ZIBELL 1973, TYUS 1988). Damit soll gewährleistet werden, dass das Gewicht des Senders nicht auf der Wunde lastet und diese dadurch möglicherweise aufbricht. In der vorliegenden Arbeit traten derartige Komplikationen nicht auf. Wie die Röntgenaufnahmen und die Sektion der Versuchsfische zeigten, befanden sich die Sender zum größten Teil direkt dorsal des Beckengürtels und nur der caudale Teil lag unmittelbar dorsal der Operationswunde. SCHRAMM & BLACK (1984) verglichen beide Techniken beim Graskarpfen (*Ctenopharyngodon idella*) und gaben jedenfalls der medioventralen gegenüber der lateralen Schnittführung den Vorzug. Auch MARTY & SUMMERFELT (1986) zogen bei

ihrer Studie über Implantate bei *Ictalurus punctatus* eine medioventrale Schnittführung vor. Einer der Gründe ist eine verringerte Blutungsgefahr gegenüber der lateralen Schnittführung. Während den Operationen im Rahmen der vorliegenden Untersuchung konnten ebenfalls keine oder allenfalls nur sehr geringe Blutungen beobachtet werden. Der Kanal in der Körperwand, der mittels der Venenverweilkanüle für die Antenne bereitgestellt wurde, ist in der Literatur nicht unumstritten (MARTY & SUMMERFELT 1986), obgleich diese Technik bereits in anderen Studien und bei verschiedenen Spezies, beispielsweise bei *Oncorhynchus tshawytscha*, erfolgreich zur Anwendung kam (ADAMS et al. 1998a, b). Die Problematik besteht darin, dass durch transkutane Implantate eine mögliche Pforte für Krankheitserreger ins Körperinnere geöffnet wird und somit eine Infektion begünstigt werden könnte (z.B. WINTER 1974, DASSE 1984). Die Auswirkungen von transkutanen Implantaten auf den Organismus, insbesondere auch die Gewebereaktionen, sind ein gut und bereits früh untersuchtes Gebiet (z.B. WINTER 1974). Dies nicht zuletzt Dank der Humanmedizin, welche solche Implantate in vielfältiger Weise einsetzt. Ist ja auch eine Venenverweilkanüle ein transkutanes Implantat und die Probleme mit Infektionen in diesem Zusammenhang sind wohlbekannt (z. B. FREEMAN & KING 1975). Einer der Gründe, warum der Antennenkanal als Schwachpunkt der Implantationstechnik gesehen wird, ist die Möglichkeit, die generell für transkutane Implantate gilt, dass es zu einer Einwachsung der Epidermis und damit zu einer Sinusbildung kommen kann, welche für Pathogene einen Weg in die Leibeshöhle bereitstellen könnte. Die mechanische Beanspruchung des Kanals durch das freie Flotieren der Antenne gemeinsam mit den Bewegungen des Fisches, könnten verstärkend hinzukommen. Bei transkutanen Implantaten beim Hausschwein wurden Infektionen über derartige Infektionswege beschrieben (DASSE 1984). Hingegen sprechen sich MYOJIN & VON RECUM (1978) in ihrer Studie an Hunden gegen die Möglichkeit einer Infektion entlang eines transkutanen Implantates aus. Die Körperabwehr verhinderte in diesem Fall, dass sich eine Infektion, die an der Hautoberfläche begann, über das gesamte Implantat in den Körper ausbreitete. Im Zuge der vorliegenden Untersuchung konnte abseits der üblichen klinisch-pathologischen Gewebereaktionen eines entzündlichen Prozesses, der mehr oder weniger deutlich vorhanden war, keine Anzeichen von bakteriell bedingten oder von Pilzen verursachten Infektionen an der äußeren Pforte des Antennenkanals festgestellt werden. Entzündliche Prozesse an der Pforte des Antennenkanals sind hingegen nichts Ungewöhnliches und wurden beispielsweise auch von KNIGHTS & LASEE (1996) und ADAMS et al. (1998b) beschrieben. Wie die Ergebnisse der vorliegenden Untersuchung zeigen, waren in manchen Fällen die Wundränder mehr oder weniger stark aufgeworfen und die Pforte trichterförmig erweitert. Schwere nekrotische Gewebeveränderungen, wie sie bei der Operationswunde mitunter zu beobachten waren, traten im Bereich des Antennenkanals nicht auf. Die trichterförmige Erweiterung dürfte eine Folge der mechanischen Beanspruchung durch die frei im Wasser flotierende Antenne sein. Im Zuge der Sektion konnten an der inneren Pforte des Antennenkanals keine auffälligen klinisch-pathologischen Gewebereaktionen festgestellt werden. Die Pforte war in die, den Sender umgebende Gewebekapsel integriert, die an dieser Stelle mit dem Peritoneum in Verbindung stand. In der vorliegenden Untersuchung konnte jedenfalls eine Infektion über den Antennenkanal oder eine anderweitige Beeinträchtigung über den Antennenkanal ausgeschlossen werden. Was die mögliche Einwachsung der Epidermis betrifft, so wären weitere Untersuchungen wünschenswert. Die mechanische Beanspruchung durch die frei flotierende Antenne könnte durch eine zusätzliche Naht, die die Antenne posterior der Pforte an der Körperwand befestigt, minimiert werden (ADAMS et al. 1998a,

MARTINELLI et al. 1998). Die möglichen Komplikationen durch diese zusätzliche Naht müssten jedoch in Kauf genommen werden. Wie die vorliegende Untersuchung zeigt, ist diese zusätzliche Befestigung nicht unbedingt notwendig und kann beim Karpfen unterbleiben.

Inwieweit die postoperative intraperitoneale Gabe eines Antibiotikums zum guten Ergebnis der Untersuchungen beigetragen haben könnte, lässt sich nicht feststellen. In der Literatur liegen diesbezüglich widersprüchliche Berichte vor. So finden sich Studien, die sowohl mit (z. B., ADAMS et al. 1998a,b, MARTINELLI et al. 1998) als auch ohne intraperitoneale Antibiotikagabe (z. B. PEDERSEN & ANDERSEN 1985, BEYERS & CARLSON 1993) gute Ergebnisse bezüglich der postoperativen Mortalitätsrate erzielten. SUMMERFELT & SMITH (1990) empfehlen jedenfalls, neben der obligaten Wundversorgung, die postoperative Anwendung von Antibiotika bei Fischen um Peritonitis und systemische Infektionen zu verhindern.

KNIGHTS & LASEE (1996) berichteten in einer Studie an *Lepomis macrochirus*, die mit implantierten Sendern versehen waren, dass niedrigere Wassertemperaturen die Mortalität senkten und Entzündungen verzögerten. Dieser Faktor könnte sich auch bei der vorliegenden Arbeit positiv ausgewirkt haben.

Das Verenden der beiden Versuchsfische, welche die Winterung nicht überlebt haben, war aus den im Ergebnisteil genannten Gründen wahrscheinlich nicht auf die Implantationstechnik zurückzuführen. Vergleicht man also die Ergebnisse der vorliegenden Untersuchung mit andern Studien, so kann man davon ausgehen, dass die Methode der Senderimplantation für Langzeitstudien über den Winter - zumindest bei dreisömmerigen Karpfen - sehr gut geeignet ist. An vergleichbaren Studien beim Karpfen fehlt es insofern, als in der verfügbaren Literatur meist nicht von einem Wiederfang ausgegangen wurde und keine bzw. nur spärliche Angaben über etwaige Auswirkungen der Besenderung und die Mortalitätsrate der Versuchsfische vorhanden sind (z.B. JOHNSEN & HASLER 1977, OTIS & WEBER 1982). Anders sieht es hingegen bei Untersuchungen an anderen Spezies aus. Hier werden ähnlich gute Ergebnisse erzielt wie in der vorliegenden Studie. So wird zum Beispiel von einer Überlebensrate von 100 % beim Lachs (*Salmo salar*) nach 6 Monaten (MOORE et al. 1990) oder beim Graskarpfen (*Ctenopharyngodon idella*) (BEYERS & CARLSON 1993) berichtet. Auf der anderen Seite werden allerdings teilweise sehr hohe Mortalitätsraten verzeichnet, zum Beispiel bis zu 45 % beim Felsenbarsch (*Morone saxatilis*) (verschiedene Autoren in MULFORD 1984) oder zwischen 10 und 50 % beim Aal (*Anguilla anguilla*) (BARAS & JEANDRAIN 1998). Dabei ist immer zu berücksichtigen, wie das Größen- und Gewichtsverhältnis von Sender und Versuchsfisch aussieht, wie alt bzw. wie groß die Versuchsfische sind und welche chirurgische Methode zur Anwendung kommt. Bezüglich der Aussagekraft der Mortalitätsraten von Laborexperimenten für Freilandstudien betonen JEPSEN & AARESTRUP (1999), dass es von grundsätzlicher Bedeutung ist, die möglichen Auswirkungen von implantierten Sendern auf die Versuchsfische in jener Umgebung zu untersuchen, in der auch die biotelemetrische Arbeit geplant ist. Laboruntersuchungen als Basis für Freilandstudien begegnen sie daher mit Vorsicht. Diese Forderung wurde in der vorliegenden Untersuchung erfüllt und bei sorgfältiger Durchführung kann die dargestellte Methode zur Implantation von biotelemetrischen Sendern in Karpfen empfohlen werden.

#### 4.1.2. Der Sender in der Leibeshöhle

Bildgebende Verfahren wie Röntgenuntersuchungen können auch bei Fischen als wertvolles nichtinvasives diagnostisches Mittel eingesetzt werden (BRUNO 1990, HUML et al. 1993, SMITH & SMITH 1994, LOVE & LEWBART 1997). Es finden sich in der Literatur auch Beispiele für Anwendungen beim Karpfen (z.B. BARLOW 1993, BAKAL et al. 1998, BÖTTCHER & BÖTTCHER 2000). In der vorliegenden Untersuchung wurden die Röntgenbilder zur Lagebestimmung des Senders vor der Sektion der Versuchsfische verwendet. Wie die Röntgenaufnahmen zeigten, lag der Sender etwa in der Medianebene, teilweise etwas lateral ausgelenkt oder cranial aufgekippt. Die Aufnahmen des Computertomographen (CT) waren trotz der Möglichkeit einer 3D-Rekonstruktion, aufgrund der Strahlungsartefakte, die durch die Metallteile des Senders verursacht wurden, nicht so aufschlussreich wie die Röntgenbilder. Grundsätzlich konnte die Lage des Senders, wie sie sich auf den Röntgenaufnahmen präsentierte, bestätigt werden. Auch bei der Sektion konnte die Lage des jeweiligen Senders ermittelt werden. SCHRAMM & BLACK (1984) berichten von einer gewissen Mobilität des Senders bei Graskarpfen (*Ctenopharyngodon idella*) innerhalb der Leibeshöhle und schlagen eine zusätzliche Fixierung des Senders vor. In der vorliegenden Untersuchung konnten keine Hinweise auf eine Sendermobilität in der Leibeshöhle gefunden werden. Auf den Röntgenaufnahmen und bei der Sektion präsentierten sich die Sender so, wie sie in die Leibeshöhle eingeführt wurden. Die geringfügigen lateralen Auslenkungen und die Fälle, in denen der Sender leicht cranial aufgekippt war, könnten den Grund darin haben, dass der Sender bereits in dieser Position in die Leibeshöhle eingeführt wurde. Geringfügige Lageveränderungen nach der Implantation sind ebenfalls möglich. Eine Gewebekapsel, welche den Sender im Zuge eines chronisch entzündlichen Prozesses umgibt, wird in der Folge noch zu besprechen sein. Sie soll die Mobilität des Senders innerhalb der Leibeshöhle verhindern und so zum Schutz der Viscera beitragen (PEDERSEN & ANDERSEN 1985). Diese Kapsel besteht jedoch nicht von Anfang an und muss erst als Reaktion des Organismus auf den Sender gebildet werden. Möglicherweise kommt der Antenne zusätzlich eine stabilisierende Funktion zu. Es konnten bei keinem untersuchten Karpfen Anzeichen von Schäden an Organen der Leibeshöhle, Infektionen oder eine Peritonitis festgestellt werden. Hinweise oder Vorstufen einer Ausstoßung des Senders über die Körperwand (*Ictalurus punctatus*, MARTY & SUMMERFELT 1986), die Operationswunde (*Ctenopharyngodon idella*, SCHRAMM & BLACK 1984, *Lepomis macrochirus*, KNIGHTS & LASEE 1996) oder den Darm (*Ictalurus punctatus*, SUMMERFELT & MOSIER 1984, *Salmo gairdneri* CHISHOLM & HUBERT 1985) waren ebenfalls nicht vorhanden. Erwähnt werden muss in diesem Zusammenhang, dass das Sendergewicht in Wasser weit unter den, von SUMMERFELT & MOSIER (1984) geforderten, 1,75 % des Fischgewichtes in Luft lag und zwar zwischen 0,21 und 0,39 %. SUMMERFELT & MOSIER (1984) stellen diesbezüglich fest, dass bei einem Sendergewicht (in Wasser) von 2 % des Fischgewichts (in Luft) die Senderverluste höher waren als bei Sender die nur 1 % des Fischgewichts aufwiesen. Darüber hinaus zitieren sie Arbeiten, in denen das Sendergewicht (in Wasser) bei nur 0,25 – 0,39 % des Fischgewichts (in Luft) lag und die keinerlei Probleme mit Senderausstoßungen beschrieben. Das geringe Gewicht des Senders gegenüber den Versuchsfischen könnte sich auch in der vorliegenden Arbeit positiv ausgewirkt haben. Ähnliches könnte auch für die niedrige Wassertemperatur gelten, denn wie KNIGHTS & LASEE (1996) berichten, spielt die Wassertemperatur bei dem Phänomen der Senderausstoßung möglicherweise eine Rolle. Während 15 % der mit implantierten

Sendern versehenen Exemplare von *Lepomis macrochirus* bei 20 °C ihren Sender verloren, war das bei 6 °C bei keinem einzigen Fisch der Fall.

Der Sender selbst war bei den besenderten Karpfen von einer mehrlagigen Gewebekapsel umschlossen. MARTY & SUMMERFELT (1986) vergleichen entsprechende Kapseln bei *Ictalurus punctatus* mit ähnlichen Phänomenen bei Säugetieren. Sie zitieren aus HENCH & ETHRIDGE (1982), dass die Anwesenheit von Implantaten in Säugetieren immer eine Reaktion im angrenzenden Gewebe auslöst. Im Idealfall eines sterilen und inerten Implantates hüllt Bindegewebe, als Antwort auf den Fremdkörper, diesen vollkommen in einer Kapsel ein (WILLIAMS 1981).

Die Gewebekapseln, welche in der vorliegenden Arbeit untersucht wurden, wiesen eine Dicke von 0,5 bis 2,5 mm auf. MARTY & SUMMERFELT (1988) berichten, dass die Kapsel bei *Ictalurus punctatus* 0,1 – 2 mm dick war. Bei *Salmo gairdneri* betrug die Kapseldicke nach 7 Monaten 0,5 – 2,5 mm (LUCAS 1989). Teilweise bestand eine Adhäsion zwischen der Gewebekapsel und Teilen der Leber, des Darmes und der peritonealen Oberfläche im Bereich der Operationswunde. Dieses Phänomen der Einkapselung von implantierten biotelemetrischen Sendern und der Adhäsion der Kapsel mit internen Viscera ist bei den unterschiedlichsten Fischarten schon mehrfach beschrieben worden. So zum Beispiel von SUMMERFELT & MOSIER (1984) und MARTY & SUMMERFELT (1986, 1988) für *Ictalurus punctatus*, CHISHOLM & HUBERT (1985) und LUCAS (1989) für *Salmo gairdneri*, MOORE et al. (1990) für *Salmo salar*, KNIGHTS & LASEE (1996) für *Lepomis macrochirus* und TYUS (1988) für *Ptychocheilus lucius* und *Xyrauchen texanus*. OTIS & WEBER (1982) erwähnen eine Studie am Karpfen (*Cyprinus carpio*), die ebenfalls von eingekapselten Sendern zu berichtet weiß. Diese Gewebekapsel entsteht im Zuge eines chronisch entzündlichen Prozesses, welcher eine Reaktion des Organismus auf den Sender darstellt. Es handelt sich hierbei um eine klassische Fremdkörperreaktion („foreign body reaction“, COLEMAN et al. 1974), vergleichbar auch mit der Reaktion von Fischen auf Endoparasiten (z.B. ARME & OWEN 1970, ELARIFI 1982, HOLE & ARME 1982). Es ist allerdings zu beobachten, dass die Kapseln bei Implantaten mehrere Zellschichten dick sind, wie auch die vorliegende Untersuchung bestätigt, hingegen die Kapseln, die als Reaktion auf einen Endoparasiten gebildet werden, nur einige wenige Zellschichten aufweisen (MARTY & SUMMERFELT 1988). MARTY & SUMMERFELT (1986) sehen in der Gewebekapsel eine temporäre Barriere gegen Pathogene und schreiben ihr eine gewisse Schutzfunktion zu, die mangels eines Epithels allerdings nur unvollkommen sein kann. Die stabilisierende Wirkung der Kapsel auf den Sender und den Schutz der internen Viscera wurde bereits angesprochen. Die Temperatur spielt bei der Kapselbildung nur insofern eine Rolle, als bei niedrigeren Wassertemperaturen die Bildung langsamer verläuft. McQUEEN et al. (1973) berichten hierzu, dass die Einkapselung einer Metacercarie bei *Pleuronectes platessa* bei 5 und 15 °C prinzipiell gleich ablief, bei 5 °C jedoch langsamer vor sich ging. Die Bildung einer Kapsel bzw. die Kapsel selbst soll auch im Prozess der sogenannten Senderausstoßung eine Rolle spielen (MARTY & SUMMERFELT 1986, VOGELBEIN & OVERSTREET 1987). Dies steht allerdings im Widerspruch zur Meinung von PEDERSEN & ANDERSEN (1985), die der Gewebekapsel eine stabilisierende Wirkung zuschreiben.

Für Cypriniden fehlen detaillierte histologische Untersuchungen von Gewebekapseln als Reaktion auf implantierte biotelemetrische Sender. Lediglich für Kapselbildungen infolge von parasitären Infektionen gibt es Untersuchungen an Cypriniden (z.B. HOLE & ARME 1982).

Der histologische Aufbau einer solchen Kapsel um einen biotelemetrischen Sender bei *Ictalurus punctatus* wurde von MARTY & SUMMERFELT (1988) und bei *Salmo gairdneri* von LUCAS (1989) beschrieben. Die Kapsel bildet sich durch Proliferation von Granulationsgewebe von jeder peritonealen oder anderen serösen Oberfläche, die in Kontakt mit dem Sender kommt (MARTY & SUMMERFELT 1988). Hauptbestandteil bildet jeweils eine kollagene Gewebematrix als Basis. An beteiligten Zelltypen wurden u.a. Fibroblasten, Erythrocyten und eine Anzahl von Leukozyten (polymorphkernige, neutrophile und eosinophile Granulozyten, sowie Makrophagen und Lymphocyten) genannt (MARTY & SUMMERFELT 1986, 1988, LUCAS 1989). Die Anzahl der jeweiligen Zelltypen und ihr Verhältnis zu einander schwankt von Spezies zu Spezies, ja von Studie zu Studie bei ein und der selben Spezies. Sie ist zudem abhängig vom Alter der Gewebekapsel. Einen bedeutenden Bestandteil einer Kapsel bildet die Gefäßversorgung. Nach COLEMAN et al. (1974) beginnt die Vaskularisation beim Säuger etwa 3 bis 6 Tage postoperativ. Für Fische bestätigen MARTY & SUMMERFELT (1986) und LUCAS (1989) das Vorhandensein von Blutgefäßen. LUCAS (1989) berichtet, dass die Vaskularisation jedoch mit der Zeit abnimmt. So waren nach 7 Monaten weniger Blutgefäße vorhanden als nach einem Monat. Auch die histologischen Präparate der vorliegenden Untersuchung zeigen eine Blutgefäßversorgung vor allem im peripheren Bereich der Kapsel. Der zelluläre Aufbau der Kapsel, wie er sich in der vorliegenden Untersuchung präsentiert, beinhaltet Fibroblasten, Erythrocyten, Lymphocyten und weitere Leukozyten, welche nicht näher differenziert wurden. In der vorliegenden Untersuchung konnte das Vorhandensein von reifem Kollagen in der Kapsel, obwohl wahrscheinlich, nicht einwandfrei nachgewiesen werden. Die Fasern färbten sich mit AZAN nur sehr blassblau. Allein im peripheren Bereich der Kapsel fanden sich einige stärker gefärbte Fasern. Im Gegensatz dazu zeigten etwa die kollagenen Bestandteile der Gefäße eine tiefblaue Färbung. Dieser Umstand ist nach mehr als vier Monaten bemerkenswert. Diese Ergebnisse könnten den Schluss nahe legen, dass sich der chronisch entzündliche Prozess und damit die Kapsel – als beginnendes Granulationsgewebe – in einem frühen Stadium befanden. Als Indiz hierfür könnte auch gewertet werden, dass es sich bei den dicken Fasern im zentralen Bereich der Gewebekapsel möglicherweise um gealtertes Fibrin handelt. VOGELBEIN & OVERSTREET (1987) berichten, dass im Anfangstadium der chronischen Entzündung die Kapsel aus einem losen Netzwerk von Fibrin besteht, welches von Leukozyten und Fibroblasten infiltriert wird. In weiterer Folge entwickelt sich Granulationsgewebe und im peripheren Teil der Kapsel beginnt sich allmählich Kollagen abzulagern. Folgt man COLEMAN et al. (1974), könnte man sagen, dass sich der Prozess der Fremdkörperreaktion in einer Phase befindet, die bei Säugern am 4. oder 5. postoperativen Tag auftritt und am sechsten beendet ist. Abgesehen von den Stoffwechselunterschieden zu Säugern spielt hier wahrscheinlich die Wassertemperatur eine große Rolle. Es wurde ja weiter oben bereits erwähnt, dass die Kapselbildung bei unterschiedlichen Temperaturen unterschiedlich rasch abläuft. LUCAS (1989) gibt an, dass nach einem Monat die Einkapselung des Senders erst bei 55 % der Regenbogenforellen abgeschlossen war. Weiter berichtet er, dass bei den 7 Monate alten Kapseln der Anteil an Kollagen größer war als bei den einen Monat alten. Die Wassertemperatur während des Untersuchungszeitraumes wurde nicht exakt aufgezeichnet, schwankte aber zwischen 3 und 19,5 °C. Wahrscheinlich waren die Wassertemperaturen zu Beginn und am Ende der Untersuchung am niedrigsten, da LUCAS (1989) seine Arbeiten im April startete. Bedenkt man, dass auch bei LUCAS (1989) nach einem Monat erst gut die Hälfte der Sender in einer Bindegewebskapsel eingeschlossen waren und stellt man weiter in Rechnung, dass

mit der Regenbogenforelle ein Fisch vorlag, der an niedrigere Wassertemperaturen angepasst ist als der Karpfen, dann scheint die temperaturbedingte Verzögerung bei der Bildung des Granulationsgewebes beim Karpfen, selbst nach vier Monaten, plausibel.

Wie die vorliegende Untersuchung zeigt, wurde durch den Sender in der Leibeshöhle der Versuchsfische ein chronisch entzündlicher Prozess ausgelöst. Dieser Prozess verlief aufgrund der niedrigen Wassertemperaturen und des infolgedessen reduzierten Stoffwechsels der Versuchsfische derart verlangsamt ab, dass auch nach vier Monaten erst die beginnende Bildung von Granulationsgewebe beobachtet werden konnte. Der Sender war bereits von einer Gewebekapsel umschlossen, welche in ihrem zentralen Teil möglicherweise gealtertes Fibrin und im peripheren Abschnitt sich entwickelndes Granulationsgewebe mit der beginnenden Ablagerung von Kollagen aufwies.

#### 4.1.3. Allgemeiner Gesundheitszustand nach der Winterung

Wie wichtig eine gute Kondition der Karpfen im Herbst für eine erfolgreiche Überwinterung ist, wird in der einschlägigen Literatur einhellig betont (z.B. HOFMANN et al. 1987, BOHL 1999). Ein Maß für die Kondition eines Karpfens ist der Korpulenzfaktor. Er gilt als Qualitätskriterium bei Zuchtfischen. Der optimale Bereich, in dem sich der Korpulenzfaktor befinden sollte, variiert von Spezies zu Spezies und liegt für den Karpfen zwischen 2,0 und 2,5 (HAAS 1982) bzw. 2,0 und 2,2 (SCHWARZ 1998). Ergibt die Berechnung einen Korpulenzfaktor von unter 1,5, so besteht beim Karpfen akute Lebensgefahr (LUKOWICZ & GERSTNER 1998). Die Abnahme des Korpulenzfaktors während der Winterung sollte möglichst gering bleiben, da es sonst zu erhöhten Winterverlusten und/oder Problemen im Frühjahr kommen kann. Eine Abnahme des Korpulenzfaktors von 15 - 20 % während der Winterung würde bedeuteten, dass die Fische starkem Stress unterliegen und anfällig für Parasiten und Krankheiten sind (LUKOWICZ & GERSTNER 1998). Bezüglich des Korpulenzfaktors, der erforderlich ist, um den Winter zu überstehen, gibt es Untersuchungen an einsömmrigen Karpfen (K1), die Korpulenzfaktoren zwischen 1,6 und 2,0 dringend empfehlen (SIGOW nach STEFFENS 1964).

So gesehen wurden die besenderten Karpfen durchaus erfolgreich überwintert. Im Winter 1999/2000 lag die durchschnittliche Veränderung des Korpulenzfaktors bei -2,3 %, im Winter 2000/2001 bei -1,7 % und im Winter 2001/2002 bei -0,7 %, weit davon entfernt, in einen gefährlichen Bereich abzugleiten. Gerade im Winter 1999/2000 kommt diesem Ergebnis Bedeutung zu, da bereits vor der Einwinterung die Hälfte der Karpfen einen Korpulenzfaktor von unter 2,0 aufwies. Trotzdem verursachte die Überwinterung 1999/2000 keinerlei Probleme. Es sei hier angemerkt, dass erfahrene Fischzüchter beim Waldviertler Karpfen einen Korpulenzfaktor von 1,9 vor der Überwinterung auch als ausreichend erachten (persönliche Mitteilung GRATZL).

Da in die Berechnung des Korpulenzfaktors auch das Gesamtgewicht des Fisches eingeht, liegt einer Abnahme des Korpulenzfaktors, bei gleichbleibender Totallänge, natürlich eine Gewichtsabnahme zu Grunde. Diese Gewichtsabnahmen betragen im Durchschnitt 2,3 % im Winter 1999/2000, 1,6 % im Winter 2000/2001 und 1,0 % im Winter 2001/2002. Vergleicht man diese Werte mit Angaben in der Literatur, dann darf man ebenfalls von einer erfolgreichen Überwinterung sprechen. So berichtet beispielsweise STEFFENS (1980) von Gewichtsabnahmen bei K2 und älteren Karpfen von durchschnittlich 6 % und MANN (1960) von Gewichtsabnahmen bei überwinterten Karpfen zwischen 1,1 - 15,6 %. HOFFMANN et al. (1987) und BOHL (1999) legen die gewöhnlichen Gewichtsverluste über den Winter mit 5 - 10 % fest, während SCHÄPERCLAUS (1961) und ZOBEL

(1991) von 5 – 15 % ausgehen. Bei jungen Karpfen können die Gewichtsverluste über den Winter noch erheblich höher liegen. So berichtet WŁODEK (1959) von durchschnittlichen Gewichtsverlusten bei K1 von 16,5 % und PROKEŠ et al. (1994) von Gewichtseinbußen zwischen 13,3 und 24,5 %. Die Gewichtsverluste rühren daher, dass die Karpfen während der Wintermonate aufgrund der niedrigen Wassertemperaturen einerseits einen geringeren Stoffumsatz haben, andererseits die Möglichkeiten der Nahrungsaufnahme und Verwertung eingeschränkt sind. Verluste an Körpersubstanz können so nur ungenügend ausgeglichen werden. Das trifft insbesondere dann zu, wenn die Tiere zu erhöhter Aktivität gezwungen sind, etwa durch negative Umweltbedingungen - wie etwa Sauerstoffmangel - oder Störungen durch Räuber, um hier nur zwei mögliche Ursachen zu nennen. Dass die besenderten Karpfen darüber hinaus sehr sensibel auf Aktivitäten auf dem Eis reagierten, konnte in der vorliegenden Arbeit nachgewiesen werden. Darauf wird noch zurückgekommen.

Gewichtsabnahmen während des Winters scheinen plausibel. Es traten jedoch auch sechs Fälle auf, in denen die Versuchstiere entweder kein Gewicht verloren oder sogar geringfügige Gewichtszunahmen zwischen 0,2 und 1,9 % aufwiesen. Dementsprechend änderte sich auch der Korpulenzfaktor nicht oder nahm ebenfalls geringfügig zu. Die Tatsache, dass die Fische im Frühjahr unmittelbar nach dem Auftauen der Eisdecke und noch vor der Frühjahrsabfischung vom Teichbewirtschafter mit hochwertigem Futter gefüttert wurden und das Futterangebot auch annahmen, könnte eine mögliche Erklärung sein. Fraglich bleibt warum nur vereinzelte Versuchsfische Gewichtszunahmen zeigten. Als Indiz für die ausgleichende Wirkung der Frühjahrsfütterung, die den Mangel an Naturnahrung überbrücken und die Kondition der überwinterten Karpfen stärken soll, könnte der generell niedrige Gewichtsverlust der Versuchsfische gelten. Die Fütterung zeitig im Frühjahr wird jedenfalls von verschiedenen Fachleuten empfohlen (z.B.: LASSLEBEN 1964, KOCH et al. 1982). Gewichtszunahmen über den Winter sind auch in der Literatur nicht unbekannt. WŁODEK (1959 und dort zitierte Autoren) berichten von Gewichtszunahmen bei K1 von bis zu 4,5 % und führen das darauf zurück, dass K1 generell noch lange in den Herbst hinein Nahrung aufnehmen und zeitig im Frühjahr wieder mit dem Fressen beginnen. Auch von einem K4, der eine Gewichtszunahme von 0,6 % aufwies, weiß WŁODEK (1959) zu berichten. Er führte diesen Umstand auf besonders günstige Winterungsbedingungen zurück.

## 4.2. Radiotelemetrische Positionsbestimmung

Die angewandte Methode zur Ermittlung der Positionspolygone durch mindestens zwei Peilungen, wie in Abschnitt 2.5. beschrieben, erwies sich für den Streitteich als geeignet. Bei den Versuchen mit den Referenzsendern beinhaltete in 90,6 % der Fälle das ermittelte Positionspolygon die tatsächliche Position des Senders. Für den Kaltenbachteich erreichte dieser Wert nur 71,4 %. Als Hauptursachen dieses niedrigen Wertes wurden die Peilungen von den Messpunkten 21 und 22 ermittelt. Beide liegen am Damm und die Fehlpeilungen haben ihren Grund vermutlich in Ablenkungen. Wurden die Peilungen von diesen Messpunkten nicht berücksichtigt, stieg der Wert auf 90 %. Diese Ablenkungen könnten im sogenannten topographischen Fehler begründet liegen. MACDONALD & AMLANER (1980) schätzen den topographischen Fehler in der terrestrischen Telemetrie als jenen Faktor ein, der den größten Einfluss auf die Qualität der Peilung ausübt. Durch die unterschiedlichsten topografischen Gegebenheiten kann es zu Ablenkungen, Reflexionen,

Abschwächungen und sogar Fokussierungen des Signals in verschiedene Richtungen kommen. Bei der Telemetry in Gewässern kommt noch die Schnittstelle Wasser–Luft hinzu. Der Kaltenbachtich verfügt über eine ausgeprägte von Westen nach Osten verlaufende tiefe Rinne in der Teichmitte. Der Grund steigt von dieser Rinne zum Ufer hin an und einige Felsen, wie sie überall im Waldviertel zu finden sind, flankieren diese Rinne. Zudem ist ein Teil des Südufers und das Ostufer von Wald begrenzt, der das Signal abgeschwächt reflektieren könnte. Möglicherweise sind besonders die Messpunkte am Damm dadurch beeinträchtigt. Um diesem Umstand im Kaltenbachtich Rechnung zu tragen, wurde, wenn möglich, auf Peilungen der Karpfen vom Damm aus verzichtet, um eine höhere Wahrscheinlichkeit für die Übereinstimmung des ermittelten Positionspolygons und der tatsächlichen Fischposition zu erhalten. Beim Streitteich sind diese Besonderheiten nicht zu finden. Hier gibt es keine ausgeprägte Rinne, keine Felsen und das Ufer ist weitgehend unbewaldet.

Methoden zur Positionsbestimmung besenderter Fische gibt es verschiedene, je nach Gewässertyp und Fragestellung. COHEN (1998) setzte eine ähnliche Methode wie in der vorliegenden Arbeit ein. Zur Positionsbestimmung von Piranhas (*Serrasalmus rhombeus*) in einem stehenden Gewässer führte er unter anderem mehrer Peilungen durch. Die Position des Fisches wurde durch den Schnitt der Peilungen markiert. COHEN (1998) arbeitete allerdings nicht vom Ufer, sondern von einem Boot aus. In der vorliegenden Untersuchung erwies sich die Peilung direkt auf dem Eis ja als unpraktikabel, da die Karpfen darauf mit Ausweichbewegungen reagierten und zudem der Zeitraum, in dem das Eis gefahrlos begehbar war, begrenzt war. Eine rein longitudinale Peilung entlang eines Bachverlaufes bzw. einer längeren Uferlinie, wie sie etwa von MEYER & PELZ (1998) angewendet wurde, kam bei den Versuchsteichen aufgrund ihrer Breite und Tiefe nur eingeschränkt in Frage. Es wäre bei dieser Methode keine genaue Aussage darüber möglich gewesen, in welchem Abstand sich der besenderte Karpfen zum Peilgerät befindet. Eine Peilung von drei Punkten aus, wie sie etwa von BARAS et al. (1998) oder OVIDIO et al. (1998) verwendet wurde, erhöht die Genauigkeit der Positionsbestimmung und ermöglicht zudem, etwaige Ortswechsel des Versuchsfisches zwischen den einzelnen Peilungen zu erkennen (MACDONALD & AMLANER 1980). Die Methode ist jedoch zeitaufwendiger als die Peilung von nur zwei Punkten. Da außerdem von der Annahme ausgegangen wurde, dass die Bewegungsaktivität der Fische im Winter gering ist und nicht so sehr kleine Ortsveränderungen, sondern bedeutende Positionswechsel innerhalb des Teiches festgestellt werden sollten, fällt dieser Nachteil kaum ins Gewicht. Zudem hätten in der Mehrzahl der Positionsbestimmungen kleine Ortsveränderungen keine Rolle im Ergebnis des ermittelten Positionspolygons gespielt, ja wären nicht einmal erfasst worden, da sich die ermittelten Positionspolygone im zwei- bis dreistelligen Quadratmeterbereich bewegten. Diese Peilgenauigkeit vom Ufer aus scheint - verglichen mit jenen in der Literatur - sehr bescheiden zu sein. DONNELLY et al. (1998) berichten etwa von einer Peilgenauigkeit von  $\pm 5$  m bei einer Fließgewässerbite von 15 – 20 m. Von 1 – 4 m<sup>2</sup> Genauigkeit bei einer Fließgewässerbite von 14 – 25 m berichten OVIDIO et al. (1998) und BARAS (1995) von 2,5 m<sup>2</sup> bei einer Fließgewässerbite von 26 m. PELZ & KÄSTLE (1989) geben im Nahbereich zum Sender (bis 5 m) sogar eine Peilgenauigkeit von  $\pm 5$  – 40 cm an. Der Grund für die großen Positionspolygone, die in der vorliegenden Untersuchung ermittelt wurden, liegt in der flächenmäßigen Ausdehnung der Versuchsteiche. Die oben angeführten Untersuchungen hatten nie über Distanzen von mehr als 30 m zu peilen und konnten daher den Fehlerwinkel klein halten und damit auch den ermittelten Aufenthaltsbereich. Bei den Teichen sind Peilungen über Distanzen von 40 – 60 und mehr

Meter erforderlich, was den Fehlerwinkel vergrößert. Eine Zunahme des Peilfehlers mit der Distanz konstatieren SIMPKINS & HUBERT (1998) bei ihren Untersuchungen in einem 0,6 m tiefen Kanal. MACDONALD & AMLANER (1980) stellen hierzu fest, allerdings für terrestrische Telemetrie, dass der sogenannte Triangulationsfehler mit der Entfernung zum Sender zunimmt. In der Regel beträgt er  $3 - 5^\circ$ , nimmt aber in 100 m Entfernung auf  $12^\circ$  zu. Dieser Wert ist zusätzlich abhängig von der topografischen Beschaffenheit der Landschaft und von Hindernissen zwischen Sender und Empfänger. Das Prinzip, dass der Fehlerwinkel mit der Entfernung zum Sender zunimmt, gilt auch in der vorliegenden Untersuchung. Also allein schon die größere Distanz zwischen Sender und Empfänger wirkt sich nicht unerheblich auf die Genauigkeit der Positionsbestimmung aus. Hinzu kommen noch die zahlreichen Schwankungen in der relativen Signalstärke, welche eine Interpretation der Daten zeitweise mühsam und problematisch machten. Diese Schwierigkeiten beruhen auf einer Reihe von Parametern, deren Berücksichtigung nur teilweise möglich war, da sie nicht beeinflusst werden können. Die Verluste durch die Antennenempfindlichkeit, die Leitungsverluste im Kabel und die Empfindlichkeitsverluste im Empfänger seien hier ausgeklammert. Die verwendete Ausrüstung war hinsichtlich Frequenz, Empfindlichkeit der Antenne und des Empfängers optimal aufeinander abgestimmt. Fortpflanzungsverluste des Signals im Wasser, der Verlust an der Schnittstelle Wasser-Luft und der Fortpflanzungsverlust in der Luft (SISAK & LOTIMER 1998) spielen eine Rolle, können aber nicht beeinflusst werden. Zusätzlich zum Verlust an der Schnittstelle Wasser-Luft kommt es zu einer Brechung und vertikalen Polarisierung der Radiowellen. Zudem können nur jene Wellen das Wasser verlassen, die in einem Winkel von weniger als  $6^\circ$  auf die Wasseroberfläche treffen. Alle anderen werden an ihr in den Wasserkörper zurückreflektiert (STASKO & PINCOCK 1977, SISAK & LOTIMER 1998). Der bei starkem Wind teilweise für einen Teich erhebliche Wellengang modifizierte die Bedingungen an der Schnittstelle Luft-Wasser nochmals beträchtlich. Es war gerade bei Wellengang eine stärkere Schwankung in der relativen Signalstärke zu beobachten. Das galt sowohl für die Sender in den Karpfen, als auch für die Referenzsender. Besonders zum Tragen kam der Wellengang am windexponierten Streitteich. Bei einer geschlossenen Winterdecke aus Eis und Schnee kam es zu Abschwächungen des Signals. Solche Abschwächungen an mehrschichtigen Wasser-Eis-Schnee-Luft-Übergängen wurden auch von MINOR & CROSSMAN (1978) beobachtet. Von größerer Bedeutung als die Fortpflanzungsverluste sind nach SISAK & LOTIMER (1998) die Beeinträchtigungen durch Hintergrundstörungen. Bei den Untersuchungen am Kaltenbachtteich trat dieses Problem mehrmals auf, als Maschinen in einem benachbarten metallverarbeitenden Betrieb die Empfangsqualität zeitweise empfindlich störten. Weiters nennen MACDONALD & AMLANER (1980) mehrere wesentliche Fehlerquellen bei der Radiotelemetrie, die auch in der vorliegenden Untersuchung eine Rolle gespielt haben könnten. Der Systemfehler resultiert aus Beeinträchtigungen der Antenne, z.B. durch Wind, mechanische Beanspruchung der Leiter und Kontakte durch häufiges Manipulieren etc. Tatsächlich musste das Kabel zwischen Antenne und Empfänger zweimal erneuert werden, da Leiter und Kontakte durch die fortwährende Manipulation beschädigt waren. Bei der Beurteilung, ob ein Fehler an den Geräten vorlag, erwiesen sich die Referenzsender als wertvolle Hilfe. Der Triangulationsfehler wurde weiter oben bereits besprochen. Der Bewegungsfehler wurde ebenfalls weiter oben bereits behandelt, zumindest was das Erkennen durch mehrere Peilungen betrifft. Neben mehreren Peilungen können plötzliche Signalschwankungen ebenfalls Hinweise auf mögliche Bewegungen geben. Ein Signal, das unvermittelt schwächer wird, könnte anzeigen, dass der besenderte Karpfen sich entfernt und/oder

abtaucht. Im Gegensatz zu vielen terrestrischen Anwendungsbereichen der Radiotelemetrie mit einem oftmals weitgehend zweidimensionalen Einsatz, etwa bei bodenlebenden Tieren, stellt der Teich einen dreidimensionalen Lebensraum dar, den die Karpfen auch in allen Dimensionen nutzen. SIMPKINS & HUBERT (1998) konnten zwar zwischen einer terrestrischen und limnischen Anwendung der Radiotelemetrie keine signifikanten Unterschiede feststellen, allerdings gilt das nur für relativ seichte und gleichförmige Gewässer, wie der von den beiden Autoren verwendete Kanal mit einer mittleren Tiefe von 0,6 m. Diese Situation ist in den Versuchsteichen nicht gegeben. Aus diesem Grund kommt der Wassertiefe eine entscheidende Bedeutung zu. Die relative Signalstärke nimmt mit der Tiefe rasch ab und macht eine höhere Signalverstärkung notwendig, die aber auch das Hintergrundrauschen verstärkt. Die Tiefentests mit Sendern in der vorliegenden Untersuchung haben das deutlich gezeigt. Die Peilgenauigkeit leidet darunter. In einem Bach mit einer Wassertiefe von vielleicht einem halben bis einem Meter spielt das keine Rolle, in einem bis drei Metern tiefen Teich hingegen schon. Aus diesem Grund ist eine Peilung von mindestens zwei Punkten - wie in der vorliegenden Untersuchung - unumgänglich, da ein schwaches Signal bei nur einer Peilung nicht interpretiert werden könnte. Ein relativ schwaches Signal vom Sender könnte bedeuten, dass er sich in weiterer Entfernung vom Empfänger an der Wasseroberfläche oder aber relativ in der Nähe, dafür am Grund des Teiches, befindet. Mit einer Peilung von zwei Punkten lässt sich hingegen ein Positionspolygon ermitteln, das Aufschluss über den Aufenthaltsbereich gibt. Die Intervalle der Positionsbestimmungen spielen insofern eine Rolle, da mehrere Peilungen eine feinere zeitliche Auflösung der Aktivität und eine detailliertere Kenntnis der Mobilität des Versuchsfisches ermöglichen. Auf der anderen Seite bedeuten mehr Peilungen einen höheren Arbeits- bzw. Zeitaufwand und damit gegebenenfalls höhere Kosten. Somit stellt sich die Frage, eine Peilungsrate zu ermitteln, die sowohl einen ausreichenden Überblick über die Aktivität der Fische liefert, aber keinen allzu hohen Arbeitsaufwand erfordert. In der vorliegenden Arbeit wurde versucht, im ersten Winter mindestens zwei Peilungen pro Woche und ab dem zweiten Winter mindestens vier Peilungen an zwei Tagen in der Woche jeweils vormittags und nachmittags durchzuführen. In der Literatur finden sich die verschiedensten Peilungsintervalle von einmal täglich über einen Zeitraum von 112 Tagen mit eingestreuten 24h Zyklen (BARAS 1995) über 3 – 4 tägige Intervalle (z.B. AARESTRUP & JEPSEN 1998, DONNELLY et al. 1998) über mehrere Monate hinweg, bis zu stichprobenartigen Positionsbestimmungen im Verlaufe von einigen Monaten (GUSAR et al. 1989). BARAS (1998) hat sich mit der Frage der optimalen Peilintervalle anhand einer Studie an Barben (*Barbus barbus*) beschäftigt und als akzeptablen Kompromiss zwischen Genauigkeit bzw. Aussagekraft der Daten und Arbeits- bzw. Kostenaufwand eine Peilrate von einmal pro Woche ermittelt. Der Verlust an Genauigkeit in Bezug auf das Revier betrug dabei ca. 5 %, jener für die Mobilität allerdings ca. 40 %. Grundsätzlich ist das Intervall der Positionsbestimmung an die jeweilige Fragestellung anzupassen. Geht es nur um Fragen der Reviernutzung bzw. Reviergröße, kommt man mit relativ wenigen Positionsbestimmungen aus. Möchte man jedoch die Mobilität des Tieres untersuchen, so sind vergleichsweise mehr Peilungen im selben Zeitraum als bei einer revierbedingten Fragestellung notwendig. In der vorliegenden Arbeit wurde ursprünglich von der Annahme ausgegangen, dass die Karpfen während der Wintermonate eine relativ geringe Aktivität zeigen und dass vor allem Ortsveränderungen über größere Distanzen von Interesse sein würden. Eine zwei- bis viermalige Positionsbestimmung pro Woche wurde daher als ausreichend erachtet. Wie die Ergebnisse zeigen, war diese Annahme berechtigt. Die in der vorliegenden Untersuchung zur Anwendung kommende

telemetrische Technik hat sich als für die Fragestellung geeignet erwiesen. Bei zukünftigen Arbeiten auf diesem Gebiet sollte man verstärktes Augenmerk auf die topographische Beschaffenheit des Versuchsteiches legen. Am günstigsten ist ein Teich, in dem die Tiefe von allen Seiten gleichmäßig zur Fischgrube beim Mönch oder Zapfen abnimmt. Tiefe Rinnen haben möglicherweise unerwünschte Auswirkungen auf die Signalqualität. Das gleiche gilt für Felsblöcke unter Wasser. Möglicherweise muss auch der Uferbewuchs (Wiese, Wald, Sträucher) insofern berücksichtigt werden, als er möglichst einheitlich sein sollte, um unterschiedliche Signalabschwächungen und Reflexionen zu vermeiden.

### 4.3. Der Karpfen im Winter

#### 4.3.1. Verhalten im Winter - das Winterlager

Nach MORGAN (1939, zitiert in ULTSCH 1989) gehört der Karpfen in Hinblick auf sein Überwinterungsverhalten zu jenen Süßwasserfischen der nördlichen Hemisphäre, die ihre Aktivität im Winter einschränken und wenig bis gar keine Nahrung aufnehmen. Unter 10 °C Wassertemperatur, so schreibt ALBRECHT (1966a) in seiner Arbeit über die Winterruhe und den Kohlehydratstoffwechsel des Karpfens, werden die Karpfen inaktiver und gehen schließlich in einen lethargieähnlichen Zustand über. Von dieser Einschränkung der Aktivität gehen auch die maßgeblichen deutschsprachigen Werke der Teichwirtschaft aus (z.B. HOFMANN et al. 1987, LUKOWICZ & GERSTNER 1998). Auch Untersuchungen aus dem angloamerikanischen Raum (z.B. OTIS & WEBER 1982, BROWN et al. 2001) und aus Russland (OSIPOVA 1979) stellen eine Einschränkung der Aktivität fest. Bei einem direkten Vergleich ist allerdings Vorsicht geboten. Zum einen ist zumindest im deutschsprachigen Europa die Theorie vom sogenannten Winterlager - als ein relativ eng begrenzter Bereich im Teich, an dem sich die Fische dichtgedrängt sammeln - verbreitet (z.B. STEFFENS 1980, REICHLE 1998), welche außerhalb Europas nirgends Erwähnung findet. Zum anderen beziehen sich die Untersuchungen in Europa, auch jene der vorliegenden Arbeit, auf Winterteiche, d.h. speziell für den Zweck der Karpfenwinterung verwendete künstliche Gewässer. Die Arbeiten außerhalb Europas hingegen, abgesehen von den nur teilweise erschlossenen Aufsätzen, welche die russische Karpfenzucht im Blick haben, beziehen sich auf Fließgewässer (BROWN et al. 2001), große Stauseen (OSIPOVA 1979) und kleinere Stau (OTIS & WEBER 1982). Niemals handelt es sich dabei jedoch um zum Zwecke der Karpfenzucht angelegte Gewässer.

Will man sich ein Bild von der Aktivität der Karpfen während des Winters machen, dann ist es zweckmäßig, zunächst von dem Fall auszugehen, dass die Karpfen ohne Störung und unter günstigen Umweltbedingungen, d.h. beispielsweise ohne Sauerstoffmangel, überwintern können. Andernfalls ist nämlich mit einer erhöhten Aktivität der Karpfen zu rechnen. Das zeigen unter anderem die Ergebnisse der vorliegenden Untersuchung. Die Notwendigkeit der Störungsfreiheit und optimaler Umweltbedingungen für eine ruhige und erfolgreiche Überwinterung werden nicht umsonst in der einschlägigen Literatur besonders betont (SCHMELLER 1988, ZOBEL 1992, HAAS 1997, LUKOWICZ & GERSTNER 1998). Aus diesem Grund werden an dieser Stelle die Ergebnisse aus dem Streitteich nicht berücksichtigt. Der zeitweilig große Sauerstoffmangel im Streitteich veranlasste die Karpfen zu erhöhter Aktivität, wie die vorliegenden Ergebnisse zeigen und weiter unten noch darzustellen sein wird. Im Kaltenbachtteich traten Probleme mit dem Sauerstoffgehalt nie auf. Bis auf gelegentliche Besuche des Fischotters (*Lutra lutra*) verliefen die Winter

nahezu störungsfrei. Dieser Umstand zeigte sich in den Wintern 2000/2001 und 2001/2002, als der Kaltenbacheich gegenüber dem Streitteich die signifikant geringeren Positionsdistanzen aufwies ( $p < 0,05$ ). Das bedeutet, dass die Versuchsfische wesentlich weniger aktiv waren als im Streitteich. Im Winter 1999/2000 war der Unterschied in den Positionsdistanzen zwar nicht für den gesamten Winter signifikant ( $p > 0,05$ ), im Jänner 2000 jedoch wies der Kaltenbacheich die signifikant geringere Positionsdistanzen auf ( $p < 0,05$ ). In jenem Monat also, in dem im Streitteich der bedrohliche Sauerstoffmangel auftrat und die Karpfen zu erhöhter Aktivität zwang. Als weiteres Indiz der ruhigen und störungsfreien Überwinterung im Kaltenbacheich kann auch die gleichmäßige Verteilung der Aktivitäten gewertet werden. Sowohl innerhalb eines Tages als auch zwischen den einzelnen Tagen, an denen Positionsbestimmungen stattfanden konnten keine signifikanten Unterschiede festgestellt werden (Winter 2000/2001:  $p > 0,05$ , Winter 2001/2002:  $p > 0,05$ ). Die Positionsdaten der Karpfen im Kaltenbacheich können demnach zur Untersuchung einer nahezu idealen und komplikationslosen Überwinterung herangezogen werden. Im Kaltenbacheich zeigten die Versuchskarpfen in den drei Versuchswintern während der Monate November bis Februar eine mittlere Positionsdistanz von 27,6 bis 67,9 m. Bedenkt man, dass die Karpfen das Winterlager ab einer Wassertemperatur von 4 °C (SCHMELLER 1988) bzw. 6 °C (REICHLER 1998) aufsuchen sollen und lässt man daher die Werte für die Monate November 1999 (mittlere Wassertemperatur 5,6 °C), Februar 2000 (mittlere Wassertemperatur 4,1 °C), November 2000 (mittlere Wassertemperatur 6,5 °C) und November 2001 (mittlere Wassertemperatur 4,6 °C) mit der Begründung, dass noch keine Einlagerung ins Winterlager erfolgt war bzw. dass die Versuchsfische dieses bereits wieder verlassen hatten, unberücksichtigt, so bleibt immer noch eine mittlere Positionsdistanz im Dezember, Jänner und Februar von 27,6 bis 44,8 m. Dieser Wert scheint zu hoch, möchte man die Karpfen reglos am Grund verharren sehen, wie die Theorie vom Winterlager vermutet (WUNDER 1962, STEFFENS 1980, SCHMELLER 1988, GELDHAUSER 1996, REICHLER 1998). Allenfalls jeweils kurzfristige Einlagerungen der Fische an wechselnden Orten könnten angenommen werden. Das würde bedeuten, dass das Winterlager, wenn überhaupt, nur kurzfristig Bestand hätte und die Karpfen ständig den Lagerplatz wechselten. Gegen diese Annahme spricht allerdings, dass sich im Kaltenbacheich die Positionsdistanzen, die innerhalb eines Tages ermittelt wurden, nicht signifikant von jenen unterschieden (Winter 2000/2001:  $p > 0,05$ , Winter 2001/2002:  $p > 0,05$ ), die sich auf aufeinander folgende Tage bezogen. Bei einem temporären Winterlager würde man erwarten, dass die Positionsdistanzen innerhalb eines Tages, wenn sich die Fische im Lager befinden, kleiner sind als zwischen aufeinander folgenden Tagen, währenddessen der Standort des Lagers möglicherweise gewechselt wurde. Das Kartenmaterial mit den eingezeichneten Positionen der Karpfen spricht ebenfalls eher gegen ein oder mehrere stationäre oder temporäre Winterlager. Die Positionen der einzelnen Versuchsfische im Kaltenbacheich und dem Streitteich außerhalb der Sauerstoffkrisen variieren dafür zu sehr. Die Ergebnisse legen vielmehr nahe, dass die Karpfen im Winter zwar nur einen begrenzten Teil des Teiches in Anspruch nehmen und andere Bereiche, vor allem das seichte Ufer, meiden. Innerhalb dieser Bereiche kommt es jedoch zu gewissen Bewegungen. Der Aufenthaltsbereich selbst ist nichts Statisches, sondern unterliegt örtlichen Veränderungen während des Winters. Die Ergebnisse aus dem Mitterhölteich unterstützen diese Annahme ebenfalls. Einschränkungen der Lebensraumnutzung im Winter auf bestimmte Gebiete des Gewässers sind auch von anderen Untersuchungen bekannt. OTIS & WEBER (1982) stellten fest, dass der im Winter genutzte Lebensraum nur etwa ein Drittel des im Sommer genutzten Lebensraumes

ausmachte. Von Beobachtungen, dass sich die Karpfen während des Winters in bestimmten Bereichen des Gewässers sammelten berichten auch JOHNSEN & HASLER (1977). In einem großen russischen Stausee konnte OSIPOVA (1979) ebenfalls die Beobachtung machen, dass sich die Karpfen in bestimmten Bereichen sammelten. PRIEGEL (1982) hingegen fand nur schwache Anzeichen für eine Ansammlung der Karpfen und eine Beschränkung auf bestimmte Bereiche des Gewässers. Möglicherweise, so führt er weiter aus, waren die Störungen auf dem Eis in Gestalt von Schneemobilen die Ursache. Es wird darauf noch zurückgekommen. Eine Untersuchung aus einem Fischteich liefert GUSAR et al. (1989). Seine Arbeitsgruppe beobachtete während der Monate November 1985 bis April 1986 die Bewegungen von vier, mit akustischen Sendern versehener Karpfen. Die Untersuchung wurde in einem Winterteich von 10 ha Größe durchgeführt. Da alle bis auf einen Sender im Laufe der Untersuchungsperiode versagten, lieferte lediglich ein besonderer Karpfen einen Datensatz über den gesamten Untersuchungszeitraum. Dieser bestand allerdings nur aus 15 Positionsbestimmungen. Wie die Datenauswertung von GUSAR et al. (1989) zeigten, verteilten sich die Positionen der Karpfen auf einen großen Teil des Teiches und teilweise betrug die Distanz zwischen zwei aufeinander folgende Positionsbestimmungen 100 m und mehr. Lediglich von Mitte Jänner bis Mitte Februar wähen GUSAR et al. (1989) einen Karpfen während dreier Positionsbestimmungen an der selben Stelle und führen das auf die niedrige Wassertemperatur von 1,2 °C zurück. In der übrigen Zeit verteilten sich die Karpfen auf den breiteren Mittelteil des Teiches bis zum Damm und mieden die seichten Zonen. Berichte, nach denen sich Karpfen im Winter an bestimmte Stellen zurückziehen, stammen auch aus Fließgewässern (BROWN et al. 2000, 2001). Trotz dieser Lebensraumbeschränkung kommt es innerhalb der winterlichen Einstände zu Bewegung der Karpfen, auch bei ungestörter Überwinterung. Die Ergebnisse aus dem Kaltenbachtich zeigen das, und es wurde weiter oben bereits darauf hingewiesen. Von Wanderungen innerhalb der winterlichen Rückzugsgebiete weiß auch OSIPOVA (1979) zu berichten und auch BROWN et al. (2001) spricht von Bewegung innerhalb der winterlichen Einstände, die allerdings immer unter insgesamt 250 m pro Woche blieben.

Im Folgenden soll auf die Ansammlungen und Gruppenbildungen der Karpfen im Winter, die sogar in Überlegungen zur fischereilichen Nutzung einbezogen wurden (JOHNSEN & HASLER 1977), eingegangen werden. Für eine gewisse Sammlung und Gruppenbildung spricht schon allein die Tatsache der Lebensraumbeschränkung im Winter gegenüber dem Sommer. Ein weiteres Indiz könnten die Schwankungen der relativen Signalstärke der Sender in den Karpfen im Gegensatz zu den unbewegten, sich in konstanter Tiefe befindlichen Referenzsendern sein. Die Signalschwankungen könnten ihre Ursache in der Bewegung der Fische innerhalb der Gruppe und der Abschirmung durch andere Fischkörper in der Gruppe haben. Wenn es zu Gruppenbildungen kommt, dann handelt es sich im Falle der vorliegenden Untersuchung jedenfalls um mehrere Gruppen, deren Zusammensetzung auch wechselte oder um ausgedehnte großflächige Schwärme. Das jedenfalls muss man annehmen, wenn man die Positionen der Versuchsfische während der drei Winter heranzieht. Die daraus gefertigten Karten zeigen mal diesen und mal jenen Karpfen in räumlicher Nähe zueinander. Man könnte sagen, diese Versuchsfische halten sich jetzt in der selben Gruppe auf und jene in einer anderen. Berichte für dichtgedrängte winterliche Gruppenbildung gibt es auch aus Hälteranlagen. Der Autor der vorliegenden Untersuchung hatte selbst die Gelegenheit, überwinterte Karpfen in einer Hälteranlage zu beobachten. Die Fische sammelten sich zu einer großen Gruppe in der Mitte des jeweiligen Hälterbeckens. Sie hatten in den Hälterbecken ja auch nicht viele andere Möglichkeiten.

Innerhalb dieser Gruppe war immer eine gewisse Bewegung vorhanden. Die ganze Gruppe machte keinen statischen, sondern einen bewegten Eindruck. Ein Bericht über ähnliche dynamische Vorgänge in einer Gruppe von überwinternden Karpfen stammt von WALTER (1904): „dass es bei Karpfen immer wieder unruhige Geister gibt, die aus dem Lager schlüpfen und dann mitten durch den Haufen schwimmen.“ Warum kommt es zu dieser Gruppenbildung im Winter? Suchen die Karpfen aktiv ihre Artgenossen oder ist die Gruppenbildung eine Begleiterscheinung, die mit der Wahl des günstigsten Aufenthaltsortes im Teich einhergeht? Eine mögliche Erklärung bietet ULTSCH (1989 und dort zitierte Autoren). Eine der Strategien, wie Fische den Anforderungen des Winters begegnen können, ist die gezielte Wahl von Mikrohabitaten, welche die günstigsten Bedingungen bieten. Da diese Plätze im Gewässer begrenzt sind, sammeln sich die Fische an diesen Stellen. Natürlich können sich die Bedingungen im jeweiligen Mikrohabitat derart verändern, dass die Karpfen gezwungen sind, andere günstigere Plätze zu suchen. Speziell in Zusammenhang mit dem Sauerstoffmangel des Winters 1999/2000 und 2000/2001 konnte dieser Umstand im Streitteich beobachtet werden. Die Gruppenbildung könnte ein Nebenprodukt dieser Mikrohabitatwahl darstellen.

In Hälteranlagen dürfte allein schon der Platzmangel zur Gruppenbildung führen. Mikrohabitats können hier schwerlich zur Erklärung herangezogen werden.

Das klassische Winterlager soll sich an einer tiefen Stelle des Teiches (z. B. SCHMELLER 1988) oder zumindest in der Mittelzone (HAAS 1982, 1997) befinden. Auch andere Untersuchungen sprechen davon, dass sich die Ansammlungen der Karpfen in den tieferen Zonen des Gewässers fanden. OSIPOVA (1979) berichtet, dass die Überwinterungsplätze eine Tiefe von 8 – 12 m aufwiesen. Die Bevorzugung von tieferen Stellen durch die Karpfen während des Winters, bestätigen auch OTIS & WEBER (1982). Mit einer Tiefe von 5 – 7 m beschreiben JOHNSEN & HASLER (1977) die winterlichen Sammelpunkte der Karpfen. Die charakteristischen Winterteiche des Waldviertels, so auch die Versuchsteiche, weisen selten größere Tiefen als 3 m auf. Trotzdem war zu beobachten, dass im Kaltenbachtal wie im Streitteich vor den Sauerstoffkrisen die Karpfen vor allem in den Monaten Dezember bis Februar die Bereiche ab 1 m Tiefe im Teich bevorzugten. Dass sich die Karpfen in den tieferen Zonen des Gewässers sammeln bedeutet noch nicht, dass sie sich tatsächlich knapp über dem Grund aufhalten. Beobachtungen in Hälteranlagen (z.B. STEFFENS 1980) lassen zwar darauf schließen, zwingend ist das jedoch nicht. Der Vorteil, den die Karpfen in größeren Wassertiefen gegenüber seichten Zonen oder generell den obersten Wasserschichten haben könnten, steht möglicherweise in Zusammenhang mit der geringfügig höheren Wassertemperatur in der Tiefe. Um 4 °C hat Wasser bekanntlich seine größte spezifische Dichte. Während des Winters bei niedrigen Lufttemperaturen, wenn kein Wind den Teich durchmischt bzw. unter dem Eis, sind die unteren Wasserschichten wärmer als die oberen. Die Temperaturmessungen aus den Versuchsteichen bestätigen das. Da der Karpfen mit einer Vorzugstemperatur von deutlich über 20 °C (z.B. COUTANT 1977, SCHMELLER 1988) als Warmwasserfisch zu bezeichnen ist, liegt die Vermutung nahe, dass die Karpfen die wärmere Tiefe gezielt aufsuchen. Freilich darf es dabei zu keinen Störungen oder zu Sauerstoffmangel kommen, der ihnen den Aufenthalt am Grund des Teiches verleiden. Die vorliegende Arbeit zeigt, dass bei Sauerstoffmangel die Karpfen in die seichten, besser mit Sauerstoff versorgten Bereiche beim Zufluss des Teiches wanderten und dabei niedrigere Temperaturen in Kauf nahmen. Diesbezüglich weiß auch PRIEGEL (1982) zu berichten, dass Karpfen, die fortwährenden Störungen durch Schneemobile auf dem Eis ausgesetzt waren, sich in

unterschiedlichen Bereichen des Gewässers verteilt, ohne eine Präferenz für eine bestimmte Tiefenzone erkennen zu lassen.

Als ein weiteres Indiz für das Winterlager werden Strukturen am Teichgrund genannt, die bei der Abfischung im Frühjahr zum Vorschein kommen können. Diese Gruben oder Mulden im Schlamm sollen von den Karpfen im Zuge der Einlagerung geschaffen werden (PLANASKY 1961, KOCH et al. 1982, REICHLER 1998). In keinem der untersuchten Teiche konnten nach der Frühjahrsabfischung Strukturen gefunden werden, die groß genug waren, um als Winterlager interpretiert zu werden. Denkbar ist allerdings, dass im Zuge des Ablassens der Teiche derartige Strukturen weggespült bzw. von Schlamm bedeckt worden sein könnten. Auch die Wühltätigkeit der nahrungssuchenden Karpfen könnte derartige Strukturen beseitigen. Diese, als Reste von Winterlagern von zahlreichen Autoren (PLANASKY 1961, KOCH et al. 1982, REICHLER 1998) beschriebenen Strukturen, konnten weder bestätigt noch aufgeklärt werden.

Im Prinzip könnte man das Winterlager als eine Extremform dieser Lebensraumbeschränkung ansehen. Es soll sich ja durch eine dichte Ansammlung von Fischen auszeichnen, die relativ stabil an einem bestimmten Platz am Teichgrund verharrt. Der Grund könnte darin liegen, dass in kleinen Gewässern naturgemäß jene Bereiche, die die günstigsten Überwinterungsbedingungen bieten, eine entsprechende räumliche Beschränkung aufweisen. Diese Extremform ist wohl am ehesten in sehr kleinen Teichen und in Hälteranlagen, in denen Karpfen überwintert werden, zu beobachten. Möglicherweise stammen die Beobachtungen dieser großen Gruppen von Karpfen wie sie von manchen Autoren als Winterlager beschrieben werden, ursprünglich aus Hälteranlagen (SCHMELLER 1988, GELDHAUSER 1996, REICHLER 1998). Explizit angegeben wird das jedoch nur bei STEFFENS (1980). Dass es in Hälteranlagen zur Bildung dichtgedrängter Gruppen von Karpfen kommt, wurde weiter oben bereits ausgeführt. Das reglose Verharren der Karpfen im vermeintlichen Winterlager (z. B. MEHRING 1934, STEFFENS 1980), das den Karpfen höchstens ein schwaches Fächeln mit dem Schwanz zugesteht (SCHMELLER 1988), konnte jedenfalls nicht bestätigt werden. Die Ergebnisse der vorliegenden Untersuchung stützen eher die gegenteilige Ansicht. Die Theorie des Winterlagers, welche mindestens bis HORÁK (1869) zurückverfolgt werden kann, wurde ohnehin schon, wenn nicht angezweifelt, so doch relativiert. So weiß BOHL (1999), sonst noch ganz dem Winterlager verbunden, einschränkend zu berichten, dass Karpfen auch ohne jeglichen Grund unter dem Eis umherziehen können.

Bleibt also festzustellen, dass sich das klassische Winterlager – außerhalb Europas ohnehin nie ein Thema – als Extremform einer Lebensraumeinschränkungen der überwinternden Karpfen erweist. Begründet ist diese Einschränkung in der Begrenztheit der günstigsten Überwinterungsplätze im Teich und der Aktivitätseinschränkung der Karpfen aus energetischer Sicht, wie weiter unten noch auszuführen sein wird. Es ist weiterhin festzustellen, dass auch ungestört überwinternde Karpfen aktiv bleiben und einen Teil des Teiches als Lebensraum nutzen. Dieser Teil ist freilich kleiner als im Sommer und kann bei einer entsprechenden räumlichen Begrenztheit der Überwinterungsmöglichkeiten, wie bereits ausgeführt, als Winterlager im klassischen Sinn verstanden werden. Wobei jedoch anzumerken ist, dass auch dann noch mehr Aktivität in diesem Lager stattfindet als bisweilen angenommen wurde.

#### 4.3.2. Umweltbedingungen und Störungen

Mit einer Temperaturpräferenz von 25 – 30 °C (STEFFENS 1980) bzw. nach anderen Autoren zwischen 28,2 und 32 °C (zitiert nach COUTANT 1977), ist der Karpfen als Warmwasserfisch zu bezeichnen. Er ist aber auch in der Lage, Wassertemperaturen unter 0,5 °C unbeschadet zu überstehen, wenn er Gelegenheit zur Akklimatisation hat (STEFFENS 1964, 1980). Nachdem der Karpfen zu den ektothermen Tieren zählt, seine Körpertemperatur also aufs Engste mit der Umgebungstemperatur verknüpft ist, kommt es außerhalb seines optimalen Temperaturbereiches zu mehr oder weniger großen Funktionseinschränkungen im Organismus. Diese physiologischen Einschränkungen hängen mit den engen Temperaturbereichen zusammen, die für eine Fülle von Enzymsystemen bestehen. Zudem bedingen niedrige Wassertemperaturen eine niedrigere Reaktionsgeschwindigkeit in diesen Enzymsystemen (REYNOLDS & CASTERLIN 1980, HAZEL 1993). Die Auswirkungen niedriger Wassertemperaturen auf die Nahrungsaufnahme werden noch besprochen. Im Folgenden wird die Temperatur in Zusammenhang mit der Aktivität der Karpfen betrachtet. Es war schon mehrfach auf einer Aktivitätseinschränkung während des Winters infolge der niedrigen Wassertemperaturen hingewiesen. Diese Aktivitäts- oder Bewegungseinschränkung, die nach althergebrachter Ansicht den Karpfen ins Winterlager führt, soll bei Wassertemperaturen zwischen 4 °C (SCHMELLER 1988) und 6 °C (REICHEL 1998) auftreten. Mittlerweile wurde auch festgestellt, dass das klassische Winterlager, wie sie etwa in sehr kleinen Teichen oder in Hälteranlagen auftritt, wohl eher die Ausnahme ist. Dass es jedoch bei niedrigen Wassertemperaturen zu einer Aktivitätseinschränkung kommt ist unbestritten. Dies zeigt etwa die Untersuchung von OTIS & WEBER (1982), die, wie schon erwähnt, den Karpfen im Winter nur die Nutzung von einem Drittel des im Sommer genutzten Lebensraumes zugesteht. Verwiesen sei diesbezüglich auch auf JOHNSEN & HASLER (1977), OSIPOVA (1979) und GUSAR et al. (1989), die Ähnliches berichten. In den Ergebnissen der vorliegenden Arbeit kommt diese Aktivitätseinschränkung darin zum Ausdruck, dass sich die Karpfen im Winter nur in bestimmten Bereichen des Teiches aufhalten. Darüber hinaus ließ sich im Kaltenbacheich in den Wintern 2000/2001 und 2001/2002 ein signifikant positiver Zusammenhang zwischen den Positionsdistanzen und der Wassertemperatur feststellen (Winter 2000/2001:  $r^2 = 0,31$ ,  $p < 0,05$ ; Winter 2001/2002:  $r^2 = 0,28$ ,  $p < 0,05$ ). Das bedeutet, je höher die Wassertemperatur umso größer waren die Positionsdistanzen und umso größer daher die Aktivität der Karpfen. Der Grund, warum im Winter 1999/2000 kein derartiger Zusammenhang im Kaltenbacheich festzustellen war, könnte daran liegen, dass in diesem Winter die Datenaufnahme erst Ende November 1999 begann. Das bedeutet, dass ein Großteil des Novembers 1999 unberücksichtigt blieb, obwohl in diesem Monat die höheren Wassertemperaturen zu verzeichnen waren. BROWN et al. (2001) konnte in einem Fließgewässer allerdings keinen signifikanten Zusammenhang der Aktivität mit der Wassertemperatur feststellen, wohl aber mit der Wasserführung. Je höher die Wasserführung umso aktiver waren die Karpfen. Dass diese Einschränkung der Aktivität kein absolutes Diktat der Temperatur ist, zeigen auch die Ergebnisse aus dem Streitteich. Infolge des Sauerstoffmangels kam es dort zu einer höheren Aktivität der Karpfen, sodass kein signifikanter Zusammenhang zwischen Positionsdistanzen und Wassertemperatur festgestellt werden konnte. Obwohl im Vergleich zum Kaltenbacheich die Wassertemperatur im Streitteich im Winter 2000/2001 aufgrund der Belüftungsmaßnahmen auf Werte unter 1 °C sank, zeigte das keine signifikante Auswirkung auf die Karpfen. Die Aktivitätseinschränkung als Energiesparstrategie während des Überwinterns (ULTSCH 1989) kommt nur dann voll

zum Tragen, wenn keine anderen vitalen Bedürfnisse, etwa der Sauerstoffbedarf, beeinträchtigt werden. Diese ideale Situation war im Kaltenbacheich in allen drei Wintern gegeben, im Streitteich hingegen nicht. Auch andere Störungen können dazu führen, dass die Karpfen zu höherer Aktivität veranlasst werden. Etwa indem der Fluchtinstinkt angesprochen wird. PRIEGEL (1982) berichtet, dass Schneemobile auf dem Eis des Gewässers die Karpfen davon abhielten, sich zu sammeln und statt dessen zu einer Verteilung über den ganzen Teich führten. Es ist ja eine alte Forderung, dass auf Winterteichen jegliche Art von Wintersport, wie Eis laufen oder Eisstock schießen, zum Wohle der Karpfen zu unterbleiben hat (HUET 1986, HOFMANN et al. 1987, SCHMELLER 1988, ZOBEL 1992, HAAS 1997, LUKOWICZ & GERSTNER 1998). Man befürchtet, dass die gejagten Karpfen die hohen Energieverluste nicht kompensieren können, zu stark abmagern und noch im Winter verenden oder in schlechtem Zustand aus dem Winter kommen und somit sehr stress- und krankheitsanfällig sind. In der vorliegenden Arbeit konnten ebenfalls starke Hinweise auf die Empfindlichkeit der Karpfen unter dem Eis gewonnen werden. Bei Versuchen, die Position der Versuchskarpfen direkt vom Eis aus zu ermitteln, wurde festgestellt, dass die Tiere auf die Schritte auf dem Eis reagierten und man sie beim Versuch, die Position festzulegen, gleichsam vor sich hertrieb. Von ähnlichen Ausweichreaktionen der Karpfen aufgrund von Aktivitäten auf dem Eis berichten auch JOHNSEN & HASLER (1977). Auf die Störungen durch Schneemobile (PRIGEL 1982) wurde bereits an anderer Stelle hingewiesen. Im Zuge der vorliegenden Studie konnte auch beobachtet werden, dass während des Schneidens von Wuhnen am Streitteich und Probennahmen am Kaltenbacheich die relative Signalstärken einzelner Versuchsfische stärker zu schwanken begannen, was ebenfalls als ein Zeichen der Beunruhigung gewertet werden kann. Die Untersuchung der Auswirkungen von Wintersport auf die überwinterten Karpfen im Mitterhölleich blieb mangels Wintersportler leider ergebnislos. Die Frage nach den tatsächlichen gesundheitlichen Auswirkungen von Störungen lässt sich mit den vorliegenden Ergebnissen nicht beantworten. Zum einen werden sporadische Störungen, wie das gelegentliche Betreten des Eises, zu keiner schwerwiegenden Beeinträchtigung der Karpfen führen. Der gute konditionelle Zustand der überwinterten Karpfen in den drei Wintern lässt das vermuten. Sogar der Sauerstoffmangel im Streitteich hat zu keinen Ausfällen oder übermäßigen Konditionsverlusten unter den besenderten Karpfen geführt. Zum anderen gibt es sicher Störungen, an die sich die Karpfen gewöhnen können. Das zeigte der Einsatz von Belüftern am Streitteich, der die Karpfen nicht davon abhielt, sich zeitweise in der Nähe der Wuhnen aufzuhalten. GUSAR et al. (1989) wissen ebenfalls zu berichten, dass die Karpfen von eingesetzten Belüftern nicht sonderlich beeindruckt waren. Es stellt sich beispielsweise die Frage, ob Karpfen aus dem ruhig gelegenen Kaltenbacheich die sich ins Wasser fortpflanzenden Vibrationen der schweren LKW, die direkt über den Damm des Streitteichs donnern, anfangs nicht auch als Störung empfinden würden, um sich dann aber daran zu gewöhnen. Wenn also teilweise sogar vom Aufschneiden der Eisdecke zur Verbesserung der Sauerstoffversorgung gewarnt wird, um die Karpfen nicht zu stören (SCHÄPERCLAUS 1961, HUET 1986, ZOBEL 1992), dann kann man mit gutem Gewissen sagen, dass diese geringe Beunruhigung wohl weit weniger Schaden anrichten wird als ein schwerer Sauerstoffmangel im Teich. Der Sauerstoffgehalt des Wassers ist ein weiterer wichtiger Faktor bei der sicheren Überwinterung der Karpfen, der zu erheblichen Beeinträchtigungen während der Winterung führen kann. Im Gegensatz zu Salmoniden, die im Allgemeinen einen höhern Sauerstoffbedarf haben (z.B. REICHENBACH – KLINKE 1980, AMLACHER 1981,

SCHÄPERCLAUS 1990), kommt der Karpfen mit geringeren Mengen aus. Da er aber nicht über die Fähigkeit verfügt - wie beispielsweise die Karausche (*Carassius carassius* L.), die dank einer Stoffwechselbesonderheit unter winterlichen Bedingungen mehrere Monate in gänzlich sauerstofffreiem Wasser überleben kann (BLAŽKA 1958, HYVARINEN et al. 1985, HOLOPAINEN et al. 1986) - ist ein Minimum an Sauerstoff für ihn überlebensnotwendig. Nach SCHÄPERCLAUS (1990) benötigt der Karpfen einen Sauerstoffgehalt von 4 mg/l zur Erhaltung normaler Lebensbedingungen und eine Sauerstoffsättigung von 50 % um den normalen Sauerstoffgehalt im Blut aufrecht zu erhalten. Ein Sauerstoffgehalt von 3 – 3,5 mg/l beeinträchtigt das Wohlbefinden der Karpfen, führt zur Futtermittelverweigerung und lässt die Fische in sauerstoffreicherem Wasser abwandern, wo dies möglich ist. Der kritische Wert für Karpfen liegt bei 0,5 mg/l Sauerstoffgehalt. Ab diesem Wert kommt es zur sogenannten Notatmung, d.h. die Fische nehmen an der Wasseroberfläche Luft auf und können diese Situation nur kurzzeitig überleben (SCHÄPERCLAUS 1990). Bei diesen Angaben muss man sich bewusst sein, dass sie für sommerliche Temperaturen gelten. Bei niedrigen Temperaturen liegt auch der Sauerstoffbedarf der Karpfen niedriger. HAAS (1982, 1997) vertritt beispielsweise die Ansicht, dass die Karpfen bei niedrigen Temperaturen und langsamen Absinken ein Sauerstoffgehalt von 0,6 – 0,7 mg/l noch keine unmittelbare Gefährdung darstellt. Für STEFFENS (1964) hingegen ist ein Sauerstoffgehalt von 3 – 4 mg/l bereits kritisch. In der vorliegenden Arbeit wurden im Streitteich folgende Sauerstoffminima gemessen: im Winter 1999/2000 0,6 mg/l, 4 % Sättigung; im Winter 2000/2001 2,5 mg/l, 19 % Sättigung und im Winter 2001/2002 1,5 mg/l, 12 % Sättigung. In Zusammenhang mit den niedrigen Gehalten an Sauerstoff stand eine erhöhte Aktivität der Karpfen. Im Winter 1999/2000 und 2000/2001 war dieser negative Zusammenhang zwischen Positionsdistanzen und Sauerstoffgehalt signifikant (Winter 1999/2000  $r^2 = 0,34$ ,  $p < 0,05$ ; Winter 2000/2001  $r^2 = 0,21$ ,  $p < 0,05$ ). Die Reaktionen der Karpfen waren eindeutig anhand der Positionspolygone nachzuvollziehen. Im Winter 2000/2001 konnte eine Ansammlung von Karpfen beim Zulauf des Teiches, die in Zusammenhang mit dem niedrigen Sauerstoffgehalt stand, direkt beobachtet werden. Im Winter 2001/2002 bahnte sich zwar eine Sauerstoffkrise an und die kurzzeitige Wanderungen der Karpfen Richtung Zulauf könnten als Reaktion darauf interpretiert werden. Allerdings besserte einsetzendes Tauwetter die Situation sehr rasch und die kurzfristige Abwanderung der Karpfen reichte nicht aus, um einen signifikanten Zusammenhang zwischen den Positionsdistanzen und dem Sauerstoffgehalt feststellen zu können. Die Reaktion der Karpfen auf den niedrigen Sauerstoffgehalt bestand im Streitteich in allen drei Wintern in der Wanderung zum Zufluss. In der unmittelbaren Umgebung des Zuflusses ist durch das einströmende Frischwasser der Gehalt an Sauerstoff höher als in zuflussferneren Bereichen des Teiches. Dafür nahmen die Fische niedrigere Wassertemperaturen in Kauf. Gegenüber dem Sauerstoffmangel sind Änderungen der Wassertemperatur der relativ mildere Stressor (TANCK et al. 2000). Erst nach Erhöhung des Sauerstoffgehaltes im gesamten Teich, sei es durch Maßnahmen des Bewirtschafters wie das Schneiden von Wuhnen und das Belüften oder das Einsetzen von Tauwetter, welches den Wasserdurchfluss durch den Teich verstärkt und das Eis zum Schmelzen bringt, kehrten die Karpfen in die zuflussfernen Bereiche des Teiches zurück. Dieses Abwandern der Fische in Bereiche des Teiches mit höherem Sauerstoffgehalt ist allgemein bekannt (z.B. SCHMELLER 1988, SCHÄPERCLAUS 1990, GELDHAUSER 1996). Dass die Karpfen dabei durch ihre Bewegung das wärmere Tiefenwasser mit dem kälteren Oberflächenwasser vermischen und das Eis zum Schmelzen bringen, wie es im Zuflussbereich des Streitteiches im Winter

2000/2001 der Fall war, wurde ebenfalls beobachtet (z.B. KOCH et al. 1982). Im extremsten Fall erscheinen die Karpfen sogar notatmend in den Wuhnen (PLANASKY 1963). Im Kaltenbachtich wurde in keinem Winter ein Sauerstoffgehalt gemessen, der mit 3 – 3,5 mg/l nach SCHÄPERCLAUS (1990) in jenen Bereich fallen würde, in dem die Karpfen in sauerstoffreicheres Wasser abzuwandern beginnen. Es konnten auch in keinem Winter derartige Zusammenhänge beobachtet werden. Im Mitterhöllteich wurden im Jänner 2002 mit einem Minimum von 0,7 mg/l zwar niedrige Sauerstoffgehalte gemessen, eine Reaktion der besenderten Karpfen konnte jedoch nicht festgestellt werden. Es kam zu keiner signifikanten Erhöhung der Aktivität und zu keiner eindeutigen Wanderung in den Zuflussbereich.

#### 4.3.3. Nahrungsaufnahme

Umstritten ist die Frage der Nahrungsaufnahme der Karpfen im Winter bei niedrigen Wassertemperaturen und damit einhergehend die Möglichkeiten einer Fütterung. Obwohl diese Frage kein direktes Ziel der vorliegenden Arbeit war, sondern nur einzelne Versuche in diese Richtung durchgeführt wurden, soll trotzdem etwas auf die Thematik eingegangen werden. Die Frage der Fütterung entscheidet nämlich nicht zuletzt über die Kondition der Karpfen und damit über den Gesundheitszustand und die Krankheitsanfälligkeit. Für die Qualität des Besatzmaterials im Frühjahr ist das von entscheidender Bedeutung. Gemeinhin besteht in der teichwirtschaftlichen Literatur die Annahme, dass die Karpfen bei niedrigen Wassertemperaturen kein Nahrungsbedürfnis haben und die Nahrungsaufnahme so gut wie einstellen (WUNDER 1936, GELDHAUSER 1996, LUKOWICZ & GERSTNER 1998). Der Glaube an die fehlende Nahrungsaufnahme der Fische während des Winters führte sogar dazu, dass Untersuchungen, die sich mit dem Gewichtsverlust der Fische während der „Winterruhe“ beschäftigten, die Experimente so anlegten, dass den Tieren erst gar keine Gelegenheit zur Nahrungsaufnahme zugestanden wurde. Für Schleien (*Tinca tinca*) ist das etwa von BRUNNER & ENDRES (1929) durchexerziert worden. An Grenztemperaturen für die Nahrungsaufnahme werden Werte zwischen 4 und 12 °C genannt (ALBRECHT 1966b, HUET 1986, SCHMELLER 1988, LUKOWICZ & GERSTNER 1998, REICHLER 1998). Bei diesen niedrigen Temperaturen soll nicht nur das Nahrungsbedürfnis fehlen, sondern die aufgenommene Nahrung soll auch keiner richtigen Verwertung zugeführt werden können. Diese Ansicht teilen allerdings nicht alle Autoren und so ist GASCH (1955, 1957) der Überzeugung, dass insbesondere K1 den ganzen Winter über Nahrung aufnehmen und fordert seichte Bereiche im Winterteich, die als Weidegründe dienen können. DEMOLL & GASCHOTT (1932) zitieren in ihrer Untersuchung zum Stoffwechsel der Süßwasserfische eine Arbeit von WIELENBACH, welcher angibt, dass der Darm von Karpfen (besonders K1) auch im Winter häufiger mit Nahrung angefüllt ist. Auch WUNDER (1936) räumt ein, dass zumindest jüngere Karpfen, im Gegensatz zu älteren, über längere Zeit auch bei niedrigeren Temperaturen ein Fressbedürfnis haben. Es gibt Berichte, wonach Karpfen noch bei wesentlich geringeren Temperaturen als den oben angegebenen gefressen haben sollen. STEFFENS (1964 und dort zitierte Autoren) nennt diesbezüglich Wassertemperaturen zwischen 0,5 – 2,8 °C. Noch bei 3 °C nahmen K1 und K2 Fertigfuttermittel auf (STREMPPEL 1972) und (BOHL 1999) berichtet von K1, die noch bei 1,7 °C Wassertemperatur unter dem Futterspender gefressen hatten. Dass die kleinen Karpfen nicht nur bei Wassertemperaturen von 3 – 8 °C gefressen hatten, sondern die Nahrung im Darm auch verwertet wurde, weiß BILLARD (1999) zu berichten. Im Zuge der vorliegenden Arbeit konnten mehrmals Karpfen (K2 und K3) gefangen werden, die

Futterstellen zum Fressen aufsuchten und darüber hinaus noch Chironomidenlarven, Copepoden und Cladoceren im Darm aufwiesen. Die Wassertemperatur war dabei teilweise bei 4 °C. Nur die Karpfen, die beim Zulauf des Streitteiches im Zuge der Sauerstoffkrise im Winter 2000/2001 gefangen wurden, wiesen einen vollkommen leeren Darm auf. Nach SCHÄPERCLAUS (1990) stellen Karpfen ab einem Sauerstoffgehalt von 3 – 3,5 mg/l die Nahrungsaufnahme ein. Es ist allgemein bekannt, dass Karpfen unter Stress eine nur eingeschränkte Nahrungsaufnahme und Verwertung aufweisen (z.B. SCHRECKENBACH 2002). Dass jedoch die Nahrungsaufnahme des Karpfens grundsätzlich auch während des Winters anhält, nur in eingeschränkter Intensität, wissen ZIEMIANKOWSKY & CRISTEA (1961) zu berichten. Sie betonen, dass eine Generalisierung des Ernährungsverhaltens während des Winters nicht möglich ist, geben aber an, dass eben der Karpfen einer jener Fische ist, bei dem sie während des ganzen Winters und in den verschiedensten Altersklassen, eine Nahrungsaufnahme feststellen konnten und das bei Wassertemperaturen von 0,5 – 7 °C. Eine kurzzeitige Einstellung der Nahrungsaufnahme erfolgt nach ZIEMIANKOWSKY & CRISTEA (1961) lediglich im Zuge einer starken Abkühlung des Wassers, wird aber dann bei gleichmäßigen, wenn auch niedrigen Wassertemperaturen wieder aufgenommen. POWLES et al. (1983) haben in einer Untersuchung über die saisonale Nahrungsaufnahme von Karpfen in Kanada festgestellt, dass die Nahrungsaufnahme im Winter zwar eingeschränkt wird, aber nicht völlig zum Erliegen kommt. „Carp feed under ice in Winter“ lautet ein zentraler Satz diesbezüglich. SCHWARTZ (1987) weiß Ähnliches für die Vereinigten Staaten zu berichten.

Es kommt daher vielleicht nicht von ungefähr, dass Autoren, die dem Karpfen bei niedrigen Temperaturen ein Nahrungsbedürfnis absprechen, trotzdem eine vorsichtige Fütterung bei niedrigen Wassertemperaturen, unter bestimmten Umständen, empfehlen. Bis in den Herbst hinein und ab dem zeitigen Frühjahr zu füttern, um die Kondition der Karpfen zu verbessern, steht z.B. für SCHÄPERCLAUS (1964), SCHMELLER (1988), BOHL (1999) außer Frage. WUNDER (1949, 1962) und SCHMELLER (1988) sprechen sich neben anderen daher für seichte Bereiche im Winterteich aus. Diese können den Karpfen im Spätherbst und Frühjahr als Weidegründe dienen. In diesem Sinn lassen sich Beobachtungen, die im Zuge der vorliegenden Untersuchung am Streitteich im Februar 2002 gemacht wurden, interpretieren. Die besenderten Karpfen, die in diesem Monat die seichten, verkrauteten Bereiche des Streitteichs aufsuchten, könnten das zum Zweck der Nahrungssuche getan haben. HUET (1986) empfiehlt eine Fütterung generell ab 4 °C Wassertemperatur. Auch in längeren Wärmeperioden sollte eine leichte Fütterung erfolgen (HAAS 1982, 1997, LUKOWICZ & GERSTNER 1998). Letztere mahnen allerdings zur Vorsicht, da eine übermäßige Futtergabe negative Auswirkungen auf die Wasserqualität haben kann. KOCH et al. (1982) empfehlen neben einer Fütterung im Herbst, die sofortige vorsichtige Fütterung nach Aufgehen des Eises, auch wenn das mitten im Winter stattfinden sollte. Überhaupt sehen KOCH et al. (1982) die Fütterung der Karpfen etwas weiter. Sie empfehlen generell, beim Fischaufstand zu füttern und räumen ein, dass unter gewissen Umständen eine leichte Fütterung während des ganzen Winters notwendig sein kann, etwa wenn Quellen die Fresslust der Karpfen wach halten. Karpfen, die sich nicht oder nicht mehr in Winterruhe befinden, sollten leicht gefüttert werden, wobei die Wassertemperatur vollkommen egal ist und als einziges Kriterium die Annahme des Futters durch die Karpfen gelten kann, meint GELDHAUSER (1996). Einer Fütterung in Wärmeperioden ablehnend gegenüber steht hingegen REICHLER (1998). Auch SCHMELLER (1988) hält eine Fütterung der Karpfen nach einem winterlichen Aufstand

aus der Winterung für nicht angebracht, da damit höchstens der Organismus des Fisches belastet wird ohne eine fördernde Wirkung zu erzielen. Für den passionierten Angler steht die Nahrungsaufnahme auch kapitaler Karpfen außer Frage. GIBBINSON (1970) gibt in seinem Buch zum Angelsport an, dass des öfteren im Winter Karpfen an den Hacken gehen, und zwar auch bei Wassertemperaturen um 2 °C und das dies nichts Ungewöhnliches sei. Ähnliche Aussagen werden auch von Waldviertler Anglern getroffen (persönliche Mitteilung GRATZL).

Geht man davon aus, dass Karpfen auch während des gesamten Winters in eingeschränkter Form Nahrung zu sich nehmen, mit Ausnahmen jener Wochen, in denen es zu starken Temperaturveränderungen im Wasser kommt, dann stellt sich die Frage, wie es trotzdem zu den Gewichtsverlusten, die jedoch nicht zwingend sein müssen, wie unter Punkt 4.1.2. bereits ausgeführt wurde, kommt. Zum einen dürfte das daran liegen, dass natürlich das Verdauungssystem des Karpfens nicht optimal auf niedrige Temperaturen abgestimmt ist und eine ähnlich gute Futtermittelverwertung der gesamten Nahrung wie im Sommer nicht zu erwarten ist. Das bestätigen indirekt die Berichte der Angler, die angeben, dass Karpfen im Winter wählerischer bezüglich des Köders sind (persönliche Mitteilung GRATZL). Trotz Nahrungsaufnahme könnte der Energieverbrauch möglicherweise nicht zur Gänze gedeckt werden. Vor allem wenn dieser infolge von Störungen, Krankheiten oder schlechter Wasserqualität erhöht ist. Zum anderen muss man natürlich die Möglichkeit des schlichten Nahrungsmangels im Winter in Betracht ziehen. WUNDER (1936) berichtet, dass immer wieder die Erfahrung gemacht wurde, dass Karpfenbrut, in kleine hälterähnlichen Teichen mit geringem Nahrungsangebot, schlechter überwintert als in Winterteichen mit seichten Ufern. Wenn es wenig oder nichts zu fressen gibt, da kann der Stoffwechsel noch so sparsam arbeiten, wird es zu Gewichtsverlusten kommen. ULTSCH (1989) nennt ja Nahrungsmangel als einen der Gründe von winterlicher Aktivitätseinschränkung, neben niedrigen Wassertemperaturen, Sauerstoffmangel und anderen. Viele Nährtiere des Karpfens stehen im Winter nicht oder in geringerer Menge zur Verfügung bzw. sind in Lehrbuchwinterteichen, die den Sommer über trockengelegt, von jeglicher Vegetation befreit und gekalkt wurden von vornherein nicht vorhanden. Beim normalen Fischbesatz eines Winterteiches kann daher die Abundanz der Nährtiere zu gering sein, um den Karpfen in nennenswertem Umfang zur Verfügung zu stehen. Prinzipiell kann es aber in den Wintermonaten, vor allem im Jänner und Februar, durchaus zu Maximalwerten an Biomasse im Zooplankton kommen, die durchaus mit jenen im Frühjahr und Herbst zu vergleichen sind (SCHLOTT 1986). Dass die Naturnahrung auch bei niedrigen Wassertemperaturen wichtig ist, zeigen die bescheidenen Nahrungsuntersuchungen der vorliegenden Studie und ist auch bei WUNDER (1962) nachzulesen. Wobei er besonderes Gewicht auf die Bodennahrung legt. Nicht umsonst fordern WUNDER (1949) und GASCH (1957) seichte Stellen im Teich als Weidegründe und mahnt HUET (1986) das frühzeitige Überstauen der Winterteiche im Oktober ein, damit sich Naturnahrung in genügender Menge entwickeln kann. BILLARD (1999) betont, dass jede noch so kleine Futteraufnahme während des Winters hilft, Reserven zu sparen und die Widerstandsfähigkeit im Frühjahr verbessert. Vielleicht sind die geringen Gewichtsverluste der Versuchskarpfen während der drei Winter auf das Vorhandensein von reichlich Naturnahrung im Plankton (persönliche Mitteilung SCHLOTT) in den, den Sommer über bespannten Winterteichen zurückzuführen. In den Därmen untersuchter Fische fand sich, wie schon berichtet, jedenfalls auch Zooplankton. Hinzukommt noch die umsichtige Bewirtschaftung durch den zuständigen Fischereimeisters, der stets für eine

Konditionsstärkung der Karpfen vor dem Winter und unmittelbar danach, vor der Frühjahrsabfischung, sorgte.

#### 4.4. Die Winterteiche

Im Folgenden soll ein Vergleich von Streitteich und Kaltenbachteich hinsichtlich ihrer Eignung als Winterteich für Karpfen vorgenommen werden. Zunächst einmal ist festzustellen, dass sowohl der Streitteich als auch der Kaltenbachteich nicht als klassische Winterteiche im Sinne der Lehrbücher gelten können. Das hat den Grund, dass ein Winterteich üblicherweise über den Sommer aus seuchenhygienischen Gründen und zur Reduktion der organischen Belastung trockenliegen und erst im Herbst bespannt werden sollte (HUET 1986, GELDHAUSER 1996, LUKOWICZ & GERSTNER 1998). Solche Teiche sind im Waldviertel kaum zu finden. Auch bei den beiden Versuchsteichen ist dies nicht möglich. Das liegt zum einen daran, dass beide als Streckteiche dienen und zum anderen, dass das notwendige Wasser zum Bespannen im Herbst nicht vorhanden wäre. Auf die Unterschiede in der Topographie der Teiche wurde bereits in Abschnitt 2 eingegangen. Wesentlich sind hier die Unterschiede, die in physikalisch/chemischer Hinsicht die Überwinterung der Karpfen beeinflussen. Eine wesentliche Bedeutung kommt hierbei der organischen Belastung und dem Gehalt an Phosphor zu. Der Gehalt an Phosphor ist für gewöhnlich der limitierende Faktor der autotrophen Primärproduktion im Gewässer. Die autotrophe Primärproduktion, die mikrobiellen Prozesse, die organische Belastung des Teiches, der Gehalt an Phosphor im Freiwasser und gebunden im Sediment, sowie der Gehalt an Sauerstoff stehen in komplexen Wechselwirkungen und können in einem Winterteich die Lebensqualität der Karpfen erheblich beeinflussen. Wenn beispielsweise die Winterdecke aus Eis und Schnee den Wasserkörper vom Gasaustausch mit der Atmosphäre abschließt und kein Licht für die Photosynthese durchkommt, kann das zu einer dramatischen Sauerstoffzehrung führen. Diese kann aus dem Teich eine für Karpfen und Fische allgemein lebensfeindliche Umgebung machen. Die kritischen Werte für den Sauerstoffgehalt und die Konsequenzen wurden bereits in Abschnitt 4.3.2. behandelt. Jedes Jahr fallen Tonnen von Fischen diesen Vorgängen zum Opfer, oftmals aus Unachtsamkeit oder Nachlässigkeit des jeweiligen Teichbewirtschafters. Zur Darstellung der komplexen Wechselwirkungen im physikalisch/chemische Bereich sei auf einschlägige Lehrbücher verwiesen (z.B. LAMPERT & SOMMER 1993, SCHWOERBEL 1993, DOKULIL et al. 2001). Die beiden Versuchsteiche unterscheiden sich nun eben gerade was die organische Belastung und den Gehalt an Gesamtphosphor angeht. Ammonium ( $\text{NH}_4^+$ ) gibt einen wichtigen Hinweis auf die organische Belastung des Gewässers. Der Streitteich wies mit einem Monatsmittel von 0,39 – 0,89 mg/l in den Monaten November bis Februar gegenüber dem Kaltenbachteich mit einem Monatsmittel von 0,03 – 0,11 mg/l, den deutlich höheren Gehalt an Ammonium auf. Nach SCHLOTT (1986) stellt ein Gehalt von  $\text{NH}_4^+$ -N von größer als 1 mg/l ein erstes Warnsignal auf eine drohende Sauerstoffzehrung dar. Im Streitteich wurde diese Grenze bei 6 Messungen im Jänner 2000 und bei insgesamt 6 Messungen im November 2001, Dezember 2001 und Jänner 2002 überschritten. Im Kaltenbachteich kam es hingegen in keinem Winter zu einer Überschreitung der 1 mg/l Grenze. Nach SCHLOTT-IDL & SCHLOTT (in Druck) besteht in Teichen ein positiver Zusammenhang zwischen dem Ammoniumgehalt und dem Gehalt an Gesamtphosphor. Das konnte auch in den Versuchsteichen beobachtet werden. So wies der Streitteich mit einem Monatsmittel von 116 – 252  $\mu\text{g/l}$  gegenüber dem Kaltenbachteich

mit einem Monatsmittel von 30 – 60 µg/l den deutlich höheren Gehalt an Gesamtphosphor auf. Der hohe Gehalt an Gesamtphosphor vor allem im Streitteich wäre nach einschlägigen Systemen zur Bewertung der Trophie eines Gewässers als eutroph, ja gar als hypertroph zu werten. Nach VOLLENWEIDER & KERKES (1982) ist beispielsweise die höchste Trophiestufe mit Werten >100 µg/l erreicht. Ein solches System, welches in erster Linie für natürliche Gewässer entwickelt wurde, lässt sich jedoch bei einem zum Zweck der Fischzucht angelegten Teich nur mit großem Vorbehalt anwenden. Fischteiche sind von ihrer Bestimmung her eutrophe Gewässer. Sie müssen es vielmehr sein, um einen entsprechenden Zuwachs bei den Fischen zu erreichen. SCHLOTT-IDL & SCHLOTT (in Druck) haben zahlreiche physikalische und chemische Parameter von rund 3600 Probenahmen aus 700 Teichen in den Jahren 1985 bis 2000 ausgewertet und errechneten Monatsmittelwerte des Gesamtphosphors von 84 – 325 µg/l. Dieser sehr hohe Gehalt an Gesamtphosphor, der ja auch besonders im Streitteich auftritt, birgt in Kombination mit einer geschlossenen Winterdecke, wie schon erwähnt, das Risiko einer für die Karpfen bedrohlichen Sauerstoffzehrung. Der Gehalt an Sauerstoff betrug im Streitteich im Monatsmittel 4,5 – 11,9 mg/l, im Minimum 0,6 mg/l. Im Kaltenbachteich betrug der Sauerstoffgehalt im Monatsmittel 7,4 – 12,1 mg/l, im Minimum 3,8 mg/l. Bezüglich des Gehalts an Sauerstoff erwies sich der Streitteich in jedem Winter als der ungünstigere Teich. Diese Bedrohung durch eine auftretende Sauerstoffzehrung ist auch der Grund für die Empfehlung, Winterteiche möglichst arm an Nährstoffen und an organischem Material zu halten (SCHMELLER 1988, GELDHAUSER 1996). Aus dem selben Grund ist Drainagewasser als Zufluss ungünstig, da es hohe Frachten an Phosphat und organische Belastungen aus landwirtschaftlicher Düngung in den Teich eintragen kann (HOFMANN et al. 1987, LUKOWICZ & GERSTNER 1998). Wenig Nährstoffe wirken sich zwar günstig auf die Sauerstoffversorgung der Karpfen über den Winter aus, kann aber andererseits ein geringes winterliches Nahrungsangebot zur Folge haben, wie bereits in Abschnitt 4.3.3. erwähnt wurde. Im Streitteich traten diese gefährlichen Sauerstoffzehrungen in jedem der Versuchswinter auf, und zwar jeweils ab Ende Dezember oder noch später gegen Ende Jänner. Wie die Ergebnisse der vorliegenden Untersuchung zeigen, immer in ursächlichem Zusammenhang mit einer Winterdecke aus Eis und Schnee. Wurden vom Bewirtschafter Maßnahmen ergriffen, um die Situation im Teich etwa durch Belüftung zu verbessern oder setzte Tauwetter ein, dann entspannte sich die Lage relativ rasch und der Sauerstoffgehalt stieg an. Im Kaltenbachteich hingegen kam es trotz stabiler Winterdecke nicht annähernd zu solch einer dramatischen und für die Karpfen bedrohlichen Abnahme des Sauerstoffgehalts. Der geringe Gehalt an Gesamtphosphor dürfte hier eine größere Zehrung verhindert haben. An dieser Stelle sei nochmals auf den Abschnitt 4.3.2. verwiesen.

In Zusammenhang mit dem Nährstoffgehalt und damit der autotrophen Primärproduktion eines Teiches steht die Sichttiefe. Sie wird von der Dichte des Planktons, vornehmlich von der Abundanz des Phytoplanktons beeinflusst und kann als Hinweis auf den Nährstoffreichtum eines Gewässers gelten. In Fischteichen gilt dies grundsätzlich ebenso wie in natürlichen Gewässern, wobei allerdings einige Faktoren berücksichtigt werden müssen. So wird die Sichttiefe unter anderem von der Wühltätigkeit der nahrungssuchenden Karpfen beeinflusst und auch die Fütterung durch den Bewirtschafter kann sich auswirken. Verschmähen beispielsweise die Karpfen die Naturnahrung zu Gunsten des Futters kann es vorkommen, dass ein an sich nährstoffreicher Teich eine unverhältnismäßig hohe Sichttiefe aufweist. Der Grund liegt in der hohen Zooplanktonabundanz, welche das Phytoplankton stark reduziert. Bedenkt man die

bisherige Beurteilung der beiden Teiche, so ist natürlich zu erwarten, dass die Sichttiefe im Streitteich geringer ist als im Kaltenbachteich. Tatsächlich lagen im Streitteich die Monatsmittelwerte mit 0,5 – 1,1 m niedriger als im Kaltenbachteich mit 1,2 – 2,1 m Monatsmittel.

Ein weiterer Parameter, der für die Winterung von Karpfen von Bedeutung ist, ist der pH-Wert des Teichwassers. Karpfen, die über längere Zeit Wasser mit einem pH-Wert von 4,8 – 5 ausgesetzt sind, zeigen allmählich die typischen Erscheinungen der Säurekrankheit und gehen daran zugrunde (nach SCHÄPERCLAUS 1990 und dort zitierten Autoren). Nach REICHENBACH – KLINKE (1980) liegt der letale pH-Wert für Karpfen bei 5 und 10,8. Im Winter besteht vor allem die Gefahr, dass huminsäurereiche Schmelzwässer aus den Fichtenforsten den pH-Wert der Teiche ungünstig beeinflussen. Zudem sind die kalkarmen Waldviertler Teiche aufgrund ihres sauren Untergrunds aus Granitgesteinen schlecht gepuffert. Das Säurebindungsvermögen schwankte im Monatsmittel im Streitteich zwischen 1,8 – 2,6 mVal/l und 1,3 – 1,5 mVal/l im Kaltenbachteich. Gerade beim Kaltenbachteich, dessen unmittelbares Einzugsgebiet aus Fichtenforsten besteht und der auch Drainagewasser aus diesen empfängt, besteht potentiell die Gefahr eines niedrigen pH-Wertes. Das gilt insbesondere für die Zeit der Schneeschmelze, wenn verstärkt Wasser aus den Nadelwäldern zufließt. Beim Streitteich besteht dieses Problem nicht in diesem Ausmaß, da sein Einzugsgebiet etwas anders beschaffen ist. In keinem der Versuchswinter wurde der pH-Wert zu einem Faktor, der die Karpfen in ihrer Überwinterung beeinträchtigt hätte. Bei beiden Teichen, insbesondere beim Kaltenbachteich, sorgte der Bewirtschafter durch eine wohldosierte Kalkgabe am Zufluss dafür, dass Probleme erst gar nicht auftraten. Die pH-Werte von im Monatsmittel 7,2 – 7,7 im Streitteich und 7,0 – 8,1 im Kaltenbachteich zeigten dies. Ein bedeutender Faktor, der vor allem in den Sommermonaten zu Fischsterben führen kann, ist der ab einer Konzentration von 0,02 mg/l für Karpfen schädliche Ammoniak ( $\text{NH}_3$ ). Seine Konzentration im Wasser ist weitgehend pH abhängig. Mit zunehmendem pH-Wert nimmt der Anteil der dissoziierten Ammoniummoleküle ab und der Anteil der undissoziierten Ammoniakmoleküle zu. Vorsicht ist bei pH-Werten ab 9 geboten (nach SCHÄPERCLAUS 1990). Aufgrund der pH-Werte und des Gehaltes an Ammonium in den Teichen, bestand zu keiner Zeit und in keinem Teich eine Gefahr für die Karpfen. Das gilt auch für den Kaltenbachteich, der zwar zeitweise einen pH-Wert bis 9 aufwies, dessen Gehalt an Ammonium selbst mit dem Spitzenwert von 0,27 mg/l jedoch nie Ammoniakgehalte im kritischen Bereich ermöglicht hätte.

Den Einfluss der Wassertemperatur auf die Aktivität bzw. die Nahrungsaufnahme der überwinternden Karpfen wurden bereits in den Abschnitten 4.3.2. und 4.3.3. behandelt. Die Unterschiede in der Wassertemperatur zwischen den beiden Teichen hängt zum einen mit der Sauerstoffzehrung zusammen und zum anderen mit der Lage der Teiche. Der Streitteich zeigte in den drei Wintern einen Monatsmittelwerte von 1,9 – 4,6 °C. Der Kaltenbachteich zeigte Monatsmittelwerte von 3,1 – 5,6 °C. Als tiefste Temperaturen wurden für den Streitteich 0,4 °C im Winter 2000/2001 und für den Kaltenbachteich 1,0 °C im Winter 2001/2002 ermittelt. Die Sauerstoffzehrung im Streitteich macht, wie schon erwähnt, Maßnahmen seitens des Teichbewirtschafters nötig, die für eine Durchmischung des Wasserkörpers sorgten und damit zu einer Temperaturerniedrigung führten. Zum anderen liegt der Streitteich in sehr windexponierter Lage. Dieser mitunter recht heftige Wind bricht eine dünne Eisdecke auf bzw. findet in den Wuhnen genug Angriffsfläche, um den Wasserkörper zu durchmischen. Die Eisdecke verschwindet ganz oder teilweise und ein Absinken der Wassertemperatur ist die Folge. Erst bei entsprechenden

Lufttemperaturen und wenig Wind kommt es zu einem erneuten Eisschluss. Der Kaltenbacheich hingegen liegt vom Wald gut geschützt in einer Senke und ist dem Wind in viel geringerem Maße ausgesetzt, was eine viel stabilere Winterdecke zur Folge hat. Diese bestand weit länger ins Frühjahr hinein als jene am Streitteich. Eine höhere und stabilere Wassertemperatur im Kaltenbacheich war die Folge. Der Einfluss der Schmelzwässer im Frühjahr führte ebenfalls zu einem Absinken der Wassertemperatur. Davon waren jedoch beide Teiche in gleichem Maße betroffen.

Die störungsfreiere und sicherere Überwinterungsmöglichkeit bietet zweifellos der Kaltenbacheich. Sein niedriger Gehalt an Gesamtphosphor und die geringere organische Belastung machen ihn weniger anfällig für gefährliche, die Karpfen bedrohende Sauerstoffzehrungen. Das und die geschützte Lage gewährleisteten relativ stabile Wassertemperaturen während des Winters. Der einzige Schwachpunkt ist das Zuflusswasser aus den Fichtenwäldern, das vor allem bei hoher Wasserführung einen negativen Einfluss auf den pH-Wert zeigen könnte. Wie schon erwähnt, könnte sich der geringere Nährstoffgehalt auch auf die Nahrungsverfügbarkeit auswirken. Der Streitteich hingegen ist schon allein aufgrund seiner relativ hohen Nährstoffbelastung ein Winterteich für den Bewirtschafter mit dem Hang zum Risiko. In jedem der drei Versuchswinter kam es zu bedrohlichen Sauerstoffzehrungen und nur das zeitige Tauwetter im Winter 2001/2002 erübrigte ein Eingreifen seitens des Bewirtschafters wie in den beiden Wintern zuvor.

Wie ist hier abschließend der Mitterhöllteich einzuordnen? Die organische Belastung im Mitterhöllteich lag im Monatsmittel zwischen 0,24 und 0,65 mg/l Ammonium. Die Grenze von 1 mg/l wurde dabei bei zwei Messungen überschritten. Damit lag der Mitterhöllteich knapp hinter dem Streitteich. Der Gehalt an Gesamtphosphor betrug im Monatsmittel zwischen 121 – 172 µg/l und lag damit ebenfalls hinter dem Streitteich. Der Sauerstoffgehalt betrug im Monatsmittel 6,1 – 11,6 mg/l, war damit höher bzw. in etwa auf dem Niveau des Streitteichs und sank im Minimum auf 1,1 mg/l ab. Die Sichttiefe betrug im Monatsmittel lediglich 0,4 – 0,9 m und war damit etwas geringer als im Streitteich. Der pH-Wert schwankte im Monatsmittel um 7,0 – 7,3 und das Säurebindungsvermögen zwischen 0,24 und 0,65 mVal/l. Die Wassertemperatur betrug im Monatsmittel 2,2 – 5,5 °C, im Minimum 0,7 °C. Der Mitterhöllteich liegt geschützter als der Streitteich und verfügte im Versuchswinter über einen mengenmäßig großen Durchfluss, begünstigt durch die Lage innerhalb einer Teichkette. Dieser große Durchfluss gemeinsam mit dem Tauwetter im zeitigen Frühjahr wendete noch niedrigere Gehalte an Sauerstoff ab. Sicher ein Winterteich, den man während des Winters sorgfältig im Auge haben muss und der nicht so problemlos ist wie der Kaltenbacheich. Letztlich lässt sich aber mit den Daten eines Winters ohne Vergleichswerte nur eine beschränkte Aussage machen.

## 5. Literatur

- AARESTRUP, K. & JEPSEN, N. (1998): Spawning migration of sea trout (*Salmo trutta* (L.)) in a Danish river. In: LAGARDERE, J. P., BEGOUT ANRAS, M. L. & CLAIREAUX, G. (eds.), Advances in Invertebrates and Fish Telemetry. *Hydrobiologia* 371/372: 275-281.
- ADAM, H. & CZIHAK, G. (1964): Arbeitsmethoden der makroskopischen und mikroskopischen Anatomie. In: SIEWING, R. (ed.): *Grosses zoologisches Praktikum*. Gustav Fischer Verlag, Stuttgart.
- ADAMS, N. S., RONDORF, D. W., SCOTT, D. E., KELLY, J. E. & PERRY, R. W. (1998a): Effects of surgically and gastrically implanted radio transmitters on swimming performance and predator avoidance of juvenile chinook salmon (*Oncorhynchus tshawytscha*). *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Science* 55: 781-787.
- ADAMS, N. S., RONDORF, D. W., EVANS, S. D. & KELLY, J. E. (1998b): Effects of surgically and gastrically implanted radiotransmitters on growth and feeding behavior of juvenile chinook salmon. *Transactions of the American Fisheries Society* 127: 128-136.
- ALBRECHT, M. L. (1966a): Winterruhe und Kohlehydratstoffwechsel des Karpfens (*Cyprinus carpio* L.). *Deutsche Fischereizeitung* 13: 106-109.
- ALBRECHT, M. L. (1966b): Das Hungervermögen des Karpfens (*Cyprinus carpio* L.). *Deutsche Fischereizeitung* 13: 340-344.
- AMLACHER, E. (1981): *Taschenbuch der Fischkrankheiten*, 4. Auflage. Gustav Fischer Verlag, Stuttgart, New York: 474 S.
- ANDERSON, C. D. & ROBERTS, R. J. (1975): A comparison of effects of temperature on wound healing in a tropical and a temperate teleost. *Journal of Fish Biology* 7: 173-182.
- ARME, C. & OWEN, A. (1970): Observations on a tissue response within the body cavity of fish infected with the plerocercoid larvae of *Ligula intestinalis* (L.) (Cestoda: Pseudophyllidea). *Journal of Fish Biology* 2: 35-37.
- ARMSTRONG, J. D. & RAWLINGS, C. E. (1993): The effect of intragastric transmitters on feeding behaviour of atlantic salmon, *Salmo salar*, parr during autumn. *Journal of Fish Biology* 43: 646-648.
- BAKAL, R. S., LOVE, N. E., LEWBART, G. A. & BERRY, C. R. (1998): Imaging a spinal fracture in a Kohaku Koi (*Cyprinus carpio*): Techniques and Case History Report. *Veterinary Radiology & Ultrasound* 39: 318-321.
- BALON, E. K. (1964): Verzeichnis und ökologische Charakteristik der Fische der Donau. *Hydrobiologia* 24: 441-451.
- BALON, E. K. (1968): Urgeschichte der Donau – Ichthyofauna (vor dem Einfluß des Menschen). *Archiv für Hydrobiologie (Suppl. Donauforschung 3)* 34: 204-227.
- BALON, E. K. (1969): Studies on the wild carp *Cyprinus carpio carpio* Linnaeus, 1758. I. New opinions concerning the origin of the carp. *Práce Laboratória rybárstva* 2: 99-120.

- BALON, E. K. (1995): Origin and domestication of the wild carp, *Cyprinus carpio*: from Roman gourmets to the swimming flowers. In: BILLARD, R. & GALL, G. A. E. (eds.): The carp – Proceedings of the 2<sup>nd</sup> Aquaculture-sponsored Symposium held in Budapest, Hungary, 06. – 09. September 1993. Aquaculture 129: 3-48.
- BARAS, E. (1991): A bibliography on underwater telemetry 1956-1990. Canadian Technical Report of Fisheries and Aquatic Sciences 1819,
- BARAS, E. (1995): Seasonal activities of *Barbus barbus*: effect of temperature on time-budgeting. Journal of Fish Biology 46: 806-818.
- BARAS, E. (1998): Selection of optimal positioning intervals in fish tracking: an experimental study on *Barbus barbus*. In: LAGARDERE, J. P., BEGOUT ANRAS, M. L. & CLAIREAUX, G. (eds.), Advances in Invertebrates and Fish Telemetry. Hydrobiologia 371/372: 19-28.
- BARAS, E. & JEANDRAIN, D. (1998): Evaluation of surgery procedures for tagging eel *Anguilla anguilla* (L.) with biotelemetry transmitters. In: LAGARDERE, J. P., BEGOUT ANRAS, M. L. & CLAIREAUX, G. (eds.), Advances in Invertebrates and Fish Telemetry. Hydrobiologia 371/372: 107-111.
- BARAS, E., JEANDRAIN, D., SEROUGE, B. & PHILIPPART, J. C. (1998): Seasonal variations in time and space utilization by radio-tagged yellow eels *Anguilla anguilla* (L.) in a small stream. In: LAGARDERE, J. P., BEGOUT ANRAS, M. L. & CLAIREAUX, G. (eds.), Advances in Invertebrates and Fish Telemetry. Hydrobiologia 371/372: 187-198.
- BARLOW, A. M. (1993): "Broken backs" in koi carp (*Cyprinus carpio*) following lightning strike. Veterinary Record 133: 503.
- BARUŠ, V., PEŇÁZ, M. & KOHLMANN, K. (2001): *Cyprinus carpio* (Linnaeus, 1758). In: BĂNĂRESCU, P. & PAEPKE, H. J. (eds.), The Freshwater Fishes of Europe. Vol. 5 Cyprinidae – 2, Part 3 Carassius to Gasterosteidae. Aula – Verlag, Wiebelsheim: 84-179.
- BEYERS, D. W. & CARLSON, C. A. (1993): Movement and habitat use of triploid grass carp in a Colorado irrigation canal. North American Journal of Fisheries Management 13: 141-150.
- BILLARD, R. (1999): Carp. Biology and culture. Springer – Praxis series in aquaculture and fisheries, 342 S.
- BILLARD, R. & GALL, G. A. E. eds. (1995): The Carp. Proceedings of the 2nd Aquaculture-sponsored Symposium, Budapest, Hungary, 6.-9. September 1993. Aquaculture 129, 485 pp.
- BLAŽKA, P. (1958): The anaerobic metabolism of fish. Physiological Zoology 31: 117-128.
- BOHL, M. (1999): Zucht und Produktion von Süßwasserfischen. Verlags Union Agrar, Frankfurt, 719 S.
- BROWN, R. S. & MACKAY, W. C. (1995): Spawning ecology of cutthroat trout (*Oncorhynchus clarki*) in the Ram River, Alberta. Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences 52: 983-992.
- BROWN, R. S., POWER, G., BELATOS, S., BEDDOW, T. A. (2000): Effects of hanging ice dams on winter movements and swimming activity of fish. Journal of Fish Biology 57: 1150 – 1159.

- BROWN, R. S., POWER, G., BELATOS, S. (2001): Winter movements and habitat use of riverine brown trout, white sucker and common carp in relation to flooding and ice break – up. *Journal of Fish Biology* 59: 1126-1141.
- BRUNNER, CH. & ENDRESS, H. (1929): Der Einfluß der Umgebungstemperatur auf den Ernährungszustand der Fische bei der Winterruhe. *Zeitschrift für Biologie* 89: 85-113.
- BRUNO, D. W. (1990): Jaw deformity associated with farmed Atlantic salmon (*Salmo salar*). *Veterinary Record* 126: 402-403.
- BÖTTCHER, K. & BÖTTCHER, M. (2000): Röntgendiagnostik bei Fischen: Röntgenanatomie des Karpfens. *Kleintierpraxis* 45(5): 351-358.
- CHILTON, E. W. & POARCH, S. M. (1997): Distribution and movement behaviour of radio – tagged grass carp in two Texas reservoirs. *Transactions of the American Fisheries Society* 126: 467-476.
- CHISHOLM, I. M. & HUBERT, W. A. (1985): Expulsion of dummy transmitters by rainbow trout. *Transactions of the American Fisheries Society* 114: 776-767.
- COHEN, M. A. (1998): A low-budget and versatile radiotracking system. *Fisheries Management and Ecology* 5: 491-500.
- COOKE, S. J. & BUNT, CH. M. (2001): Assessment of internal and external antenna configuration of radio transmitters implanted in smallmouth bass. *North American Journal of Fisheries Management* 21: 236-241.
- COLEMAN, D. L., KING, R. N. & ANRADE, J. D. (1974): The foreign body reaction: a chronic inflammatory response. *Journal of Biomedical Materials Research* 8: 199-211.
- COUTANT, C. C. (1977): Compilation of temperature preference data. *Journal of the Fisheries Research Board of Canada* 34: 739-745.
- DASSE, K. A. (1984): Infection of percutaneous devices: prevention, monitoring and treatment. *Journal of Biomedical Materials Research* 18: 403-411.
- DECKERT, K. & DECKERT, G. (1991): *Urania Tierreich: Fische, Lurche, Kriechtiere. Urania – Verlag Leipzig, Jena, Berlin: Seite 135.*
- DOKULIL, M., HAMM, A. & KOHL, J.-G. (Hersg.) 2001: *Ökologie und Schutz von Seen. Facultas Universitäts Verlag, Wien: 499 S.*
- DEMOLL, R. & GASCHOTT, O. (1932): Untersuchungen über den Stoffwechsel von Süßwasserfischen mit besonderer Berücksichtigung des Karpfens. *Internationale Revue der gesamten Hydrobiologie und Hydrographie* 26: 281-292.
- DONNELLY, R. E., CAFFREY, J. M. & TIERNEY, D. M. (1998): Movements of a bream (*Abramis brama* (L.)), rudd×bream hybrid, tench (*Tinca tinca* (L.)) and pike (*Esox lucius* (L.)) in an Irish canal habitat. In: LAGARDERE, J. P., BEGOUT ANRAS, M. L. & CLAIREAUX, G. (eds.), *Advances in Invertebrates and Fish Telemetry. Hydrobiologia* 371/372: 305-308.
- ELARIFI, A. E. (1982): The histopathology of larval anisakid nematode infection in the liver of whiting, *Merlangius merlangus* (L.), with the observations on blood leukocytes of the fish. *Journal of Fish Diseases* 5: 411-419.
- FREEMAN, R. & KING, B. (1975): Recognition of infection associated with intravenous catheters. *British Journal of Surgery* 62: 404-406.
- GASCH, A. (1955): Schonende Abfischung der einsömmrigen Karpfen. *Österreichs Fischerei* 8: 106-109.

- GASCH, A. (1957): Die Zatorer Methode der wirksamen Bekämpfung der Bauchwassersucht der Karpfen. Österreichs Fischerei 10: 80-90.
- GELDHAUSER, F. (1996): Aktuelle Probleme der Winterung. Fischer & Teichwirt 47(3): 105-106.
- GIBINSON, J. A. (1970): Der Karpfen – Verhaltensweise und sportlicher Fang. Verlag Paul Parey, Hamburg, Berlin, 152 S.
- GUENAU, P. (1986): Radio-pistage de poissons en riviere. Bulletin français de la peche et de la pisciculture 302: 79-85.
- GUSAR, A. G., BARUS, V., PAVLOV, D. S., GAJDUSEK, J. & HALACKA, K. (1989): The results of ultrasonic telemetry of the carp, *Cyprinus carpio*, in a wintering pond during the winter period. Folia Zoologica Brno 38: 87-95.
- HAAS, E. (1982): Der Karpfen und seine Nebenfische. Leopold Stocker Verlag, Graz, Stuttgart, 195 S.
- HAAS, E. (1997): Der Karpfenteich und seine Fische. Leopold Stocker Verlag, Graz, Stuttgart, 195 S.
- HARDER, W. (1964): Anatomie der Fische. DEMOLL, R. & MAIER, H. N. (eds.), Handbuch der Binnenfischerei Mitteleuropas, Band IIA, E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung, Stuttgart, Textteil 308S., Abbildungsteil 96S. + 19 Tafeln.
- HART, L. G. & SUMMERFELT, R. C. (1975): Surgical procedures for implanting ultrasonic transmitters into flathead catfish (*Pylodictis olivaris*). Transactions of the American Fisheries Society 105: 56-59.
- HAZEL, J. R. (1993): Thermal Biology. In: EDWARDS, D. H. (ed.): The physiology of fishes. CRC Press, Boca Raton, Ann Arbor, London, Tokyo: 427-467.
- HEIDER, V. (1992): Schlittschuh-Karpfen-Schlaflied. Bausteine Kindergarten 13/2: 43.
- HENCH, L. L. & ETHRIDGE, E. C. (1982): Biomaterials: an interfacial approach. New York, Academic Press.
- HEEZEN, K. L. & TESTER, J. R. (1967): Evaluation of radio-tracking by triangulation with special reference to deer movements. Journal of Wildlife Management 31: 124-141.
- HINTON, D. E. (1990): Histological Techniques. In: SCHRECK, C. B. & MOYLE, P. B. (eds.): Methods for Fish Biology. American Fisheries Society, Bethesda, Maryland, USA: 191-211.
- HOFMANN, J., GELDHAUSER, F. & GERSTNER, P. (1987): Der Teichwirt, 6. Auflage. Verlag Paul Parey, Berlin, Hamburg, 253 S.
- HOLE, D. & ARME, C. (1982): Ultrastructural studies on the cellular response of roach, *Rutilus rutilus* L., to the plerocercoid larvae of the pseudophyllidean cestode, *Ligula intestinalis*. Journal of Fish Diseases 5: 131-144.
- HOLOPAINEN, I. J., HYVARINEN, H. & PIIRONEN, J. (1986): Anaerobic wintering of crucian carp (*Carassius carassius* L.) – II. Metabolic products. Comparative Biochemistry and Physiology 83A: 239-242.
- HORÁK, W. (1869): Die Teichwirthschaft mit besonderer Rücksicht auf das südliche Böhmen. I. G. Salve'sche Universitätsbuchhandlung, Prag, 207 S.
- HUBER, M. & KIRCHHOFER, A. (1998): Radio telemetry as a tool to study habitat use of nase (*Chondrostoma nasus* L.) in medium-sized rivers. In: LAGARDERE, J. P., BEGOUT ANRAS, M. L. & CLAIREAUX, G. (eds.), Advances in Invertebrates and Fish Telemetry. Hydrobiologia 371/372: 309-319.

- HUET, M. (1986): TEXTBOOK OF FISH CULTURE, Breeding and Cultivation of Fish, 2<sup>nd</sup> edition. – FISHING NEWS BOOKS, Blackwell Scientific Publ. LTD., 438 S.
- HUML, R. A., KHOO, L. H., STOSKOPF, M. K. & FORREST, L. J. (1993): Radiographic Diagnosis. *Veterinary Radiology & Ultrasound* 34(3): 178-180
- HYVARINEN, H., HOLOPAINEN, I. J. & PIIRONEN, J. (1985): Anaerobic wintering of crucian carp (*Carassius carassius* L.) – I. Annual dynamics of glycogen reserves in nature. *Comparative Biochemistry and Physiology* 82A: 797-803.
- JEPSEN, N. & AARESTRUP, K. (1999): A comparison of the growth of radio – tagged an dye – marked pike. *Journal of Fish Biology* 55: 880-883.
- JOHNSON, P. B. & HASLER, A. D. (1977): Winter aggregations of carp (*Cyprinus carpio*) as revealed by ultrasonic tracking. *Transactions of the American Fisheries Society* 106: 556-559.
- KASELOO, P. A., WEATHERLEY, A. H., LOTIMER, J. & FARINA, M. D. (1992): A biotelemetry system recording fish activity. *Journal of Fish Biology* 40: 165-179.
- KISZELY, G. & PÓSZALAKY, Z. (1964): Mikrotechnische und histochemische Untersuchungsmethoden. Verlag der Ungarischen Akademie der Wissenschaften, 723 S.
- KNIGHTS, B. C. & LASEE, B. A. (1996): Effects of implanted transmitters on adult bluegill at two temperatures. *Transactions of the American Fisheries Society*: 125: 440-449.
- KOCH, W., BANK, O. & JENS, G. (1982): Fischzucht, 5. Auflage. Verlag Paul Parey, Hamburg, Berlin, 235 S.
- KOLB, G. M. H. (1990): Vergleichende Histologie, Cytologie und Mikroanatomie der Tiere. Springer Verlag, 352 S.
- LAMPERT, W. & SOMMER, U. (1993): Limnökologie, Georg Thieme Verlag, Stuttgart, New York: 440 S.
- LASSLEBEN, P. (1964): Zur Karpfenwinterung. *Fischwirt* 14: 12-16.
- LEWIS, A. E. & MUNTZ, W. R. A. (1984): The effects of external ultrasonic tagging on the swimming performance of rainbow trout, *Salmo gairdneri*, Richardson. *Journal of Fish Biology* 25: 577-585.
- LOVE, N. E. & LEWBART, G. A. (1997): Pet fish radiography: technique and case history reports. *Veterinary Radiology & Ultrasound* 38, 24-29
- LUCAS, M. C. (1989): Effects of implanted dummy transmitters an mortality, growth and tissue reaction in rainbow trout, *Salmo gairdneri* Richardson. *Journal of Fish Biology* 35: 577-587.
- LUCAS, M. C. & JOHNSTONE, A. D. F. (1990): Observations on the retention of intragastric transmitters and their effects on food consumption in cod, *Gadus morhua* L. *Journal of Fish Biology* 37: 647-649.
- LUKOWICZ, M. & GERSTNER, P. (1998): Hältern und Wintern. In: SCHÄPERCLAUS, W. & LUKOWICZ, M. (Hrsg.), Lehrbuch der Teichwirtschaft, 4. neubearbeitete Auflage. Verlag Paul Parey, Berlin, Hamburg: 495-503.
- MACDONALD, D. W. & AMLANER, C. J. (1980): A practical guide to radio tracking. In: AMLANER, C. J. & MACDONALD, D. W. (eds.), A handbook on biotelemetry and radio tracking. Pergamon Press, Oxford: 143-159.
- MANN, H. (1960): Gewichtsverluste bei überwinternden Karpfen und Schleien. *Fischwirt* 10: 302-304.

- MARTINELLI, T. L., HANSEL, H. C. & SHIVELY, R. S. (1998): Growth and physiological responses to surgical and gastric radio transmitter implantation techniques in subyearling chinook salmon (*Oncorhynchus tshawytscha*). In: LAGARDERE, J. P., BEGOUT ANRAS, M. L. & CLAIREAUX, G. (eds.), Advances in Invertebrates and Fish Telemetry. Hydrobiologia 371/372: 79-87.
- MARTY, G. D. & SUMMERFELT, R. C. (1986): Pathways and mechanisms for expulsion of surgically implanted dummy transmitters from channel catfish. Transactions of the American Fisheries Society 115: 577-589.
- MARTY, G. D. & SUMMERFELT, R. C. (1988): Inflammatory response of channel catfish to abdominal implants: a histological and ultrastructural study. Transactions of the American Fisheries Society 117: 401-416.
- MAWDESELEY-THOMAS, L. E. & BUCKE, D. (1973): Tissue repair in a poikilothermic vertebrate, *Carassius auratus* (L.): a preliminary study. Journal of Fish Biology 5: 115-119.
- McCLEAVE, J. D. & STRED, K. A. (1975): Effect of dummy telemetry transmitters on stamina of atlantic salmon (*Salmo salar*) smolts. Journal of the Fisheries Research Board of Canada 32: 559-563.
- McCRIMMON, H. R. (1968): Carp in Canada. Fisheries Research Board of Canada Bulletin 165: 94 pp.
- McQUEEN, A., MACKENZIE, K., ROBERTS, R. J. & YOUNG, H. (1973): Studies on the skin of plaice (*Pleuronectes platessa*). III. The effect of temperature on the inflammatory response to the metacercariae of *Cryptocotyle ligula* (Creplin). Journal of Fish Biology 5: 241-247.
- MEHRING, H. (1934): Karpfenzucht. Handbuch der Binnenfischerei Mitteleuropas, Band 3, DEMOLL, R. & MAIER, H. N. (eds.), E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung, Stuttgart, 406 S.
- MELLAS, E. J. & HAYNES, J. M. (1985): Swimming performance and behaviour of rainbow trout (*Salmo gairdneri*) and white perch (*Morone americana*): effects of attaching telemetry transmitters. Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences 42: 488-493.
- MEYER, L. & PELZ, G. R. (1998): Radiotelemetrische Untersuchungen an Äschen *Thymallus thymallus* (L.) in der Illmenau (Niedersachsen). Fischökologie 11: 21-34.
- MIKSCHI, E. & WOLFRAM-WAIS, A. (1999): Rote Liste ausgewählter Tiergruppen Niederösterreichs, Fische und Neunaugen (Pisces, Cyclostomata). Amt der NÖ Landesregierung, Abt. Naturschutz und Abt. Agrarrecht, St. Pölten: 136 S.
- MINOR, J. D. & CROSSMAN, E. J. (1978): Home range and seasonal movements of muskellunge as determined by radiotelemetry. American Fisheries Society Special Publication 11: 146-153.
- MOORE, A., RUSSELL, I. C. & POTTER, E. C. E. (1990): The effects of intraperitoneally implanted dummy acoustic transmitters on the behaviour and physiology of juvenile Atlantic salmon (*Salmo salar* L.). Journal of Fish Biology 37: 713-721.
- MORGAN, A. H. (1939): Field book of animals in winter. G. P. Putnam's Sons, New York.

- MULFORD, C. J. (1984): Use of a skin stapler to quickly close incisions in striped bass. *North American Journal of Fisheries Management* 4: 571-573.
- MYOJIN, K. & VON RECUM, A. F. (1978): Experimental infections along subcutaneous conduits. *Journal of Biomedical Materials Research* 12: 557-570.
- NELSON, J. S. (1994): *Fishes of the world*. 3<sup>rd</sup> ed. Wiley & Sons, Inc. New York, 600 S.
- NEMETZ, T. G. & MACMILLAN, J. R. (1988): Wound healing of incisions closed with a cyanoacrylate adhesive. *Transactions of the American Fisheries Society* 117: 190-195.
- OBERLE, M. J. (1995): Einfluss von Fütterungsmaßnahmen auf Fettgehalt und Fettsäuremuster und deren Auswirkungen auf die Schlachtkörper- und Fleischqualität von Karpfen (*Cyprinus carpio*, L.). Dissertation, Technische Universität München, 214 S.
- ØKLAND, F., FINSTAD, B., MCKINLEY, R. S., THORSTAD, E. B. & BOOTH, R. K. (1997): Radio-transmitted electromyogram signals as indicators of physical activity in atlantic salmon. *Journal of Fish Biology* 51: 476-488.
- OSIPOVA, V. B. (1979): A Contribution to the Ecology of the Carp, *Cyprinus carpio*, in the Cheremshan Arm of Kuybyshev Reservoir. *Voprosy Ikhtiologii* 19(5): 151-154.
- OTIS, J. K. & WEBER, J. J. (1982): Movement of carp in the Lake Winnebago system determined by radio telemetry. Wisconsin Department of Natural Resources Technical Bulletin 134: 16 p.
- OUYANG – HAI & SU – ZHIFENG (1991): Transport and wintering of live fish. In: ZHONG, L. (ed.), *Pond fisheries in China*. Pergamon Press, Oxford, New York: 231-252.
- OVIDO, M., BARAS, E., GOFFAUX, D., BIRTLES, C. & PHILIPPART, J. C. (1998): Environmental unpredictability rules the autumn migration of brown trout (*Salmo trutta* L.) in the Belgian Ardennes. In: LAGARDERE, J. P., BEGOUT ANRAS, M. L. & CLAIREAUX, G. (eds.), *Advances in Invertebrates and Fish Telemetry*. *Hydrobiologia* 371/372: 263-274.
- PEDERSEN, B. H. & ANDERSEN, N. G. (1985): A surgical method for implanting transmitters with sensors into the body cavity of cod (*Gadus morhua* L.). *Dana* 5: 55-62.
- PELZ, G. R. & KÄSTLE, A. (1989): Ortsbewegungen der Barbe *Barbus barbus* (L.) – radiotelemetrische Standortbestimmung in der Nida (Frankfurt/Main). *Fischökologie* 1(2): 15-28.
- PIWERNETZ, D. (1999): Karpfen sind „Bioprodukte“ vom Feinsten. *Fischer & Teichwirt* 50(9): 340-341.
- PLANANSKY, A. (1961): Beobachtungen bei überwinternden und laichenden Karpfen. *Österreichs Fischerei* 14: 49-51.
- PLANANSKY, A. (1963): Das unmittelbare Zeugnis eines Züchters (A. Planansky) über die Zustände an Waldviertler Karpfenteichen während des schweren Winters 1962/63. *Österreichs Fischerei* 16: 26-27.
- POWLES, P. M., MCCRIMMON, H. R. & MACRAE, D. A. (1983): Seasonal feeding of carp, *Cyprinus carpio*, in the Bay of Quisite watershed, Ontario. *Canadian Field Naturalist* 97: 293-298.

- PRIEDE, I. G. (1980): An analysis of objectives in telemetry studies of fish in the natural environment. In: AMLANER, C. J. & MACDONALD, D. W. (eds.), A handbook on biotelemetry and radio tracking. Pergamon Press, Oxford: 105-118.
- PRIEGEL, P. R. (1982): Winter ultrasonic tracking of carp in lakes Kegonsa, Koshkonong and Puckaway, Wisconsin. Wisconsin Department of Natural Resources Bureau of Fisheries Management Report 113: 7 p.
- PRINCE, E. D. & MAUGHAN, O. E. (1978): Ultrasonic telemetry technique for monitoring bluegill movement. The Progressive Fish-Culturist 40: 90-93
- PROKEŠ, M., SPURNÝ, P. & MAREŠ, J. (1994): Length – weight relationship of young carp (*Cyprinus carpio*) in the course of wintering. Folia Zoologica 43: 267-278.
- REICHENBACH – KLINKE, H. – H. (1980): Krankheiten und Schädigung der Fische, 2. Auflage. Gustav Fischer Verlag, Stuttgart, New York: 472 S.
- REICHLE, G. (1998): Die Karpfenwinterung. Fischer & Teichwirt 49(11): 439-440.
- REYNOLDS, W. W., CASTERLIN, M. E. (1980): The role of temperature in the environmental physiology of fishes. In: ALI, M. A. (ed.): Environmental physiology of fishes. Advanced study institutes series, Plenum Press, New York, London: 497-518.
- RITTER, J. & SCHMITZ, S. (1986): Die Fisch-Uhr. Ellermann Verlag, München, 38 S.
- ROBERTS, R. J., MACQUEEN, A., SHEARER, W. M. & YOUNG, H. (1973): The histopathology of salmon tagging, I. The tagging lesion in newly tagged parr. Journal of Fish Biology 5: 497-503.
- ROGERS, S. C., CHURCH, D. W., WEATHERLEY, A. H. & PINCOCK, D. G. (1984): An automated ultrasonic telemetry system for the assessment of locomotor activity in free-ranging rainbow trout, *Salmo gairdneri*, Richardson. Journal of Fish Biology 25: 697-710.
- ROMEIS, B. & BÖCK, P. (eds.) (1989): Mikroskopische Technik, 17. Auflage. Urban & Schwarzenberg, München, Wien, Baltimor, 697 S.
- ROSS, M. J. & McCORMICK, J. H. (1981): Effects of external radio transmitters on fish. The Progressive Fish-Culturist 43: 67-72.
- ROSS, M. J. & KLEINER, C. F. (1982): Shielded needle technique for surgically implanting radio-frequency transmitters in fish. Progressive Fish-Culturist 44: 41-42.
- SCHÄPERCLAUS, W. (1961): Lehrbuch der Teichwirtschaft, 2. völlig neubearbeitete und erweiterte Auflage. Verlag Paul Parey, Berlin, Hamburg, 582 S.
- SCHÄPERCLAUS, W. (1990): Fischkrankheiten, 5. bearbeitete Auflage. Akademie Verlag Berlin: 1123 S.
- SCHÄPERCLAUS, W. & LUKOWICZ, M. (eds.) (1998): Lehrbuch der Teichwirtschaft, 4. neubearbeitete Auflage. Verlag Paul Parey, Berlin, Hamburg, 590 S.
- SCHLOTT, K. (1986): Zum Problem der Überwinterung in Karpfenteichen. Österreichs Fischerei 12/1986: 345-347.
- SCHLOTT, G. & SCHLOTT-IDL, K. (1994): Fütterungsprojekt Waldviertel. Abschlußbericht. Ökologische Station Waldviertel, 109 S.
- SCHLOTT-IDL, K. & SCHLOTT, G. (in Druck): Synopse 2000 – Ergebnisse aus Wissenschaft und Praxis 1982-2000, 89 S.
- SCHMELLER, H. B. (1988): Die Überwinterung des Karpfens. Fischer & Teichwirt 39(3): 66-75.

- SCHMUTZ, S. & UNFER, G. (1996): Radio telemetry as an additional tool for investigating the colonisation of a recently constructed channel (Marchfeldkanal). In: BARAS, E. & PHILIPPART, J. C. (eds.): Underwater biotelemetry, Proceedings of the 1<sup>st</sup> International Conference on Fish Telemetry, 4.-6. April 1995, Liege, Belgium: 137-142.
- SCHMUTZ, S., GIEFING, C. & WIESNER, C. (1998): The efficiency of natur-like bypass channel for pike-perch (*Stizostedion lucioperca*) in the Marchfeldkanalsystem. In: LAGARDERE, J. P., BEGOUT ANRAS, M. L. & CLAIREAUX, G. (eds.), Advances in Invertebrates and Fish Telemetry. Hydrobiologia 371/372: 355-360.
- SCHRAMM, H. L. & BLACK, D. J. (1984): Anesthesia and surgical procedures for implanting radio transmitters into grass carp. Progressive Fish-Culturist 46: 185-190.
- SCHRECKENBACH, K. (2002): Einfluss von Umweltbedingungen auf Karpfen. Fischer & Teichwirt 53(6): 207-208.
- SCHWARTZ, F. J. (1987): Homing behaviour of tagged and displaced carp, *Cyprinus carpio*, in Pymatuning Lake, Pennsylvania / Ohio. Ohio Journal of Science 87: 15-22.
- SCHWARZ, F. J. (1998): Fischernahrung. In: SCHÄPERCLAUS, W. & LUKOWICZ, M. (eds.), Lehrbuch der Teichwirtschaft, 4. neubearbeitete Auflage. Verlag Paul Parey, Berlin, Hamburg: 105-156.
- SCHWOERBEL, J. (1993): Einführung in die Limnologie, 7. Auflage. Gustav Fischer Verlag, Stuttgart, Jena: 387 S.
- SIMPKINS, D. G. & HUBERT, W. A. (1998): A technique for estimating the accuracy of fish locations identified by radiotelemetry. Journal of Freshwater Ecology 13(3): 263-268.
- SISAK, M. M. & LOTIMER, J. S. (1998): Frequency choice for radio telemetry: the HF vs. VHF conundrum. In: LAGARDERE, J. P., BEGOUT ANRAS, M. L. & CLAIREAUX, G. (eds.), Advances in Invertebrates and Fish Telemetry. Hydrobiologia 371/372: 53-59.
- SMITH, S. A. & SMITH, B. J. (1994): Xeroradiographic and radiographic anatomy of the Channel Catfish, *Ictalurus punctatus*. Veterinary Radiology and Ultrasound 35: 384-389
- SMOLOWITZ, R. & WILEY, D. (1998): Telemetry ahead: Proceed with caution? Marine Technology Society Journal 32: 76-77.
- SPRINGER, J. T. (1979): Some sources of bias and sampling error in radio triangulation. Journal of Wildlife Management 43: 926-935.
- STASKO, A. B. & PINCOCK, D. E. (1977): Review of underwater biotelemetry with emphasis on ultrasonic techniques. Journal of Fisheries Research Board Canada 34: 1261-1285.
- STEFFENS, W. (1964): Die Überwinterung des Karpfens (*Cyprinus carpio*) als physiologisches Problem. Zeitschrift für Fischerei NF 12: 97-153.
- STEFFENS, W. (1980) Der Karpfen, *Cyprinus carpio*, 5. Auflage. Die Neue Brehm – Bücherei 203, A. Ziemsen Verlag, Wittenberg Lutherstadt, 215 S.
- STEFFENS, W. (1999): Die europäische Karpfenteichwirtschaft an der Schwelle des neuen Jahrtausends. Fischer & Teichwirt 50(10): 388-391.

- STEFFENS, W. & WIRTH, M. (1999): Süßwasserfisch gegen Bluthochdruck. Fischer & Teichwirt 3: 85-87.
- STEINBACH, P. (1986): Essai de radio-pistage sur la carpe. Bulletin français de la pêche et de la pisciculture 302: 118-121.
- STEVENS, E. D. & TIEMEYER, O. W. (1961): Daily movement of channel catfish, *Ictalurus punctatus* (Rafinesque), in a farm pond. Transactions of the Kansas Academy of Sciences 64: 218-224.
- STREMPEL, K. M. (1972): Karpfenfütterung mit Fertig-Futtermittel. Österreichs Fischerei 25: 99-103.
- SUMMERFELT, R. C. & MOSIER, D. (1984): Transintestinal expulsion of surgically implanted dummy transmitters by channel catfish. Transactions of the American Fisheries Society 113: 760-766.
- SUMMERFELT, R. C. & SMITH, L. S. (1990): Anesthesia, Surgery and related techniques. In: SCHRECK, C. B. & MOYLE, P. B. (eds.): Methods for Fish Biology. American Fisheries Society, Bethesda, Maryland, US: 213-272.
- ŠUSTA, J. (1905): Die Ernährung des Karpfens und seiner Teichgenossen, 2. Auflage. Herrcke & Lebeling, Stettin, 251 S.
- TANCK, M. W. T., BOOMS, G. H. R., EDING, E. H., WENDELAAR BONGA, S. E. & KOMEN, J. (2000): Cold shocks: a stressor for common carp. Journal of Fish Biology 57: 881-894.
- THORSTAD, E. B., ØKLAND, F., HEGGBERGET, T. G. (2001): Are long term negative effects from external tags underestimated? Fouling of an externally attached telemetry transmitter. Journal of Fish Biology 59: 1092-1094.
- TROCHERIE, F. & BERCY, C. (1984): Marquage du Brochet (*Esox lucius* L.) et de la Carpe (*Cyprinus carpio* L.) dans la Seine au niveau de Montereau, à l'aide d'émetteurs ultrasonores. Cahier Laboratoire Montereau 15: 13-20.
- TYUS, H. M. (1988): Long-term retention of implanted transmitters in Colorado squawfish and razorback sucker. North American Journal of Fisheries Management 8: 264-267.
- ULTSCH, G. R. (1989): Ecology and physiology of hibernation and overwintering among freshwater fishes, turtles and snakes. Biological Review of the Cambridge Philosophical Society 64(4): 453-516.
- VOGELBEIN, W. K. & OVERSTREET, R. M. (1987): Histopathology of the internal anchor tag in spot and spotted seatrout. Transactions of the American Fisheries Society 116: 745-756.
- VOLLENWEIDER, R. & KEREKES, J. (1982): Eutrophication of Waters, Monitoring, Assessment and Control. OECD, Paris.
- VOSTRADOVSKA, M. (1975): The use of ultrasonic tagging for the evaluation of the effectiveness of stock carp (K2) releasing in a dam lake. Bulletin VURH Vodnany 3: 10-31.
- WALTER, E. (1903): Die Fischerei als Nebenbetrieb des Landwirtes und Forstmannes. Neudamm Verlag, 801 S.
- WALTER, E. (1904): Die Schleienzucht. Anweisungen zur Zucht und Pflege der Schleie in Teichen, Tümpeln und Seen. Verlag Neudamm: 105 S.

- WEBER, J. J. & OTIS, K. J. (1984): Life history of carp in the Lake Winnebago system, Wisconsin. Wisconsin Department of Natural Resources Research Report 131: 27 pp.
- WILLIAMS, D. F. (Ed.) (1981): Biocompatibility of clinical implant materials. Boca Raton, Florida, CRC Press.
- WINGER, P. D. & WALSH, S. J. (2001): Tagging of Atlantic cod (*Gadus morhua*) with intragastric transmitters: effects of forced insertion and voluntary ingestion on retention, food consumption and survival. *Journal of Applied Ichthyology* 17: 234-239.
- WINTER, G. D. (1974): Transcutaneous implants, reactions of the skin – implant interface. *Journal of Biomedical Materials Research, Biomedical Materials Symposium* 5: 99-113.
- WŁODEK, J. M. (1959): Biometrische Untersuchungen an den überwinterten Karpfen. *Acta Hydrobiologica* 1: 215-220.
- WUNDER, W. (1936): Physiologie der Süßwasserfische Mitteleuropas. *Handbuch der Binnenfischerei Mitteleuropas, Band 2B*, DEMOLL, R. & MAIER, H. N. (eds.), E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung, Stuttgart, 340 S.
- WUNDER, W. (1949): Fortschrittliche Karpfenteichwirtschaft. E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung, Stuttgart, 385 S.
- WUNDER, W. (1962): Beobachtungen und Betrachtungen zur Überwinterung der einsömmerigen und zweisömmerigen Karpfen. *Fischbauer* 13: 647-652.
- ZIBELL, C. D. (1973): Ultrasonic transmitters for tracking channel catfish. *The Progressive Fish-Culturist* 35:28-32.
- ZIEMIANKOWSKI, W. B. & CRISTEA, E. (1961): Beobachtungen zur Ernährungsdynamik der Fische während des Winters. *Zeitschrift für Fischerei* 10 N.F.: 275-298.
- ZOBEL, H. (1992): Kleinteiche und ihre Bewirtschaftung. DLV Deutscher Landwirtschaftsverlag, Berlin, 224 S.

## 6. Anhang A - Senderimplantation



Abb. 101: Die Narkotisierung der 1192 – 2346 g schweren Karpfen erfolgte mit MS222™ in einer Konzentration von 100 mg/l. Die Versuchsfische verblieben im Narkosebehälter bis die Anästhesiestufe 4 – 5 erreicht war (SUMMERFELT & SMITH 1990)



Abb. 102: Die Schnitfführung erfolgte medioventral posterior des Beckengürtels



Abb. 103: Der Kanal für die Antenne wurde durch Punktion der Körperwand mit einer Venenverweilkanüle geschaffen. Nach der Entfernung des Stahlmandrins konnte die Antenne durch die Körperwand gefädelt werden



Abb. 104: Anschließend wurde der Sender durch den Schnitt in cranialer Richtung in die Leibeshöhle eingeführt

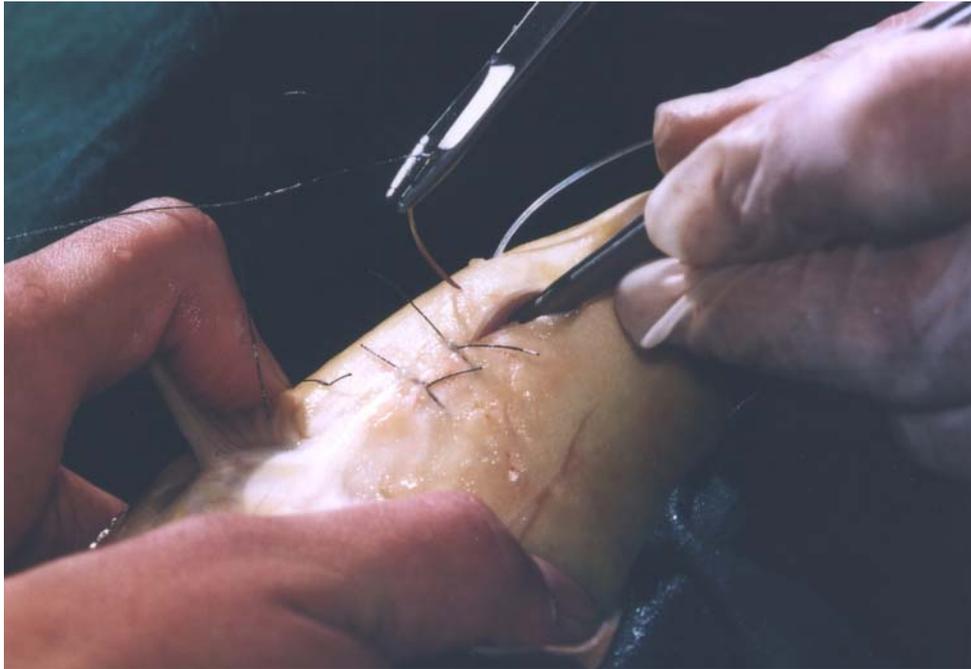


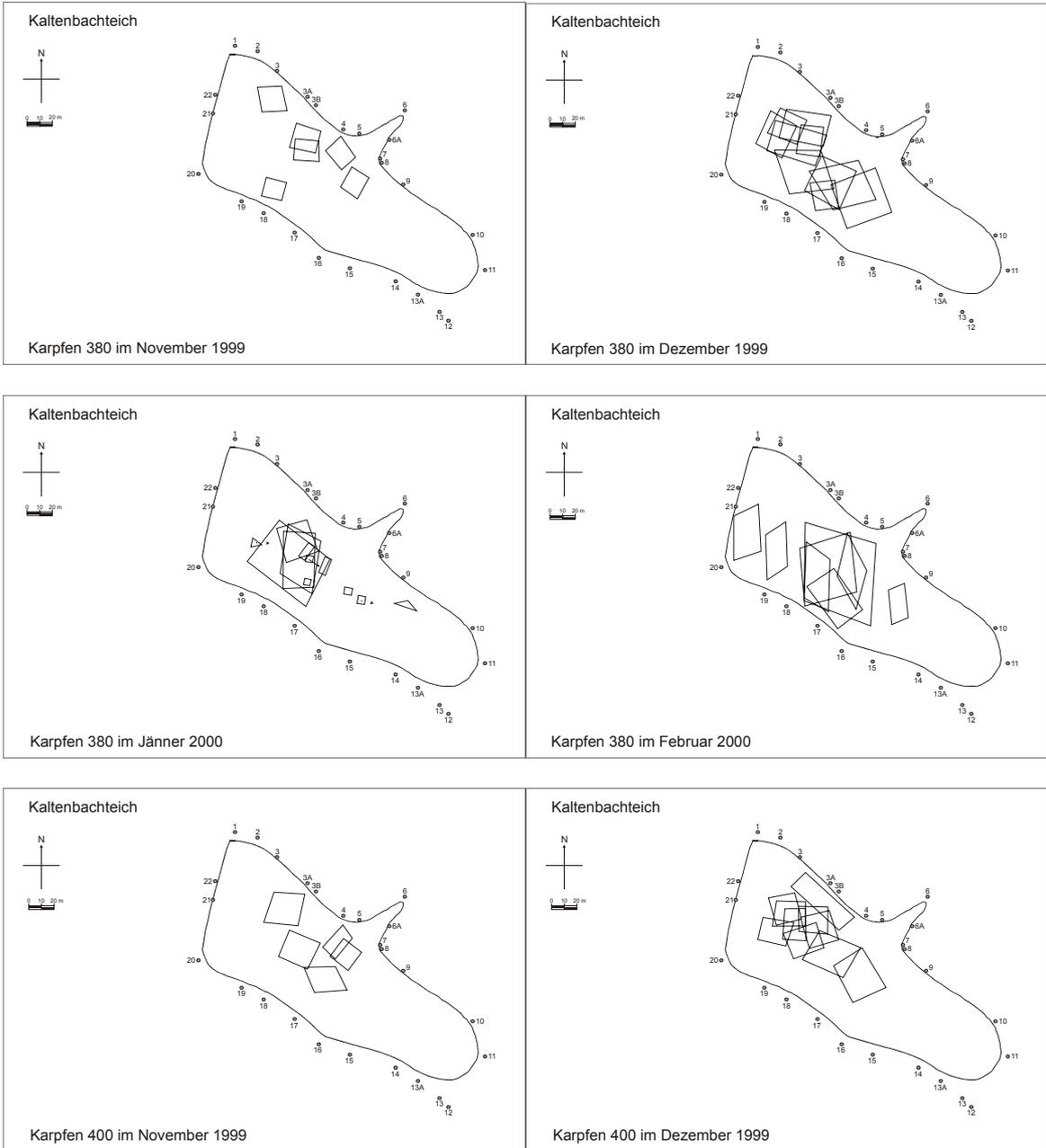
Abb. 105: Der Wundverschluss erfolgte mit drei bis vier einfachen unterbrochenen Nähten

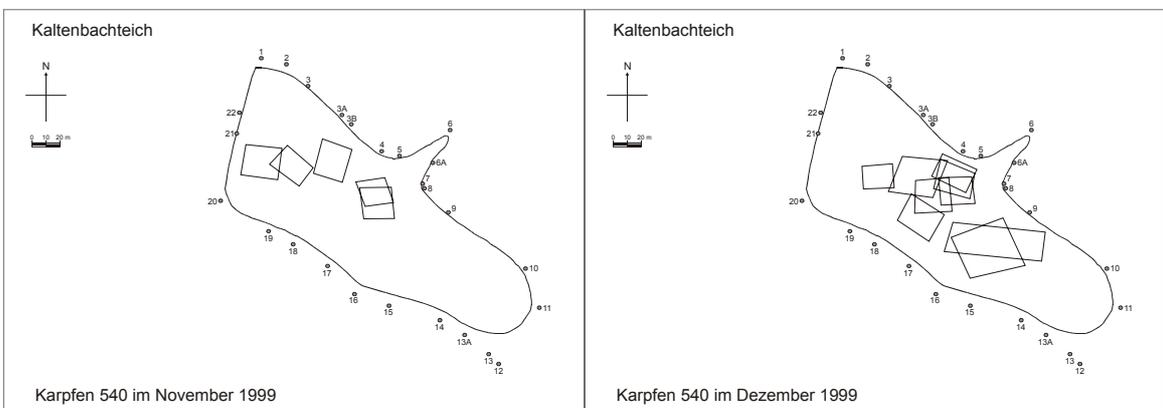
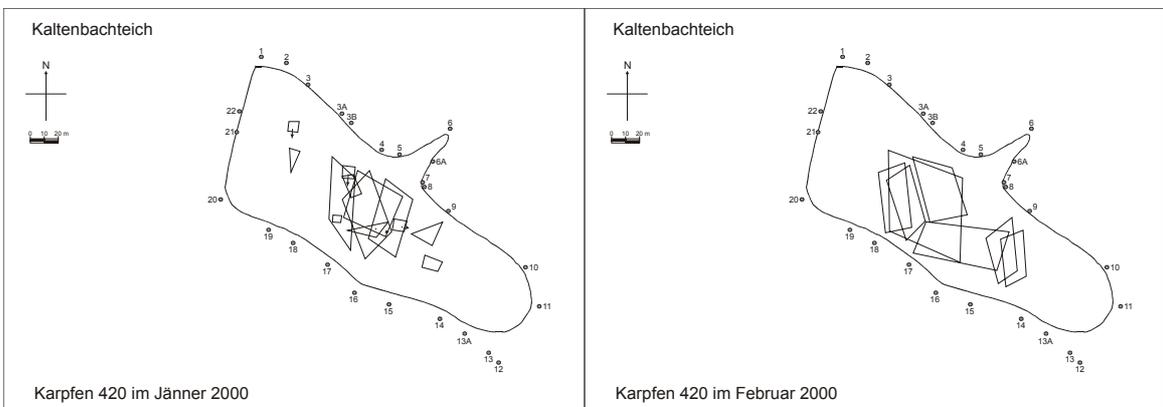
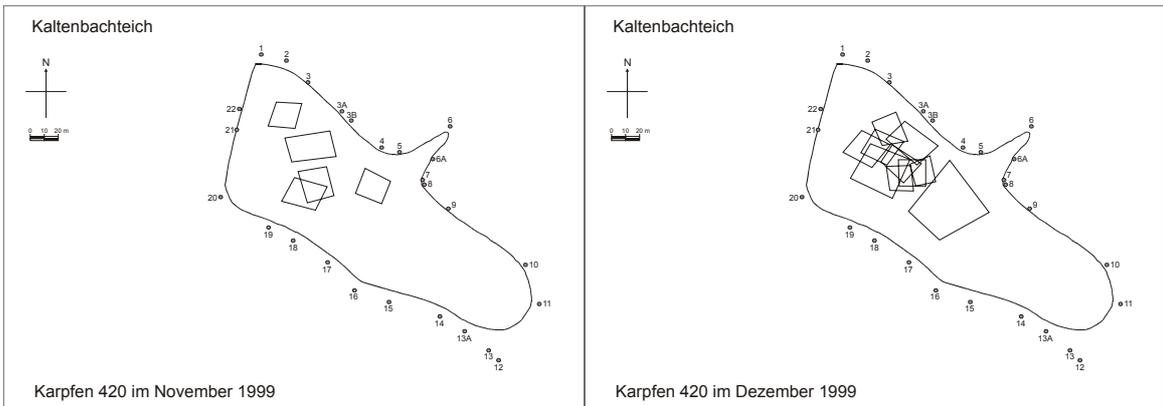
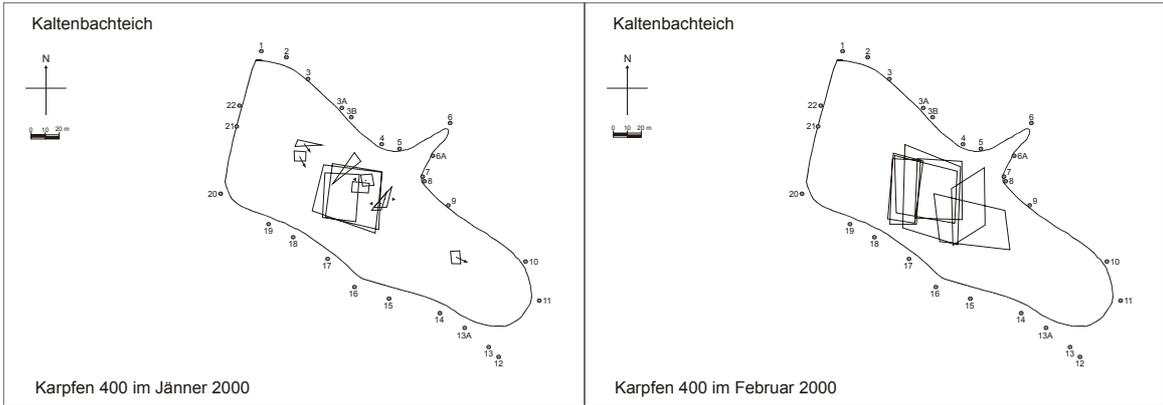


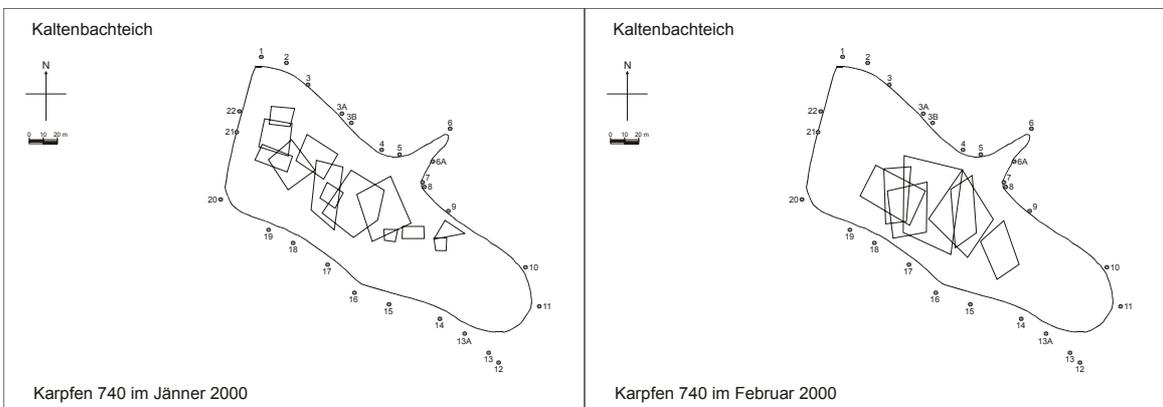
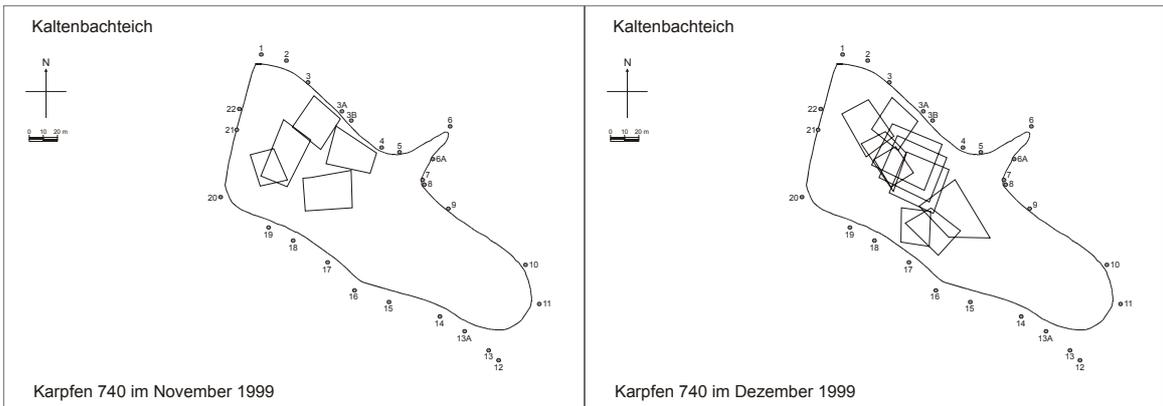
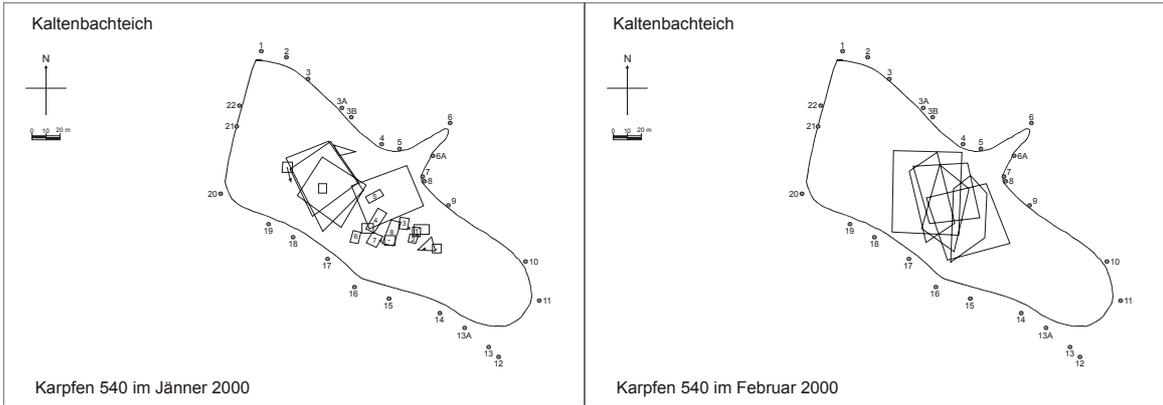
Abb. 106: Nach der abschließenden Wundversorgung wurde der Versuchsfisch zum Aufwachen in einen Frischwasserbehälter gesetzt

## 7. Anhang B - Positionspolygone

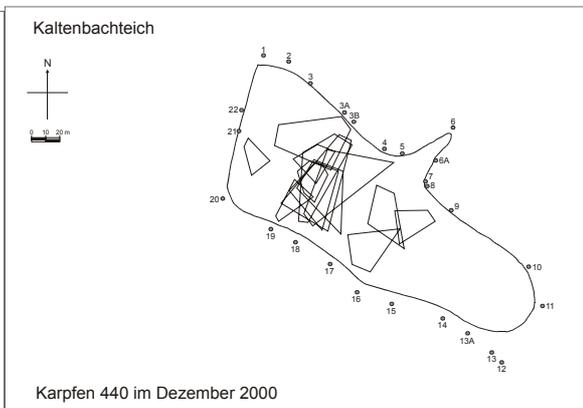
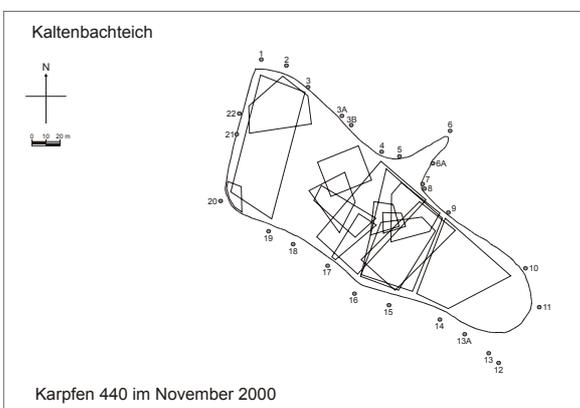
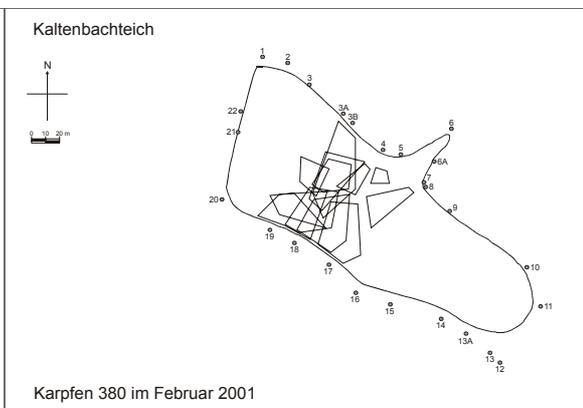
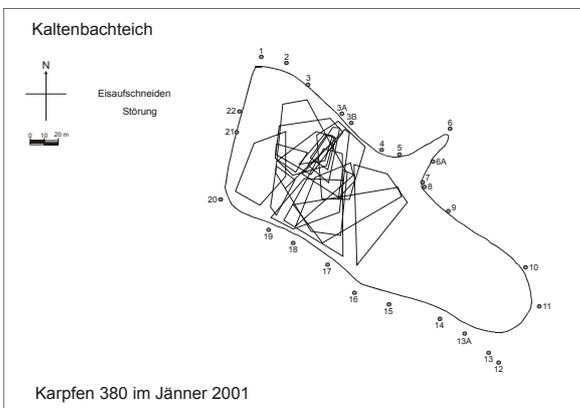
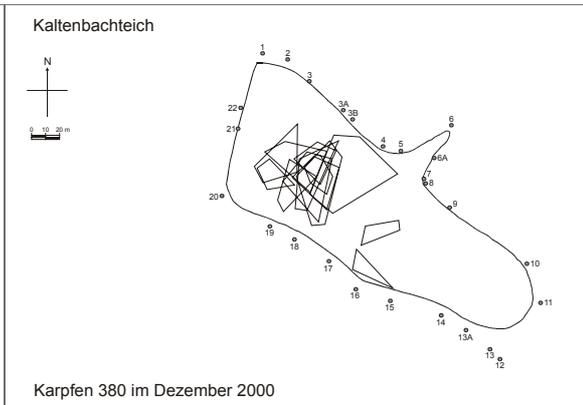
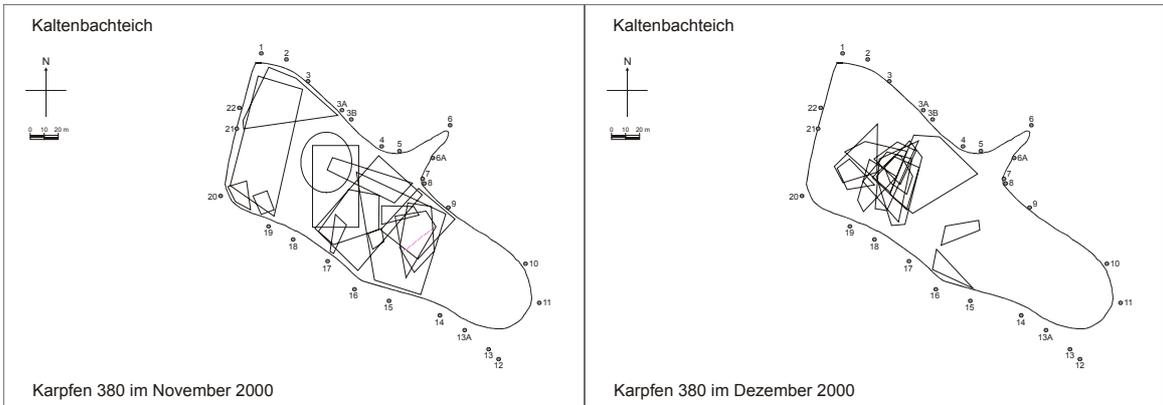
### 7.1. Kaltenbacheich, Winter 1999/2000

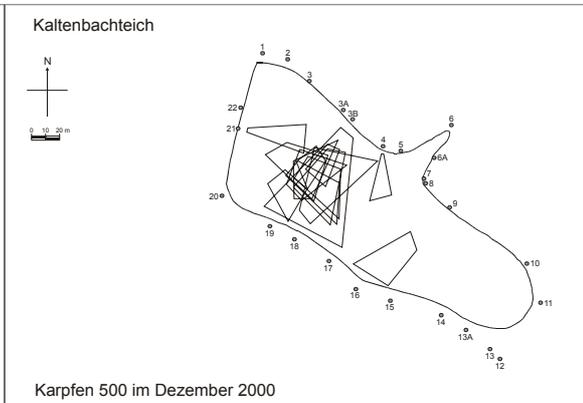
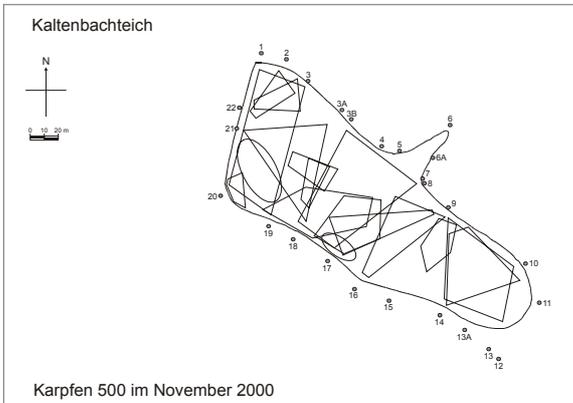
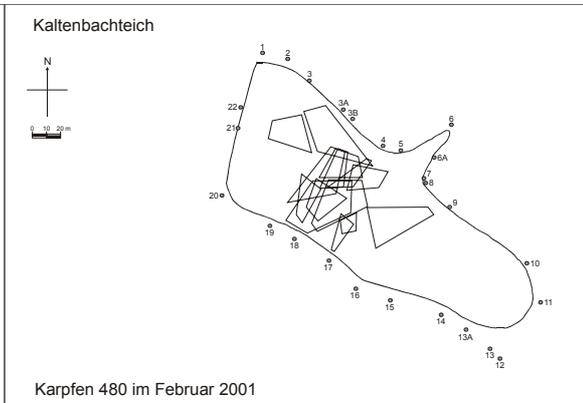
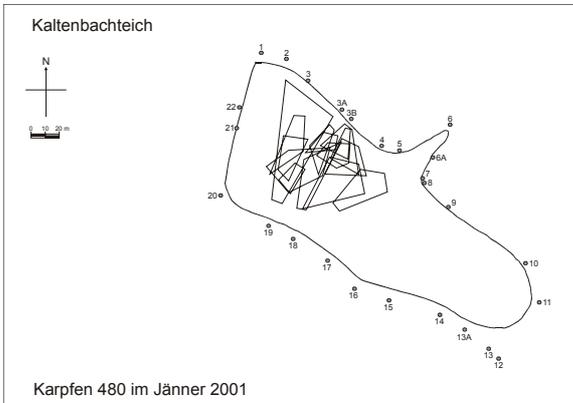
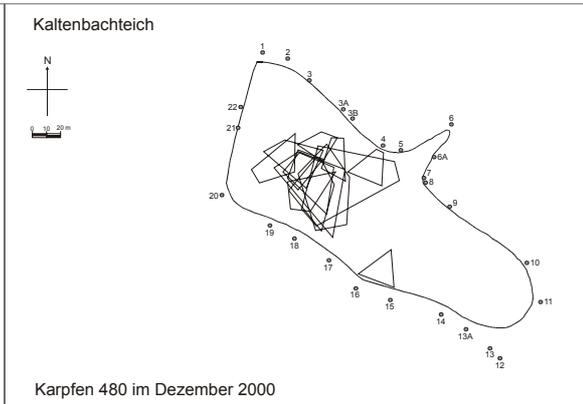
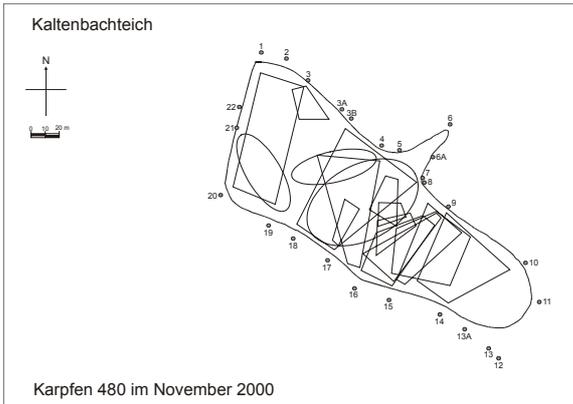
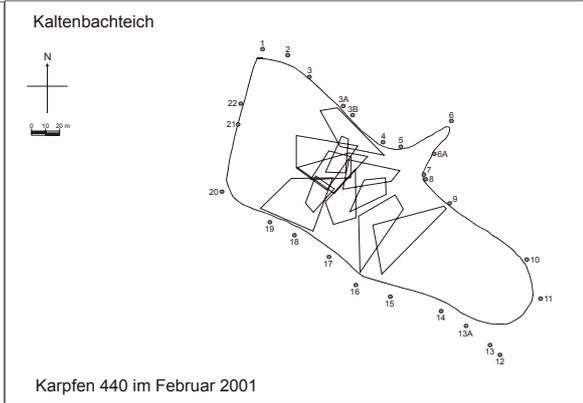
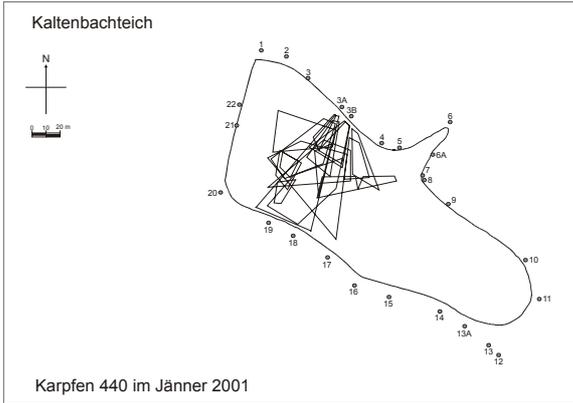


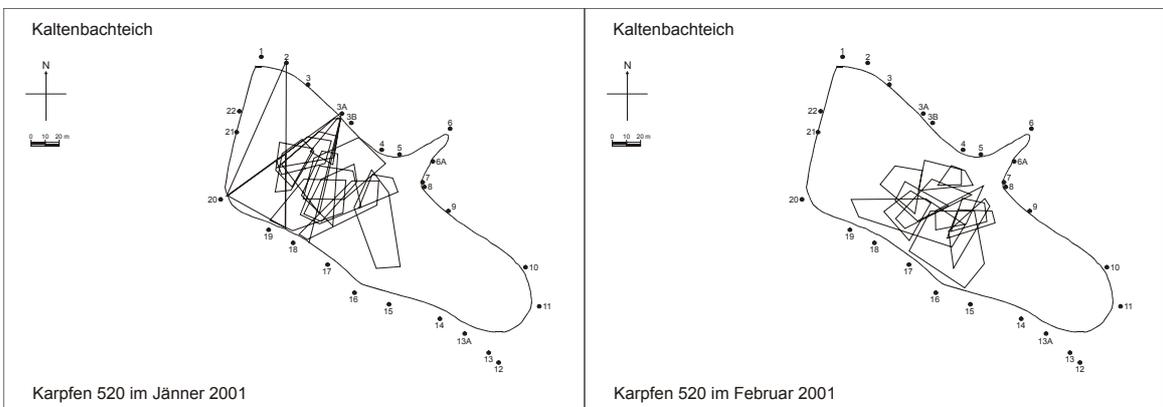
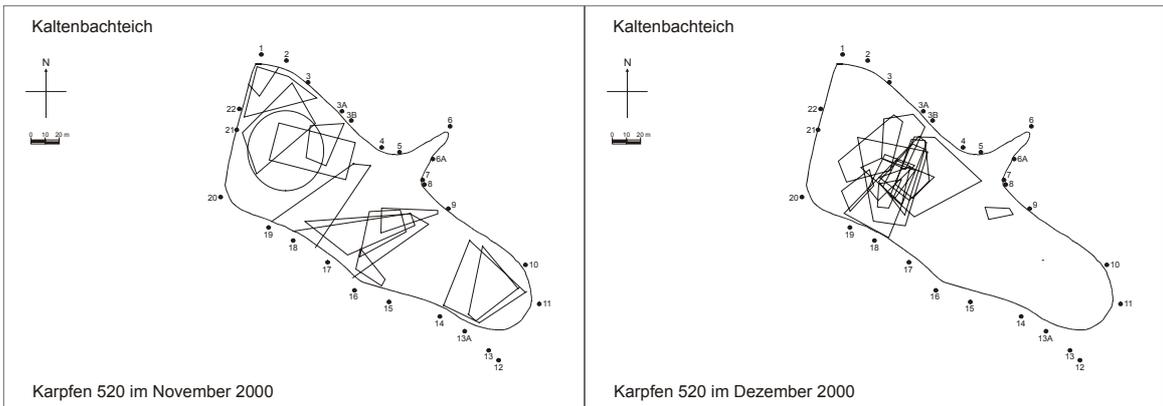
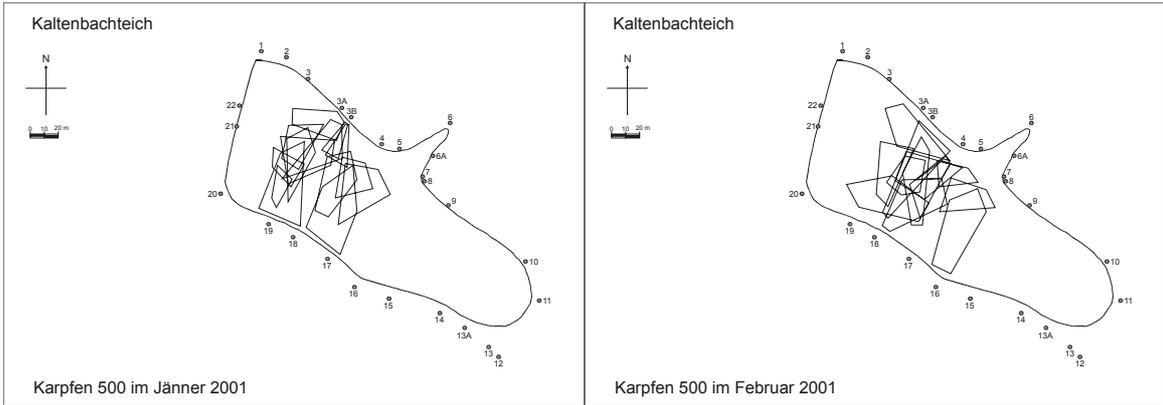




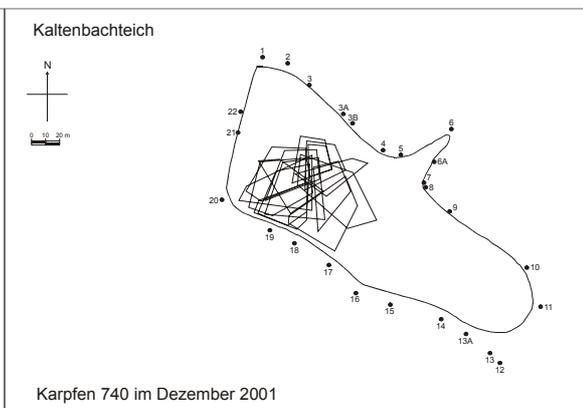
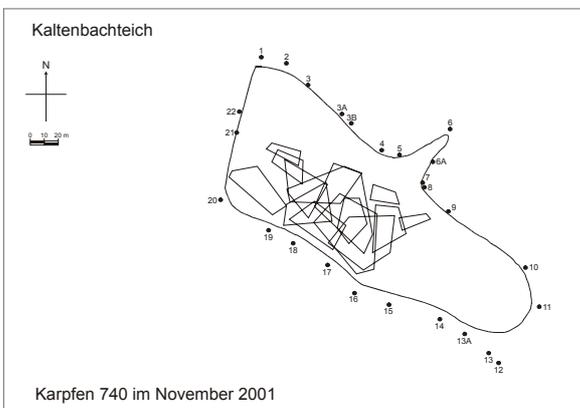
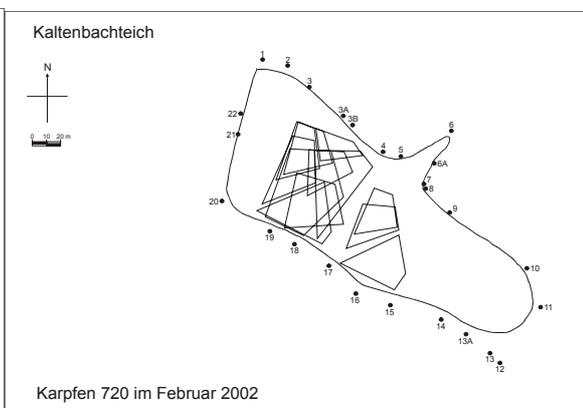
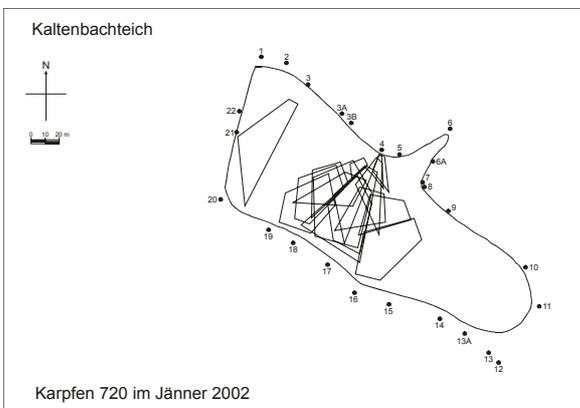
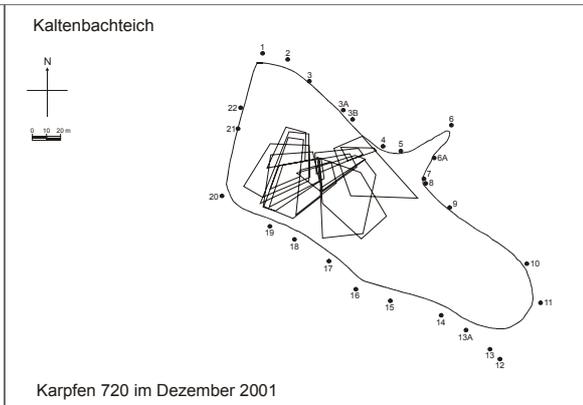
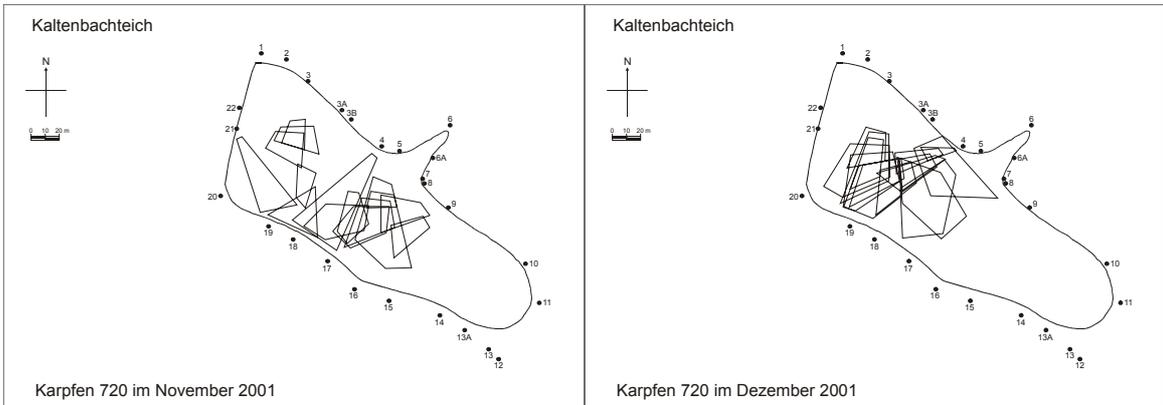
### 7.2. Kaltenbachtich, Winter 2000/2001

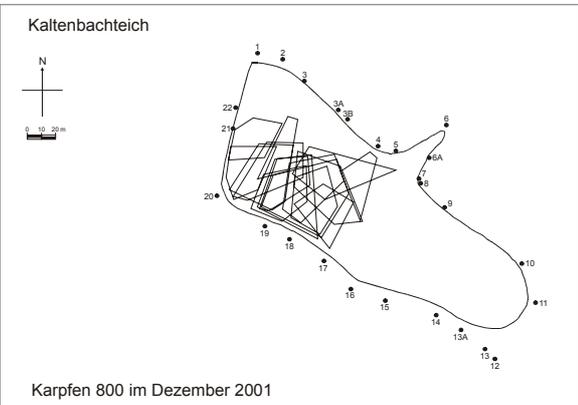
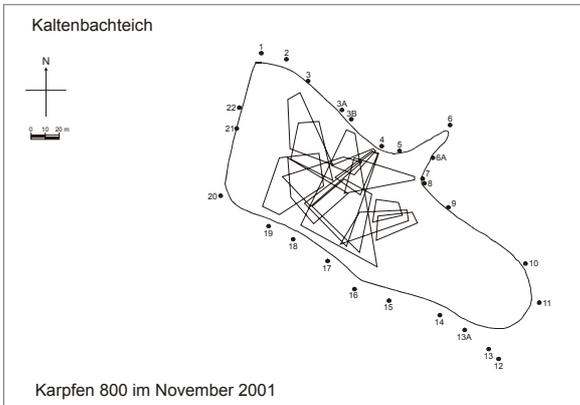
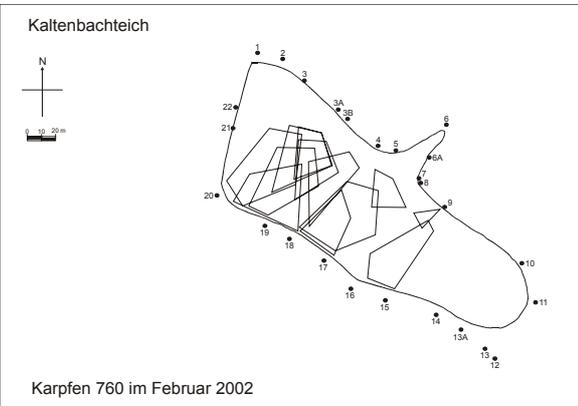
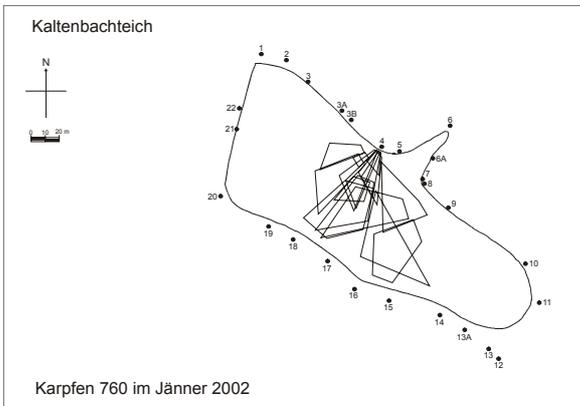
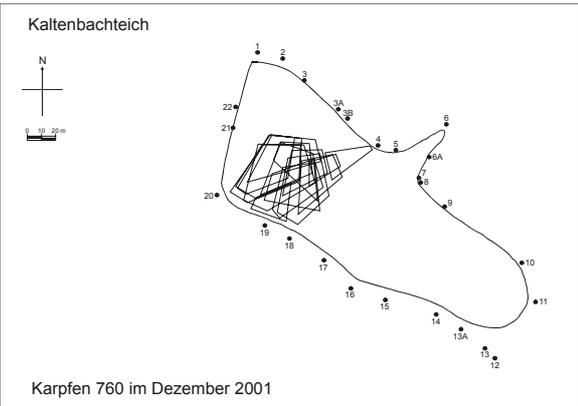
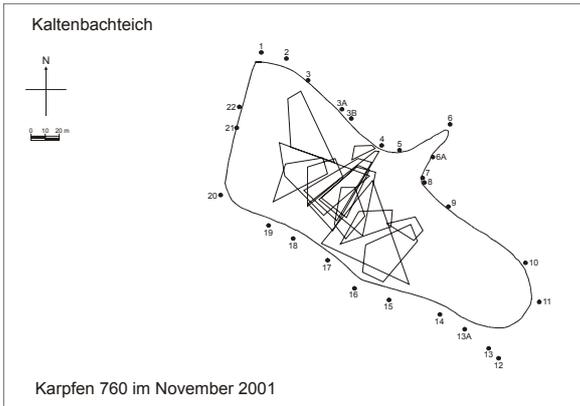
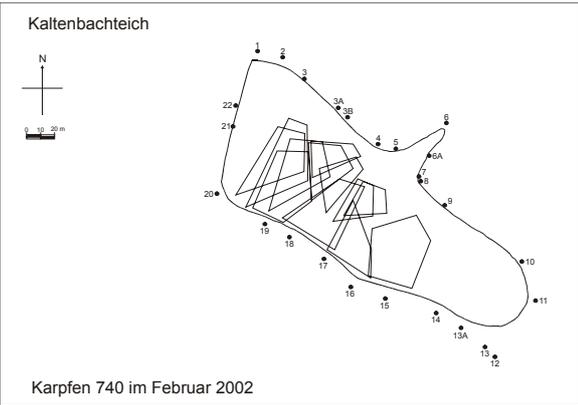
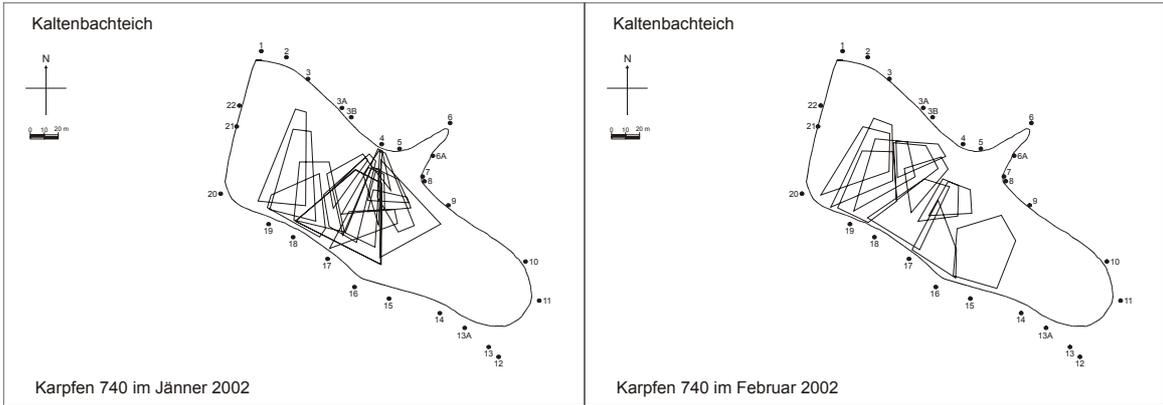


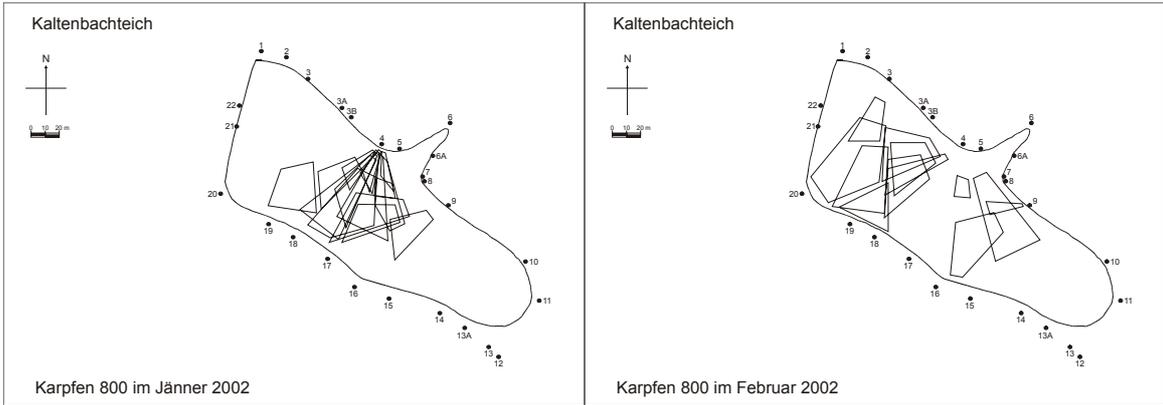




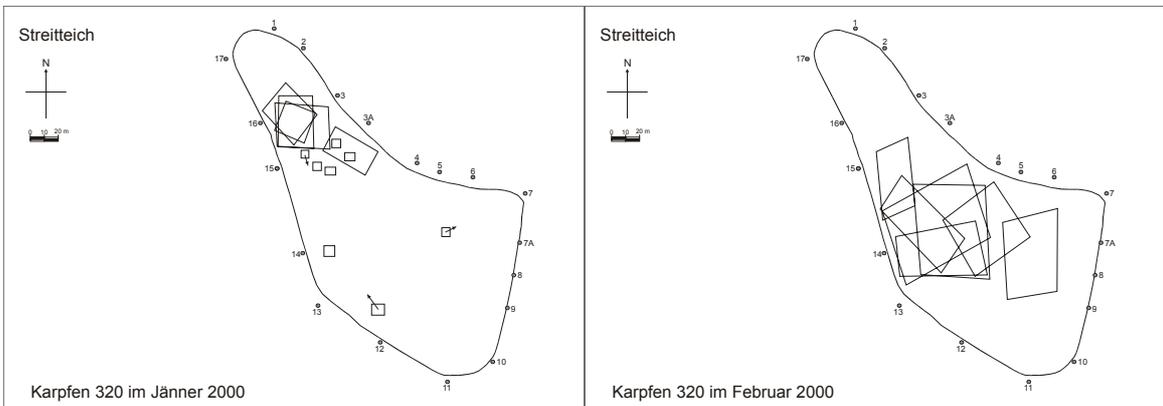
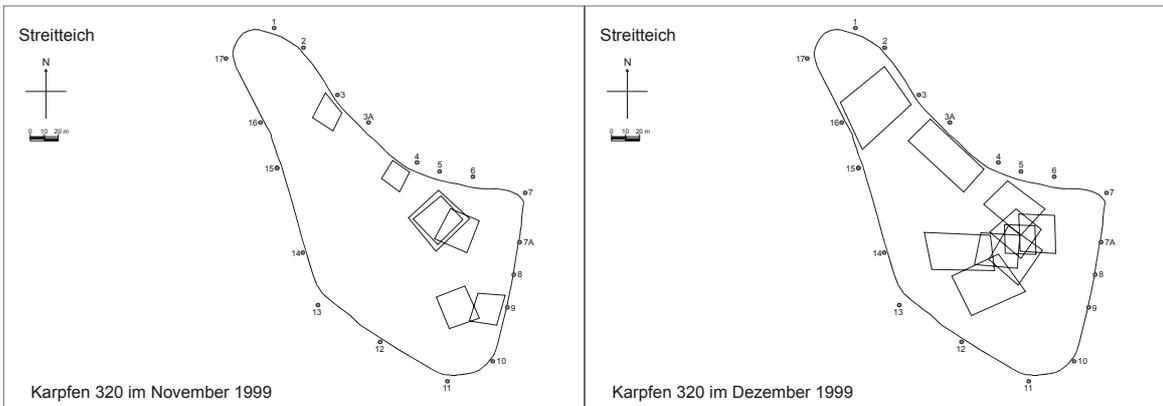
### 7.3. Kaltenbachteich, Winter 2001/2002

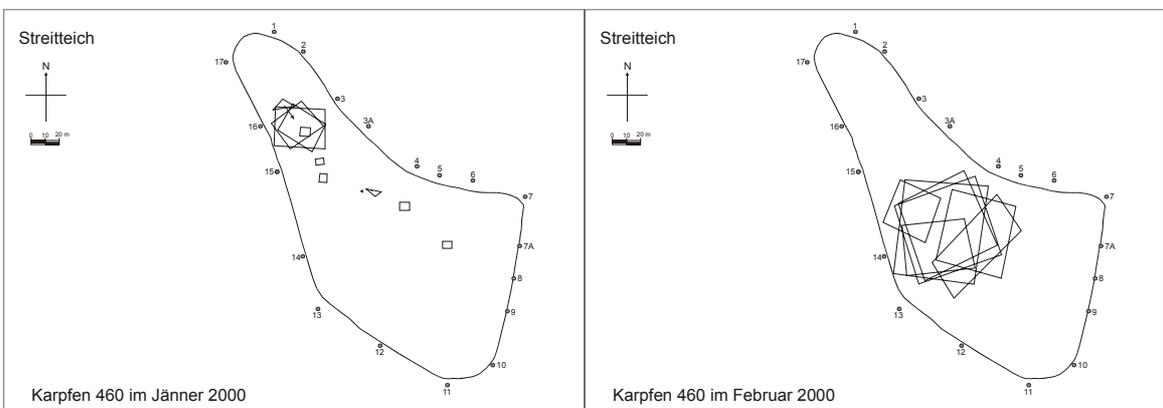
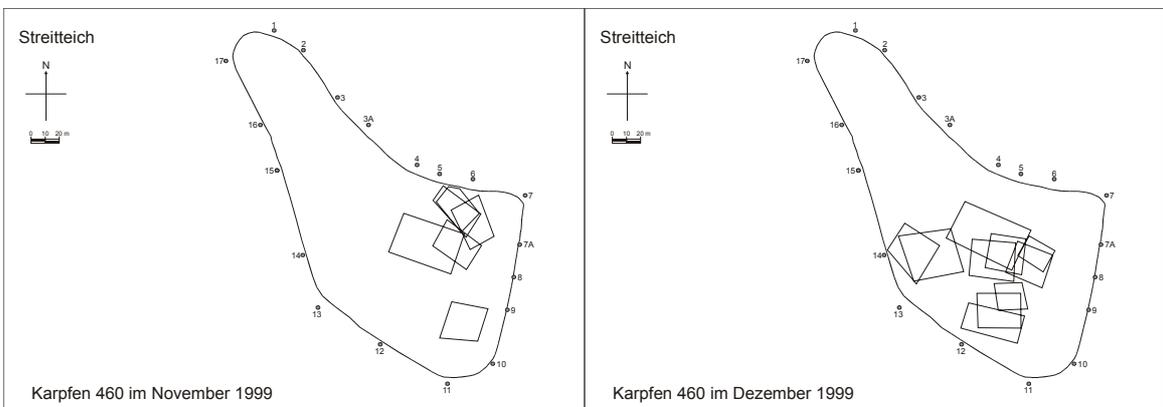
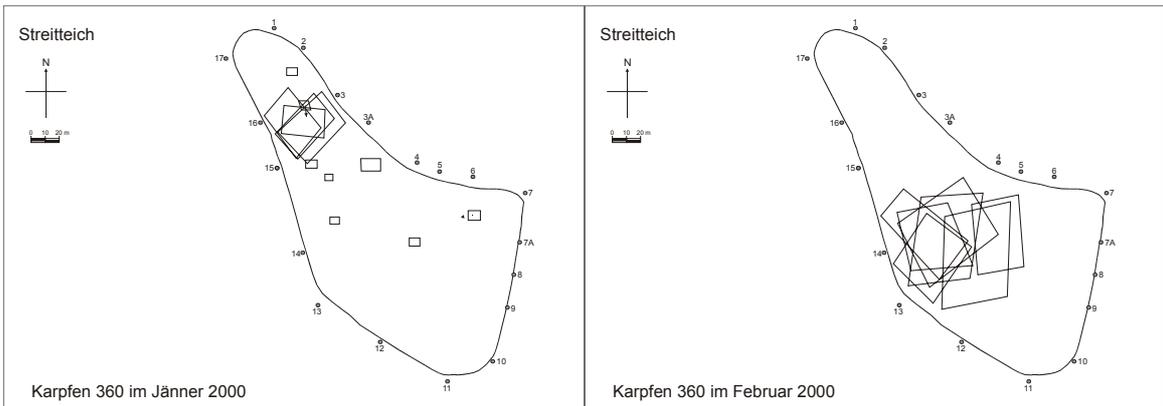
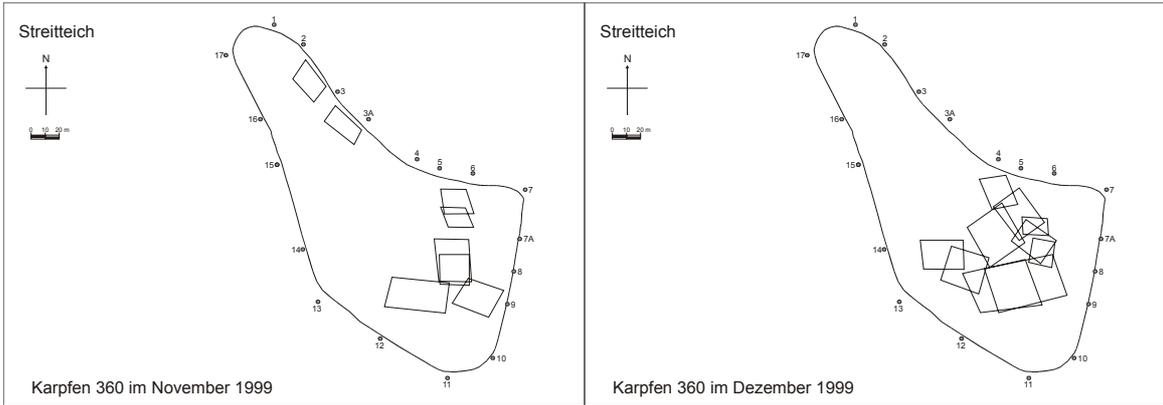


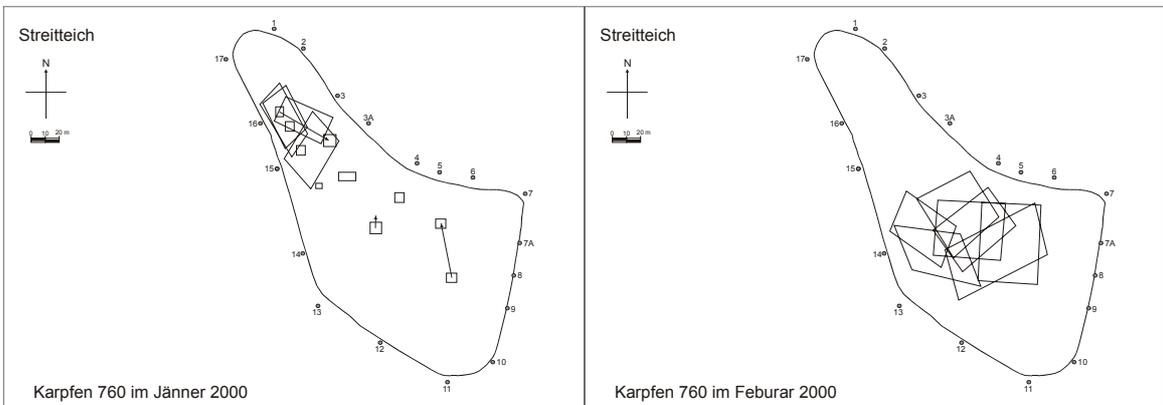
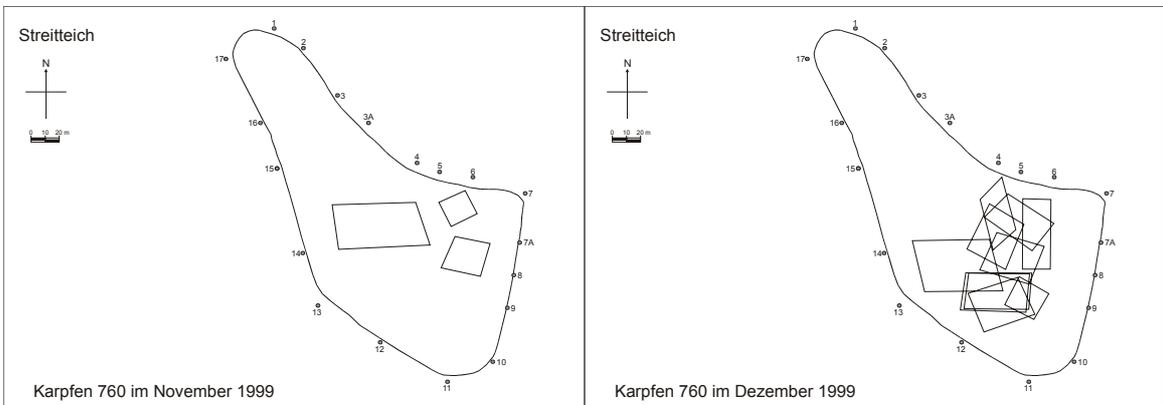
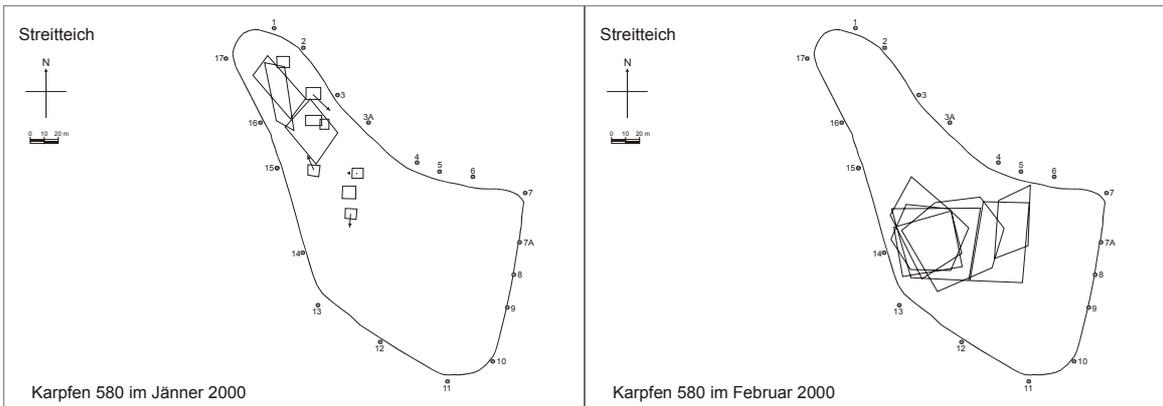
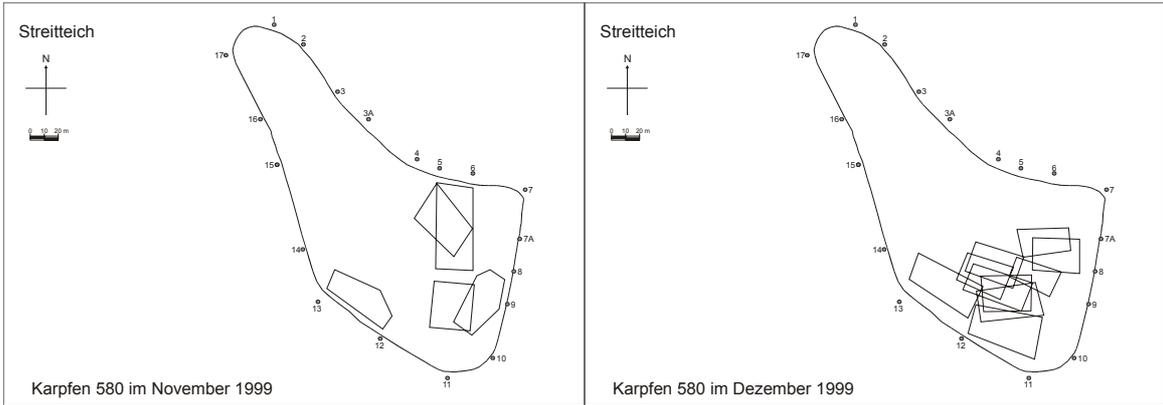




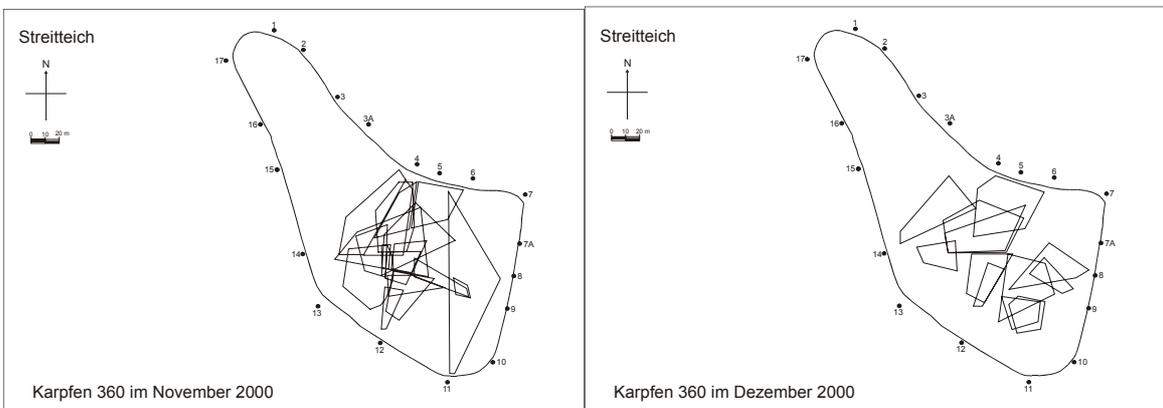
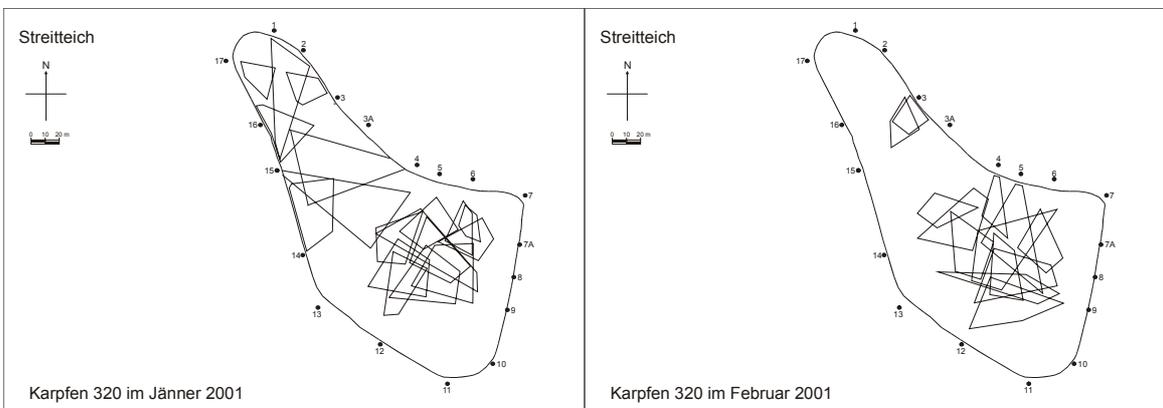
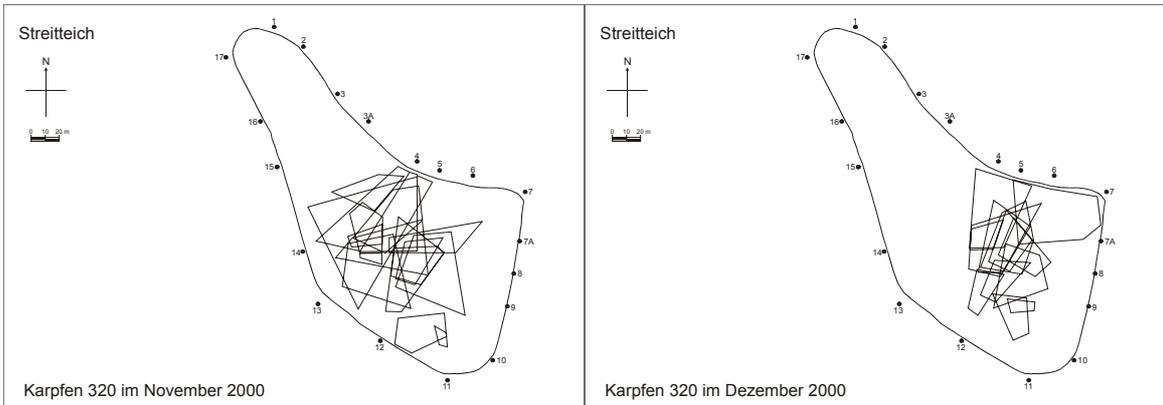
### 7.4. Streitteich, Winter 1999/2000

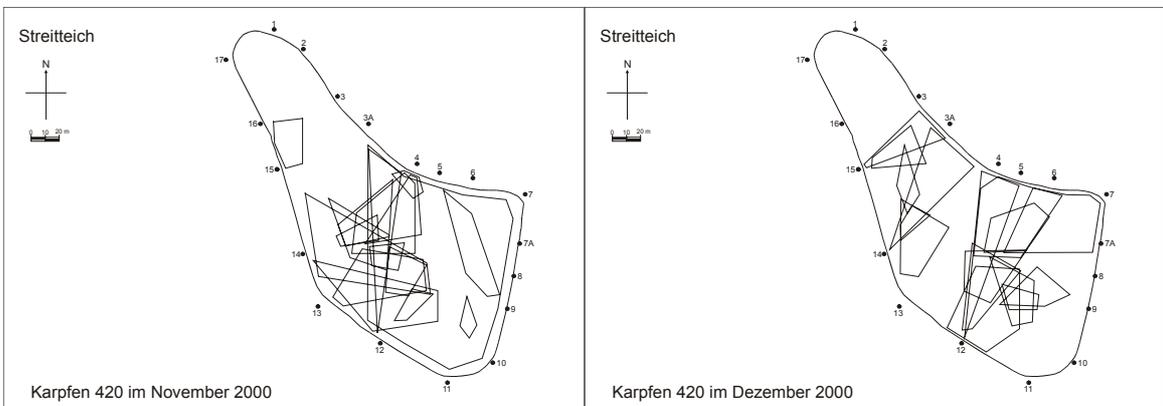
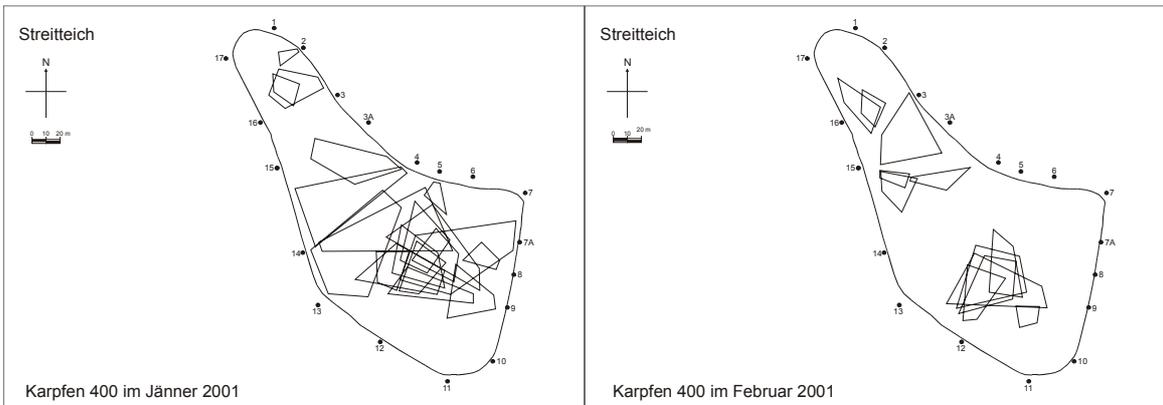
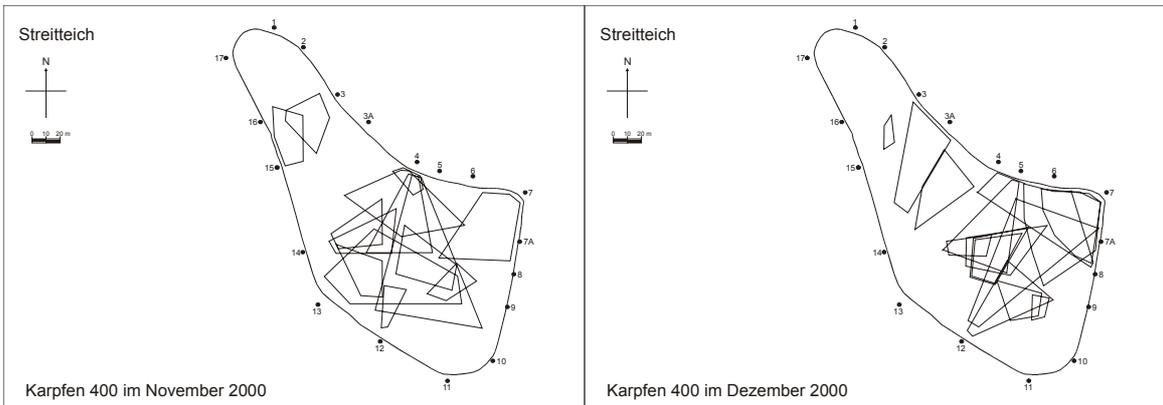
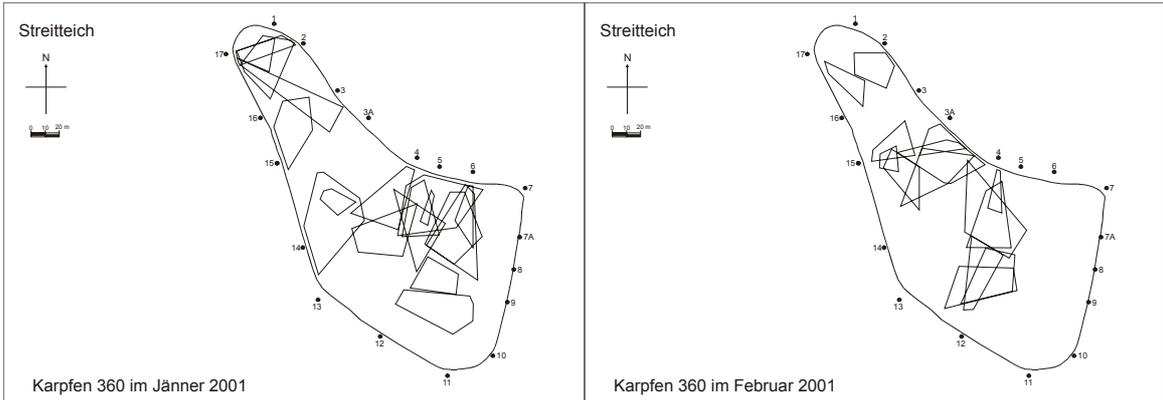


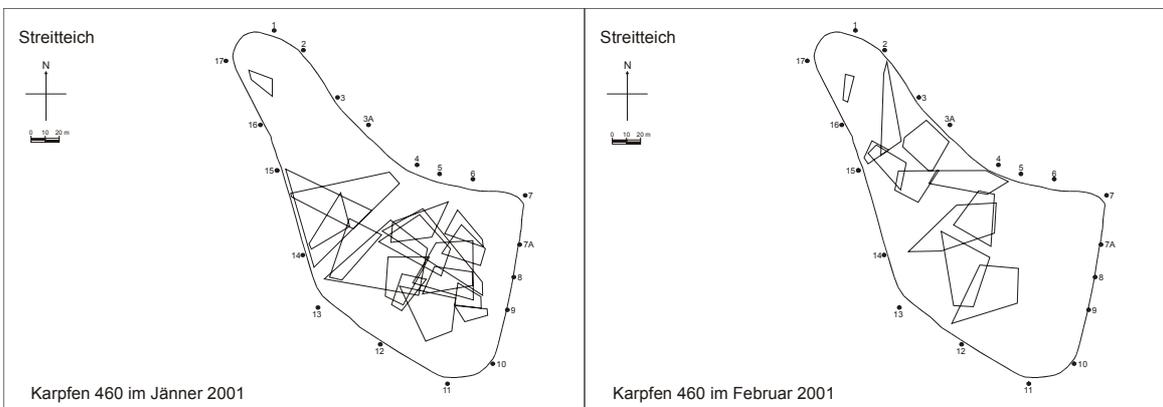
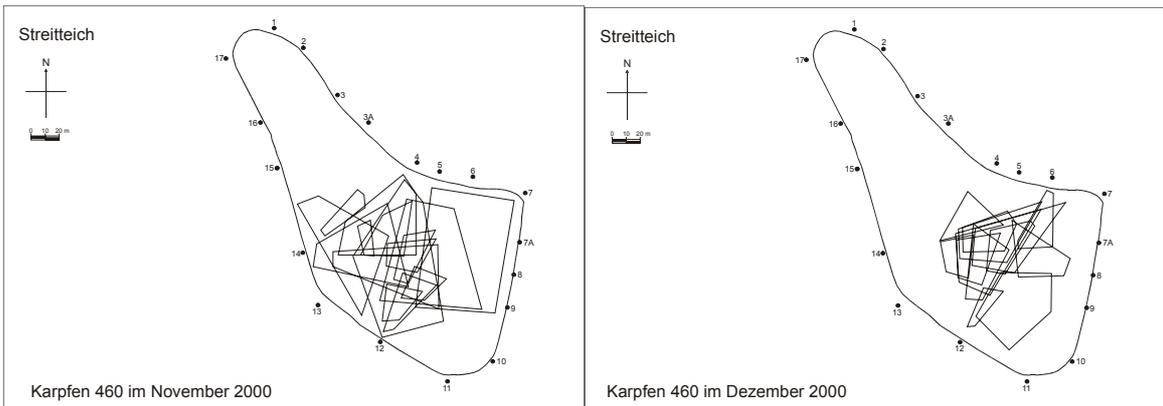
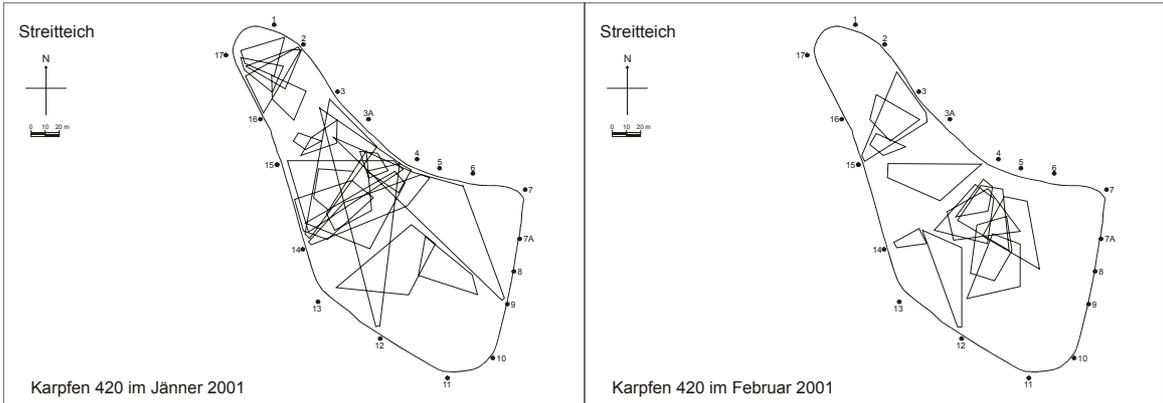




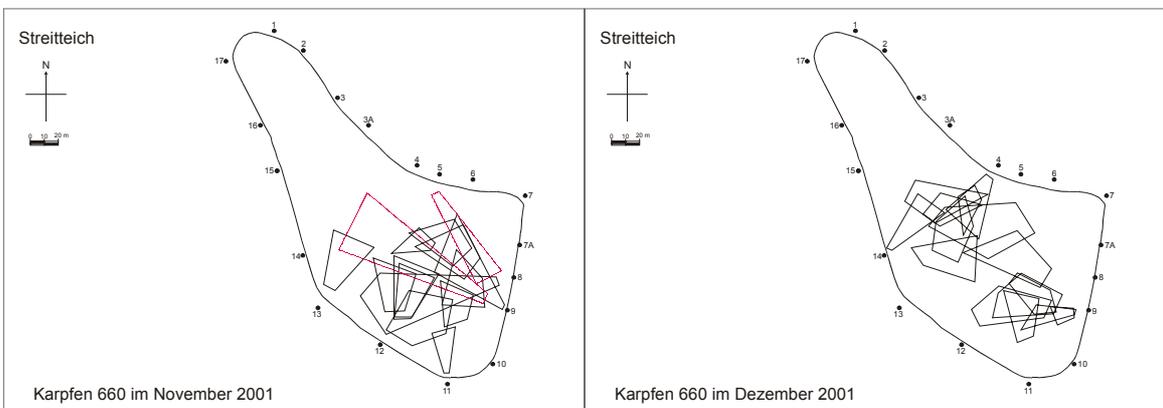
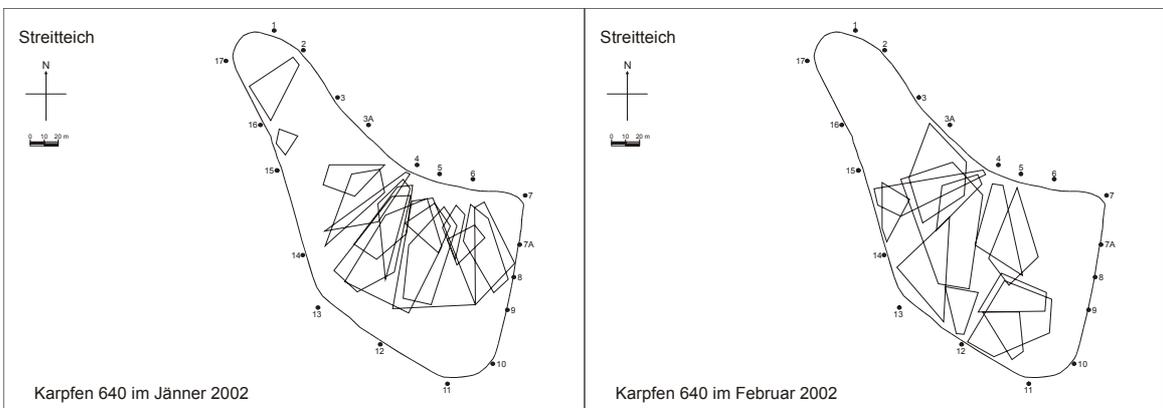
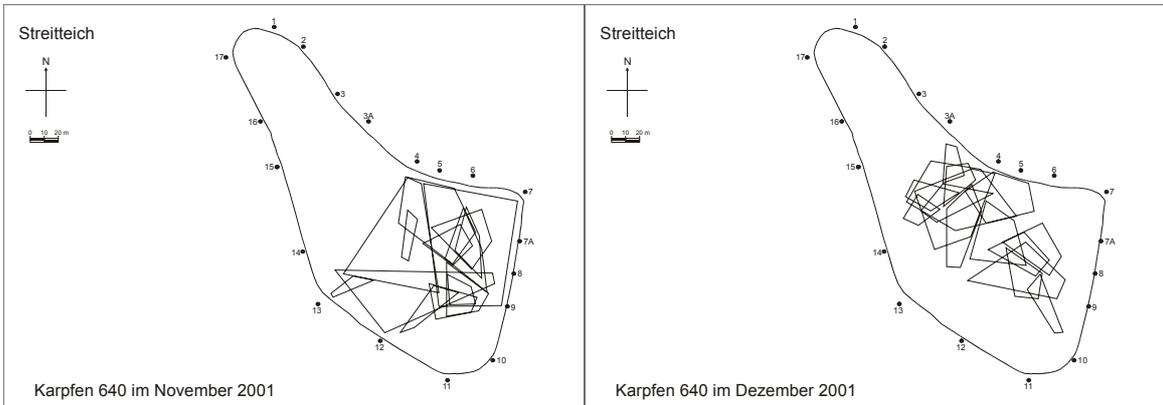
### 7.5. Streitteich, Winter 2000/2001

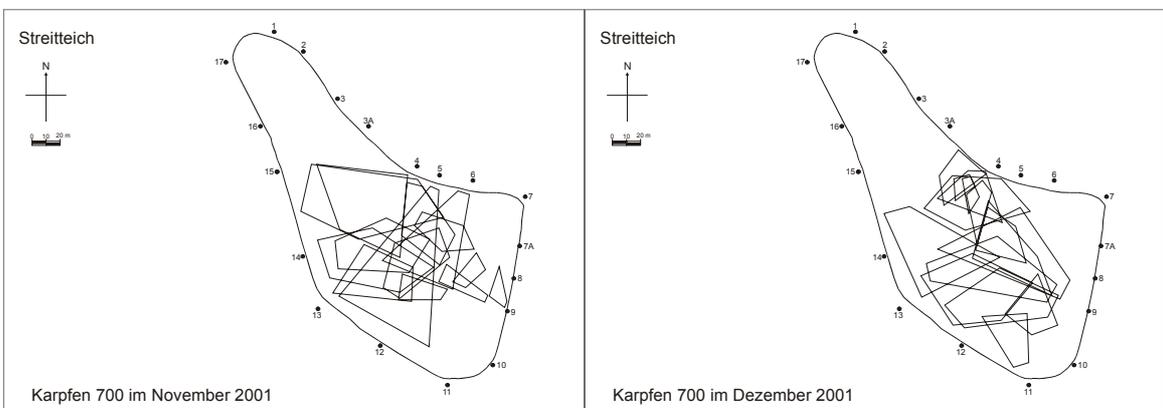
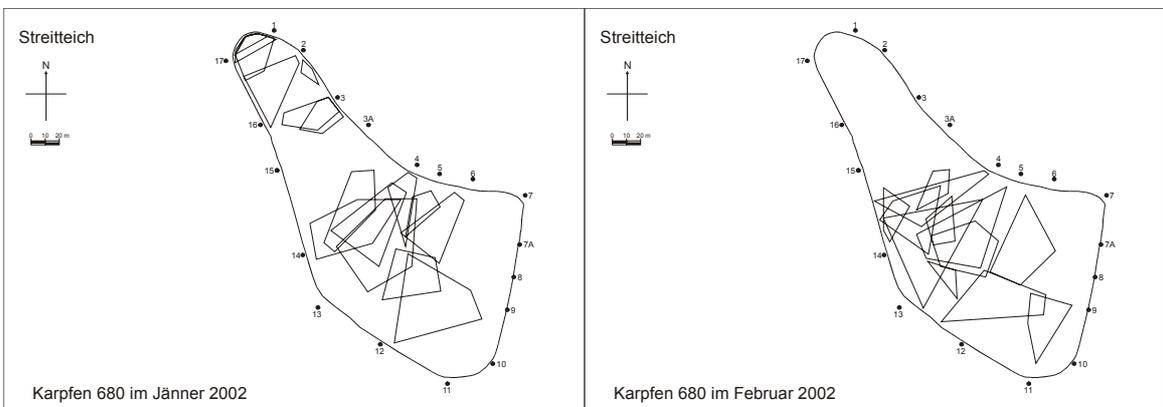
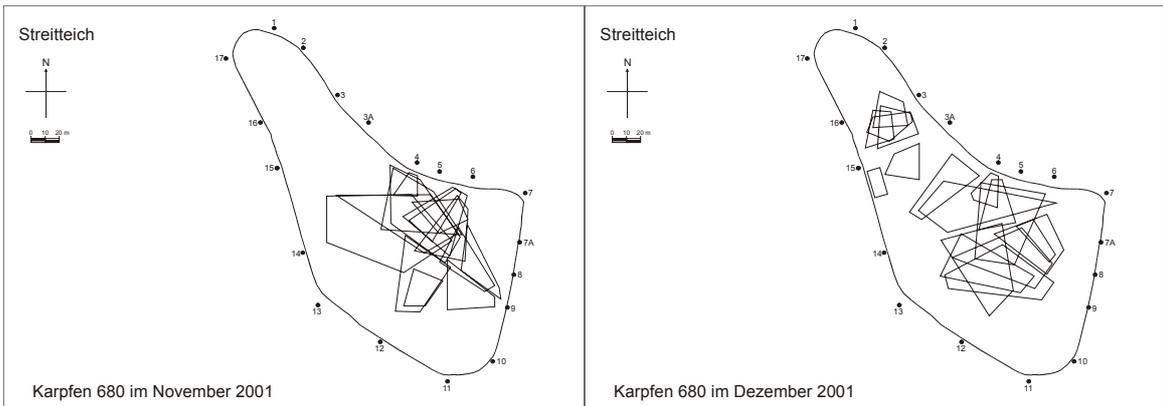
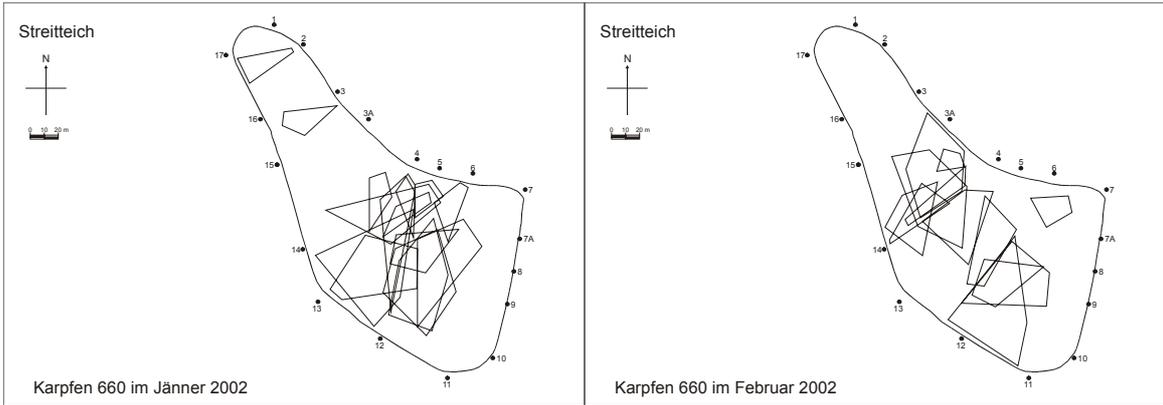


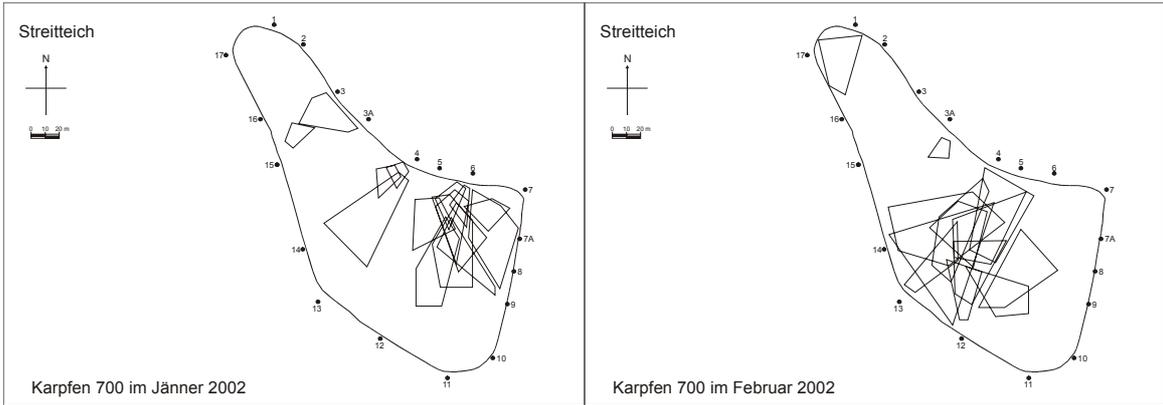




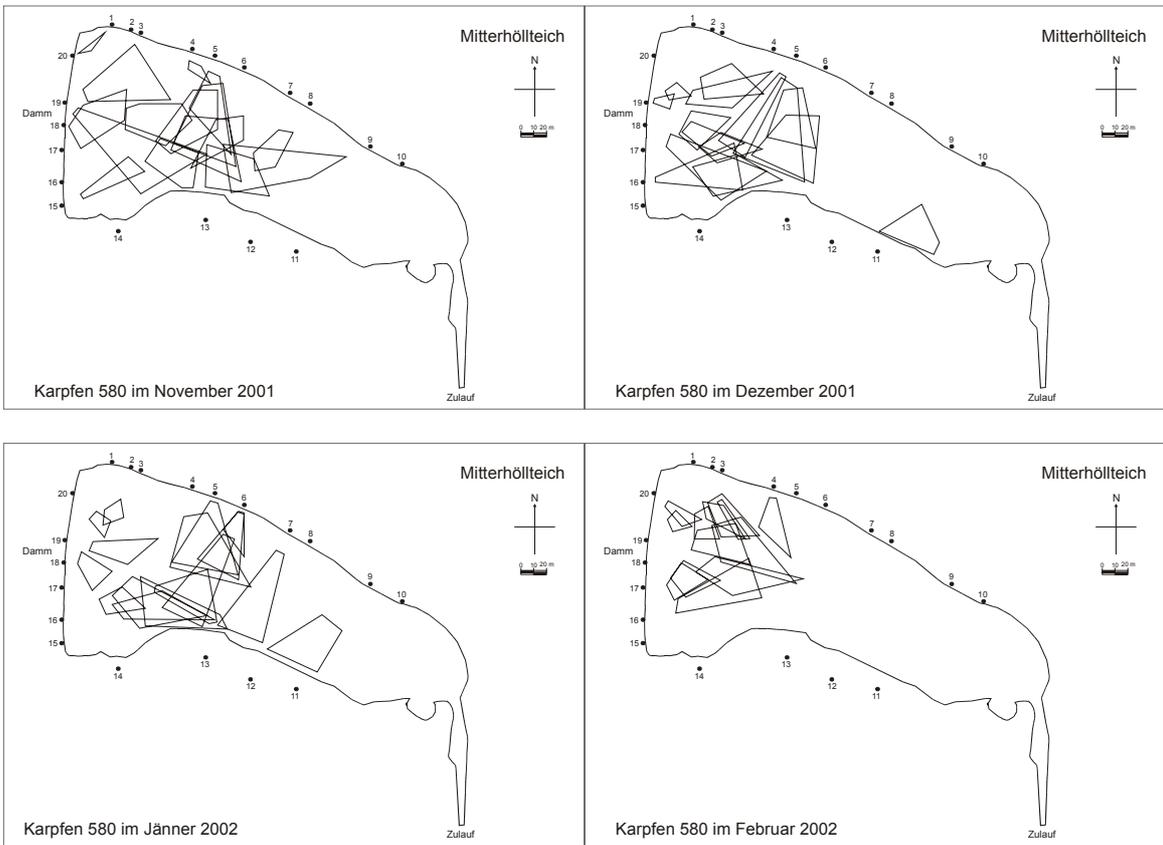
### 7.6. Streitteich, Winter 2001/2002

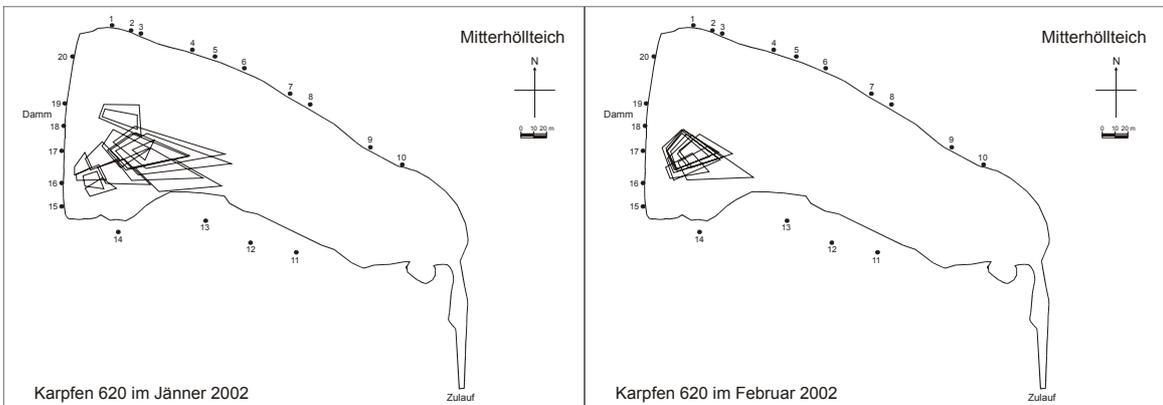
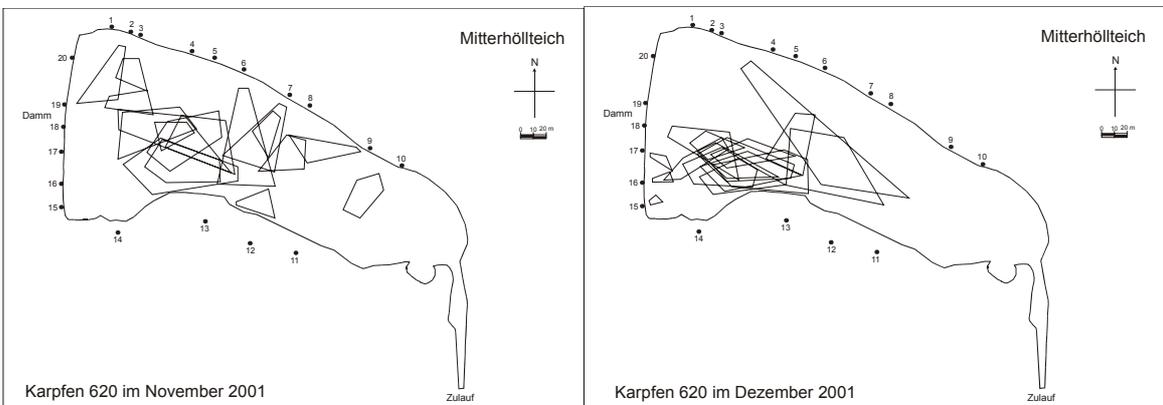
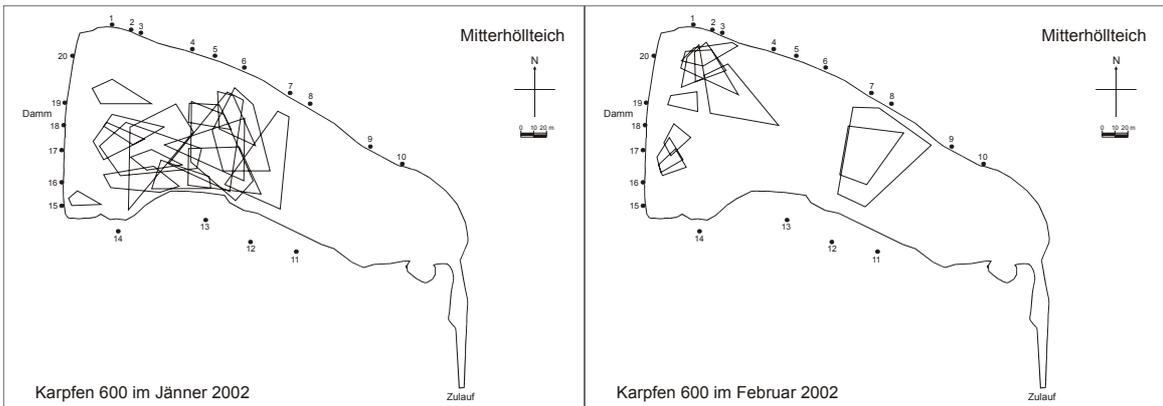
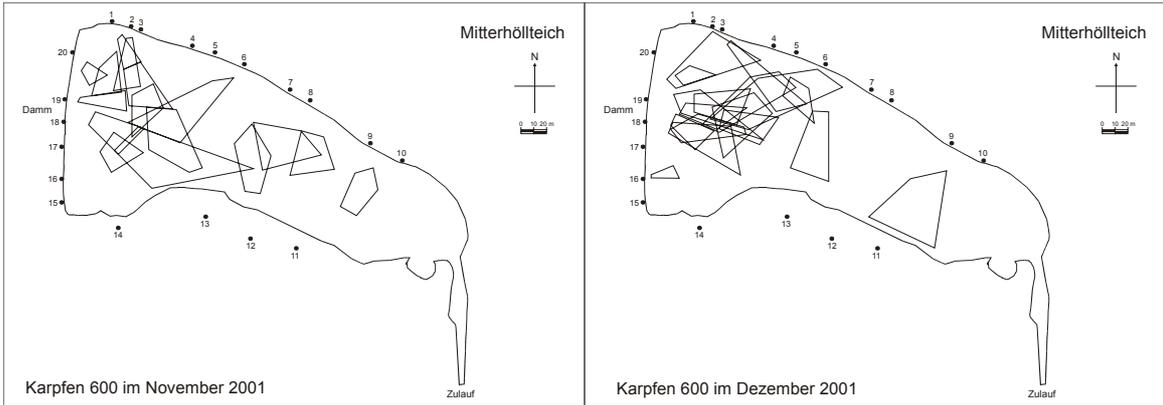






### 7.7. Mitterhöllteich, Winter 2001/2002





## 8. Zusammenfassung

Niedrige Wassertemperaturen, Eisbedeckung und niedrige Konzentrationen an gelöstem Sauerstoff machen den Winter zu einem kritischen Abschnitt in der mitteleuropäischen Karpfenzucht. In der Folge können große Verluste auftreten. In der einschlägigen Literatur wird der Winterung von Karpfen jedoch vergleichsweise wenig Raum eingeräumt. Man konzentriert sich eher auf die produktive Phase während des Sommers. Hier kann die Biotelemetrie wertvolle Arbeit leisten und zu tieferen Einblicken in das Winterungsverhalten der Karpfen führen. In der vorliegenden Studie wurden während der Winter 1999/2000, 2000/2001 und 2001/2002 insgesamt 31 Zuchtkarpfen mit einem Gewicht von 1400 – 2000 g (*Cyprinus carpio carpio* morpha *domestica*) mit radiotelemetrischen Sendern ausgerüstet. Die Sender wurden in die Leibeshöhle der Karpfen implantiert, wobei die Peitschenantenne über einen separaten Kanal die Körperwand passierte. Die Versuchsfische wurden in drei Teichen des niederösterreichischen Waldviertels überwintert. In der Zeit von November bis März wurde regelmäßig die Position der besenderten Karpfen ermittelt und daraus auf die Bewegungsaktivität der Versuchsfische geschlossen. Zusätzlich wurden einige physikalisch/chemische Parameter des Teichwassers, die Winterdecke und die allgemeinen Wetterbedingungen gemessen bzw. aufgezeichnet. Nach dem Wiederfang der besenderten Karpfen bei der Frühjahrsabfischung wurde der allgemeine Gesundheitszustand sowie die Wundheilung und die Gewebereaktionen um den Sender untersucht.

Die radiotelemetrischen Untersuchungen zeigten, dass die Karpfen während des Winters aktiver sind, als bisher allgemein angenommen wurde. Vielfach wurde davon ausgegangen, dass sich die Karpfen ab einer gewissen Temperatur im sog. Winterlager sammeln und dort den Winter fast reglos und mit nur geringem Stoffumsatz überdauern. Die Karpfen schränken während des Winters ihre Aktivität zwar ein und meiden bestimmte Zonen des Teiches, z.B. die seichten Uferbereiche. Hinweise für ein Winterlager im herkömmlichen Sinn konnten aber nicht gefunden werden. Bei ungestörten Verhältnissen und günstigen Umweltbedingungen konnte zwischen der Wassertemperatur und der Bewegungsaktivität der besenderten Karpfen ein signifikanter Zusammenhang festgestellt werden. Je höher die Wassertemperaturen waren desto höher war die Aktivität der Karpfen. Trat hingegen eine Situation ein, welche die Karpfen zu stark erhöhter Aktivität zwang, so war dieser Zusammenhang nicht mehr festzustellen. Das war z.B. bei Sauerstoffmangel zu beobachten. Dieser zwang die Fische, die seichten Bereiche in der Nähe des Zuflusses aufzusuchen, wo sauerstoffreicherer Wasser in den Teich strömte. Versuche zeigten auch, dass die Karpfen empfindlich auf Aktivitäten auf dem Eis, vor allem in ihrer Nähe, reagierten. Fangexperimente konnten weiters nachweisen, dass auch noch bei Wassertemperaturen um 4 °C eine Nahrungsaufnahme stattfand.

Nach der Winterung unterschied sich der allgemeine Gesundheitszustand der besenderten Karpfen nicht von ihren Artgenossen, welche in den selben Teichen überwintert wurden. Die meisten Versuchsfische zeigten im Bereich der Operationswunde und der äußeren Pforte des Antennenkanals normale klinisch-pathologische Gewebereaktionen wie unterschiedlich ausgeprägte Entzündungserscheinungen und mitunter leichte Gewebsalterationen. Zwei Karpfen allerdings wiesen schwere Gewebnekrosen im Bereich der Operationsnähte auf. Bei allen seziierten Karpfen stellte sich heraus, dass die Wundheilung unvollständig war. Nach Entfernen der Nähte klaffte die Wunde vom Peritoneum her. Eine mögliche Ursache könnte die verringerte Wundheilung infolge der

niedrigen Wassertemperaturen sein. Die Sender selbst waren unmittelbar dorsal des Beckengürtels, direkt an der ventralen Körperwand anliegend und cranial der Operationswunde positioniert. Es konnten keine Organschädigungen oder Organverdrängungen festgestellt werden. Hinweise auf eine Senderausstoßung, welche wiederholt von anderen Fischarten berichtet wurden, konnten nicht festgestellt werden. Die Röntgen- und CT-Untersuchungen unterstützten diese Befunde. Der Sender selbst war von einer Gewebekapsel umschlossen, welche in Verbindung mit Organen der Leibeshöhle und dem Peritoneum stand. Die Kapsel hat ihre Ursache in einem chronisch entzündlichen Prozess, welcher als Fremdkörperreaktion des Organismus auf den Sender zu werten ist. Histologische Untersuchungen legen nahe, dass sich der Prozess nach vier Monaten noch immer in einem frühen Stadium befindet. Analoge Phänomene bei Säugetieren erreichen dieses Stadium nach etwa 6 – 8 Tagen. Möglicherweise ist hier ebenfalls die niedrige Wassertemperatur, wie schon bei der unvollständigen Wundheilung, als Ursache anzusehen.

## 9. Summary

### **Investigation of Wintering Behaviour of Common Carp, *Cyprinus carpio carpio* morpha *domestica*, by Radio Telemetry. Evaluation of Telemetry Technique, Fish Activity and Tissue Response**

Facing low water temperature, ice covering and low concentrations of oxygen wintering in ponds represents a critical phase in the European aquaculture of common carp (*Cyprinus carpio carpio* morpha *domestica*). Great losses of fish can result. Although, detailed information about carp wintering is lacking and little attention is given to this problem in the literature concerning with the farming of carp. Therefore, radio telemetry can provide the techniques to enlighten the wintering behaviour of carp without irritating the fish in the wintering pond. In the present work 31 carps, weighing 1400 – 2000 g, were equipped with implanted radio telemetry transmitters and stocked in three ponds of the Austrian Waldviertel for wintering in the winter period of 1999/2000, 2000/2001 and 2001/2002. Throughout the winter (November – March) the fish positions were located several times a week. Physical and chemical parameters of the pond water, ice covering and general weather conditions were recorded, to compare environmental factors with animal behaviour. Following recapture in early spring, after four months of wintering, fish were examined for wound healing and tissue reaction around the transmitter. Dissection, radiography and computed tomography (CT) were provided.

Commonly it is said, that carps will gather at low temperature at certain places called “Winterlager”. There they pass the winter without movement and at a low physiological level. Radio tracking showed, that carps were quite more active throughout the winter. In comparison to the summer months, the home range used in winter was smaller and carps avoided shallow areas near the shore. However, no evidences for a “Winterlager” could be found. Disturbances or low levels of dissolved oxygen caused higher activities of carps. Especially at low oxygen, carps tended to move towards the shallow inflow where better oxygenated water was available. Carps showed fine reactions even to slight activities on ice. So it was impossible to track the carps by walking over the ice without disturbing them. Feeding occurred still at water temperatures of 4 °C.

After the winter overall health conditions of the implanted carps did not differ from nonimplanted fish wintering in the same ponds. Most carps showed normal clinical-pathological reactions like inflammations and slight tissue alterations at the incision area and the tunnel, which was guiding the whip antenna through the body wall. Two carps showed severe tissue necrosis at the incision area. All carps exhibit incomplete wound healing, which can be explained by the reduced healing capacity at low water temperatures. The transmitter was found right dorsal the pelvic girdle cranial of the incision and adjacent to the body wall. No damage or replacement of organs could be found. No signs of transmitter expulsion, as referred for other species, could be found. Radiography and CT supported these findings. The transmitter was enclosed by a fibrous capsule. This capsule was formed in the course of a chronic inflammatory response to the transmitter and represents a foreign body reaction. After four months of wintering, histology indicates, that the foreign body reaction has only reached a very early stage of development. The analogous process in mammals will reach this stage within 6 – 8 days. Low water temperature could serve as an explanation. Adhesions between the capsule and intestinal viscera or the peritoneal surface of the incision were noticed.

## 10. Danksagung

In meiner dreijährigen Tätigkeit in der Ökologischen Station Waldviertel, in der diese Arbeit langsam Gestalt annahm, hatte ich viele Gelegenheiten, Einblick in alle Aspekte der teichwirtschaftlichen Praxis und darüber hinaus zu nehmen. Der Wert solcher kleiner aber feiner Bindeglieder zwischen Wissenschaft und Praxis kann nicht hoch genug bewertet werden. Für die Hilfe und Unterstützung in diesen drei Jahren möchte ich mich beim gesamten Team der Ökologischen Station bedanken. Ganz besonders jedoch bei Dr. Günther Schlott, der der eigentliche Vater dieser Arbeit ist, da er die Idee vom „Karpfenradio“ als erster angesprochen und mir den Weg ins Waldviertel geebnet hat. Bedanken möchte ich mich auch bei Fischereimeister Günther Gratzl. Abgesehen davon, dass seine Hilfe in vielen Belangen unverzichtbar war, hab ich durch ihn einen weiten Blick über den Tellerrand der Lehrbücher gewonnen.

Besonders bedanken möchte ich mich bei Dr. Elisabeth Licek, die sich zur Betreuung der Dissertation bereit erklärt hat und mir mit Rat und Tat zur Seite gestanden ist und bei Monika Pernold, die stets ein offenes Ohr für meine Anliegen hatte.

Für die Übernahme der Begutachtung der Dissertation möchte ich mich bei Univ. Prof. Dr. Mathias Jungwirth und Univ. Prof. Dr. Helge Hilgers bedanken.

Bedanken möchte ich mich bei den Teichwirtschaften Kinsky und Fischer Anker sowie deren Fischereimeistern für die freundliche Erlaubnis die Untersuchungen in ihren Teichen durchführen zu dürfen und die darüber hinaus auch die Versuchsfische zur Verfügung gestellt haben.

Bedanken möchte ich mich bei Mag. Thomas Weismann. Er hat mit fachkundiger Hand die Implantationen vorgenommen und war auch bei der Befundung der klinisch-pathologischen Gewebereaktionen nach der Winterung eine große Hilfe.

Ebenfalls Dank gebührt Dr. Michaela Gumpenberger, die für die gelungenen Röntgenbilder und Aufnahmen des Computertomographen verantwortlich zeichnet.

Die histologischen Arbeiten wären nicht möglich gewesen ohne den Rat und die Unterstützung von Dr. Livia Rudoll, Ing. Marie Adamek, Dr. Oskar Schachner und Dr. Klemens Alton, auch ihnen Dank.

Abschließend, aber nicht zuletzt gebührt meinen Eltern Dank für diese weiteren drei Jahre an Unterstützung und meiner Silvia für ihre Hilfe und ihr Verständnis während dieser Zeit.

## 11. Lebenslauf

Familienname: Bauer

Vorname: Christian

Geboren am 18.09.1973 in Gmünd

Wohnhaft: Budweiserstraße 64, 3943 Schrems

Eltern: Wilhelm Bauer, Gemeindebediensteter und Anna Bauer (geborene Deimel),  
Sprechstundenhilfe

Geschwister: Markus Bauer

Vier Jahre Volksschule in Schrems von 1980-1984

Acht Jahre Mittelschule (Bundesrealgymnasium) in Gmünd von 1984-1992

Matura im Juni 1992

1992-1993 Zivildienst beim Österreichischen Roten Kreuz, seither ehrenamtliche Mitarbeit

Ab Herbst 1993 Studium der Biologie, Studienzweig Zoologie und Ökologie an der  
Universität Wien

Herbst 1997 bis Mai 1999 Diplomarbeit „Vergleichende morphologische Untersuchungen  
an zwei Populationen des dreistachligen Stichlings (*Gasterosteus aculeatus*, Pisces:  
Gasterosteidae) aus dem Wiener Becken“ am Institut für Zoologie, Abteilung für Anatomie  
und Morphologie der Universität Wien, Univ. Prof. Dr. Helge Hilgers.

Sponsion zum Magister der Naturwissenschaften im Juni 1999.

Ab Oktober 1999 Anstellung als wissenschaftlicher Mitarbeiter beim Verein Ökologische  
Station Waldviertel.

Oktober 1999, Übernahme des Dissertationsthemas am Institut für Hydrobiologie,  
Fischkunde und Bienenkunde der Veterinärmedizinischen Universität Wien, OR Dr.  
Elisabeth Licek und Institut für Zoologie, Abteilung für Anatomie und Morphologie der  
Universität Wien, Univ. Prof. Dr. Helge Hilgers.