

Bayerisches Landesamt für Umwelt

Studie zum Auftreten des Bachforellensterbens im Mühlbach,
Kanton St. Gallen, Schweiz

Abschlussbericht

April 2006

Projektleitung:

Julia Schwaiger

Bearbeitung:

Michael Gerst, Constanze Römer, Hermann Ferling

INHALTSVERZEICHNIS

1. ZUSAMMENFASSUNG	4
2. EINLEITUNG	5
3. MATERIAL UND METHODEN.....	6
3.1. Mühlbachversuch 1999	6
3.2. Mühlbachversuch 2005	6
3.2.1. Versuchsdesign.....	6
3.2.2. Untersuchungsmethoden	8
3.2.2.1. Allgemeiner Gesundheitszustand der Fische.....	8
3.2.2.2. Hämatologie.....	8
3.2.2.3. Parasitologische, pathologische und histopathologische Untersuchung	8
3.2.2.4. Statistische Auswertung.....	10
4. ERGEBNISSE	11
4.1. Untersuchungsjahr 1999	11
<i>Kiemen</i>	11
<i>Leber</i>	13
<i>Glykogengehalt der Leber</i>	15
<i>Niere</i>	16
4.2. Untersuchungsjahr 2005	19
4.2.1. Allgemeiner Gesundheitszustand der Fische während der Exposition	19
4.2.2. Hämatologische Befunde	19
4.2.3. Histopathologische Befunde.....	23
<i>Kiemen</i>	23
<i>Leber</i>	26
<i>Glykogengehalt der Leber</i>	28
<i>Niere</i>	30
<i>Verdauungstrakt</i>	33
<i>Befall der Haut mit Ektoparasiten</i>	35
4.2.4. Gegenüberstellung der histopathologischen Befunde der Jahre 1999 und 2005..	38
5. DISKUSSION	39
<i>Mühlbachversuch 1999</i>	39
<i>Mühlbachversuch 2005</i>	39

1. ZUSAMMENFASSUNG

Im Rahmen einer Zusammenarbeit zwischen dem Bayerischen Landesamt für Umwelt, dem Landesfischereiverband Bayern e.V. und der schweizerischen Organisation Fischnetz+ wurde am Mühlbach (Gemeinde Wartau, Kanton St. Gallen) ein Expositionsversuch zur Überprüfung der Frage nach dem Auftreten des Phänomens „Bachforellensterben“ an diesem Gewässer durchgeführt. Je sechzig Bach- und Regenbogenforellen wurden in getrennten Becken in unbehandeltem Mühlbachwasser gehalten und zu drei zeitlich versetzten Zeitpunkten (8.6., 28.7. und 30.11.2005) hämatologisch, pathologisch-anatomisch, histopathologisch sowie parasitologisch untersucht.

Darüber hinaus wurde ein Vergleich histopathologischer Befunde eines im Jahr 1999 an derselben Lokalisation durchgeführten Versuches mit den Ergebnissen bayerischer Untersuchungen an der Iller sowie den Ergebnissen aus dem aktuellen Mühlbachversuch vorgenommen. Die am Mühlbach 1999 beobachteten Befunde der Organe Leber und Niere zeigen eine deutliche Übereinstimmung mit langjährig an der Iller erhobenen Befunden. Somit war das Vorliegen des Phänomens „Bachforellensterben“ am Mühlbach im Untersuchungsjahr 1999 mit größter Wahrscheinlichkeit gegeben.

Im Gegensatz dazu ergaben die Untersuchungen des Jahres 2005 während des gesamten Versuchszeitraumes keine Hinweise auf das Auftreten dieses Phänomens. Die exponierten Bachforellen wurden am 30.11.2005, die exponierten Regenbogenforellen am 1.12.2005 in gesundem Zustand den abschließenden hämatologischen, pathologisch-anatomischen, histopathologischen sowie parasitologischen Untersuchungen zugeführt.

2. EINLEITUNG

Seit einigen Jahren wird in voralpinen Flüssen ein Sterben von Bachforellen beobachtet. Betroffen sind hauptsächlich Fische aus den Ober- und Mittelläufen kalkalpiner Gewässer Bayerns, Vorarlbergs und der Schweiz. In Kooperation mit dem Landesfischereiverband Bayern e.V. (LFV) durchgeführte Untersuchungen des Bayerischen Landesamtes für Umwelt (LFU) an der Iller nahe Kempten haben umfassende Erkenntnisse zu Krankheitsbild, Krankheitsverlauf und Artspezifität erbracht und ermöglichen eine Eingrenzung der auslösenden Faktoren. Vor dem Hintergrund verschiedener Untersuchungen, die in der Vergangenheit zum Thema Fischrückgang in der Schweiz im Jahr 1999 im Rahmen des Projekts „*Fischnetz*“ am Mühlbach durchgeführt worden waren, wurde im Jahr 2005 innerhalb des Folgeprojekts „*Fischnetz+*“ ein neuer Expositionsversuch am Mühlbach gestartet. Ziel der Untersuchungen war Erkenntnisse darüber zu erhalten, ob ein Bachforellensterben in der Schweiz noch immer auftritt und ob es sich dort um das gleiche Phänomen wie in Bayern handelt. Die dazu notwendigen tiermedizinischen Untersuchungen wurden durch das Bayerische Landesamt für Umwelt durchgeführt. Der vorliegende Bericht fasst die aus den schweizer Versuchsansätzen der Jahre 1999 und 2005 ermittelten Ergebnisse zusammen.

3. MATERIAL UND METHODEN

3.1. Mühlbachversuch 1999

Die Versuchsanordnung war auf dem Gelände der ARA-Wartau (Abwasserreinigungsanlage-Wartau) untergebracht. In drei Rundbecken, die unbehandeltes, sandgefiltertes oder über Aktivkohle filtriertes Mühlbachwasser erhielten sowie in einem Trinkwasser-gespeisten Kontrollbecken wurden je 50 Bachforellen exponiert (aktives Monitoring). Zu Vergleichszwecken wurden Bachforellen aus dem Mühlbach oberhalb der Einleitungsstelle der ARA-Wartau untersucht (passives Monitoring). Die pathologisch-anatomischen und ersten histopathologischen Untersuchungen wurden damals vom Zentrum für Fisch- und Wildtiermedizin Bern (FIWI) durchgeführt.

Im Rahmen der im Jahr 2005 gestarteten Kooperation zwischen dem LFU, dem LFV und der Organisation „*Fischnetz+*“ wurden die damals am FIWI angefertigten histologischen Präparate am LFU einer erneuten histopathologischen Beurteilung unterzogen, um Aussagen über die Vergleichbarkeit der an der Iller in Bayern und dem Mühlbach in der Schweiz beobachteten Krankheitsbilder treffen zu können. Zur Verfügung standen Schnittpräparate der Organe Kieme, Leber und Niere. Die qualitative Beurteilung der histopathologischen Befunde erfolgte lichtmikroskopisch bei 400facher Vergrößerung. Zur semiquantitativen Bewertung wurden die Organschäden unter Berücksichtigung der Häufigkeit des Auftretens und des Schweregrades der Veränderungen in vier Schädigungskategorien eingeteilt: Grad 0: keine pathologischen Veränderungen; Grad 1: geringgradige pathologische Veränderungen; Grad 2: mittelgradige pathologische Veränderungen; Grad 3: hochgradige pathologische Veränderungen.

3.2. Mühlbachversuch 2005

3.2.1. Versuchsdesign

Unter der Leitung von „*Fischnetz+*“ wurde im Versuchsjahr 2005 auf dem Gelände der ARA-Wartau erneut eine Expositionsanlage betrieben. Es wurden zwei Rundbecken installiert, die über Pumpen mit Mühlbachwasser gespeist wurden. Der Besatz der Anlage erfolgte am 8.06.2005. In Becken eins wurden 60 Bachforellen (Alter 1+, mittleres Gewicht 240 g), in Becken zwei 60 Regenbogenforellen (Alter 1+, mittleres Gewicht 240 g) exponiert.



Abb. 1: Expositionsanlage auf dem Gelände der ARA-Wartau

Über Standrohre wurde das ablaufende Wasser in den Mühlbach zurückgeleitet. Die tägliche Betreuung der Fische wurde von Mitarbeitern der ARA-Wartau und dem Amt für Jagd und Fischerei St. Gallen übernommen. Die Fütterung mit handelsüblichem Pelletfutter erfolgte über Futterautomaten.

Ein Teil der Bachforellen wurde einer dreimaligen Kontrolle der hämatologischen Blutparameter unterzogen. Die dafür vorgesehenen Probanden waren mittels subkutan appliziertem Transponderchip (Trovan[®] ID-100, Passive Transponder System) individuell gekennzeichnet. Eine hämatologische und histopathologische Beprobung von Bachforellen erfolgte präexpositionell zum Zeitpunkt des Besatzes, zu einem Zwischentermin am 28.07.2005 sowie zum Versuchsende am 30.11.2005. Zu Vergleichszwecken wurden zu Beginn und am Ende der Exposition auch Regenbogenforellen in die Untersuchungen einbezogen. Ein Überblick über die Gesamtheit der durchgeführten Untersuchungen wird mit Angabe der Fischzahlen in Tabelle eins vermittelt.

3.2.2. Untersuchungsmethoden

3.2.2.1. Allgemeiner Gesundheitszustand der Fische

Die Versuchsfische wurden einer täglichen Beurteilung des Gesundheitszustandes unterzogen. Schwimm- und Fluchtverhalten, Nahrungsaufnahme und Atemtätigkeit waren die zu beurteilenden Parameter. Diese Untersuchungen wurden im Rahmen der täglichen Kontrollen durch die Anlagenbetreuer durchgeführt und bei Auffälligkeiten protokolliert.

3.2.2.2. Hämatologie

Vor, während und zum Ende der Exposition wurden die markierten Bachforellen einer hämatologischen Untersuchung unterzogen. Die Blutprobenentnahme erfolgte nach Narkotisierung in 0,05 %igem Ethylenglycolmonophenylether-Bad (Merck, Darmstadt) mit Einmalinjektionskanülen und –spritzen durch Punktion der Vena caudalis. Die Proben wurden in heparinisierte Küvetten überführt und bis zur Untersuchung gekühlt. Zur Bestimmung der Gesamtzahl von Erythrozyten und Leukozyten wurde Blut in eine spezielle Mischpipette aufgezogen und mit der Färbelösung nach Natt & Herrick (1952) verdünnt. Nach mindestens zwei Minuten Färbedauer wurden die Proben in eine Zählkammer nach *Neubauer* (Neubauer improved brightline, Assistent) überführt und mikroskopisch bei 250facher Vergrößerung ausgezählt. Die Differenzierung verschiedener Blutzellen aus dem weißen und roten Blutbild erfolgte an nach *Pappenheim* gefärbten Blutausstrichen bei 1000facher Vergrößerung.

Die Hämatokritbestimmung wurde mit heparinisierten Hämatokrit-Kapillaren[®] für Mikrozentrifugen (32 mm, 9 µl; Bayer Diagnostik) unter Verwendung einer Compur-M-1101-Mikrozentrifuge[®] durchgeführt. Zur Sicherheit und Erhöhung der Genauigkeit erfolgten jeweils Doppelmessungen. Zur Messung des Hämoglobingehaltes (Hb) kam die standardisierte Hämoglobin-Zyanid-Methode (Dr. Lange Küvettentest LKM 143[®], Dr. Lange, Berlin) zum Einsatz. Die Messungen erfolgten mit einem Dr. Lange Miniphotometer LP2 (Dr. Lange, Berlin) bei 546 nm.

3.2.2.3. Parasitologische, pathologische und histopathologische Untersuchung

Zu den Beprobungsterminen (Tabelle 1) erfolgte neben den hämatologischen Untersuchungen an jeweils 10 Bachforellen, zum Ende der Exposition an 20 Bachforellen sowie an jeweils 10

Regenbogenforellen präexpositionell und zum Versuchsende eine parasitologische, pathologisch-anatomische und histopathologische Untersuchung. Tabelle 1 gibt einen Überblick über die Gesamtheit der durchgeführten hämatologischen, parasitologischen und pathologisch-anatomischen sowie nach der histotechnischen Aufarbeitung der Organproben erfolgten histopathologischen Untersuchungen.

Tab. 1: Anzahl und Art der an Bach- und Regenbogenforellen durchgeführten Untersuchungen.

Zeitpunkt	vor der Exposition (8.6.2005)		Mitte der Exposition (28.7.2005)		Expositionsende (30.11./1.12.2005)	
	BF*	RF°	BF*	RF°	BF*	RF°
Hämatologie	10		8		10	
pathologische und parasitologische Untersuchung	10	10	10		20	10
histopathologische Untersuchung	10	10	10		20	10

* BF = Bachforelle; °RF = Regenbogenforelle;

Im Anschluss an die Blutprobenentnahme in tiefer Narkose wurden die Bachforellen per Geknickschnitt euthanasiert. Nach der Anfertigung von parasitologischen Haut- und Kiemenabstrichpräparaten wurden die Fische nach Eröffnung der Leibeshöhle einer vollständigen Sektion unterzogen. Organveränderungen der Tiere wurden makroskopisch beurteilt und dabei Gewebeproben von Kiemen, Herz, Leber, Niere, Milz, Magen-Darmtrakt, Gonaden, Schwimmblase und Haut entnommen und in neutral gepuffertem Formalin (4 %) fixiert, im Autotechnicon weiterverarbeitet und in Paraffin eingebettet. Die angefertigten Schnitte (3 µm) wurden im Wasserbad gestreckt, auf Objektträger überführt und zur mikroskopischen Beurteilung mit Hämatoxylin-Eosin (HE) gefärbt. Die qualitative Beurteilung der histopathologischen Befunde erfolgte lichtmikroskopisch bei 400facher Vergrößerung. Zur semiquantitativen Bewertung wurden die Organschädigungen unter Berücksichtigung der Häufigkeit des Auftretens und des Schweregrades der Veränderung in 4 Schädigungskategorien eingeteilt: Grad 0: keine pathologischen Veränderungen; Grad 1: geringgradige pathologische Veränderungen; Grad 2: mittelgradige pathologische Veränderungen; Grad 3: hochgradige pathologische Veränderungen. In analoger Weise wurden die bei der mikroskopischen Auswertung

vorgefundenen Parasitenbefallsraten in 4 Befallsgrade (kein, gering-, mittel- und hochgradiger Befall) eingeteilt.

3.2.2.4. Statistische Auswertung

Die statistische Auswertung der Untersuchungsergebnisse erfolgte mit Hilfe der SPSS Software. Im Falle der hämatologischen und semiquantitativen histopathologischen Daten wurde zunächst eine explorative Datenanalyse durchgeführt und die Normalverteilung mittels des Shapiro-Wilk-Tests geprüft. Im Falle einer Normalverteilung der Werte und einer Homogenität der Varianzen wurde zur Überprüfung möglicher Unterschiede zwischen den Gruppen die ANOVA Varianzanalyse, gefolgt vom Dunnett-T-Test, herangezogen. Lag keine Normalverteilung der Werte vor oder waren sie inhomogen wurde der nichtparametrische Kruskal-Wallis Test sowie der Mann-Whitney U-Test durchgeführt.

4. ERGEBNISSE

4.1. Untersuchungsjahr 1999

Im Folgenden werden die an Kiemen, Leber und Niere ermittelten histopathologischen Befunde aufgeführt.

Kiemen

Bei Bachforellen aller Untersuchungsgruppen waren Veränderungen an den Kiemen im Sinne von Teleangieektasien, Epithelzellhyperplasien und dezenten Epithelablösungen bei der feingeweblichen Untersuchung nachweisbar. Die Schädigungsgrade waren in allen Gruppen gering. Signifikante Unterschiede traten nicht auf (Abb. 2). In Tabelle 2 ist die Häufigkeit des Auftretens der einzelnen pathologischen Veränderungen im Bereich der Kiemen angegeben. Häufigster Befund in allen Gruppen war eine dezente Epithelablösung.

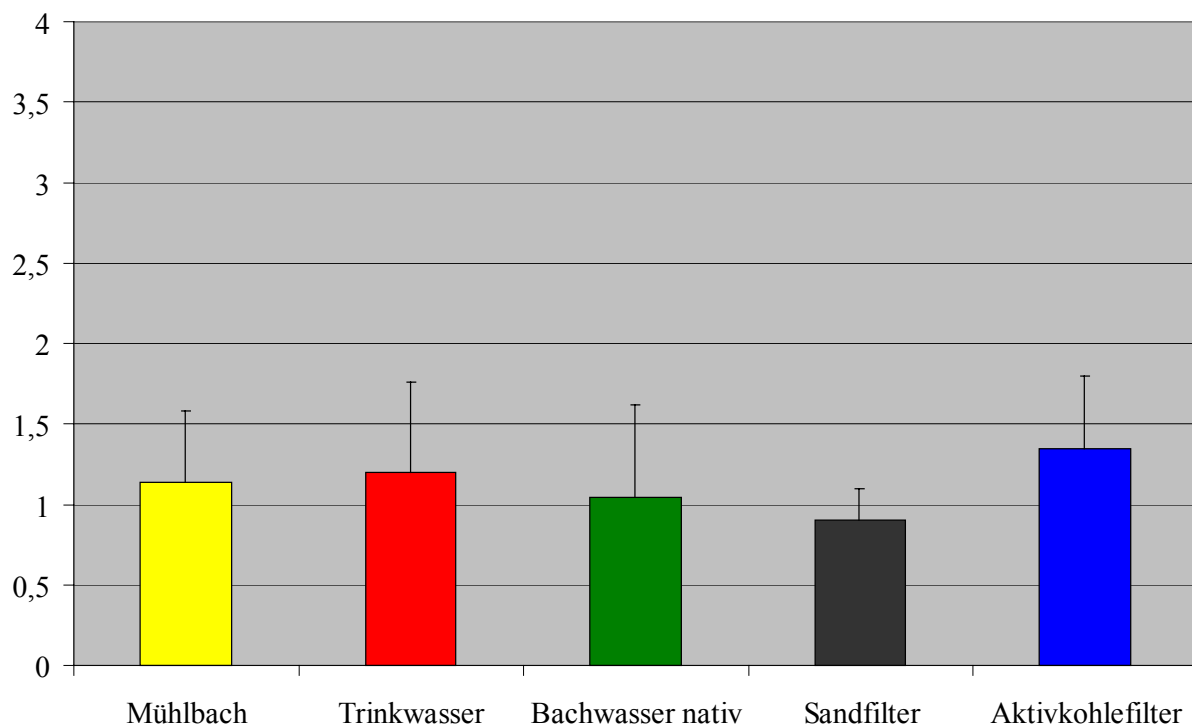


Abbildung 2: Semiquantitative Bewertung des Schädigungsgrades der Kiemen bei Bachforellen (Grad 0-3; Mittelwerte \pm Standardabweichung)

Tabelle 2: Häufigkeit des Auftretens pathologischer Kiemenbefunde (absolut und prozentual) bei Bachforellen

Befunde	Mühlbach (passives Monitoring)	Bachwasser nativ	Sandfilter	Aktivkohle	Kontrolle
Teleangieektasien	5/7 71,4 %	2/14 14,3 %	9/10 90 %	6/10 60 %	5/10 50 %
Epithelzellhyperplasie	4/7 57,1 %	2/14 14,3 %	3/10 30 %	1/10 10 %	4/10 40 %
dezente Epithelablösung	6/7 85,7 %	12/14 85,7 %	10/10 100 %	10/10 100 %	8/10 80 %

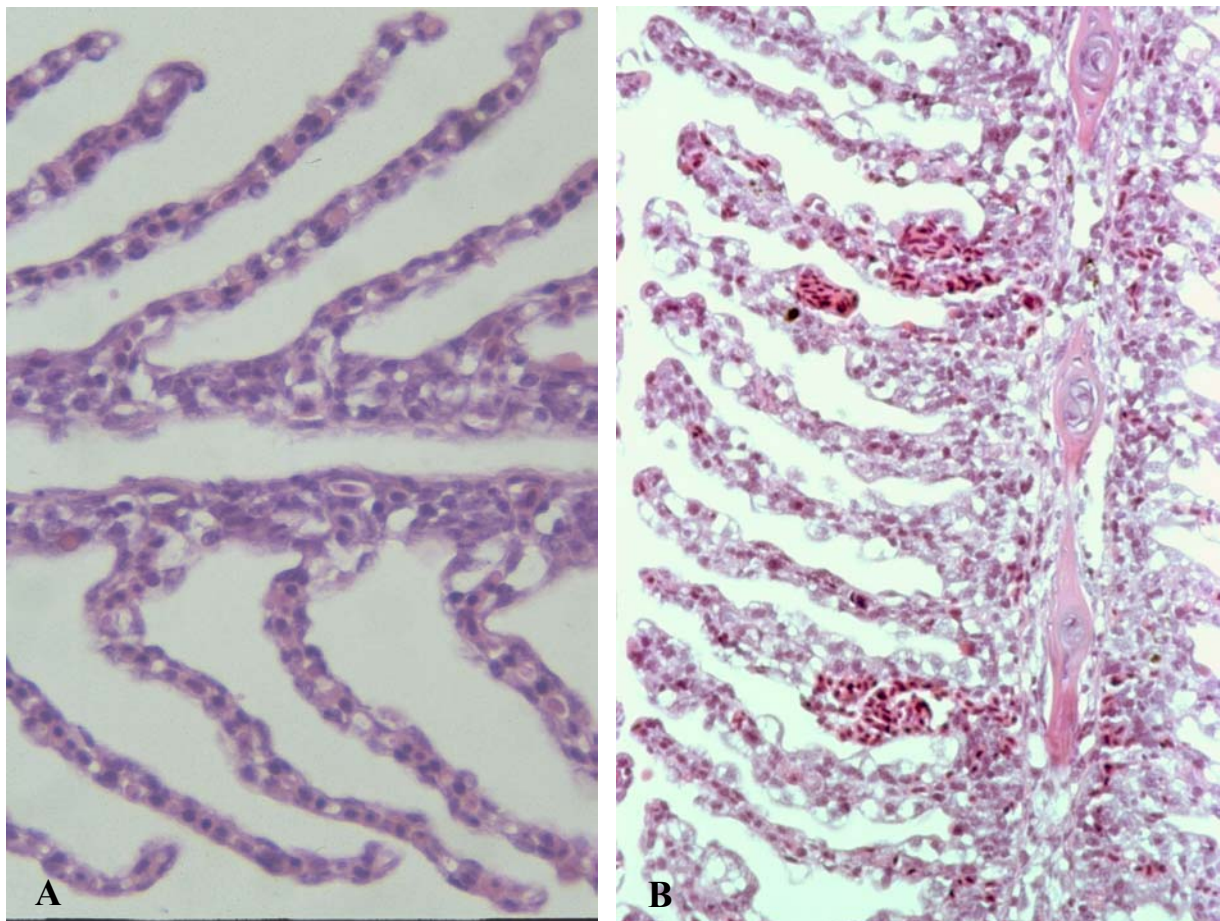


Abbildung 3: Kiemengewebe von Bachforellen. (A) Kiemengewebe einer Bachforelle aus der Kontrollgruppe ohne pathologische Veränderungen; (B) Kiemengewebe einer Bachforelle aus dem Bachwasser: Teleangiektasien, Degeneration des Kiemenepithels; Färbung: H&E; Primärvergrößerung: 250 x

Leber

Einzelzelluntergänge bis hin zu weitreichenden Nekrosen des Lebergewebes, disseminierte sowie peribiliäre entzündliche Infiltrationen und Blutungen in das Lebergewebe traten bei Bachforellen aus den drei Expositionsgruppen „Bachwasser nativ“, „sandfiltriert“ und „aktivkohlefiltriert“ auf. Bei Kontrolltieren und Tieren aus dem passiven Monitoring (Mühlbach) traten nur disseminierte Infiltrationen auf, während die übrigen Befunde bei diesen Tieren nicht zu beobachten waren (Tabelle 3). Der Grad der Schädigung war bei Tieren aus den drei genannten Expositionsgruppen signifikant höher als bei der Kontroll- und der Mühlbachgruppe. Abbildung 4 und 5 vermitteln einen Überblick über die Ausprägung der Organschädigungen.

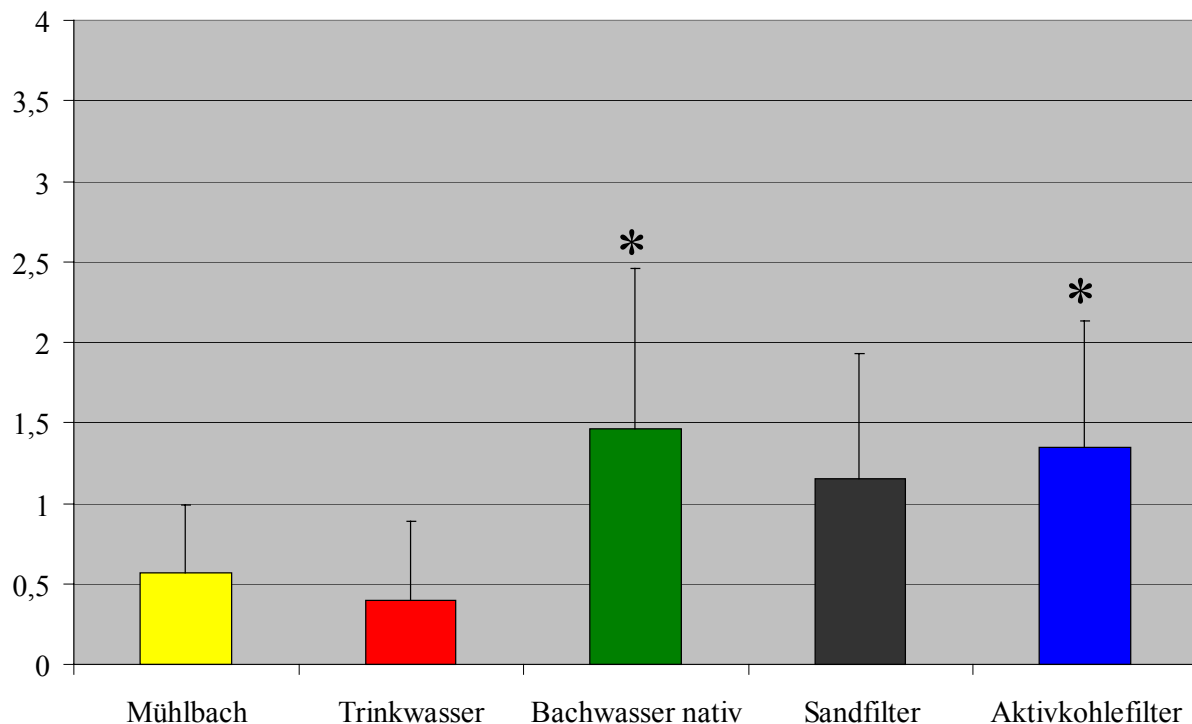


Abbildung 4: Semiquantitative Bewertung des Schädigungsgrades der Leber bei Bachforellen (Grad 0-3; Mittelwerte \pm Standardabweichung); * Trinkwasser versus Mühlbach, Bachwasser nativ, Sandfilter und Aktivkohle; * : $p < 0,05$

Tabelle 3: Häufigkeit des Auftretens pathologischer Leberbefunde (absolut und prozentual) bei Bachforellen

Befunde	Mühlbach (passives Monitoring)	Bachwasser nativ	Sandfilter	Aktivkohle	Kontrolle
Zellkernpyknose/ Nekrose	0/7 0 %	9/14 64,3 %	7/10 70 %	5/10 50%	0/10 0 %
disseminierte In- filtrate	5/7 71,4 %	5/14 35,7 %	6/10 60 %	7/10 70 %	2/5 40 %
Blutungen	0/7 0 %	9/14 64,3 %	1/10 10 %	4/10 40 %	0/10 0 %

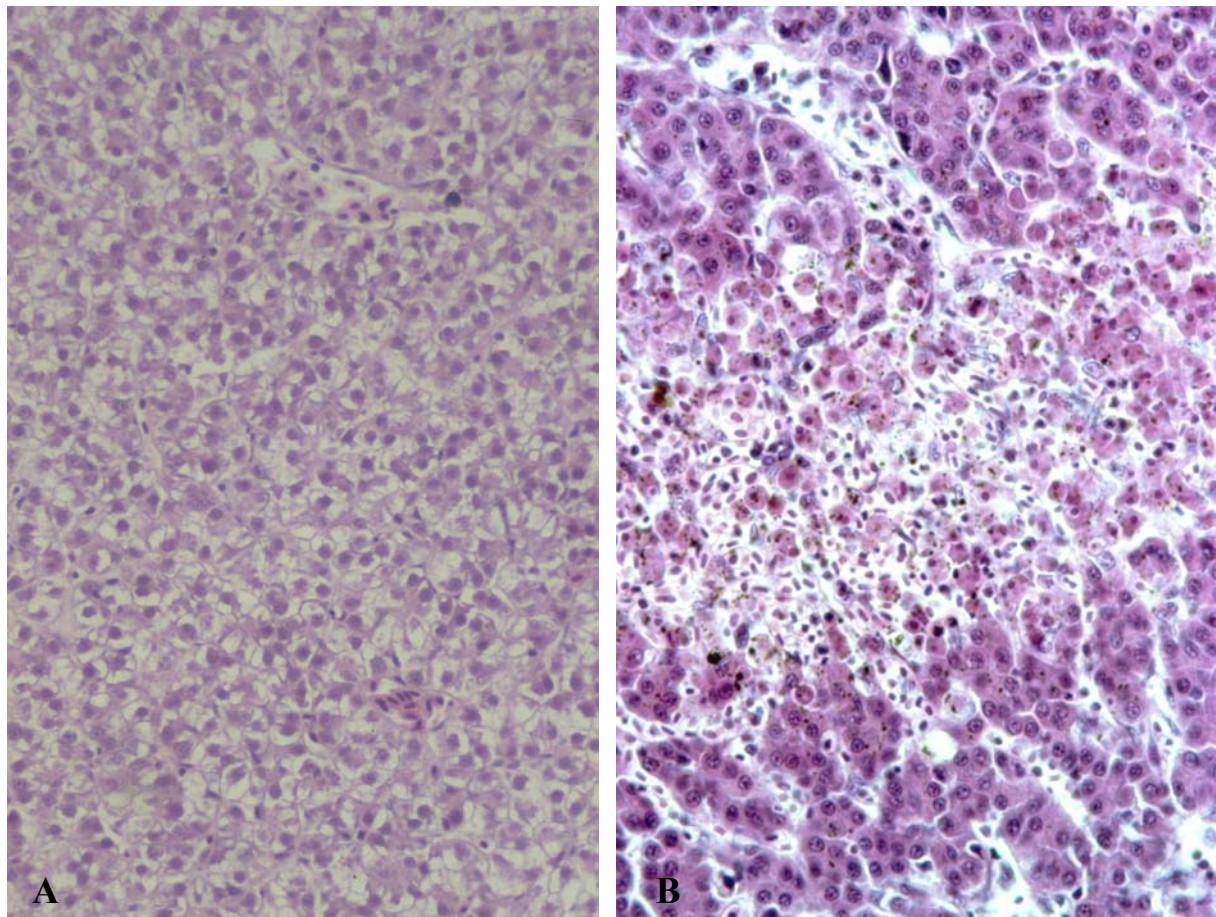


Abbildung 5: Lebergewebe von Bachforellen. (A) Lebergewebe einer Bachforelle aus der Kontrollgruppe ohne pathologische Veränderungen; (B) Lebergewebe einer Bachforelle aus dem Bachwasser: Blutungen, Entzündungsherde, Zellnekrosen; Färbung: H&E; Primärvergrößerung: 250 x

Glykogengehalt der Leber

Bei Bachforellen aller Gruppen war eine teils hochgradige Reduktion der Glykogenreserven in den Leberzellen festzustellen. Sowohl der Schweregrad der Entspeicherung, wie auch die Zahl der betroffenen Tiere lagen bei den Gruppen „Bachwasser nativ“, „sandfiltriert“ und „aktivkohlefiltriert“ zum Teil signifikant höher als bei der Kontrollgruppe und bei aus dem Mühlbach entnommenen Individuen (Abbildung 6 und Tabelle 4).

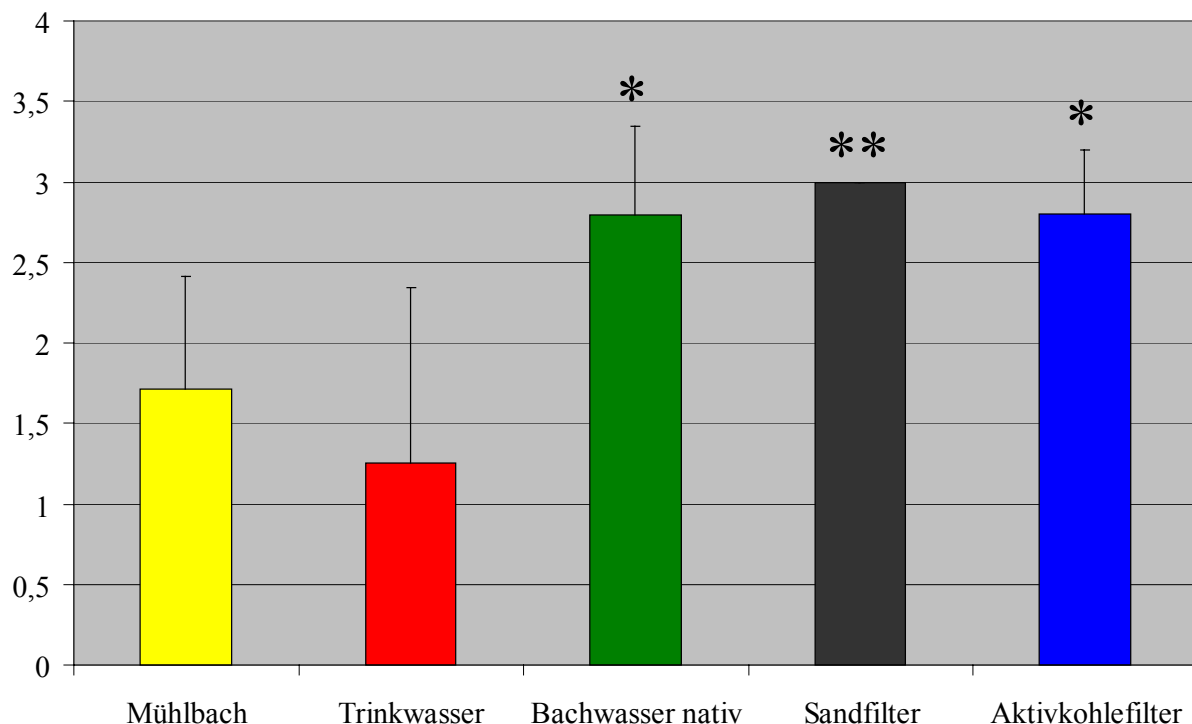


Abbildung 6: Semiquantitative Bewertung des Schweregrades der Glykogenentspeicherung bei Bachforellen (Grad 0-3; Mittelwerte \pm Standardabweichung); * Trinkwasser versus Mühlbach, Bachwasser nativ, Sandfilter und Aktivkohle; * : $p < 0,05$, ** : $p < 0,01$

Tabelle 4: Häufigkeit des Auftretens einer Glykogenentspeicherung (absolut und prozentual) bei Bachforellen

Befunde	Mühlbach (passives Monitoring)	Bachwasser nativ	Sandfilter	Aktivkohle	Kontrolle
Glykogenentspeicherung	7/7 100 %	14/14 100 %	10/10 100 %	10/10 100 %	3/5 60 %

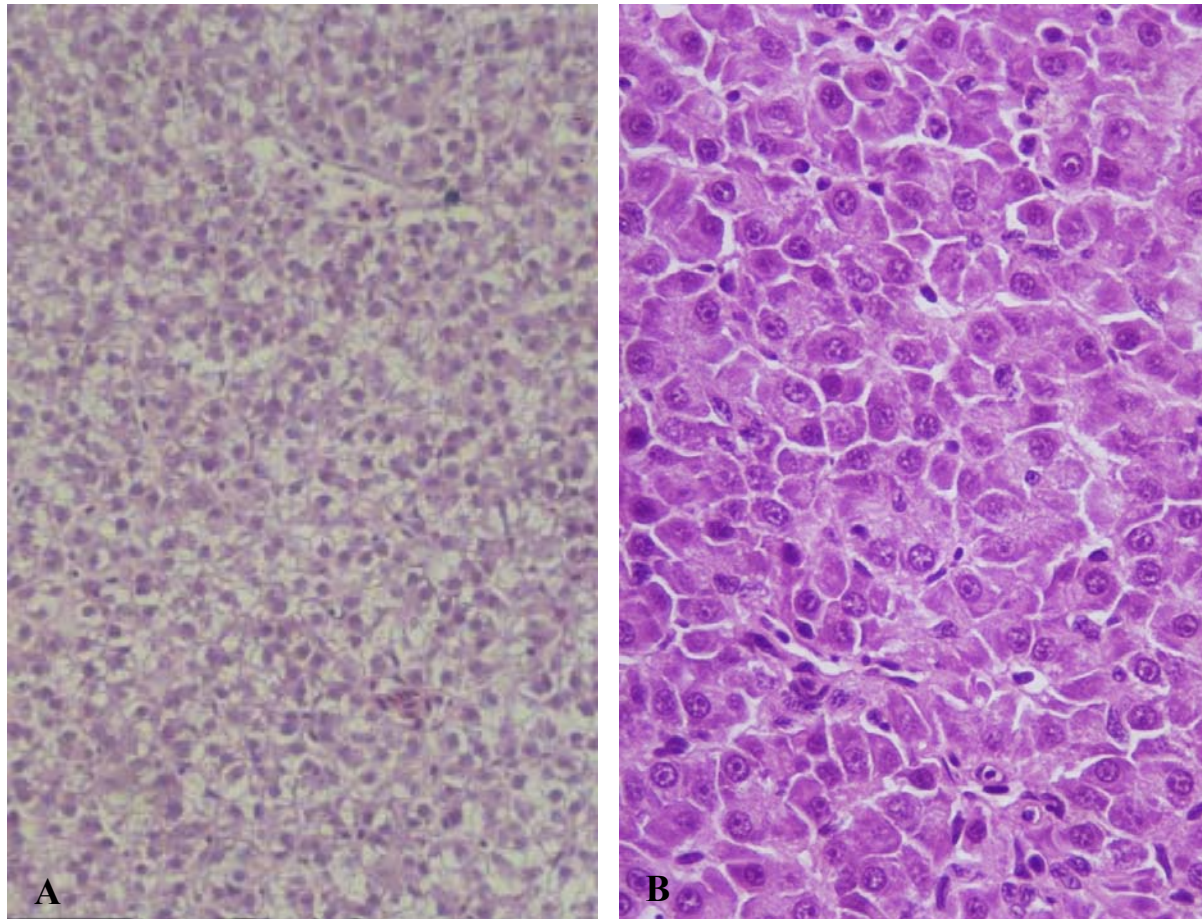


Abbildung 7: Lebergewebe von Bachforellen. (A) Lebergewebe einer Bachforelle aus der Kontrollgruppe ohne pathologische Veränderungen; (B) Lebergewebe einer Bachforelle aus dem Bachwasser: Glykogenentspeicherung; Färbung: HE; Primärvergrößerung: 250 x

Niere

An den Nieren der untersuchten Bachforellen war ein weites Spektrum an pathologischen Veränderungen festzustellen. Glomerulopathien im Sinne einer Erweiterung des Bowman'schen Raumes, Proteinkonglomerate in den Tubuli sowie ein Befall mit *Sphaerospora truttae* in den Tubuluslumina waren bei Fischen aller Gruppen nachweisbar. Multiple Blutungen in das interstitielle Gewebe traten ebenfalls in allen Expositionsgruppen außer bei Kontrolltieren auf. Eine interstitielle Aktivierung zeigten aus dem Mühlbach entnommene Bachforellen, in nativem Bachwasser gehälterte Tiere und in sandfiltriertem Bachwasser exponierte Individuen. Tubulusnekrosen waren nur bei Bachforellen aus der sand- und der aktivkohlefiltrierten Gruppe festzustellen (Tabelle 5).

Signifikant höher lag der Grad der Schädigung der Niere nur bei Fischen die dem Mühlbach entnommen worden waren (Abbildung 8).

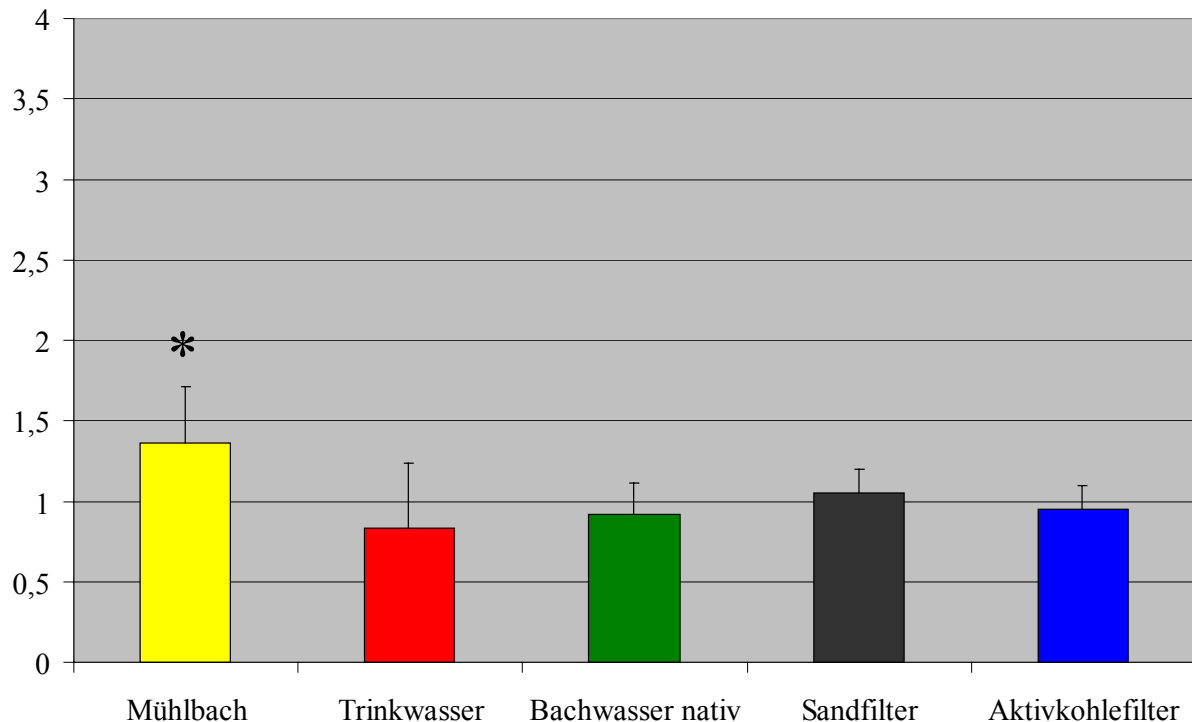


Abbildung 8: Semiquantitative Bewertung des Schädigungsgrades der Niere bei Bachforellen (Grad 0-3; Mittelwerte \pm Standardabweichung); * Trinkwasser versus Mühlbach, Bachwasser nativ, Sandfilter und Aktivkohle; * : $p < 0,05$

Tabelle 5: Häufigkeit des Auftretens pathologischer Nierenbefunde (absolut und prozentual) bei Bachforellen

Befunde	Mühlbach (passives Monitoring)	Bachwasser nativ	Sandfilter	Aktivkohle	Kontrolle
<i>Interstitium</i>					
interstitielle Aktivierung	3/7 42,9 %	5/12 41,7 %	0/10 0 %	3/10 30 %	0/9 0 %
Blutungen	5/7 71,4 %	5/12 41,7 %	4/10 40 %	7/10 70 %	0/9 0 %
<i>Glomerula</i>					
Glomerulopathien	6/7 85,7 %	3/12 25 %	3/10 30 %	5/10 50 %	1/9 11,1 %

Befunde	Mühlbach (passives Monitoring)	Bachwasser nativ	Sandfilter	Aktivkohle	Kontrolle
<i>Tubuli</i>					
Proteinkonglomerate	5/7 71,4 %	8/12 66,6 %	10/10 100 %	10/10 100 %	9/9 100 %
Tubulusnekrosen	0/7 0 %	0/12 0 %	3/10 30 %	1/10 10 %	0/9 0 %
Sphaerospora truttae	6/7 85,7 %	9/12 75 %	2/10 20 %	4/10 40 %	6/9 66,6 %

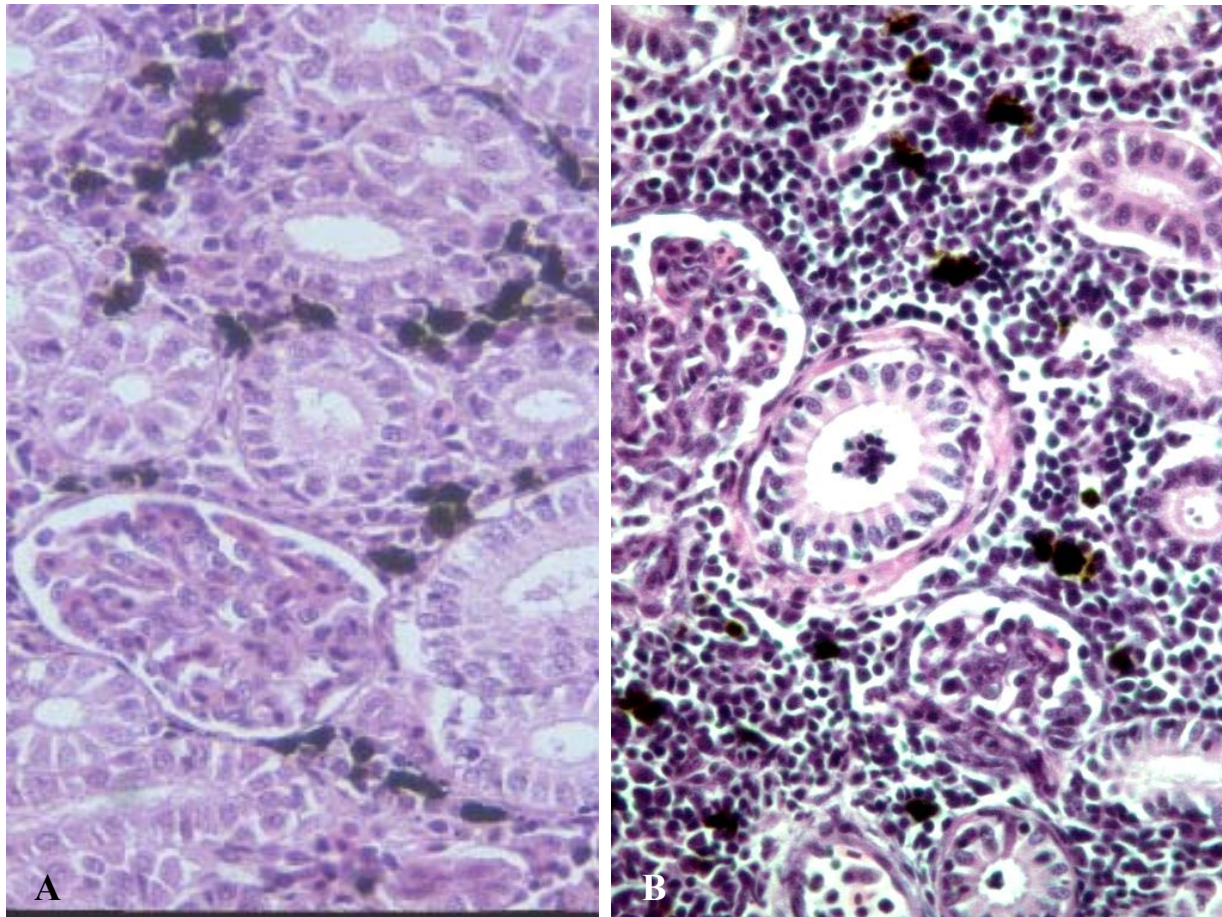


Abbildung 9: Nierengewebe von Bachforellen. (A) Nierengewebe einer Bachforelle aus der Kontrollgruppe ohne pathologische Veränderungen; (B) Nierengewebe einer Bachforelle aus dem Bachwasser: Proliferation interstitieller Zellen, tubuläre Konglomerate; Färbung: HE; Primärvergrößerung: 250 x

4.2. Untersuchungsjahr 2005

4.2.1. Allgemeiner Gesundheitszustand der Fische während der Exposition

In der ersten Expositionswoche wurde durch Betreuer der Versuchsanlage eine akut verlaufende Infektion mit *Aeromonas hydrophila* bei Bach- und weniger ausgeprägt bei Regenbogenforellen beobachtet. Ein durch den Anlagenbetreuer durchgeführter Behandlungsversuch konnte den Verlust beider Gruppen nicht verhindern. Somit wurden ein Neubesatz und eine erneute präexpositionelle Untersuchung notwendig. Der Neubesatz mit Regenbogenforellen erfolgte mit Vollgeschwistern gleicher Herkunft. Bei den Bachforellen wurde eine andere Herkunft gewählt.

Darüber hinaus verlief der Untersuchungszeitraum ohne größere Störungen von außen. Umweltbedingte Einflüsse, die eine Störung des Anlagenbetriebes hervorzurufen in der Lage gewesen wären, wie zum Beispiel Hoch- oder Niedrigwasser, Erwärmung oder starke Trübstofffrachten im Wasser, waren während des Versuchsverlaufes nicht zu beobachten. Im Verlauf des Frühsommers waren moderate Verluste durch eine erneut auftretende Infektion mit *Aeromonas hydrophila* zu verzeichnen. Die adäquate Behandlung (0,4 ml Baytril®/ kg KM i.p.) am 28.7.2005 anlässlich der geplanten Probennahme durch Mitarbeiter des LFU brachte das Krankheitsgeschehen zum Stillstand. Vereinzelt Abgänge von Bachforellen im restlichen Versuchsverlauf waren auf einen Pilzbefall mit *Saprolegnia* zurückzuführen, stellten aber für den Erfolg des Versuches keine Gefährdung dar. Eine Therapie wurde in diesem Zusammenhang nicht durchgeführt.

4.2.2. Hämatologische Befunde

Die präexpositionelle Untersuchung an zehn markierten Bachforellen wurde am 8.6.2005, eine weitere in der Mitte der Exposition am 28.7.2005 an den verbliebenen acht markierten Bachforellen sowie zum Versuchsende an den bis dahin noch lebenden sechs markierten Bachforellen durchgeführt. Um die statistisch auswertbare Größe von zehn hämatologisch untersuchten Probanden zum Versuchsende zu erreichen, wurden zusätzlich vier nicht markierte Bachforellen einer Blutuntersuchung unterzogen.

Die Mittelwerte der Erythrozytenzahlen ließen mit $1,22 \times 10^6$ Erythrozyten/ μl keinen Unterschied zwischen den präexpositionellen Ausgangswerten und den Werten zu Versuchsende erkennen. Bei der Untersuchung in der Mitte des Versuchszeitraumes zeigte sich jedoch eine

moderate Verminderung der Erythrozytenzahlen auf $1,09 \times 10^6$ Erythrozyten/ μl . Die Streuung der Werte bei den einzelnen Probanden war gegenüber den beiden anderen Untersuchungsterminen deutlich größer (Abbildung 10).

Bei der Bestimmung der Gesamtleukozytenzahl fiel über den Versuchszeitraum ein deutliches Ansteigen der weißen Blutzellen auf. Präexpositionell lag der Gehalt an Leukozyten bei $1,15 \times 10^4$ / μl . Am 28.7.2005 ergab die Zählung bereits einen signifikanten Anstieg auf $3,9 \times 10^4$ Leukozyten/ μl , um anlässlich der abschließenden Untersuchung mit $4,67 \times 10^4$ Leukozyten/ μl ein Maximum zu erreichen (Abbildung 11).

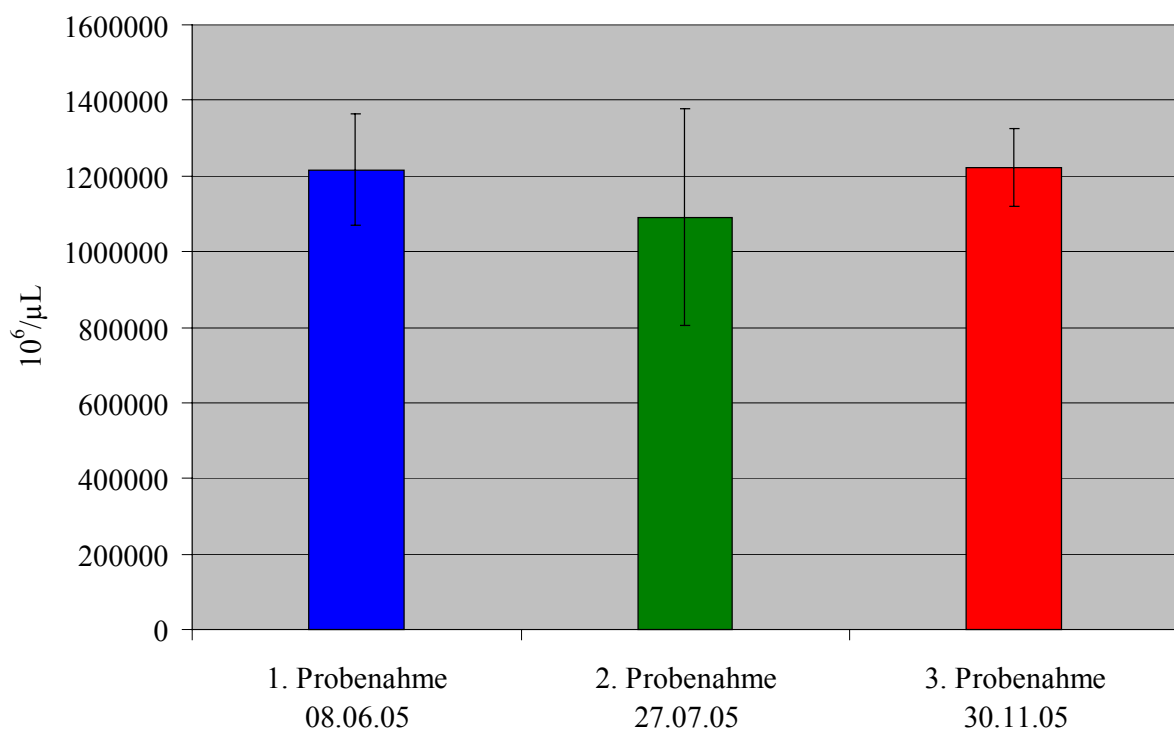


Abbildung 10: Erythrozytenzahl der Bachforellen zu den einzelnen Untersuchungszeitpunkten (Mittelwert \pm Standardabweichung)

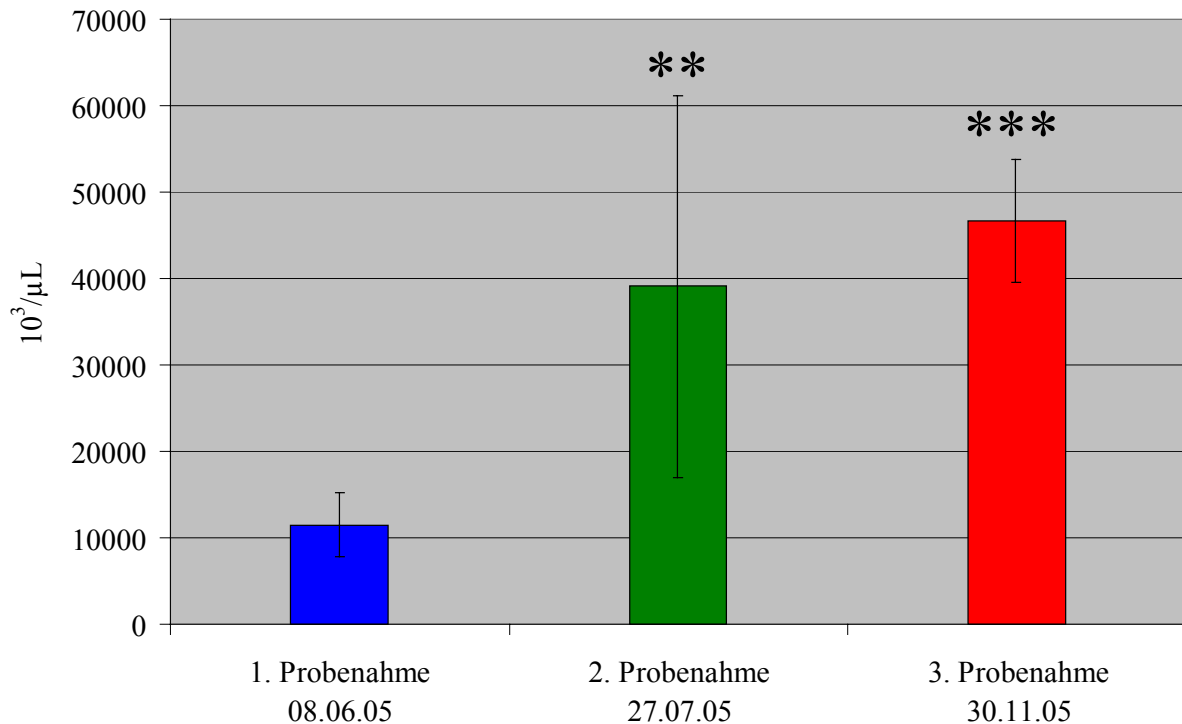


Abbildung 11: Leukozytenzahl der Bachforellen zu den einzelnen Untersuchungszeitpunkten (Mittelwert \pm Standardabweichung); * Präexposition versus Zwischentermin und Expositionsende ;** : $p < 0,05$, *** : $p < 0,001$

Hinsichtlich des weißen Differentialblutbildes ergaben sich signifikante Verschiebungen im Versuchsverlauf. Während der Anteil heterophiler Granulozyten präexpositionell bei 9,2 % und der Anteil von Lymphozyten bei 90,8 % lag, war am 28.7.2005 eine Verschiebung zu 43,5 % heterophilen Granulozyten und zu 56,5 % Lymphozyten zu verzeichnen. Die Streuung der Werte zwischen den einzelnen Probanden war zu diesem Zeitpunkt deutlich höher, als bei den beiden übrigen Terminen. Am 30.11.2005 lag der Anteil heterophiler Granulozyten immer noch bei 24,9 %, der Anteil der Lymphozyten bei 75,1 % (Abbildung 12).

Zu Beginn der Exposition lag der Hämatokritwert bei 44 %. Zum mittleren Untersuchungszeitpunkt war eine signifikante Reduktion auf 32,12 % zu erkennen. Die Bestimmung anlässlich der Abschlußuntersuchung ergab einen Hämatokrit von 41,8 % (Abbildung 13).

Die mittleren Hämoglobinkonzentrationen zu Versuchsbeginn lagen bei 9,83 g/dl. Sie erfuhren in der Versuchsmittle eine signifikante Reduktion auf 7,0 g/dl und zu Versuchsende einen tendenziellen Anstieg auf 7,9 g/dl (Abbildung 14).

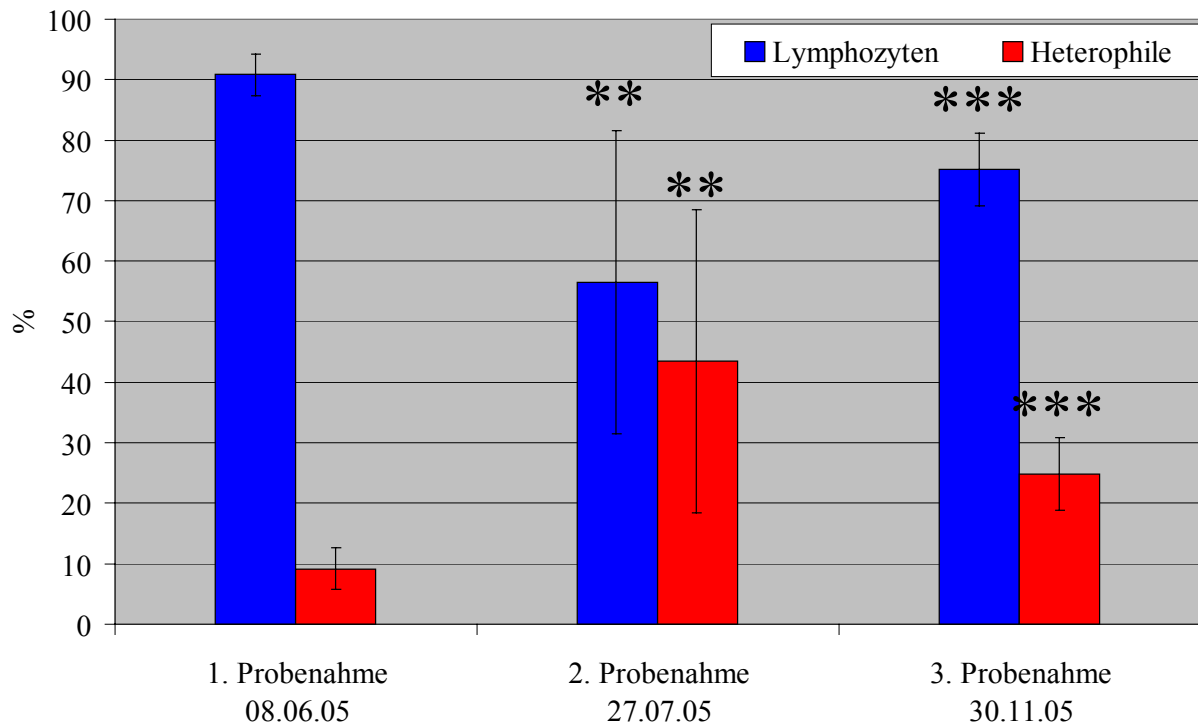


Abbildung 12: Weißes Differentialblutbild zu den einzelnen Untersuchungszeitpunkten (Mittelwert \pm Standardabweichung); * Präexposition versus Zwischentermin und Expositionsende; ** : $p < 0,01$, *** : $p < 0,001$

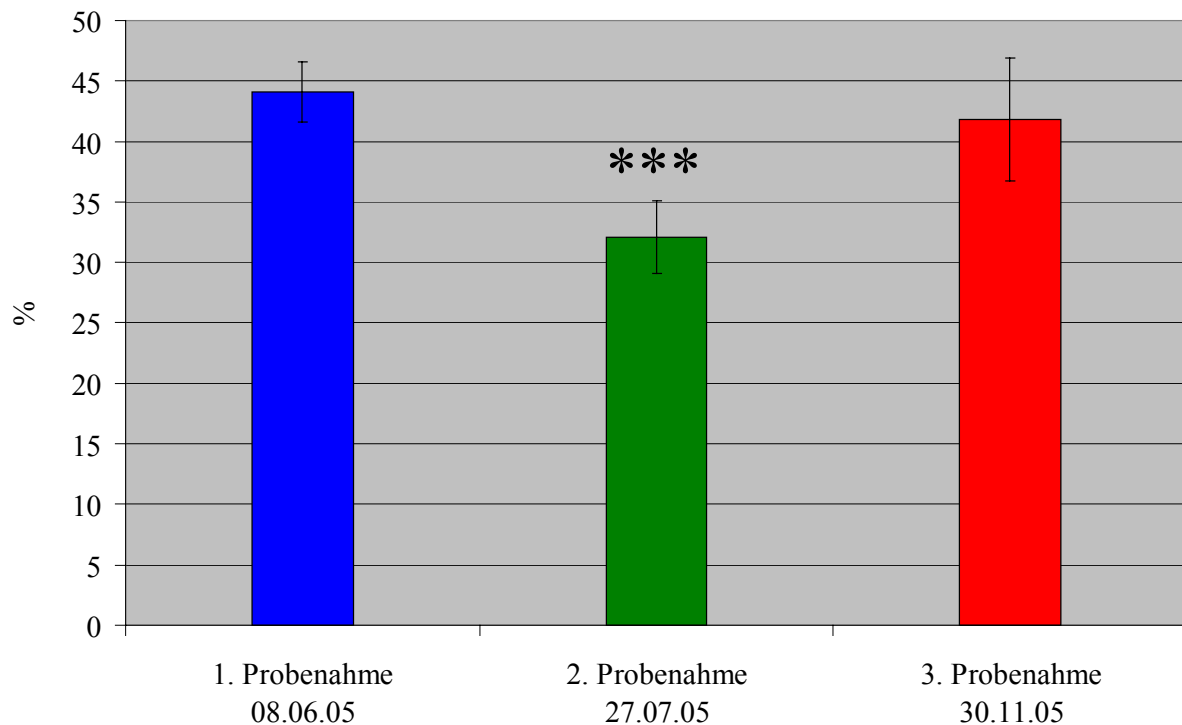


Abbildung 13: Hämatokrit zu den unterschiedlichen Untersuchungszeitpunkten (Mittelwert \pm Standardabweichung)); * Präexposition versus Zwischentermin und Expositionsende; *** : $p < 0,001$

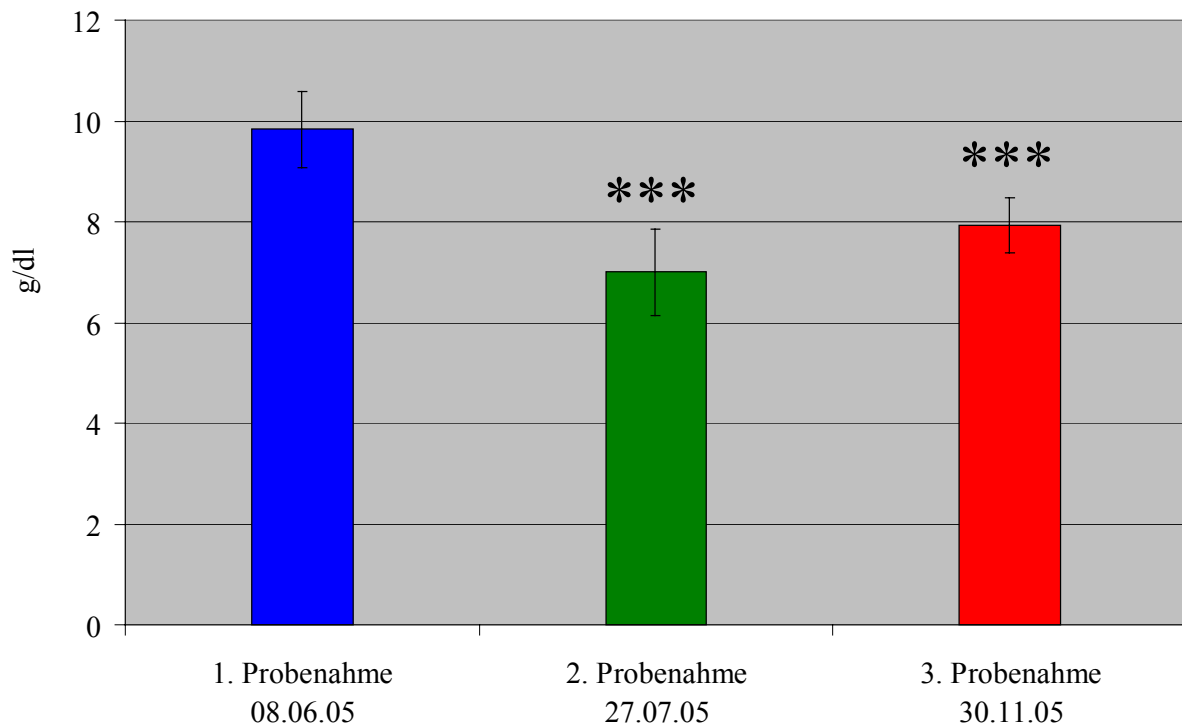


Abbildung 14: Hämoglobinkonzentration zu den unterschiedlichen Untersuchungszeitpunkten (Mittelwert \pm Standardabweichung); * Präexposition versus Zwischentermin und Expositionsende; *** : $p < 0,001$

4.2.3. Histopathologische Befunde

Die histopathologische Untersuchung ergab Organveränderungen an Kiemen, Leber, Niere und am Verdauungstrakt der exponierten Fische beider Arten. Die Ergebnisse der verschiedenen Untersuchungstermine (s.o.) werden im Folgenden nach pathologischen Befunden der einzelnen Organsysteme geordnet gegenübergestellt.

An Auge, Haut und Milz waren keine pathologischen Befunde zu erheben. Auf eine Darstellung wird deshalb verzichtet. Ebenfalls nicht tabellarisch dargestellt wird der Befund einer Regenbogenforelle, die entzündliche, myokardiale Infiltrationen, verbunden mit einer Dilatation des Sinus venosus/ Atrium als Einzelbefund aufwies.

Kiemen

Sowohl bei Bach- als auch bei Regenbogenforellen ließ sich eine Zunahme des Spektrums pathologischer Veränderungen im Verlauf des Versuches feststellen. Während bei Bachforellen vor Expositionsbeginn nur in einem von zehn Fällen Teleangieektasien zu beobachten

waren, konnten zum Expositionsende Teleangieektasien, Epithelzellhyperplasien sowie dezente Epithelablösungen in geringer bis mittlerer Häufigkeit gesehen werden. Der Grad der Schädigung war jeweils gering, lag aber dennoch sowohl anlässlich der Untersuchungen zu Expositionsmitte, wie auch zum Expositionsende deutlich über der Ausgangssituation (Tabelle 6, Abbildung 15).

Bei Regenbogenforellen fielen bereits bei der präexpositionellen Untersuchung Epithelzellhyperplasien sowie dezente Epithelablösungen in einer geringen bis mittleren Häufigkeit auf. Zu Versuchsende nahm die Häufigkeit des Auftretens dieser Veränderungen zu. Der Grad der Schädigung nahm ebenfalls etwas zu. Signifikante Veränderungen waren jedoch nicht zu beobachten (Tabelle 7, Abbildung 16).

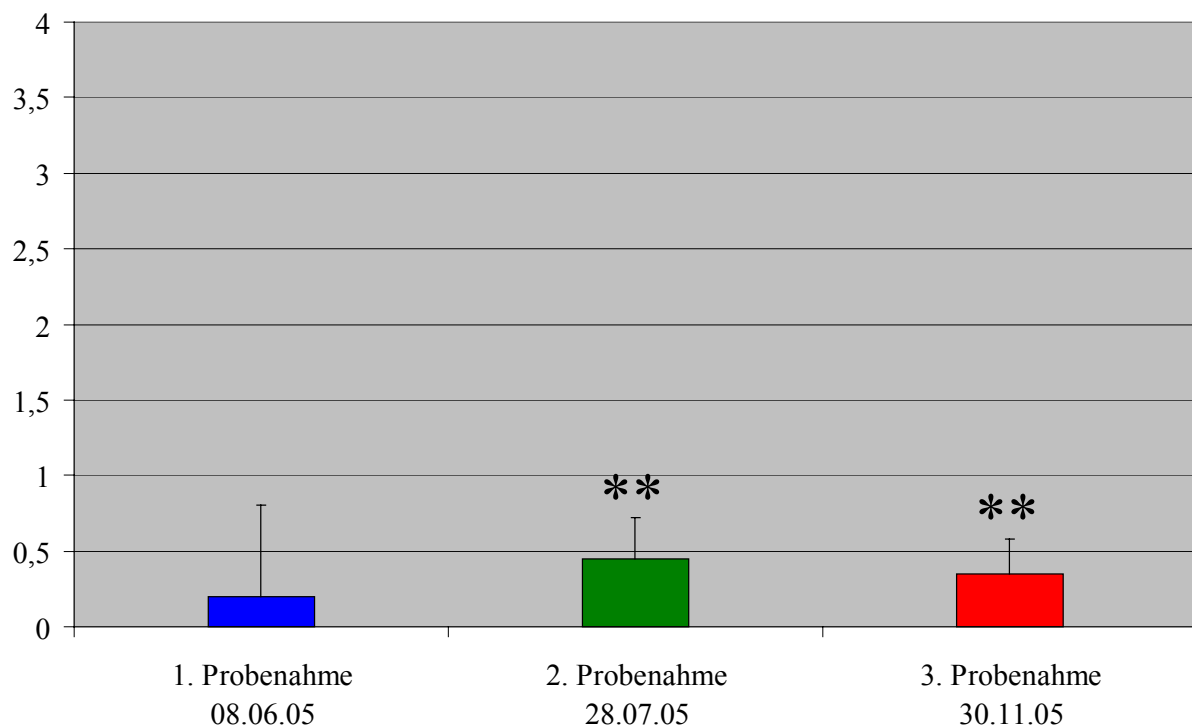


Abbildung 15: Semiquantitative Bewertung des Schädigungsgrades der Kiemen bei Bachforellen (Grad 0-3; Mittelwerte \pm Standardabweichung); * Präexposition versus Zwischentermin und Expositionsende; ** : $p < 0,01$

Tabelle 6: Häufigkeit des Auftretens pathologischer Kiemenbefunde (absolut und prozentual) bei Bachforellen

Befunde	Präexposition 8.6.2005	Zwischentermin 28.7.2005	Expositionsende 30.11.2005
Teleangieektasien	1/10 10 %	0/10 0 %	2/20 10 %
Epithelzellhyperplasie	0/10 0 %	1/10 10 %	4/20 20 %
dezente Epithelablösung	0/10 0 %	8/10 80 %	12/20 60 %

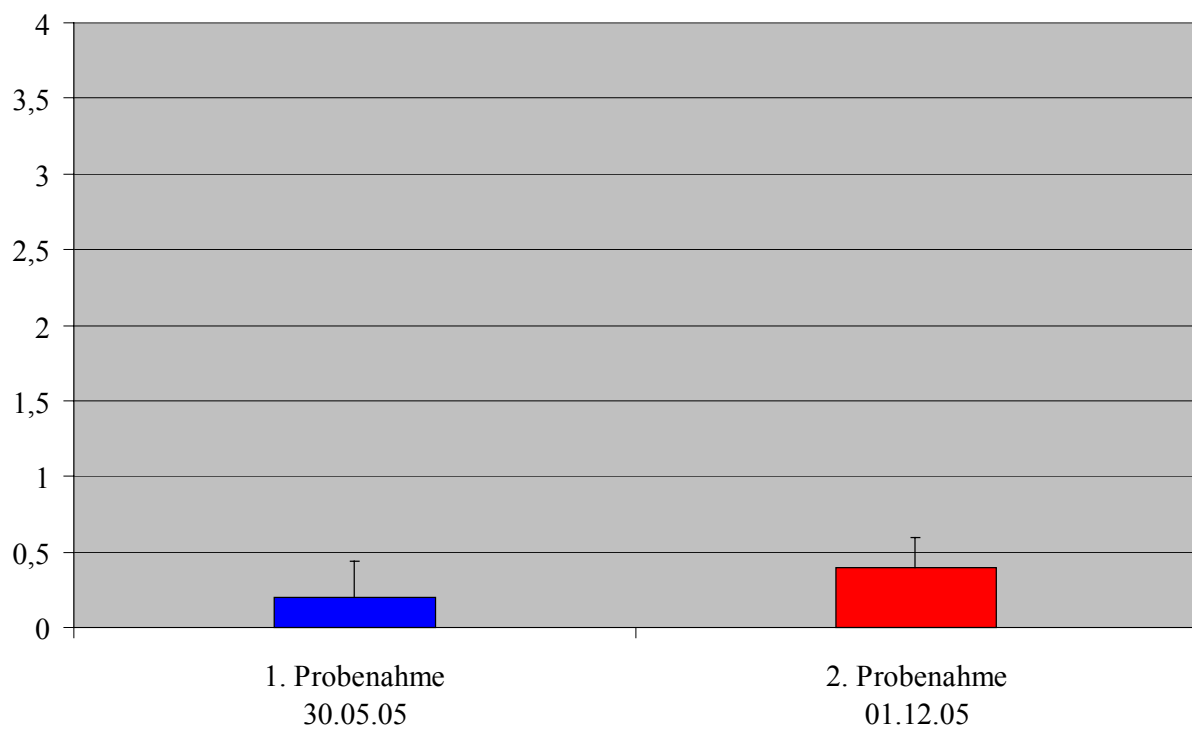


Abbildung 16: Semiquantitative Bewertung des Schädigungsgrades der Kiemen bei Regenbogenforellen (Grad 0-3; Mittelwerte \pm Standardabweichung)

Tabelle 7: Häufigkeit des Auftretens pathologischer Kiemenbefunde (absolut und prozentual) bei Regenbogenforellen

Befunde	Präexposition 30.5.2005	Zwischentermin 28.7.2005	Expositionsende 30.11.2005
Teleangieektasien	0/10 0 %	keine Untersuchung vorgesehen	0/10 0 %
Epithelzellhyperplasie	1/10 10 %	keine Untersuchung vorgesehen	8/10 80 %
dezente Epithelablösung	5/10 50 %	keine Untersuchung vorgesehen	8/10 80 %

Leber

Pathologische Veränderungen an der Leber waren nur bei wenigen Bachforellen im Sinne von disseminierten Infiltraten mit Entzündungszellen zu sehen. Die Schädigungsgrade waren gering. Insbesondere waren die für das Phänomen des Bachforellensterbens typischen Befunde wie Blutungen und Zellnekrosen nicht nachweisbar (Tabelle 8, Abbildung 17). An Regenbogenforellen konnten keine pathologischen Befunde im Bereich der Leber erhoben werden (Tabelle 9, Abbildung 18).

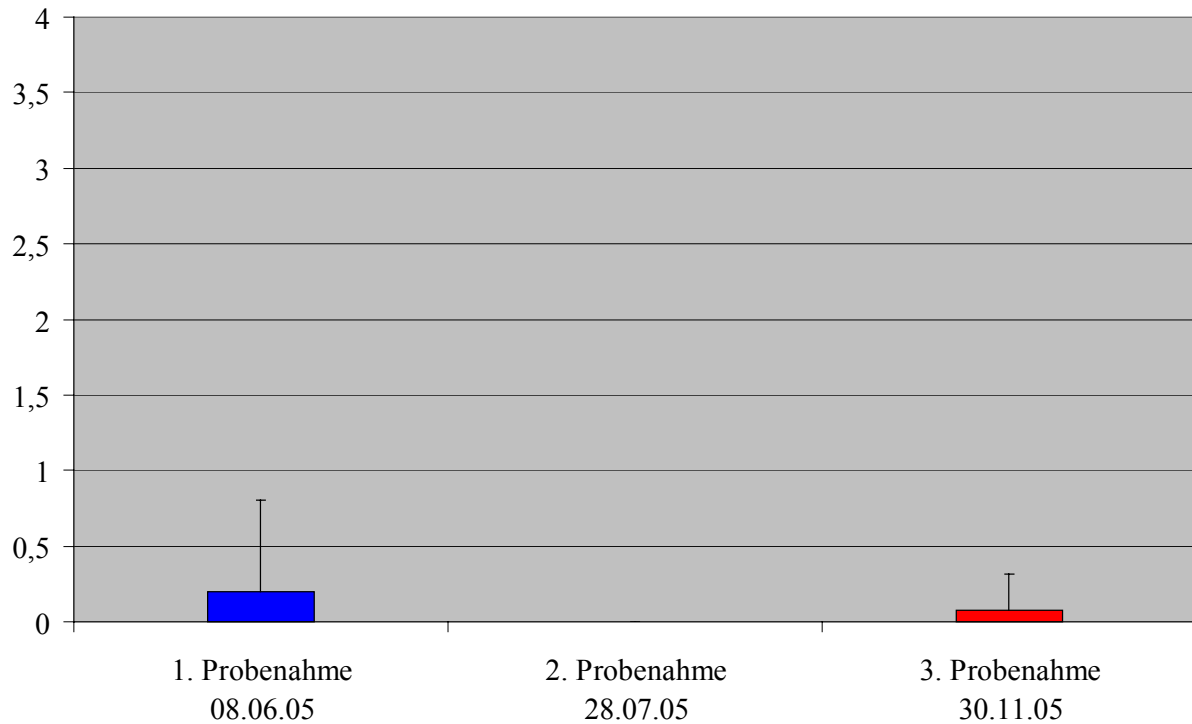


Abbildung 17: Semiquantitative Bewertung des Schädigungsgrades der Leber bei Bachforellen (Grad 0-3; Mittelwerte \pm Standardabweichung)

Tabelle 8: Häufigkeit des Auftretens pathologischer Leberbefunde (absolut und prozentual) bei Bachforellen

Befunde	Präexposition 8.6.2005	Zwischentermin 28.7.2005	Expositionsende 30.11.2005
Zellkernpyknose/ Nekrose	0/10 0 %	0/10 0 %	0/20 0 %
fokale Infiltrate	1/10 10 %	0/10 0 %	2/20 10 %
Blutungen	0/10 0 %	0/10 0 %	0/20 0 %

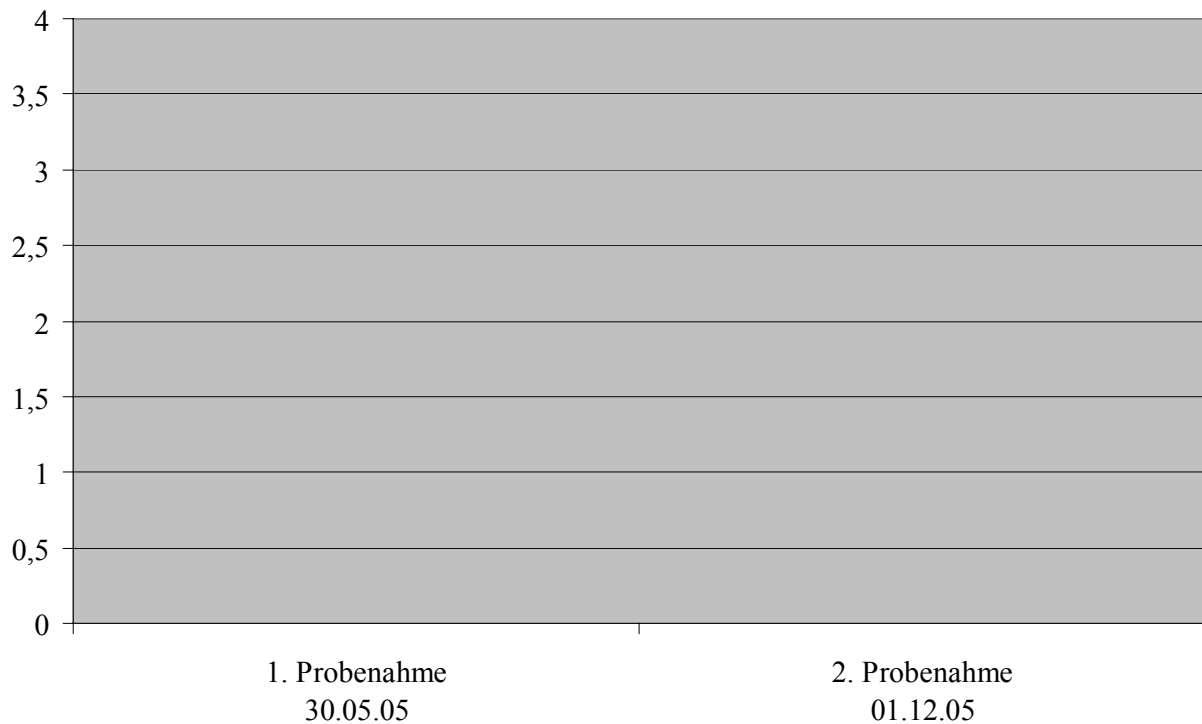


Abbildung 18: Semiquantitative Bewertung des Schädigungsgrades der Leber bei Regenbogenforellen (Grad 0-3; Mittelwerte \pm Standardabweichung)

Tabelle 9: Häufigkeit des Auftretens pathologischer Leberbefunde (absolut und prozentual) bei Regenbogenforellen

Befunde	Präexposition 30.5.2005	Zwischentermin 28.7.2005	Expositionsende 30.11.2005
Zellkernpyknose/ Nekrose	0/10 0 %	keine Untersuchung vorgesehen	0/10 0 %
fokale Infiltrate	0/10 0 %	keine Untersuchung vorgesehen	0/10 0 %
Blutungen	0/10 0 %	keine Untersuchung vorgesehen	0/10 0 %

Glykogengehalt der Leber

Anlässlich der präexpositionellen Untersuchung wurde ein physiologischer Speicherzustand der Leberzellen mit Glykogen festgestellt. Eine signifikante Reduktion der Glykogendepots der Leberzellen war bei Bachforellen anlässlich der Untersuchung zum Zwischentermin deutlich ausgeprägt. Sowohl die Häufigkeit des Auftretens, wie auch die Ausprägung dieser Schä-

digung stellten sich zum Expositionsende geringer dar (Tabelle 10, Abbildung 19). Bei Regenbogenforellen konnte eine Glykogendepletion präexpositionell nachgewiesen werden, trat aber anlässlich der Abschlussuntersuchung nicht mehr in Erscheinung (Tabelle 11, Abbildung 20).

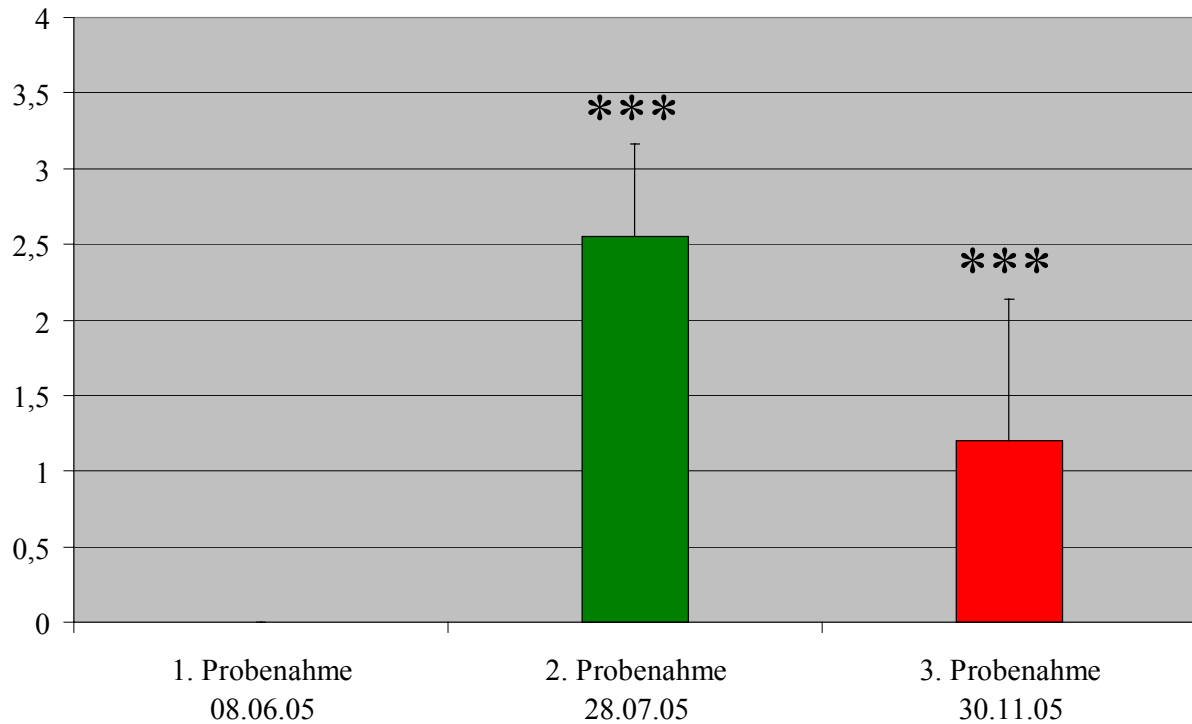


Abbildung 19: Semiquantitative Bewertung des Schädigungsgrades der Glykogenentspeicherung bei Bachforellen (Grad 0-3; Mittelwerte \pm Standardabweichung); * Präexposition versus Zwischentermin und Expositionsende; *** : $p < 0,001$

Tabelle 10: Häufigkeit des Auftretens einer Glykogenentspeicherung (absolut und prozentual) bei Bachforellen

Befund	Präexposition 8.6.2005	Zwischentermin 28.7.2005	Expositionsende 30.11.2005
Glykogenentspeicherung	0/10 0 %	10/10 100 %	15/20 75 %

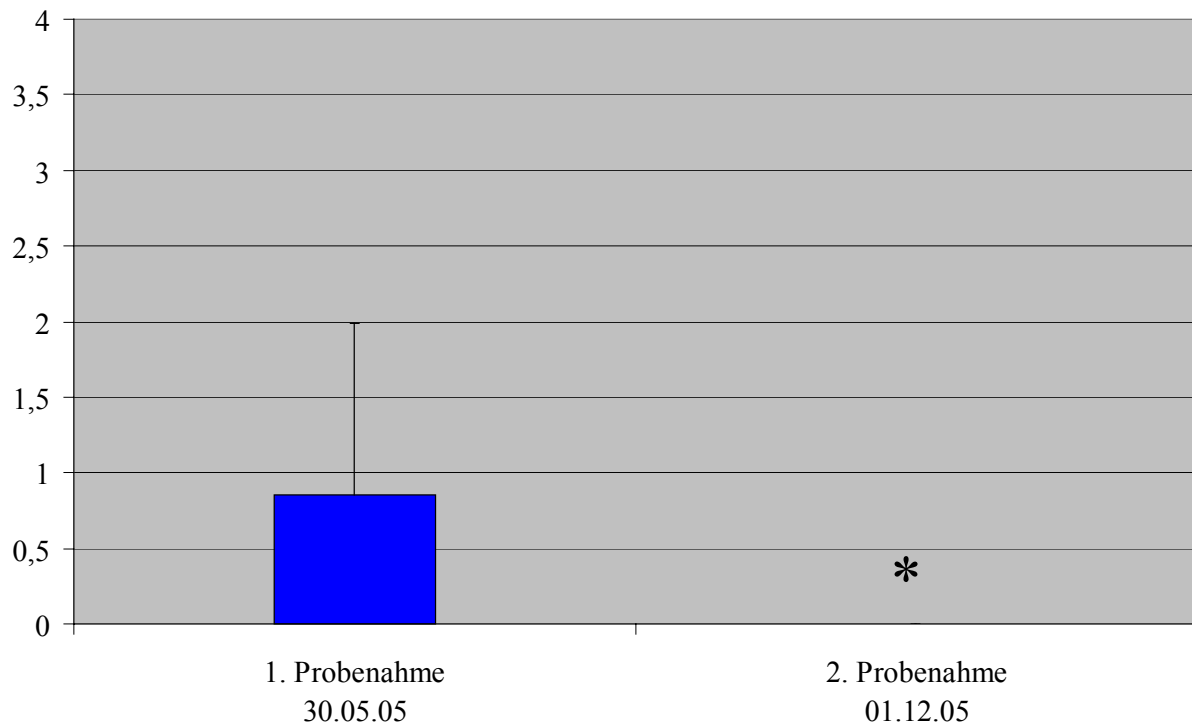


Abbildung 20: Semiquantitative Bewertung des Schädigungsgrades der Glykogenentspeicherung bei Regenbogenforellen (Grad 0-3; Mittelwerte \pm Standardabweichung);
* Präexposition versus Expositionsende; * : $p < 0,05$

Tabelle 11: Häufigkeit des Auftretens einer Glykogenentspeicherung (absolut und prozentual) bei Regenbogenforellen

Befund	Präexposition 30.5.2005	Zwischentermin 28.7.2005	Expositionsende 30.11.2005
Glykogenentspeicherung	4/10 40 %	keine Untersuchung vorgesehen	0/10 0 %

Niere

An der Niere konnten bei Bachforellen zum mittleren Untersuchungszeitpunkt hyaline Degenerationen der Nierentubuli sowie zu Versuchsende Glomerulopathien im Sinn einer Erweiterungen des Bowmann'schen Raumes gesehen werden. Die Ausprägung der Schädigung war gering. Befunde, die typisch für das Bachforellensterben sind, wie interstitielle Aktivierung, Blutungen und Zellnekrosen konnten nicht beobachtet werden (Tabelle 12, Abbildung 21).

Zu Beginn der Exposition wies ein hoher prozentualer Anteil der Regenbogenforellen eine hyaline Degeneration der Nierentubuli auf, wohingegen dieser Befund zum Versuchsende nicht mehr beobachtet wurde (Tabelle 13, Abbildung 22).

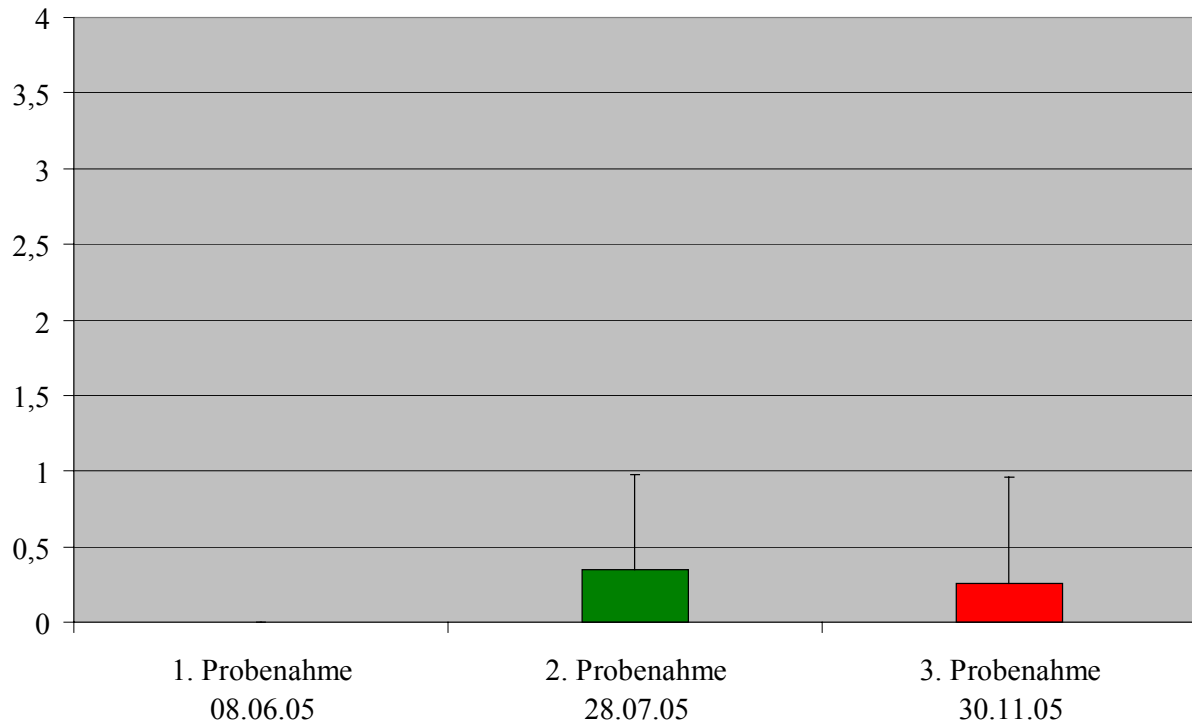


Abbildung 21: Semiquantitative Bewertung des Schädigungsgrades der Niere bei Bachforellen (Grad 0-3; Mittelwerte \pm Standardabweichung)

Tabelle 12: Häufigkeit des Auftretens pathologischer Nierenbefunde (absolut und prozentual)
bei Bachforellen

Befunde	Präexposition 8.6.2005	Zwischentermin 28.7.2005	Expositionsende 30.11.2005
<i>Interstitium</i>			
interstitielle Aktivierung	0/10 0 %	0/10 0 %	0/20 0 %
Blutungen	0/10 0 %	0/10 0 %	0/20 0 %
<i>Glomerula</i>			
Glomerulopathien	0/10 0 %	0/10 0 %	3/20 15 %
<i>Tubuli</i>			
Proteinkonglomerate	0/10 0 %	0/10 0 %	0/20 0 %
Tubulusnekrosen	0/10 0 %	0/10 0 %	0/20 0 %
hyaline Degeneration	0/10 0 %	3/10 30 %	0/20 0 %

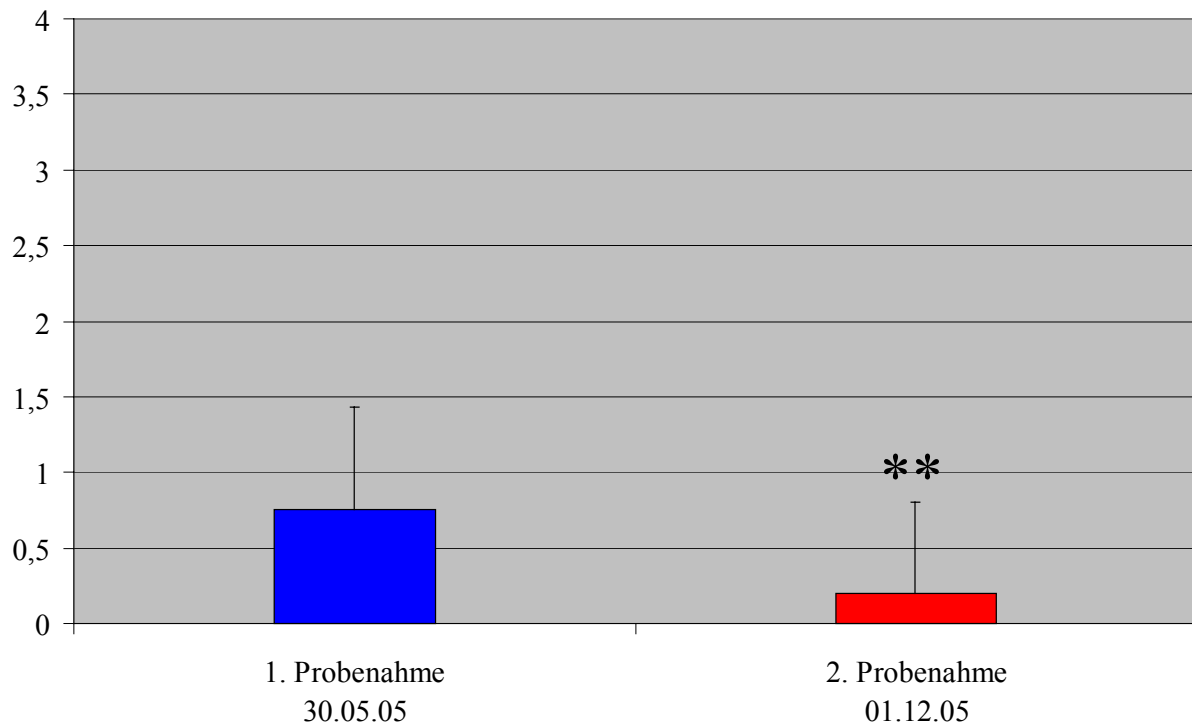


Abbildung 22: Semiquantitative Bewertung des Schädigungsgrades der Niere bei Regenbogenforellen (Grad 0-3; Mittelwerte \pm Standardabweichung); * Präexposition versus Expositionsende; ** : $p < 0,01$

Tabelle 13: Häufigkeit des Auftretens pathologischer Nierenbefunde (absolut und prozentual) bei Regenbogenforellen

Befund	Präexposition 30.5.2005	Zwischentermin 28.7.2005	Expositionsende 30.11.2005
<i>Tubuli</i>			
hyaline Degeneration	8/10 80 %	keine Untersuchung vorgesehen	1/10 10 %

Verdauungstrakt

Mit Ausnahme einer Bachforelle, die anlässlich der Untersuchung zum Zwischentermin ein Magenwandödem in geringgradiger Ausprägung zeigte, traten weder bei Bach- noch bei Regenbogenforellen histopathologisch erkennbare Veränderungen am Verdauungstrakt auf (Tabelle 14, Abbildung 23).

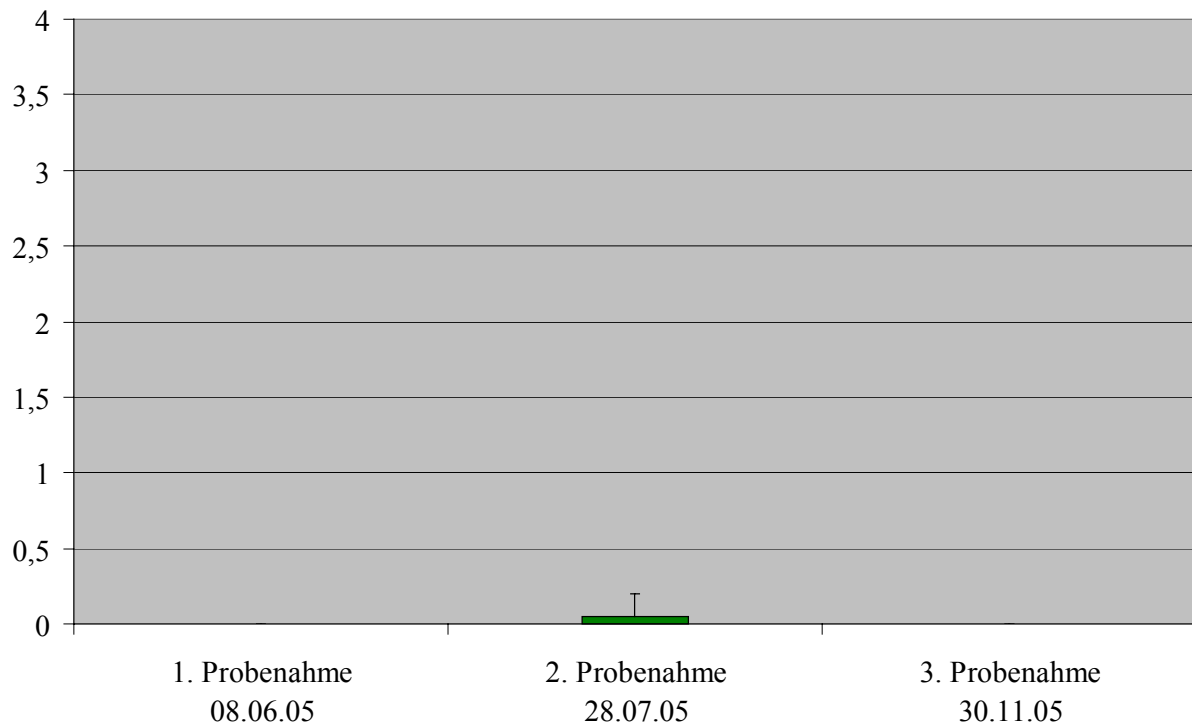


Abbildung 23: Semiquantitative Bewertung des Schädigungsgrades des Verdauungstrakts bei Bachforellen (Grad 0-3; Mittelwerte \pm Standardabweichung)

Tabelle 14: Häufigkeit des Auftretens pathologischer Befunde des Verdauungstraktes (absolut und prozentual) bei Bachforellen

Befund	Präexposition 8.6.2005	Zwischentermin 28.7.2005	Expositionsende 30.11.2005
Diffuse Einblutungen in die Magenwand	0/10 0 %	0/10 0 %	0/20 0 %
Magenwandödem	0/10 0 %	1/10 10 %	0/20 0 %

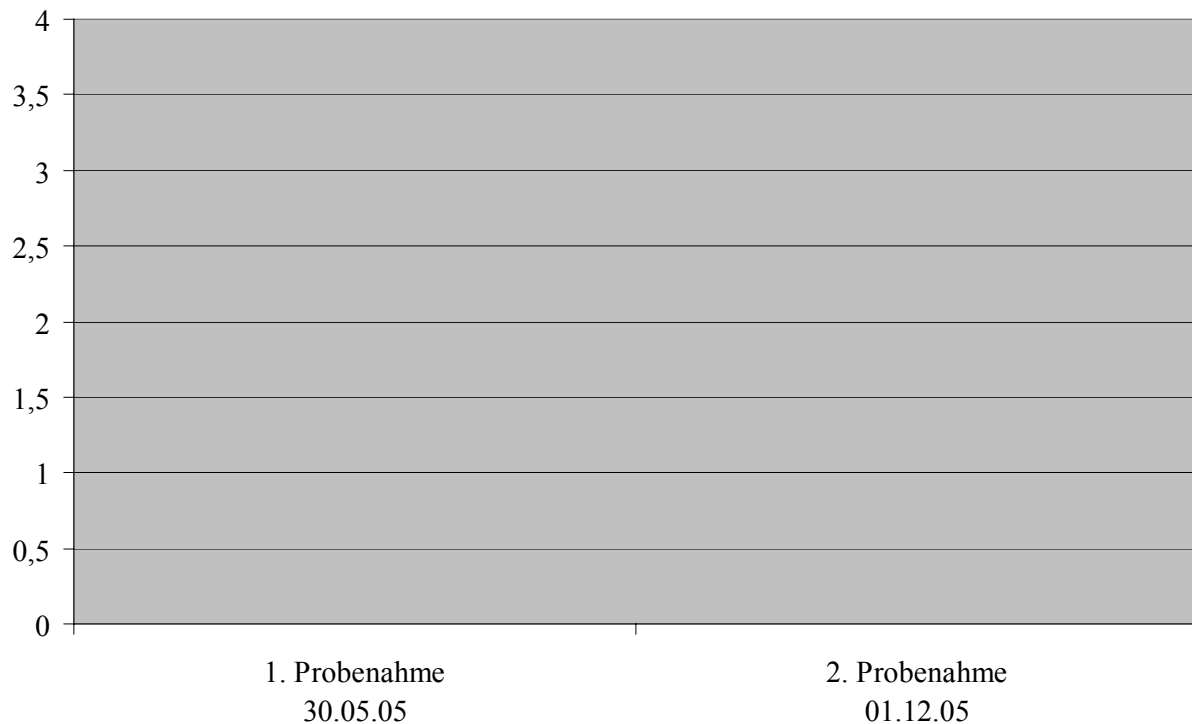


Abbildung 24: Semiquantitative Bewertung des Schädigungsgrades des Verdauungstrakts bei Regenbogenforellen (Grad 0-3; Mittelwerte \pm Standardabweichung)

Tabelle 15: Häufigkeit des Auftretens pathologischer Befunde des Verdauungstraktes (absolut und prozentual) bei Regenbogenforellen

Befund	Präexposition 30.5.2005	Zwischentermin 28.7.2005	Expositionsende 30.11.2005
Magenwandödem	0/10 0 %	keine Untersuchung vorgesehen	0/10 0 %

Befall der Haut mit Ektoparasiten

Ein Befall der Haut mit Ektoparasiten war im Verlauf des Versuches in zunehmendem Ausmaß festzustellen. War sowohl bei Bach- als auch bei Regenbogenforellen bei der präexpositionellen Untersuchung ein geringgradiger Befall mit *Gyrodactylus* nachweisbar, erweiterte sich das Spektrum der vorgefundenen Ektoparasiten bei Bachforellen bereits zum Zwischentermin auf Vertreter der Ciliaten aus. So wurde *Apiosoma* zunächst noch in geringer, anlässlich der Abschlussuntersuchung jedoch bereits in mittel- bis hochgradiger Befallsintensität gesehen. Der Befall mit *Trichodina* blieb auf einem geringgradigen Niveau. *Gyrodactylus*

nahm sowohl in der Häufigkeit als auch in der Befallsintensität bis zum Versuchsende stark zu (Tabelle 16, Abbildung 25).

Bei Regenbogenforellen nahm der Parasitenbefall im Verlauf der Exposition ebenfalls zu, erreichte jedoch bei weitem nicht das bei Bachforellen beobachtete Ausmaß (Tabelle 17, Abbildung 26).

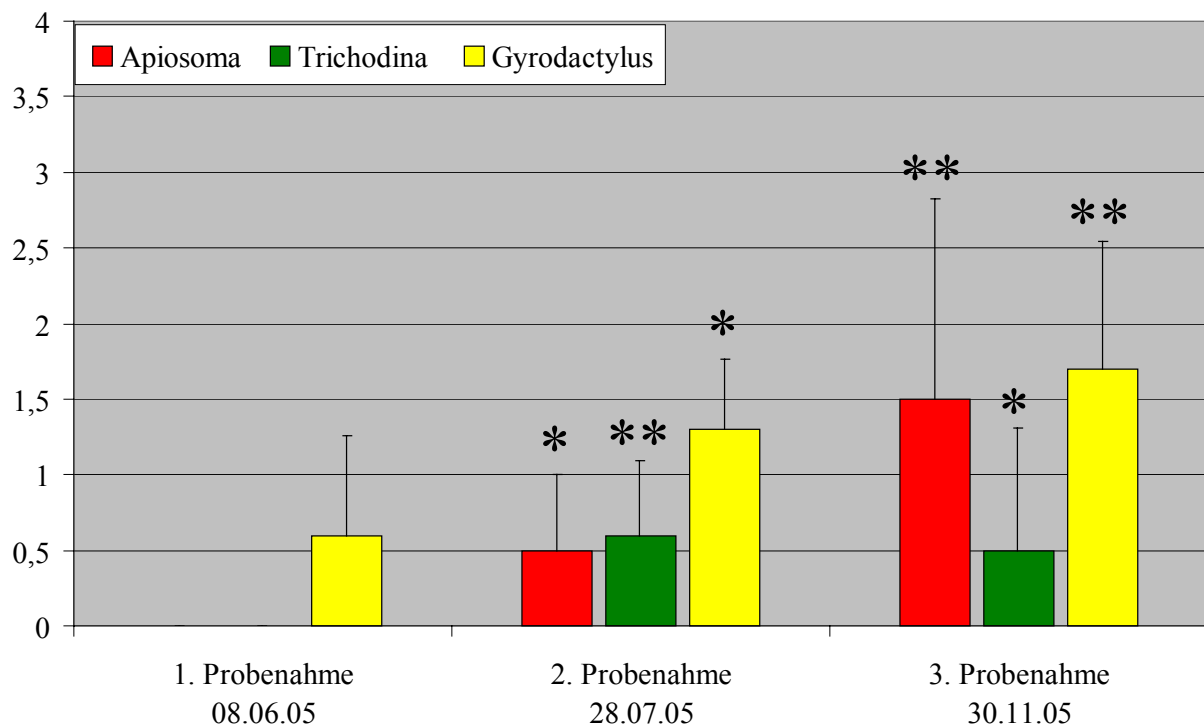


Abbildung 25: Semiquantitative Bewertung des Befallsgrades mit Ektoparasiten bei Bachforellen (Grad 0-3; Mittelwerte \pm Standardabweichung); * Präexposition versus Zwischentermin und Expositionsende; * : $p < 0,05$, ** : $p < 0,01$

Tabelle 16: Befall mit Ektoparasiten (absolut und prozentual) bei Bachforellen

Befund	Präexposition 8.6.2005	Zwischentermin 28.7.2005	Expositionsende 30.11.2005
Apiosoma	0/10 0 %	5/10 50 %	13/20 65 %
Trichodina	0/10 0 %	6/10 60 %	7/20 35 %
Gyrodactylus	5/10 50 %	10/10 100 %	20/20 100 %

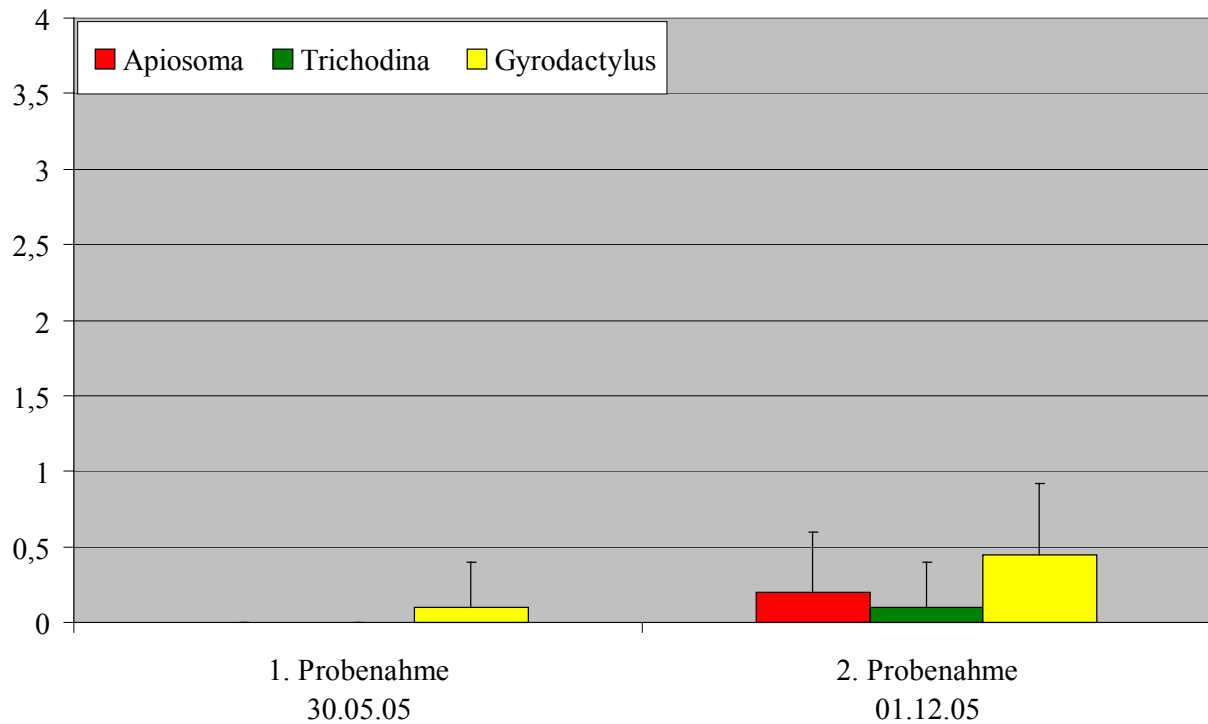


Abbildung 26: Semiquantitative Bewertung des Befallsgrades mit Ektoparasiten bei Regenbogenforellen (Grad 0-3; Mittelwerte \pm Standardabweichung)

Tabelle 17: Befall mit Ektoparasiten (absolut und prozentual) bei Regenbogenforellen

Befund	Präexposition 8.6.2005	Zwischentermin 28.7.2005	Expositionsende 30.11.2005
Apiosoma	0/10 0 %	keine Untersuchung vorgesehen	2/10 20 %
Trichodina	0/10 0 %	keine Untersuchung vorgesehen	1/10 10 %
Gyrodactylus	1/10 10 %	keine Untersuchung vorgesehen	5/10 50 %

4.2.4. Gegenüberstellung der histopathologischen Befunde der Jahre 1999 und 2005

In Tabelle 18 erfolgt eine Gegenüberstellung der histopathologischen Befunde der Jahre 1999 und 2005. Um einen Überblick über die im Rahmen des Phänomens „Bachforellensterben“ pathologisch relevanten Befunde und deren Auftreten in den einzelnen Untersuchungszeiträumen zu vermitteln, werden diese farblich hervorgehoben.

Tabelle 18: Vergleich histopathologischer Befunde der Untersuchungsjahre 1999 und 2005 (Pathognostische Befunde blau hervorgehoben).

		Mühlbach 1999	Mühlbach 2005
Organ	Befunde		
Kiemen	epitheliale Hyperplasie	+	+
	dezente Epithelablösung	+	+
	Teleangieektasien	+	+
Niere	interstitielle Aktivierung	+	-
	Hyperämie/ Blutung	+	-
	Zellnekrosen	+	-
	Glomerulopathien	+	+
	tubuläre Konglomerate	+	-
	Sphaerospora truttae	+	-
	hyaline Tubulusdegeneration	+	+
Leber	peribiliäre/ perivaskuläre Infiltrate	+	+
	Glykogenentspeicherung	+	+
	Leberzellnekrose	+	-
	Blutung	+	-
MDT	Magenwandödem	kein Präparat	-
	Blutung	kein Präparat	-
Milz	lymphozytäre Entspeicherung	kein Präparat	-
Parasiten	Apiosoma	kein Präparat	+
	Trichodina	kein Präparat	+
	Gyrodactylus	kein Präparat	+

5. DISKUSSION

Mühlbachversuch 1999

Die vom FIWI Bern zur Verfügung gestellten histologischen Präparate der Organe Kieme, Leber und Niere aus fünf verschiedenen Gruppen von Bachforellen aus dem Mühlbachversuch von 1999 wurden einer vergleichenden Auswertung unterzogen, um die Fragestellung zu klären, ob an diesem Gewässer ein dem bayerischen „Bachforellensterben“ vergleichbares Phänomen zu beobachten ist. Untersuchungen des LFV an einer Versuchsanlage an der Iller haben genaue Kenntnisse des Symptomenbildes und des Krankheitsverlaufes der betroffenen Bachforellen ergeben. Die typischen Veränderungen betreffen die Organe Niere, Leber, Milz und Verdauungstrakt und sind charakterisiert durch eine Aktivierung des interstitiellen Gewebes sowie Blutungen und Zellnekrosen im Bereich der Niere, Blutungen und Nekrosen im Leberparenchym, Magenwandödeme verbunden mit Blutungen in die Wandstrukturen des Magen-Darm-Traktes sowie eine lymphozytäre Entspeicherung der Milz. Die genannten Organbefunde der Leber und der Niere ließen sich in gering- bis mittelgradiger Intensität und bei einer großen Zahl von Tieren aus dem Mühlbachversuch 1999 nachweisen. Der für das Bachforellensterben in Bayern typische jahreszeitliche Verlauf mit einem Sterbebeginn etwa Ende August bis Anfang September ließ sich anhand der am FIWI angefertigten Protokolle auch für das Geschehen am schweizer Mühlbach bestätigen. Insofern ist das Vorliegen des Syndroms „Bachforellensterben“ am Mühlbach im Untersuchungsjahr 1999 mit großer Wahrscheinlichkeit gegeben. Eine größere diagnostische Sicherheit wäre möglich durch die Einbeziehung der Organe Milz und Verdauungstrakt sowie die Untersuchung hämatologischer Parameter, die ebenfalls charakteristischen jahreszeitlichen Veränderungen im Krankheitsverlauf unterliegen.

Mühlbachversuch 2005

Der im Jahr 2005 durchgeführte Expositionsversuch am Mühlbach sollte zeigen, ob die Problematik „Bachforellensterben“ an diesem Gewässer nach wie vor auftritt. Im Rahmen eines Expositionsversuchs wurden Bach- und Regenbogenforellen in getrennten Becken, welche mittels Pumpen aus dem Mühlbach gefördertes Wasser erhielten, über einen Zeitraum von sieben Monaten exponiert. Den Erfahrungen aus den Versuchsanstellungen an der Iller zufolge ist für den Ausbruch der Erkrankung ein Expositionsbeginn bis Ende Juni ausreichend, um nach einer Mindestexpositionsdauer von etwa zwei Monaten erste Verluste mit der entsprechenden Symptomatik verzeichnen zu können. Vereinzelt Abgänge von Bachforellen

während der Expositionsdauer waren auf Infektionen mit *Aeromonas hydrophila* bzw. *Saprolegnia sp.* zurückzuführen. Ein erwartungsgemäß massives Sterben um den Beginn des Monats September, wie es z.B. an der Iller in Bayern regelmäßig zu beobachten ist, stellte sich am Mühlbach nicht ein. Die Expositionsdauer wurde deshalb, nach Absprache mit allen Projektbeteiligten, bis zum Ende des Monats November erweitert. Weder Bachforellen noch Regenbogenforellen erkrankten bis zu diesem Zeitpunkt. Am 30.11.2005 wurden die Bachforellen in äußerlich erkennbar gesundem Zustand der Versuchsanlage entnommen und den bereits beschriebenen Untersuchungen zugeführt. Das Spektrum der vorgefundenen pathologischen Veränderungen an den einzelnen Organsystemen ließ keinen Zusammenhang mit der für das „Bachforellensterben“ typischen Symptomatik erkennen. So waren an den Kiemen der Tiere hälterungsbedingte Veränderungen im Sinne von epithelialen Hyperplasien und dezenten Epithelablösungen sowie Teleangieektasien in den Sekundärlamellen der Kiemen in geringgradiger Ausprägung zu beobachten. Veränderungen im Glykogengehalt der Leberzellen der Bachforellen sind im Zusammenhang mit der im Versuchsverlauf aufgetretenen Aeromonadeninfektion zu sehen bzw. bilden zum Versuchsende hin physiologische Schwankungen ab, wie sie mit Eintritt in die Laichreife zu beobachten sind. An der Milz und dem Verdauungstrakt der Probanden traten keine Veränderungen auf. Die pathologischen Befunde an der Niere beschränkten sich auf eine hyaline Degeneration von Nierentubuli und eine Glomerulopathie im Sinne einer Erweiterung des Bowmann'schen Raumes bei einzelnen Tieren in geringgradiger Ausprägung. Desweiteren waren typische Veränderungen des Blutbildes, wie sie an Bachforellen aus den Illerversuchen in Bayern in Form einer Anämie und Leukopenie im manifesten Erkrankungsstadium nachgewiesen wurden, bei Bachforellen aus dem Mühlbach 2005 nicht zu sehen.

Die Untersuchung der Regenbogenforellen am Ende des Expositionsversuchs ergab ein ähnliches Muster pathologischer Veränderungen wie bei Bachforellen, jedoch in deutlich geringerer Ausprägung. Eine Glykogenentspeicherung der Leberzellen war bei diesen Tieren nicht zu beobachten.

Der Befall mit Ektoparasiten beschränkte sich auf das Auftreten ubiquistischer Vertreter der Gattungen *Apiosoma*, *Trichodina* und *Gyrodactylus*. Bachforellen zeigten zum Versuchsende hin einen stärkeren Befall als Regenbogenforellen.

Die Untersuchungen des Jahres 2005 ergaben somit keine Hinweise auf das Vorliegen einer dem Phänomen „Bachforellensterben“, wie es an bayerischen Gewässern sowie am Mühlbach im Jahr 1999 zu beobachten war, ähnlichen oder identischen Erkrankung. Weitere Untersuchungen zur Bestandssituation der Fischart Bachforelle im Untersuchungsgebiet müssen

Klarheit darüber geben, ob in diesem Sachverhalt bereits ein Trend zu sich erholenden Bachforellenbeständen am Mühlbach absehbar ist.