



SCHRIFTEN

119

Funktionsüberprüfung von Fischwegen –
Einsatz automatischer Kontrollstationen
unter Anwendung der
Transponder-Technologie

Bearbeiter:

Beate Adam

Ulrich Schwevers



Gefördert durch die
Deutsche Bundesstiftung Umwelt



Kommissionsvertrieb
Wirtschafts- und Verlagsgesellschaft
Gas und Wasser mbH, Bonn

1997

Herausgeber:
Deutscher Verband für Wasserwirtschaft und Kulturbau e. V. (DVWK)
Gluckstraße 2, 53115 Bonn, Tel.: 02 28/9 83 87-0, Telefax: 02 28/9 83 87-33

Bearbeiter:
Dr. Beate Adam & Dr. Ulrich Schwevers
unter Federführung des DVWK-Arbeitskreises „Transponder“

Die Deutsche Bundesstiftung Umwelt (DBU) hat das Vorhaben finanziell gefördert.

Die Deutsche Bibliothek – CIP-Einheitsaufnahme

**Funktionsüberprüfung von Fischwegen: Einsatz automatischer
Kontrollstationen unter Anwendung der Transponder-Technologie/**
[DVWK-Fachausschuß 2.7 „Fischaufstiegsanlagen“. Bearb.: Beate
Adam; Ulrich Schwevers]. – Bonn: Wirtschafts- und Verl.-Ges.
Gas und Wasser, 1997
(Schriftenreihe des Deutschen Verbandes für Wasserwirtschaft
und Kulturbau e. V. ; 119)
ISBN 3-89554-069-2

ISBN 3-89554-069-2

Das Werk ist urheberrechtlich geschützt. Die dadurch begründeten Rechte, insbesondere die der Übersetzung, des Nachdruckes, des Vortrages, der Entnahme von Abbildungen und Tabellen, der Funksendung, der Mikroverfilmung oder der Vervielfältigung auf anderen Wegen und der Speicherung in Datenverarbeitungsanlagen, bleiben, auch bei nur auszugsweiser Verwertung, vorbehalten. Eine Vervielfältigung dieses Werkes oder von Teilen dieses Werkes ist auch im Einzelfall nur in den Grenzen der gesetzlichen Bestimmung des Urheberrechtsgesetzes der Bundesrepublik Deutschland vom 9. September 1965 in der Fassung vom 24. Juni 1985 zulässig. Sie ist grundsätzlich vergütungspflichtig. Zu widerhandlungen unterliegen den Strafbestimmungen des Urheberrechtsgesetzes.

© 1997 Deutscher Verband für Wasserwirtschaft und Kulturbau e. V. (DVWK), Gluckstr. 2, 53115 Bonn.
Printed in Germany by Druckpartner Moser Druck + Verlag GmbH, 53359 Rheinbach.
Verlag und Vertrieb: Wirtschafts- und Verlagsgesellschaft Gas und Wasser mbH, Josef-Wirmer-Str. 3,
53123 Bonn.
Umschlaggestaltung: Atelier Buchholz / Hinsch / Hensinger, Hamburg.

ISSN: 0170-8147 · InterCode: SDVKDJ

Vorwort

Die ökologisch verträgliche Nutzung oberirdischer Gewässer, die sowohl eine Reduktion von Belastungsparametern als auch in immer größerem Maße eine strukturelle Aufwertung umfaßt, ist nach wie vor eine der hervorragenden Herausforderungen der Wasserwirtschaft. Infolge des komplexen Gefüges abiotischer und biologischer Faktoren, die den Charakter und die ökologische Funktion der Gewässer prägen, ist es nicht verwunderlich, daß bezüglich des Verständnisses dieser Zusammenhänge noch immer große Wissensdefizite bestehen. Damit sind der interdisziplinären Zusammenarbeit von Ingenieuren und Biologen allein auf dem Gebiet eines verantwortlichen Umganges mit den Gewässern eine Vielzahl von Aufgaben gestellt, die es konsequent zu bearbeiten und umzusetzen gilt.

Eine dieser Aufgaben besteht in der Wiederherstellung der linearen Durchgängigkeit von Fließgewässern, die infolge zahlreicher Stauanlagen für wandernde aquatische Organismen, insbesondere für Fische, in isolierte Kompartimente unterteilt sind. Mit dem DVWK-Merkblatt „Fischaufstiegsanlagen“ liegen bereits wesentliche Kriterien für die Bemessung und Gestaltung derartiger Bauwerke vor. Da infolge fehlender Aufstiegskontrollen sowohl über die Funktionsfähigkeit bestehender Fischaufstiegsanlagen kaum verlässliche Informationen verfügbar sind, als auch die Kenntnisse über das Verhalten von Fischen im Bereich von Stauanlagen und Fischwegen bislang sehr lückenhaft sind, besteht noch ein erheblicher Forschungsbedarf, um diese Kenntnislücken zu schließen.

Vor diesem Hintergrund förderte die Deutsche Bundesstiftung Umwelt ein Forschungs- und Entwicklungsprojekt des DVWK, das die Entwicklung einer automatischen Kontrollstation zur Überwachung von Fischwanderungen in Fischaufstiegsanlagen zum Ziel hatte. Diese vom Institut für angewandte Ökologie im Rahmen des Forschungsprojektes erfolgreich umgesetzte Idee erlaubt unter Anwendung einer neuartigen Markierungs- und Registrierungsmethode eine automatische Kontrolle der Wanderbewegungen von Fischen in Aufstiegsanlagen. Damit steht künftig eine geeig-

nete und kostengünstige Methode zur Verfügung, die Funktionsfähigkeit von Fischaufstiegsanlagen zu beurteilen, ggf. Hinweise für ihre ökotechnische Optimierung zu erhalten und schließlich das individuelle Verhalten von Fischen im Bereich von Fischwegen zu erforschen.

Mit der Umsetzung des Forschungs- und Entwicklungsprojektes waren folgende Experten befaßt:

ADAM, Beate	Dr., Dipl.-Biol., Institut für angewandte Ökologie, Kirtorf-Wahlen
DUMONT, Ulrich	Dipl.-Ing., Ingenieurbüro Floecksmühle, Aachen
REICHWEIN, Erich	Dipl.-Phys., Technologieberatung Reichwein, Wölfersheim-Melbach
SCHWEVERS, Ulrich	Dr., Dipl.-Biol., Institut für angewandte Ökologie, Kirtorf-Wahlen

Die Laboruntersuchungen wurden am Institut für Hydrologie des Zentrums für Agrarlandschafts- und Landnutzungsforschung e.V., in Müncheberg durchgeführt.

Begleitet wurden die Arbeiten von dem DVWK-Arbeitskreis „Transponder“ im DVWK-Fachausschuß 2.7 „Fischaufstiegsanlagen“. Dem Arbeitskreis gehörten folgende Mitglieder an:

BOSSE, Rainer	Dipl.-Ing., RWE Energie AG, Bereich Regenerative Stromerzeugung (KR), Essen, (Obmann)
SCHAA, Werner	Dipl.-Ing., Regierungsbaudirektor, Staatliches Umweltamt Köln, Außenstelle Bonn, Bonn
STEINBERG, Ludwig	Dipl.-Biol., Oberregierungsrat, Landesanstalt für Ökologie, Bodenordnung und Forsten / Landesamt für Agrarordnung Nordrhein-Westfalen, fischereiliche Dezernate, Kirchhundem-Albaum

Essen, im Juni 1997

Rainer Bosse

Inhalt

1	Einleitung	1
1.1	Zielsetzung des Projekts	4
2	Die Komponenten der Transponder-Technologie	5
3	Projektablauf	13
3.1	Laboruntersuchungen	13
3.1.1	Zielsetzung	13
3.1.2	Methodisches Vorgehen	14
3.1.3	Ergebnisse	17
3.1.3.1	Lebensdauer der Transponder	17
3.1.3.2	Verträglichkeit der Transpondermarkierung für Fische	18
3.1.3.3	Lesung von Transpondern in Abhängigkeit ihrer Ausrichtung im magnetischen Feld der Rahmenantennen	20
3.1.3.4	Leseabstände der Antennen	21
3.1.3.5	Beeinflussung der Antennen durch anliegende Werkstoffe	23
3.1.3.6	Beeinflussung des Leseabstandes durch die Wassertemperatur	24
3.1.3.7	Beeinflussung des Leseabstandes durch die Leitfähigkeit	26
3.1.3.8	Beeinflussung des Leseabstandes durch den Schwebstoffgehalt	28
3.1.3.9	Einfluß der Durchtrittsgeschwindigkeit von Transpondern auf die Lesewahrscheinlichkeit der Rahmenantennen	29
3.1.3.10	Tests mit Fischen unter realitätsnahen Bedingungen	31
3.1.4	Gesamtergebnis	35
3.1.5	Entwicklung der Software	36
3.2	Freilanduntersuchungen	38
3.2.1	Zielsetzung	38
3.2.2	Erforderliche Genehmigungen	38
3.2.3	Charakteristik der Standorte	40

3.3	Freilanduntersuchung in Scheuerfeld an der Sieg	40
3.3.1	Methodisches Vorgehen	42
3.3.2	Ergebnisse	47
3.3.2.1	Vorversuch mit transpondierten Bachforellen	47
3.3.2.2	Betriebssicherheit und Lesezuverlässigkeit der Anlagen unter Freilandbedingungen	48
3.4	Freilanduntersuchung in Sinn an der Dill	51
3.4.1	Methodisches Vorgehen	52
3.4.2	Ergebnisse	55
4	Diskussion der Ergebnisse	58
4.1	Technische Resultate	58
4.2	Biologische Resultate	61
4.2.1	Rückkehrerquoten	61
4.2.2	Tag-Nacht-Aktivitäten	64
4.2.3	Verhaltensmuster im Beckenpaß und im Rauhgerinne-Beckenpaß	66
4.2.4	Dauer des Fischaufstieges im Beckenpaß	73
5	Ausblick	74
6	Zusammenfassung	76
7	Literatur	77
Anhang I: Tabellen		81
Anhang II: Hinweise für die Praxis		97
II.1	Bezugsquellen und Preis	97
II.2	Rechtliche Voraussetzungen für die Markierung von Fischen und den Einsatz des FIT-Systems	99

Verzeichnis der Bilder

- Bild 1.1: Alljährlich werden im Unterwasser des untersten Wasserkraftwerkes an der Lahn in Lahnstein in steigenden Zahlen aufstiegswillige Meerforellen nachgewiesen
- Bild 1.2: Nachweis eines Meerneunauges unterhalb des Wehres Unkermühle an der Sieg im Rahmen einer Fischbestandserfassung im Auftrag des DVWK (1993)
- Bild 2.1: Der trovan® Transponder misst 12 x 2 mm und ist von Bioglas ummantelt. Durch einen kleinen Stempel wird er aus der Injektionskanüle herausgedrückt
- Bild 2.2: Die Injektion eines Transponders in einen Fisch erfolgt vorzugsweise subkutan hinter dem Kopfansatz im Bereich des Rückens
- Bild 2.3: Im Handlesgerät sind Antenne und Lesegerät zu einer Funktionseinheit integriert
- Bild 2.4: 50-cm-Rahmenantenne vor einer Blendöffnung im Modellgerinne
- Bild 2.5: Technische Ausrüstung für die Versuche im großen Modellgerinne am Hydrotechnikum des ZALF bestehend aus einer 50-cm- sowie 30-cm-Rahmenantenne, den jeweils zugehörigen Lesegeräten, einem Interface und einem portablen PC
- Bild 2.6: Schematischer Aufbau einer Kontrollstation: jede Rahmenantenne bildet mit dem zugehörigen Lesegerät eine Funktionseinheit. Die parallel geschalteten Lesegeräte werden über ein Interface an einen PC angeschlossen. Die Steuerung der Lesegeräte erfolgt mit Hilfe des Programms ID_READ. Zum fehlerfreien Einlesen der ID-Codes in die Datenbank INDIV während der Markierung der Fische, die in der Regel unter Freilandbedingungen erfolgt, wird ein Handlesgerät über seine serielle Schnittstelle mit einem portablen PC verschaltet. Die Eingabe der individuellen Daten erfolgt über die Tastatur
- Bild 3.1: Schema des Versuchsaufbaus zur Erprobung der Antennenanlage mit transpondierten Fischen im großen Modellgerinne

- Bild 3.2: Vergleichende kumulative Darstellung der Einschwimmereignisse unmarkierter und transpondierter Fische in einer Testreihe im Februar 1994
- Bild 3.3: Optimale Ausrichtung des Transponders im elektromagnetischen Feld der Rahmenantenne (c) und Lage des Transponders im Fisch (d)
- Bild 3.4: Reichweite des magnetischen Feldes einer 50-cm- und einer 30-cm-Rahmenantenne
- Bild 3.5: Leseabstände einer 30-cm-Rahmenantenne in Abhängigkeit von der Wassertemperatur
- Bild 3.6: Leseabstände einer 30-cm-Antenne in Abhängigkeit von der Leitfähigkeit
- Bild 3.7: Messung des Einflusses von Schwebstoffen auf den Leseabstand einer 30-cm-Rahmenantenne im Aquarium. Der Schwimmer markiert die Position des Transponders im getrübten Wasser
- Bild 3.8: Die verwendeten Dummy-Typen mit je einem Transponder: mit Sand austarierte Schnappdeckelgläschchen; Korken-Dummy mit Kiel zur Stabilisierung; an einem skalierten Führungsstab befestigter Transponder
- Bild 3.9: Transpondierte Fische im großen Modellgerinne. Im Vordergrund schwimmt eine Barbe (*Barbus barbus*) auf die Blendenöffnung zu, in der der Holm einer Rahmenantenne erkennbar ist
- Bild 3.10: Ansicht der Stauanlage des Wasserkraftwerkes Scheuerfeld an der Sieg. In das Unterwasser hineinragend liegt am rechten Ufer der konventionelle Beckenpaß
- Bild 3.11: Schema der im Beckenpaß in Scheuerfeld installierten Antennenanlage
- Bild 3.12: Vor einem Schlupfloch in der Trennwand befestigte 30-cm-Rahmenantenne
- Bild 3.13: Installation des wasserdichten Stahlschrankes mit den Lesegeräten der Antennen 3 und 4 im oberen Teil des Beckenpasses
- Bild 3.14: Transpondieren von Fischen und Aufnahme der individuellen Daten in die Datenbank im Krafthaus in Scheuerfeld
- Bild 3.15: Übersicht über den oberen Abschnitt des naturnahen Rauhgerinne-Beckenpasses in Sinn. Im Einlaufbereich war die Antennenanlage mit zwei Rahmenantennen installiert, im Wohnwagen war der PC zur Datenaufnahme untergebracht

- Bild 3.16: Schema der im Rauhgerinne-Beckenpaß in Sinn installierten Antennenanlage
- Bild 3.17: Holzrahmenkonstruktion zur Anbringung der Antennen im Einlaufbereich der Fischaufstiegsanlage
- Bild 3.18: In dem an einem Mast befestigten Stahlschrank waren die beiden Leseräte untergebracht
- Bild 4.1: Vergleich der Anzahl der innerhalb der ersten 53 Tage registrierten Fische
- Bild 4.2: Verteilung der Passagen von Fischen über den Tagesverlauf
- Bild 4.3: Aktivitätsmuster des zügig, den Beckenpaß in Scheuerfeld durchschwimmenden Hasel „Fine“ (ID-Code 0001BA984C)
- Bild 4.4: Aktivitätsmuster von Döbel „Detlev“ (ID-Code 0001BB8AF0), der zwar in den Beckenpaß bis zu Antenne 3 aufschwamm, jedoch wieder ins Unterwasser umkehrte
- Bild 4.5: Aktivitätsmuster des Döbels „Qualle“ (ID-Code 0000221466), der am 19. Mai den Beckenpaß in Scheuerfeld ins Oberwasser passierte, jedoch 7 Tage später erneut von der Antennenanlage registriert wurde
- Bild 4.6: Aktivitätsmuster der Regenbogenforelle „Britta“ (ID-Code 000022CD5C), die am 24. April den Beckenpaß in Scheuerfeld erfolgreich überwand, jedoch nach ihrer Rückkehr über das Wehr ins Unterwasser, nur noch ein einziges Mal von Antenne 1 registriert wurde
- Bild 4.7: Aktivitätsmuster des Döbels „André“ (ID-Code 00001ADD9C) im Bereich des Fischweges in Sinn
- Bild 4.8: Auf- und Abwanderungsbewegungen von 4 Döbel durch den Fischweg in Sinn
- Bild 4.9: Auf- und Abwanderung von 4 Bachforellen in dem Fischweg in Sinn
- Bild II.1: Basisausstattung des FIT-Systems

Verzeichnis der Tabellen

- Tabelle 2.1: Technische Daten des trovan®-Identifikationssystems und des DASMANN-Erkennungssystems
- Tabelle 3.1: Technische Daten der Modellgerinne am Hydrotechnikum des ZALF und Eckdaten der durchgeföhrten Tests
- Tabelle 3.2: Leseabstände der 30-cm-Rahmenantennen bei verschiedenen Wassertemperaturen
- Tabelle 3.3: Leseabstände in Abhängigkeit von der Leitfähigkeit (Vergleichswerte aus: DVWK 1993)
- Tabelle 3.4: Mittlere Fließgeschwindigkeiten in den Rahmenantennen
- Tabelle 3.5: Auszug der Auswertung einiger Tests der videoüberwachten Passagen transpondierter Fische durch die Rahmenantennen im großen Modellgerinne
- Tabelle 3.6: Softwarekomponenten der Transponder-Technologie zum Betrieb der Antennenstation
- Tabelle 3.7: Technische und infrastrukturelle Charakteristika der Standorte Scheuerfeld und Sinn
- Tabelle 3.8: Bei Mittelwasser ermittelte maximale Fließgeschwindigkeiten in den Schlupflöchern des Beckenpasses
- Tabelle 3.9: Art, Anzahl und Größen der in Scheuerfeld transpondierten Fische
- Tabelle 3.10: Verteilung der ID- und Nonsense-Codes auf die 4 Rahmenantennen im Beckenpaß in Scheuerfeld
- Tabelle 3.11: Ermittlung der Lesequoten der einzelnen Antennen in der Zeit vom 25. April bis 10. Juni 1996 in Scheuerfeld
- Tabelle 3.12: Art, Anzahl und Größen der in Sinn transpondierten Fische
- Tabelle 3.13: Verteilung der ID- und Nonsense-Codes auf die beiden Rahmenantennen im Einlaufbereich des Rauhgerinne-Beckenpasses in Sinn
- Tabelle 3.14: Ermittlung der Lesequoten der einzelnen Antennen sowohl anhand des Aktivitätstypmusters von Fisch André (ID-Code 00001ADD9C) sowie

anderer aufgewanderter Fische in der Zeit vom 25. April bis 10. Juni 1996

- Tabelle 4.1: Vergleich der technischen Ergebnisse in Scheuerfeld und Sinn
- Tabelle 4.2: Vergleich der Versuchsdurchführung und fischbiologischen Befunde in Scheuerfeld und Sinn
- Tabelle 4.3: Aufstiegsverhalten in den untersuchten Fischwegen
- Tabelle 4.4: Aufstiegszeiten (gerundet) einiger transponderter Fische im Beckenpaß in Scheuerfeld
- Tabelle I.1: Ausschnitt aus der Originaldatei (INDIV) der am Hydrotechnikum des ZALF im Rahmen der Beobachtungen im Modellgerinne transponderten Fische
- Tabelle I.2: Von Mehrfachlesungen bereinigter Auszug aus der Originalprotokolldatei zur Registrierung transponderter Bachforellen im abgesperrten Beckenpaß in Scheuerfeld. Zur besseren Lesbarkeit wurde dem ID-Code eines jeden registrierten Fisches ein Name zugeordnet
- Tabelle I.3: Ausschnitt aus der Gesamtprotokolldatei des Langzeitversuches vom 25. April bis 19. Juni 1996 in Scheuerfeld. Anhand der Sortierung der in der Protokolldatei chronologisch erfaßten Leseereignisse nach Individuen, lassen sich die Schwimmwege der Fische verfolgen.
- Tabelle I.4: Ausschnitt aus der Gesamtprotokolldatei des Langzeitversuches vom 27. Juli bis 21. September 1996 in Sinn

Abstract

The "Realization of the transponder-technology exemplified by the functional assessment of fish passages" has been the title of a DVWK (German Association for Water Resources and Land Improvement) research and development project carried out during the years 1994 and 1996. This project was sponsored by the Deutsche Bundesstiftung Umwelt (DBU - German Federal Foundation for the Environment).

The objective of the project has been the development of an automatic control station to assess the functioning of upstream fish passage facilities. For this purpose the fish first of all had to be identified individually by means of an injection of a so called micro-transponder and was then released into the tail water (down-stream water) of a barrage. Once such a fish passes the magnetic field of a frame antenna installed in the fish passage way, this will activate the passive transponder and the identification code stored therein will be transmitted to a computer and automatically recorded. The frequency of upstream migration, the behaviour (activities) performed during a day, migration paths and the residence time of the fish can be evaluated on the basis of the recorded data.

Proof of the suitability of such control system has been provided with this project through comprehensive laboratory tests and the application of the antenna system installed at two sites in the open land. Hence, this method is now available for the handling of ichthyo-biological and engineering problems (matters), allowing the automatically performed and economical observation of fish. This method makes a differentiated evaluation of the functioning of fish passages feasible, also to study the behaviour of fish in the region of upstream passage facilities and thereby determining the requirements which will optimize fish passages ecotechnically.

1 Einleitung

Obgleich in den letzten Jahren das Wissen über die ökologische Notwendigkeit der Gewährleistung der Wanderung aquatischer Organismen, insbesondere benthaler Invertebraten und Fischen zugenommen und die Kenntnisse über den Bau von Fischaufstiegsanlagen entscheidend erweitert wurden (JENS 1982, LARINIER 1987, ADAM 1996, DVWK 1996), finden sich in den Fließgewässersystemen noch immer eine Vielzahl Stauanlagen, die insbesondere für die Fischfauna nicht oder nur eingeschränkt passierbar sind. So ergab z.B. eine Kartierung der Querbauwerke im hessischen Lahnsystem, daß von 519 Aufwanderungshindernissen in den Gewässern 1. und 2. Ordnung bislang nur 6,4 % mit Fischaufstiegsanlagen ausgestattet sind (SCHWEVERS & ADAM 1996). Eine Analyse des aus der Zerschneidung der Fließgewässerkontinuität für die Fischfauna resultierenden Arealverlustes belegt, daß z.B. in der Äschenregion des hessischen Lahnsystems der Hasel (*Leuciscus leuciscus*) 55 % seines potentiellen Verbreitungsgebietes eingebüßt hat; während Gründling (*Gobio gobio*), Döbel (*Leuciscus cephalus*) und Plötze (*Rutilus rutilus*) immerhin rund 1/3 ihres potentiellen Verbreitungsgebietes infolge unpassierbarer Stauanlagen nicht mehr besiedeln (SCHWEVERS & ADAM 1997).

Über die Effizienz bestehender Fischaufstiegsanlagen liegen infolge der methodischen Schwierigkeiten, Fische unter Freilandbedingungen im aquatischen Milieu zu beobachten, nur wenig gesicherte Kenntnisse vor. Infolge des hohen Zeit- und Personalaufwandes, der für Funktionskontrollen erforderlich ist, wurden nur in Einzelfällen Untersuchungen finanziert (z.B. BRUSCHEK 1953, PELZ 1985, SPÄH 1991, 1996, BORN 1995, SCHWEVERS & ADAM 1997). In Konsequenz aus diesen Wissenslücken über eine ggf. eingeschränkte Funktionsfähigkeit bestehender Fischwege unterbleibt oftmals eine erforderliche ökotechnische Optimierung.

Vor dem Hintergrund einer deutlich verbesserten Wasserqualität in den meisten deutschen Fließgewässern sowie ihrer fortschreitenden Wiederbesiedlung durch Fischarten, die bis vor wenigen Jahren noch als verschollen galten (Bild 1.1 und 1.2), ist die nach wie vor bestehende Unterbrechung der linearen Durchgängigkeit der Fließgewässer

besonders negativ zu beurteilen. So können auch die umfangreichen Bemühungen im Rahmen des Wiederansiedlungsprojektes „Lachs 2000“ der Internationalen Kommission zum Schutze des Rheins (IKSR) nur dann als erfolgreich gelten, wenn die Fließgewässer nicht nur für die anadromen Arten Lachs (*Salmo salar*), Meerforelle (*Salmo trutta f. trutta*) oder Meerneunauge (*Petromyzon marinus*), sondern auch für alle anderen Fischarten wieder ungehindert durchwanderbar sind (IKSR 1996).

Bei der Wiederherstellung der linearen Durchgängigkeit von Fließgewässern spielt demnach die Frage der Funktionsfähigkeit von Fischaufstiegsanlagen eine zentrale Rolle. Eine Möglichkeit, die Kosten von Funktionskontrolluntersuchungen zu senken, ist die Entwicklung von automatischen Anlagen zur Überwachung von Fischpassagen in Fischwegen. Dabei sind einer automatischen Beobachtung von Fischen mit optischen Systemen durch die nur geringe Sichttiefe im Wasser sowie die relativ hohen Geschwindigkeiten, mit denen Fische schwimmen, Grenzen gesetzt. Durch Anwendung eines elektronischen Kennzeichnungssystems, mit dem Fische individuell und schonend markiert werden können, lassen sich Wanderungsbewegungen mit Antennen, die in Fischaufstiegsanlagen installiert werden, automatisch registrieren (ADAM & SCHWEVERS 1996, 1997). Um die Realisierung einer derartigen Methode zur automatischen Funktionsüberprüfung von Fischwegen unter Einsatz der Transponder-Technologie zu erforschen und zu entwickeln, förderte die Deutsche Bundesstiftung Umwelt (DBU) von 1994 bis 1996 ein Forschungsprojekt des DVWK (Az: 01852). Folgende Institutionen waren an dem F+E-Projekt beteiligt:

Institution	Aufgabe
Deutsche Bundesstiftung Umwelt (DBU)	Projektförderung
Deutscher Verband für Wasserbau und Kulturbau e.V. (DVWK)	Projekträger und -verwaltung
Institut für angewandte Ökologie	Projektdurchführung
Zentrum für Agrarlandschafts- und Landnutzungsforschung e.V. (ZALF)	Laborversuche am Hydrotechnikum
Technologieberatung Reichwein (TBR)	Softwareentwicklung
Ingenieurbüro Floecksmühle	Installation der Antennenanlagen in Fischaufstiegsanlagen



Bild 1.1: Alljährlich werden im Unterwasser des untersten Wasserkraftwerkes an der Lahn in Lahnstein in steigenden Zahlen aufstiegswillige Meerforellen (*Salmo trutta f. trutta*) nachgewiesen



Bild 1.2: Nachweis eines Meerneunauges (*Petromyzon marinus*) unterhalb des Wehres Unkermühle an der Sieg im Rahmen einer Fischbestandserfassung im Auftrag des DVWK (1993)

1.1 Zielsetzung des Projekts

Ziel des Projektes war es, durch Einsatz der Transponder-Technologie, die zur Markierung terrestrischer Tiere seit etwa Anfang der 80'er Jahre zur Verfügung steht und z.B. routinemäßig zur individuellen Kennzeichnung von Zootieren angewandt wird (BEHLERT 1989), eine vollautomatische Kontrollstation zu entwickeln, die unter Freilandbedingungen Fischbewegungen in Fischaufstiegsanlagen erfaßt und dokumentiert. Insbesondere sollte diese Kontrollstation der Funktionsüberprüfung von Fischaufstiegsanlagen dienen, um Hinweise für eine ökotechnische Optimierung derartiger Anlagen zu gewinnen.

Zu Projektbeginn lagen zwar erste Erfahrungen über die Verwendbarkeit der Transponder-Technologie für die individuelle Markierung von Fischen vor (ADAM & SCHWEVERS 1992), jedoch fehlte ein für die Detektion von Fischen taugliches Antennensystem, da diese Technologie in erster Linie im Bereich automatischer Fütterungsanlagen im landwirtschaftlichen Anwendungsbereich eingesetzt wurde. Die Anforderungen an eine Antennenanlage zur Detektion von Fischen umfaßte dementsprechend neben ihrer sicheren Funktionstüchtigkeit unter Wasser auch einen zuverlässigen Betrieb bei stark schwankenden physikalisch-chemischen Bedingungen, z.B. Wassertemperatur, pH-Wert, Trübung und Leitfähigkeit. Ferner waren die zur Verfügung stehenden Antennen den relativ hohen Geschwindigkeiten anzupassen, mit denen markierte Fische die Antennen in einer Fischaufstiegsanlage passieren würden. Schließlich galt es, das Problem der Verwaltung der individuellen Daten der markierten Fische, die Protokollierung der Fischpassagen an den Antennen sowie ihre Auswertung zu lösen.

2 Die Komponenten der Transponder-Technologie

Die Transponder-Technologie ist ein Markierungs- und Identifikationssystem für Tiere, das prinzipiell auch für den Einsatz im Wasser tauglich ist. Aktuell werden die auf der Basis elektromagnetischer Induktion funktionierenden Transpondersysteme von mehreren Firmen in Europa und den USA angeboten. Im Rahmen des Forschungsprojektes wurde ausschließlich das Passive Transponder System von trovan® sowie das stationäre Erkennungssystem der Firma DASMANN verwandt. Die technischen Daten der einzelnen Komponenten sind Tabelle 2.1, das Zusammenspiel der Einzelkomponenten der Transponder-Technologie im Sinne einer automatischen Kontrollstation Bild 2.6 zu entnehmen.

Das trovan®-Identifikationssystem besteht zunächst aus einem drehrunden, passiven Transponder (Typ ID 100) von ca. 12 • 2 mm Größe (Bild 2.1). Der Transponder wird mit Hilfe eines Injektors vorzugsweise hinter dem Kopfansatz und parallel zur Längsachse des Fisches, also parasagittal, unter die Haut injiziert (Bild 2.2). Jeder Transponder ist steril in einer eigenen Injektionskanüle verpackt, wodurch die Gefahr von Infektionen praktisch ausgeschlossen wird. Die Injektion des Transponders am narkotisierten Fisch benötigt nur wenige Sekunden. Der mit Bioglas ummantelte Transponder trägt einen 10-stelligen alphanumerischen Code, der vom Hersteller jeweils nur einmal vergeben wird. Die Anzahl der möglichen Codekombinationen ist mit fast 500 Milliarden Möglichkeiten nahezu unbegrenzt, wodurch eine individuelle Markierung garantiert ist.

Von einer zugehörigen Antenne, z.B. eines Handlesgerätes (trovan® LID 500), wird ein niederfrequentes magnetisches Feld erzeugt, das in seiner Reichweite befindliche Transponder aktiviert (Bild 2.3). Passive Transponder benötigen somit keine eigene Energiequelle und sind damit, im Gegensatz z.B. zu aktiven telemetrischen Sendern, unbegrenzt funktionsfähig.

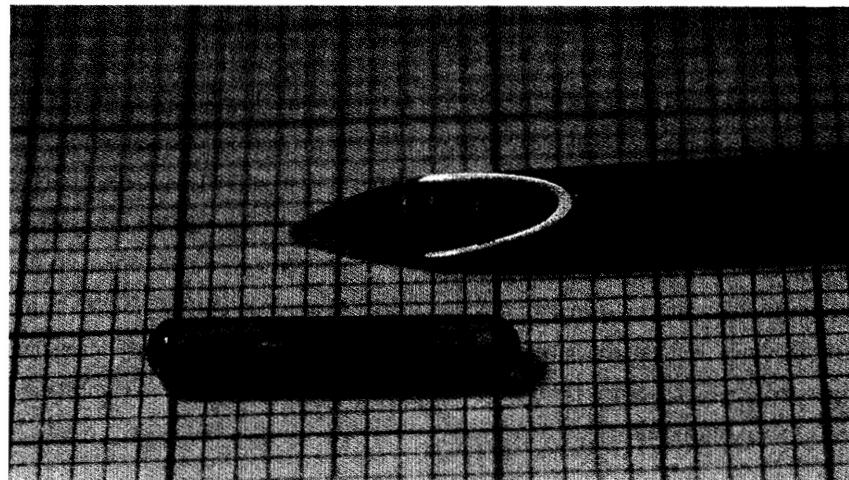


Bild 2.1: Der trovan® Transponder misst 12 * 2 mm und ist von Bioglas ummantelt.
Durch einen kleinen Stempel wird er aus der Injektionskanüle herausgedrückt



Bild 2.2: Die Injektion eines Transponders in einen Fisch erfolgt vorzugsweise subkutan hinter dem Kopfansatz im Bereich des Rückens

Der aktivierte Transponder sendet seinen individuellen Identifikations-Code (ID-Code) aus, der wiederum von der Antenne empfangen und durch ein nachgeschaltetes Lese-gerät decodiert wird. Der ID-Code wird bei Handlesegeräten entweder auf einem Display angezeigt und/oder über eine serielle Schnittstelle (RS 232) auf einen Computer übertragen. Dort kann der ID-Code mit der zeitlichen Angabe des Leseereignisses sowie den individuellen Daten des Fisches für eine spätere Datenauswertung verknüpft und gespeichert werden.

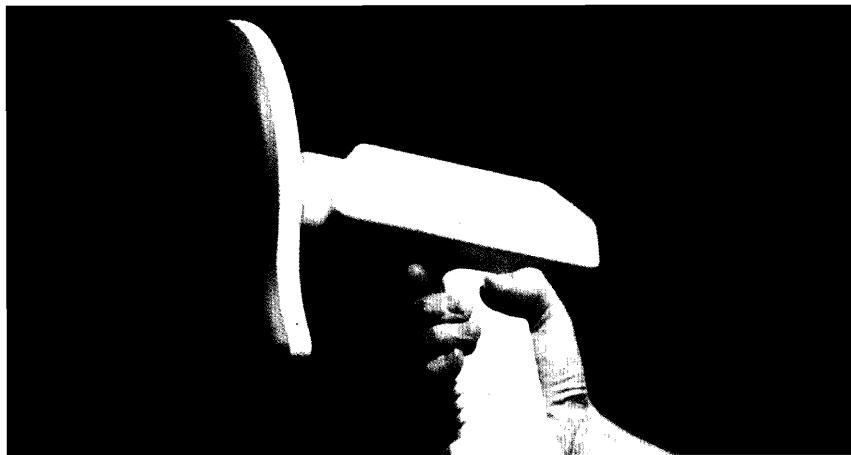


Bild 2.3: Im Handlesegerät sind Antenne und Lesegerät zu einer Funktionseinheit zusammengeschlossen

Die Funktionsweise der stationär in einen Fischweg eingebauten Rahmenantennen des Erkennungssystems von DASMANN ist vergleichbar dem des Handlesegerätes, jedoch ist hier die funktionelle Einheit aus Antenne und zugehörigem Lesegerät voneinander getrennt. Antenne und Lesegerät sind über ein maximal 6 m langes Kabel miteinander verbunden. Die Registrierung des ID-Codes erfolgt beim Durchschwimmen der Rahmenantennen (Bild 2.4).

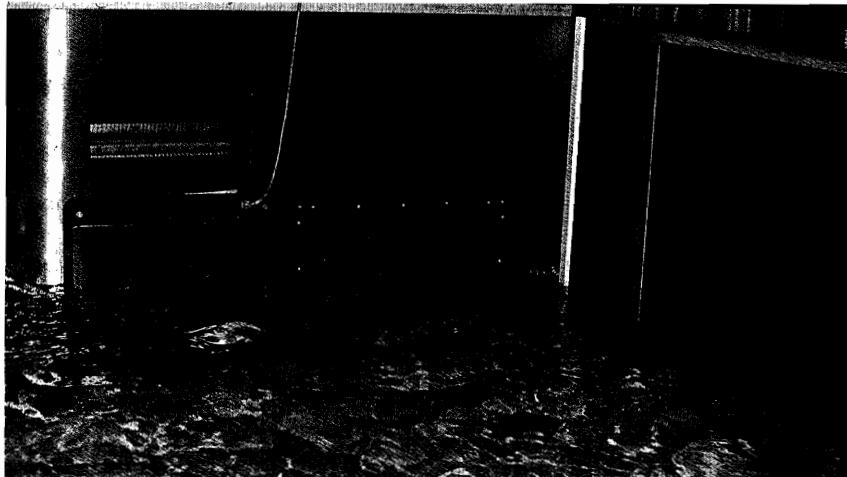


Bild 2.4: 50-cm-Rahmenantenne vor einer Blendenöffnung im Modellgerinne

Ein Handlesegerät wird z.B. während der Markierung von Fischen benötigt, um die ID-Codes der transpondierten Fische fehlerfrei in eine Datenbank einzulesen, in der zum jeweils markierten Individuum detaillierte Angaben über den Zeitpunkt der Markierung sowie Informationen über seine Art, Herkunft und Größe sowie im Bedarfsfall weitere Informationen verwaltet werden.

Aufgrund der Leistungsfähigkeit der im Transponder enthaltenen Spule ist der maximale Leseabstand für eine Rahmenantenne derzeit auf 50 cm begrenzt. Damit ist der Einsatz der Transponder-Technologie im Freiland auf die Bereiche von Verengungen, z.B. in Fischwegen beschränkt. Zur Beobachtung der Fischbewegungen im Rahmen der Laborversuche im Modellgerinne wurden zunächst sowohl die 50-cm- als auch 30-cm-Rahmenantennen eingesetzt (Bild 2.5).

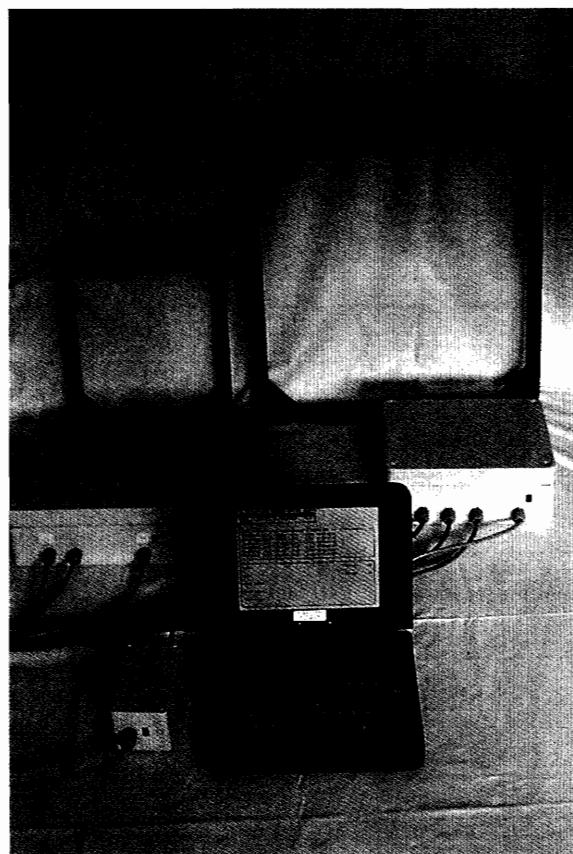


Bild 2.5: Technische Ausrüstung für die Laborversuche bestehend aus einer 50-cm- sowie 30-cm-Rahmenantenne, den jeweils zugehörigen Lesegeräten, einem Interface und einem portablen PC

Tabelle 2.1: Technische Daten des trovan®-Identifikationssystems und des DASMANN-Erkennungssystems

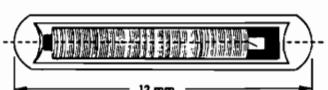
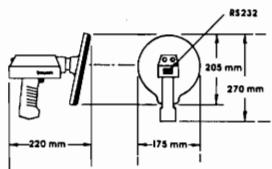
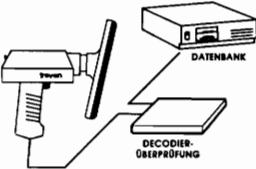
1. trovan® Transponder, Tierinjektat, in Glas gekapselt, ID 100	
	
Größe / insgesamt	ca. 2,2 * 12 mm
Identifikationscode	64 BIT
Leseabstand	16 - 20 cm
Übertragungszeit	119 ms/BIT (8375 BAUD)
Lagertemperatur	-40 °C bis +130 °C
Betriebstemperatur (Luft)	-40 °C bis +100 °C
Betriebsfrequenz	128 kHz
2. Injektionsnadel aus rostfreiem Stahl	
Größe	Länge: 55,5 mm / 2,6 mm (Außen-Φ)
Verpackung	steriler Kunststofffluerlock
3. trovan® Handlesegerät, Modell LID 500	
	
Größe insgesamt	Länge: 220 mm Höhe: 270 mm Breite: 157 mm
Antennengröße	252 mm
Gewicht	ca. 1120 g
Batterie	12 V (Akkus)
Display	LCD (2 Zeilen à 16 Zeilen)
Speicherkapazität	3160 Lesungen
Schnittstelle	RS 232, 9 PIN, 2400 BAUD
Typische Lesezeit	weniger als 0,03 Sekunden
Betriebsfrequenz	128 kHz
Feuchtigkeit	5 bis 95 % (nicht kondensierend)
Betriebstemperatur	0 °C bis +65 °C
Lagertemperatur	-20 °C bis +70 °C
Postzulassung	FCC (CFR 47, Teil 15, Unterbereich C), FTZ

Tabelle 2.1: Technische Daten des trovan®-Identifikationssystems und des DASMANN-Erkennungssystems (Fortsetzung)

4. Stationäres Erkennungssystem ID-2001	
Rahmenantenne klein (30-cm-Rahmenantenne)	
Innenmaß	285 • 245 mm
Außenmaß	320 • 320 • 57 mm
Gewicht	1,5 kg
Rahmenantenne groß (50-cm-Rahmenantenne)	
Innenmaß	465 • 500 mm
Außenmaß	540 • 540 • 57 mm
Gewicht	2,0 kg
Schutzart	IP 69
Gehäuserahmen	Okulen 500 Regenerat
Lesbare Transponder	Typ ID 100
Versorgungsspannung	24 V
Gehäuse Lesegerät	195 • 125 • 90 mm
Betriebstemperatur (Luft)	-10 °C bis +70 °C

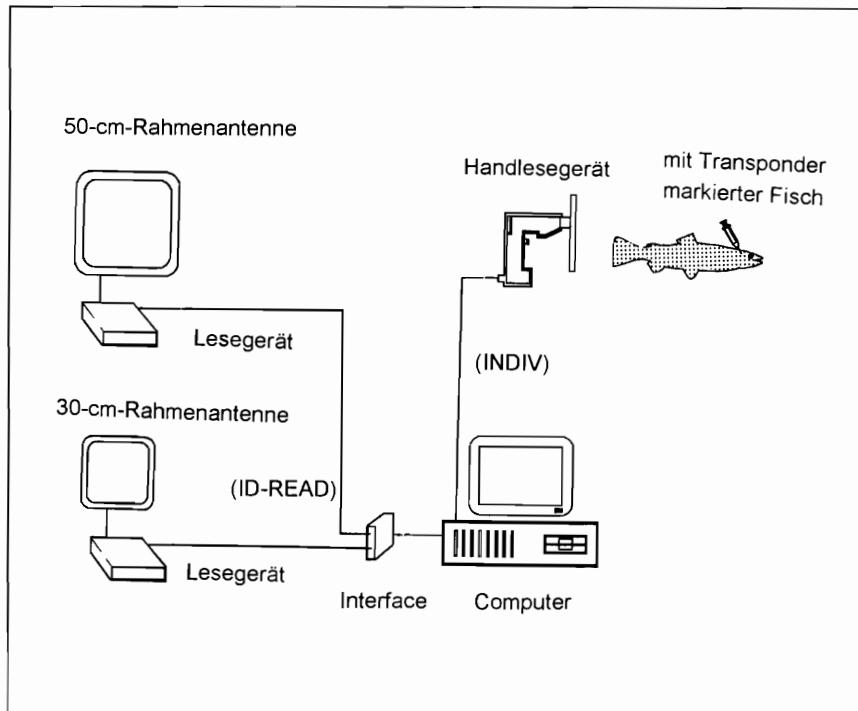


Bild 2.6: Schematischer Aufbau einer Kontrollstation: jede Rahmenantenne bildet mit dem zugehörigen Lesegerät eine Funktionseinheit. Die parallel geschalteten Lesegeräte werden über ein Interface an einen PC angeschlossen. Die Steuerung der Lesegeräte erfolgt mit Hilfe des Programms ID_READ (vgl. Kap. 3.1.5). Zum fehlerfreien Einlesen der ID-Codes in die Datenbank INDIV während der Markierung der Fische, die in der Regel unter Freilandbedingungen erfolgt, wird ein Handlesegerät über seine serielle Schnittstelle mit einem portablen PC verschaltet. Die Eingabe der individuellen Daten erfolgt über die Tastatur.

3 Projektablauf

Zu Beginn des Projektes war ein Erfolg keineswegs sicher, da die Transponder-Technologie relativ neu war und die einzelnen Komponenten nun auf einem Gebiet bzw. in einem Milieu eingesetzt werden sollten, für das sie ursprünglich nicht entwickelt worden waren. Deshalb wurde das F+E-Projekt verwaltungstechnisch in vier Bearbeitungsphasen unterteilt, wobei erst nach dem erfolgreichen Abschluß einer jeden Projektphase die Freigabe der nächsten Phase erfolgte. Inhaltlich gliedert sich das Projekt jedoch in zwei Untersuchungsschwerpunkte: die Labor- und die Freilandversuche.

3.1 Laboruntersuchungen

3.1.1 Zielsetzung

Die erste Projektphase diente der Erprobung der prinzipiellen Verschneidbarkeit der einzelnen Komponenten der Transponder-Technologie sowie der Überprüfung der Leistungsfähigkeit eines zu entwickelnden Prototyps einer Kontrollstation. Folgende Aspekte wurden unter Laborbedingungen untersucht:

- Die Eigenschaften der Transponder z.B. ihre Lebensdauer und Verträglichkeit für Fische, die maximalen Leseabstände bei verschiedenen physikalisch-chemischen Bedingungen sowie Lesewahrscheinlichkeiten und -abstände in Abhängigkeit der Ausrichtung und Geschwindigkeit der Passage eines Transponders durch verschiedene Rahmenantennen.
- Der Aufbau und die Funktion des Prototyps einer Antennenstation, die Abgrenzung des Einsatzbereiches sowie die technische Optimierung der Betriebssicherheit und Detektionsgeschwindigkeit der Lesegeräte.

- Die Entwicklung einer problemspezifischen Software einerseits zur Verwaltung der ID-Codes und der individuellen Daten der markierten Fische sowie zur Steuerung der Antennenanlage, zur Registrierung und Protokollierung von Lesereignissen sowie schließlich zu ihrer „Personifizierung“ durch Verschneidung mit den Daten der markierten Fische.

3.1.2 Methodisches Vorgehen

Zur Untersuchung der physikalischen Eigenschaften der Antennen bzw. der Veränderungen ihrer Leseleistungen bei verschiedenen chemisch-physikalischen Bedingungen wurden Versuche in einem 240-l-Aquarium (1,2 m • 0,4 m • 0,5 m) durchgeführt. Diese Versuchsanordnung wurde immer dann gewählt, wenn hierfür Änderungen des gesamten Wasserkörpers erforderlich waren, die sich in dem 80 m³ fassenden Wasser-kreislauf des Modellgerinnes nicht realisieren ließen, z.B. Veränderungen der Leitfähigkeit, der Wassertemperatur oder des Schwebstoffgehaltes. In den Modellgerinnen wurden schwerpunktmäßig Untersuchungen zur Ermittlung der Lesezuverlässigkeit der Antennen unter Fließbedingungen durchgeführt. Die Dimensionen der hierfür genutzten Modellgerinne sind Tabelle 3.1 zu entnehmen.

Wenn immer möglich, wurden für die Tests an skalierten Stäben befestigte Transponder oder mit jeweils einem Transponder bestückte Dummies verwendet (vgl. Kap. 3.1.3.9, Bild 3.8). Zusätzlich wurde jedoch auch das Schwimmverhalten transpondierter Fische sowie ferner die Zuverlässigkeit der Detektion transponderter Fische bei unterschiedlichen Fließgeschwindigkeiten im Modellgerinne untersucht. Hierzu wurden an zwei Stellen im großen Modellgerinne Rahmenantennen vor Öffnungen installiert. Eine hierfür im unteren Auslaufbereich des Modellgerinnes eingebaute Blende aus Kunststoff nahm die gesamte Rinnenbreite ein, während am stromaufwärtigen Ende des Gerinnes die Einstiegsöffnung in eine Fischaufstiegsanlage simuliert wurde, die parallel zu einem überströmten Wehr angeordnet war. Bild 3.1 stellt dieser Versuchsaufbau schematisch dar.

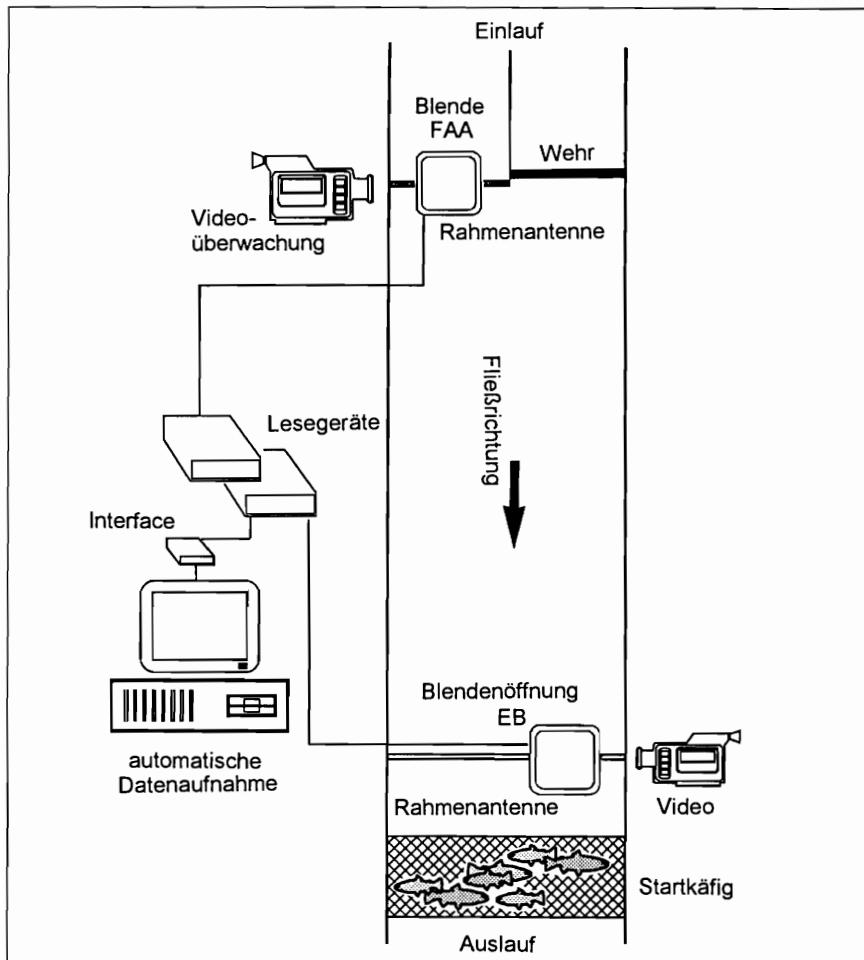


Bild 3.1: Schema des Versuchsaufbaus zur Erprobung der Antennenanlage mit transpondierten Fischen im großen Modellgerinne

Tabelle 3.1: Technische Daten der Modellgerinne am Hyrotechnikum des ZALF und Eckdaten der durchgeführten Tests

Großes Modellgerinne		Kleines Modellgerinne	
Länge	18,00 m	Länge	20,00 m
Breite	1,50 m	Breite	0,46 m
Höhe	1,00 m	Höhe	0,50 m
Abfluß	$Q = 350 \text{ l/s}$	Abfluß	$Q = 115 \text{ l/s}$
Neigung	$I = 0,001$	Neigung	$I = 0,001$
Tiefbehälter	$V = 80 \text{ m}^3$	Tiefbehälter	$V = 80 \text{ m}^3$
Beobachtungen mit transpondierten Fischen		Versuche mit Dummies	
Fließgeschw. in der Öffnung	$v_{\max} = 1,5 \text{ m/s}$	Fließgeschw. in der Rinne	$v_{\max} = 1,0 \text{ m/s}$
Fischarten	<ul style="list-style-type: none"> • Bachforelle (<i>Salmo trutta f. fario</i>) • Barbe (<i>Barbus barbus</i>) • Döbel (<i>Leuciscus cephalus</i>) • Giebel (<i>Carassius auratus gibelio</i>) • Goldfisch (<i>Carassius auratus auratus</i>) • Hasel (<i>Leuciscus leuciscus</i>) • Regenbogenforelle (<i>Oncorhynchus mykiss</i>) • Schneider (<i>Alburnoides bipunctatus</i>) 	Dummy-Arten (Bild 3.8)	<ul style="list-style-type: none"> • Test-Transponder an skalierten Stäben • mit Sand schwebend austarierte Schnappdeckelgläschchen • mit Kiel austarierte Korken

Die Tests mit Fischen (Anhang, Tabelle I.1) im Modellgerinne wurden immer nach dem gleichen Ablauf durchgeführt. Zunächst wurde eine Gruppe von 20 bis 25 transpondierten Fischen verschiedener Arten in einen Startkäfig im Auslaufbereich des gefluteten Modellgerinnes gesetzt. Nach 30 Minuten, in denen sich die Fische an die Temperatur- und Lichtverhältnisse gewöhnt hatten, erfolgte durch Starten der Pumpen des Wasserkreislaufes die Einstellung der Strömung im Modellgerinne. Erst nach einer erneuten 30-minütigen Gewöhnungszeit wurden der Startkäfig geöffnet und die Fische

in das Modellgerinne entlassen, worin sie sich verteilt und mit unterschiedlicher Frequenz und Geschwindigkeit die beiden mit Antennen bestückten Öffnungen passierten. Zusätzlich zur automatischen Registrierung der Passagen durch die Rahmenantennen wurde das Verhalten der Fische beobachtet und sorgfältig protokolliert. Darüber hinaus wurden die Ereignisse an den Öffnungen mit einer Videoanlage überwacht.

3.1.3 Ergebnisse

3.1.3.1 Lebensdauer der Transponder

Fragestellung: Vor dem Hintergrund der mittlerweile mehrjährigen Verwendung von Transpondern war die Frage nach ihrer Lebensdauer bzw. einem eventuellen Qualitätsverlust, z.B. in Form einer Reduktion des Leseabstandes zu klären.

Methode: Mit zwei Handlesegeräten sowie in Aquarienversuchen mit Rahmenantennen verschiedenen Durchmessers wurden die Leseabstände unterschiedlich „alter“, an cm-skalierten Führungsstäben befestigter Transponder (Baujahr 1989, 1991 und 1994) ermittelt. Hierbei wurden auch Transponder aus in Formol fixierten Fischen getestet.

Ergebnis: Mit der angewandten Untersuchungsmethodik ließen sich keine Unterschiede zwischen den verschieden alten Transpondern feststellen. Es ergaben sich keine Hinweise drauf, daß die Lebensdauer oder der Leseabstände der Transponder durch das Körpermilieu der Fische, durch aquatische Bedingungen oder gar durch den Aufenthalt in Fixanz beeinträchtigt wird.

3.1.3.2 Verträglichkeit der Transpondermarkierung für Fische

Fragestellung: Die Gewebeverträglichkeit von Transpondern ist bei Fischen, Vögeln und Säugetieren histologisch hinlänglich untersucht und in allen vorliegenden Gutachten als positiv bewertet worden (BEHLERT & WILLMS 1992, ADAM & SCHWEVERS 1992). Darüber hinaus ist es auch im Rahmen des vorliegenden Forschungsprojektes durch die Transpondierung von Fischen unterschiedlicher Arten und Gruppenwerten weder unter Labor- noch unter Freilandbedingungen zu Infektionen des transpondierten Gewebes gekommen. Somit stand die Frage im Vordergrund, ob die Transpondierung einen Einfluß auf die Orientierungsfähigkeit und die Motorik der markierten Fische hat.

Methode: Zwei Fischgruppen aus jeweils 22 Individuen unterschiedlicher Größen und Arten, bestehend in einem Fall aus transpondierten sowie im anderen Fall aus nicht markierten Fischen, wurden im großen Modellgerinne mit der bereits beschriebenen Versuchsanordnung konfrontiert (vgl. Kap. 3.1.2, Bild 3.1). Es wurde untersucht, ob die beiden Fischgruppen Unterschiede hinsichtlich der Auffindung der stromaufwärtigen Öffnung zeigten. Neben Beobachtungen des motorischen Verhaltens war ein wesentliches Bewertungskriterium die Anzahl und die Frequenz, mit der die Tiere die Öffnung der simulierten Fischaufstiegsanlage passierten bzw. die Schnelligkeit, mit der dies geschah. Der Beschreibung dieses Auffindungsverhaltens dienen Kumulationskurven, in denen die Passage der Fische durch die Antenne gegen die Zeit summarisch aufgetragen wird (Bild 3.2). Um jahreszeitlich bedingte Motivationsunterschiede der Fischen zu erkennen, wurde dieser Test über den gesamten Untersuchungszeitraum mehrmals wiederholt.

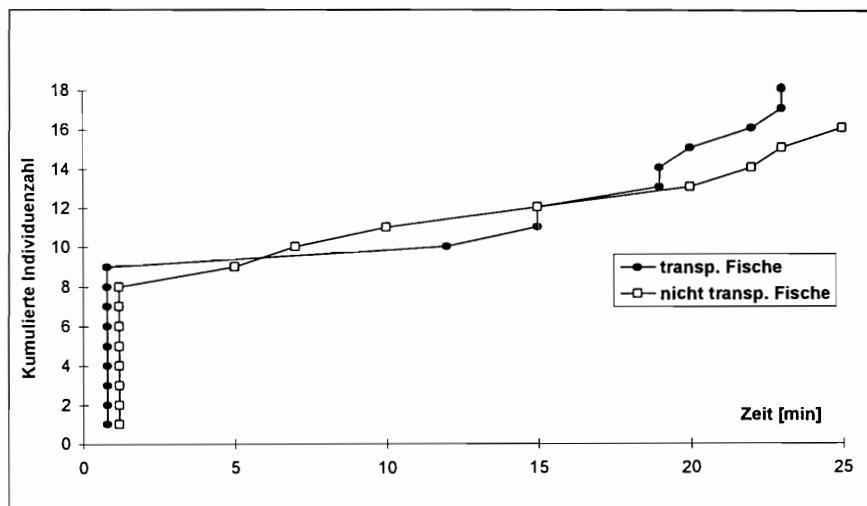


Bild 3.2: Vergleichende kumulative Darstellung der Einschwimmereignisse unmarkierter und transpondierter Fische in einer Testreihe im Februar 1994

Ergebnis: Wie die beiden nahezu identischen Kumulationskurven veranschaulichen, lassen sich keine Unterschiede im Auffindungsverhalten der Öffnung nachweisen. Auch die vergleichenden Beobachtungen zu Motorik, Orientierungs- und Schwimmverhalten transpondierter und unmarkierter Fische ergaben bei keinem der durchgeführten Tests Hinweise auf ein unterschiedliches Verhalten der beiden Fischgruppen; selbst dann nicht, wenn die Transpondierung erst 24 Stunden zurücklag. Schließlich sei am Rande darauf hingewiesen, daß der am 13. Januar 1995 mit dem ID-Code 00017FC4A gekennzeichnete weibliche Goldfisch sich im Sommer 1996 erfolgreich mit einem der transpondierten männlichen Goldfische fortgepflanzt hat.

3.1.3.3 Lesung von Transpondern in Abhängigkeit ihrer Ausrichtung im magnetischen Feld der Rahmenantennen

Fragestellung: Es wurde untersucht, ob die Lesung eines Transponders von seiner Ausrichtung im magnetischen Feld der Rahmenantennen abhängig ist.

Methode: Transponder wurden sowohl in Aquarienversuchen, als auch im kleinen Modellgerinne an skalierten Führungsstaben und mit Dummies in unterschiedlicher Ausrichtung und mit unterschiedlicher Geschwindigkeit durch Rahmenantennen mit 30 cm und 50 cm Durchmesser hindurchgeführt.

Ergebnis: Eine erfolgreiche Lesung des ID-Codes ist von einem achsparallelen Durchgang des Transponders durch die Rahmenantennen abhängig (Bild 3.3). Schon bei einer Auslenkung des Transponders um ca. 30° aus der optimalen achsparallelen Ausrichtung verringert sich die Lesbarkeit des Transponders erheblich. Auch der Abstand von der Antenne, in dem der Transponder noch registriert wird, reduziert sich deutlich. Dieser Befund ist unabhängig von dem Durchmesser der verwendeten Rahmenantennen.

Die Funktionsfähigkeit einer automatischen Kontrollstation wird durch dieses Ergebnis nicht in Frage gestellt, da aufgrund der parasagittalen Injektionsebene des Transponders im Fisch und der vorgegebenen Schwimmrichtung der Tiere ein achsparalleler Durchgang des Transponders durch die Rahmenantennen zumeist gewährleistet ist.

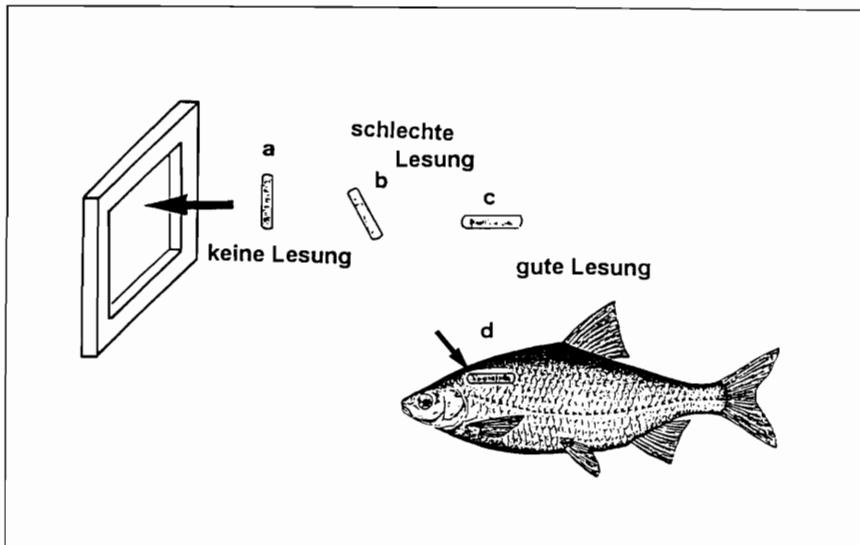


Bild 3.3: Optimale Ausrichtung des Transponders im elektromagnetischen Feld der Rahmenantenne (c) und Lage des Transponders im Fisch (d)

3.1.3.4 Leseabstände der Antennen

Fragestellung: Da die Transponder-Technologie zunächst ausschließlich für den Einsatz in terrestrischen Systemen entwickelt wurde, stand bei den nachfolgenden Tests die Frage der Anwendbarkeit der Technologie unter Wasser im Mittelpunkt. Die Versuche dienten der Ermittlung der Größe, Ausdehnung und Stärke des magnetischen Feldes der 30-cm- bzw. 50-cm-Rahmenantennen unter aquatischen Bedingungen.

Methode: Während die Untersuchungen der Leseabstände der 50-cm-Rahmenantennen im kleinen Modellgerinne durchgeführt wurden, erfolgte der Test der 30-cm-Rahmenantennen ausschließlich in einem Aquarium. Es kam eine Meßtechnik zum Einsatz, die eine dreidimensional zentimetergenaue Plazierung eines an einem skalierten Führungsstab befestigten Transponders im magnetischen Feld einer Rahmenantenne ermöglichte.

Auf diese Weise wurde der Bereich, in dem die Antenne den ID-Code detektierte, sondiert. Bei den Angaben der Leseabstände handelt es sich zum einen um den „Maximalabstand“, d.h. die Entfernung von der Rahmenantenne, bei der die ersten, jedoch nicht kontinuierlichen Lesungen erfolgen. Ferner wird der „Minimalabstand“ angegeben, der als diejenige Entfernung von der Rahmenantenne definiert wurde, bei der schnelle, kontinuierliche Lesungen erfolgten. Die Versuche wurden unter folgenden Rahmenbedingungen durchgeführt:

Parameter	Modellgerinne	Aquarium
Temperatur	10,0 °C	15,8 °C
pH-Wert	7,2	7,0
Leitfähigkeit	680 µS/cm	380 µS/cm

Ergebnis: Die Leseabstände der 50-cm-Rahmenantennen betragen maximal 10 cm und minimal 8 cm, die einer 30-cm-Rahmenantenne maximal 13 und minimal 10 cm. Damit hat das magnetische Feld einer großen Rahmenantenne im aquatischen Milieu eine Reichweite von jeweils 10 cm vor bzw. hinter dem 4 cm breiten Antennenrahmen (Bild 3.4). Dies bedeutet, daß der Fisch auf einer Gesamtstrecke von 24 cm detektiert werden kann. Hingegen erstreckt sich das magnetische Feld einer 30-cm-Rahmenantenne 13 cm vor und hinter der Rahmenantenne, so daß ein Fisch auf einer Strecke von 30 cm erkannt wird.

Die erfolgreiche Registrierung eines ID-Codes ist maßgeblich von der Zeitdauer abhängig, in der sich der Transponder im magnetischen Feld der Rahmenantenne befindet. Dies bedeutet, daß die Detektion eines transpondierten Fisches um so sicherer erfolgt, je länger die Wegstrecke ist, die der Fisch im magnetischen Feld einer Antenne zurückzulegen hat. Die Ergebnisse dieser Versuchsreihe wiesen darauf hin, daß für die Registrierung schnell schwimmender Fische der Einsatz der kleineren Rahmenantennen sinnvoller sein könnte, als der von 50-cm-Rahmenantennen.

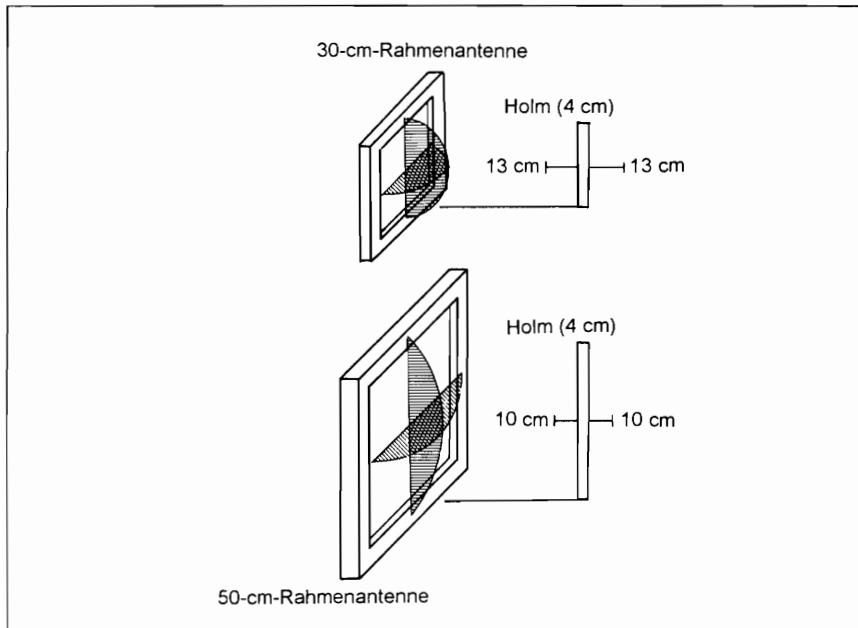


Bild 3.4: Reichweite des magnetischen Feldes einer 50-cm- und einer 30-cm-Rahmenantenne

3.1.3.5 Beeinflussung der Antennen durch anliegende Werkstoffe

Fragestellung: Vor dem Hintergrund der Installation von Rahmenantennen in aus unterschiedlichsten Werkstoffen gefertigten Fischaufstiegsanlagen war die Frage nach möglichen Einschränkungen der Funktionsfähigkeit der Rahmenantennen durch umgebende Materialien zu untersuchen. Eine Überprüfung der Betriebssicherheit der Rahmenantennen durch Störimpulse aus dem Umfeld, die z.B. durch Transformatoren oder Hochspannungsleitungen hervorgerufen werden können, war aufgrund des hierfür erforderlichen apparativen Aufwandes nicht möglich.

Methode: In Trocken- und Aquarienversuchen wurden sowohl 30-cm- als auch 50-cm-Rahmenantennen mit unterschiedlichen Materialien in unmittelbaren Kontakt gebracht und die Leseabstände mit der o.a. Meßtechnik ermittelt.

Ergebnis: Die Funktionsfähigkeit der Rahmenantennen wird bei umgebendem Kontakt mit Metallen, z.B. Gitter, Maschendraht oder U-Profilen, unabhängig von der Antennengröße nachhaltig beeinträchtigt. Nicht leitende Stoffe, z.B. Plastik, Textilien, Holz oder Glas beeinflussen die Ausbreitung des magnetischen Feldes hingegen nicht, so daß auch eine Detektion der ID-Codes durch die Glasscheiben eines Aquariums hindurch mit einer nur geringfügigen Reduktion des Leseabstandes möglich ist.

3.1.3.6 Beeinflussung des Leseabstandes durch die Wassertemperatur

Fragestellung: Es wurde die Abhängigkeit der Leseabstände der Rahmenantennen von der Temperatur des Wassers untersucht. Diese Frage ist insbesondere für den Einsatz der Technologie unter Freilandbedingungen von Bedeutung.

Methode: In einem Aquarium wurden mit der o.a. Meßtechnik die minimalen und maximalen Leseabstände der Rahmenantennen bei unterschiedlich temperiertem Wasser ermittelt. Die mit einem Thermometer (WTW LF 196) kontrollierte Kühlung des Wassers erfolgte durch Zugabe von Eis, eine Erwärmung durch heißes Wasser.

Ergebnis: Die Ergebnisse der Leseabstandsmessungen bei veränderten Wassertemperaturen sind Tabelle 3.2 und Bild 3.5 zu entnehmen. Bei kaltem Wasser ($< 10^{\circ}\text{C}$) ist der Leseabstand geringfügig größer, als bei Temperaturen über 25°C . Die Wassertemperatur kann somit als physikalische Einflußgröße auf die Transponder-Technologie vernachlässigt werden, da keine gravierenden Unterschiede hinsichtlich des Leseabstandes der Antennen in dem für Fische physiologisch relevanten Temperaturspektrum bestehen.

Tabelle 3.2: Leseabstände der 30-cm-Rahmenantennen bei verschiedenen Wassertemperaturen

Temperatur [°C]	Leseabstände	
	minimal [cm]	maximal [cm]
6,5	13	15
9,3	13	15
12,8	13	15
15,1	10	13
20,2	10	13
25,4	9	13
30,3	9	13

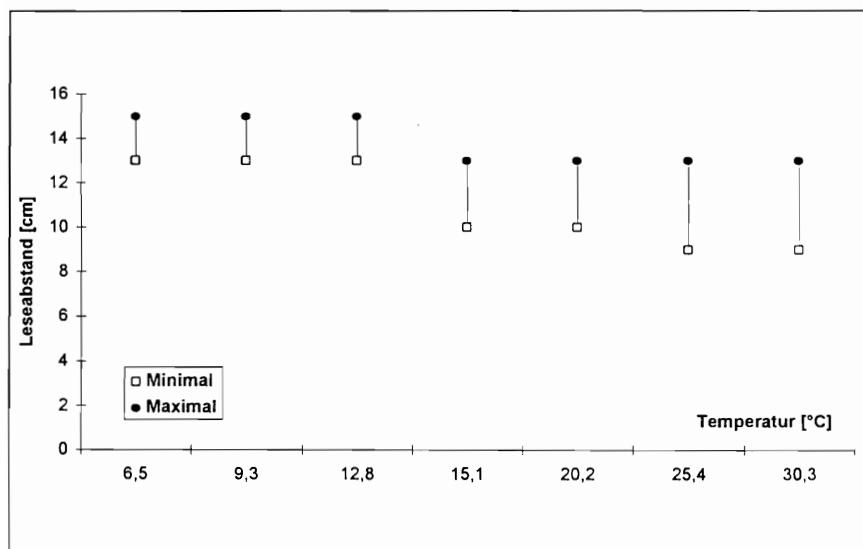


Bild 3.5: Leseabstände einer 30-cm-Rahmenantenne in Abhängigkeit von der Wassertemperatur

3.1.3.7 Beeinflussung des Leseabstandes durch die Leitfähigkeit

Fragestellung: Es galt zu klären, ob ein unterschiedlicher Elektrolytgehalt des Wassers die Ausdehnung des magnetischen Feldes der Rahmenantennen und damit den Leseabstand beeinflusst.

Methode: Die Messung des Leseabstandes der Rahmenantennen erfolgte mittels der o.a. Meßtechnik bei unterschiedlichen Elektrolytgehalten des Wassers in einem Aquarium. Zur Veränderung des Elektrolytgehaltes wurde dem Wasser gelöstes Kochsalz zugegeben. Der Leitfähigkeit wurde mit einem Leitfähigkeitsmeßgerät (WTW LF 196) anhand des elektrischen Widerstandes bestimmt ($\mu\text{S}/\text{cm}$). Die Messungen erfolgten bei 15 °C sowohl mit einer 30-cm- als auch mit einer 50-cm-Rahmenantenne (Bild 3.6). Für den ermittelten Leseabstand wurde jeweils der Maximal- und der Minimalabstand registriert.

Ergebnis: Wie aus Tabelle 3.3 ersichtlich ist, hat auch die Leitfähigkeit des Wassers nur einen geringfügigen Einfluß auf die Leseabstände der Rahmenantennen. Allenfalls bei Konzentrationen, die im Binnenland z.B. nur durch die massive Einleitung von Salzen in Fließgewässer auftreten und mit Werten, die außerhalb des physiologisch relevanten Spektrums für Fische liegen und zudem nachhaltige ökologische Schädigungen dieser Lebensräume hervorrufen, ist eine leichte Beeinträchtigung der Funktionsfähigkeit der Antennen zu erwarten.

Tabelle 3.3: Leseabstände in Abhängigkeit von der Leitfähigkeit (Vergleichswerte aus: DVWK 1993)

Leitfähigkeit [$\mu\text{S}/\text{cm}$]	Vergleichswerte / Anmerkungen	Leseabstand [cm]			
		30 cm-Antenne		50 cm-Antenne	
		minimal	maximal	minimal	maximal
3	Aqua demin.	13	15	8	10
270	Leitungswasser	13	15	8	10
310	Leitungswasser	13	14	8	10
1200	entspricht starker Abwas- serbelastung	10	13	7	9
3000	--	10	13	7	9
4500	--	10	13	7	9
7000	Konzentration der Ost- see, ca. 0,9 %	10	13	7	9
10000	--	9	11	7	9
15000	--	9	11	7	9
26000	Konzentration der Nord- see, ca. 3,3 %	9	11	7	9
71000	Konzentration der Werra bei Widdershausen 1979, ca. 4,3 %	8	10	7	9

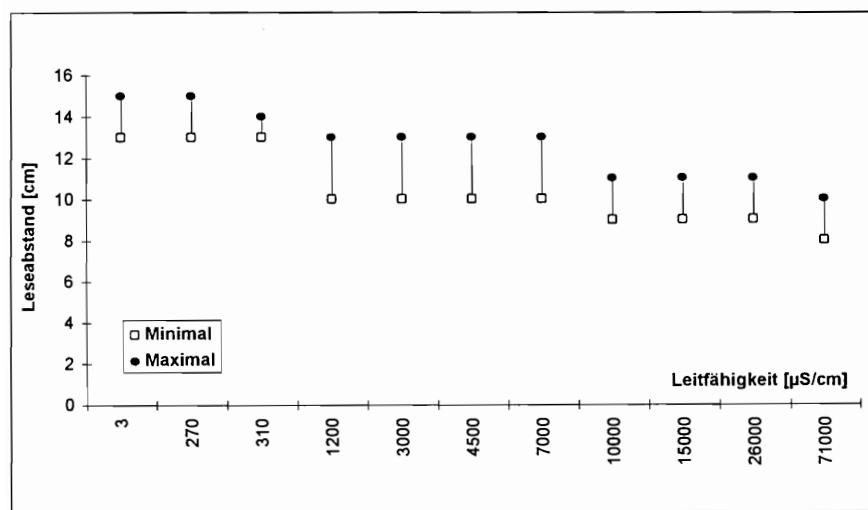


Bild 3.6: Leseabstände einer 30-cm-Antenne in Abhängigkeit von der Leitfähigkeit

3.1.3.8 Beeinflussung des Leseabstandes durch den Schwebstoffgehalt

Fragestellung: Da die Trübung von Fließgewässern durch Feinstsedimente, z.B. Ton und Schluff, infolge von Starkregenereignissen erheblich sein kann, wurde der Einfluß von Schwebstoffen im Wasser auf die Leseabstände der Rahmenantennen ermittelt.

Methode: Messung des Leseabstandes der 30-cm- und 50-cm-Rahmenantennen bei unterschiedlichen Schwebstoffgehalten des Wassers im Aquarium. Zur Veränderung des Schwebstoffgehaltes wurde dem Wasser bei einer Temperatur von 15,8 °C aufgeschlämmtes Tonmaterial zugegeben und der Grad der Trübung nach cm-Sichttiefe ermittelt (Bild 3.7).

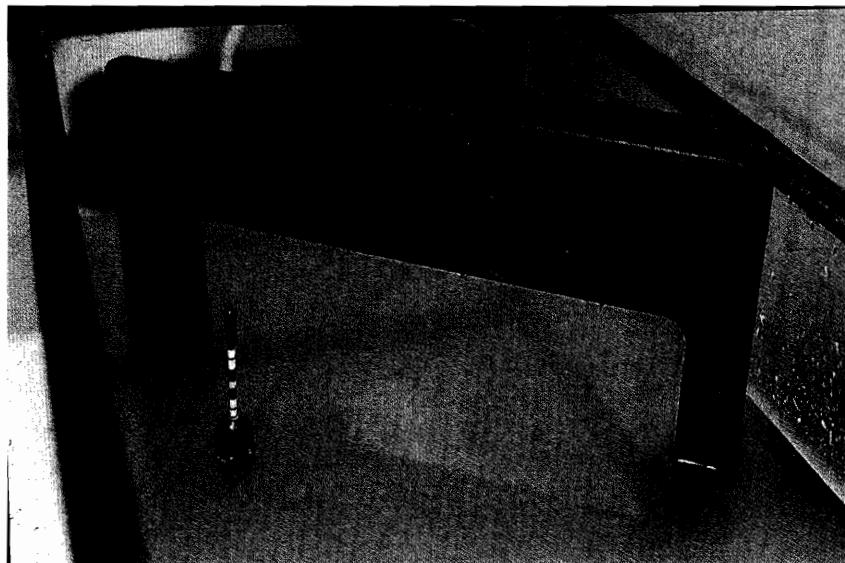


Bild 3.7: Messung des Einflusses von Schwebstoffen auf den Leseabstand einer 30-cm-Rahmenantenne im Aquarium. Der Schwimmer markiert die Position des Transponders im getrübten Wasser

Ergebnis: Die Messungen bei unterschiedlichen Schwebstoffgehalten zeigten bei den beiden Antennengrößen keinerlei Veränderungen der Leseabstände. Es ist davon auszugehen, daß die Belastungen von Fließgewässern durch Schwebstoffe keine Auswirkungen auf die Funktionsfähigkeit einer Antennenanlage nach sich zieht.

3.1.3.9 Einfluß der Durchtrittsgeschwindigkeit von Transpondern auf die Lesewahrscheinlichkeit der Rahmenantennen

Fragestellung: Diese Tests gestalteten sich aufgrund des methodischen Problems, die Transponder mit einer definierten Geschwindigkeit durch die Rahmenantennen hindurchzuführen, als die aufwendigsten. Es galt zu untersuchen, mit welcher Maximalgeschwindigkeit ein Transponder durch eine Rahmenantenne hindurch treten darf, um noch sicher registriert zu werden.

Methode: Abhängig von der eingestellten Fließgeschwindigkeit trieben Dummies durch Rahmenantennen, die in dem kleinen Modellgerinne installiert worden waren. Die Fließgeschwindigkeit wurde sukzessive von 0,1 m/s auf 1,0 m/s erhöht. Eine weitere Erhöhung hätte zwar durch aufwendige Einbauten im Modellgerinne realisiert werden können, jedoch drifteten die Dummies trägheitsbedingt ab Strömungsgeschwindigkeiten größer 0,5 m/s nicht mehr synchron mit der Hauptströmung ab, sondern schwammen auf der langsamer strömenden Wasseroberfläche. Ein Typ der verwendeten Dummies bestand aus einem mit Sand schwebend austarierten Schnappdeckelgläschchen, das einen Transponder enthielt (Bild 3.8). Ein weiteres, besonders für die Strömung geeignetes Modell bestand aus einem Flaschenkorken, in dessen Mitte achsparallel ein Transponder eingeschoben wurde. Ein zusätzlicher, aus einem Plastikstück gefertigter Kiel sorgte dabei für ein stabiles Driftverhalten des Korkens. Anhand eines Vergleiches der visuellen Beobachtung und der Protokolldatei wurde die Quote der erfolgreichen Registrierungen der durch die Rahmenantennen driftenden Transponder bestimmt.



Bild 3.8: Die verwendeten Dummy-Typen mit je einem Transponder: mit Sand austarierte Schnappdeckelgläschen; Korken-Dummy mit Kiel zur Stabilisierung; an einem skalierten Führungsstab befestigter Transponder

Ergebnis: Bei Verwendung der Schnappdeckel-Dummies war, unabhängig von der Strömungsgeschwindigkeit im Modellgerinne, keine Achsparallelität der Transponder zu gewährleisten, so daß die ID-Codes außerordentlich selten gelesen wurden. Die Tests mit den Korken-Dummies ergaben bei Fließgeschwindigkeiten bis zu 0,75 m/s bei den 30-cm-Rahmenantennen eine Lesewahrscheinlichkeit bis zu 95 %, die Lesequote der 50-cm-Rahmenantennen lag bei etwa 70 %. Jedoch konnte auch bei diesen Versuchen trotz des relativ achsparallelen Durchganges der Korken-Dummies durch die Rahmenantennen bei den nicht detektierten Durchgängen nicht gewährleistet werden, daß in jedem Fall eine optimale Ausrichtung des Transponders beim Durchgang durch das magnetische Feld der Rahmenantennen vorlag. Die Angabe der in diesen Laborversuchen ermittelten Lesequoten kann dementsprechend nur eine Abschätzung der Lesezuverlässigkeit der Antennen angeben. Deshalb wurde diese Testserie mit Dummies durch Beobachtungen der Registrierung transpondierter Fische beim Durchtritt durch die Rahmenantennen im großen Modellgerinne verifiziert.

3.1.3.10 Tests mit Fischen unter realitätsnahen Bedingungen

Fragestellung: Obgleich die Tests zur Leistungsfähigkeit der Antennenanlage bereits befriedigende Ergebnisse erbracht hatten, mußte der Nachweis für die Einsatzfähigkeit der Anlage zur Detektion transpondierter Fische unter realitätsnahen Bedingungen erbracht werden, da sich z.B. die Schwimmgeschwindigkeit, bzw. die Durchtrittsgeschwindigkeit implantierter Transponder durch eine Antenne kaum simulieren läßt.

Methode: Für die Bearbeitung dieser zentralen Frage wurden in 62 einzelnen Testläufen transpondierte Fischen in das große Modellgerinne eingesetzt. Dabei blieb der prinzipielle Versuchsaufbau immer gleich (vgl. Kap. 3.1.2), in dem vor zwei Engstellen im Gerinne, nämlich einer 1,0 m vor dem Startkäfig angeordneten Blendenöffnung (EB) sowie dem Schlupfloch einer simulierten Fischaufstiegsanlage (FAA) am stromaufwärtigen Ende der Rinne, abwechselnd 30-cm- und 50-cm-Rahmenantennen installiert wurden (vgl. Bild 3.1). Mit dieser Versuchsanordnung wurde die Lesezuverlässigkeit der Rahmenantennen bei unterschiedlichen Fließgeschwindigkeiten untersucht und die in den Rahmenantennen auftretenden Fließgeschwindigkeiten mit einem HÖNTZSCH-Meßflügel gemessen (Tabelle 3.4).

Tabelle 3.4: Mittlere Fließgeschwindigkeiten in den Rahmenantennen

	Abmessung der Blendenöffnung [cm]	mittlere Fließgeschwindigkeit
FAA	24 . 25	0,20 m/s
FAA	24 . 25	0,50 m/s
FAA	24 . 25	0,75 m/s
FAA	12 . 25	1,50 m/s
EB	50 . 70	0,3 bis 0,4 m/s
EB: Antenne vor der Öffnung der Blende am unteren Rinnenende		
FAA: Antenne vor der Öffnung der Blende (vergleichbar der Einstiegsöffnung einer Fischaufstiegsanlage) am stromaufwärtigen Rinnenende		

Die Passagen der transpondierten Fische durch die Rahmenantennen wurden sowohl automatisch in den zu den Testläufen zugehörigen Protokolldateien registriert, als auch

zusätzlich mit einer Videokamera (PANASONIC MS 4) aufgezeichnet. Nach jedem Test erfolgte ein Abgleich der jeweiligen Protokolldatei mit der Videoaufzeichnung, wodurch von den Antennen nicht registrierte Passagen zuverlässig nachgewiesen und die Lesequoten der Antennen bestimmt werden konnten (Tabelle 3.5).

Tabelle 3.5: Auszug der Auswertung einiger Tests der videoüberwachten Passagen transpondierter Fische durch die Rahmenantennen im großen Modellgerinne

Versuch-Nr.	Rahmen-antenne	$\Sigma V/EB$	$\Sigma T/EB$	Erfolg %
Nr. 31	50 cm	77	23	30
Nr. 33	50 cm	52	24	46
Nr. 34	50 cm	61	35	48
Nr. 37	50 cm	52	19	37
Nr. 40	50 cm	74	19	26
Nr. 49	30 cm	56	31	55
Nr. 50	30 cm	66	37	55
Nr. 51	30 cm	54	26	48
Nr. 58	30 cm	68	55	81
Versuch-Nr.	Rahmen-antenne	$\Sigma V/FAA$	$\Sigma T/FAA$	Erfolg %
Nr. 40	50 cm	77	58	75
Nr. 42	50 cm	31	18	60
Nr. 43	50 cm	23	45	195
Nr. 45	50 cm	125	100	80
Nr. 49	30 cm	62	43	69
Nr. 50	30 cm	152	141	93
Nr. 51	30 cm	63	45	71
Nr. 52	30 cm	57	72	126
Nr. 53	30 cm	154	138	87
Nr. 54	30 cm	34	33	97

EB: Antenne vor der Öffnung der Blende am unteren Rinnenende
 FAA: Antenne vor der Öffnung der Blende (vergleichbar einer Einstiegsöffnung einer Fischaufstiegsanlage)
 $\Sigma V/EB$: Summe der videodokumentierten Transponder-Passagen durch EB
 $\Sigma T/EB$: Summe der von Antennen registrierten Transponder-Passagen durch EB
 $\Sigma V/FAA$: Summe der videodokumentierten Transponder-Passagen durch FAA
 $\Sigma T/FAA$: Summe der von Antennen registrierten Transponder-Passagen durch FAA

Ergebnis: Zunächst ist festzustellen, daß die an den installierten Rahmenantennen auftretenden Fließgeschwindigkeiten und Turbulenzen von allen transpondierten Fischen problemlos durchschwommen wurden. Durch die Lage des Transponders im Fisch war sichergestellt, daß der Transponder bei seinem Durchtritt durch die Rahmenantennen eine günstige achsparallele Ausrichtung im magnetischen Feld aufwies. Dennoch waren die aus den Versuchen ermittelten Lesequoten (vgl. Tabelle 3.5) mit 26 bis 195 % außerordentlich inhomogen und bedürfen einer näheren Betrachtung.



Bild 3.9: Transpondierte Fische im großen Modellgerinne. Im Vordergrund schwimmt eine Barbe (*Barbus barbus*) auf die Blendeneöffnung zu, in der der Holm einer Rahmenantenne erkennbar ist

Erfolgsquoten < 100 %:

Insbesondere die Rahmenantenne vor der Öffnung EB, die 1,0 m nach dem Startkäfig angeordnet war, wurde sehr oft von mehreren Fischen dicht gedrängt, also annähernd gleichzeitig durchschwommen, so daß das Lesegerät die unmittelbar aufeinander folgenden ID-Codes nicht mehr einzeln identifizieren konnte. Die Lesequoten, die an dieser Position ermittelt wurden, waren, sowohl für die 50-cm-Rahmenantennen mit

maximal 48 % als auch für die 30-cm-Rahmenantennen mit zumeist unter 81 % verhältnismäßig schlecht. Dies läßt sich mit der zeitlichen Dauer eines Lesevorganges begründen, die in diesen Fällen aufgrund der raschen Folge der ausgesandten Signale unterschritten wurde. Auf der Wegstrecke bis zur Rahmenantenne vor der FAA verloren die Fischgruppen ihren engen Zusammenhalt und die Tiere durchschwammen entweder einzeln oder in loser Folge die Antenne, weshalb hier die Erfolgsquoten generell höher sind. An dieser Position erreichten die 50-cm-Rahmenantennen Lesequoten > 75 % und die 30-cm-Rahmenantennen zumeist deutlich über 85 %.

Erfolgsquoten > 100 %:

In den Versuchen Nr. 43 und 52 hielten sich mehrere transpondierte Fische über längere Zeit vor den Rahmenantennen ruhend auf, wodurch ihr ID-Code ununterbrochen gelesen wurde. Diese Mehrfachlesungen wurden zwischenzeitlich zwar von den Leseereignissen an der jeweils anderen Rahmenantenne oder durch einen Positionswechsel des „störenden“ Fisches unterbrochen, wurden jedoch vom Computer in die Protokolldatei aufgenommen. Ein nachträgliches, vollständiges Herausfiltern dieser Mehrfachlesungen ist kaum möglich. Auch die Videoüberwachung der Antennen war hierbei selten hilfreich, denn oftmals befand sich der „ruhende“ Fisch außerhalb des Bildausschnittes der Kamera. Insgesamt entstand so eine Diskrepanz zwischen den videodokumentierten Passagen und den in der Protokolldatei festgehaltenen Leseereignissen, so daß die ermittelten Erfolgsquoten über 100 % lagen.

Vergleich der Lesewahrscheinlichkeiten von 30-cm- und 50-cm-Rahmenantennen:

Die Tests mit Fischen im Modellgerinne bestätigten die Befunde der Dummy-Versuche zum Einfluß der Durchtrittswahrscheinlichkeit der Transponder auf die Lesewahrscheinlichkeit im kleinen Gerinne (vgl. Kap. 3.1.3.9). Danach waren auch unter den Versuchsbedingungen im großen Modellgerinne die Lesequoten an den 30-cm-Rahmenantennen durchschnittlich deutlich besser, als an den 50-cm-Rahmenantennen. Vor dem Hintergrund dieser Befunde empfahl sich für die Freilandversuche die ausschließliche Verwendung von 30-cm-Rahmenantennen.

3.1.4 Gesamtergebnis

Zusammenfassend stellen sich die Ergebnisse der Laboruntersuchungen wie folgt dar:

- In den Laborversuchen wurde bewiesen, daß der Einsatz der Transponder-Technologie hinsichtlich der chemisch-physikalischen Bedingungen im aquatischen Milieu keinen Einschränkungen unterliegt. Der Einsatz einer Kontrollstation ist ohnehin nur in Gewässern sinnvoll, in denen sich diese Parameter innerhalb der physiologisch relevanten Toleranzbereichen von Fischen bewegen.
- Die Lage des implantierten Transponders im Fischkörper schafft günstige Voraussetzungen für einen nahezu achsparallelen Durchgang des Transponders durch eine Rahmenantenne und damit für eine erfolgreiche Detektion des ID-Codes. Die Gewebeverträglichkeit des Implantates ist hinlänglich bewiesen. Ferner wurden im Rahmen des vorliegend Projektes keine Hinweise auf eine Beeinträchtigung des Orientierungsverhaltens und der Motorik der Fische gefunden.
- Die Versuche zur Leistungsfähigkeit der Antennen bestätigten die Ergebnisse der Dummy-Tests, bei denen die Lesequote der 30-cm-Rahmenantennen mit ca. 95 % und die der 50-cm-Rahmenantennen mit 70 % ermittelt wurde. Als Begründung für die besseren Detektionseigenschaften der kleineren Antennen darf die größere Reichweite des nahezu sphärischen magnetischen Feldes angenommen werden.
- Die Ergebnisse zeigen, daß die Installation von mindestens zwei Rahmenantennen, die ohnehin zur Detektion der Bewegungsrichtung von Fischen erforderlich ist, gleichzeitig eine nahezu 100 % wahrscheinliche Registrierung eines jeden transpondierten Fisches gewährleistet.
- Die Ergebnisse der Tests verdeutlichen ferner, daß die Geschwindigkeit, mit der ein implantiert Transponder eine Rahmenantenne passiert, weitgehend unabhängig von der Fließgeschwindigkeit ist. Vielmehr entspricht die Durchtrittsgeschwindigkeit des Transponders der Schwimmgeschwindigkeit, mit der ein Fisch die Gegen-

strömung überwindet bzw. sich in ihr bewegt. Daraus läßt sich ableiten, daß je stärker eine Gegenströmung ist und sich damit der maximalen Schwimmleistung des Fisches nähert, um so geringer die Durchtrittsgeschwindigkeit des Transponders wird; hierdurch erhöht sich die Lesewahrscheinlichkeit entscheidend.

Insgesamt rechtfertigten die Befunde der Laboruntersuchungen den erstmaligen Einbau einer Antennenanlage unter Freilandbedingungen. Vor dem Hintergrund der Ergebnisse, daß die Reichweite des magnetischen Feldes und damit die Lesewahrscheinlichkeit der 30-cm-Rahmenantennen gegenüber den 50-cm-Rahmenantennen deutlich größer ist, wurden ausschließlich die kleineren Rahmenantennen für den Einbau in die ausgewählten Fischaufstiegsanlagen verwendet.

3.1.5 Entwicklung der Software

Ein weiterer wesentlicher Aspekt im Rahmen des Projektes war die Erstellung einer problemspezifischen Software zur sicheren Verwaltung der ID-Codes und der individuellen Daten jedes einzelnen transpondierten Fisches sowie zur Steuerung der Antennenanlage. Hierzu zählt sowohl die Registrierung von ID-Codes, die die Rahmenantennen passieren, als auch die zeit- und antennengenaue Protokollierung dieser Leseereignisse. Ferner war es für eine Auswertung der Leseereignisse erforderlich, die registrierten ID-Codes automatisch mit den individuellen Daten der Fische zu verschneiden und eventuelle Fehlmeldungen sicher identifizieren zu können.

Als Hardwarevoraussetzungen für den Betrieb der Antennenanlage sind eine Festplatte, MS-DOS oder PC-DOS ab Version 3.0, mindestens 512 kB freies RAM, eine VGA-kompatible Displaykarte und mindestens eine freie serielle Schnittstelle zum Anschluß der Antennenelektronik erforderlich. Die Software ist mit dem PC-Industriestandard kompatibel.

Als Dateistruktur für die Software, die aus drei verschiedenen Programmen besteht (INDIV, ID_READ und AW_MAIN), wurde DBASE IV (DBF) mit Memofeldern (DBT) und Indexdateien (NDX) gewählt. Die Anwendung dieses weit verbreiteten Datenformates stellt sicher, daß eine Nachbearbeitung bzw. Auswertung der Dateien mit vielen Standardprogrammen möglich ist. Die einzelnen Aufgaben der Programme sind in Tabelle 3.6 zusammengestellt.

Tabelle 3.6: Softwarekomponenten der Transponder-Technologie zum Betrieb der Antennenstation

Programm	Funktion / Inhalte
INDIV	Datenbankpflege von transpondierten Individuen (vgl. Anhang, Tabelle I.1): <ul style="list-style-type: none"> • „ID-Code“ der Individuen • „Datum“ an dem die Markierung vorgenommen wurde • „Herkunft“ des Fisches • „Ort“, wo die Markierung durchgeführt wurde • „Art“-Zugehörigkeit • „Größe“ in cm zum Zeitpunkt der Markierung • „Geschlecht“, sofern bekannt • „Alter“, sofern bekannt • „Comments“, sofern weitergehende Kommentare erforderlich sind
ID_READ	Steuert die Lesegeräte. Die Leseereignisse an den Rahmenantennen werden sowohl auf dem Bildschirm angezeigt als auch in einer Protokolldatei mit folgenden Inhalten auf der Festplatte abgespeichert: <ul style="list-style-type: none"> • Zeit des Programmstarts und -endes • jeder registrierte ID-Code wird mit Datum, Uhrzeit, Antennenadresse erfaßt (*.PRO) • die Richtung der Passagen durch zwei Antennen sowie die Zeitspanne, die zwischen den Passagen liegt, wird in einer separaten Datei (*.TIM) protokolliert
AW_MAIN	Verschneidet die Protokolldateien, die von ID_READ angelegt werden mit der Datenbank INDIV, d.h. hiermit werden den registrierten ID-Codes die Informationen über das jeweilige Individuum zugeordnet und eventuelle Fehlmeldungen herausgefiltert

3.2 Freilanduntersuchungen

3.2.1 Zielsetzung der Freilanduntersuchungen

In den Freilandversuchen galt es den Nachweis zu erbringen, daß die unter Laborbedingungen zweifelsfrei einsetzbare Antennenanlage auch im Freiland eine zuverlässige Technik zur automatischen Registrierung des Fischaufstieges in Aufstiegsanlagen darstellt. Dementsprechend umfaßten wesentliche Untersuchungsaspekte Fragen der Betriebssicherheit der Antennenanlage im Umfeld von Wasserkraftanlagen, die Empfindlichkeit der Antennen gegenüber eventuell an diesen Standorten auftretenden Störeinflüssen sowie insbesondere die unter Freilandbedingungen erreichbaren Lesequoten.

Zunächst wurde die Antennenanlage in einen Fischweg konventioneller Bauweise am Kraftwerk Scheuerfeld an der Sieg installiert, danach wurde die Kontrollstation in Sinn an der Dill in einem naturnahen Fischweg ausgetestet. Schließlich wurde mit der Transpondierung der direkt vor Ort gefangen Fischen auch die Anwendbarkeit der Markierungstechnik im Freiland erprobt.

3.2.2 Erforderliche Genehmigungen

Für den erstmaligen Einsatz der Antennenanlage in Fischaufstiegsanlagen mußten zunächst mittels Elektrofang Fische in den Untersuchungsgewässern gefangen werden, um sie nach einer Kennzeichnung mit Transpondern wieder im Unterwasser der jeweiligen Fischaufstiegsanlage freizulassen. Für dieses Vorgehen mußten verschiedene Genehmigungen eingeholt und Informationen über das Projekt gegeben werden:

- Die an den ausgewählten Standorten zuständigen Kraftwerksbetreiber mußten Ihr Einverständnis erklären.

- Die in diesen Gewässerabschnitten ansässigen Fischereiberechtigten und Fischereiausübungsberechtigten mußten den Maßnahmen zustimmen und die Angelfischer der jeweiligen Gewässer großräumig über die Transponder-Implantate informiert werden. Ferner wurde eine Prämie für jeden gemeldeten Transponder ausgesetzt.
- Für die Durchführung der Elektrobefischungen waren die erforderlichen Genehmigungen bei den jeweils zuständigen Fischereibehörden einzuholen.

Da Markierung und Besatz transponderter Fische in Fließgewässern in diesem Umfang in Deutschland bislang einmalig war, wurden alle Oberen Fischerei- und Naturschutzbehörden sowie Veterinärbehörden bei den zuständigen Bezirksregierungen (Koblenz/Rh.-Pfalz) bzw. Regierungspräsidien (Gießen/Hessen) informiert.

Die Markierung von Fischen und damit die Verwendung von Tiertranspondern fällt nicht im engeren Sinne unter die Bestimmungen des Tierschutzgesetzes, da an den Tieren kein Eingriff gemäß § 7 TierSchG vorgenommen wird, der mit Leiden oder Schmerzen verbunden wäre oder eine Verstümmelung des Tieres zur Folge hat. Dennoch ist jegliche Form der Markierung von Wildtieren, also auch von Fischen, bei den zuständigen Veterinärbehörden anzugeben. Da die Auslegung diesbezüglicher Bestimmungen von den Behörden unterschiedlich gehandhabt wird, wurden den zuständigen Ämtern Gutachten und Fachpublikationen über die Gewebeverträglichkeit und die empfohlene Anwendung von Transpondern zur Kennzeichnung bedrohter Tierarten (BEHLERT 1989, BEHLERT & WILLMS 1992, BMU 1992) sowie eine Unbedenklichkeitserklärung des Bundesamtes für Ernährung und Forstwirtschaft zur Transpondierung von Erdkröten zu wissenschaftlichen Zwecken vorgelegt (BEF 1992). Während auf dieser Grundlage in Hessen ohne Verzögerungen eine Genehmigung zur Transpondierung von Fischen erteilt wurde, erforderte die Genehmigung in Rheinland-Pfalz die Rücksprache mit der Tierschutzbeauftragten des Landes, um Bedenken, daß es sich um einen „versteckten“ Tierversuch handeln könnte, auszuräumen. Schließlich war jedoch auch für Rheinland-Pfalz keine tierschutzrechtliche Genehmigung erforderlich und die Freilandarbeiten an der Sieg konnten begonnen werden.

3.2.3 Charakteristik der Standorte

An den beiden ausgewählten Standorten unterschieden sich die technischen und infrastrukturellen Bedingungen stark. Während für den Betrieb der Antennenanlage in Scheuerfeld an der Sieg ein umzäuntes Betriebsgelände zur Verfügung stand, konnte die Anlage in Sinn nur bedingt gegen Zugriff oder Sabotage gesichert werden. Auch die Stromversorgung sowie die Unterbringung des Computers gestalteten sich in Sinn wesentlich schwieriger als am Kraftwerk Scheuerfeld. In Tabelle 3.7 sind die wesentlichen Rahmenbedingungen, unter denen die Freilanduntersuchungen an den beiden Standorten durchgeführt wurden, zusammengestellt.

3.3 Freilanduntersuchung in Scheuerfeld an der Sieg

Für den Einbau der Antennenanlage stellte die RWE Energie AG den konventionellen Beckenpaß am Stollenkraftwerk Scheuerfeld an der Sieg zur Verfügung (Bild 3.10), der mit seiner räumlichen Nähe zum Kraftwerksgebäude günstige Bedingungen für den Betrieb der Antennenanlage bot (vgl. Tabelle 3.7). Zudem fanden zeitgleich zum geplanten Betrieb der Antennenanlage zusätzliche fischereibiologische Untersuchungen im Auftrag der RWE Energie AG statt, weshalb Reusen und Absperrgitter zur Verfügung standen, die auch im Rahmen des vorliegenden Projektes eingesetzt werden konnten. Während die Funktionsüberprüfung des Beckenpasses nicht Gegenstand der Arbeiten im Rahmen des vorliegenden Forschungs- und Entwicklungsprojektes war, standen in dieser ersten Freilandphase Aspekte zur Funktionstauglichkeit der Antennenanlage im Vordergrund, u.a.:

- die Funktionsfähigkeit der Antennenanlage im Dauerbetrieb und unter Freilandbedingungen
- die Ermittlung der Lesewahrscheinlichkeit der Antennen
- der Nachweis aufwandernder transpondierter Fische in der Fischaufstiegsanlage.

Tabelle 3.7: Technische und infrastrukturelle Charakteristika der Standorte Scheuerfeld und Sinn

	Scheuerfeld	Sinn
Standorte		
Bundesland	Rheinland-Pfalz	Hessen
Gewässer	Sieg	Dill
nächste größere Stadt	Betzdorf	Herborn
Wehranlage	Bewegliches Wehr	Streichwehr
Wasserkraftanlage	Stollenkraftwerk	Laufwasser-kraftwerk
Eigentümer	RWE Energie AG	Gemeinde Sinn
Charakteristika der Fischaufstiegsanlagen		
Fischpaßtyp	Beckenpaß mit Schlupflöchern (SL)	naturnaher Rauhge-rinne-Beckenpaß
Anzahl der Becken	13	20
Länge der Becken	2,0 m	3,0 m
max. Fließgeschwindigkeit im Fischweg	2,0 m/s	1,7 m/s
zusätzliche Fischschutzvorrichtungen	elektrische Fisch-scheuechanlage im Oberwasser	-
Einrichtungen zum Schutz vor Treibgut	Grobrechen vor dem Einlauf in den Fischweg	2 Schwimm-balken
Aufbau der Antennenanlagen		
Anzahl der Antennen	4, am 26. 07. Reduktion auf 2	2
Antennengröße	30 cm	30 cm
Installation der Antennen	je eine vor SL 4 & 5 sowie 10 & 11	beide Antennen im Einlaufbereich
Stromversorgung	24 V	24 V
Installation der Lesegeräte	an der Kraftwerks-mauer	an einem speziell errichteten Mast
Infrastruktur des Standortes		
Zugänglichkeit der Anlage	Kraftwerksgelände umfriedet	ohne jegliche Umfriedung
Stromversorgung	Krafthaus	vom Wehr via Kabel durchs Oberwasser zum Fischweg
Installation des PC	in einer Baracke am Krafthaus	in einem Wohnwagen



Bild 3.10: Ansicht der Stauanlage des Wasserkraftwerkes Scheuerfeld an der Sieg. In das Unterwasser hineinragend liegt am rechten Ufer der konventionelle Beckenpaß

3.3.1 Methodisches Vorgehen

Die Installation der Antennenanlage durch das Ingenieurbüro Floecksmühle erfolgte am 24. April 1996 unter Berücksichtigung aller elektrotechnisch erforderlichen Sicherheitsaspekte. Der prinzipielle Aufbau der Antennenanlage, die aus vier 30-cm-Rahmenantennen, den jeweils zugehörigen Lesegeräten sowie einem Computer zur automatischen Registrierung der ID-Codes bestand, ist Bild 3.11 zu entnehmen. Da die mit Schlupflöchern von 30 + 30 cm versehenen Trennwände des Beckenpasses aus Holz bestehen, konnten die Rahmenantennen einfach vor die Schlupflöcher angeschraubt werden (Bild 3.12). Die Lesegeräte wurden in wasserdichten Stahlschränken hochwassersicher an die nebenstehende Betonwand angeschraubt, der Computer war in einer dem Kraftwerksgebäude benachbarten Baracke untergebracht (Bild 3.13). Mit einem HÖNTZSCH-Meßflügel wurden die maximalen Fließgeschwindigkeiten in den Schlupflöchern ermittelt, vor denen die durchnumerierten Antennen angebracht waren

(Tabelle 3.8). Nach der Inbetriebnahme der Antennenanlage wurden die Protokolldateien in unregelmäßigen Abständen zur Datensicherung auf Disketten abgespeichert. Die Freilandphase in Scheuerfeld wurde am 11. September 1996 mit dem Abbau der Antennenanlage beendet. Für die Durchführung der Untersuchungen an der Dill wurden am 26. Juli 1996 die zwei mittleren Rahmenantennen (Nr. 2 und Nr. 3) ausgebaut und die Antennenanlage bis Projektende mit den beiden verbliebenen Antennen weiter betrieben.

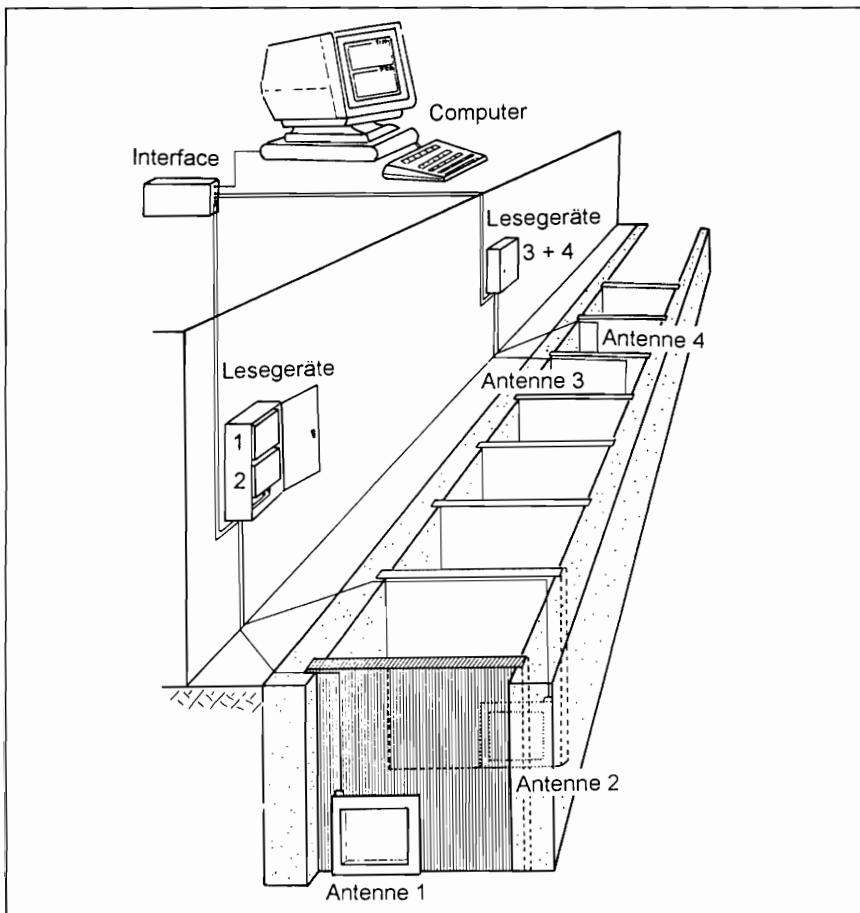


Bild 3.11: Schema der im Beckenpaß in Scheuerfeld installierten Antennenanlage



Bild 3.12: Vor einem Schlupfloch in der Trennwand befestigte 30-cm-Rahmenantenne

Tabelle 3.8: Bei Mittelwasser ermittelte maximale Fließgeschwindigkeiten in den Schlupflöchern des Beckenpasses

Lage des Beckens	Becken von der Mündung des Fischpasses aus	Antenne	max. Fließgeschwindigkeit [m/s]
unterstes Becken	4	1	1,73
unteres Becken	5	2	1,85
oberes Becken	10	3	1,83
oberstes Becken	11	4	2,00



Bild 3.13: Installation des wasserdichten Stahlschranks mit den Lesegeräten der Antennen 3 und 4 im oberen Teil des Beckenpasses

Außer 36 Forellen, die für den Vorversuch (vgl. Kap. 3.3.2.1) bereits am Institut für angewandte Ökologie in Wahlen markiert und gehältert worden waren, wurden am 27. April insgesamt 244 Fische unterschiedlicher Arten und Größen mittels Elektrofang in der Weil (Hessen) gefangen und in belüfteten Tanks zum Kraftwerk Scheuerfeld transportiert (Tabelle 3.9). Hier wurden die Fische unter Narkose (0,03 % Ethylen-glycolmonophenylether, Fa. MERCK) transpondiert, der jeweilige ID-Code per Handlesegerät in die Datenbank INDIV auf einen portablen Computer übertragen und die zugehörigen individuellen Daten eingegeben (Bild 3.14). Nach einer Aufwachphase in frischem, belüftetem Wasser wurden die Fische in das Unterwasser der Stauanlage entlassen.

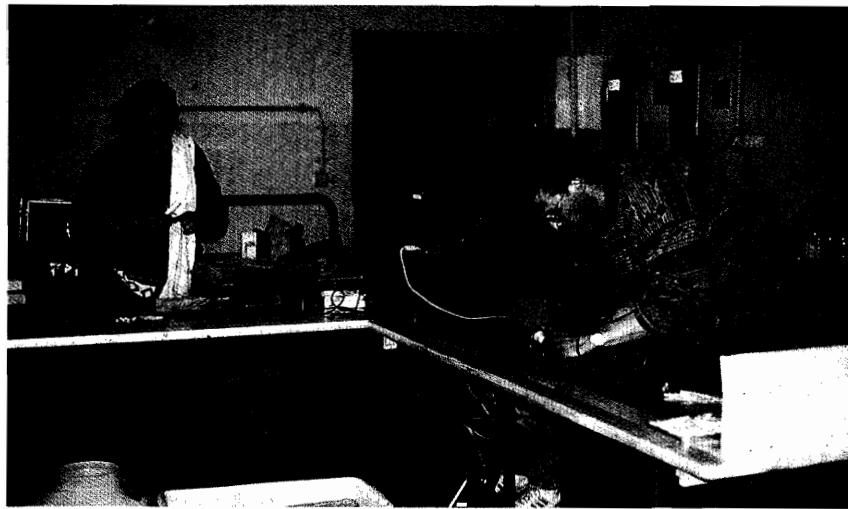


Bild 3.14: Transpondieren von Fischen und Aufnahme der individuellen Daten in die Datenbank im Krafthaus des Wasserkraftwerkes Scheuerfeld

Tabelle 3.9: Art, Anzahl und Größen der in Scheuerfeld transpondierten Fische

Art	Anzahl Fische	Größe [cm]
Bachforelle (<i>Salmo trutta f. fario</i>)	36	21,0 - 37,0
Regenbogenforelle (<i>Oncorhynchus mykiss</i>)	1	29,0
Döbel (<i>Leuciscus cephalus</i>)	111	16,0 - 41,0
Hasel (<i>Leuciscus leuciscus</i>)	72	15,0 - 29,5
Plötze (<i>Rutilus rutilus</i>)	25	16,0 - 33,0
Gründling (<i>Gobio gobio</i>)	33	13,0 - 18,0
Brachsen (<i>Abramis brama</i>)	2	21,0 - 22,5
Gesamt	280	

3.3.2 Ergebnisse der Freilanduntersuchung in Scheuerfeld

3.3.2.1 Vorversuch mit transpondierten Bachforellen

Fragestellung: Nach der Installation und Inbetriebnahme der Antennenanlage wurde zunächst in einem Vorversuch untersucht, ob die Lesegeschwindigkeit der Antennen unter Freilandbedingungen ausreichend ist, um aufwandernde transpondierte Fische sicher zu erfassen.

Methode: Zuerst wurde der Beckenpaß an seinem Ein- und Auslauf mit Gittern abgesperrt, um ein unkontrolliertes Entweichen der Fische aus dem Fischweg zu verhindern. Dann wurden 35 transpondierte Bachforellen (*Salmo trutta f. fario*) sowie eine Regenbogenforelle (*Oncorhynchus mykiss*) in das unterste Becken des Fischweges eingesetzt und die Protokolldatei gestartet.

Ergebnis: Nach einer relativ langen Gewöhnungsphase, in der die Forellen zunächst in dem Becken blieben, in das sie eingesetzt worden waren, steigerte sich ihre Aktivität allmählich und nach 10 Minuten wurde der erste Fisch an Antenne 1 registriert. Der im Anhang aufgeführten Tabelle I.2 ist die Abfolge der Leseereignisse im abgesperrten Beckenpaß zu entnehmen. Zunächst war festzustellen, daß 21 der 36 Forellen in dem Versuchszeitraum von ca. 3 ½ Stunden Dauer aktiv waren, d.h. von mindestens einer Rahmenantenne erfaßt worden waren, während die anderen Fische untätig in dem untersten Becken verharrten. Insgesamt wurden während des 215 Minuten dauernden Vorversuches über 254 Leseereignisse registriert. Etwa 50 % dieser Lesungen entfielen dabei auf Mehrfachlesungen, die dadurch entstanden, daß Fische sich längere Zeit im magnetischen Feld einer Rahmenantenne aufhielten.

Neben den ID-Codes der aktiven Forellen wurden auch 14 Codes in der Protokolldatei registriert, die anhand eines Abgleichs durch das Auswerteprogramm AW_MAIN mit der Datenbank INDIV keinem der markierten Fische zuzuordnen waren. Derartige Codes, bei denen es sich nicht etwa um verstümmelte ID-Codes transponderter Fische,

sondern um spontane Meldung der Lesegeräte handelte, werden im folgenden als „Nonsense-Codes“ bezeichnet. Die Ursache für diese Nonsense-Codes liegt in der hohen Sensibilität der Rahmenantennen, die erforderlich ist, um die mit hohen Schwimmgeschwindigkeiten passierenden Fische sicher zu detektieren. Auslöser der Nonsense-Codes sind wahrscheinlich elektromagnetische Störfelder, die am Kraftwerk Scheuerfeld sowohl durch die Transformatorenstation sowie eventuell auch durch die im Oberwasser vor dem Einlauf in die Fischaufstiegsanlage positionierte elektrische Fischscheuanlage verursacht werden.

3.3.2.2 Betriebssicherheit und Lesezuverlässigkeit der Antennenanlage unter Freilandbedingungen

Fragestellung: Neben einer Kontrolle des Dauerbetriebes der Antennenanlage unter Freilandbedingungen galt es den Nachweis zu erbringen, daß die Aufwanderung transpondierter Fische von der Antennenanlage zuverlässig registriert wird.

Methode: Nach Abschluß des Vorversuches wurden alle Forellen aus dem Beckenpaß herausgekeschert und wie auch die übrigen 244 transpondierten Fische in das Unterwasser des Wehres entlassen. Die Absperrgitter wurden aus dem Beckenpaß entfernt und eine neue Protokolldatei gestartet. Der Versuch wurde am Abend des 25. April gestartet und am 11. September 1996 beendet. Zwischenzeitlich wurden am 26. Juli die Rahmenantennen 2 und 3 ausgebaut.

Ergebnis: Hinsichtlich der Betriebssicherheit wurde festgestellt, daß die Antennenanlage über den gesamten Zeitraum von ca. 4,5 Monaten fehlerfrei arbeitete. Nur durch drei kurzzeitige Stromausfälle infolge starker Gewitter kam es zu Unterbrechungen der Antennenlesungen, wobei die Anlage nach Beendigung des Stromausfallen automatisch wieder gestartet und die Lesungen fortgesetzt wurden. Da keine technischen Probleme auftraten, war eine Wartung der Anlage während der gesamten Dauer des Langzeitversuches nicht erforderlich.

Insgesamt wurden von den 4 Antennen 19.745 Lesungen registriert, die sich, wie Tabelle 3.10 zeigt, sowohl aus registrierten ID-Codes, als auch einem sehr hohen Anteil aus Nonsense-Codes zusammensetzen. Anhand des zwischen 83 % und 98 % schwankenden Anteils von Nonsense-Codes ist erkennbar, daß die Rahmenantennen starke Unterschiede hinsichtlich ihrer Empfindlichkeit gegenüber Störeinflüssen aus dem Umfeld aufweisen. Die Anzahl der gemeldeten Nonsense-Codes läßt jedoch keine Rückschlüsse hinsichtlich der Lesezuverlässigkeit der Antennen zu.

Tabelle 3.10: Verteilung der ID- und Nonsense-Codes auf die 4 Rahmenantennen im Beckenpaß in Scheuerfeld

Antenne	Summe aller Lesungen	ID-Codes		Nonsense-Codes	
		Anzahl	%	Anzahl	%
1	6787	190	3	6597	97
2	10056	95	2	9961	98
3	1139	194	17	945	83
4	1763	138	8	1625	92
Summe	19745	617		19128	

Da unter Freilandbedingungen keine optischen Systeme zur Kontrolle der Lesezuverlässigkeit der Rahmenantennen einsetzbar waren, wurden die Lesequoten der Antennen mittels Plausibilitätsanalysen ermittelt. Dies erfolgte anhand der Protokolldatei, in der sowohl die Nummer der Antenne, die einen ID-Code registrierte, als auch der genaue Zeitpunkt der Passage dokumentiert ist. So konnten die Schwimmwege jedes einzelnen Fisches durch die 4 Antennen in der Fischaufstiegsanlage verfolgt werden (vgl. Tabelle I.3 im Anhang). Auf diese Weise lassen sich fehlende Lesungen nachweisen. Während im Idealfall die Passage eines Fisches nacheinander an allen 4 Rahmenantennen registriert wurde, ließ sich zuverlässig feststellen, wenn eine Passage nicht erfaßt worden war.

Am Beispiel von Bachforelle „Karl“ (ID-CODE 000010D2AF) wird dies deutlich (vgl. Tabelle I.3 im Anhang): Karl wurde am 27. Mai zunächst um 16:17 Uhr an Antenne 1

registriert und 41 Minuten später an Antenne 3 sowie nach weiteren 4 Minuten an Antenne 4. Da der Fisch nachweislich den Fischweg zügig durchschwommen hatte, wurde er offensichtlich von Antenne 2 nicht erfaßt.

Bei dieser Auswertungsmethode ist zu berücksichtigen, daß nicht alle in den Beckenpaß eingeschwommenen Fische diesen auch bis in das Oberwasser durchschwommen haben, sondern etliche Exemplare durchaus ihre Schwimmrichtung umkehrten und wieder in das Unterwasser zurück schwammen. Die Ergebnisse der Plausibilitätskontrolle der Schwimmwege sind Tabelle 3.11 zu entnehmen.

Tabelle 3.11: Ermittlung der Lesequoten der einzelnen Antennen in der Zeit vom 25. April bis zum 10. Juni 1996 in Scheuerfeld

Antenne	ID-Code gelesen	ID-Code nicht gelesen	Summe	Lesequote %
1	58	9	67	87
2	44	12	56	79
3	35	5	40	88
4	30	5	35	86

Insgesamt wurden von den 280 transpondierten und in das Unterwasser des Wehres ausgesetzten Fischen während des Untersuchungszeitraumes 80 Individuen von der Antennenanlage registriert. Von diesen 80 registrierten Fischen passierten 47 Individuen den Beckenpaß auf seiner vollen Länge bis ins Oberwasser. Dementsprechend kehrten 33 Fische, dies entspricht 40 %, ins Unterwasser um. Die Analyse der Schwimmwege im Beckenpaß ergab, daß die Rahmenantennen 1, 2 und 4 mit annähernd 90 % die beste Lesezuverlässigkeit aufwiesen, während Antenne 3 mit nur 79 % eine deutlich schlechtere Lesequote erreichte. Damit zeigt das Ergebnis, daß durch Kombination von zwei Rahmenantennen, die ohnehin für eine Registrierung der Bewegungsrichtung eines Fisches erforderlich ist, eine bis zu 98 %-ige Überwachungssicherheit des Fischweges erreicht wird.

3.4 Freilanduntersuchung in Sinn an der Dill

Auch in der Freilandphase in Sinn galt es zunächst, die Tauglichkeit der Antennenanlage im Dauerbetrieb auszutesten. Darüber hinaus wurde die Antennenanlage an diesem Standort unter Bedingungen installiert und betrieben, die wesentlich ungünstiger waren, als auf dem umfriedeten Gelände des Wasserkraftwerkes Scheuerfeld mit den unmittelbar an den Fischweg anschließenden Gebäuden und optimalen infrastrukturellen Voraussetzungen.



Bild 3.15: Übersicht über den oberen Abschnitt des naturnahen Rauhgerinne-Beckenpasses in Sinn. Im Einlaufbereich war die Antennenanlage mit zwei Rahmenantennen installiert, im Wohnwagen war der PC zur Datenaufnahme untergebracht

3.4.1 Methodisches Vorgehen

Am Standort Sinn bereitete die Stromversorgung sowie die Unterbringung des statio-nären Computer zunächst Schwierigkeiten, da sich im Bereich der Fischaufstiegsan-lage keinerlei Bebauung befindet. Prinzipiell erfolgte jedoch die Installation der Antennenanlage nach dem selben Einbauschema wie an der Sieg (Bild 3.16). Die Stromversorgung wurde schließlich durch ein Kabel realisiert, das von dem Wasserkraftwerk am rechen Ufer quer durch den Staubereich an das linke Ufer zur Fischaufstiegsanlage verlegt wurde.

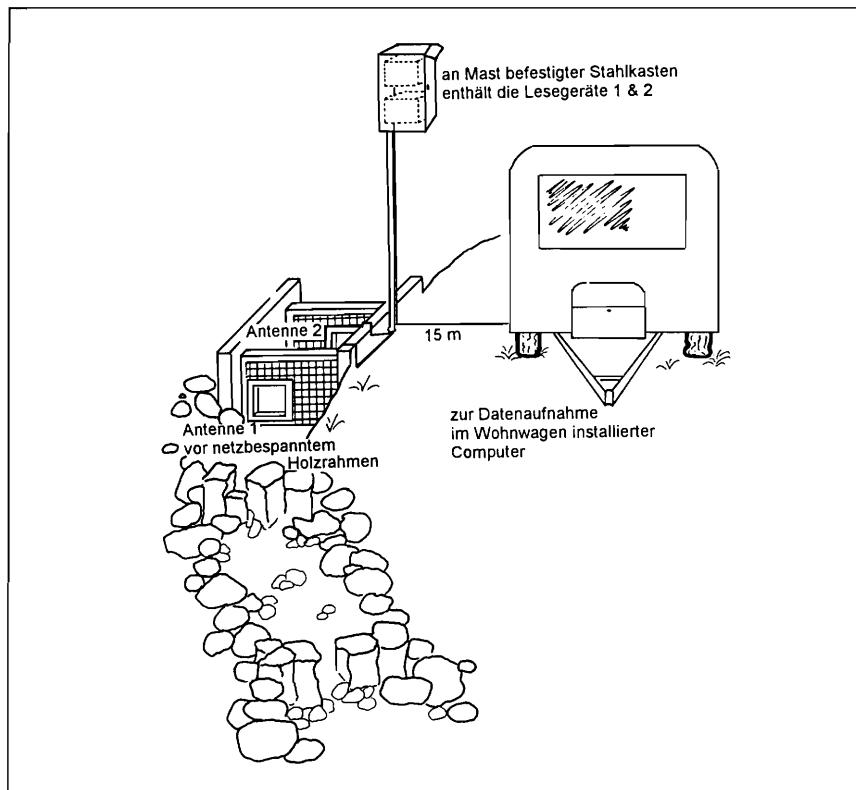


Bild 3.16: Schema der im Rauhgerinne-Beckenpaß in Sinn installierten Antennen-anlage



Bild 3.17: Holzrahmenkonstruktion zur Anbringung der Antennen im Einlaufbereich der Fischaufstiegsanlage

Da der Einlaufbereich des Fischweges eine Breite von 1,20 m und keine Beckenstrukturen aufweist, an die sich Antennen anbringen ließen, wurden zwischen den Betonflanken des Einlaßbauwerkes zwei mit Netz bespannte Holzrahmenkonstruktionen installiert, die je eine mit Querhölzern stabilisierte Öffnung von 30 • 30 cm besaßen. An diese Querhölzer wurde jeweils eine 30-cm-Rahmenantenne angeschraubt (Bild 3.17). Beide Rahmenantennen waren in einem Abstand von 1,5 m nahe des jeweiligen Ufers alternierend angeordnet. Die untere Antenne wurde Antenne 1, die unmittelbar am Ausstieg positionierte als Antenne 2 benannt. Das Netz mit einer Maschenweite von 40 mm diente dazu, ein seitliches Vorbeischwimmen transpondierter Fische an der Antenne zu verhindern.



Bild 3.18: In dem an einem Mast befestigten Stahlschrank waren die beiden Lesegeräte untergebracht

Die Lesegeräte der Antennen wurden 2,5 m über dem Boden an einem Mast in einem verschließbaren Stahlkasten befestigt und mit dem Computer verkabelt, der in einem in der Nähe aufgestellten Wohnwagen untergebracht war (Bild 3.18). Der Wohnwagen war durch einen Bewegungsmelder gesichert, der mit einem Halogenstrahler auf der Mastspitze gekoppelt war, so daß bei einem unbefugten Betreten des Wohnwagens ein weithin sichtbares Signal zu erkennen war. Um einem Versatz der Netze durch Treibgut vorzubeugen, wurden im Oberwasser zwei Schwimmbalken installiert.

Einen Tag nach der Inbetriebnahme der Antennenanlage am 27. Juli 1996 wurden im Unterwasser des Wehres 490 Fische unterschiedlicher Arten und Größen per Elektrofang entnommen, transpondiert und wieder in der Ausleitungsstrecke ausgesetzt. Die Artzusammensetzung und die Größenklassen der transpondierten Fische sind Tabelle 3.12 zu entnehmen. Um einen Datenverlust durch Sabotage an der relativ ungeschützten Antennenanlage zu vermeiden, wurde die Protokolldatei bis zur Demontage der Antennenanlage am 21. September 1996 täglich auf Diskette gesichert.

Tabelle 3.12: Art, Anzahl und Größen der in Sinn transpondierten Fische

Art		Anzahl Fische	Größe [cm]
Döbel	<i>(Leuciscus cephalus)</i>	198	17,0 - 43,0
Plötze	<i>(Rutilus rutilus)</i>	163	15,0 - 27,0
Hasel	<i>(Leuciscus leuciscus)</i>	97	15,5 - 28,0
Barbe	<i>(Barbus barbus)</i>	16	17,0 - 39,0
Bachforelle	<i>(Salmo trutta f. fario)</i>	9	19,5 - 40,0
Barsch	<i>(Perca fluviatilis)</i>	4	21,0 - 34,0
Gründling	<i>(Gobio gobio)</i>	2	15,5 - 16,0
Hecht	<i>(Esox lucius)</i>	1	51,0
Gesamt		490	

3.4.2 Ergebnisse

Zunächst ist hervorzuheben, daß über den gesamten Untersuchungszeitraum keinerlei technische Störungen auftraten und die Funktionsfähigkeit der Anlage auch nicht durch Sabotageakte beeinträchtigt wurde. An dieser Stelle sei im Gegenteil vermerkt, daß die Bevölkerung der Antennenanlage ein reges positives Interesse entgegenbrachte. Diesem Interesse wurde von Seiten des Institutes für angewandte Ökologie insofern Rechnung getragen, als die aktuellen Zwischenergebnisse der Untersuchung jeweils in Form einer „Wandzeitung“ am Wohnwagen bekannt gegeben wurden.

Das größte Problem beim Betrieb der Antennenanlage ergab sich durch den starken Anfall von Treibgut und Geschwemmsel in der Dill, wodurch sich die Netze im

Einlaufbereich rasch zusetzen. Ohne eine mehrmals am Tage durchgeführte Reinigung des Einlaufes des Fischweges, insbesondere gegen Ende des Sommers und nach Regenereignissen, wäre die Funktionsfähigkeit des Fischweges und dadurch natürlich auch die Untersuchungsergebnisse stark beeinträchtigt worden.

Insgesamt wurden von der Antennenanlage über den Zeitraum von knapp 2 Monaten 1353 Lesungen registriert (Tabelle 3.13). Eine Differenzierung der Leseereignisse in ID-Codes und Nonsense-Codes ergibt, daß am Standort Sinn deutlich geringere Quoten von Nonsense-Codes von den Antennen registriert wurden. Im Gegensatz zu den sehr hohen Quoten, die in Scheuerfeld festgestellt wurden, traten in Sinn an Antenne 1 mit 2 % bzw. an Antenne 2 mit 39 % deutlich weniger Nonsense-Codes auf. Dieses Ergebnis erhärtet die Vermutung, daß diese Nonsense-Codes offensichtlich von störenden elektromagnetischen Feldern im Umfeld einer Antennenanlage hervorgerufen werden.

Tabelle 3.13: Verteilung der ID- und Nonsense-Codes auf die beiden Rahmenantennen im Einlaufbereich des Rauhgerinne-Beckenpasses in Sinn

Antenne	Summe aller Lesungen	ID-Codes		Nonsense-Codes	
		Anzahl	%	Anzahl	%
1	342	336	98	6	2
2	1011	701	69	310	31
Summe	1353	1037		316	

Auch in Sinn wurde die Lesequote der Rahmenantennen mittels Plausibilitätsanalyse der Bewegungsmuster der Fische (vgl. Tabelle I.4 im Anhang) bestimmt (Tabelle 3.14). Zwar standen hier zur Kontrolle der Passagen nicht 4 über die gesamte Länge der Fischaufstiegsanlage verteilten Rahmenantennen zur Verfügung, jedoch wurde dieser Nachteil durch die extrem häufigen Auf- und Abwärtsbewegungen der Fische im Rauhgerinne-Beckenpaß zum Teil kompensiert. So schwamm z.B. allein der Döbel „André“ (ID-Code 00001ADD9C, vgl. Kap.4.2.3, Bild 4.7) insgesamt 118 mal die Aufstiegsanlage stroman bzw. wieder hinunter. Die Plausibilitätskontrolle der Schwimmwege der Fische gestaltete sich in Sinn folglich schwieriger als im Falle von

Scheuerfeld. So ergaben sich für die Antennen bei alleiniger Betrachtung des am häufigsten registrierten Fisches „André“ etwas andere Lesequoten als die Auswertung der Aktivitätsmuster der übrigen registrierten Individuen.

Diese Diskrepanz ist darauf zurückzuführen, daß Fische z.B. zwar an Antenne 1 gelesen wurden, jedoch nicht weiter zu Antenne 2 aufschwammen, sondern wieder ins Unterwasser zurückkehrten, oder erst nach weiteren Anläufen eine Passage durchführten (z.B. Döbel „Oleg“ ID-Code 00001AD747; Tabelle I.4 im Anhang). Schließlich ist als weitere Fehlerquelle bei der Auswertung nicht auszuschließen, daß kleinere Individuen durch die Maschen des Netzes geschlüpft sind, anstelle durch die Rahmenantennen hindurch zu schwimmen. Dennoch vermittelt die Auswertung recht präzise Vorstellungen über die im Fischweg in Sinn erreichten Lesequoten der Antennen.

Tabelle 3.14: Ermittlung der Lesequoten der einzelnen Antennen anhand des Aktivitätsmusters von Fisch „André“ (ID-Code 00001ADD9C) sowie aller anderen aufgewanderten Fische in der Zeit vom 25. April bis zum 10. Juni 1996

Antenne	ID-Code gelesen	ID-Code nicht gelesen	Summe	Lesequote %
Döbel „André“ (ID-Code 00001ADD9C)				
1	53	7	60	80
2	48	10	58	83
Andere Aufwanderer				
1	76	14	90	84
2	82	4	86	95

Von den 490 transpondierten Fischen wurden im Untersuchungszeitraum 87 Fische von der Antennenanlage im Einlaufbereich des Fischweges registriert. Bei Berücksichtigung aller die Auswertung erschwerenden Umstände ergibt sich, daß Antenne 1 eine Lesequote von 80 bis 84 % und Antenne 2 von 83 bis 95 % erreichte. Ausgehend von den schlechtesten Lesequoten wurde also im ungünstigsten Fall mit der Kombination der beiden Antennen eine Detektionssicherheit von 96 % erreicht.

4 Diskussion der Ergebnisse

4.1 Technische Resultate

Tiertransponder wurden bereits im Rahmen amerikanischer und schwedischer Untersuchungen sowohl im Labor als auch im Freiland zur individuellen Markierung von Fischen eingesetzt. Hierbei handelte es sich zumeist um die Transponder-Technologie eines anderen Herstellers (PIT-Tag, DESTRON I.D.I), der zur automatischen Detektion der ID-Codes tunnelartige Antennensysteme anbietet. So wurden z.B. zur Untersuchung der Schwimmgeschwindigkeit abwandernder Smolts am Institut für Aquakultur der landwirtschaftlichen Universität Umeå (Schweden) 224 zwei-sömmrigen Lachsen (*Salmo salar*) PIT-Tags in die Bauchhöhle injiziert. Zur Beobachtung der Fische wurden diese in Rundstrombecken gesetzt, in denen 1,0 m lange Tunnelantennen mit einer Öffnung von 15 • 40 cm eingebracht waren (FÄNGSTAM 1993).

Auch im Rahmen einer aktuell im Auftrag des U.S. Army Corps of Engineers durchgeführten Untersuchung über den Zeitpunkt der Abwanderung von Chinook-Lachsen-Smolts (*Oncorhynchus tshawytscha*) im Gewässersystem des Snake River kamen PIT-Tags für die Markierung von insgesamt 100.506 Lachsen zum Einsatz (PRENTICE et al. 1990, ACHORD et al. 1996). Die hierfür eingesetzten Antennen waren wiederum Tunnelsysteme, die in Bypässen an Wasserkraftwerken installiert waren, die die Smolts auf ihrer Abwanderung passieren mußten. Die in diesen Untersuchungen verwandten Antennensysteme sind für die Funktionsüberprüfung von Fischaufstiegsanlagen, die das Ziel der vorliegenden Untersuchung war, aufgrund ihrer Länge bei gleichzeitig geringem Querschnitt kaum einsetzbar. Leider liegen keine Angaben über die Lesezuverlässigkeit dieser Antennensysteme vor, die bislang nur vereinzelt in Europa eingesetzt wurden und hier nur schwer erhältlich sind.

Vor diesem Hintergrund lassen sich die im Rahmen des vorliegenden Projektes erbrachten Ergebnisse zur Einsatzfähigkeit der trovan® Transponder-Technologie zur Funktionsüberprüfung von Fischaufstiegsanlagen durchaus im internationalen

Vergleich messen. Derzeit ist für die sichere Detektion aufwandernder Fische in Fischwegen nur der Einsatz von 30-cm-Rahmenantennen möglich, doch ist zu erwarten, daß auch die 50-cm-Rahmenantennen in Zukunft soweit verbessert werden, daß befriedigende Lesegeschwindigkeiten und damit Lesequoten erreicht werden. In Tabelle 4.1 sind die Ergebnisse der Funktionstüchtigkeit der 30-cm-Rahmenantennen aus den Freilandversuchen in Scheuerfeld und Sinn vergleichend dargestellt. Hieraus ergibt sich, daß die Lesequoten der verwendeten Rahmenantennen zumeist deutlich über 80 % liegen. Die festgestellten „individuellen“ Schwankungen der Funktionstüchtigkeit der einzelnen Antennen sind in der geringen Stückzahl und ihrer Anfertigung von Hand begründet. Wie die Ergebnisse der Freilanduntersuchungen belegen, kann jedoch durch Kombination mehrerer Rahmenantennen bereits jetzt eine nahezu vollständige Detektionssicherheit erreicht werden. In Hinblick auf die Registrierung der Bewegungsrichtung von Fischen ist die Installation mindestens zweier Rahmenantennen ohnehin unabdingbar.

Wie belegt werden konnte, bereitet die Registrierung von Nonsense-Codes, die bei den einzelnen Antennen in unterschiedlicher Häufigkeit auftraten, insofern keine Probleme, da sich diese durch Verschneiden der Protokolldatei mit der Datenbank, in der die ID-Codes der transpondierten Fische enthalten sind, herausfiltern lassen. Die Wahrscheinlichkeit, daß ein Nonsense-Code dem ID-Code eines Fisches entspricht, ist bei den 500 Milliarden Möglichkeiten auszuschließen.

Die Ursache dieser Nonsense-Codes, die an den beiden Standorten Scheuerfeld und Sinn in stark unterschiedlicher Intensität auftraten, sind Störungen der Antennenanlage infolge elektromagnetischer Impulse im Umfeld, z.B. im Falle von Scheuerfeld durch die Transformatorstation, die elektrische Fischscheucheanlage im Oberwasser oder die diversen Schaltanlagen im Kraftwerksbereich. Es ist davon auszugehen, daß die Meldung von Nonsense-Codes zusätzlich durch die hohe Sensibilität der Antennen unterstützt wird, die zur Erhöhung der Lesegeschwindigkeiten für eine sichere Detektion transponderter Fische erforderlich ist.

Tabelle 4.1: Vergleich der technischen Ergebnisse in Scheuerfeld und Sinn

Antenne	Lesequote [%]		Nonsense-Codes [%]	
	Scheuerfeld	Sinn	Scheuerfeld	Sinn
1	87	-	97	-
2	79	83 - 95	98	2
3	88	80 - 84	83	31
4	86	-	92	-

An beiden Standorten traten während des gesamten Untersuchungszeitraumes keinerlei Störungen auf, die die Antennenanlagen längere Zeit außer Betrieb gesetzt hätten. Lediglich in Scheuerfeld fiel die Antennenanlage infolge von drei Stromausfällen während Gewittern für wenige Minuten aus, wurde jedoch automatisch wieder gestartet.

Ein weitaus größeres Problem für den Einsatz der Transponder-Technologie stellen hingegen die Voraussetzungen für den Einbau der Rahmenantennen in Fischaufstiegsanlagen dar. Um zu vermeiden, daß die Reichweite des magnetischen Feldes durch umgebende Werkstoffe nachhaltig reduziert wird, ist die Installation der Rahmenantennen an nichtmetallischen Materialien Voraussetzung. Dies läßt sich z.B. durch Verwendung hölzerner Blendenkonstruktionen, die in Fischwegen eingebaut werden können, realisieren.

Beim Betrieb der Antennenanlage ist unbedingt dafür zu sorgen, daß die mit den Rahmenantennen bewehrten Durchlässe nicht durch Treibgut verklausen. Während im Einlauf des Beckenpasses in Scheuerfeld eine Rechenkonstruktion den Eintrag von Geschwemmsel wirkungsvoll verhinderte, erforderte die Reinigung der Netze in Sinn einen hohen zeitlichen und personellen Wartungsaufwand, der auch durch das Anbringen von Schwimmbalken nicht entscheidend verringert werden konnte. Diese wartungstechnischen Erfordernisse sind vor dem Einbau einer Antennenanlage unbedingt zu berücksichtigen.

4.2 Biologische Resultate

Neben der Fülle interessanter Ergebnisse über den Einsatz der Transponder-Technologie im Sinne einer automatischen Kontrollstation zu Überwachung von Fischaufstiegsanlagen erlaubten die beiden Freilandphasen neue Einblicke in die Ortsbewegungen von Fischen im Bereich von Stauanlagen und ihre Schwimmwege in den untersuchten Fischaufstiegsanlagen. Von besonderer Bedeutung ist hierbei, daß es durch die individuelle Markierung der Fisch mit Transpondern und ihre automatische Registrierung gegenüber herkömmlichen Funktionskontrollen nunmehr möglich ist, den Fischaufstieg zeitgenau, art- und sogar individuenspezifisch zu erfassen und auszuwerten.

Vor dem Hintergrund, daß die beiden ausgewählten Fischaufstiegsanlagen in Scheuerfeld und Sinn verschieden konstruiert sind, geben die zusätzlich im Rahmen der Untersuchungen gewonnenen Erkenntnisse nicht nur neue Informationen über das Verhalten von Fischen im Bereich dieser Anlagen, sondern bereits erste Hinweise für die ökotechnische Optimierung von Fischwegen.

4.2.1 Rückkehrerquoten

Zu Beginn der Freilanduntersuchungen des Projektes lagen keinerlei Erfahrungen vor, wie viele der transpondierten und im Unterwasser ausgesetzten Fische in die Fischaufstiegsanlagen einschwimmen und von den Antennenanlagen registriert werden würden. Dementsprechend war auch nicht abschätzbar, wie viele Fische zu transpondieren waren, um statistisch abgesicherte Aussagen über die Funktionsfähigkeit der Antennenanlagen ableiten zu können. Die Anzahl der an den beiden Standorten transpondierten Individuen orientierte sich dementsprechend eher an der Verfügbarkeit der Fische, als an methodischen Vorüberlegungen.

Die Ergebnisse zeigen, daß, obwohl die Untersuchungen außerhalb der Hauptaufstiegszeiten der einheimischen Fischfauna lagen (Cypriniden: März bis Mai, Salmoniden: November bis Januar), an beiden Standorten ein sehr hoher Anteil der im Unterwasser ausgesetzten Fische in die Fischwege eingeschwommen ist (Tabelle 4.2). Herkömmliche Aufstiegsuntersuchungen mit markierten Fischen in den Niederlanden hingegen erbrachten Wiederfangquoten von maximal 5 % (KLINGE 1994). Hinsichtlich des registrierten Artspektrums ist festzustellen, daß bis auf die Arten, von denen nur einzelne Tiere transpondiert worden sind, d.h. zwei Brachsen in Scheuerfeld sowie ein Hecht, zwei Gründlinge und 4 Barsche in Sinn, alle Fischarten an den Antennenanlagen registriert worden sind.

Tabelle 4.2: Vergleich der Versuchsdurchführung und fischbiologischen Befunde in Scheuerfeld und Sinn

	Scheuerfeld	Sinn
Untersuchungszeitraum	ca. 4,5 Monate 25. 04. - 11. 09. 96	ca. 2,0 Monate 20. 07. - 21. 09. 96
Anzahl transpondierter Arten	7	8
Anzahl der registrierten Arten	6	5
Anzahl transpondierter Fische	280	490
Anzahl der registrierten Fische	80	87
Rückkehrerquote	28,5 %	17,7 %

Ferner war bei einem Vergleich der Aufstiegsintensität an den beiden Standorten festzustellen, daß die größte Aktivität der Fische innerhalb der ersten zwei Monate nach Versuchsbeginn zu beobachten war. Bild 4.1 veranschaulicht, daß während der ersten 53 Tage der Untersuchung in Scheuerfeld 67 transpondierte Fische registriert wurden, dies entspricht 84 % der insgesamt detektierten Exemplare. In den restlichen 107 Tagen hingegen wurden nur noch 13 Fische registriert. Während sich die Frequenz der sowohl erfolgreichen als auch unterbrochenen Passagen in Scheuerfeld verhältnismäßig gleichmäßig über den Zeitraum dieser ersten zwei Monaten verteilte, war in Sinn in den ersten Tagen nach Versuchsbeginn ein deutliches Aktivitätsmaximum zu beobachten. Im Laufe der folgenden Wochen nahm die Aufstiegsaktivität jedoch deutlich ab.

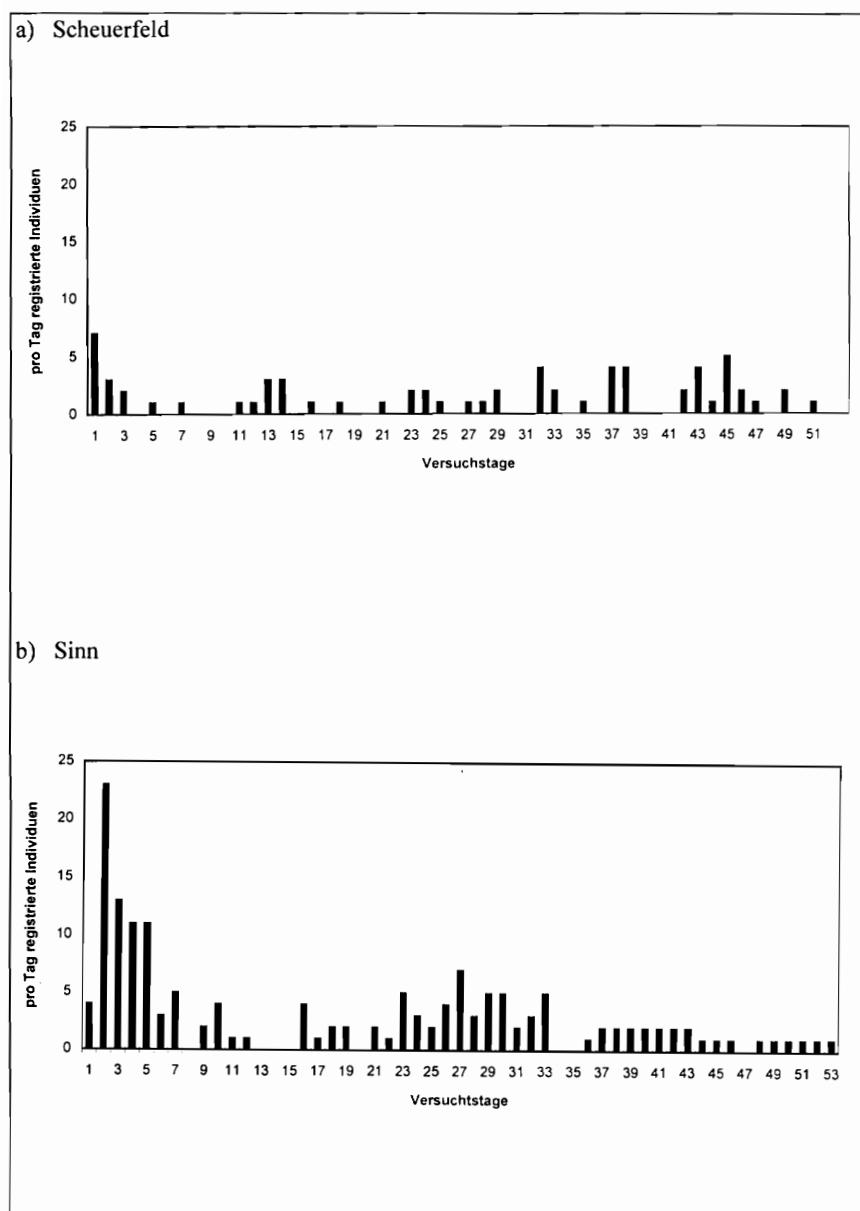


Bild 4.1: Vergleich der Anzahl der innerhalb der ersten 53 Tage registrierten Fische

4.2.2 Tag-Nacht-Aktivitäten

Mittels der zeitgenauen Protokollierung der Passagen transpondierter Fische durch die Antennen ließen sich an beiden Standorten die Tageszeiten feststellen, an denen bevorzugt Ortsbewegungen erfolgen. So fanden in Sinn die wenigsten Wanderbewegungen während der Morgen- und Mittagsstunden, also in der Zeit von ca. 7.00 Uhr bis 13.00 Uhr statt. Erst mit der Dämmerung nahmen die Aktivitäten der Fische zu und erreichten in den Abend- und Nachtstunden zwischen 19.00 Uhr und 01.00 Uhr ihr Maximum (Bild 4.2). Ein ähnliches, jedoch nicht so ausgeprägtes Bild, ergaben auch die Aktivitäten der transpondierten Fische in Scheuerfeld. Hier befand sich ein Aufstiegsminimum zwischen 7.00 Uhr und 16.00 Uhr, das Maximum hingegen begann um 19.00 und endete um 3.00 Uhr.

Eine noch nicht weiter statistisch absicherbare Beobachtung war zudem, daß die Aktivität der Fische nach Starkregenereignissen, wenn das Wasser eingetrübt war, auch am Tage deutlich höher war, als während normaler Klarwasserphasen.

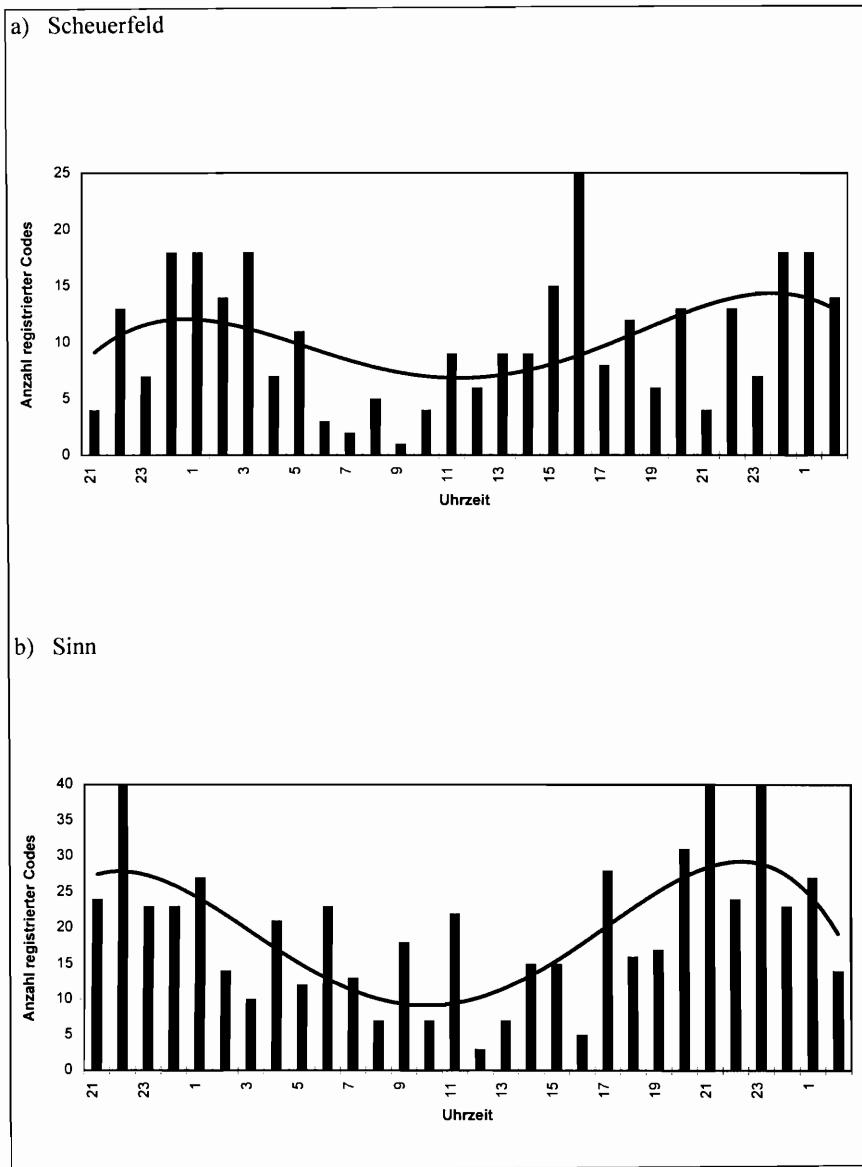


Bild 4.2: Verteilung der Passagen von Fischen über den Tagesverlauf

4.2.3 Verhaltensmuster im Beckenpaß und im Rauhgerinne-Beckenpaß

Mit Hilfe der Transponder-Technologie ließ sich erstmals deziert das Verhalten von Fischen in Fischaufstiegsanlagen verfolgen. Die Auswertung der protokollierten Bewegungen transpondierter Fische im Beckenpaß in Scheuerfeld läßt in der Regel relativ einfache Aktivitätsmuster erkennen (vgl. Tabelle I.3 im Anhang). Hier überwanden viele Fische den Beckenpaß zügig von der untersten zur obersten Antenne (Bild 4.3). Andere Fische kehrten ihre Bewegungsrichtung im Fischweg um und verließen die Fischaufstiegsanlage wieder (Bild 4.4).

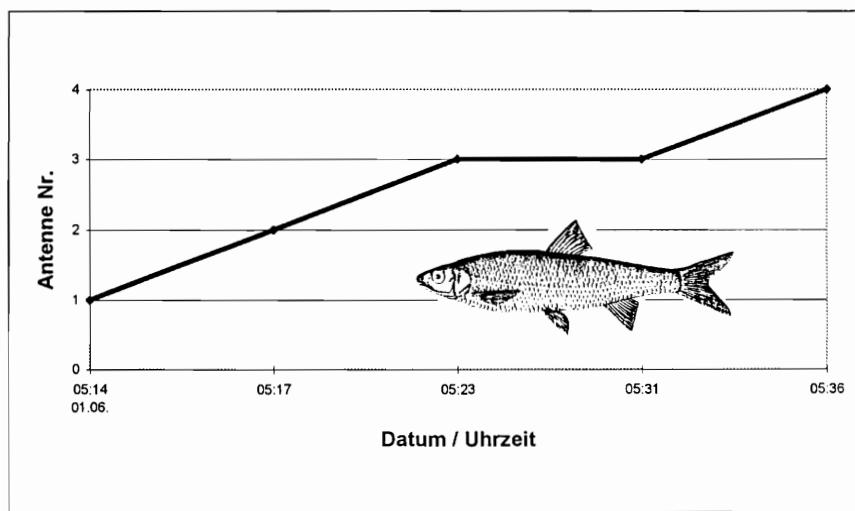


Bild 4.3: Aktivitätsmuster des zügig den Beckenpaß in Scheuerfeld durchschwimmenden Hasel „Fine“ (ID-Code 0001BA984C)

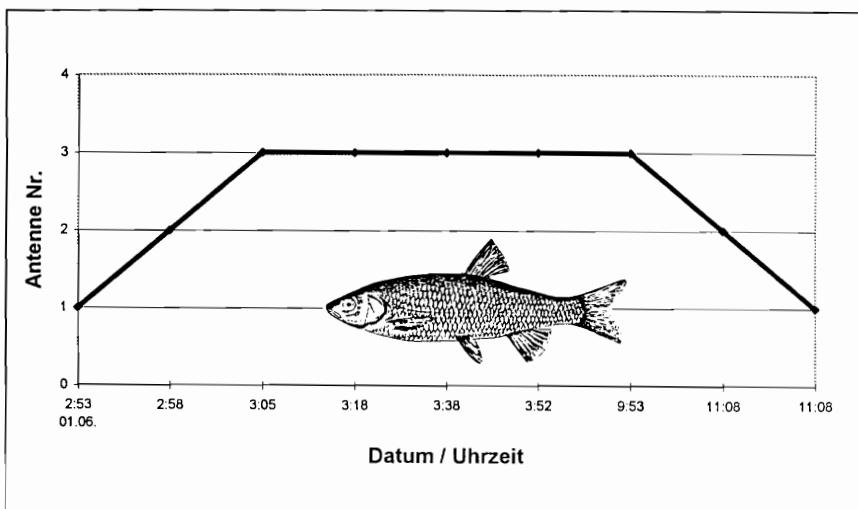


Bild 4.4: Aktivitätsmuster von Döbel „Detlev“ (ID-Code 0001BB8AF0), der zwar bis zu Antenne 3 aufschwamm, dann jedoch wieder ins Unterwasser umkehrte

Einzelne Individuen zeigten im Beckenpaß Scheuerfeld jedoch auch komplexere Bewegungsmuster, z.B. die einzige transpondierte Regenbogenforelle „Britta“ (ID-Code 000022CD5C) sowie der Döbel „Qualle“ (ID-Code 0000221466; vgl. Tabelle I.3 im Anhang). Da während der Untersuchung die Turbine des Kraftwerkes nicht lief, sind beide Fische offensichtlich nach der erfolgreichen Passage des Beckenpasses wieder über das Wehr in das Unterwasser gelangt und erneut in den Beckenpaß eingeschwommen. Dabei hat der Döbel auch den zweiten Aufstiegsversuch erfolgreich abgeschlossen (Bild 4.5), während die Regenbogenforelle nach Registrierung an der untersten Antenne den Fischweg wieder verließ und bis zum Ende der Versuchszeit keinen neuen Aufstiegsversuch mehr unternahm (Bild 4.6).

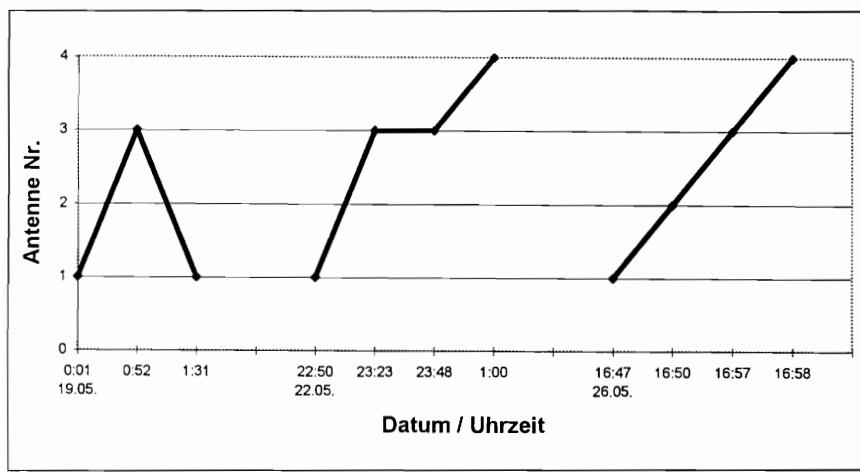


Bild 4.5: Aktivitätsmuster des Döbels „Qualle“ (ID-Code 0000221466), der am 19. Mai den Beckenpaß in Scheuerfeld ins Oberwasser passierte, 7 Tage später jedoch erneut von der Antennenanlage registriert wurde

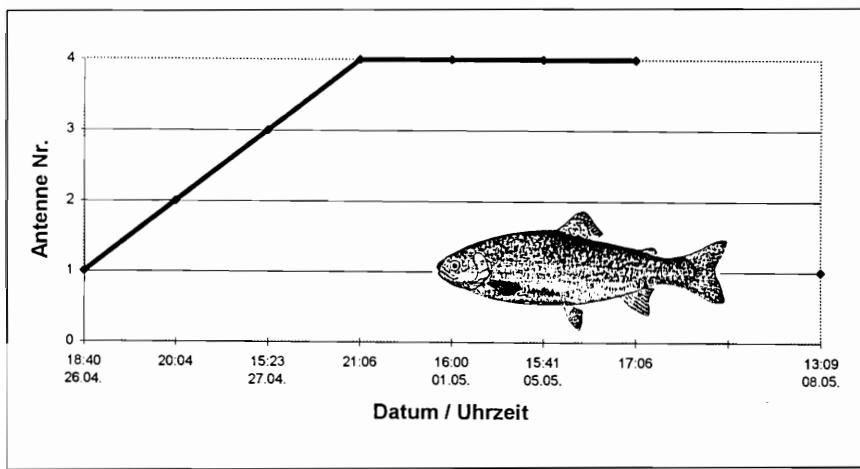


Bild 4.6: Aktivitätsmuster der Regenbogenforelle „Britta“ (ID-Code 000022CD5C), die am 24. April den Beckenpaß in Scheuerfeld erfolgreich überwand, jedoch nach ihrer Rückkehr über das Wehr ins Unterwasser nur noch ein einziges Mal von Antenne 1 registriert wurde

Im Vergleich zu den Aktivitätsmustern in dem technischen Beckenpaß wurden mit der Antennenanlage im Einlaufbereich des naturnahen Rauhgerinne-Beckenpasses in Sinn weitaus dynamischere und komplexere Bewegungsgeschehen der transpondierten Fische dokumentiert. Das Beispiel des 23,0 cm langen DöBELS „André“ (ID-Code 00001AAD9C, vgl. Tabelle I.4 im Anhang) veranschaulicht dies besonders eindrucksvoll (Bild 4.7). Dieser Fisch wurde einen Tag nach seiner Transpondierung das erste Mal auf seinem Weg ins Oberwasser von den Antennen registriert. Nach einem 2-tägigen Aufenthalt im Oberwasser kehrte der Fisch jedoch wieder zum Fischweg zurück und schwamm stromabwärts. Er verblieb daraufhin unterhalb der Antennenanlage, wobei nicht zu klären ist, ob er sich unmittelbar im Rauhgerinnebeckenpaß aufhielt oder weiter in das Unterwasser schwamm. Nach weiteren 14 Tagen, in denen er sporadisch an Antenne 1 registriert wurde, jedoch nicht bis ins Oberwasser aufschwamm, setzte dann bis zum Untersuchungsende eine Periode nahezu täglicher Registrierung ein. Dabei zeigte Döbel „André“ ein typisches Aktivitätsmuster, in dem er in den Dämmerungsstunden am Abend in das Oberwasser aufschwamm und in den frühen Morgenstunden in den Fischweg zurückkehrte. Auch nach massiven Störungen seines Aufenthaltsortes, z.B. durch Badebetrieb in den oberen Becken am 22. August, suchte „André“ seinen Standort im Fischweg wieder auf.

Durch die Antennenanlagen lassen sich auch Informationen über das Abstiegsverhalten von Fischen gewinnen. Da alle transpondierten Fische zunächst im Unterwasser ausgesetzt worden sind, erfordert der einwandfreie Nachweis des Abstieges zunächst einen erfolgreichen Aufstieg ins Oberwasser. Während in Scheuerfeld außer zwei Fischen, die nach einem Aufstieg im Beckenpaß wieder über das Wehr in das Unterwasser gelangten, lediglich Unterbrechungen des Aufstiegs registriert wurden, ließen sich in Sinn deutliche Abwanderungsbewegungen identifizieren, wie das Beispiel von 4 DöBELN zeigt (Bild 4.8). Diese Fische fanden nach einem mehrtägigen bis einmonatigen Aufenthalt im Oberwasser des Wehres den Einlaufbereich des Fischweges und passierten ihn in Richtung Unterwasser. Inwiefern von diesen Einzelbeobachtungen auf eine Eignung des Fischweges als Abstiegsanlage geschlossen werden kann, lässt sich anhand der vorliegenden Daten zwar nicht eindeutig klären, jedoch wurden in Sinn eindeutig häufiger Abwanderungsbewegungen dokumentiert, als in Scheuerfeld.

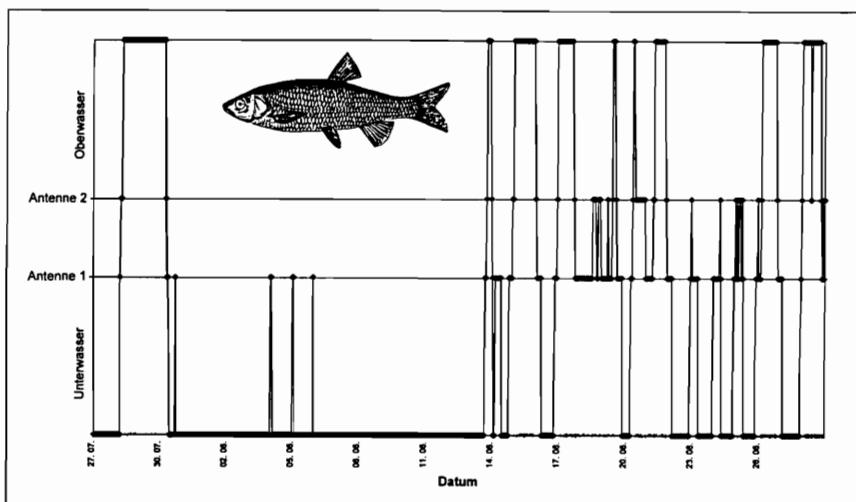


Bild 4.7: Aktivitätsmuster des Döbels „André“ (ID-Code 00001ADD9C) im Bereich des Fischweges in Sinn

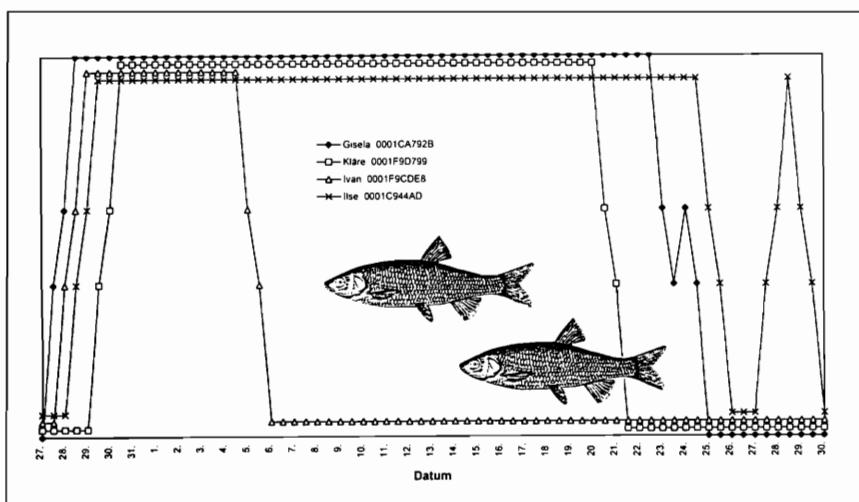


Bild 4.8: Auf- und Abwanderungsbewegungen von 4 Döbel durch den Fischweg in Sinn

Eine weitere Beobachtung in Sinn gibt Anlaß zu interessanten Spekulationen über präferierte Lebensräume, die über Fischaufstiegsanlagen im Bereich von Stauanlagen miteinander vernetzt werden. Von den insgesamt 9 transpondierten Bachforellen wurden zwar 6 Fische durch die Antennenanlage registriert, doch wurde von keinem Individuum ein Aufstieg bzw. Aufenthalt im anschließenden Staubereich dokumentiert. Vielmehr kehrten zwei der Bachforellen, die immerhin bis Antenne 2 aufschwammen, bereits nach wenigen Minuten Aufenthalt im Einlaufbereich des Fischweges wieder in Richtung Unterwasser um, die 4 anderen Fische wurden jeweils nur wenige Male an Antenne 1 registriert (Bild 4.9). Dies deutet darauf hin, daß die Bachforellen zunächst durch die Strömung im Fischweg attraktiert wurden, jedoch im Einlaufbereich der Aufstiegsanlage realisierten, daß im Stauraum für sie ungünstigere Lebensbedingungen herrschen als im Unterwasser. Da sich insbesondere während des Sommers in den Staubereichen der organisch stark belasteten Dill (Gütekasse II-III, Tendenz zu III) starke Sauerstoffdefizite aufbauen, könnte dies die Ursache für die Umkehr der an hohe Sauerstoffgehalte gebundenen Bachforellen sein.

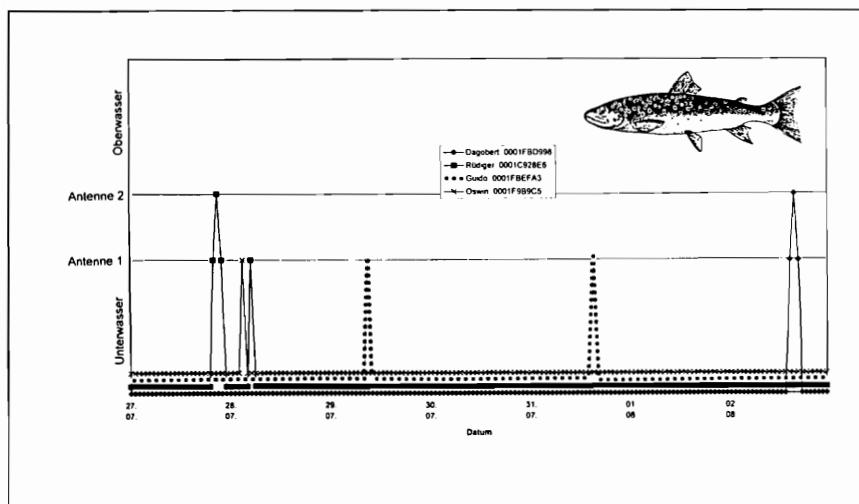


Bild 4.9: Auf- und Abwanderung von 4 Bachforellen in dem Fischweg in Sinn

Anhand der ausgewerteten Aktivitätsmuster zeigt sich in Tabelle 4.3, daß in Scheuerfeld 46 von den 80 registrierten Individuen zügig in das Oberwasser der Stauanlage aufgeschwommen sind. 34 Fische brachen ihren Aufstieg ab und verließen den Beckenpaß mit der Strömung wieder. Differenziertere Verhaltensmuster ließen sich im Beckenpaß nur vereinzelt feststellen. In Sinn dagegen zeigten 23 % aller erfolgreich ins Oberwasser aufgewanderten Fische komplexe und dynamische Aktivitätstypen, indem die Tiere mehrfach in das Oberwasser einschwammen, jedoch auch wieder in den Fischweg zurückkehrten. Der Vergleich der in Scheuerfeld und in Sinn nachgewiesenen Ortsbewegungen zeigt, daß der naturnahe Rauhgerinne-Beckenpaß in Sinn wesentlich häufiger und sowohl stromauf- als auch stromabwärts frequentiert wurde und einige Individuen diesen Fischweg zeitweilig als Standort wählten. Insgesamt ergibt sich der Eindruck, daß diesem naturnah gestalteten Fischweg neben der Vernetzung der durch die Stauanlage von einander isolierten Gewässerabschnitten offensichtlich auch eine Funktion als Ersatzlebensraum zukommt.

Tabelle 4.3: Aufstiegsverhalten in den untersuchten Fischwegen

	Scheuerfeld		Sinn	
	Anzahl	%	Anzahl	%
Gesamtzahl registrierter Individuen	80	100	87	100
erfolgreich ins Oberwasser aufgestiegen Exemplare	46	58	83	84
davon zeigten komplexe Aktivitätstypen	-	-	20	23
Fische, die den Aufstieg abbrachen und ins Unterwasser zurückkehrten	34	42	14	16

Schließlich belegen die in den Fischaufstiegsanlagen aufgezeichneten Aktivitätstypen, daß aufwandernde Fische einen „individuellen Willen“ bei der Überwindung eines Fischweges erkennen lassen. Die Vorstellung von SCHIEMENZ (1957), daß aufwanderungswillige Fische, wenn sie den Einstieg in eine Fischaufstiegsanlage gefunden haben, rein reflektorisch auf den Strömungsreiz reagieren und quasi automatisch ins Oberwasser gelangen, ist durch diese Ergebnisse ebenso eindeutig widerlegt, wie die Vorstellungen von PELZ (1985, 1986), daß Fische durch Fischwege gegen ihren Willen gezwungen würden, ins Oberwasser zu schwimmen.

4.2.4 Dauer des Fischaufstieges im Beckenpaß

Die zeitgenaue Protokollierung aufwandernder Fische erlaubte im Falle des Beckenpasses in Scheuerfeld, in dem nahezu die gesamte Länge des Fischweges mit Antennen überwacht wurde, die genaue Ermittlung der Zeitdauer, die ein Fisch benötigt, um den Beckenpaß zu durchschwimmen. In der nachfolgenden Tabelle 4.4 sind die Aufstiegszeiten einiger Fische, geordnet nach Art und Größe aufgeführt. Die kürzeste Aufstiegszeit wurde mit 9 Minuten (0,15 h) von einem 22,0 cm langen Döbel ermittelt, die langsamste Aufstiegsgeschwindigkeit zeigte die Regenbogenforelle, die sich 10 Tage im Beckenpaß aufhielt.

Tabelle 4.4: Aufstiegszeiten (gerundet) einiger transpondierter Fische im Beckenpaß in Scheuerfeld

Art	Größe [cm]	ID-Code	Strecke von Antenne zu Antenne	Aufstiegszeit [h]
Bachforelle	34,0	00001F2FBA	1 - 4	96,5
Bachforelle	30,0	0000199E68	1 - 4	0,4
Bachforelle	30,0	000010416A	1 - 4	1,0
Bachforelle	30,0	000010416A	1 - 4	0,15
Bachforelle	30,0	000022D30F	1 - 4	1,5
Bachforelle	27,0	000010D2AF	1 - 4	1,0
Bachforelle	22,0	0000199BA8	1 - 4	0,5
Regenbogenf.	29,0	000022CD5C	1 - 4	240,5
Döbel	41,0	0000109976	1 - 3 - 1	0,3
Döbel	38,0	0001BA6B57	1 - 4	2,0
Döbel	36,0	0001BA9685	1 - 4	35,0
Döbel	35,5	0001BBA5A3	1 - 4	1,5
Döbel	35,5	0001BB8739	1 - 4	0,4
Döbel	32,0	0001BBBD81	1 - 4	0,2
Döbel	29,0	00001E5B8B	1 - 4	0,5
Döbel	25,5	0001BB8EF4	1 - 4	0,4
Döbel	23,5	0001BB8AF0	1 - 3 - 1	9,0
Döbel	22,0	0000103418	1 - 4	3,5
Döbel	22,0	0001BA6F0E	1 - 4	0,15
Hasel	29,0	0001BBC81D	1 - 4	0,4
Hasel	28,0	000022D290	1 - 4	1,0
Hasel	27,0	0001BA9298	1 - 4	0,3
Hasel	21,0	0001BA9F12	1 - 4	4,0
Plötze	25,0	00001ED0CA	1 - 4	2,0

5 Ausblick

Im Rahmen des von der Deutschen Bundesstiftung Umwelt geförderten F+E-Projektes des DVWK wurde mit Erfolg eine Antennenanlage zur Funktionsüberprüfung von Fischaufstiegsanlagen unter Verwendung der Transponder-Technologie entwickelt. Durch Einsatz von mindestens zwei Rahmenantennen von 30 cm Durchmesser können mit dieser automatischen Kontrollstation Frequenzen, mit denen eine Fischaufstiegsanlage überwunden wird sowie Schwimmrichtung, Verweil- und Aufstiegszeit transpondierter Fische überwacht werden. Anhand der Rückkehrerquote der mit Transpondern gekennzeichneten Fische, die zuvor im Unterwasser der Fischaufstiegsanlage ausgesetzt wurden, lassen sich mit Hilfe der Antennenanlage Aussagen über die Funktionsfähigkeit des Fischweges gewinnen und selektive Einschränkungen der Funktionsfähigkeit, z.B. hinsichtlich des Arten- und Größenspektrums der Fische, die den Fischweg überwinden bzw. nicht passieren können, erkennen. Somit steht in Form der automatischen Kontrollstation erstmals eine automatisierte Methodik zur Verfügung, mit der sich differenzierte Aussagen über die Funktionsfähigkeit sowie zu einer eventuell erforderlichen ökotechnischen Optimierungen des untersuchten Fischweges erarbeiten lassen.

Daß die entwickelte Antennenanlage jedoch nicht nur zur Funktionskontrolle von Fischaufstiegsanlagen einsetzbar ist, sondern für die ichthyologische und fischereiökologische Forschung eine elegante Methode zur störungsfreien Beobachtung von Fischen sowohl unter Labor- als auch unter Freilandbedingungen darstellt, belegen die Befunde, die bereits mit dem ersten Einsatz der Antennenanlage im Rahmen des vorliegenden Projektes gewonnen werden konnten. Wesentlicher Vorteil der Transpondierung von Fischen gegenüber herkömmlichen Kennzeichnungsarten ist neben der automatischen Registrierung der individuell markierten Tiere die jahrelange Haltbarkeit der Markierung, da die implantierten Transponder nicht verloren gehen und keine eigene Energiequelle benötigen, so daß ein Fisch Zeit seines Lebens individuell gekennzeichnet ist.

Ferner ist aus den Untersuchungen zu folgern, daß die Injektion von Transpondern zu keinerlei Beeinträchtigung der Fische führt, da weder Infektionen noch Behinderungen der Motorik oder des Wachstums beobachtet wurden. Damit werden auch Anforderungen erfüllt, die z.B. im Rahmen von Langzeitbeobachtungen von Wiederansiedlungsprojekten anadromer Wanderfische, wie Lachs (*Salmo salar*) und Meerforelle (*Salmo trutta, f. trutta*) an eine Markierungsmethode zu stellen sind. Durch den Einsatz der Transpondertechnologie und der Antennenanlage wäre es erstmalig möglich, sowohl die Wanderwege dieser Fische zu verfolgen als auch individuengenaue Aussagen über den Erfolg von Wiederansiedlungsmaßnahmen abzuleiten.

Hinweise für die praktische Anwendung der Transponder-Technologie finden sich in Anhang II.

6 Zusammenfassung

Das von der Deutschen Bundesstiftung Umwelt geförderte F+E-Vorhaben des DVWK "Umsetzung der Transponder-Technologie am Beispiel der Funktionsüberprüfung von Fischwegen" wurde von 1994 bis 1996 vom Institut für angewandte Ökologie sowie anderen Beteiligten bearbeitet.

Das Projekt gliederte sich in zwei Untersuchungsschwerpunkte: 1. im Rahmen umfangreicher Laboruntersuchungen wurden Anwendbarkeit und Grenzen dieser Markierungstechnik unter aquatischen Bedingungen ermittelt und die Technologie an die spezifische Aufgabe der Überwachung von Fischaufstiegsanlagen angepaßt. Hierzu war auch die Entwicklung einer anwendungsspezifischen Software zur Verwaltung der individuellen Daten transponderter Fische sowie zur Steuerung der Antennenanlage erforderlich. Die positiven Ergebnisse aus zahlreichen Tests, denen der Prototyp in einem Modellgerinne unterworfen wurde, ermöglichen 1996 erstmals den Einbau in zwei Fischaufstiegsanlagen in der Sieg bzw. in der Dill. In diesem 2. Untersuchungsschwerpunkt wurde die Betriebssicherheit und die Lesezuverlässigkeit der Antennenanlage unter Freilandbedingungen im Langzeitversuch erfolgreich nachgewiesen. Hierzu wurden mit Transpondern gekennzeichnete Fische unterschiedlicher Arten und Größen im Unterwasser der Stauanlagen entlassen und die den Fischwegen aufgewanderten Individuen von den Antennen zeitgenau automatisch registriert. Die individuellen Bewegungsmuster konnten mit einem Auswertungsprogramm rekonstruiert und analysiert werden.

Die Ergebnisse des vorliegenden Projektes belegen, daß sich mit dem Einsatz dieses automatischen Kontrollsystems unter Verwendung der Transponder-Technologie fundierte Aussagen zur Funktionsfähigkeit von Fischwegen sowie zum Verhalten von Fischen im Bereich von Fischaufstiegsanlagen erarbeiten lassen. Darüber hinaus bietet die Transponder-Technologie weitreichende Möglichkeiten zur individuellen Markierung von Fischen sowie zur störungsfreien und schonenden Durchführung fischökologischer Labor- und Freilanduntersuchungen, die in dieser Form mit anderen Methoden nicht gegeben sind.

7 Literatur

- ACHORD, S., G. M. MATTHEWS, O. W. JOHNSON & D. M. MARSH (1996): Use of passive integrated transponder (PIT) tags to monitor migration timing of Snake River Chinook Salmon Smolts. - North. Am. J. of Fisheries Management 16, S. 302 - 313.
- ADAM, B. (1996): Zur Berücksichtigung von Wirbellosen beim Bau von Fischaufstiegsanlagen. - Österr. Fischerei, Jg. 49, S. 186 - 189.
- ADAM, B. & U. SCHWEVERS (1992): Eine neue Markierungsmethode für Fische - erste Erfahrungen mit Mikro-Transpondern. - Z. Fischk., 1/2, S. 163 - 175.
- ADAM, B. & U. SCHWEVERS (1996): Automatische Funktionsüberprüfung von Fischwegen mittels Einsatz der Transponder-Technologie. - Wasserwirtschaft 86/12, S. 650 - 652.
- ADAM, B. & U. SCHWEVERS (1997): Das Verhalten von Fischen in Fischaufstiegsanlagen - Österreichs Fischerei, 50, S. 82 - 87.
- BEF (BUNDESAMT FÜR ERNÄHRUNG UND FORSTWIRTSCHAFT) (1992): Unbedenklichkeitserklärung hinsichtlich der Kennzeichnung von adulten Erdkröten (*Bufo bufo*) mit Microchips für wissenschaftliche Zwecke. - Schreiben vom 22. 07. 1992 an das Hessische Ministerium für Landesentwicklung, Wohnen, Landwirtschaft, Forsten und Naturschutz.
- BEHLERT, O. (1989): Die Markierung von Zoo- und Haustieren mit dem elektronischen Markierungsverfahren EURO I.D. - Kleintierpraxis 34, S. 477 - 479.
- BEHLERT, O. & N. WILLMS (1992): Gewebsreaktionen auf implantierte Transponder eines elektronischen Markierungssystems. - Kleintierpraxis 37, S. 51 - 54.
- BORN, O. (1996): Untersuchungen zur Wirksamkeit von Fischaufstiegshilfen am unterfränkischen Main. - Dissertation, TU München (Institut für Tierwissenschaften), 235 S..
- BMU (BUNDESMINISTERIUM FÜR UMWELT, NATURSCHUTZ UND REAKTORSICHERHEIT) (1992): Beschlüsse der 8. Vertragstaatenkonferenz zum Washingtoner Artenschutzübereinkommen. - Informationen des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit Nr. 5.

- BRUSCHEK, E. (1953): Funktionsüberprüfung an den Fischpässen der Kraftwerke Obernberg und Ering. - Österreichs Fischerei, 6, S. 126 - 136.
- DVWK (1993): Salz in Werra und Weser - Ursachen, Folgen, Abhilfe. - DVWK-Mitteilungen 24, 187 S.
- DVWK (1996): Fischaufstiegsanlagen - Bemessung, Gestaltung, Funktionskontrolle. - Merkblätter zur Wasserwirtschaft 232, Wirtschafts- und Verlagsgesellschaft Gas und Wasser mbH, Bonn, 110 S.
- FÄNGSTAM H., I. BERGLUND, M. SJÖBERG & H. LUNDQVIST (1993): Effects of size and early sexual maturing on downstream migration during smolting in Baltic salmon (*Salmo salar*). - Journal of Fish Biology 43, S. 517 - 529.
- IKSR (Internationale Kommission zum Schutze des Rheins) (Hrsg.) (1996): Lachs 2000: Stand der Projekte Anfang 1996. - Koblenz, 48 S.
- JENS, G. (1982): Bau von Fischwegen, Fischtreppen, Aalleitern und Fischschleusen. - Hamburg, Verlag Paul Parey, 5. Auflage, 93 S.
- KLINGE, M. (1994): Fish migration via the shipping lock at the Hagestein Barrage: results of an indicative study. - Wat. Sci. Tech., Vol. 29, No. 3, S. 357 - 361.
- LARINIER, M. (1987): Les passes à poissons: méthodes et techniques générales. - La Houille Blanche 1/2, S. 51 - 56.
- PELZ, G.R. (1985): Fischbewegungen über verschiedenartige Fischpässe am Beispiel der Mosel. - Cour. Forsch.-Inst. Senckenberg 76, 190 S.
- PELZ, G.R. (1986): Kritische Stellungnahme zur Fischpaßfrage. - AFZ Fischwaid 111, S. 8 - 13.
- PRENTICE, E. F., T. A. FLAGG, C. S. McCUTCHEON & D. F. BRAISTOW (1990): Feasibility of using implantable passive integrated transponder (PIT) tags in salmonids. - in: C. Parker (Hrsg.): Fish-marking techniques - American Fisheries Society, Symposium 7, Bethesda, Maryland, S. 317 - 322.
- PRENTICE, E. F., T. A. FLAGG, C. S. McCUTCHEON & D. F. BRAISTOW (1990): PIT-tag monitoring systems for hydroelectric dams and fish hatcheries. - in: C. Parker (Hrsg.): Fish-marking techniques - American Fisheries Society, Symposium 7, Bethesda, Maryland, S. 323 - 334.

- PRENTICE, E. F., T. A. FLAGG, C. S. McCUTCHEON & D. F. BRAISTOW (1990): Equipment, methods, and an automated data-entry station for PIT-tagging. - in: C. Parker (Hrsg.): Fish-marking techniques - American Fisheries Society, Symposium 7, Bethesda, Maryland, S. 335 - 340.
- SCHIEMENZ, F. (1957): Ersatz des instinktmäßigen Wanderns der Fische in Fischtreppen durch das reflektorische Wandern. - Z. Fischerei, NF 6, S. 61 - 84.
- SCHWEVERS, U. & B. ADAM (1993): Fischbestandsuntersuchungen im Unterwasser von Wehr und Kraftwerk Unkelmühle/Sieg. - Unveröffentl. Gutachten im Auftrag des DVWK, 18 S.
- SCHWEVERS, U. & B. ADAM (1996): Wehrkataster der Lahn. - Hessisches Ministerium des Innern und für Landwirtschaft, Forsten und Naturschutz, Wiesbaden, 48 S..
- SCHWEVERS, U. & B. ADAM (1997): Arealverluste der Fischfauna am Beispiel der Zerschneidung des hessischen Gewässersystems der Lahn durch unpassierbare Querverbauungen - Natur und Landschaft, 72 (in Druck).
- SCHWEVERS U. & B. ADAM (1997): Investigations concerning the efficacy of the „Aufstiegs-Galerie“ in the River Lahn-System - in: Jungwirth, M. & S. Schmutz (Hrsg.): Fish Migration & Fish Bypass-Channels - International Conference Vienna 1996, Fishing News Books (in Druckvorbereitung).
- SPÄH, H. (1991): Fischtreppe an der Lippe - Fallstudie über Wirksamkeit und fischökologische Bedeutung der Anlage. - 5. SVK-Fischereiseminar, Bonn.
- SPÄH, H. (1996): Fischaufstiegskontrollen an der Wasserkraftanlage Buchenhofen - Unveröffentl. Gutachten im Auftrag des Wupperverbandes, 24 S.

Danksagung

Nachfolgend bedanken wir uns bei folgenden Personen und Institutionen, die nicht unmittelbar in das F+E Projekt eingebunden waren, für ihre Mithilfe und Unterstützung:

Der Firma DASMANN ist für die außerordentlich konstruktive Zusammenarbeit in diesem Forschungsprojekt zu danken, durch die es letztlich möglich wurde, am Ende der Laborphase den Prototyp einer Kontrollstation im Freiland einzusetzen.

Dem DVWK-Arbeitskreis "Transponder", der sich aus Mitgliedern des DVWK-Fachausschusses 2.7 „Fischaufstiegsanlagen“ zusammensetzte, danken wir für die ehrenamtliche Unterstützung und die fachlichen Anregungen. Unser besonderer Dank gilt hierbei dem Vorsitzenden des Arbeitskreises, Herrn Dipl.-Ing. Bosse (RWE Energie AG), durch dessen Einsatz es möglich wurde, in der ersten Freilandphase den Einbau der Kontrollstation am Kraftwerk Scheuerfeld / Sieg zu realisieren.

Der RWE Energie AG sei für die Ermöglichung der Untersuchungen am Standort Scheuerfeld und die zu allen Zeiten unkomplizierte Zusammenarbeit vor Ort gedankt.

Gleiches gilt für die Gemeinde Sinn, die bereits vor Fertigstellung der naturnahen Fischaufstiegsanlage das Einverständnis für den Einbau der Antennenanlage gab.

Der Bezirksregierung Koblenz und dem Regierungspräsidium Gießen, insbesondere den Herren Jörgensen und Ohm-Winter, danken wir für die Genehmigungen zur Durchführung der Freilandphasen und ihr Interesse an dem Projekt.

Den Fischereigenossenschaften Scheuerfeld und Betzdorf danken wir für ihre interessierte Unterstützung bei der Durchführung der Untersuchung in Scheuerfeld.

Schließlich sei an dieser Stelle den Angelvereinen ASV Sinn und ASV Edingen sowie den Lachswarten der IG-Lahn, die bei der Freilandphase an der Dill bei allen praktischen Arbeiten tatkräftig mithalfen und die die Antennenanlage intensiv betreut haben, ganz herzlich gedankt.

Anhang

I. Tabellen

Tabelle I.1: Ausschnitt aus der Originaldatei (INDIV) der am Hydrotechnikum des ZALF im Rahmen der Beobachtungen im Modellgerinne transpondierten Fische

ID-CODE	Datum	Herkunft	Ort	Art	Größe
0000246E9C	02.03.1994	Fischzucht	ZALF	Regenbogenforelle	20,5
00001FD00F	02.03.1994	Fischzucht	ZALF	Regenbogenforelle	22,0
0000257195	02.03.1994	Fischzucht	ZALF	Regenbogenforelle	24,0
00001A96E8	13.01.1995	Fischzucht	ZALF	Goldfisch	15,0
00001B7AB1	13.01.1995	Fischzucht	ZALF	Goldfisch	16,5
0000104188	13.01.1995	Fischzucht	ZALF	Goldfisch	22,0
00001E56BA	13.01.1995	Fischzucht	ZALF	Giebel	24,0
000018070A	13.01.1995	Ahr	ZALF	Hasel	16,5
0000103D0F	13.01.1995	Ahr	ZALF	Hasel	18,5
0000135F36	13.01.1995	Ahr	ZALF	Hasel	21,0
000010463E	13.01.1995	Lahn	ZALF	Hasel	24,5
00001A9657	13.01.1995	Lahn	ZALF	Hasel	26,5
00001B75B1	13.01.1995	Lahn	ZALF	Barbe	18,5
00001A982C	13.01.1995	Lahn	ZALF	Barbe	20,0
00001ED0CA	13.01.1995	Lahn	ZALF	Barbe	23,0
00001E5953	13.01.1995	Ahr	ZALF	Barbe	38,0
00001E50EA	13.01.1995	Ahr	ZALF	Barbe	41,5
000017FAFA	13.01.1995	Lahn	ZALF	Barbe	43,5
00001E6028	13.01.1995	Lahn	ZALF	Döbel	27,0
0000109976	11.05.1995	Lahn	ZALF	Döbel	34,0
0000199A3A	11.05.1995	Lahn	ZALF	Döbel	28,0
00001E5D5C	13.01.1995	Lahn	ZALF	Bachforelle	24,5
000022CFFA	13.01.1995	Lahn	ZALF	Bachforelle	26,0
000019A22E	13.01.1995	Lahn	ZALF	Bachforelle	30,0
00001B7913	13.01.1995	Ahr	ZALF	Schneider	15,0

Tabelle I.2: Von Mehrfachlesungen bereinigter Auszug aus der Originalprotokolldatei zur Registrierung transpondierter Bachforellen im abgesperrten Beckenpaß in Scheuerfeld. Zur besseren Lesbarkeit wurde dem ID-Code eines jeden registrierten Fisches ein Name zugeordnet

Antenne	Name	Zeit	Datum	ID-Code Anmerkungen
Beginn		11:48:58.75	25.04.1996	
1	379EDBDBBEE	11:58:10.64	25.04.1996	Nonsense-Code
1	Anton	12:01:00.41	25.04.1996	000010447F
2	Anton	12:01:12.99	25.04.1996	000010447F
4	Anton	12:02:06.87	25.04.1996	000010447F
3	Anton	12:03:09.38	25.04.1996	000010447F
4	6CDECFAEDE	12:04:13.80	25.04.1996	Nonsense-Code
4	5D7ED5ECDE	12:04:26.93	25.04.1996	Nonsense-Code
1	66F67F5F6F	12:22:37.42	25.04.1996	Nonsense-Code
1	Berta	13:23:26.01	25.04.1996	0000103339
1	Caesar	13:27:29.61	25.04.1996	00001F3019
1	Berta	13:33:57.05	25.04.1996	0000103339
1	Caesar	13:37:18.30	25.04.1996	00001F3019
1	Dora	13:38:10.04	25.04.1996	000019A011
1	Emil	13:43:01.14	25.04.1996	00001841D2
1	Caesar	13:44:51.21	25.04.1996	00001F3019
1	Dora	13:46:51.39	25.04.1996	000019A011
1	Frieda	13:49:25.68	25.04.1996	000022CC60
1	6B76AFEADE	13:49:52.76	25.04.1996	Nonsense-Code
1	Emil	13:51:28.66	25.04.1996	00001841D2
1	Gustav	13:52:10.07	25.04.1996	000022D30F
1	Frieda	13:52:37.31	25.04.1996	000022CC60
1	Heinrich	13:57:24.85	25.04.1996	0000199BA8
1	Frieda	13:58:27.79	25.04.1996	000022CC60
3	Caesar	14:01:17.35	25.04.1996	00001F3019
1	Ida	14:05:24.95	25.04.1996	000022CC5E
1	Heinrich	14:06:06.75	25.04.1996	0000199BA8
1	Josef	14:08:45.70	25.04.1996	0000135F36
1	Berta	14:08:55.76	25.04.1996	0000103339
4	Caesar	14:10:24.62	25.04.1996	00001F3019
1	Karl	14:11:08.13	25.04.1996	000010D2AF
1	Ida	14:11:17.35	25.04.1996	000022CC5E
1	Berta	14:11:59.04	25.04.1996	0000103339
4	Caesar	14:13:36.53	25.04.1996	00001F3019
1	Berta	14:13:39.83	25.04.1996	0000103339
1	Ida	14:15:24.85	25.04.1996	000022CC5E
1	Ludwig	14:15:53.24	25.04.1996	000022CE1C
4	Caesar	14:16:18.73	25.04.1996	00001F3019

Tabelle I.2: Von Mehrfachlesungen bereinigter Auszug aus der Originalprotokolldatei zur Registrierung transpondierter Bachforellen im abgesperrten Beckenpaß in Scheuerfeld. Zur besseren Lesbarkeit wurde dem ID-Code eines jeden registrierten Fisches ein Name zugeordnet (Forts.)

Antenne	Name	Zeit	Datum	ID-Code Anmerkungen
1	Frieda	14:17:14.04	25.04.1996	000022CC60
1	49249E4F92	14:20:03.48	25.04.1996	Nonsense-Code
1	Martha	14:20:03.65	25.04.1996	0000180C60
1	Berta	14:20:09.75	25.04.1996	0000103339
1	Ludwig	14:20:40.01	25.04.1996	000022CE1C
1	Emil	14:21:21.86	25.04.1996	00001841D2
1	Ludwig	14:21:30.10	25.04.1996	000022CE1C
4	Caesar	14:23:31.71	25.04.1996	00001F3019
1	Martha	14:23:55.98	25.04.1996	0000180C60
2	Ludwig	14:24:53.05	25.04.1996	000022CE1C
2	3B76BF57EF	14:25:24.47	25.04.1996	Nonsense-Code
1	6ACEAFEAD6	14:25:53.09	25.04.1996	Nonsense-Code
1	Frieda	14:27:15.80	25.04.1996	000022CC60
1	Frieda	14:29:19.22	25.04.1996	000022CC60
1	Nordpol	14:31:50.60	25.04.1996	000010A331
1	Berta	14:33:29.79	25.04.1996	0000103339
1	Otto	14:33:45.77	25.04.1996	00002219ED
3	Paul	14:34:15.87	25.04.1996	000010433B
4	Quasimodo	14:35:01.46	25.04.1996	00001809B6
2	Berta	14:36:21.49	25.04.1996	0000103339
4	Gustav	14:36:23.03	25.04.1996	000022D30F
4	Gustav	14:36:57.57	25.04.1996	000022D30F
1	Otto	14:37:07.13	25.04.1996	00002219ED
1	Ida	14:39:21.09	25.04.1996	000022CC5E
1	Nordpol	14:39:43.34	25.04.1996	000010A331
1	6BDECDEADE	14:40:04.38	25.04.1996	Nonsense-Code
3	Quasimodo	14:40:27.06	25.04.1996	00001809B6
1	Rudolf	14:40:44.03	25.04.1996	00001F2FBA
1	Otto	14:40:45.46	25.04.1996	00002219ED
4	Paul	14:42:51.62	25.04.1996	000010433B
1	5BF67F5FED	14:46:20.34	25.04.1996	Nonsense-Code
1	5EEE6DE6F5	14:46:25.83	25.04.1996	Nonsense-Code
4	Paul	14:46:26.93	25.04.1996	000010433B
4	Gustav	14:50:03.12	25.04.1996	000022D30F
1	5BDEBFEBFE	14:50:23.00	25.04.1996	Nonsense-Code
1	Otto	14:50:48.16	25.04.1996	00002219ED

Tabelle I.2: Von Mehrfachlesungen bereinigter Auszug aus der Originalprotokolldatei zur Registrierung transpondierter Bachforellen im abgesperrten Beckenpaß in Scheuerfeld. Zur besseren Lesbarkeit wurde dem ID-Code eines jeden registrierten Fisches ein Name zugeordnet (Forts.)

Antenne	Name	Zeit	Datum	ID-Code Anmerkungen
3	Berta	14:50:49.15	25.04.1996	0000103339
4	Josef	14:51:19.25	25.04.1996	0000135F36
1	Theodor	14:53:52.60	25.04.1996	00001E5388
4	Berta	14:54:53.62	25.04.1996	0000103339
2	Rudolf	14:55:11.14	25.04.1996	00001F2FBA
1	Sierra	14:55:13.06	25.04.1996	000019906E
4	Ludwig	14:55:15.37	25.04.1996	000022CE1C
2	Theodor	14:56:13.65	25.04.1996	00001E5388
1	Emil	14:56:30.45	25.04.1996	00001841D2
1	Otto	14:56:48.63	25.04.1996	00002219ED
1	6FF5FF57F5	14:58:59.74	25.04.1996	Nonsense-Code
1	Martha	15:00:32.29	25.04.1996	0000180C60
1	Anton	15:02:03.74	25.04.1996	000010447F
1	Nordpol	15:02:05.28	25.04.1996	000010A331
1	Emil	15:02:14.07	25.04.1996	00001841D2
4	Josef	15:02:20.82	25.04.1996	0000135F36
2	Anton	15:02:27.52	25.04.1996	000010447F
3	Anton	15:02:57.46	25.04.1996	000010447F
1	6AFEADEBFE	15:03:27.28	25.04.1996	Nonsense-Code
1	Uwe	15:03:40.57	25.04.1996	00001045A9
4	Heinrich	15:03:59.85	25.04.1996	0000199BA8
3	Dora	15:04:44.89	25.04.1996	000019A011
1	Nordpol	15:05:41.19	25.04.1996	000010A331
4	Dora	15:11:17.06	25.04.1996	000019A011
4	Dora	15:12:56.20	25.04.1996	000019A011
3	Theodor	15:13:11.96	25.04.1996	00001E5388
4	Berta	15:13:14.16	25.04.1996	0000103339
1	Ida	15:13:30.86	25.04.1996	000022CC5E
4	Dora	15:14:22.71	25.04.1996	000019A011
1	Nordpol	15:15:04.34	25.04.1996	000010A331
1	Emil	15:15:36.75	25.04.1996	00001841D2
2	Ludwig	15:16:12.23	25.04.1996	000022CE1C
1	Sierra	15:16:15.25	25.04.1996	000019906E
2	Ida	15:16:34.91	25.04.1996	000022CC5E
4	Karl	15:17:50.88	25.04.1996	000010D2AF
4	Gustav	15:20:02.59	25.04.1996	000022D30F

Tabelle I.2: Von Mehrfachlesungen bereinigter Auszug aus der Originalprotokolldatei zur Registrierung transpondierter Bachforellen im abgesperrten Beckenpaß in Scheuerfeld. Zur besseren Lesbarkeit wurde dem ID-Code eines jeden registrierten Fisches ein Name zugeordnet (Forts.)

Antenne	Name	Zeit	Datum	ID-Code Anmerkungen
4	Josef	15:20:14.29	25.04.1996	0000135F36
4	Berta	15:20:15.33	25.04.1996	0000103339
4	Josef	15:20:17.31	25.04.1996	0000135F36
2	Ida	15:21:14.21	25.04.1996	000022CC5E
1	Ida	15:21:21.30	25.04.1996	000022CC5E
3	Theodor	15:22:06.94	25.04.1996	00001E5388
1	Ida	15:22:36.54	25.04.1996	000022CC5E
1	Emil	15:23:28.28	25.04.1996	00001841D2
Ende		15:23:46.19	25.04.1996	

Tabelle I.3: Ausschnitt aus der Gesamtprotokolldatei des Langzeitversuches vom 25. April bis 19. Juni 1996 in Scheuerfeld. Anhand der Sortierung der in der Protokolldatei chronologisch erfaßten Leseereignisse nach Individuen lassen sich die Schwimmwege der Fische verfolgen

Name	Datum	Uhrzeit	Nr.	Art	Länge [cm]	ID-Code
August	31.05.	12:38:08	1	Hasel	29.0	0001BBC81D
August	31.05.	12:38:14	2	Hasel	29.0	0001BBC81D
August	31.05.	12:43:05	3	Hasel	29.0	0001BBC81D
August	31.05.	12:53:02	4	Hasel	29.0	0001BBC81D
Bernd	31.05.	13:34:11	1	Hasel	27.0	0000199A47
Bernd	31.05.	13:34:25	2	Hasel	27.0	0000199A47
Bernd	31.05.	13:47:40	1	Hasel	27.0	0000199A47
Bernd	07.06.	07:50:39	2	Hasel	27.0	0000199A47
Bernd	07.06.	08:11:47	2	Hasel	27.0	0000199A47
Bernd	07.06.	08:11:50	1	Hasel	27.0	0000199A47
Britta	26.04.	18:40:18	1	Regenbf.	29.0	00022CD5C0
Britta	26.04.	20:04:39	2	Regenbf.	29.0	000022CD5C
Britta	27.04.	15:23:05	3	Regenbf.	29.0	000022CD5C
Britta	27.04.	21:06:44	4	Regenbf.	29.0	000022CD5C
Britta	01.05.	16:00:36	4	Regenbf.	29.0	000022CD5C
Britta	05.05.	15:41:41	4	Regenbf.	29.0	000022CD5C
Britta	05.05.	17:06:13	4	Regenbf.	29.0	000022CD5C
Britta	08.05.	13:09:30	1	Regenbf.	29.0	000022CD5C
Casimir	01.06.	00:00:45	2	Gründling	16.0	0001BAD194
Casimir	01.06.	00:25:38	3	Gründling	16.0	0001BAD194
Detlev	01.06.	02:53:47	1	Döbel	23.5	0001BB8AF0
Detlev	01.06.	02:58:43	2	Döbel	23.5	0001BB8AF0
Detlev	01.06.	03:05:40	3	Döbel	23.5	0001BB8AF0
Detlev	01.06.	03:18:39	3	Döbel	23.5	0001BB8AF0
Detlev	01.06.	03:38:49	3	Döbel	23.5	0001BB8AF0
Detlev	01.06.	03:52:02	3	Döbel	23.5	0001BB8AF0
Detlev	01.06.	09:53:59	3	Döbel	23.5	0001BB8AF0
Detlev	01.06.	11:08:30	2	Döbel	23.5	0001BB8AF0
Detlev	01.06.	11:08:36	1	Döbel	23.5	0001BB8AF0
Edgar	01.06.	05:13:29	1	Hasel	22.0	0001BA984C
Edgar	01.06.	05:20:59	2	Hasel	22.0	0001BA984C
Edgar	01.06.	05:27:51	3	Hasel	22.0	0001BA984C
Edgar	01.06.	05:35:50	4	Hasel	22.0	0001BA984C

Tabelle I.3: Ausschnitt aus der Gesamtprotokolldatei des Langzeitversuches vom 25. April bis 19. Juni 1996 in Scheuerfeld. Anhand der Sortierung der in der Protokolldatei chronologisch erfaßten Leseereignisse nach Individuen lassen sich die Schwimmwege der Fische verfolgen (Forts.)

Name	Datum	Uhrzeit	Nr.	Art	Länge [cm]	ID-Code
Fine	01.06.	05:14:13	1	Hasel	27.0	0001BA9298
Fine	01.06.	05:17:13	2	Hasel	27.0	0001BA9298
Fine	01.06.	05:23:41	3	Hasel	27.0	0001BA9298
Fine	01.06.	05:31:24	3	Hasel	27.0	0001BA9298
Fine	01.06.	05:36:17	4	Hasel	27.0	0001BA9298
Fritz	26.04.	19:44:52	1	Döbel	27.0	0001BAD422
Fritz	26.04.	19:50:22	1	Döbel	27.0	0001BAD422
Fritz	26.04.	20:02:35	1	Döbel	27.0	0001BAD422
Fritz	26.04.	20:09:52	1	Döbel	27.0	0001BAD422
Fritz	26.04.	20:21:53	1	Döbel	27.0	0001BAD422
Gertrud	26.04.	20:36:27	1	Döbel	34.0	0001BA606D
Gertrud	26.04.	20:40:58	2	Döbel	34.0	0001BA606D
Gertrud	26.04.	20:49:07	3	Döbel	34.0	0001BA606D
Gertrud	26.04.	20:59:06	4	Döbel	34.0	0001BA606D
Ingrid	08.05.	00:46:05	1	Döbel	22.0	0000103418
Ingrid	08.05.	00:46:57	2	Döbel	22.0	0000103418
Ingrid	08.05.	01:12:12	3	Döbel	22.0	0000103418
Ingrid	08.05.	01:41:32	3	Döbel	22.0	0000103418
Ingrid	08.05.	02:56:59	3	Döbel	22.0	0000103418
Ingrid	08.05.	03:21:24	3	Döbel	22.0	0000103418
Ingrid	08.05.	03:26:36	4	Döbel	22.0	0000103418
Jolande	08.05.	01:42:15	1	Döbel	35.5	0001BBA5A3
Jolande	08.05.	03:18:11	3	Döbel	35.5	0001BBA5A3
Jolande	08.05.	03:26:38	4	Döbel	35.5	0001BBA5A3
Juri	06.06.	01:12:46	1	Döbel	29.0	00001E5B8B
Juri	06.06.	01:15:16	2	Döbel	29.0	00001E5B8B
Juri	06.06.	01:25:05	3	Döbel	29.0	00001E5B8B
Juri	06.06.	01:32:06	4	Döbel	29.0	00001E5B8B
Karl	27.05.	16:17:50	1	Bachf.	27.0	000010D2AF
Karl	27.05.	16:58:48	3	Bachf.	27.0	000010D2AF
Karl	27.05.	17:02:02	4	Bachf.	27.0	000010D2AF

Tabelle I.3: Ausschnitt aus der Gesamtprotokolldatei des Langzeitversuches vom 25. April bis 19. Juni 1996 in Scheuerfeld. Anhand der Sortierung der in der Protokolldatei chronologisch erfassten Leseereignisse nach Individuen lassen sich die Schwimmwege der Fische verfolgen (Forts.)

Name	Datum	Uhrzeit	Nr.	Art	Länge [cm]	ID-Code
Mecki	08.06.	22:15:33	1	Döbel	41.0	0000109976
Mecki	08.06.	22:16:09	2	Döbel	41.0	0000109976
Mecki	08.06.	22:20:16	3	Döbel	41.0	0000109976
Mecki	08.06.	22:37:20	2	Döbel	41.0	0000109976
Mecki	08.06.	22:37:25	1	Döbel	41.0	0000109976
Michael	15.05.	14:33:03	1	Plötze	30.0	000022C8C3
Michael	15.05.	14:41:23	2	Plötze	30.0	000022C8C3
Michael	15.05.	14:51:31	2	Plötze	30.0	000022C8C3
Michael	17.05.	00:09:11	1	Plötze	30.0	000022C8C3
Neptun	17.05.	11:31:50	1	Plötze	24.0	0001BAB42A
Neptun	17.05.	12:38:27	2	Plötze	24.0	0001BAB42A
Neptun	17.05.	12:39:40	1	Plötze	24.0	0001BAB42A
Neptun	17.05.	13:27:41	2	Plötze	24.0	0001BAB42A
Neptun	17.05.	13:50:02	3	Plötze	24.0	0001BAB42A
Neptun	17.05.	14:57:03	1	Plötze	24.0	0001BAB42A
Neptun	17.05.	15:15:12	2	Plötze	24.0	0001BAB42A
Neptun	17.05.	15:31:26	3	Plötze	24.0	0001BAB42A
Olivia	08.06.	23:21:33	1	Döbel	35.5	0001BB8739
Olivia	08.06.	23:24:45	2	Döbel	35.5	0001BB8739
Olivia	08.06.	23:36:38	3	Döbel	35.5	0001BB8739
Olivia	08.06.	23:44:15	4	Döbel	35.5	0001BB8739
Peter	09.06.	03:08:58	1	Gründling	16.0	0001BBC544
Peter	09.06.	03:08:49	2	Gründling	16.0	0001BBC544
Pia	18.05.	02:46:08	1	Gründling	16.0	0001BAD1AD
Pia	18.05.	04:28:42	2	Gründling	16.0	0001BAD1AD
Qualle	19.05.	00:52:33	3	Döbel	28.0	0000221466
Qualle	19.05.	01:31:03	1	Döbel	28.0	0000221466
Qualle	22.05.	22:50:50	1	Döbel	28.0	0000221466
Qualle	22.05.	23:23:57	3	Döbel	28.0	0000221466
Qualle	23.05.	01:00:57	4	Döbel	28.0	0000221466
Qualle	26.05.	16:47:15	1	Döbel	28.0	0000221466
Qualle	26.05.	16:50:10	2	Döbel	28.0	0000221466
Qualle	26.05.	16:57:06	3	Döbel	28.0	0000221466

Tabelle I.3: Ausschnitt aus der Gesamtprotokolldatei des Langzeitversuches vom 25. April bis 19. Juni 1996 in Scheuerfeld. Anhand der Sortierung der in der Protokolldatei chronologisch erfaßten Leseereignisse nach Individuen lassen sich die Schwimmwege der Fische verfolgen (Forts.)

Name	Datum	Uhrzeit	Nr.	Art	Länge [cm]	ID-Code
Uta	18.06.	07:36:58	1	Hasel	21.0	0001BA9F12
Uta	18.06.	11:47:09	1	Hasel	21.0	0001BA9F12
Uta	18.06.	11:48:25	2	Hasel	21.0	0001BA9F12
Uta	18.06.	11:50:51	3	Hasel	21.0	0001BA9F12
Uta	18.06.	11:53:34	4	Hasel	21.0	0001BA9F12
Viktor	08.06.	19:53:39	1	Bachf.	30.0	000010416A
Viktor	08.06.	20:01:10	3	Bachf.	30.0	000010416A
Viktor	08.06.	20:02:20	4	Bachf.	30.0	000010416A
Xanthippe	29.05.	15:09:11	1	Plötze	25.0	00001ED0CA
Xanthippe	29.05.	15:29:54	3	Plötze	25.0	00001ED0CA
Xanthippe	29.05.	15:42:00	3	Plötze	25.0	00001ED0CA
Xanthippe	29.05.	15:51:25	3	Plötze	25.0	00001ED0CA
Xanthippe	29.05.	16:57:23	3	Plötze	25.0	00001ED0CA
Xanthippe	29.05.	17:01:40	4	Plötze	25.0	00001ED0CA
Zarah	31.05.	02:41:10	1	Döbel	34.5	0001BBB8E3
Zarah	31.05.	02:44:46	2	Döbel	34.5	0001BBB8E3
Zarah	31.05.	02:54:33	3	Döbel	34.5	0001BBB8E3
Zarah	31.05.	04:29:21	4	Döbel	34.5	0001BBB8E3

Tabelle I.4: Ausschnitt aus der Gesamtprotokolldatei des Langzeitversuches vom 27. Juli bis 21. September 1996 in Sinn

Name	Datum	Uhrzeit	Ant.	Art	Länge [cm]	ID-Code
André	28.07.	07:33:07	1	Döbel	23.0	00001ADD9C
André	28.07.	07:42:56	2	Döbel	23.0	00001ADD9C
André	30.07.	09:16:17	1	Döbel	23.0	00001ADD9C
André	30.07.	09:16:18	1	Döbel	23.0	00001ADD9C
André	30.07.	09:31:26	1	Döbel	23.0	00001ADD9C
André	30.07.	09:55:47	1	Döbel	23.0	00001ADD9C
André	30.07.	09:55:48	1	Döbel	23.0	00001ADD9C
André	30.07.	17:57:44	1	Döbel	23.0	00001ADD9C
André	30.07.	17:57:45	1	Döbel	23.0	00001ADD9C
André	30.07.	17:59:47	1	Döbel	23.0	00001ADD9C
André	04.08.	01:59:20	1	Döbel	23.0	00001ADD9C
André	04.08.	01:59:25	1	Döbel	23.0	00001ADD9C
André	05.08.	01:52:38	1	Döbel	23.0	00001ADD9C
André	05.08.	01:52:43	1	Döbel	23.0	00001ADD9C
André	05.08.	23:25:03	1	Döbel	23.0	00001ADD9C
André	13.08.	18:31:44	1	Döbel	23.0	00001ADD9C
André	13.08.	18:50:38	1	Döbel	23.0	00001ADD9C
André	13.08.	19:57:29	2	Döbel	23.0	00001ADD9C
André	14.08.	01:54:46	1	Döbel	23.0	00001ADD9C
André	14.08.	04:09:40	1	Döbel	23.0	00001ADD9C
André	14.08.	08:16:23	1	Döbel	23.0	00001ADD9C
André	14.08.	10:17:38	1	Döbel	23.0	00001ADD9C
André	14.08.	10:18:22	1	Döbel	23.0	00001ADD9C
André	14.08.	19:38:24	1	Döbel	23.0	00001ADD9C
André	14.08.	19:39:18	1	Döbel	23.0	00001ADD9C
André	14.08.	19:41:48	1	Döbel	23.0	00001ADD9C
André	14.08.	19:42:20	1	Döbel	23.0	00001ADD9C
André	14.08.	20:49:38	1	Döbel	23.0	00001ADD9C
André	14.08.	20:52:02	1	Döbel	23.0	00001ADD9C
André	14.08.	20:53:54	1	Döbel	23.0	00001ADD9C
André	14.08.	20:55:09	1	Döbel	23.0	00001ADD9C
André	14.08.	22:59:01	2	Döbel	23.0	00001ADD9C
André	14.08.	22:59:02	2	Döbel	23.0	00001ADD9C
André	16.08.	00:57:23	1	Döbel	23.0	00001ADD9C
André	16.08.	04:51:14	1	Döbel	23.0	00001ADD9C
André	16.08.	20:23:01	1	Döbel	23.0	00001ADD9C
André	16.08.	20:24:36	1	Döbel	23.0	00001ADD9C
André	16.08.	20:30:29	1	Döbel	23.0	00001ADD9C
André	16.08.	20:30:47	1	Döbel	23.0	00001ADD9C
André	16.08.	20:32:17	1	Döbel	23.0	00001ADD9C
André	16.08.	20:32:32	1	Döbel	23.0	00001ADD9C
André	16.08.	20:38:31	1	Döbel	23.0	00001ADD9C

Tabelle I.4: Ausschnitt aus der Gesamtprotokolldatei des Langzeitversuches vom 27. Juli bis 21. September 1996 in Sinn (Forts.)

Name	Datum	Uhrzeit	Ant.	Art	Länge [cm]	ID-Code
André	16.08.	20:40:15	1	Döbel	23.0	00001ADD9C
André	16.08.	20:58:26	1	Döbel	23.0	00001ADD9C
André	16.08.	23:14:19	2	Döbel	23.0	00001ADD9C
André	17.08.	18:46:29	1	Döbel	23.0	00001ADD9C
André	17.08.	18:46:40	1	Döbel	23.0	00001ADD9C
André	17.08.	19:00:50	1	Döbel	23.0	00001ADD9C
André	17.08.	19:27:17	1	Döbel	23.0	00001ADD9C
André	17.08.	19:27:35	1	Döbel	23.0	00001ADD9C
André	17.08.	19:34:43	1	Döbel	23.0	00001ADD9C
André	17.08.	19:34:56	1	Döbel	23.0	00001ADD9C
André	17.08.	19:37:26	1	Döbel	23.0	00001ADD9C
André	18.08.	01:36:37	1	Döbel	23.0	00001ADD9C
André	18.08.	06:59:06	1	Döbel	23.0	00001ADD9C
André	18.08.	13:49:52	2	Döbel	23.0	00001ADD9C
André	18.08.	13:50:18	2	Döbel	23.0	00001ADD9C
André	18.08.	16:37:13	1	Döbel	23.0	00001ADD9C
André	18.08.	16:37:14	1	Döbel	23.0	00001ADD9C
André	18.08.	16:38:01	1	Döbel	23.0	00001ADD9C
André	18.08.	17:06:53	1	Döbel	23.0	00001ADD9C
André	18.08.	17:10:47	1	Döbel	23.0	00001ADD9C
André	18.08.	17:16:34	1	Döbel	23.0	00001ADD9C
André	18.08.	17:29:25	1	Döbel	23.0	00001ADD9C
André	18.08.	17:34:13	1	Döbel	23.0	00001ADD9C
André	18.08.	17:36:16	1	Döbel	23.0	00001ADD9C
André	18.08.	17:37:30	1	Döbel	23.0	00001ADD9C
André	18.08.	17:38:04	1	Döbel	23.0	00001ADD9C
André	18.08.	17:43:26	1	Döbel	23.0	00001ADD9C
André	18.08.	17:46:13	1	Döbel	23.0	00001ADD9C
André	18.08.	18:48:09	1	Döbel	23.0	00001ADD9C
André	18.08.	20:31:06	2	Döbel	23.0	00001ADD9C
André	18.08.	22:34:35	1	Döbel	23.0	00001ADD9C
André	18.08.	23:13:52	1	Döbel	23.0	00001ADD9C
André	19.08.	04:41:35	1	Döbel	23.0	00001ADD9C
André	19.08.	05:40:04	2	Döbel	23.0	00001ADD9C
André	19.08.	05:50:06	1	Döbel	23.0	00001ADD9C
André	19.08.	05:55:35	1	Döbel	23.0	00001ADD9C
André	19.08.	09:01:30	1	Döbel	23.0	00001ADD9C
André	19.08.	09:01:33	1	Döbel	23.0	00001ADD9C
André	19.08.	09:41:54	1	Döbel	23.0	00001ADD9C
André	19.08.	09:46:38	1	Döbel	23.0	00001ADD9C
André	19.08.	09:46:52	2	Döbel	23.0	00001ADD9C
André	19.08.	15:08:19	1	Döbel	23.0	00001ADD9C

Tabelle I.4: Ausschnitt aus der Gesamtprotokolldatei des Langzeitversuches vom 27. Juli bis 21. September 1996 in Sinn (Forts.)

Name	Datum	Uhrzeit	Ant.	Art	Länge [cm]	ID-Code
André	19.08.	15:08:20	1	Döbel	23.0	00001ADD9C
André	19.08.	15:08:33	1	Döbel	23.0	00001ADD9C
André	19.08.	17:12:07	1	Döbel	23.0	00001ADD9C
André	19.08.	17:12:32	1	Döbel	23.0	00001ADD9C
André	19.08.	20:22:15	1	Döbel	23.0	00001ADD9C
André	19.08.	20:27:33	1	Döbel	23.0	00001ADD9C
André	19.08.	20:29:03	1	Döbel	23.0	00001ADD9C
André	19.08.	20:59:04	1	Döbel	23.0	00001ADD9C
André	20.08.	06:58:38	1	Döbel	23.0	00001ADD9C
André	20.08.	08:17:42	2	Döbel	23.0	00001ADD9C
André	20.08.	11:41:16	2	Döbel	23.0	00001ADD9C
André	20.08.	22:20:51	1	Döbel	23.0	00001ADD9C
André	20.08.	23:27:10	1	Döbel	23.0	00001ADD9C
André	21.08.	03:56:34	1	Döbel	23.0	00001ADD9C
André	21.08.	06:50:07	2	Döbel	23.0	00001ADD9C
André	21.08.	20:32:37	2	Döbel	23.0	00001ADD9C
André	21.08.	21:39:35	1	Döbel	23.0	00001ADD9C
André	21.08.	23:36:15	1	Döbel	23.0	00001ADD9C
André	21.08.	23:36:16	1	Döbel	23.0	00001ADD9C
André	21.08.	23:51:51	1	Döbel	23.0	00001ADD9C
André	22.08.	01:17:44	1	Döbel	23.0	00001ADD9C
André	22.08.	01:36:41	1	Döbel	23.0	00001ADD9C
André	22.08.	01:50:15	1	Döbel	23.0	00001ADD9C
André	22.08.	21:47:58	1	Döbel	23.0	00001ADD9C
André	22.08.	23:34:34	2	Döbel	23.0	00001ADD9C
André	22.08.	23:34:35	2	Döbel	23.0	00001ADD9C
André	22.08.	23:38:18	2	Döbel	23.0	00001ADD9C
André	22.08.	23:50:21	1	Döbel	23.0	00001ADD9C
André	22.08.	23:50:22	1	Döbel	23.0	00001ADD9C
André	23.08.	02:57:44	1	Döbel	23.0	00001ADD9C
André	23.08.	05:58:24	1	Döbel	23.0	00001ADD9C
André	23.08.	22:57:23	1	Döbel	23.0	00001ADD9C
André	23.08.	22:57:23	1	Döbel	23.0	00001ADD9C
André	23.08.	23:07:21	1	Döbel	23.0	00001ADD9C
André	23.08.	23:58:48	1	Döbel	23.0	00001ADD9C
André	24.08.	01:59:24	1	Döbel	23.0	00001ADD9C
André	24.08.	04:38:34	1	Döbel	23.0	00001ADD9C
André	24.08.	05:48:54	1	Döbel	23.0	00001ADD9C
André	24.08.	06:01:56	1	Döbel	23.0	00001ADD9C
André	24.08.	06:02:46	2	Döbel	23.0	00001ADD9C
André	24.08.	06:03:41	2	Döbel	23.0	00001ADD9C
André	24.08.	06:08:39	1	Döbel	23.0	00001ADD9C

Tabelle I.4: Ausschnitt aus der Gesamtprotokolldatei des Langzeitversuches vom 27. Juli bis 21. September 1996 in Sinn (Forts.)

Name	Datum	Uhrzeit	Ant.	Art	Länge [cm]	ID-Code
André	24.08.	06:27:02	1	Döbel	23.0	00001ADD9C
André	24.08.	06:33:06	1	Döbel	23.0	00001ADD9C
André	24.08.	21:13:09	1	Döbel	23.0	00001ADD9C
André	24.08.	21:13:10	1	Döbel	23.0	00001ADD9C
André	24.08.	21:20:33	1	Döbel	23.0	00001ADD9C
André	24.08.	21:36:25	1	Döbel	23.0	00001ADD9C
André	24.08.	21:38:42	1	Döbel	23.0	00001ADD9C
André	24.08.	21:55:58	1	Döbel	23.0	00001ADD9C
André	24.08.	22:22:19	1	Döbel	23.0	00001ADD9C
André	24.08.	22:26:28	2	Döbel	23.0	00001ADD9C
André	24.08.	22:30:29	2	Döbel	23.0	00001ADD9C
André	24.08.	22:42:31	1	Döbel	23.0	00001ADD9C
André	24.08.	22:45:57	1	Döbel	23.0	00001ADD9C
André	24.08.	23:38:12	2	Döbel	23.0	00001ADD9C
André	24.08.	23:38:13	2	Döbel	23.0	00001ADD9C
André	25.08.	00:06:02	1	Döbel	23.0	00001ADD9C
André	25.08.	00:26:00	1	Döbel	23.0	00001ADD9C
André	25.08.	00:59:50	2	Döbel	23.0	00001ADD9C
André	25.08.	01:37:31	2	Döbel	23.0	00001ADD9C
André	25.08.	01:42:20	1	Döbel	23.0	00001ADD9C
André	25.08.	02:52:29	2	Döbel	23.0	00001ADD9C
André	25.08.	05:28:33	1	Döbel	23.0	00001ADD9C
André	25.08.	21:13:09	1	Döbel	23.0	00001ADD9C
André	25.08.	21:16:37	2	Döbel	23.0	00001ADD9C
André	25.08.	21:16:38	2	Döbel	23.0	00001ADD9C
André	25.08.	21:40:45	1	Döbel	23.0	00001ADD9C
André	25.08.	22:10:37	2	Döbel	23.0	00001ADD9C
André	25.08.	22:39:09	2	Döbel	23.0	00001ADD9C
André	26.08.	01:53:33	1	Döbel	23.0	00001ADD9C
André	26.08.	01:57:28	1	Döbel	23.0	00001ADD9C
André	26.08.	02:39:43	2	Döbel	23.0	00001ADD9C
André	26.08.	20:47:04	1	Döbel	23.0	00001ADD9C
André	26.08.	21:46:04	1	Döbel	23.0	00001ADD9C
André	26.08.	22:59:32	1	Döbel	23.0	00001ADD9C
André	26.08.	23:24:16	1	Döbel	23.0	00001ADD9C
André	27.08.	00:42:13	1	Döbel	23.0	00001ADD9C
André	27.08.	21:57:30	1	Döbel	23.0	00001ADD9C
André	27.08.	21:58:23	1	Döbel	23.0	00001ADD9C
André	27.08.	23:13:42	2	Döbel	23.0	00001ADD9C
André	27.08.	23:16:19	2	Döbel	23.0	00001ADD9C
André	28.08.	08:56:37	2	Döbel	23.0	00001ADD9C
André	28.08.	20:13:19	2	Döbel	23.0	00001ADD9C

Tabelle I.4: Ausschnitt aus der Gesamtprotokolldatei des Langzeitversuches vom 27. Juli bis 21. September 1996 in Sinn (Forts.)

Name	Datum	Uhrzeit	Ant.	Art	Länge [cm]	ID-Code
André	28.08.	20:13:27	2	Döbel	23.0	00001ADD9C
André	28.08.	20:13:35	1	Döbel	23.0	00001ADD9C
André	28.08.	20:30:03	1	Döbel	23.0	00001ADD9C
André	28.08.	21:36:05	1	Döbel	23.0	00001ADD9C
André	28.08.	21:44:19	2	Döbel	23.0	00001ADD9C
André	28.08.	21:44:20	2	Döbel	23.0	00001ADD9C
André	28.08.	21:50:09	2	Döbel	23.0	00001ADD9C
André	28.08.	21:53:40	1	Döbel	23.0	00001ADD9C
André	28.08.	21:56:56	2	Döbel	23.0	00001ADD9C
André	01.09.	21:25:09	2	Döbel	23.0	00001ADD9C
André	02.09.	06:39:41	1	Döbel	23.0	00001ADD9C
André	02.09.	06:53:18	1	Döbel	23.0	00001ADD9C
André	02.09.	06:54:37	1	Döbel	23.0	00001ADD9C
André	02.09.	06:55:18	1	Döbel	23.0	00001ADD9C
André	02.09.	06:56:42	1	Döbel	23.0	00001ADD9C
André	02.09.	06:56:43	1	Döbel	23.0	00001ADD9C
André	02.09.	20:49:15	2	Döbel	23.0	00001ADD9C
André	02.09.	20:49:16	2	Döbel	23.0	00001ADD9C
André	02.09.	20:50:04	2	Döbel	23.0	00001ADD9C
André	02.09.	20:50:05	2	Döbel	23.0	00001ADD9C
André	03.09.	06:32:30	1	Döbel	23.0	00001ADD9C
André	03.09.	20:35:06	2	Döbel	23.0	00001ADD9C
André	04.09.	05:01:20	1	Döbel	23.0	00001ADD9C
André	04.09.	12:00:33	1	Döbel	23.0	00001ADD9C
André	04.09.	19:13:38	1	Döbel	23.0	00001ADD9C
André	04.09.	19:23:58	1	Döbel	23.0	00001ADD9C
André	04.09.	20:29:07	1	Döbel	23.0	00001ADD9C
André	04.09.	20:30:03	2	Döbel	23.0	00001ADD9C
André	04.09.	20:41:39	2	Döbel	23.0	00001ADD9C
André	04.09.	20:41:40	2	Döbel	23.0	00001ADD9C
André	05.09.	07:33:15	1	Döbel	23.0	00001ADD9C
André	05.09.	08:59:40	1	Döbel	23.0	00001ADD9C
André	05.09.	19:04:55	2	Döbel	23.0	00001ADD9C
André	06.09.	10:33:14	2	Döbel	23.0	00001ADD9C
André	06.09.	19:39:41	2	Döbel	23.0	00001ADD9C
André	07.09.	07:02:42	1	Döbel	23.0	00001ADD9C
André	07.09.	07:11:08	1	Döbel	23.0	00001ADD9C
André	07.09.	20:24:20	2	Döbel	23.0	00001ADD9C
André	08.09.	06:20:24	1	Döbel	23.0	00001ADD9C
André	08.09.	06:25:12	1	Döbel	23.0	00001ADD9C
André	08.09.	20:54:52	2	Döbel	23.0	00001ADD9C
André	09.09.	02:00:34	1	Döbel	23.0	00001ADD9C

Tabelle I.4: Ausschnitt aus der Gesamtprotokolldatei des Langzeitversuches vom 27. Juli bis 21. September 1996 in Sinn (Forts.)

Name	Datum	Uhrzeit	Ant.	Art	Länge [cm]	ID-Code
André	10.09.	05:22:21	2	Döbel	23.0	00001ADD9C
André	10.09.	05:29:12	2	Döbel	23.0	00001ADD9C
André	13.09.	01:59:25	2	Döbel	23.0	00001ADD9C
André	13.09.	01:59:46	2	Döbel	23.0	00001ADD9C
André	15.09.	20:19:31	2	Döbel	23.0	00001ADD9C
André	15.09.	21:24:21	2	Döbel	23.0	00001ADD9C
André	15.09.	21:46:19	2	Döbel	23.0	00001ADD9C
André	15.09.	21:46:20	2	Döbel	23.0	00001ADD9C
André	15.09.	22:09:23	1	Döbel	23.0	00001ADD9C
André	15.09.	22:46:43	1	Döbel	23.0	00001ADD9C
André	15.09.	22:50:15	2	Döbel	23.0	00001ADD9C
André	15.09.	22:55:47	2	Döbel	23.0	00001ADD9C
André	16.09.	17:30:37	2	Döbel	23.0	00001ADD9C
André	16.09.	18:34:37	1	Döbel	23.0	00001ADD9C
André	16.09.	18:55:11	1	Döbel	23.0	00001ADD9C
André	16.09.	18:56:00	2	Döbel	23.0	00001ADD9C
André	17.09.	14:52:10	2	Döbel	23.0	00001ADD9C
André	17.09.	14:59:47	2	Döbel	23.0	00001ADD9C
André	17.09.	14:59:47	2	Döbel	23.0	00001ADD9C
André	17.09.	14:59:48	2	Döbel	23.0	00001ADD9C
André	17.09.	15:52:55	1	Döbel	23.0	00001ADD9C
André	18.09.	05:21:03	1	Döbel	23.0	00001ADD9C
Birgit	27.07.	22:12:13	1	Döbel	30.5	00012C49A8
Birgit	27.07.	22:12:23	2	Döbel	30.5	00012C49A8
Burkhard	31.07.	17:23:00	1	Plötze	18.0	0001FB8CBD
Burkhard	31.07.	17:23:17	2	Plötze	18.0	0001FB8CBD
Charly	27.07.	23:34:35	1	Döbel	31.0	0001F9DFEE
Charly	27.07.	23:43:55	2	Döbel	31.0	0001F9DFEE
Clara	29.07.	04:23:15	1	Döbel	29.0	0001C93F18
Clara	29.07.	04:25:34	2	Döbel	29.0	0001C93F18
Clara	31.07.	00:43:49	2	Döbel	29.0	0001C93F18
Cloedo	31.07.	17:34:36	1	Plötze	18.0	0001FBE8EB
Cloedo	31.07.	17:44:24	1	Plötze	18.0	0001FBE8EB
Cloedo	31.07.	17:44:30	2	Plötze	18.0	0001FBE8EB

Tabelle I.4: Ausschnitt aus der Gesamtprotokolldatei des Langzeitversuches vom 27. Juli bis 21. September 1996 in Sinn (Forts.)

Name	Datum	Uhrzeit	Ant.	Art	Länge [cm]	ID-Code
Dagobert	02.08.	15:09:07	1	Bachf.	28.0	0001FBD998
Dagobert	02.08.	15:11:08	1	Bachf.	28.0	0001FBD998
Dagobert	02.08.	15:23:06	1	Bachf.	28.0	0001FBD998
Dagobert	02.08.	15:39:34	2	Bachf.	28.0	0001FBD998
Dagobert	02.08.	15:41:41	1	Bachf.	28.0	0001FBD998
Elli	29.07.	04:39:51	1	Döbel	22.5	0001CAB183
Elli	29.07.	04:43:17	2	Döbel	22.5	0001CAB183
Ferdi	29.07.	04:53:00	1	Döbel	25.0	0001F9E2F1
Ferdi	29.07.	04:53:57	2	Döbel	25.0	0001F9E2F1
Ferdi	30.07.	14:41:06	2	Döbel	25.0	0001F9E2F1
Ferdi	30.07.	14:43:30	1	Döbel	25.0	0001F9E2F1
Guido	29.07.	10:24:48	1	Bachf.	26.0	0001FBEFA3
Guido	29.07.	10:28:13	1	Bachf.	26.0	0001FBEFA3
Guido	31.07.	15:49:43	1	Bachf.	26.0	0001FBEFA3
Nina	04.08.	23:00:51	1	Barbe	18.0	00001F2041
Nina	04.08.	23:50:54	2	Barbe	18.0	00001F2041
Oleg	23.08.	23:03:08	1	Döbel	17.0	00001AD747
Oleg	23.08.	23:37:07	1	Döbel	17.0	00001AD747
Oleg	24.08.	14:50:13	2	Döbel	17.0	00001AD747
Oleg	24.08.	14:53:09	1	Döbel	17.0	00001AD747

II. Hinweise für die Praxis

II.1 Bezugsquelle und Preis

Die automatische Kontrollstation wird unter dem Namen FIT-System (Fisch-Identifikations-Transponder-System) von der Firma Floecksmühle Energietechnik GmbH (Bachstraße 62-64, 52066 Aachen, Tel.: 0241/94689-50) vertrieben. Als Basisausstattung werden die erforderlichen Komponenten in einem Kompaktpaket zum Preis von ca. 35.000 DM angeboten. Je nach den Erfordernissen und standortspezifischen Bedingungen lässt sich das FIT-System entsprechend anpassen.

Nicht enthalten in diesem Kompaktpaket sind die Erstellung eines angepaßten Versuchsprogrammes, die Beschaffung der erforderlichen Genehmigungen, der Fang und die Markierung der Fische mit Transponder sowie Vorbereitung, Organisation, Durchführung und Auswertung der Untersuchung.

Basisausstattung des FIT-Systems	
I. Markierungstechnik	
1	(IID 100) Injektor aus Kunststoff
500	(ID 100) trovan® Transponder, steril in Einmalkanüle
1	(LID 500) trovan® Handlesegerät mit integrierter LCD-Anzeige, NiCd-Akkus, RS-232-Schnittstelle
1	(LID 520) Ladegerät für Handlesegerät
1	Schnittstellenkabel zum Anschluß des Handlesegerätes an einen Computer
II. Lesestation	
2	(ID 2001-14) Lesegeräte
2	(RA-3000) 30-cm-Rahmenantennen
1	(PC Steckmodul) Steckmodul RS-232 auf RS-485 physikalische Schnittstelle zum Anschluß der Lesegeräte an einen Computer
III. Software	
(INDIV) Datenbank zur Verwaltung der individuellen Daten transpondierter Fische	
(ID_READ) Steuerungsprogramm für die Antennenanlage	
(AW_MAIN) Auswertungsprogramm zur Verschneidung der registrierten ID-Codes mit den individuellen Daten der Fische	
IV. Installation des FIT-Systems	
Einbau gemäß Standardabmessungen	
Inbetriebnahme des FIT-Systems	

Bild II.1: Basisausstattung des FIT-Systems

II.2 Rechtliche Voraussetzung für die Markierung von Fischen und den Einsatz des FIT-Systems

Um einen problemlosen Einsatz der automatischen Kontrollstation zur Funktionsüberprüfung eines Fischweges zu gewährleisten, ist es sinnvoll, erforderliche Genehmigungen und Einverständniserklärungen frühzeitig zu beantragen. Dabei ist zu berücksichtigen, daß die Zuständigkeiten und Auslegungen der entsprechenden Gesetze und Verordnungen in den Bundesländern unterschiedlich sind, so daß hier keine allgemeingültige Handlungsanweisung gegeben werden kann und die Verantwortung für ein rechtlich einwandfreies Verhalten ausschließlich beim Bearbeiter liegt.

- Die Genehmigung für die Durchführung der Untersuchung bzw. den Einbau des FIT-Systems sind beim Eigentümer der Fischaufstiegsanlage einzuholen. Diese Person ist nicht immer identisch mit dem Eigentümer bzw. dem Betreiber der Stauanlage.
- Die Genehmigung für den Fang von Fischen, z.B. mittels Elektrofischfang, ist bei der zuständigen Fischereibehörde zu beantragen. Da die Fischereibehörden in den einzelnen Bundesländern verschiedenen Ämtern zugeordnet sind, läßt sich die in dem jeweiligen Bundesland erforderliche Genehmigungsstelle bei der Obersten Fischereibehörde bei den Land- oder Umweltministerien erfragen. Die Ausübung der Elektrofischerei ist generell Personen mit entsprechender Ausbildung vorbehalten.
- Die Ausübung des Elektrofischfanges bedarf i.d.R. einer schriftlichen Einverständniserklärung des jeweils betroffenen Fischereirechtsinhabers, bzw. des Fischereiausübungsberechtigten.
- Sollte der Fang der Fische mit anderen Mitteln, z.B. mit Reusen vorgesehen sein, ist ebenfalls eine entsprechende Genehmigung der zuständigen Fischereibehörde einzuholen.

- Die Markierung von Fischen ist bei den zuständigen Veterinärbehörden anzuzeigen. Da es sich bei der Markierung von Fischen nicht um einen Tierversuch handelt, ist hierfür keine tierschutzrechtliche Genehmigung erforderlich. Da diese Markierungsmethode jedoch relativ unbekannt ist, sollten zur Absicherung Veterinärbehörde sowie die zuständigen Naturschutzbehörde um eine Stellungnahme gebeten werden.
- Die Markierung von Fischen ist unbedingt öffentlich und großräumig, möglichst im gesamten Gewässersystem bekannt zu geben.
- Ist vorgesehen, Fischarten zu markieren, die auf einer Roten Liste stehen, muß eine artenschutzrechtliche Genehmigung bei den zuständigen Naturschutzbehörden eingeholt werden.
- Die Injektion von Transpondern ist autorisierten Personen vorbehalten. Dies sind medizinisch ausgebildete Personen sowie Biologen, die eine entsprechende Ausbildung bzw. Berufserfahrung nachweisen können.