

# PKD Projekt Furtbach



Aqua-Sana, November 2005

Im Auftrag des Aarg. Fischereiverbandes und  
der Interessensgemeinschaft Lebensbereich Wasser



**Aqua-Sana**

Gewässerökologie und Fischereifragen

Dr. med. vet. Matthias Escher

Steinerenweg 84  
3214 Ulmiz

Tel.: 031 751 17 13

N: 079 314 34 94

E-Mail: [escher@aquasana.ch](mailto:escher@aquasana.ch)

[www.aqua-sana.ch](http://www.aqua-sana.ch)

Dank geht an:

- den Aarg. Fischereiverband und die IG Lebensbereich Wasser für die Unterstützung und Finanzierung des Projektes
- die Familie Erne vom Hotel Blume Baden, welche als Pächter alle bei den alljährlichen Elektroabfischungen beteiligten Helfer zum Mittagessen eingeladen haben
- Projektinitiator Adolf Bolliger für die aktive Mitarbeit
- Fischzüchter August Nadler für die Elektroabfischungen
- allen bei den Elektroabfischungen beteiligten freiwilligen Helfern ohne die das Projekt nicht möglich geworden wäre.

# Inhalt

1. PKD Fakten.....	1
2. Ausgangslage .....	2
3. Versuchsaufbau.....	3
4. Abfischungsergebnisse .....	6
5. Häufigkeiten der markierten Bachforellen.....	9
6. Fischeinsätze in den Furtbach .....	13
7. PKD Untersuchungsergebnisse.....	15
8. Abschätzung der Mortalitäten .....	17
9. Temperaturdaten vom Furtbach .....	19
10. Fazit.....	21
Literatur .....	22

# PKD Projekt Furtbach

## 1. PKD-Fakten

Die proliferative Nierenerkrankung („proliferative kidney disease“, PKD) der Bachforellen tritt gehäuft in den Gewässern des Mittellandes auf und ist in Schweizer Fließgewässern weit verbreitet. Der Erreger ist der einzellige Parasit *Tetracapsuloides bryosalmonae*. Reservoir für die Infektion der Fische mit dem PKD-Erreger sind Moostierchen. Befallene Fische zeigen eine stark vergrößerte Niere (Abbildung 1), was zum Teil sogar schon von aussen erkennbar sein kann, indem die Sömmerlinge wie sehr gut genährt erscheinen. Auch Milz und Leber können sichtbar betroffen sein. Der Krankheitsverlauf ist von der Wassertemperatur abhängig. Bei Tagesmittelwerten von über 15°C während 2-4 Wochen, kommt es zum klinischen Ausbruch der PKD, der mit hohen Mortalitäten von bis zu 90% aller vorhandenen Sömmerlingen verbunden sein kann. In der Niere sichtbare Veränderungen sind aber auch bei tieferen Wassertemperaturen erkennbar, nur haben diese dann keine erhöhten Mortalitäten zur Folge.



Abbildung 1: von PKD befallene Niere und Milz bei einem Bachforellensömmerling.

Forellen, die eine Erstinfektion überleben, scheinen gegenüber einer Re-Infektion resistent zu sein (Foot und Hedrick 1987). Innerhalb eines Bachforellenbestandes sind deshalb besonders die Sömmerlinge betroffen. In von PKD befallenen Gewässern wurden signifikant niedrigere Sömmerlingsdichten festgestellt und in verschiedenen Kantonen besteht eine signifikante negative Korrelation zwischen der PKD-Präsenz in einem Gewässer und dem Fang von Bachforellen (Fischnetz 2004).

## 2. Ausgangslage

Bereits 1997 in der gesamtschweizerischen Untersuchung von 41 ARAs an 36 unterschiedlichen Vorflutern wurde in fast einem Drittel der Fliessgewässer die Nierenkrankheit PKD festgestellt (Escher 1999). Aufgrund dieser überraschend starken Verbreitung der PKD und des gleichzeitig vor allem im Mittelland beobachteten Rückgangs der Bachforellenfänge (Nowak et al. 1997) wurden schon damals grossflächige epidemiologische Untersuchungen zur PKD empfohlen. Zwischenzeitlich wurde das Auftreten von PKD in verschiedenen weiteren Studien untersucht. Eine Karte mit den Standorten mit PKD Messungen (Stand 2004) kann auf der BUWAL Website heruntergeladen werden:

[http://www.umwelt-schweiz.ch/imperia/md/content/gefisch/fischerei/pkd\\_karte2004.pdf](http://www.umwelt-schweiz.ch/imperia/md/content/gefisch/fischerei/pkd_karte2004.pdf).

Auch im Projekt Fischnetz, welches die Ursachen für den Fischfangrückgang erforschte, wurde die PKD als eine der wichtigsten erkennbaren Faktoren für den Fangrückgang erkannt (Fischnetz 2004).

Obschon heute die Bedeutung der PKD für die Bachforellengewässer feststeht, fehlt es an fundierten Erkenntnissen zur praktischen Bewirtschaftung der von PKD betroffenen Gewässer. Obschon schon seit 1997, als klar wurde, dass die PKD wahrscheinlich weit verbreitet ist, in den betroffenen Fliessgewässern der Herbstbesatz empfohlen wurde, sind keine praxisorientierte Untersuchungen in freien Gewässern in der Schweiz durchgeführt worden. Solche Untersuchungen sind aber unbedingt nötig, um die grossen Bemühungen in der Bewirtschaftung zu optimieren und möglicherweise auch endlich erfolgreich dem erfolgten Rückgang der Bachforellen Gegensteuer geben zu können.

In diesem Umfeld hat der Aarg. Fischereiverband unter der Führung von Adolf Bolliger Eigeninitiative ergriffen und das PKD Projekt am Furtbach ins Leben gerufen. Dies aus gutem Grund; denn der Kanton AG ist von der PKD überdurchschnittlich stark betroffen. In einem Feldversuch sollte gezeigt werden, dass durch die Bewirtschaftung eines PKD Gewässers mit Sömmerlingen die Bachforellenbiomasse erhöht werden kann.



Abbildung 2: Adolf Bolliger: Hauptinitiator des PKD Projektes am Furtbach.



### 3. Versuchsaufbau

Folgende Hypothesen wurden überprüft:

*Hypothese 1:* Bei im Herbst zum richtigen Zeitpunkt in ein von PKD betroffenem Gewässerabschnitt eingesetzten Bachforellen ist der Schweregrad einer PKD Infektion geringer als bei den aus der Naturverlaichung aufkommenden Sömmerlingen. Die Wahrscheinlichkeit der Entwicklung einer PKD Resistenz ist grösser und es resultiert bis zum Alter 1+ im folgenden Herbst eine geringere Mortalität.

*Hypothese 2:* Bei der Bewirtschaftung eines von PKD betroffenen Gewässerabschnittes mit Bachforellensömmerlingen zum richtigen Zeitpunkt nimmt aufgrund einer geringeren durch PKD bedingten Mortalität die Bachforellenbiomasse im entsprechenden Abschnitt zu. Die Produktivität des Gewässers wird besser ausgenützt.

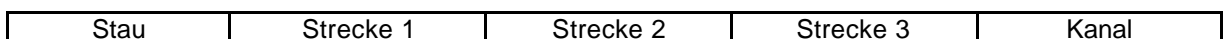
#### Versuchsgewässer

Der Furtbach, unter den Angelfischern auch Würenloserbach genannt, entspringt dem oberen Katzenssee (Oberflächenwasser) und mündet in die Limmat. Die ARA Regensdorf, ARA Buchs und ARA Otelfingen benützen den Bach als Vorfluter. Die Wasserqualität ist wegen dieser ARAs und intensiver Landwirtschaft deutlich beeinträchtigt.

Vorhandene Fisch- und Krebsarten sind Äsche, Alet, Bachforelle, Barbe, Egli, Elritze, Groppe, Gründling, Hecht, Rotaugen, Rotfeder, Schleie, Schmerle, Schneider, Stichling und Trüsche und wahrscheinlich der Steinkrebs und der rote amerikanische Sumpfkrebs.

Die Länge der Versuchsstrecke beträgt 600m und es münden keine Seitengewässer ein. Oberhalb der Versuchsstrecke ist der Bach kanalisiert und beherbergt wenig Fische; unterhalb der Versuchsstrecke schliesst eine Staustrecke an.

Aufgrund der Problematik einer möglichen Fischzuwanderung resp. -abwanderung wurde die Versuchsstrecke in drei Strecken à 200m Länge aufgeteilt, die jeweils voneinander getrennt quantitativ abgefischt wurden (vgl. Kapitel 8 „Abschätzung der Mortalitäten“, Modell 2). Die Strecken 1-3 sind von der Morphologie her vergleichbar und gut strukturiert.



Fließrichtung

## Vorgehen

### *Herbst 2002*

- Am 2. Sep. 2002 wurden die drei Strecken einzeln quantitativ angefischt. Alle gefangenen Bachforellen wurden gezählt, gemessen und gewogen.
- Es wurden 10 Bachforellensömmerlinge entnommen und makroskopisch und histologisch auf PKD untersucht.
- In Strecke 2 wurden 150 mit Fettflossenschnitt markierte Bachforellensömmerlinge besetzt, welche aus einer garantiert PKD freien Aufzucht stammen (Aufzucht in Rundtrögen in kantonaler Fischzucht Reutigen, Kt. Bern). 10 Besatz-Sömmerlinge wurden auf PKD untersucht.

### *Herbst 2003*

- Am 5. Sep. 2003 wurden die drei Strecken einzeln quantitativ angefischt. Alle gefangenen Bachforellen wurden gezählt, gemessen und gewogen. Die Anzahl markierter 1+ Bachforellen vom Sömmerlingsbesatz 2002 wurden erfasst.
- Es wurden nur 6 Bachforellensömmerlinge entnommen und makroskopisch und histologisch auf PKD untersucht (Sömmerlingsdichte war ausgesprochen gering!).
- In Strecke 2 wurden wiederum 150 mit Fettflossenschnitt markierte Bachforellensömmerlinge besetzt (Aufzucht in Rundtrögen in kantonaler Fischzucht Reutigen, Kt. Bern). 10 Besatz-Sömmerlinge wurden auf PKD untersucht.
- Am 11. Sep. 2003 wurde ein Temperaturlogger eingesetzt, welcher bis am 19. Juli 2004 stündlich die Wassertemperatur gemessen hat.

Auf die ursprünglich geplante Untersuchung von markierten 1+ Fischen im Herbst 2003 wurde verzichtet, weil durch die Entnahme von 1+ Fischen der Beitrag der markierten Fische zur Populationsbildung geschwächt worden wäre. Ein Mehrbesatz im Vorjahr hätte dieses Problem nicht lösen können, da die Produktivität des Gewässers und damit die maximale Anzahl aufkommender Besatzfische natürlich beschränkt sind.

### *Herbst 2004*

- Am 27. Aug. 2004 wurden die drei Strecken einzeln quantitativ angefischt. Alle gefangenen Bachforellen wurden gezählt, gemessen und gewogen. Die Anzahl markierter 1+ und 2+ Bachforellen vom Sömmerlingsbesatz 2002 resp. 2003 wurde erfasst.
- Es wurden 10 Bachforellensömmerlinge entnommen und makroskopisch und histologisch auf PKD untersucht.
- In Strecke 2 wurden wiederum 150 mit Fettflossenschnitt markierte Bachforellensömmerlinge besetzt (Aufzucht in Rundtrögen in kantonaler Fischzucht Reutigen, Kt. Bern). 10 Besatz-Sömmerlinge wurden auf PKD untersucht.
- Am 16. Sep. 2004 wurde ein Temperaturlogger eingesetzt, welcher bis am 12. Aug. 2005 stündlich die Wassertemperatur gemessen hat.

### *Herbst 2005*

- Am 29. Aug. 2005 wurden die drei Strecken einzeln quantitativ angefischt. Alle gefangenen Bachforellen wurden gezählt, gemessen und gewogen. Die Anzahl markierter 1+, 2+ und 3+ Bachforellen vom Sömmerlingsbesatz 2002, 2003 resp. 2004 wurde erfasst.

- Es wurden 10 Bachforellensömmerlinge entnommen und makroskopisch und histologisch auf PKD untersucht.
- In Strecke 2 wurden wiederum 150 mit Fettflossenschnitt markierte Bachforellensömmerlinge besetzt (Aufzucht in Rundtrögen in kantonaler Fischzucht Reutigen, Kt. Bern). 10 Besatz-Sömmerlinge wurden auf PKD untersucht.
- Am 7. Okt. 2005 wurde ein Temperaturlogger eingesetzt welcher stündlich die Wassertemperatur misst.



Abbildung 3: Fischzüchter August Nadler von der Fischzucht Rohr/Aarau hat jeweils mit den zahlreichen freiwilligen Helfern die Elektroabfischungen durchgeführt.



## 4. Abfischungsergebnisse

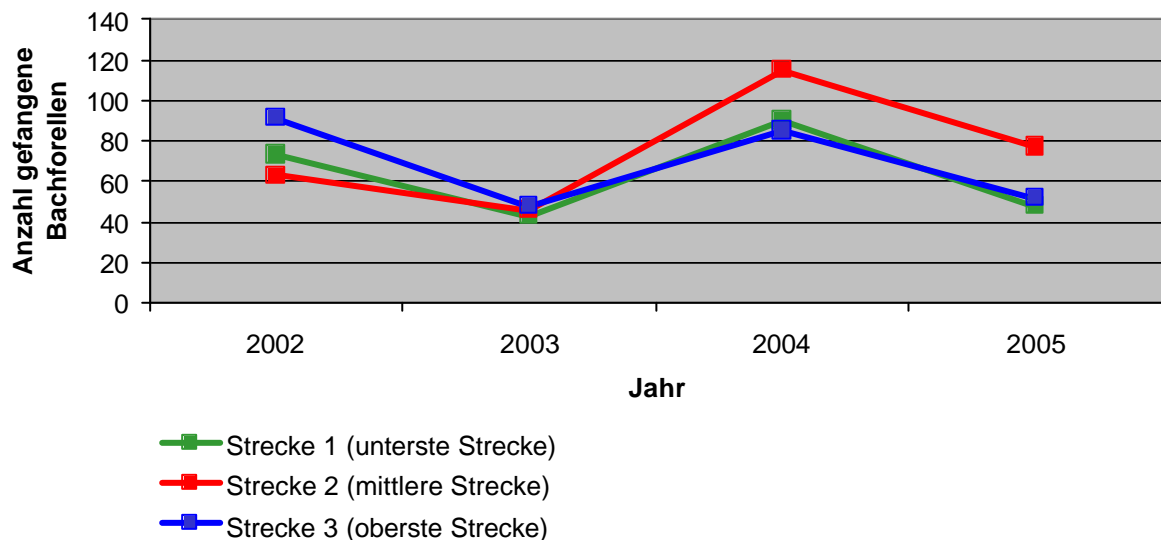
Bei den Elektroabfischungen wurden nur die Bachforellen erfasst; die erhobenen Daten sind in Tab. 1-3 und Grafik 1+2 zusammengestellt.

Bachforelle	N <sub>e</sub>				Stückgewicht				G				N <sub>D</sub>			
	[Stück]				[g]				[kg]				[Stück]			
Jahr	02	03	04	05	02	03	04	05	02	03	04	05	02	03	04	05
Strecke 1	73	43	90	48	120	135	74	117	8.8	5.8	6.7	5.6	74	46	102	49
Strecke 2	63	46	115	77	117	109	60	94	7.4	5.0	6.9	7.3	65	46	119	77
Strecke 3	91	48	85	52	105	147	90	138	9.5	7.1	7.6	7.2	98	48	87	52
total	227	137	290	177					25.7	17.9	21.2	20.1	237	140	308	178

Tabelle 1: Abfischungsergebnisse 2002 bis 2005.

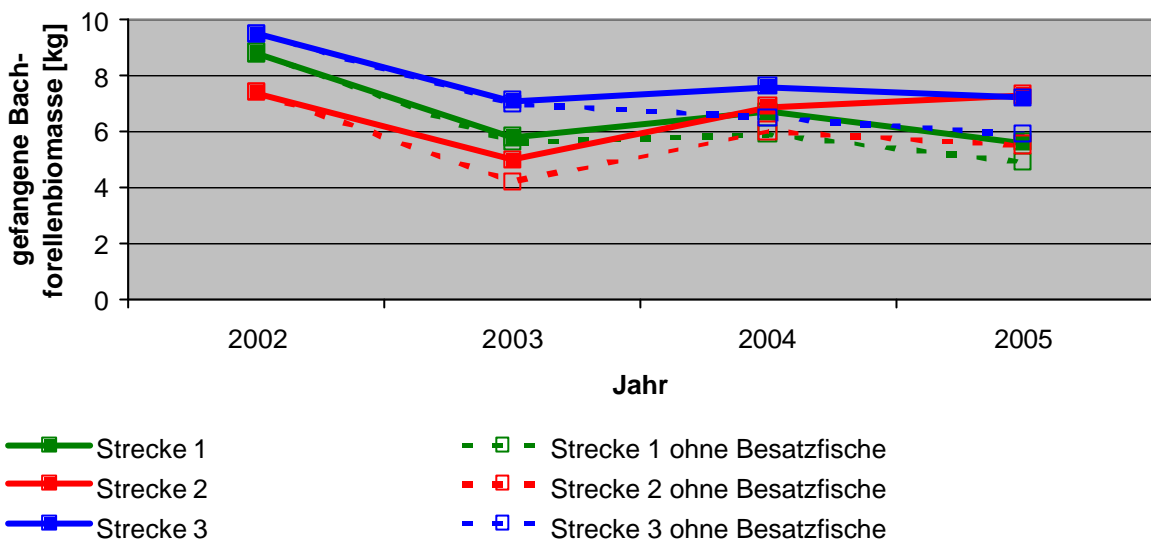
- Strecke 1: unterste Strecke (2004: 3 Durchgänge, ansonsten 2 Durchgänge)  
 Strecke 2: mittlere Strecke (2 Durchgänge)  
 Strecke 3: oberste Strecke (2 Durchgänge)  
 N<sub>e</sub>: Anzahl Bachforellen effektiv gefangen  
 Stückgewicht: mittleres Gewicht pro Fisch in g  
 G: gefangene Fischbiomasse in kg  
 N<sub>D</sub>: Anzahl Forellen nach De Lury extrapoliert  
 02: 02. Sep. 2002  
 03: 05. Sep. 2003  
 04: 27. Aug. 2004  
 05: 29. Aug. 2005

Grafik 1: Entwicklung der Anzahl gefangener Bachforellen von 2002 - 2005 in den drei Abfischungsstrecken.



Die Anzahl gefangener Bachforellen ist stark von der Sömmerlingsdichte abhängig. Diese wird neben dem Erfolg der Naturverlaichung im Vorjahr primär durch die PKD bedingte Mortalität beeinflusst, welche wiederum stark abhängig von der Wassertemperatur ist. Da der Spätsommer und frühe Herbst genau die Zeitperiode darstellt, während der die Bachforellensömmerlinge mehrheitlich an PKD sterben (vgl. Grafik 7), ist die Sömmerlingsdichte aufgrund der Temperaturunterschiede von Jahr zu Jahr sicher auch stark vom Abfischungszeitpunkt abhängig und darf nicht als repräsentative Dichte für das jeweilige Jahr angesehen werden.

Grafik 2: Entwicklung der gefangenen Bachforellenbiomassen von 2002 - 2005 in den drei Abfischungstrecken mit und ohne die markierten Besatzfische.



Das ursprüngliche Ziel die Bachforellenbiomasse in der Versuchsstrecke zu erhöhen wurde verfehlt. In den drei Strecken hat die Biomasse von total 25.7kg im Jahr 2002 sogar auf 20.1kg im Jahr 2005 um 22% abgenommen. Da die Abnahme aber nicht ursächlich mit der Bewirtschaftung in Zusammenhang steht, kann aus der zeitlichen Entwicklung abgeleitet werden, welche nämlich eine starke Abnahme der Biomasse vom 2002 zum 2003 aufzeigt, welche auf einem Rückgang der Bachforellen aller Längenklassen beruht und nicht mit dem Sömmerlingsbesatz in Zusammenhang steht. Vielmehr wird der heisse und trockene Sommer 2003 dafür verantwortlich gemacht, dass möglicherweise erhöhte Wassertemperaturen und ein geringerer Abfluss zu einer Abwanderung oder sogar erhöhten Mortalität der Bachforellen im Furtbach führten. Die Sömmerlingsdichte hat im Jahr 2003 ihren Tiefpunkt erreicht, möglicherweise durch eine frühzeitige oder sogar erhöhte PKD bedingte Mortalität, welche sich natürlich auch negativ auf die Folgejahre ausgewirkt hat.

Besonders interessant ist aber die relative Entwicklung der Strecke 2 von 2002 bis 2005 gegenüber den Strecken 1 und 3. Währenddem die Anzahl gefangener Bachforellen im Jahr 2002 in der Strecke 2 im Mittel 25% geringer war als in den Strecken 2+3, lag die Anzahl im Jahr 2005 im Mittel in Strecke 2 sogar um über 50% höher. Auch die Biomasse nahm von -20% gegenüber den Strecken 2+3 auf +14% zu (vgl. Tabelle 1, Grafik 1+2).

**Da in Strecke 2 der Anteil der Besatzfische am Grössten ist, scheint die relative Zunahme von Anzahl und Biomasse auf dem Sömmerlingsbesatz zu beruhen. Tatsächlich ist nämlich aus Grafik 2 ersichtlich, dass es ohne Besatzfische nicht zu einer relativen Zunahme in Strecke 2 gekommen wäre.**

L.k. / Jahr	n															
	Strecke 1				Strecke 2				Strecke 3				total			
	02	03	04	05	02	03	04	05	02	03	04	05	02	03	04	05
0-9.9	15	7	57	26	9	5	59	20	22	4	30	8	46	16	146	54
10-14.9	4	0	6	2	1	0	16	3	9	1	17	2	14	1	39	7
15-19.9	23	8	7	5	14	22	13	20	18	7	5	8	55	37	25	33
20-24.9	12	5	8	5	24	3	15	21	21	15	14	18	57	23	37	44
25-29.9	10	6	5	1	13	9	6	9	13	16	13	12	36	31	24	22
30-	9	7	7	9	2	3	6	4	8	3	6	4	19	13	19	17
<b>TOTAL</b>	<b>73</b>	<b>33</b>	<b>90</b>	<b>48</b>	<b>63</b>	<b>42</b>	<b>115</b>	<b>77</b>	<b>91</b>	<b>46</b>	<b>85</b>	<b>52</b>	<b>227</b>	<b>121</b>	<b>290</b>	<b>177</b>

Tabelle 2: Anzahl gefangene Bachforellen in den verschiedenen Längenklassen von 2002 bis 2005.

L.k.: Längenklasse (cm)  
n: Anzahl Forellen  
**Strecke 1:** unterste Strecke  
**Strecke 2:** mittlere Strecke  
**Strecke 3:** oberste Strecke

L.k. / Jahr	p															
	Strecke 1				Strecke 2				Strecke 3				total			
	02	03	04	05	02	03	04	05	02	03	04	05	02	03	04	05
0-9.9	0.21	0.21	0.63	0.54	0.14	0.12	0.51	0.26	0.24	0.09	0.35	0.15	0.20	0.13	0.50	0.31
10-14.9	0.06	0.00	0.07	0.04	0.02	0.00	0.14	0.04	0.10	0.02	0.20	0.04	0.06	0.01	0.13	0.04
15-19.9	0.31	0.24	0.08	0.10	0.22	0.52	0.11	0.26	0.20	0.15	0.06	0.15	0.24	0.31	0.09	0.19
20-24.9	0.16	0.15	0.09	0.10	0.38	0.07	0.13	0.27	0.23	0.33	0.16	0.35	0.25	0.19	0.13	0.25
25-29.9	0.14	0.18	0.06	0.02	0.21	0.21	0.05	0.12	0.14	0.35	0.15	0.23	0.16	0.26	0.08	0.12
30-	0.12	0.21	0.08	0.19	0.03	0.07	0.05	0.05	0.09	0.06	0.07	0.08	0.09	0.11	0.07	0.10
<b>TOTAL</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>

Tabelle 3: Längenverteilung der Bachforellenpopulation von 2002 bis 2005.

L.k.: Längenklasse (cm)  
p: Anteil am Bestand der Bachforellen  
**Strecke 1:** unterste Strecke  
**Strecke 2:** mittlere Strecke  
**Strecke 3:** oberste Strecke

Es fällt auf, dass die gesamte Fischbiomasse in den drei Strecken im Jahr 2003 rund 30% kleiner ist als im Jahr 2002. Die Anzahl gefangener Fische betrug sogar nur noch knapp 60%. Dies würde sich durch eine erhöhte Mortalität oder durch Abwanderung aufgrund der hohen Wassertemperaturen resp. des geringen Abflusses im Ausnahmesommer 2003 erklären lassen.

Im 2004 ist die Fischbiomasse in den drei Strecken gegenüber dem Jahr 2003 wieder um 18% angestiegen. Die Anzahl stieg aufgrund des sehr starken Sömmerlingjahrganges sogar um 120% auf mehr als das Doppelte. Der Anteil der Sömmerlinge liegt im Jahr 2004 zwischen 35% in Strecke 3 und 63% in Strecke 1 auf neuen Höchstwerten.

Im 2005 blieb die Fischbiomasse in den drei Strecken gegenüber dem 2004 nahezu unverändert (-5%), hingegen nahm die Anzahl der gefangenen Bachforellen um über 40% ab.

## 5. Häufigkeiten der markierten Bachforellen

Nach jeder Elektroabfischung (2002-2005) wurden jeweils 150 mit Fettflossenschnitt markierte PKD freie Bachforellensömmerlinge von der kantonalen Fischzucht Reutigen (BE) in die mittlere Strecke (Strecke 2) ausgesetzt. Im 2004 wurden zusätzlich alle bei der Abfischung gefangenen Bachforellensömmerlinge (Strecken 1-3), welche aus der Naturverlaichung stammen, mit Fettflossen- und Bauchflossenschnitt markiert und zurückgesetzt. So konnte im Jahr 2005 die Mortalität der besetzten Sömmerlinge mit der Mortalität der natürlich aufkommenden Sömmerlinge verglichen werden und gleichzeitig nicht markierte Jährlinge als Eingewanderte identifiziert werden.



Abbildung 4: markierte Fettflosse eines besetzten Bachforellensömmerlings nach einem Jahr links im Bild und nach zwei Jahren rechts im Bild. Nachgewachsene Fettflossen wie rechts im Bild wurden wieder geschnitten.

Alter	Längenklassen	Jahr	nm	mB	% mB	mN	% mN
1+	14-21cm	2003	34	20	37.0		
		2004	28	17	37.8		
		2005	47	18	25.7	5	7.1
2+	22-28cm	2004	29	8	21.6		
		2005	24	12	33.3		
3+	29-33cm	2005	13	1	7.1		

Tabelle 4: Anzahl markierte Bachforellen in den verschiedenen Jahrgängen von 2003 – 2005:

nm: nicht markiert

mB: markierte Besatzfische

mN: im 2004 markierte Sömmerlinge aus Naturverlaichung

% mB/mN: Prozentsatz der Markierten in Bezug auf Jahrgang.

Der Anteil markierter Besatzfische im Jährlingsalter lag im Durchschnitt der Jahre 2003 bis 2005 bei rund einem Drittel und damit über den Erwartungen. Erschreckend tief war der Anteil der im Jahr 2005 wieder gefangenen Jährlingen aus der Naturverlaichung, der mit 7.1% um rund 3.6x tiefer lag als der Anteil der Besatzfische. Auch bei den zweijährigen Bachforellen lag der Anteil markierter Besatzfische bei über 27%, bei den dreijährigen Bachforellen bei 7.1% (Achtung nur ein 3+ Fisch!). Die Abnahme des Anteils markierter Besatzfische mit zunehmendem Alter muss keineswegs mit einer erhöhten Mortalität in Zusammenhang stehen, sondern kann allein auf einen „Verdünnungseffekt“ durch zu- und abwandernde Fische zurückgeführt werden.

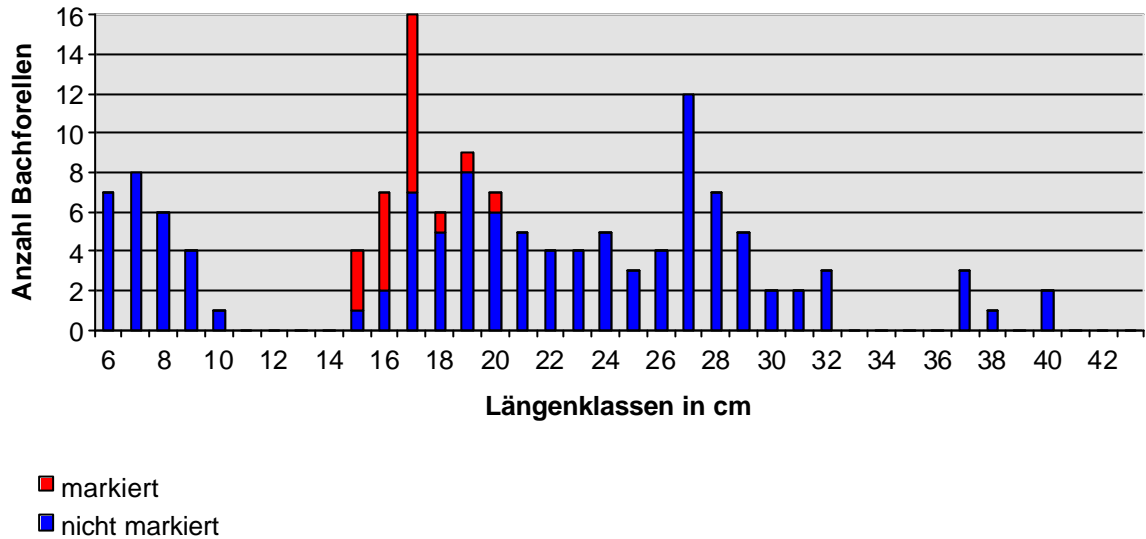
	Anzahl	%
Anzahl Sömmerlinge im 2004 aus Naturverlaichung (6-12cm)	185	
Wieder gefangen im 2005	5	2.7
Anzahl besetzte Sömmerlinge im 2004 (6-12cm)	150	
Wieder gefangen im 2005	18	12.0

Tabelle 5: Anzahl markierte Bachforellensömmerlinge aus Naturverlaichung und besetzte Sömmerlinge im 2004 und wieder gefangen im 2005.

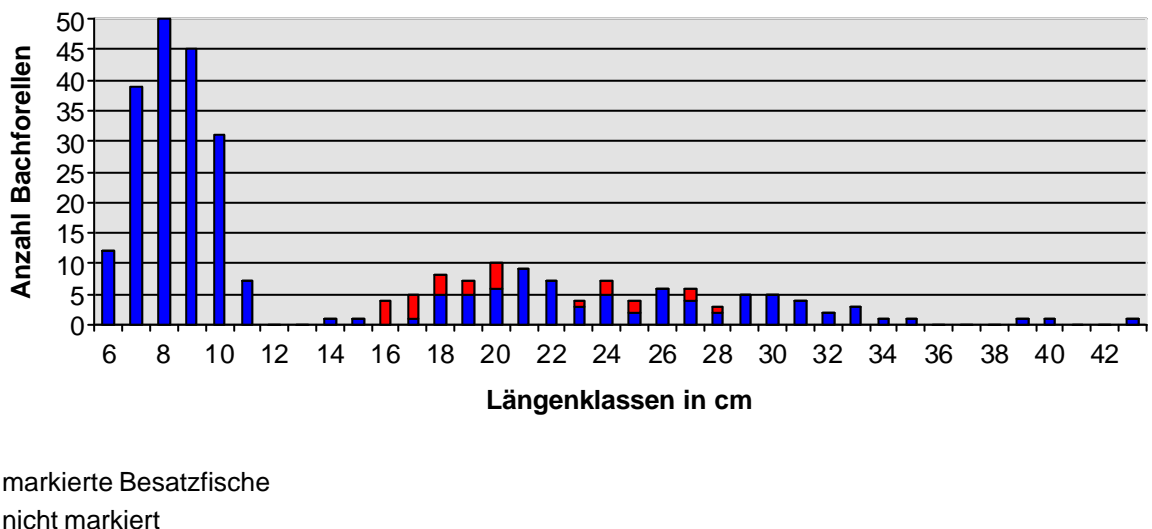
Währenddem 12% der markierten Besatzfische im Folgejahr wieder gefangen wurden, lag der Anteil der markierten Naturverlaichung nur bei 2.7% und damit rund 4.5x tiefer (Tabelle 5). Obschon diese Versuchsanordnung mit Markierung der Naturverlaichung selbstverständlich reproduziert werden sollte, um sicherer werden zu können, dass das Resultat nicht zufällig zustande gekommen ist, weisen diese Zahlen doch darauf hin, dass Sömmerlinge die in dieses PKD Gewässer besetzt werden gegenüber den aus der Naturverlaichung stammenden Sömmerlingen grössere Überlebenschance haben und dies obschon sie in Rundtrögen mit Kunstfutter aufgezogen worden sind.



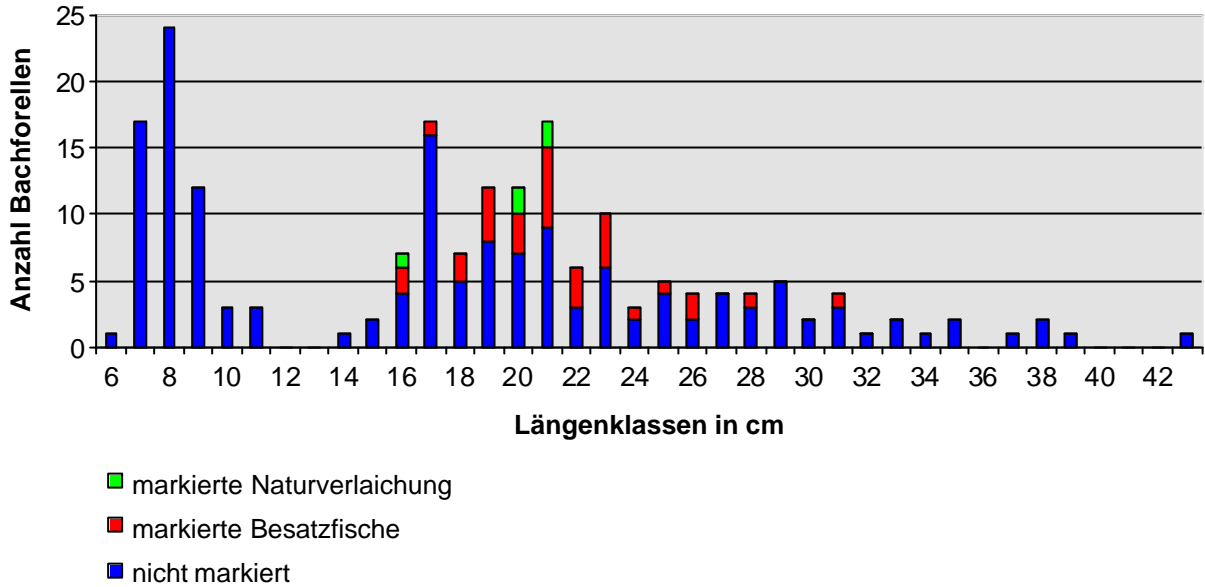
Grafik 3: Längenhistogramm aller gefangenen Bachforellen in den Strecken 1-3 am 5. September 2003. Die mit Fettflossenschnitt markierten Bachforellen sind rot eingezeichnet und entsprechen dem markierten Sömmerlings-Besatz vom 2002.



Grafik 4: Längenhistogramm aller gefangenen Bachforellen in den Strecken 1-3 am 27. August 2004. Die mit Fettflossenschnitt markierten Bachforellen sind rot eingezeichnet. Die Längenklassen 14-21.9cm sind mehrheitlich 1+ Bachforellen (markierter Sömmerlings-Besatz vom 2003), die Längenklassen 22-28.9cm mehrheitlich 2+ Bachforellen (markierter Sömmerlings-Besatz vom 2002).



Grafik 5: Längenhistogramm aller gefangenen Bachforellen in den Strecken 1-3 am 29. August 2005. Die mit Fettflossenschnitt markierten Bachforellen sind rot eingezeichnet. Die Längenklassen 14-21.9cm sind mehrheitlich 1+ Bachforellen (markierter Sömmerlings-Besatz vom 2004), die Längenklassen 22-28.9cm mehrheitlich 2+ Bachforellen (markierter Sömmerlings-Besatz vom 2003) und die Längenklasse 29-33cm sind mehrheitlich 3+ Bachforellen (markierter Sömmerlings-Besatz vom 2002). Die mit Fett- und Bauchflossenschnitt markierten Bachforellen sind blau eingezeichnet und entsprechen den im 2004 abgefischten Sömmerlingen aus der Naturverlaichung.



## 6. Fischeinsätze in den Furtbach

Da der Forellenbesatz traditionsgemäss in unterschiedlichen Altersstadien erfolgt, werden diese zur besseren Vergleichbarkeit der Besatzintensität in sog. Brütlingseinheiten umgerechnet (Tab. 6).

Altersstadium	Faktor
1 Ei	= 0.9 Brütlinge
1 Vorsömmerling	= 5 Brütlinge
1 Sömmerling	= 10 Brütlinge
1 Jährling	= 15 Brütlinge
1 adult (2+)	= 30 Brütlinge

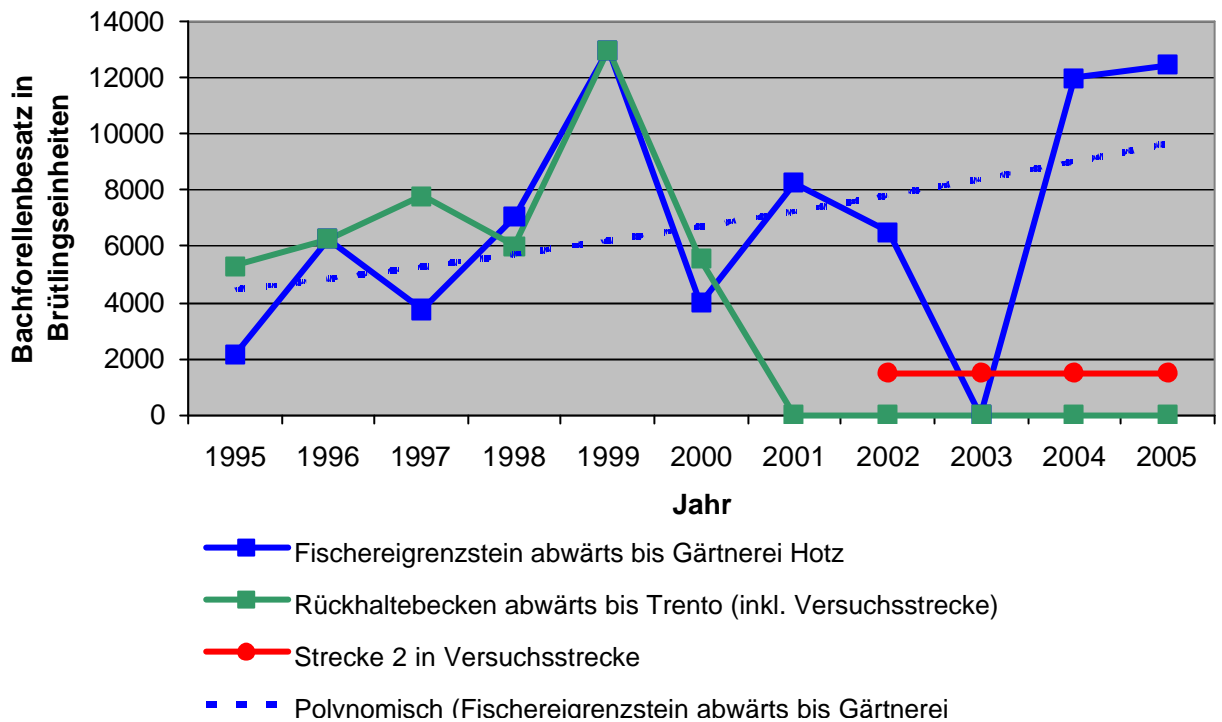
Tabelle 6: Umrechnungsfaktoren für die Besatzeinheit in Brütlingen.

Der durch die Pächter von 1995 bis 2005 durchgeführte Bachforellenbesatz ist in Tabelle 7 zusammengestellt.

Jahr	Datum	Einsatz von Fischereigrenzstein abwärts bis Gärtnerei Hotz				Einsatz von Rückhaltebecken abwärts bis Trento (Versuchsstrecke)			
		Anzahl	Alter	BrE	total BrE	Anzahl	Alter	BrE	total BrE
1995	02. Mrz	60	1+	900					
	22. Mai					4'500	Eier	4'050	
	01. Aug	250	Vo-Sö	1'250		250	Vo-Sö	1'250	5'300
1996	19. Apr	1'250	Brut	1'250		1'250	Brut	1'250	
	13. Aug	1'000	Vo-Sö	5'000	6'250	1'000	Vo-Sö	5'000	6'250
1997	10. Mrz					4'500	Eier	4'050	
	23. Jun	750	Vo-Sö	3'750	3'750	750	Vo-Sö	3'750	7'800
1998	06. Mrz					3'900	Eier	3'510	
	19. Mrz	3'900	Eier	3'510					
	26. Apr	1'000	Brut	1'000		1'000	Brut	1'000	
	30. Apr	35	adult	1'050					
	30. Apr	100	1+	1'500	7'060	100	1+	1'500	6'010
1999	23. Mai	500	Brut	500		500	Brut	500	
	27. Mai	1'500	Vo-Sö	7'500		1'500	Vo-Sö	7'500	
	07. Jul	1'000	Vo-Sö	5'000					
	15. Jul				13'000	1'000	Vo-Sö	5'000	13'000
2000	12. Mrz					4'500	Eier	4'050	
	10. Apr	100	1+	1'500					
	19. Mai	1'000	Brut	1'000					
	09. Dez	150	Sö	1'500	4'000	150	Sö	1'500	5'550
2001	23. Mai	75	adult	2'250		kein Besatz			
	10. Sep	600	Sö	6'000	8'250				0
2002	03. Jul	50	adult	1'500					
	20. Sep	500	Sö	5'000	6'500				
2003	wegen Trockenheit kein Besatz				0				0
2004	22. Mrz	100	adult	3'000					
	02. Jun	75	adult	2'250					
	16. Sep	25	adult	750					
	16. Sep	300	Sö	3'000					
	16. Sep	200	1+	3'000	1'200				
2005	10. Mai	50	adult	1'500					
	22. Jun	65	adult	1'950					
	31. Aug	750	Sö	7'500					
	31. Aug	100	1+	1'500	12'450				

Tabelle 7: Bachforelleneinsätze der Pächter. Beim Besatz von Fangfähigen wurde ein Durchschnittsgewicht von 0.2kg angenommen und so der Besatz in kg in Stück umgerechnet. Zusätzlich wurden am 25. Juni 1999 100 1+ Äschen, am 10 April 2000 100 1+ Äschen und am 20. September 2002 50 Äschen-Sö in die Strecke vom Fischereigrenzstein abwärts bis zur Gärtnerei Hotz besetzt.

Grafik 6: Bachforellenbesatz in Brütlingseinheiten von 1995 bis 2005. In Rot der Besatz der 150 Sömmerlinge von 2002-2005 im Rahmen des PKD Projektes.



Im Mittel wurden vom Rückhaltebecken bis Trento, also dem Abschnitt in welchem sich auch die Versuchsstrecke befindet, zwischen 1995 und 2001 jeweils 6273 Brütlingseinheiten besetzt. Da während dem PKD Projekt von 2002 bis 2005 nur noch ein Sömmerlingsbesatz von 150 Stück in die Strecke 2 erfolgte, was 1500 Brütlingseinheiten entspricht, nahm der Besatz vom Rückhaltebecken abwärts bis Trento insgesamt um 76% auf ab. Auch wenn der Besatz traditionsgemäss in dieser Strecke mehrheitlich nicht im Sömmerlingsalter erfolgte, muss die Tatsache, dass während des PKD Projektes der Besatz so stark abgenommen hat natürlich für die Interpretation der Abnahme der Bachforellenbiomasse in den Strecken 1-3 schon mitberücksichtigt werden. In einem Folgeprojekt soll deshalb der Einfluss eines gesteigerten Sömmerlingsbesatzes (total 6500 Brütlingseinheiten) in die ganze untere Strecke vom Rückhaltebecken bis Trento untersucht werden.

## 7. PKD Untersuchungsergebnisse

Wenn möglich wurden immer 10 Bachforellensömmerlinge (im Jahr 2003 aufgrund der geringen Sömmerlingsdichte nur 6) bei der Elektroabfischung aus dem Furtbach entnommen und makroskopisch, also von Auge, und histologisch, mittels lichtmikroskopischer Untersuchung von Nierengewebeschnitten, untersucht. Gleichzeitig erfolgte sicherheitshalber jedes Jahr eine analoge Untersuchung von 10 Bachforellensömmerlingen aus der kant. BE Fischzucht Reutigen damit die PKD Freiheit der Besatzfische gewährleistet war.

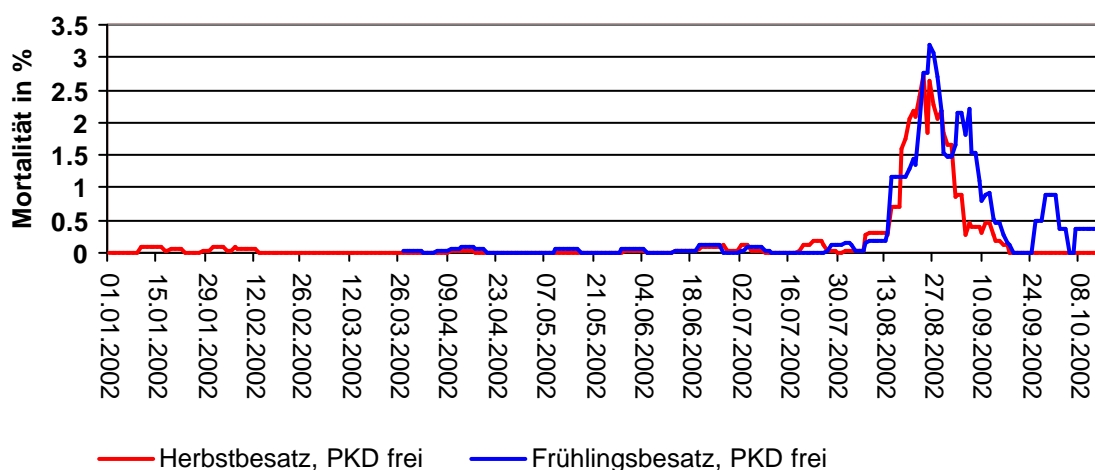
In keinem einzigen Fall gab es eine Abweichung zwischen dem makroskopischen und histologischen Befund. Die Befallshäufigkeit der aus dem Furtbach stammenden Sömmerlinge schwankte zwischen 33 und 90%. Aufgrund der kleinen Stichproben sind die Befallshäufigkeiten nicht repräsentativ für die Prävalenz im Bestand und können nicht miteinander verglichen werden. Bei den Besatzfischen konnte erwartungsgemäss bei keinem Fisch PKD nachgewiesen werden.

In der Langeten, einem vergleichbaren Gewässer im Kanton Bern, konnte im Rahmen eines Versuches gezeigt werden, dass die höchste PKD bedingte Mortalität im Zeitfenster zwischen Mitte August und Mitte September liegt (Grafik 7). Da die Beprobungen im Furtbach jeweils Ende August bis Anfangs September stattfanden, kann davon ausgegangen werden, dass die Sömmerlingsdichte stark vom jeweiligen Temperaturverlauf resp. der bereits erfolgten Mortalität abhängt.

Jahr	Sö aus WüB	Sö-Besatz
2002	5 v. 10 50%	10 v. 10 0%
2003	2 v. 6 33%	10 v. 10 0%
2004	9 v. 10 90%	10 v. 10 0%
2005	7 v. 10 70%	10 v. 10 0%

Tabelle 8: Anzahl PKD positive Bachforellensömmerlinge aus dem Furtbach (WüB) und aus der kant. BE Fischzucht Reutigen und relative Befallshäufigkeiten in %.

Grafik 7: Grafik aus dem Bericht über Versuchsphase 2 zur PKD - Immunitätsbildung bei Bachforellen: Altersklasse Sömmerlinge und Jährlinge. Im Auftrag des Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft (BUWAL), 10 S. Gibt die relativen Mortalitäten des Mittelwertes der jeweils folgenden 7 Tagen in Prozent bezogen auf den Besatz resp. die bei der quantitativen Abfischung festgestellten Anzahl Forellen pro Gruppe an.





Aufgefallen ist im Rahmen der Elektroabfischung 2004 der Abgang von 8 Bachforellensömmerlingen. Normalerweise sterben höchstens Einzelfische. Alle 8 Sömmerlinge waren hochgradig an der PKD erkrankt. Wahrscheinlich waren die Sömmerlinge aufgrund des starken PKD Befalls sehr geschwächt und sind deshalb im Rahmen der Elektroabfischung gestorben.

Interessehalber wurde im Herbst 2003 ein zweisömmeriger Hecht und im Herbst 2004 auch eine einsömmerige Äsche auf PKD untersucht, beide waren PKD negativ.

## 8. Abschätzung der Mortalitäten

Zur Abschätzung der effektiven Mortalitätsraten muss berücksichtigt werden, dass natürlich ein Teil der markierten besetzten Sömmerlinge und der markierten Sömmerlinge aus der Naturverlaichung abgewandert ist. Zwei verschiedene Modelle sollen zur Abschätzung der Anzahl abgewanderten Bachforellensömmerlinge resp. -jährlinge dienen.

### Modell 1

Im Herbst 2005 waren in den abgefischten Strecken 1-3 insgesamt 67.1% aller Bachforellensjährlinge nicht markiert (blau gefärbt in Abbildung 5), dies obschon im Herbst 2004 alle Sömmerlinge markiert worden waren. Unter der Annahme, dass Zu- und Abwanderung im Gleichgewicht sind (dies muss aber keinesfalls so sein, da ja durch den Besatz in der Versuchsstrecke zusätzlicher Druck zur Abwanderung entstanden ist) sollte bei einer Zuwanderung von 67.1% auch die Abwanderung 67.1% betragen. Demnach würden die 18 abgefischten markierten Jährlinge aus dem Sömmerlingsbesatz 2004 nur 32.9% aller überlebenden Besatzfische betragen.

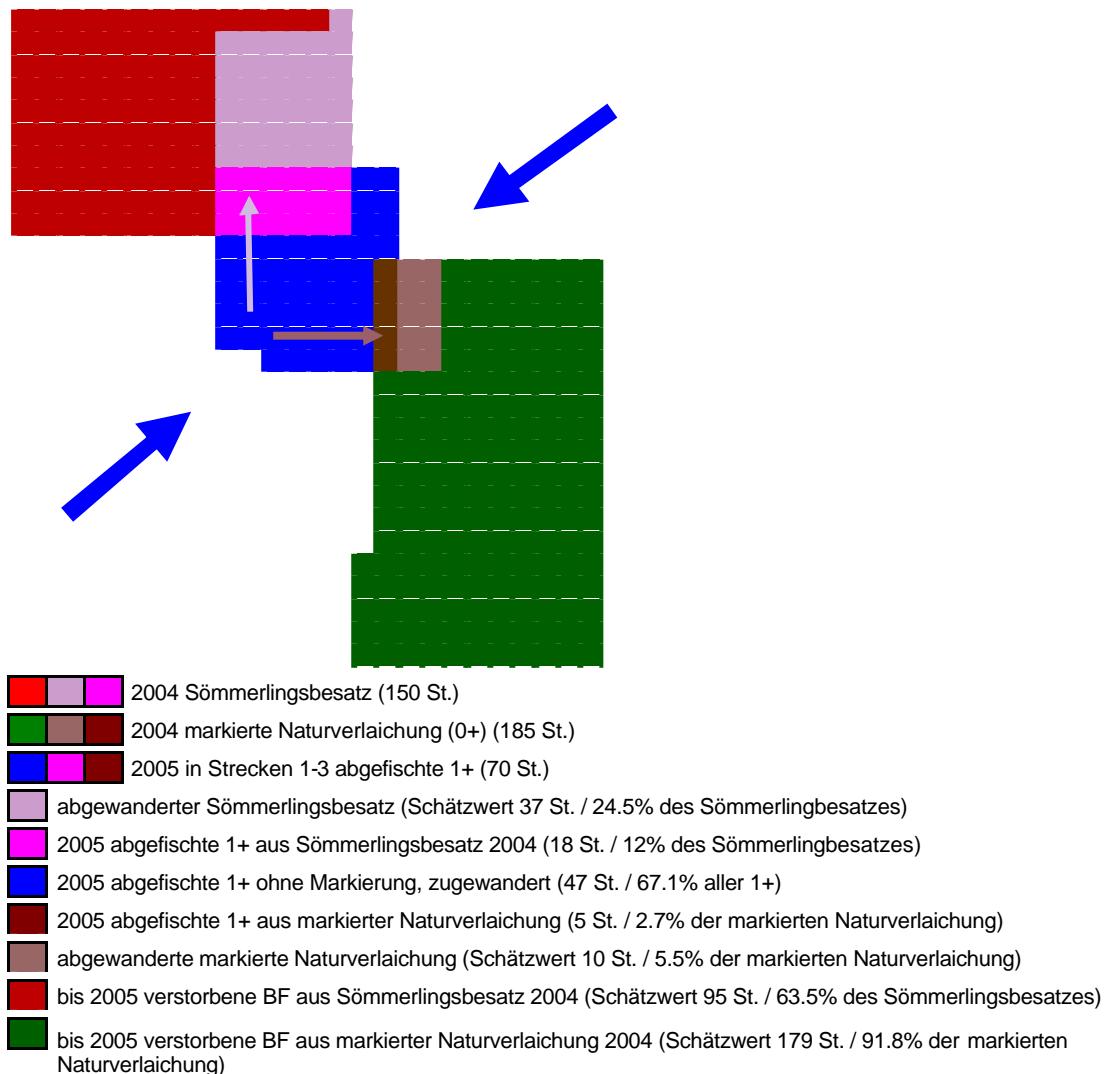


Abbildung 5: Graphische Darstellung des Modells 1 zur Zu- und Abwanderung aus der Versuchsstrecke und den daraus resultierenden effektiven Mortalitäten.

Entsprechend hätten 37 abgewanderte Besatzfische und analog 10 abgewanderte Bachforellen aus der Naturverlaichung ebenfalls überlebt. Entsprechend lassen sich folgende Mortalitäten extrapolieren:

Aus Modell 1 abgeschätzte Mortalitäten der Bachforellen Sömmerlinge/Jährlinge vom 27. Aug. 2004 bis zum 29. Aug. 2005:

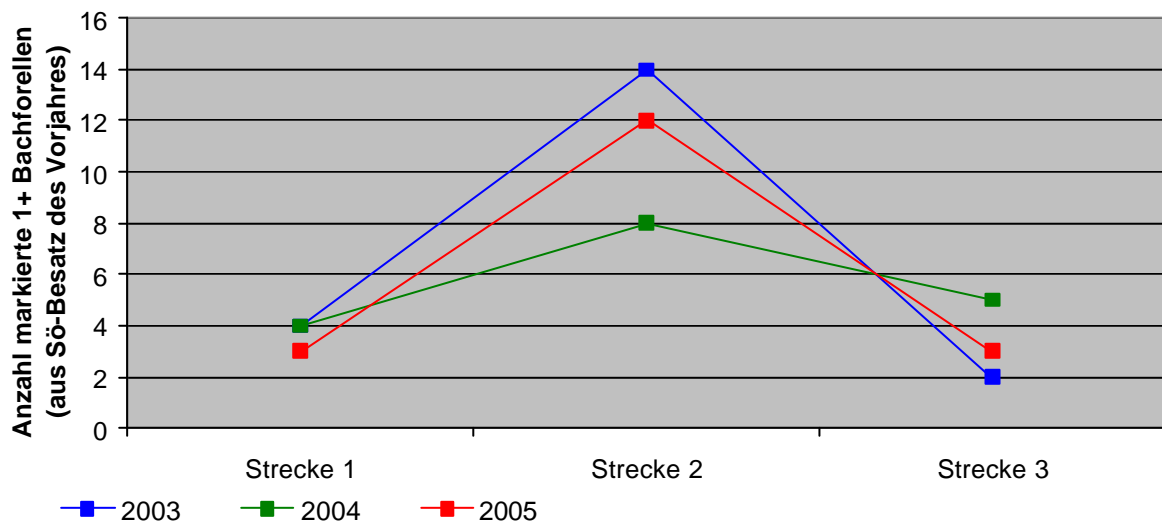
Für Besatzfische 63.5%

Für Fische aus Naturverlaichung 91.8%

### Modell 2

Die alljährlich 150 markierten Sömmerlinge wurden immer nur in der mittleren Strecke, der Strecke 2, ausgesetzt. Tatsächlich wurden in jedem Folgejahr in der mittleren Strecke auch am meisten markierte Jährlinge wieder gefangen. Die Anzahl der markierten Besatzfische nahm in den angrenzenden Strecken ab (vgl. Grafik 8). Unter der Annahme, dass die Abwanderung auch ausserhalb der Versuchsstrecke linear abnimmt, konnte die Gesamtzahl überlebender abgewandeter Besatzfische abgeschätzt werden. Demnach sind nur 25% der überlebenden besetzten Sömmerlinge/Jährlinge abgewandert. Dabei ist aber zu berücksichtigen, dass die Abwanderung nicht linear abnehmen muss, wie in diesem Modell angenommen wurde. Zum Beispiel könnten besonders geeignete „Sömmerlingsreviere“ ausserhalb der Versuchsstrecke eine „Magnetwirkung“ haben.

Grafik 8: Anzahl markierte Bachforellenjährlinge (1+) aus dem Sömmerlingsbesatz des Vorjahres.



Aus Modell 2 abgeschätzte Mortalität der Bachforellen Sömmerlinge/Jährlinge im Mittel der Jahre 2003-2005:

Für Besatzfische 84%

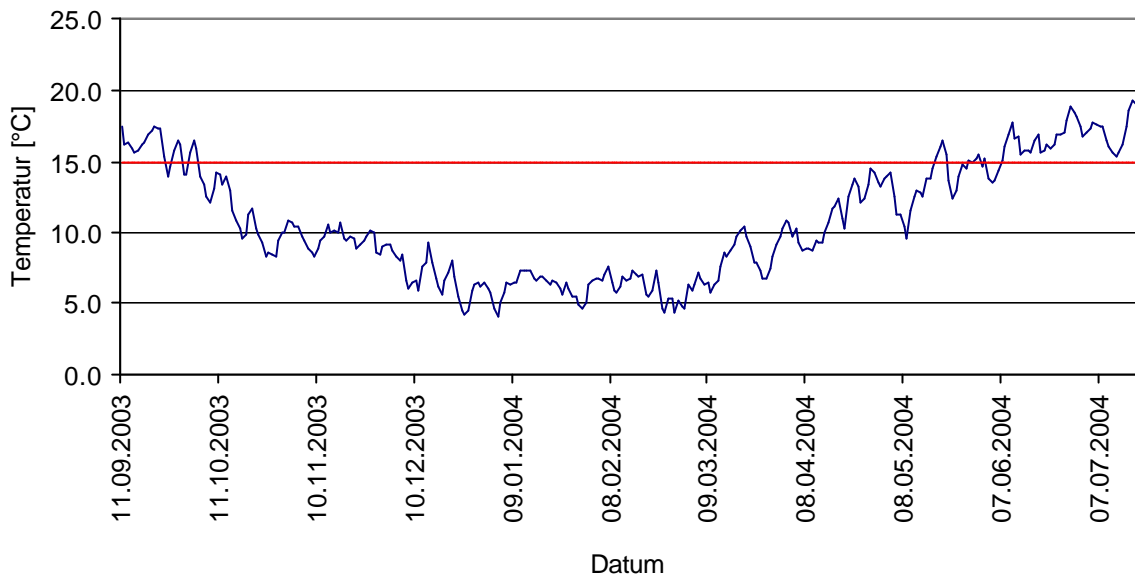
Für Fische aus Naturverlaichung 96.4%

Wahrscheinlich wandern Besatzfische stärker ab als Fische aus der Naturverlaichung, entsprechend würde die Mortalität der Fische aus der Naturverlaichung sogar noch grösser sein.

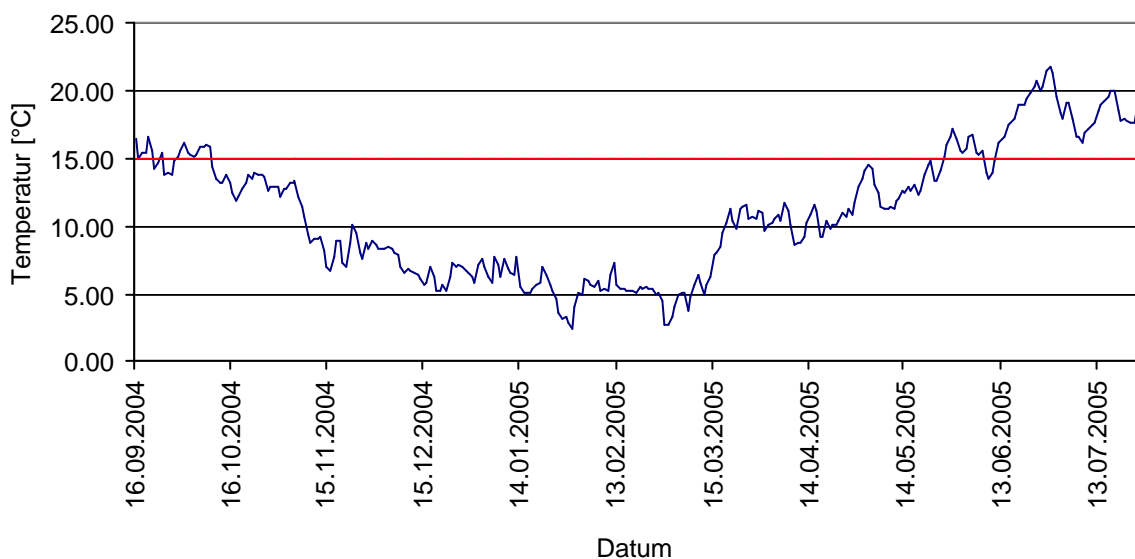
## 9. Temperaturdaten vom Furtbach

Für die Ausbildung einer allfälligen Immunität gegenüber dem PKD Erreger und auch für den Zeitpunkt und die Höhe der PKD bedingten Mortalität ist der Verlauf der Wassertemperatur von entscheidender Bedeutung. Die vorhandenen Messdaten sind als Tagesmittelwerte in den Grafiken 9 und 10 zusammengestellt.

Grafik 9: Tagesmittelwerte der Wassertemperatur im Furtbach vom 11. September 2003 bis zum 19. Juli 2004, gemessen mit einer Sonde in Strecke 2. Tagesmittelwerte wurden aus 24 Stundenmesswerten ermittelt.



Grafik 10: Tagesmittelwerte der Wassertemperatur im Furtbach vom 16. September 2004 bis zum 12. August 2005, gemessen mit einer Sonde in Strecke 2. Tagesmittelwerte wurden aus 24 Stundenmesswerten ermittelt.



Für das Jahr 2002 und bis zum 11. September 2003 liegen keine Wassertemperaturdaten vor.

Im 2003 erfolgte der Sömmerlingsbesatz am 5. September. Vom 11. Sep. 2003 an lag die mittlere Wassertemperatur noch an 20 Tagen über 15°C bevor ab dem 4. Oktober keine Tagesmittelwerte über 15°C mehr erreicht wurden. Unter der Annahme, dass vom 5.-11. Sep. die Tagesmittelwerte ebenfalls über 15°C lagen, kann davon ausgegangen werden, dass die besetzten Sömmerlinge noch an 26 Tagen, also fast 4 Wochen, Wassertemperaturen mit Tagesmittelwerten von über 15°C ausgesetzt waren (Tab. 9).

Im 2004 erfolgte der Sömmerlingsbesatz bereits am 27. August. Vom 16. Sep. 2004 an lag die mittlere Wassertemperatur noch an 18 Tagen über 15°C bevor ab dem 9. Oktober keine Tagesmittelwerte über 15°C mehr erreicht wurden. Unter der Annahme, dass vom 27. Aug. bis am 16. Sep. die Tagesmittelwerte ebenfalls über 15°C lagen, kann davon ausgegangen werden, dass die besetzten Sömmerlinge noch an 46 Tagen, also fast 6.5 Wochen, Wassertemperaturen mit Tagesmittelwerten von über 15°C ausgesetzt waren (Tabelle 9).

Wie lange die Sömmerlinge idealerweise noch einer erhöhten Wassertemperatur ausgesetzt sein müssen, damit eine Infektion erfolgt, welche möglicherweise zu einer Immunität führt, aber keine oder nur eine geringe Mortalität auslöst, ist bis heute leider nicht bekannt. Oft wurde in der Vergangenheit von rund 2 Wochen gesprochen. Auch die als kritisch angenommene Wassertemperatur von 15°C ist keinesfalls unumstösslich. Jedenfalls kann davon ausgegangen werden, dass die besetzten Sömmerlinge im Herbst 2003 noch rund während 3.5 Wochen und im Herbst 2004 sogar noch während 6.5 Wochen Tagesmittelwerten von über 15°C ausgesetzt waren. Im Herbst 2005 war der wieder Fang von markierten Jährlingen mit 25.7% rund ein Drittel schlechter als im Herbst 2004 mit 37.8% (vgl. Tabelle 4). Es könnte also durchaus sein, dass dies damit zu tun hat, dass die Sömmerlinge im Herbst 2004 zu früh besetzt wurden und evtl. noch im gleichen Jahr eine erhöhte PKD bedingte Mortalität erfuhren. Da aber auch dieser Zusammenhang auf einer einmaligen Beobachtung beruht, darf er keinesfalls als gesichert betrachtet werden. Es wäre aber sehr wichtig weitere Abklärungen zur Bestimmung des optimalen Besatzzeitpunktes durchzuführen.

<b>Herbst 2003 (11.09. - 04.10.)</b>		
Tagesmittelwerte	Anzahl Tage	%
über 15°C	20	83
unter 15°C	4	17
Total	24	
Extrapoliert seit Besatz (05.09. – 04.10.)		
Tagesmittelwerte	Anzahl Tage	%
über 15°C	26	87
unter 15°C	4	13
Total	30	
<b>Herbst 2004 (16.09. - 09.10.)</b>		
Tagesmittelwerte	Anzahl Tage	%
über 15°C	18	75
unter 15°C	6	25
Total	24	
Extrapoliert seit Besatz (27.08. – 09.10.)		
Tagesmittelwerte	Anzahl Tage	%
über 15°C	46	92
unter 15°C	4	8
Total	50	

Tabelle 9: Anzahl Tage mit Wassertemperatur Tagesmittelwerten über resp. unter 15°C im Herbst 2003 und 2004. Extrapoliert vom Besatzzeitpunkt bis zum letzten Tag mit Tagesmittelwert über 15°C.



## 10. Fazit

Die im Herbst 2005 festgestellten Unterschiede in der Mortalität zwischen den besetzten Sömmerlingen vom Herbst 2004 und den markierten Sömmerlingen aus der Naturverlaichung deuten darauf hin, dass die Hypothese 1 tatsächlich zutreffen könnte: „Bei im Herbst zum richtigen Zeitpunkt in ein von PKD betroffenem Gewässerabschnitt eingesetzten Bachforellen ist der Schweregrad einer PKD Infektion geringer als bei den aus der Naturverlaichung aufkommenden Sömmerlingen. Die Wahrscheinlichkeit der Entwicklung einer PKD Resistenz ist grösser und es resultiert bis zum Alter 1+ im folgenden Herbst eine geringere Mortalität.“ Allerdings sind diese Resultate, aufgrund der fehlenden Wiederholung noch sehr vorsichtig zu interpretieren. Ebenso dürfen sie sicher nicht 1:1 auf andere PKD Gewässer übertragen werden, obschon Adolf Bolliger in eigenen Untersuchungen in der Surb und der Limmat 1999 zu analogen Schlussfolgerungen kam. Bedenkenswert ist aber bei diesem Vergleich, dass die Besatzfische in Rundtrögen mit Kunstfutter aufgezogen wurden. Es ist anzunehmen, dass beim Besatz mit Sömmerlingen aus einem PKD freien Aufzuchtgewässer der Erfolg noch grösser wäre.

Es gibt Hinweise darauf, dass die Sömmerlinge nach dem Besatz in das PKD Gewässer besser nur während 4 Wochen statt 6.5 Wochen Wassertemperaturen mit Tagesmittelwerten von über 15°C ausgesetzt sind (Im Jahr 2005 war der wieder Fang von 1+ schlechter als im 2004). Auch dieser Feststellung ist aber noch mit grosser Vorsicht zu begegnen. Der ideale Besatzzeitpunkt ist nach wie vor unbekannt.

Nicht gelungen ist hingegen wie in Hypothese 2 angenommen eine absolute Steigerung der Bachforellenbiomasse: „Bei der Bewirtschaftung eines von PKD betroffenen Gewässerabschnittes mit Bachforellensömmerlingen zum richtigen Zeitpunkt nimmt aufgrund einer geringeren durch PKD bedingten Mortalität die Bachforellenbiomasse im entsprechenden Abschnitt zu. Die Produktivität des Gewässers wird besser ausgenützt.“ Vergleicht man hingegen die relative Entwicklung der Strecke 2, in welche der Sömmerlingsbesatz jeweils erfolgte und wo der Anteil der wieder gefangenen markierten Bachforellen auch am grössten war, so fällt auf, dass die Entwicklung der Biomasse positiver verläuft als in den angrenzenden Strecken 1 und 3. Die deutet darauf hin, dass sogar Hypothese 2 zutreffen könnte, aber nur eine relative und keine absolute Zunahme der Biomasse erfolgte.

Es zeigen sich in diesem Projekt folgende wichtigen Punkte ab:

- **In PKD Gewässern ist die Bewirtschaftung mit Sömmerlingen möglicherweise viel erfolgreicher als mit anderen Altersklassen.**
- **Sogar im jeweiligen Gewässer selbst geborene Bachforellen könnten geringere Überlebenschancen haben als besetzte Sömmerlinge aus einer Fischzucht.**
- **Der Zeitpunkt des Herbstbesatzes könnte die PKD bedingte Mortalität der besetzten Sömmerlinge stark beeinflussen.**
- **Weitere Untersuchungen in diesen 3 Punkten wären zur Absicherung sehr empfehlenswert. Insbesondere stellt sich die Frage der Reproduzierbarkeit der gefundenen Zusammenhänge und der Übertragbarkeit auf andere PKD Fliessgewässer.**

## Literatur:

Aqua-Sana (2002): Bericht über Versuchsphase 2 zur PKD - Immunitätsbildung bei Bachforellen: Altersklasse Sömmerlinge und Jährlinge. Im Auftrag des Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft (BUWAL), 10 S.

Escher (1999): Einfluss von Abwassereinleitungen aus Kläranlagen auf Fischbestände und Bachforelleneier in Mitteilungen zur Fischerei Nr. 61, Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft (BUWAL), 201 S.

Fischnetz Schlussbericht (2004): Kap. 5.3: S. 33-44.

Foot JS & Hedrick RP (1987): Seasonal occurrence of the infectious stage of proliferative kidney disease (PKD) and resistance of rainbow trout, *Salmo gairdneri* Richardson, to reinfection. Journal of Fish Biology 30: 477-83.

Nowak D., C. Reust & E. Frick (1997): Fischrückgang in den schweizerischen Fließgewässern. Schriftenreihe Studentische Arbeiten Nr. 10, Interfakultäre Koordinationsstelle für allgemeine Ökologie Universität Bern, 111 S.