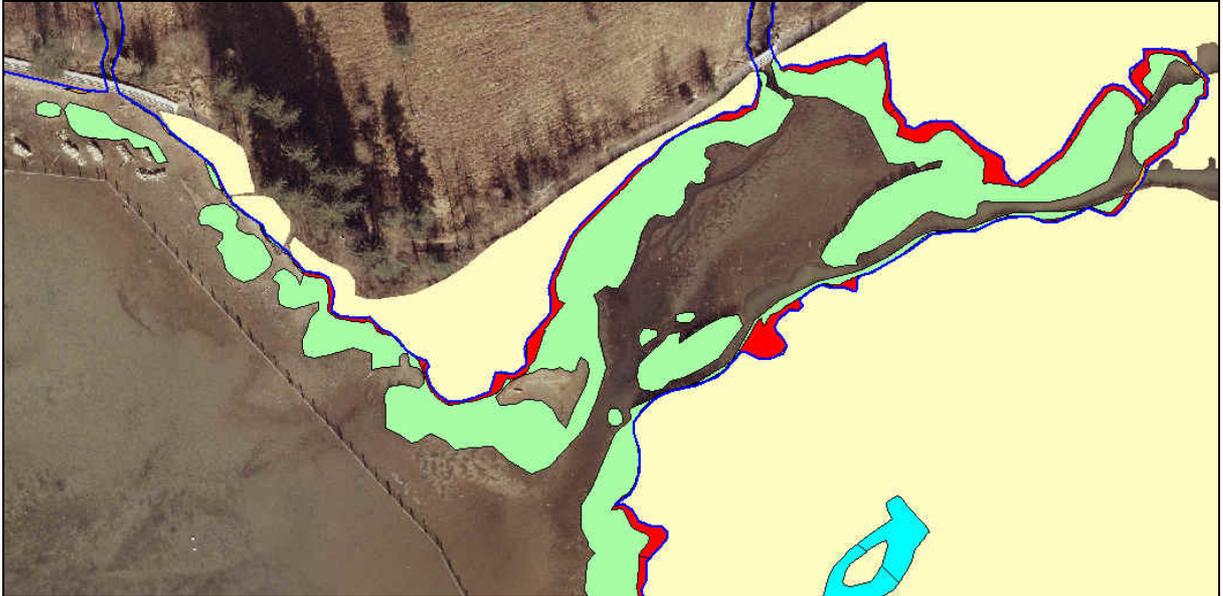


Hochwasserschutz Thunersee

Betriebsreglement Entlastungsstollen

UVB-Hauptuntersuchung, Fischökologie

Auftraggeber:- Infraconsult AG, Oberingenieurkreis I



August 2007

Aquatica GmbH



Dr. J. Guthruf, Dr. K. Guthruf-Seiler
Hängertstrasse 13 g, 3114 Wichtrach

Büro für Gewässerökologie
und Wassertechnik

Tel.: 031 781 49 40,
Fax: 031 781 40 10

Inhaltsverzeichnis

1. Ausgangszustand	4
1.1. Äschenpopulation von nationaler Bedeutung	4
1.2. Laichplätze von Hecht und karpfenartigen Fischen	5
1.3. Jungfischhabitats in der Uferzone	5
1.4. Felchenlaichplätze im Uferbereich	8
1.5. Einfluss auf die Fauna der Lüscheren-Weiher	8
1.6. Einfluss auf die Fischfauna der Aare unterhalb Thun	8
1.7. Entwässerungsgräben Wyssenau und Golfplatz Unterseen	9
1.8. Zugang von Seeforellen in die Aare bei Interlaken	10
2. Auswirkungen des Vorhabens	11
2.1. Äschenlaichplätze in Thun	11
2.1.1. Rückgang des Seepiegels während der Eientwicklung	11
2.1.2. Kombination aus Abfluss und Seepiegel	11
2.2. Äschenlaichfischfang	12
2.3. Äschenlarven in der Aare im Thunerseeausfluss	13
2.3.1. Abflüsse während der Laichzeit und Eientwicklung	13
2.3.2. Kombination aus Abfluss und Seepiegel	13
2.4. Fortpflanzung von Hechten	14
2.4.1. Mittlerer Pegelstand während Laichzeit und Eientwicklung	14
2.4.2. Pegelsenkungen während der Eientwicklung	15
2.5. Laichplätze und Jungfischhabitats in der Uferzone	15
2.6. Felchenlaichplätze im Uferbereich	18
2.6.1. Höhe des Seepiegels während Laichzeit und Eientwicklung	18
2.6.2. Rückgang des Pegels während der Eientwicklung	18
2.7. Der Fischbestand in der Aare zwischen Thun und Bern	19
2.7.1. Häufigkeit der Stollenöffnungen	19
2.7.2. Abfluss während der Laichzeit und Eientwicklung der Bachforelle	20
2.7.3. Abfluss während der Laichzeit und Eientwicklung der Äsche	20
2.7.4. Abfluss während der Larvenphase der Äsche	21
2.8. Fauna in den Lüscheren-Weiheren	21
2.9. Gräben in der Wyssenau	22
2.10. Einstieg der Seeforelle in die Aare in Interlaken	22
2.11. Zusammenfassung der Ergebnisse	22
3. Vorgesehene Massnahmen	23
3.1. Variante "minus 10"	23
3.2. Variante "Betriebsreglement 98"	24
4. Verbleibende Belastung der Umwelt	25
5. Weitergehende Massnahmen	25
6. Literaturverzeichnis	25

1. Ausgangszustand

Im Thunersee kommen insgesamt 19 Fischarten vor, darunter eine vom Aussterben bedrohte (Nase), eine stark gefährdete (Seeforelle), 3 gefährdete (Äsche, Seesaibling, Karpfen), und 5 potenziell gefährdete Arten (Groppe, Barbe, Felchen, Bachforelle, Wels). Alle Arten pflanzen sich natürlich im See oder in seinen Zu- oder Abflüssen fort. Felchen, Hecht, Seesaibling, Bach- und Seeforelle und Äsche werden durch Besatz zusätzlich gestützt.

Tab. 1 im Thunersee vorkommende Fischarten mit Gefährdungsstatus (Verordnung zum Bundesgesetz über die Fischerei, Stand 2004) und Schutzstatus nach Berner Konvention. E = geschützt, Berner Konvention. (1) = sehr selten; (*) Einzelexemplar im Fang.

Artname (d)	Artname (Wissenschaft)	Gefährdung / Schutz	
Seeforelle	<i>Salmo trutta forma lacustris</i>	stark gefährdet	
Bachforelle	<i>Salmo trutta forma fario</i>	potenziell gefährdet	
Seesaibling	<i>Salvelinus alpinus</i>	gefährdet	
Äsche	<i>Thymallus thymallus</i>	gefährdet	E
Felchen	<i>Coregonus sp.</i>	potenziell gefährdet	E
Rotauge	<i>Rutilus rutilus</i>		
Hasel	<i>Leuciscus leuciscus</i>		
Alet	<i>Leuciscus cephalus</i>		
Elritze	<i>Phoxinus phoxinus</i>		
Rotfeder	<i>Scardinius erythrophthalmus</i>		
Schleie	<i>Tinca tinca</i>		
Nase	<i>Chondrostoma nasus</i>	vom Aussterben bedroht	E (1)
Gründling	<i>Gobio gobio</i>		
Barbe	<i>Barbus barbus</i>	potenziell gefährdet	
Laube	<i>Alburnus alburnus</i>		
Brachsmen	<i>Abramis brama</i>		
Karpfen	<i>Cyprinus carpio</i>	gefährdet	
Schmerle	<i>Barbatula barbatula</i>		
Wels	<i>Silurus glanis</i>	potenziell gefährdet	(*)
Hecht	<i>Esox lucius</i>		
Flussbarsch	<i>Perca fluviatilis</i>		
Groppe	<i>Cottus gobio</i>	potenziell gefährdet	
Trüsche	<i>Lota lota</i>		

1.1. Äschenpopulation von nationaler Bedeutung

Im Thunersee lebt eine Äschenpopulation von nationaler Bedeutung. Äschen sind als Kieslaicher auf relativ rasch überströmte Kiesbänke angewiesen, welche sie in Zuflüssen und im Abfluss finden. Das grösste und wichtigste Laichgebiet befindet sich im Ausfluss des Thunersees in Thun. Weitere Laichgebiete befinden sich in der Aare bei Interlaken und in der Kander bei Einigen. Abfluss und Pegelstand während der Laichzeit (März und April) spielen insofern eine Rolle, indem sie die Fliessgeschwindigkeiten beeinflussen. Da der Abfluss in Thun reguliert ist, besteht keine feste Beziehung zwischen Pegelstand und Abfluss. Je nachdem, wie viele Schütze der Regulierwehre geöffnet sind, können alle beliebigen Kombinationen zwischen Abfluss und Pegel auftreten. Generell kann gesagt werden, dass die Kombination aus hohen Pegelständen und geringen Abflüssen für die laichenden Äschen ungünstig ist, da der Abflussquerschnitt gross und die Fliessgeschwindigkeiten nur gering ist. Da die Fliessgeschwindigkeiten in Thun ohnehin an der unteren Grenze des von den Laichäschen bevorzugten Bereichs liegen, kann sich jede weitere Reduktion negativ auf den Laicherfolg der gefährdeten Art auswirken. Aus diesem Grund sollte die Kombination " **hohe Pegel-**

stände und geringe Abflüsse" mit dem neuen Wehrreglement nicht häufiger auftreten als bisher.

Auch häufige oder starke Absenkungen des Pegels während der Eientwicklung können sich negativ auswirken, da Laichplätze trocken fallen können (GUTHRUF et al. 2003) oder grünelnde Schwäne die Eier im seichteren Wasser erreichen können. Deswegen sollten **Pegelsenkungen während der Entwicklungsdauer der Eier nicht häufiger oder ausgeprägter werden.**

In Thun befindet sich eines von zwei grossen Gebieten in der Schweiz, wo Äschenlaichfischfang betrieben wird, das heisst Laichäschen für die Äschen-Aufzucht mit Kiemennetzen gewonnen werden. Die aus den Eiern aufgezogenen Äschen werden für die Stützung geschwächter Äschenbestände und für die Wiederansiedlung der Art in Gewässern verwendet, aus denen sie einmal verschwunden ist. Dieser Laichfischfang wird im März durchgeführt und ist nur bei Abflüssen unter 70 m³/s erfolgreich. Bei höheren Abflüssen werden die Netze zu Boden gedrückt, worunter der Fangerfolg stark leidet. Ab 80 m³/s ist ein Laichfischfang nicht mehr möglich.

1.2. Laichplätze von Hecht und karpfenartigen Fischen

Während grosse Teile des Thunersees von Fischen besiedelt sind, konzentriert sich die Fortpflanzung der meisten Arten auf die Uferzonen. Wasserschilfbestände sind sehr wichtig als Laichhabitat für den Hecht und zahlreiche karpfenartige Fischarten. An den Ufern des Thunersees befinden sich zwei grosse Wasserschilfbestände, im Gwattlichenmoos bei Gwatt und in der Wyssenau bei Unterseen. Während der Laichzeiten dieser Arten und der Eientwicklung (Hecht: Anfang März bis Ende April; Karpfenartige: Anfang April bis Ende Juni) sollte die Fläche dieser Wasserschilfbestände gegenüber heute nicht abnehmen. Auch die Überflutungsdauer sollte gegenüber heute nicht reduziert werden. Sinkende Pegel während der Eientwicklung und der Haftphase des Hechts können dazu führen, dass die Eier und Larven trocken fallen und zu Grunde gehen. Aus diesem Grund darf der Pegel während der Eientwicklung und der Haftphase des Hechts nicht häufiger oder ausgeprägter als bisher abnehmen.

1.3. Jungfischhabitats in der Uferzone

Die Uferzone (Litoral) ist für die Entwicklung der Jungfische von zentraler Bedeutung. Drei Gründe können dafür aufgeführt werden:

Im Litoral erwärmt sich das Wasser stärker als in den übrigen Teilen des Sees, wodurch die Jungfische rascher wachsen können. Rasches Wachstum ist für junge Fische überlebenswichtig, da die rasch wachsenden Tiere schneller dem Spektrum des Haupt-Fressfeindes entwachsen.

Neben der höheren Temperatur bieten Seichtwassergebiete den Jungfischen auch einen direkten Schutz vor Fressfeinden, da diese im seichten Wasser schlechter jagen können.

Die im Litoral wachsenden Wasserpflanzenbestände bieten den Jungfischen Versteckmöglichkeiten und Schutz vor Fressfeinden. Zudem bilden sie dank ihrer riesigen Oberfläche das Substrat für eine Vielzahl von Gewässerorganismen, welche wiederum als Nahrung für die Jungfische dienen. Fischökologische Untersuchungen im Litoral des Thunersees belegen hohe Jungfischdichten und eine grosse Artenvielfalt in diesen Flachwasserzonen (BÜSSER 1993; BÜSSER 1993). Aus diesem Grund ist das Litoral mit den Wasserpflanzenbeständen von zentraler Bedeutung für Jungfische diverser Arten. Die Litoralfläche sollte sich deshalb bei dem neuen Wehrreglement gegenüber heute nicht reduzieren, insbesondere die Teile, die mit Wasserpflanzen bewachsen sind.

Innerhalb des Litorals sind Areale mit überfluteter Vegetation und Wasserschilf sehr wichtige Lebensräume für Jungfische (GUTHRUF 2001). Deswegen sollte die Wasserschilffläche auch

während des Sommers nicht reduziert werden. Auch für die Jungfische spielen die grossflächigen Flachufer in Gwatt und vor der Wyssenau eine sehr wichtige Rolle, sowohl hinsichtlich der Fläche mit untergetauchten Wasserpflanzen (JUGE et al. 1992) als auch hinsichtlich der Wasserschilfbestände (siehe Schilf-Teil).

Die Schilfbestände im Gwattlischenmoos und in der Wyssenau sind heute durch einen Zaun grossräumig vor Schwemmholzeintrag und vor Störung durch Freizeitaktivitäten geschützt. Trotz dieser Schutzmassnahmen gelangte - vermutlich während der Hochwasser 1999 und 2005 - in grossen Mengen Schwemmholz in die eingezäunten Flächen und führte in beiden Gebieten zu grossflächigen Verlusten bei den Wasserschilfbeständen (Abb. 1, Abb. 2).



Abb. 1 Schwemmholz führte in der Wyssenau zu grossflächigen Verlusten der Wasserschilfbestände. Am Standort nördlich der Aaremündung fehlt ein Wasserschilfbestand teilweise vollständig. Foto J. Guthruf.

Die Wassertiefen vor dem Wasserschilf schwankten bei einem Seepiegel von 557.68 m ü.M. an beiden Standorten sehr stark:

In der Wyssenau war das Wasser bei den seeseitigsten Schilfhalmen durchschnittlich 58 cm tief, am Gwattlischenmoos 9 cm weniger (Tab. 2). Auch an der Aussengrenze der geschlossenen Wasserschilfbestände war das Wasser in der Wyssenau im Mittel tiefer als im Gwattlischenmoos (46 bzw. 31 cm). Bei einem durchschnittlichen Pegel von 557.32 im ersten Laichmonat des Hechtes (März) und von 557.60 im zweiten Laichmonat April (BAFU, Periode 1941 - 2005) wird klar, dass je nach Zeitpunkt der Anstiegs des Seepiegels nur geringe oder sehr grosse Wasserschilfflächen für die laichenden Hechte zur Verfügung stehen. Betrachtet man die maximalen Wassertiefen im Bereich der Wasserschilfgrenze, so ist davon auszugehen, dass die Hechte auch bei sehr tiefem Seepiegel im Wasserschilf laichen können. Die Wasserschilfbestände im Gwattlischenmoos und noch ausgeprägter diejenigen in der Wyssenau sind deshalb heute sehr wichtig für die natürliche Fortpflanzung des Hech-

tes. Eine Absenkung des Wasserstandes während der Laichzeit führt kurzfristig zu grossflächigen Verlusten an Hecht-Laichplätzen.

Tab. 2 Wassertiefen an der Grenze der äussersten Schilfhalme und an der Aussengrenze der geschlossenen Wasserschilfbestände in den beiden grossen Schilfgebieten des Thunersees (Wyssenau und Gwattlischenmoos). Seepegel zum Zeitpunkt der Messungen: 557.68 m ü.M. Wyssenau: 20; Gwattlischenmoos: 19 Einzelmessungen.

		Gwattlischenmoos	Wyssenau
geschlossene Wasserschilf- grenze	Mittelwert	0.31	0.46
	Standardabweichung	0.15	0.22
	Maximum	0.66	0.65
	Minimum	0.10	0.00
am meisten seeseitig gelegene Schilfhalme	Mittelwert	0.49	0.58
	Standardabweichung	0.16	0.19
	Maximum	0.89	0.75
	Minimum	0.15	0.08

Für die karpfenartigen Fischarten, welche später im Jahr laichen, sind die Pegel (557.77 im Mai und 557.86 im Juni) höher und damit die verfügbaren Wasserschilfflächen bedeutend grösser. Die Bedeutung des Wasserschilfs ist für die Karpfenartigen ebenso gross wie für die Hechte. Absenkungen des Pegels im Sommer äussern sich absolut betrachtet in ähnlich hohen Flächenverlusten wie im Frühjahr, wegen der grossen Flächen ist der prozentuale Verlust bedeutend geringer.



Abb. 2 Auch im Gwattlischenmoos liegen grosse Schwemmholz-Mengen an der Aussengrenze der Wasserschilfbestände. Foto K. Guthruf.

Falls sich die Wasserschilffläche im Anschluss an die Absenkung seeseitig ausbreitet, kann ein Teil der Laichplatzverluste mittel- bis langfristig kompensiert werden (siehe Bericht Schilfbestände).

1.4. Felchenlaichplätze im Uferbereich

Im Thunersee leben vier verschiedene Felchenrassen. Drei davon (Brienzig, Albock, Kropfer) pflanzen sich in grösserer Tiefe fort. Der Balchen (auch uferlaichender Albock genannt) hingegen laicht in geringer Wassertiefe ab (0.1 bis 0.5 m, gelegentlich bis 1 m Tiefe), wobei kiesige Substrate (Korndurchmesser 1 bis 10 cm) mit grobporigem Lückenraum für die Eiablage aufgesucht werden. Flächen mit felsigem, blockigem, sandigem Untergrund wurden ebenso gemieden wie Kiesflächen mit versandetem oder verschlammtem Lückensystem. Die Tiere laichen in der zweiten Dezemberhälfte ab. Die Embryonen schlüpfen erst Mitte Februar (BÜSSER 1998). Die Art hat in den letzten Jahren stetig abgenommen. Als Ursache werden Veränderungen in der Wasserstandsregulierung vermutet, welche bewirkten, dass viele Flächen mit geeignetem Laichsubstrat bereits vor der Laichzeit trocken fallen oder während der Eientwicklung austrocknen (Büsser 1998). Jegliche Veränderung hin zu noch niedrigeren Pegelständen im Winter wirkt sich deshalb fatal auf die noch vorhandenen Bestände aus.

Der Seepiegel sollte deshalb gemessen am heutigen Pegelregime zwischen Dezember und Februar nicht tiefer liegen. Zudem sollten Abnahmen in dieser Phase nicht ausgeprägter und häufiger werden.

1.5. Einfluss auf die Fauna der Lüscheren-Weiher

In den Lüscheren-Weihern kommt der Bitterling vor, eine stark gefährdete Art, welche in den beim Autobahnbau entstandenen Weihern angesiedelt wurde. Auch eine Ansiedlung mit dem stark gefährdeten Edelkrebis war erfolgreich. Die Art kam zeitweise in allen drei Weihern vor, ist aber zwischen 2004 und 2007 aus dem östlichen Weiher verschwunden. Im Jahr 2007 wurde die Art wieder angesiedelt. Eine starke Bedrohung des Vorkommens geht vom aus Nordamerika stammenden Kamberkrebis aus, welcher Träger der für europäische Arten absolut tödlichen Krebspest ist. Der Kamberkrebis kommt sowohl im Brienzer- als auch im Thunersee vor.

Die Weiher werden teilweise durch Meteorwasser von der Autobahn oder Wasser aus dem Rugentunnel gespiesen und haben einen Überlauf in den Schifffahrtskanal, welcher erst als Rechteckdurchlass und später als Röhre ausgestaltet ist. Rückstau vom Schifffahrtskanal in die Weiher findet nur bei sehr hohen Seepiegeln statt. Ansonsten verhindert eine Schwelle den Austausch zwischen Weiher und Schifffahrtskanal (pers. Mitt. H. Roth, Fischereiaufseher). Der grösste der drei Weiher ist 4.5 m tief (GUTHRUF et al. 1999).

1.6. Einfluss auf die Fischfauna der Aare unterhalb Thun

In der Aare in Thun und zwischen Thun und Bern lebt eine Fischfauna, welche insgesamt 30 Arten umfasst. Bei zwei Arten (Wels und Aal) ist der Nachweis nicht gesichert. 28 Arten kommen natürlicherweise in der Aare vor, zwei Arten stammen ursprünglich aus Nordamerika (Bachsaiibling und Regenbogenforelle). Die Nase kommt in der Aare zwischen Thun und Bern nur noch als Einzelexemplare vor und ist in der Schweiz vom Aussterben bedroht. Mit der Seeforelle und dem Bachneunauge leben zwei weitere stark gefährdete Arten im beschriebenen Aareabschnitt. Sechs in der Aare vorkommende Arten sind gefährdet (Seesaiibling, Äsche, Strömer, Schneider, Karpfen, Aal) und weitere sechs sind potenziell gefährdet. Neben der Artenvielfalt ist auch die Zahl der Rote-Liste-Arten bemerkenswert, was nicht erstaunt, da es sich um eine der wenigen Fliessstrecken unter den Schweizer Flüssen handelt.

Der Schutz des Fischbestandes in der Aare zwischen Thun und Bern hat deshalb einen sehr hohen Stellenwert. Besonders wichtig ist die Äschenpopulation, welche wie diejenige im Ausfluss des Thunersees zu den Populationen von nationaler Bedeutung gehört.

Der Fortpflanzungserfolg der in der Aare lebenden Arten darf nicht durch das neue Wehrreglement beeinträchtigt werden. Da Äsche und Bachforelle durch relativ grosse Populationen vertreten sind, werden diese beiden Arten speziell geprüft.

Folgende Änderungen können sich negativ auf den Fortpflanzungserfolg auswirken: Geschiebeführende Hochwasser während der Eientwicklung können dazu führen, dass die Eier aus den Laichgruben im Kies ausgeschwemmt werden und zu Grunde gehen. Auch während der frühen Entwicklung der Jungfische (larvale Phase) sind die Fischchen sehr empfindlich auf hohe Abflüsse, insbesondere die Äsche. In der Semois, einem kleinen Fluss in Belgien war die Dichte junger Äschen in Jahren mit geringem Abfluss während dieser kritischen Phase 80 mal grösser als in Jahren mit einem Hochwasser (PHILIPPART 1989). Aus diesem Grund sollten Ausmass und Häufigkeit von Abflussspitzen während dieser kritischen Phase (November bis Mai für Forellen und Äschen) in der Aare nicht zunehmen.

Tab. 3 Artenszusammensetzung in der Aare in und unterhalb von Thun. 1 = Vorkommen, (1) = Einzelfunde, r = natürliche Reproduktion; * = Jungfische; 1? = Nachweis unsicher.

Artname (d)	Artname (Wissenschaft)		Thun	unt. Thun
Bachneunauge	<i>Lampetra planeri</i>	stark gefährdet		1 r *
Regenbogenforelle	<i>Oncorhynchus mykiss</i>	zoogeografischer Neuling		1 *
Seeforelle	<i>Salmo trutta forma lacustris</i>	stark gefährdet	1	
Bachforelle	<i>Salmo trutta forma fario</i>	potenziell gefährdet	1 r *	1 r *
Seesaibling	<i>Salvelinus alpinus</i>	gefährdet	(1)	1
Bachsaibling	<i>Salvelinus fontinalis</i>	zoogeografischer Neuling		1
Äsche	<i>Thymallus thymallus</i>	gefährdet	1 r *	1 r *
Felchen	<i>Coregonus sp.</i>	potenziell gefährdet	(1)	1
Rotauge	<i>Rutilus rutilus</i>		(1)	1 r *
Hasel	<i>Leuciscus leuciscus</i>		(1)	1 r *
Alet	<i>Leuciscus cephalus</i>		1	1 r *
Strömer	<i>Leuciscus souffia</i>	gefährdet		1
Elritze	<i>Phoxinus phoxinus</i>		(1)	1 r *
Rotfeder	<i>Scardinius erythrophthalmus</i>			1
Schleie	<i>Tinca tinca</i>			1
Nase	<i>Chondrostoma nasus</i>	vom Aussterben bedroht		1 r? *
Gründling	<i>Gobio gobio</i>			1 r *
Barbe	<i>Barbus barbus</i>	potenziell gefährdet	1 r *	1 r *
Laube	<i>Alburnus alburnus</i>			1
Schneider	<i>Alburnoides bipunctatus</i>	gefährdet		1 r *
Brachsmen	<i>Abramis brama</i>			1
Karpfen	<i>Cyprinus carpio</i>	gefährdet		1
Schmerle	<i>Barbatula barbatula</i>			1 r *
Wels	<i>Silurus glanis</i>	potenziell gefährdet		1?
Aal	<i>Anguilla anguilla</i>	gefährdet		1?
Hecht	<i>Esox lucius</i>		1	1 r *
Flussbarsch	<i>Perca fluviatilis</i>		1	1 r *
Groppe	<i>Cottus gobio</i>	potenziell gefährdet	1 r *	1 r *
Stichling	<i>Gasterosteus aculeatus</i>	potenziell gefährdet		1 r *
Trüsche	<i>Lota lota</i>		1	1

1.7. Entwässerungsgräben Wyssenau und Golfplatz Unterseen

Die Gräben zwischen der Wyssenau und dem Golfplatz Interlaken-Unterseen sind teilweise wertvoll als Lebensraum für Fische. Die Passierbarkeit dieser Gräben für Fische wurde am 18. Oktober 2005 (Pegel Thunersee 557.68 m ü.M.) und am 08. August 2006

(557.72 m ü.M.) überprüft (KIRCHHOFER & BREITENSTEIN 2006). Während die Durchgängigkeit im südöstlichen Teil zum grossen Teil gewährleistet ist, verhindern im mittleren und im westlichen Bereich Auflandungen am Seeufer, zu geringe Wasserführung oder Holzschwellen eine Fischwanderung. Die Gräben im südöstlichen Teil müssen weiterhin durchwanderbar bleiben. Im mittleren und im westlichen Teil kann die Durchwanderbarkeit für Fische durch Vertiefung der Gräben bzw. durch Erhöhung der Wasserführung mit Hilfe von Pumpen stark verbessert werden (KIRCHHOFER & BREITENSTEIN 2006). Die Verlandungen im Mündungsbereich müssen durch Materialentnahmen von Hand oder mit dem Bagger periodisch entfernt werden (pers. Mitt. H. Roth, Fischereiaufseher).

1.8. Zugang von Seeforellen in die Aare bei Interlaken

Die Aare in Interlaken ist ein Laichgewässer für die stark gefährdete Seeforelle. Der Abfluss ist nur gering (Restwasser). Eine Absenkung des Seepegels darf sich nicht negativ auf den Einstieg der stark gefährdeten Art auswirken. Der Austausch flussauf- und flussabwärts muss bei jedem Wasserstand gewährleistet sein.

2. Auswirkungen des Vorhabens

2.1. Äschenlaichplätze in Thun

2.1.1. Rückgang des Seepiegels während der Eientwicklung

In den Jahren 1999 bis 2005 sank der Seepiegel während der Äschenlaichzeit und während der Entwicklung der Äscheneier minimal 5 cm (2005) und maximal 32 cm (2001). Der Durchschnitt lag bei 17.9 cm. Bei Umsetzung des Betriebsreglements 1998 ändert sich gegenüber heute weder der Durchschnittswert noch die Schwankungsbreite. Bei der Variante "minus 10" nimmt der Pegel weniger stark ab als in den beiden übrigen Varianten (Abb. 3), was für den Laicherfolg der Äsche einen geringfügigen Vorteil bedeutet.



Abb. 3 Maximaler Rückgang des Thunerseepiegels während der Eientwicklung der Äsche (März und April). Mittelwert und Standardabweichung über die Jahre 1999 - 2005. Daten Modellierung Peter Schmocker.

2.1.2. Kombination aus Abfluss und Seepiegel

Bei einer Kombination aus niedrigem Abfluss und hohem Pegel sind die Fließgeschwindigkeiten über den Laichplätzen besonders niedrig, so dass nur ein geringer Teil der Laichplatzfläche benutzt werden kann. Auch der Erfolg der Eientwicklung kann beeinträchtigt werden, wenn diese Kombination zu lange andauert. Zwischen 1999 und 2005 trat die geschilderte Kombination an durchschnittlich sieben Tagen auf (Abb. 4) bei einer Schwankungsbreite zwischen 0 und 19 Tagen.

Bei der Umsetzung des Wehrrglements 1998 inkl. Stollen tritt die ungünstige Kombination an rund neun Tagen auf und damit häufiger als nach geltendem Regime. Mit Abstand am besten schneidet auch hier die Stollenvariante "minus 10" ab, mit welcher die Dauer der ungünstigen Kombination aus Abfluss und Pegel auf zwei Tage reduziert werden kann (Abb. 4).

Aus Sicht des Äschenlaichgebiets in Thun ist klar die Variante "minus 10" zu favorisieren.

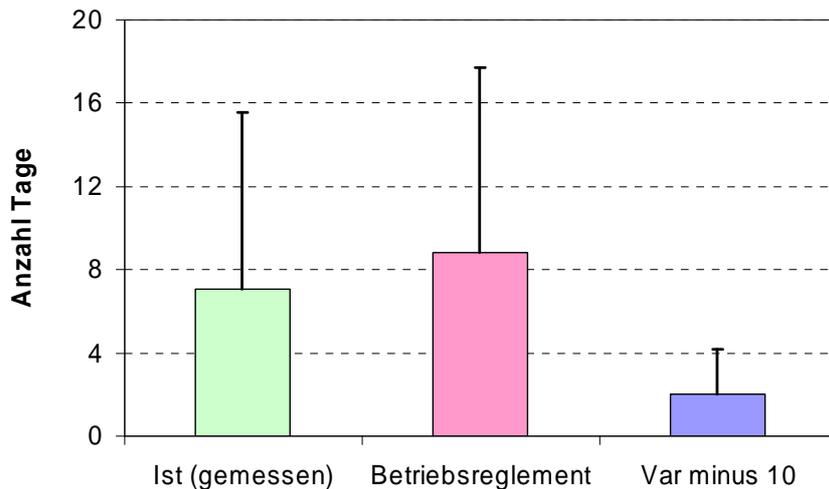


Abb. 4 Anzahl Tage mit der für die laichenden Äschen ungünstigen Kombination: geringer Abfluss (< 70 m³/s) und hoher Pegel (≥ 557.60). Säulen: Mittelwert über die Jahre 1999 - 2005, Fehlerbalken: Standardabweichung. Betrachteter Zeitraum: März bis April.

2.2. Äschenlaichfischfang

Im grossen Äschenlaichgebiet in Thun wird während der Äschenlaichzeit Laichfischfang betrieben. Nach heute geltendem Abflussregime ist an durchschnittlich 31 Tagen ein Laichfischfang gut möglich, was 53% der Laichperiode entspricht. Die Werte schwankten je nach Jahr zwischen 11 (1999) und 44 Tagen (2003). An durchschnittlich 7 Tagen ist ein Laichfischfang erschwert und an 20 Tagen infolge zu hohem Abflusses gänzlich unmöglich (Abb. 5).

Bei der Umsetzung des Betriebsreglements 1998 inkl. Stollenbetrieb kann durchschnittlich an einem Tag weniger erfolgreich gefischt werden, da der Abfluss zu hoch ist. Bei der Umsetzung der Variante "minus 10" sind die Bedingungen für den Laichfischfang noch ungünstiger: Gegenüber heute kann an durchschnittlich zwei Tagen weniger gefischt werden, wobei sich die Tage auf den Bereich mit erschwerter Bedingungen und den Bereich "Laichfischfang unmöglich" verteilen (Abb. 5).

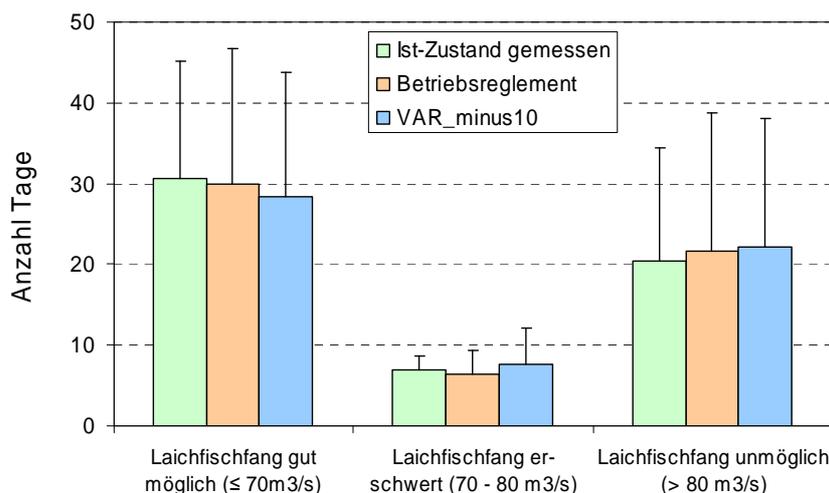


Abb. 5 Abflussgeschehen in der Aare in Thun während des Äschenlaichfischfangs und Konsequenzen für den Laichfischfang, berechnet für drei unterschiedliche Wehrreglement-Szenarien. Beurteilter Zeitraum: 1999 bis 2005. Grundlagedaten: Modellrechnungen durch P. Schmocker.

Die Bedingungen für den Laichfischfang werden sich bei beiden Varianten leicht verschlechtern, wobei die Variante "Betriebsreglement 1998" leicht besser abschneidet. In Anbetracht dessen, dass sich die für den Laichfischfang hohen Abflüsse für die laichenden Äschen positiv auswirken, ist gesamthaft betrachtet der Variante "minus 10" der Vorzug zu geben, zumal die Verluste beim Laichfischfang sich in Grenzen halten (1 - 2 von 31 Tagen).

2.3. Äschenlarven in der Aare im Thunerseeausfluss

2.3.1. Abflüsse während der Laichzeit und Eientwicklung

Die Äschenlarven reagieren sehr empfindlich auf hohe Abflüsse. Sowohl bezüglich des Mittelwerts ("Betriebsreglement 1998" identisch wie Ist-Zustand, "minus 10" 1 m³/s höher) wie auch der Häufigkeitsverteilung der Abflüsse unterscheiden sich die drei Varianten nur sehr geringfügig (Abb. 6).

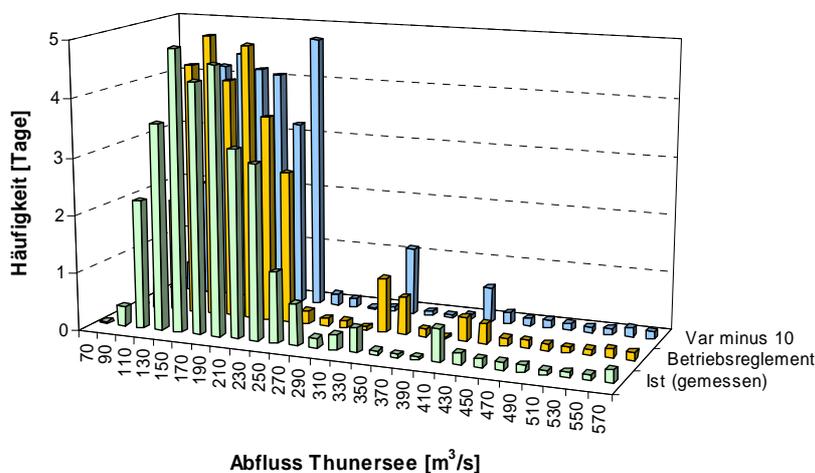


Abb. 6 Häufigkeitsverteilung des Abflusses in der Aare in Thun (inkl. Stollen) während der larvalen Phase der Äsche (24. April bis 24. Mai), getrennt nach den drei zu beurteilenden Varianten. Grundlagedaten 1999 bis 2005, Modellierung: P. Schmocker.

2.3.2. Kombination aus Abfluss und Seepiegel

Ein Zusammentreffen von hohen Abflüssen und hohen Pegeln wirkt sich negativ auf die Äschenlarven aus, da bei hohem Abfluss die Fliessgeschwindigkeit generell zunimmt und bei hohem Pegel die für die Äschenlarven wichtige Strukturen wie Kiesbänke, Totholz, und die zur Strömungsberuhigung eingebrachten "Besen" überflutet sind. Diese ungünstige Kombination aus Abfluss und Pegel kam zwischen 1999 und 2005 in der betreffenden Periode im Durchschnitt an 2.6 Tagen im Jahr vor, wobei die Häufigkeiten je nach Jahr zwischen 0 und 18 Tagen schwankten. Unabhängig von der gewählten Variante kann die Häufigkeit dieser ungünstigen Kombination geringfügig auf unter 1.8 Tage im Jahr gesenkt werden (Abb. 7).

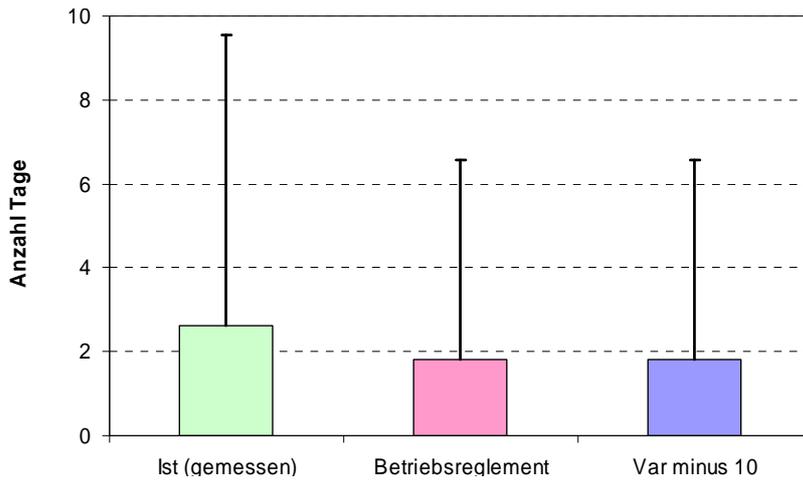


Abb. 7 Anzahl Tage mit ungünstiger Kombination für Äschenlarven: hoher Abfluss ($\geq 230 \text{ m}^3/\text{s}$) und hoher Pegel ($\geq 557.90 \text{ m ü.M.}$).

Die Situation für die Äschenlarven ändert sich je nach Variante nur geringfügig, wobei sich die Situation bei beiden Stollenvarianten gegenüber heute tendenziell eher verbessert.

2.4. Fortpflanzung von Hechten

2.4.1. Mittlerer Pegelstand während Laichzeit und Eientwicklung

Mit Röhrlicht oder Wasserpflanzen bewachsene Überflutungsflächen, sind sehr wichtige Laichhabitats für den Hecht. Aus diesem Grund ist ein erhöhter Pegel während der Hechtlaichzeit an sich sehr wünschenswert. Im Vergleich der drei verschiedenen Varianten unterscheidet sich der Pegelstand aber nur sehr geringfügig. Zudem ist die Rangfolge der verschiedenen Varianten von Jahr zu Jahr verschieden (Tab. 4).

Tab. 4 Pegelstand während der Laichzeit und Eientwicklung der Hechte (März-April). Grundlagedaten und Modellierung P. Schmocker.

	Ist-Zustand gemessen							
	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	1999-2005
Median	557.54	557.59	557.68	557.62	557.61	557.57	557.61	557.60
Mittelwert	557.53	557.57	557.65	557.60	557.62	557.53	557.50	557.57
Standardabweichung	0.09	0.08	0.12	0.13	0.05	0.13	0.18	0.13
Maximum	557.76	557.83	557.88	557.86	557.82	557.72	557.69	557.88
Minimum	557.38	557.46	557.40	557.31	557.54	557.28	557.21	557.21

	"Betriebsreglement 1998"							
	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	1999-2005
Median	557.60	557.62	557.71	557.64	557.61	557.59	557.68	557.63
Mittelwert	557.57	557.64	557.70	557.64	557.62	557.48	557.64	557.61
Standardabweichung	0.13	0.07	0.10	0.07	0.05	0.23	0.11	0.14
Maximum	557.82	557.86	557.88	557.83	557.82	557.79	557.79	557.88
Minimum	557.34	557.58	557.40	557.55	557.54	557.14	557.44	557.14

	"VAR_minus10"							
	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	1999-2005
Median	557.63	557.59	557.63	557.57	557.58	557.58	557.60	557.60
Mittelwert	557.63	557.60	557.63	557.59	557.58	557.56	557.57	557.59
Standardabweichung	0.03	0.04	0.07	0.05	0.03	0.06	0.08	0.06
Maximum	557.72	557.70	557.77	557.74	557.69	557.65	557.72	557.77
Minimum	557.58	557.53	557.41	557.55	557.53	557.45	557.43	557.41

2.4.2. Pegelsenkungen während der Eientwicklung

Starke Pegelsenkungen während der Laichzeit und Eientwicklung können dazu führen, dass die Eier trocken fallen und zu Grunde gehen. Dieser Rückgang beträgt heute im Durchschnitt 18 cm, wobei die Werte je nach Jahr zwischen 5 (2005) und 32 cm (2001) schwankten.



Abb. 8 Maximaler Rückgang des Thunerseepegels während der Laichzeit und Eientwicklung des Hechtes. Säulen: Mittelwert über die Jahre 1999 bis 2005, Fehlerbalken: Standardabweichung. Betrachteter Zeitraum: März und April.

Sollte das Betriebsreglement 1998 in Kraft treten, so ändert sich kaum etwas. Die Variante "minus 10" bewirkt eine Senkung des durchschnittlichen Pegelrückgangs auf 14 cm (Abb. 8), wodurch sich die Wahrscheinlichkeit, dass Hechtlaich zu Grunde geht, verringert. Aus diesem Grund ist die Variante "minus 10" zu favorisieren.

2.5. Laichplätze und Jungfischhabitate in der Uferzone

Zahlreiche karpfenartige Fischarten laichen im Sommerhalbjahr in der Uferzone in Wasserschilf- und Wasserpflanzenbeständen. Auch die Jungfische dieser Arten und Junghechte sind sehr stark auf Wasserschilf- und Wasserpflanzenbestände angewiesen. Aus diesem Grund kommt den grossflächigen Litoralflächen in der Wyssenau und im Gwattlischenmoos die Funktion von "hot spots" zu. Im Rahmen der Variante "minus 10" ist im Sommerhalbjahr eine Absenkung des Seepegels um 10 cm (alt 557.80 auf neu 557.70 m ü.M.) vorgesehen: Sobald der Pegel 557.70 m ü.M. übersteigt, wird in Thun die Abflussmenge erhöht. Da der Pegel heute im Sommerhalbjahr mit wenigen Ausnahmen über 557.80 liegt, kommt das Regime "minus 10" einer Absenkung um 10 cm gleich.

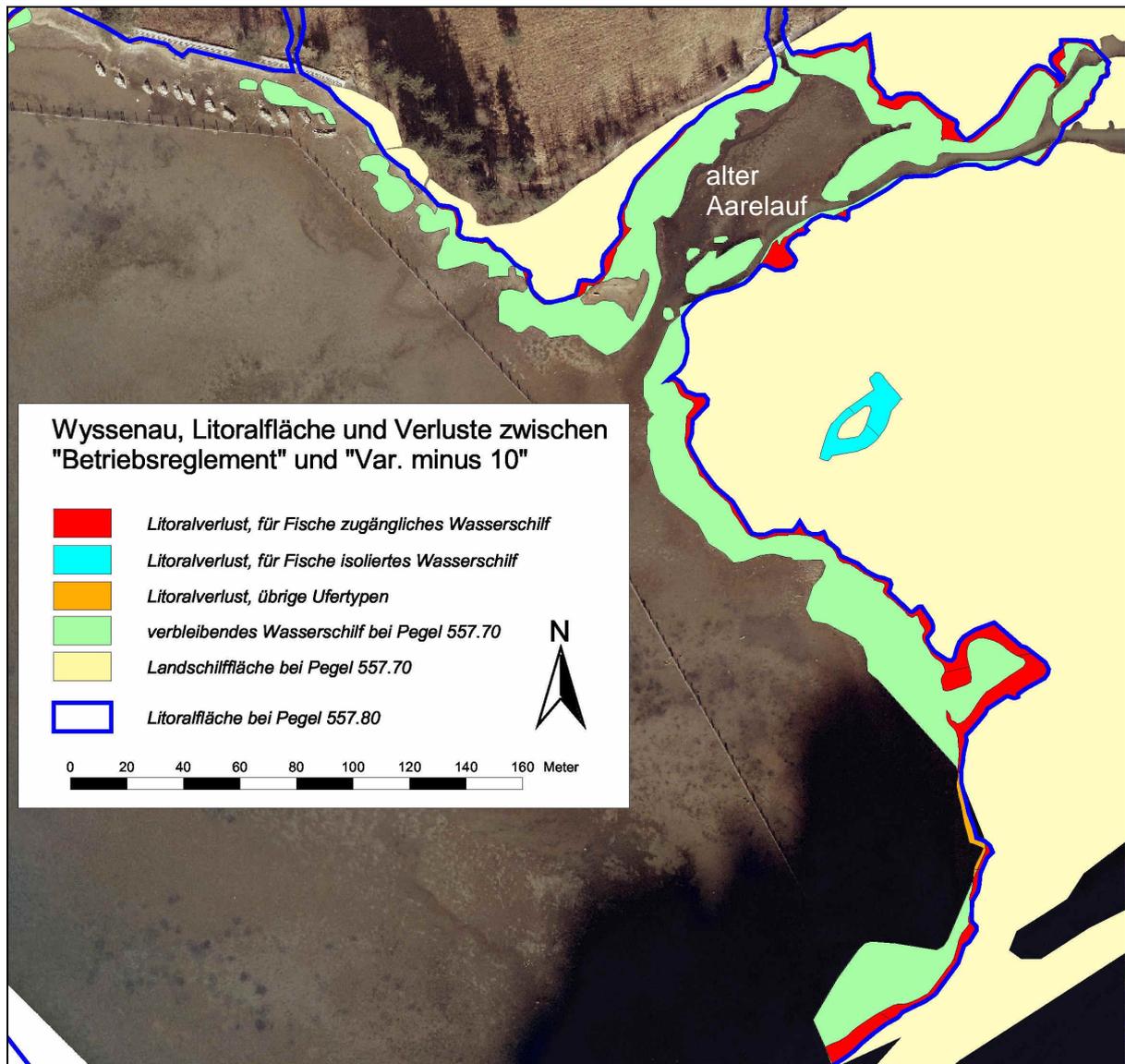


Abb. 9 Wasser-, Landschilfflächen und Litoralgrenze im südlichen Teil des Flachufers Wyssenau. Der durch die Variante "minus 10" bedingte Verlust an Litoral- bzw. Wasserschilfflächen sind orange bzw. rot dargestellt.

Im Winter 2006/07 wurde das Ufer im Gwattlischenmoos und in der Wyssenau detailliert vermessen und die Fläche umrissen, welche beim Pegel 557.70 trocken fällt und beim Pegel 557.80 überflutet ist. Die Schilfbestände wurden in beiden Gebieten anhand von Orthofotos als Flächen digitalisiert und im Feld verifiziert. Durch Verschnitt mit oben genannten Flächenangaben konnte der Verlust an Wasserschliff- und sonstigen Litoralflächen berechnet werden. Die Aussengrenze der Litoralfläche wurde gemäss (SEILER & SCHULLER 1987) anhand von Luftbildern digitalisiert (Übergang vom hellen Untergrund zur dunklen Seefläche). Als erstes fällt auf, dass Wasserschliff an beiden Stellen nur einen sehr geringen Anteil der gesamten Schilffläche ausmacht (Abb. 9, Abb. 10).

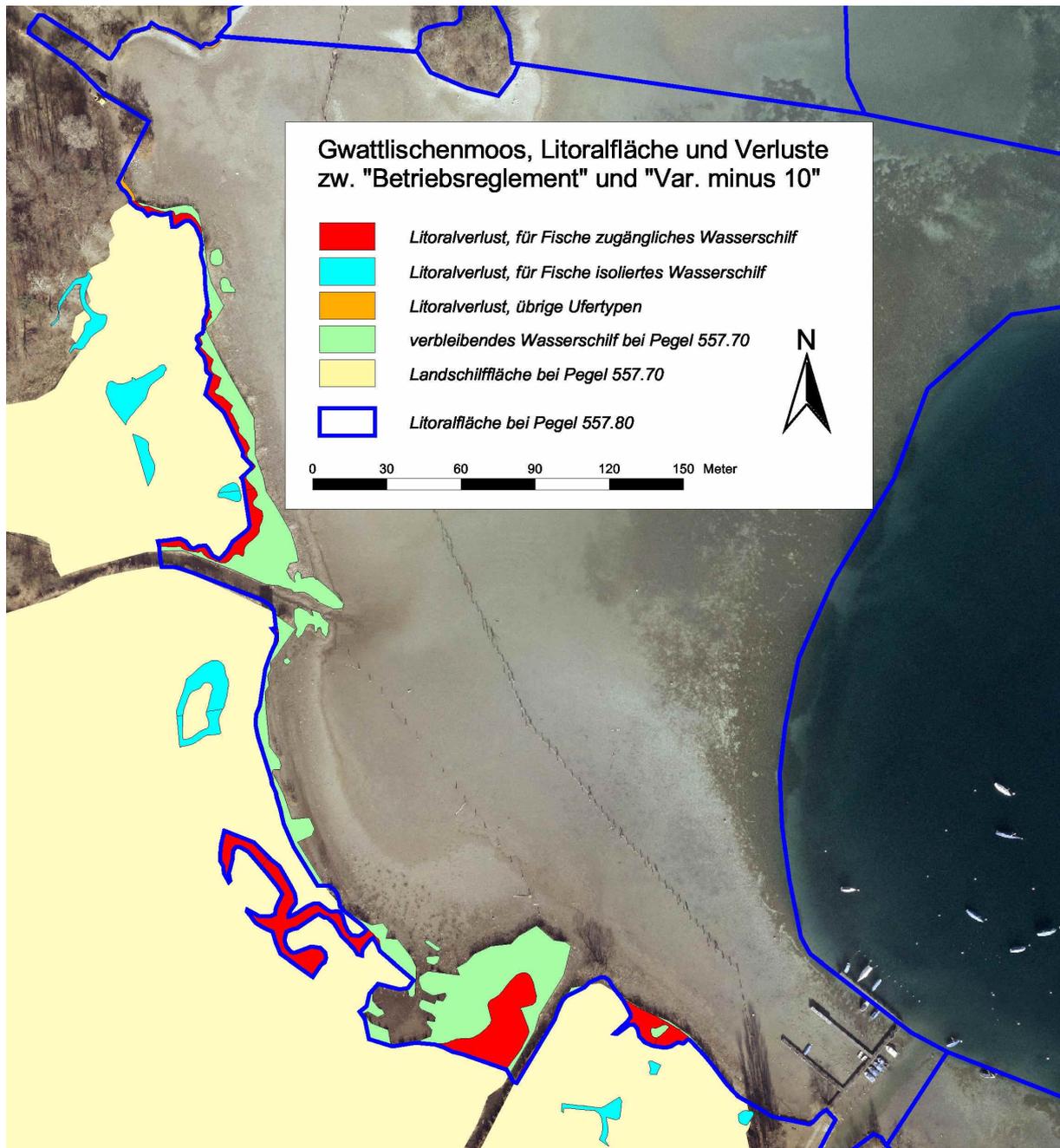


Abb. 10 Wasser-, Landschilfflächen und Litoralgrenze im Flachufer Gwattlischenmoos. Der durch die Variante "minus 10" bedingte Verlust an Litoral- bzw. Wasserschilfflächen sind orange bzw. rot dargestellt. Hellblau: Verlust von für Fische isolierten Wasserschilfflächen

Weiter ist erkennbar, dass relativ hohe Anteile der für Fische zugänglichen Wasserschilfflächen als Folge der Pegelabsenkung verloren gehen, wobei der prozentuale Verlust im Gwattlischenmoos (Abb. 10) weitaus höher ist als in der Wyssenau (Abb. 9). 35% der für Fische zugänglichen Wasserschilffläche im Gwattlischenmoos und 12% derjenigen in der Wyssenau stehen den Fischen bei Realisierung der Variante "minus 10" kurz- bis mittelfristig nicht mehr zur Verfügung, was als grosser Verlust einzustufen ist.

Mittel- bis langfristig kann sich das Wasserschilf an wenig wind- und wellenexponierten Ufern wie im Gwattlischenmoos wieder seeseitig ausbreiten, so dass der Flächenverlust geringer ausfallen wird als dargestellt. An exponierten Flächen dagegen wie in der Wyssenau nordwestlich des alten Aarelaufes ist davon auszugehen, dass sich der Flächenverlust auch

langfristig in der oben skizzierten Grössenordnung bewegen wird (siehe Kapitel Wasserschilf).

Tab. 5 Flächenverhältnisse von Wasser- und Landschilf und der gesamten Litoralfläche in den beiden grossen Flachwasserzonen des Thunersees (Gwattlischenmoos und Wyssenau). * Unter "Verlust Wasserschilf" sind nur diejenigen Bestände berücksichtigt, welche für Fische zugänglich sind.

		Betriebsreglement 98	Var. "minus 10"
Gwattlischenmoos	Schilf	102'173	102'173
	Wasserschilf	5'803	3'746
	Verlust Wasserschilf [m ²] *		2'057
	Verlust Wasserschilf [%]		35.4%
	Litoral	112'890	110'682
	Verlust Litoral [m ²]		2'208
	Verlust Litoral [%]		2.0%
Wyssenau	Schilf	62'890	62'890
	Wasserschilf	16'714	14'695
	Verlust Wasserschilf [m ²] *		2'019
	Verlust Wasserschilf [%]		12.1%
	Litoral	255'355	252'728
	Verlust Litoral [m ²]		2'627
	Verlust Litoral [%]		1.0%

Der Verlust an der gesamten Litoralfläche ist mit 1% (Wyssenau) bzw. 2% (Gwattlischenmoos) relativ gering. Die Auswirkungen auf die Fischfauna dürften sich in Grenzen halten.

2.6. Felchenlaichplätze im Uferbereich

2.6.1. Höhe des Seepiegels während Laichzeit und Eientwicklung

Während der Laichzeit und Eientwicklung der uferlaichenden Felchenarten (uferlaichender Albock, Balchen) ist der Pegel in der Variante "minus 10" am höchsten. Gegenüber der dem Ist-Zustand können im Durchschnitt annähernd 10 cm gewonnen werden (Abb. 11), was angesichts der Tatsache, dass die Tiere in Tiefen von 10 bis 50 cm (maximal bis 1 m) laichen, einer deutlichen Verbesserung gleichkommt. Mit der Variante "Betriebsreglement 98" wird gegenüber dem Ist-Zustand eine Verbesserung um durchschnittlich 7 cm erreicht.

Beide Varianten führen also gegenüber der heutigen Situation zu einer leichten Verbesserung, wobei die Variante "minus 10" zu favorisieren ist.

2.6.2. Rückgang des Pegels während der Eientwicklung

Felcheneier können bei zu starkem Sinken des Pegels austrocknen und zu Grunde gehen. Aus diesem Grund ist auch das Sinken des Pegels während der Laichzeit und Eientwicklung zu prüfen. Gegenüber dem Ist-Zustand verändert sich die Situation bei Inkrafttreten des Betriebsreglements 98 nur marginal. Durch die Variante "minus 10" kann hingegen der Rückgang des Pegels von durchschnittlich 39 auf 24 cm gesenkt werden (Abb. 12), was eine deutliche Verbesserung für die uferlaichenden Felchen zur Folge hat.

Die Variante "minus 10" wirkt sich gegenüber dem Ist-Zustand positiv auf die uferlaichenden Felchen aus und ist deshalb aus diesem Aspekt zu favorisieren.

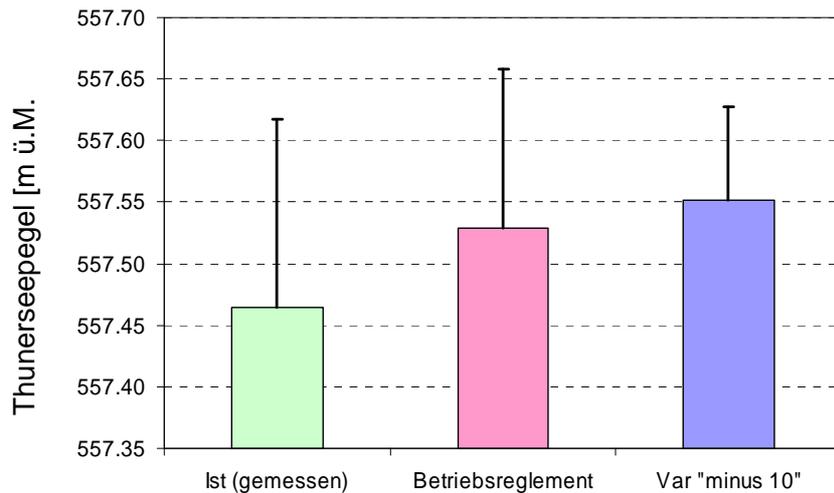


Abb. 11 Thunerseepegel während der Laichzeit und Eientwicklung der uferlaichenden Felchen (uferlaichender Albock oder Balchen). Säulen: Mittelwert über die Jahre 1999 bis 2005, Fehlerbalken: Standardabweichung. Betrachteter Zeitraum: Mitte Dezember bis Ende Februar.



Abb. 12 Maximaler Rückgang des Thunerseepegels während der Laichzeit und Eientwicklung der uferlaichenden Felchen (uferlaichender Albock oder Balchen). Säulen: Mittelwert über die Jahre 1999 bis 2005, Fehlerbalken: Standardabweichung. Betrachteter Zeitraum: Mitte Dezember bis Ende Februar.

2.7. Der Fischbestand in der Aare zwischen Thun und Bern

2.7.1. Häufigkeit der Stollenöffnungen

Auch wenn die Stollenöffnung über einen längeren Zeitraum geschieht und wenn der Stollen noch über einen längeren Zeitraum geschlossen wird, verursacht jede Stollenöffnung in der Aare unterhalb von Thun eine relativ rasche Zunahme des Abflusses. Dies kann dazu führen, dass Jungfische mitgerissen werden und ihr Habitat verlieren. Ebenso verursacht das Schliessen des Stollens einen raschen Abfall des Abflusses, wodurch Jungfische in Senken vom Hauptfluss isoliert werden können und austrocknen. Aus diesem Grund sollte die Zahl der Stollenöffnungen im Jahr möglichst tief gehalten werden.

Durch das Niedrighalten des Seepegels bei der Variante "minus 10" lässt sich die Zahl der Aufschaltungen deutlich senken (Tab. 6), weshalb klar die Variante "minus 10" zu favorisieren ist.

Tab. 6 Anzahl Aufschaltungen des Entlastungsstollens gemäss den Varianten "Betriebsreglement 1998" und "minus 10", aus UVB Hauptuntersuchung Entwurf.

Jahr	"Betriebsreglement 98"	"minus 10"
1999	9	4
2000	8	6
2001	15	9
2002	20	10
2003	4	2
2004	12	9
2005	8	3
Mittel 99-05	10.9	6.1

2.7.2. Abfluss während der Laichzeit und Eientwicklung der Bachforelle

Aus Abb. 13 ist erkennbar, dass Jahre mit Geschiebe führenden Hochwassern während der Eientwicklung der Forellen tendenziell eher seltener werden. Allerdings basiert diese Aussage auf einer äusserst geringen Stichprobenzahl (6 Jahre, 99/00 bis 04/05). Es wäre deshalb sinnvoll, das Abflussgeschehen mit einer geringeren zeitlichen Auflösung (Tagesmittel) für eine längere Zeitreihe zu modellieren.

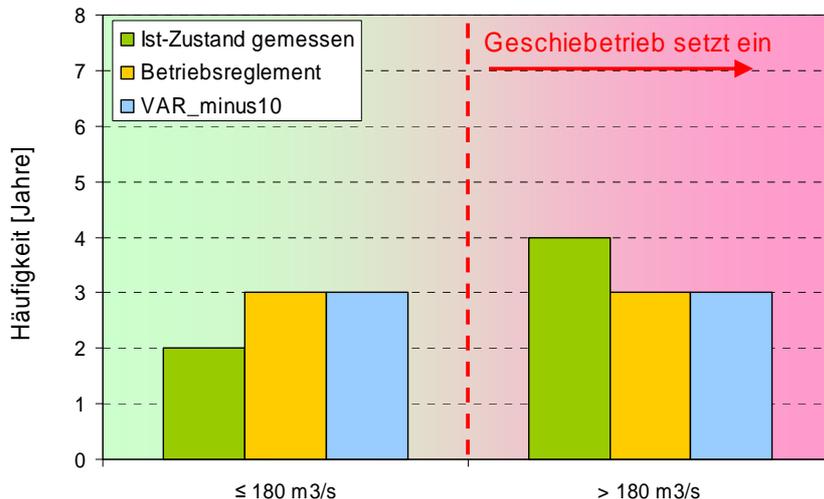


Abb. 13 Maximalabfluss der Aare unterhalb von Thun während der Laichzeit und der Eientwicklung der Forelle (November bis März).

2.7.3. Abfluss während der Laichzeit und Eientwicklung der Äsche

Während der Laichzeit und der Eientwicklung der Äsche sind Geschiebe führende Hochwasser mit beiden Stollen-Varianten tendenziell seltener als im heutigen Zustand. Die Variante "Betriebsreglement 98" schneidet dabei geringfügig besser ab als die Variante "minus 10" (Abb. 14). Auch bei dieser Auswertung ist die Stichprobenzahl mit 7 Jahren sehr gering. Um zu verlässlicheren Aussagen zu gelangen wären längere Zeitreihen notwendig.

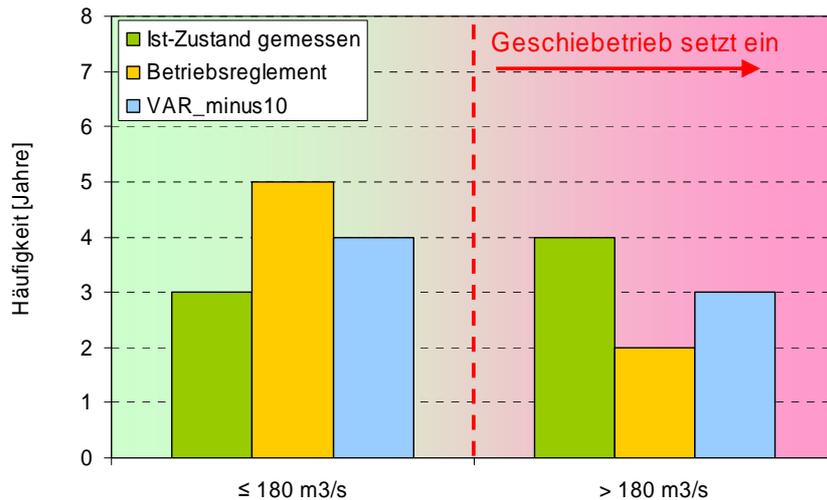


Abb. 14 Maximalabfluss der Aare unterhalb von Thun während der Laichzeit und der Eientwicklung der Äsche (März bis April).

2.7.4. Abfluss während der Larvenphase der Äsche

Während der larvalen Phase der Äsche sind Hochwasser über 300 m³/s mit beiden Stollen-Varianten tendenziell häufiger als im heutigen Zustand. In den Jahren 1999 bis 2005 wurden 300 m³/s lediglich in einem Jahr überschritten. Mit der Variante "Betriebsreglement 98" wäre dies in 5 von 7 Jahren und mit der Variante "minus 10" in 3 von 7 Jahren der Fall (Abb. 15). Tendenzuell ist die Variante "minus 10" vorzuziehen. Wegen der geringen Stichprobenzahl (7 Jahre) ist die Aussage jedoch sehr unsicher. Längere Zeitreihen sind notwendig für eine gesicherte Aussage.

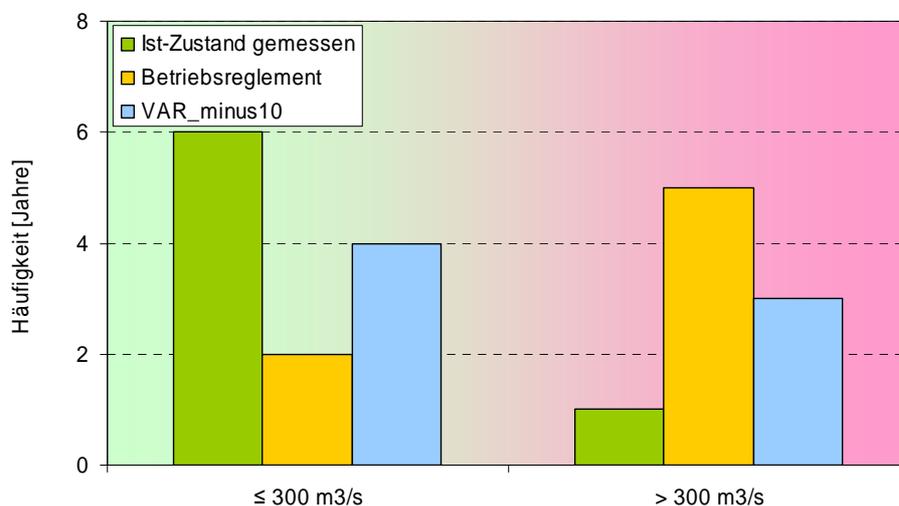


Abb. 15 Maximalabfluss der Aare unterhalb von Thun während der Larvenphase der Äsche (24. April bis 24. Mai).

2.8. Fauna in den Lütseren-Weihern

Da der Pegel mit Ausnahme von Hochwassern durch die Kote des Überlaufs bestimmt ist, ändert sich der Wasserstand des Weihers bei Einführung des neuen Betriebsreglements (beide Varianten) im Vergleich zur nicht. Die Höhendifferenz zwischen dem Überlauf und dem Schiffahrtskanal ist aber bei der Variante "minus 10" um 10 cm grösser als bei der Vari-

ante "Betriebsreglement 98). Damit ist die Wahrscheinlichkeit geringer, dass Kamberkrebse in die Weiher gelangen können.

Für die Edelkrebspopulation der Lütcheren-Weiher ist deshalb die Variante "minus 10" besser.

2.9. Gräben in der Wyssenau

Die Gräben im südöstlichen Teil waren beim Pegel 557.70 (Sommerstand Variante "minus 10") für Fische passierbar. Bei den Kanälen des mittleren und westlichen Teils war dies nicht der Fall. Bei 10 cm höherem Seepegel wären grössere Teile für Fische zugänglich.

2.10. Einstieg der Seeforelle in die Aare in Interlaken

Der Austausch zwischen Aare und Thunersee ist auch bei niedrigem Seepegel möglich. Eine Verlegung des Sommerwasserstandes von 557.80 auf 557.70 sollte für die gefährdete Art kein Problem darstellen pers. Mitt. U. Lehmann, B. Rieder, H. Roth, Fischereiaufseher).

2.11. Zusammenfassung der Ergebnisse

Bei der Variante "**Betriebsreglement 98**" kommt es bei drei Parametern zu einer starken Verschlechterung für die Fischfauna (Pegel-Abfluss während Äschenlaichzeit, Aufschaltungen Entlastungsstollen, Maximalabfluss während der larvalen Phase der Äsche unterhalb von Thun). In allen drei Parametern schneidet die Variante "minus 10" besser ab (Tab. 7). Bei drei Parametern wird durch diese Variante gegenüber dem Ist-Zustand eine starke Verbesserung erzielt (Abfluss/Pegel während Larvenphase der Äsche, Maximalabfluss während Forellen- und Äschenlaichzeit). Zwei davon erzielen auch bei der Variante "minus 10" eine starke und eine davon eine leichte Verbesserung).

Bei der Variante "**minus 10**" kommt es nur bei einem Parameter zu einer starken Verschlechterung (Wasserschilffläche). Dagegen verbessert sich die Situation in 7 Parametern stark.

Wo Rote-Liste-Arten betroffen sind (Äsche, Forelle, Felchen) schneidet die Variante "minus 10" mit zwei Ausnahmen besser ab.

Aus diesen Gründen ist die Variante "minus 10" aus fischökologischer Sicht klar vorzuziehen.

Tab. 7 Zusammenfassung der Ergebnisse der Abklärungen. Zahlen: Rangierung im entsprechenden Kriterium, 1 = gut, 3 = schlecht. * = unsichere Daten, sehr kleine Stichprobe.

Indikatorart	Parameter	"Ist (gemessen)"	"Betriebsreglement 98"	"minus 10"
Äschen (Laichtiere)	Abnahme Pegel (Laichzeit und Eientwicklung)	2	2	1
	Kombination Pegel-Abfluss (Laichzeit und Eientwicklung)	2	3	1
	Praktizierbarkeit Äschen-Laichfischfang (Abfluss)	1	2	3
Äschenlarven	Abfluss während Larvenphase	1	1	1
	Kombination Pegel-Abfluss (Larvenphase)	3	1	1
Hechte (Laichtiere)	Pegel während Laichzeit und Eientwicklung	1	1	1
	Abnahme Pegel (Laichzeit und Eientwicklung)	2	2	1
Karpfenartige (Laich) Jungfische (diverse)	Veränderung der Wasserschilffläche	1	1	3
	Veränderung der Litoralfläche	1	1	2
Felchen (Uferlaicher)	Pegel während Laichzeit und Eientwicklung	3	2	1
	Abnahme Pegel (Laichzeit und Eientwicklung)	2	2	1
Edelkrebs	Gefährdung Edelkrebs-Bestand Lüttschere-Weiher	3	2	1
Fische (diverse)	Entwässerungsgräben, Durchgängigkeit für Fische	1	1	2
Seeforelle	Aare Interlaken	1	1	1
Fischfauna der Aare unterhalb Thun	Anzahl Aufschaltungen des Entlastungsstollens	1	3	2
	Maximalabfluss Laichzeit Forelle *	2	1	1
	Maximalabfluss Laichzeit Äsche *	3	1	2
	Maximalabfluss Larvenphase Äsche *	1	3	2

Farbgebung: Vergleich mit Ist-Zustand

- | | | | |
|---|----------------------|---|-------------------------------|
|  | starke Verbesserung |  | starke Verschlechterung |
|  | geringe Verbesserung |  | geringe Verschlechterung |
|  | keine Änderung |  | sehr geringe Verschlechterung |

3. Vorgesehene Massnahmen

3.1. Variante "minus 10"

Der grossflächige Verlust an Wasserschilfgebieten stellt gegenüber dem Ist-Zustand eine starke Beeinträchtigung der Fortpflanzungs- und Jungfischhabitate der Fischarten des Thunersees dar. Diese Verluste müssen kompensiert werden. Vorschläge für die Kompensierung werden bereits im Schilf-Bericht gemacht und können übernommen werden. Die Standorte dieser Ausgleichmassnahmen müssen mit der Fischerei koordiniert werden, so dass keine Laichgebiete oder wichtigen Jungfischhabitate betroffen werden. Auch die Ausgestaltung dieser Flächen ist auf die ökologischen Ansprüche der Fische abzustimmen.

Aus der Sicht des Schilfschutzes kann eine zeitliche Verzögerung der Neubesiedlung an der Schilf-Aussengrenze akzeptiert werden. Für die Fische ergibt sich aber eine Jahre dauernde Phase mit grossen Habitatdefiziten. Um einen solchen "Engpass" zu verhindern oder zeitlich zu verkürzen, sollten Massnahmen ergriffen werden, welche die seeseitige Ausbreitung der Wasserschilfbestände fördern. Die grossen Schwemmholzmengen werden einer der Hauptfaktoren erachtet, welche die Ausbreitung des Wasserschilfs behindern. Aus diesem Grund ist in beiden Flächen das Schwemmholz zwischen den Zäunen und der seeseitigen Grenze

der Wasserschilfbestände zu entfernen. Die Zäune sind so instand zu stellen, dass das Schwemholz auch bei Hochwasser nicht mehr in die eingezäunten Flächen gelangen kann. Durch lokale und befristete Massnahmen, welche das Abfressen der jungen Halme durch Wasservögel verhindern, kann die Ausbreitung des Wasserschilfs zusätzlich gefördert werden. Am Wohlensee konnte sich das Wasserschilf innerhalb von drei Jahren um durchschnittlich 3.2 m (1.7 - 4.3 m) ausbreiten. Ob eine solche Massnahme auch in den beiden Gebieten im Thunersee sinnvoll und durchführbar ist bedarf aber einer sorgfältigen Prüfung durch Spezialisten. Insbesondere ist sicherzustellen, dass durch die Einzäunungen keine seltenen Vogelarten beeinträchtigt werden.

Der Verlust an Litoralflächen ist gemessen an der Gesamtfläche gering. Da vor allem die inneren Zonen des Litorals für Fische sehr wertvoll sind, verschiebt sich die Zonierung gegen die Seemitte hin, wodurch keine Verluste für die Fischfauna zu erwarten sind.

Der Äschenlaichfischfang wird durch zu hohe Abflüsse behindert. Bei der Variante "Betriebsreglement 98" ist dies während der entsprechenden Phase an durchschnittlich einem Tag mehr der Fall als im heutigen Zustand, bei der Variante "minus 10" kommt dies gegenüber dem Ist-Zustand an zwei zusätzlichen Tagen vor. Durch Rücksichtnahme auf den Laichfischfang bei der Wehrregulierung kann die Situation entschärft werden.

Bei den Entwässerungsgräben der Wyssenau müssen im Falle der Variante "minus 10" die Flächen, welche bei einem Pegel von 557.80 für Fische zugänglich sind, so weit vertieft werden, dass die Zugänglichkeit auch bei einem Pegel von 557.70 in gleichem Masse gewährleistet ist. Wo dies nicht möglich ist, kann auch auf eine Erhöhung des Abflusses mit Hilfe von Pumpen zurückgegriffen werden (KIRCHHOFER & BREITENSTEIN 2006).

Das Aufschalten des Stollens wird in der Aare unterhalb von Thun auch bei der Auswahl der günstigeren Variante "minus 10" dazu führen, dass der Abfluss rasch ansteigt. Beim Schliessen des Stollens kommt es zu einem starken Abfallen des Pegels. Um ein Wegschwemmen von Jungfischen bei ansteigendem Abfluss bzw. ein Stranden bei abfallendem Abfluss zu verhindern, ist sowohl das Ausmass des Anstieges, als auch dasjenige des Abfalls gemäss der Situation bei natürlichen Hochwassern zu bemessen, was Konsequenzen für die Geschwindigkeit der Schieberöffnung bzw. Schliessung hat.

3.2. Variante "Betriebsreglement 98"

Falls die Variante "Betriebsreglement 98" gewählt wird, ergeben sich für die Fischfauna stärkere Beeinträchtigungen. Vor allem die Verschlechterungen der Laichbedingungen für die Äschenpopulation in Thun (Kombination Pegel-Abfluss) sind relativ gravierend. Eine Kombination aus hohem Pegel und geringem Abfluss kann vermieden werden, **indem während der Monate März und April der Pegel ausgeglichener gehalten wird** (ähnlich wie Variante "minus 10"). Wenn ein hoher Pegelstand nicht umgangen werden kann, können mehr Schleusen geöffnet werden. Dies sollte an sich gut mit den Zielen des Hochwasserschutzes vereinbart werden können, kann aber mit den Zielen des Laichfischfangs (Kapitel 2.2) kollidieren. Falls durch geringfügige Anpassung des Wehrregimes erreicht werden kann, dass die für Laichäschen ungünstige Kombination nicht häufiger auftritt als im heutigen Zustand, kann die Variante unter diesem Gesichtspunkt als umweltverträglich bezeichnet werden.

Sollte eine Anpassung des Pegels bzw. der Wehröffnung in der Äschenlaichzeit nicht möglich sein, werden umfangreichere Ersatzmassnahmen notwendig: Die Schaffung von Ersatzlaichplätzen für Äschen im bestehenden Laichgebiet ist nur wenig Erfolg versprechend, da die Fliessgeschwindigkeiten durch Kiesschüttungen oder Auflockerung der Sohle (GUTHRUF 2005) nicht erhöht werden können. Eine Verbindung des Thunerseebeckens mit der Aare unterhalb von Thun durch für Äschen quantitativ passierbare Fischwanderhilfen

scheint die einzige mögliche Lösung. Solche Wanderhilfen müssten bei den Regulierwehren gebaut werden. Zudem müsste die Anlage beim EW Thun, wo heute nur vereinzelt Äschen aufsteigen, stark verbessert werden.

Die Erhöhung der Abflussschwankungen unterhalb von Thun, welche durch die höhere Anzahl Aufschaltungen des Entlastungstollens bzw. durch die häufigeren Abflussspitzen während der larvalen Phase der Äsche bedingt sind, müssten durch Restrukturierungen an den Ufern aufgefangen werden.

4. Verbleibende Belastung der Umwelt

Mit den vorgeschlagenen Massnahmen kann die Beeinträchtigung der Fischfauna des Thunersees und der Aare unterhalb von Thun ausreichend kompensiert werden. Das Reglement "minus 10" kann somit aus fischökologischer Sicht als umweltverträglich angesehen werden.

Auch die Beeinträchtigungen im Zusammenhang mit der Variante "Betriebsreglement 98" können durch die vorgeschlagenen Massnahmen aufgefangen werden, so dass auch diese aus fischökologischer Sicht als umweltverträglich betrachtet werden kann.

Beide Varianten können nach Umsetzung der vorgeschlagenen Ersatzmassnahmen aus fischökologischer Sicht als umweltverträglich klassiert werden. Im Quervergleich schneidet aber die Variante "minus 10" klar besser ab.

5. Weitergehende Massnahmen

Aus fischökologischer Sicht sind keine weitergehenden Massnahmen vorgesehen.

6. Literaturverzeichnis

- BÜSSER, P. (1993): Fischereibiologische Untersuchung des Thunersee-Ufers (I). - Schweiz. Fischereiwissenschaft **10**(2): 3-4.
- BÜSSER, P. (1993): Fischereibiologische Untersuchung des Thunersee-Ufers (II). - Schweiz. Fischereiwissenschaft **10**(3): 5-6.
- BÜSSER, P. (1998): Beschaffenheit und Ausdehnung der Laichgebiete von Uferlaichenden Felchen im Brienzer- und Thunersee. - Gutachten im Auftrag des Fischereinspektorat des Kantons Bern: 18 S. + 5 S. Anhang.
- GUTHRUF, J. (2001): Die Biologie des Rotauges im Luganersee (Kanton TI). - Schlussbericht Aquatica im Auftrag des Ufficio della caccia e della pesca, Cantone Ticino: 65 S.
- GUTHRUF, J. (2005): Äschenlaichplätze Aare Thun. - Gutachten Aquatica im Auftrag des Oberingenieur Kreis I, Thun: 49.
- GUTHRUF, J.; GUTHRUF, K.; ZEH, M. (1999): Kleinseen des Kantons Bern. - 229 S.
- GUTHRUF, J.; RIPPMANN, U.; VICENTINI, H. (2003): Reuss unterhalb Luzern, Auswirkungen von Abwässern auf Fischbestand und Fischerei, Schlussbericht. - Schlussbericht im Auftrag der Fischerei- und Jagdverwaltung des Kantons Luzern, des Amtes für Umweltschutz des Kantons Luzern und der Perlen Papier AG: 86 S.
- JUGE, R.; LACHAVANNE, J.-B.; PERFETTA, J.; DEMIERRE, A. (1992): Etude des Macrophytes du lac de Thoune. - Bericht Universität de Genève im Auftrag des Fonds National Suisse de la Recherche Scientifique und des Office fédéral de l'environnement, des forêts et du paysage und des Kantons Bern: 105 S.
- PHILIPPART, J.-C. (1989): Ecologie des populations de poissons et caractéristiques physiques et chimiques des rivières dans le bassin de la Meuse belge. - Bulletin de la Société Géographique de Liège **25**: 175-198.

SEILER, K.;SCHULLER, W. (1987): Submerse Makrophyten im Litoral; I. Eine einfache Schätzmethode für die Biomasse; II. Besiedlungsschwankungen über längere Zeit. Abteilung für Ökologie und Umweltbiologie. - Tschumi, P. A. Bern, Zoologisches Institut der Universität Bern: 139 S.

Arbeitsbericht Fischökologie für Variante 2009

September 2009

1. Verwendete Daten

Aufgabe der vorliegenden Arbeit ist die Beurteilung der fischökologischen und gewässerbiologischen Auswirkungen des neuen Wehrreglements (Variante 2009). Beim Abfluss der Aare und beim Seepegel des Thunersees musste der Ist-Zustand (Messungen 1999 - 2005) mit den Verhältnissen bei Umsetzung des neuen Wehrreglements (Modellrechnungen für die Jahre 1999 - 2005, Peter Schmocker, bhc Projektplanung) verglichen werden.

Aus der Definition des Wehrreglements lässt sich ableiten, dass sich im Winterhalbjahr (November - März) weder das Abflussgeschehen der Aare noch der Pegel des Thunersees gegenüber dem Ist-Zustand verändern wird.

Die Ist-Zustands-Daten des Abflusses und des Pegels sind durch manuelle Regulierung der beiden Regulierwehre in Thun beeinflusst und zeigen auch im Winterhalbjahr gewisse Abweichungen von den Modelldaten der Variante 2009. Diese modellbedingten Abweichungen werden effektiv nicht auftreten, da die Regulierung des Seepegels im Winter unverändert erfolgen wird. Um falsche Beurteilungen auf Grund dieser modellbedingten Abweichungen zu vermeiden, wurden für die Beurteilung des neuen Wehrreglements (Variante 2009) in Absprache mit der Firma Infraconsult folgende Daten verwendet:

- Monate November bis und mit März: Daten Ist-Zustand 1999 - 2005
- Monate April bis und mit Oktober: Daten Variante 2009 (Modellrechnungen).

2. Auswirkungen des Vorhabens

2.1. Äschenlaichplätze in Thun

2.1.1. Rückgang des Seepegels während der Eientwicklung

In den Jahren 1999 bis 2005 sank der Seepegel während der Äschenlaichzeit der Entwicklung der Äscheneier (Anfang März bis Ende April) minimal 5 cm (2005) und maximal 32 cm (2001), bei einem Durchschnittswert von 17.9 cm. Bei Umsetzung der Variante 2009 sinkt der Pegel im Durchschnitt etwas stärker als im Ist-Zustand, nämlich um 20.9 cm, wobei die Schwankungsbreite abnimmt (13 - 32 cm). Auf diese Weise nimmt das Risiko geringfügig zu, dass Laichgruben trocken fallen was zum Tod der Eier und Embryonen führen kann. Diese Differenz geht allerdings im Schwankungsbereich unter (Abb. 1).

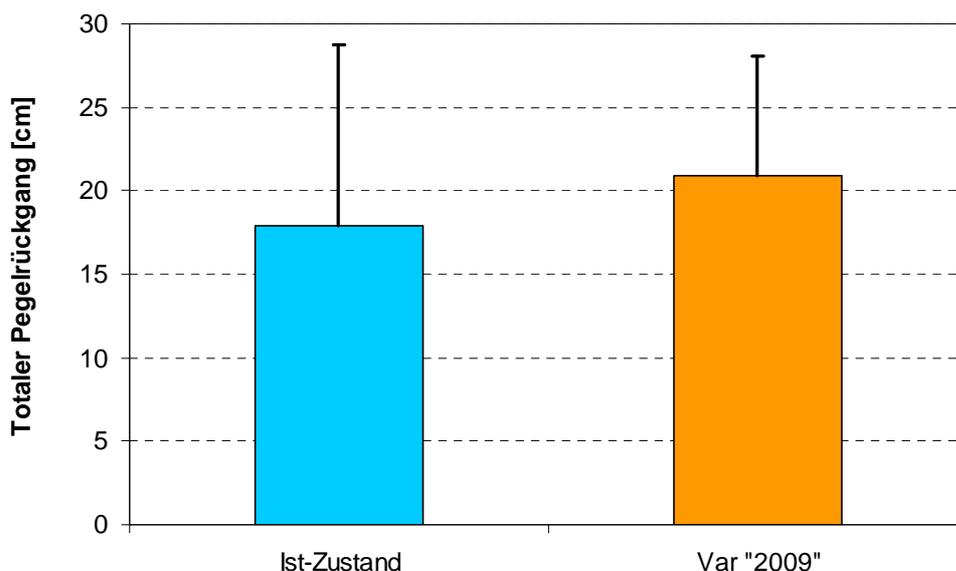


Abb. 1 Maximaler Rückgang des Thunerseepegels während der Eientwicklung der Äsche (1. März bis 30. April).

Blaue Säulen: Ist-Zustand, Mittelwert über die Jahre 1999 - 2005.

Orange Säulen: Umsetzung des Wehrreglements, Variante 2009 (Modellierung Peter Schmocker, bhc Projektplanung). Fehlerbalken: Standardabweichung.

2.1.2. Kombination aus Abfluss und Seepiegel

Bei einer Kombination aus niedrigem Abfluss und hohem Pegel sind die Fließgeschwindigkeiten über den Laichplätzen besonders niedrig, so dass nur ein geringer Teil der Laichplatzfläche benutzt werden kann. Auch der Erfolg der Eientwicklung kann beeinträchtigt werden, wenn diese Kombination zu lange andauert. Zwischen 1999 und 2005 trat die geschilderte Kombination an durchschnittlich sieben Tagen auf (Abb. 2) mit einer Schwankungsbreite von 0 bis 19 Tagen.

Bei der Umsetzung der "Variante 2009" inkl. Stollen tritt die ungünstige Kombination deutlich seltener auf, nämlich an 1.7 Tagen. Damit herrschen während eines sehr geringen Teils der 35 - 60 Tage dauernden Eientwicklung ungünstige Bedingungen (Abb. 2). Dies ist im Wesentlichen auf eine den natürlichen Verhältnissen entsprechende Beziehung zwischen Abfluss und Pegel im April zurückzuführen. Im März weichen die Werte von Abfluss und Pegel gemäss Angaben des Auftraggebers nicht vom Ist-Zustand ab.

Aus Sicht des Äschenlaichgebiets in Thun ist die Variante "2009" deutlich besser zu bewerten als der Ist-Zustand.

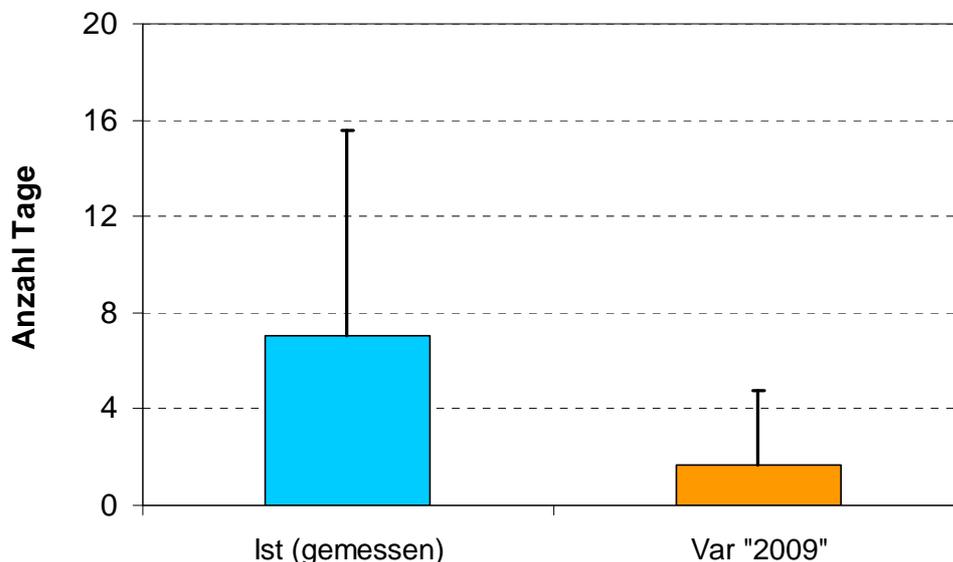


Abb. 2 Anzahl Tage mit der für die laichenden Äschen ungünstigen Kombination: geringer Abfluss ($< 70 \text{ m}^3/\text{s}$) und hoher Pegel (≥ 557.60). Säulen: Mittelwert über die Jahre 1999 - 2005, Fehlerbalken: Standardabweichung. Betrachteter Zeitraum: März bis April.

2.2. Äschenlaichfischfang

Im grossen Äschenlaichgebiet in Thun wird während der Äschenlaichzeit Laichfischfang betrieben. Nach heute geltendem Abflussregime ist an durchschnittlich 30.7 Tagen ein Laichfischfang gut möglich, was 53% der Laichperiode entspricht. Die Werte schwankten je nach Jahr zwischen 11 (1999) und 44 Tagen (2003). An durchschnittlich 7 Tagen ist ein Laichfischfang erschwert und an 20 Tagen infolge zu hohem Abflusses gänzlich unmöglich (Abb. 3).

Bei der Umsetzung der Variante 2009 inkl. Stollenbetrieb kann durchschnittlich nur noch an 29.1 Tagen bzw. 50% der Laichperiode erfolgreich gefischt werden, da der Abfluss in der übrigen Zeit zu hoch ist. Das ist 1.6 Tage weniger als im heutigen Zustand (Abb. 3). Der wesentliche Teil des Laichfischfangs erfolgt jedoch im März mit einem gegenüber heute unveränderten Abflussregime der Aare (siehe Kapitel 1).

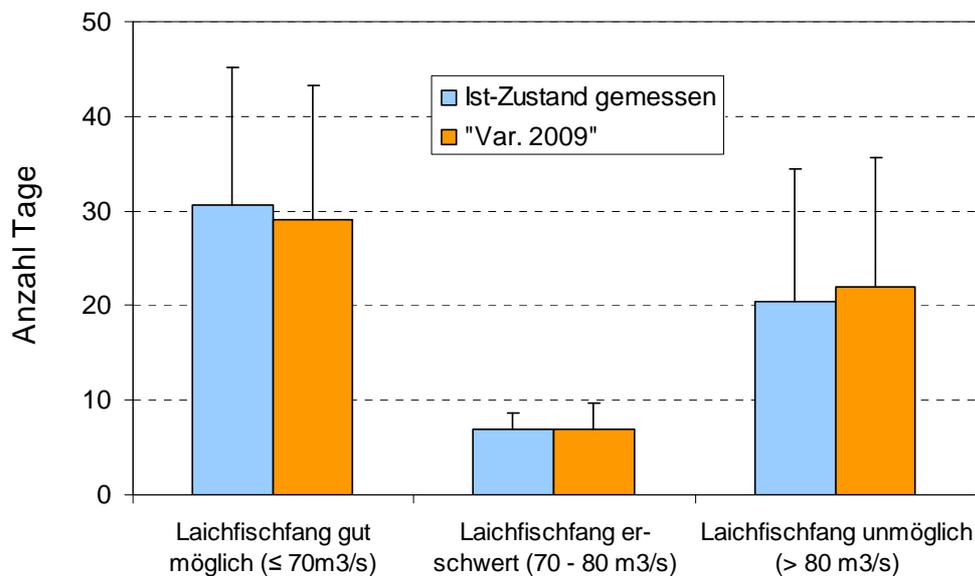


Abb. 3 Abflussgeschehen in der Aare in Thun während des Äschenlaichfischfangs und Konsequenzen für den Laichfischfang, berechnet für drei unterschiedliche Wehrreglement-Szenarien. Beurteilter Zeitraum: 1999 bis 2005. Grundlagedaten: Modellrechnungen durch P. Schmocker.

Die Bedingungen für den Laichfischfang werden sich bei Umsetzung der Variante "2009" geringfügig verschlechtern. Durch Rücksichtnahme auf die Laichfischerei bei der Wehrsteuerung sollten diese Nachteile eigentlich aufgefangen werden können.

2.3. Äschenlarven in der Aare im Thunerseeausfluss

2.3.1. Abflüsse während der Laichzeit und Eientwicklung

Äschenlarven reagieren sehr empfindlich auf hohe Abflüsse. Sowohl bezüglich des Mittelwerts ("Variante 2009" identisch wie Ist-Zustand) wie auch der Häufigkeitsverteilung der Abflüsse unterscheiden sich die zwei Varianten nur sehr geringfügig (Abb. 4).

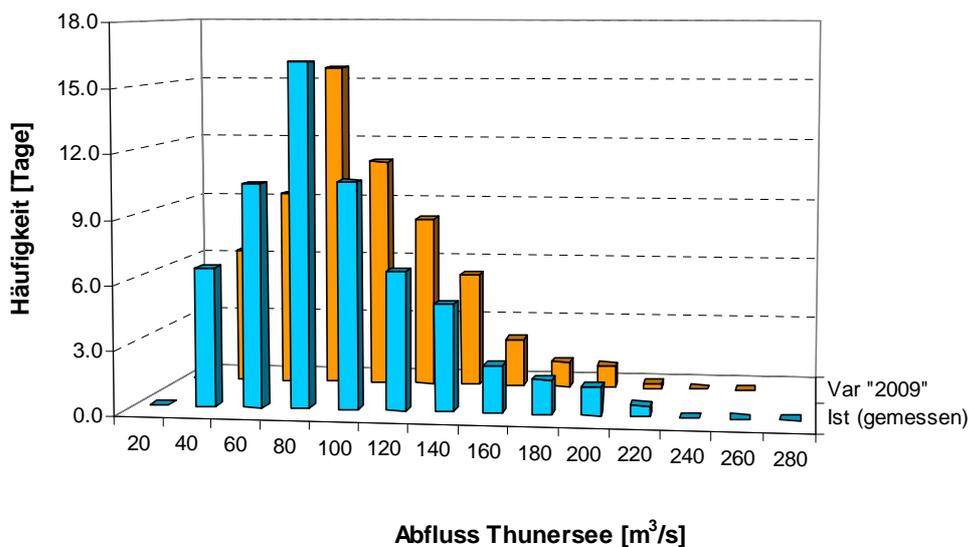


Abb. 4 Häufigkeitsverteilung des Abflusses in der Aare in Thun (inkl. Stollen) während der larvalen Phase der Äsche (24. April bis 24. Mai), getrennt nach den zwei zu beurteilenden Varianten. Grundlagedaten 1999 bis 2005, Modellierung: P. Schmocker.

2.3.2. Kombination aus Abfluss und Seepiegel

Ein Zusammentreffen von hohen Abflüssen und hohen Pegeln wirkt sich negativ auf die Äschenlarven aus, da bei hohem Abfluss die Fließgeschwindigkeit generell zunimmt und bei hohem Pegel die für die Äschenlarven wichtige Strukturen wie Kiesbänke, Totholz, und die zur Strömungsberuhigung eingebrachten "Besen" überflutet sind. Diese ungünstige Kombination aus Abfluss und Pegel kam zwischen 1999 und 2005 in der betreffenden Periode im Durchschnitt an 2.6 Tagen im Jahr vor, wobei die Häufigkeiten je nach Jahr zwischen 0 und 18 Tagen schwankten. Bei Umsetzung der "Variante 2009" kann die Häufigkeit dieser ungünstigen Kombination geringfügig auf unter 1.8 Tage im Jahr gesenkt werden (Abb. 5).

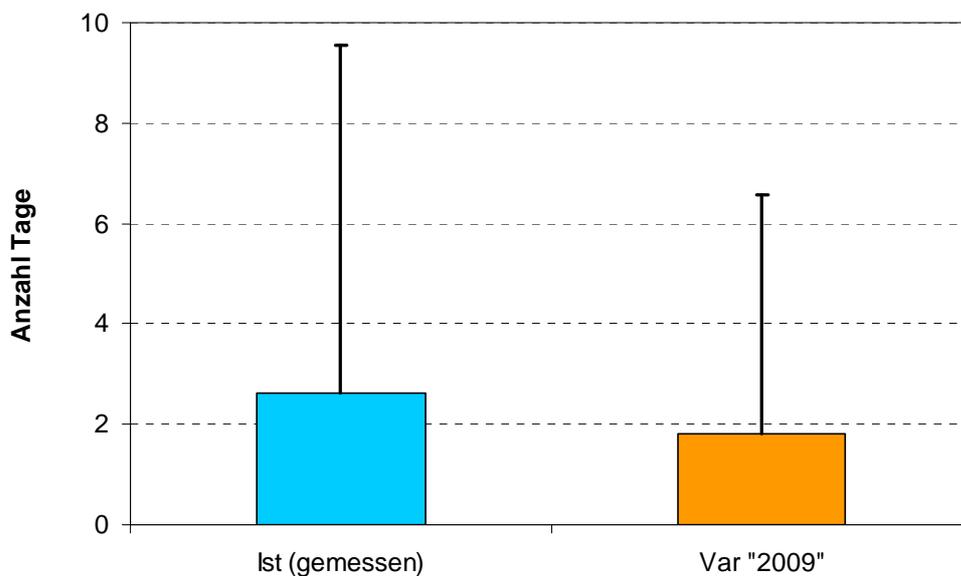


Abb. 5 Anzahl Tage mit ungünstiger Kombination für Äschenlarven: hoher Abfluss ($\geq 230 \text{ m}^3/\text{s}$) und hoher Pegel ($\geq 557.90 \text{ m ü.M.}$).

Die Situation für die Äschenlarven im Laichgebiet in Thun ändert sich bei Umsetzung der Variante 2009 nur geringfügig, wobei ungünstige Kombinationen aus Abfluss und Pegel gegenüber heute tendenziell seltener auftreten.

Die Situation in der Aare im Einflussbereich des Entlastungsstollens wird in Kapitel 2.7 behandelt.

2.4. Fortpflanzung von Hechten

2.4.1. Mittlerer Pegelstand während Laichzeit und Eientwicklung

Mit Röhricht oder Wasserpflanzen bewachsene Überflutungsflächen, sind sehr wichtige Laichhabitats für den Hecht. Aus diesem Grund ist ein erhöhter Pegel während der Hechtlaichzeit (Anfang März bis Ende April) an sich sehr wünschenswert. Im Vergleich der zwei Varianten unterscheidet sich der Pegelstand aber nur sehr geringfügig: Im Durchschnitt ist der Pegel nach dem neuen Wehrreglement um 3 cm tiefer, was im Schwankungsbereich untergeht (Tab. 1).

Tab. 1 Pegelstand während der Laichzeit und Eientwicklung der Hechte (Anfang März bis Ende April).

	Ist-Zustand gemessen							1999-2005
	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	
Median	557.54	557.59	557.68	557.62	557.61	557.57	557.61	557.60
Mittelwert	557.53	557.57	557.65	557.60	557.62	557.53	557.50	557.57
Standardabweichung	0.09	0.08	0.12	0.13	0.05	0.13	0.18	0.13
Maximum	557.76	557.83	557.88	557.86	557.82	557.72	557.69	557.88
Minimum	557.38	557.46	557.40	557.31	557.54	557.28	557.21	557.21

	"Variante 2009"							1999-2005
	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	
Median	557.55	557.52	557.64	557.58	557.58	557.55	557.60	557.57
Mittelwert	557.57	557.54	557.63	557.56	557.59	557.52	557.50	557.56
Standardabweichung	0.12	0.09	0.11	0.12	0.04	0.12	0.18	0.12
Maximum	557.82	557.80	557.88	557.86	557.76	557.73	557.76	557.88
Minimum	557.38	557.46	557.40	557.31	557.52	557.28	557.21	557.21

Tab. 2

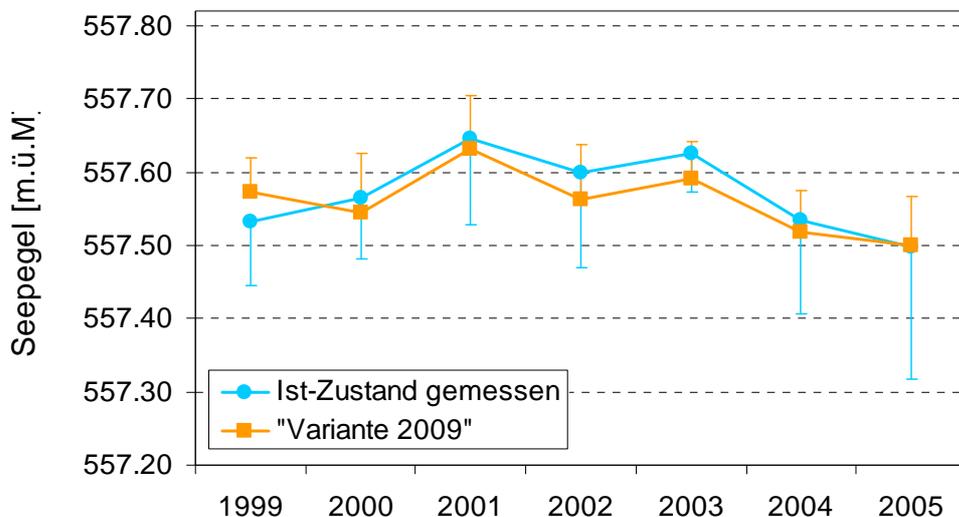


Abb. 6 Pegelstand während der Hechtlaichzeit (Anfang März bis Ende April) in den Jahren 1999 - 2005, Mittelwerte, und Standardabweichung (Fehlerbalken).

Für laichende Hechte hat das neue Wehrreglement weder negative noch positive Auswirkungen.

2.4.2. Pegelsenkungen während der Eientwicklung

Starke Pegelsenkungen während der Laichzeit und Eientwicklung können dazu führen, dass die Eier trocken fallen und zu Grunde gehen. Dieser Rückgang beträgt heute im Durchschnitt 18 cm, wobei die Werte je nach Jahr zwischen 5 (2005) und 32 cm (2001) schwankten.

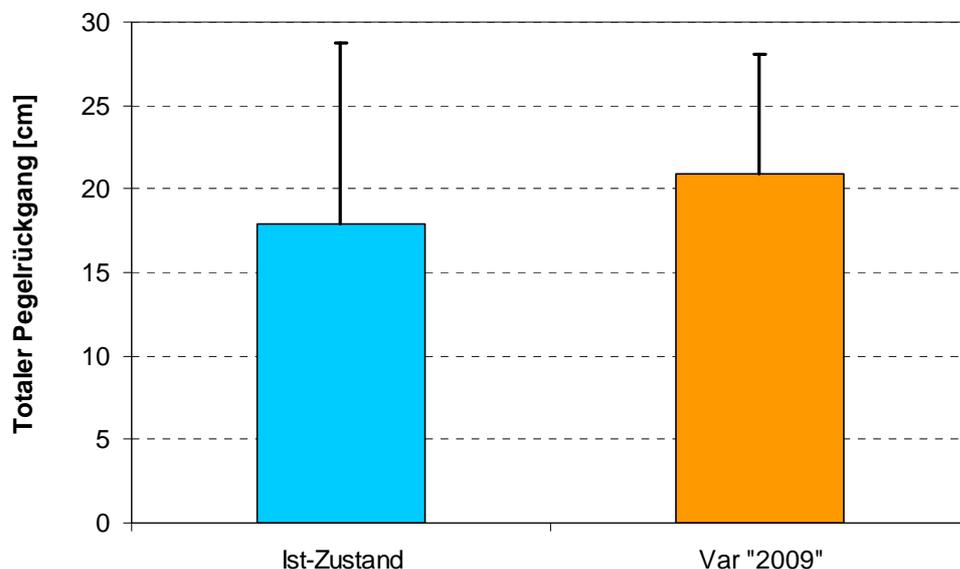


Abb. 7 Maximaler Rückgang des Thunersepegels während der Laichzeit und Eientwicklung des Hechtes. Säulen: Mittelwert über die Jahre 1999 bis 2005, Fehlerbalken: Standardabweichung. Betrachteter Zeitraum: März und April.

Bei Anwendung der Variante 2009 sinkt der Pegel während der Eientwicklung des Hechtes im Durchschnitt um 20.9 cm, wobei der maximale Pegelrückgang (32 cm) unverändert bleibt. Somit nimmt das Risiko gegenüber dem heutigen Zustand geringfügig zu, dass Hechtlaichplätze trocken fallen.

2.5. Laichplätze und Jungfischhabitate in der Uferzone

Durch den Verzicht einer Pegelabsenkung um 10 cm treten keine Verluste der Litoralfläche auf, wodurch keine negativen Auswirkungen auf die Fischfauna der Flachwasserzonen des Thunersees zu erwarten sind.

2.6. Felchenlaichplätze im Uferbereich

2.6.1. Höhe des Seepiegels während Laichzeit und Eientwicklung

Gemäss Definition des neuen Wehreglements weichen in den Wintermonaten (November bis und mit März) weder Pegel noch Abfluss vom Ist-Zustand ab. Aus diesem Grund verändert sich die Situation für die laichenden Felchen gegenüber dem Ist-Zustand nicht, weder was den mittleren Pegel und die damit zusammenhängende Laichfläche, noch was den Pegelrückgang während der Eientwicklung betrifft.

2.7. Der Fischbestand in der Aare zwischen Thun und Bern

2.7.1. Häufigkeit der Stollenöffnungen

Auch wenn die Stollenöffnung über einen längeren Zeitraum geschieht und wenn der Stollen noch über einen längeren Zeitraum geschlossen wird, verursacht jede Stollenöffnung in der Aare unterhalb von Thun eine relativ rasche Zunahme des Abflusses. Dies kann dazu führen, dass Jungfische mitgerissen werden und ihr Habitat verlieren. Ebenso verursacht das Schliessen des Stollens einen raschen Abfall des Abflusses, wodurch Jungfische in Senken vom Hauptfluss isoliert werden können und austrocknen. Aus diesem Grund sollte die Zahl der Stollenöffnungen im Jahr möglichst tief gehalten werden.

Die Variante 2009 hebt sich positiv von den früheren Varianten ab, indem die Zahl der Öffnungsperioden deutlich reduziert werden kann (Tab. 3).

Tab. 3 Anzahl Aufschaltungen des Entlastungsstollens gemäss den Varianten "Betriebsreglement 1998" und "minus 10", aus UVB Hauptuntersuchung Entwurf, Daten Var. 2009: P. Schmocker, bhc Projektplanung.

Jahr	"Betriebsreglement 98"	"Var. minus 10"	"Var. 2009"
1999	9	4	3
2000	8	6	4
2001	15	9	5
2002	20	10	6
2003	4	2	1
2004	12	9	5
2005	8	3	3
Mittel 99-05	10.9	6.1	3.9

2.7.2. Abfluss während der Laichzeit und Eientwicklung der Bachforelle

Gemäss Definition des neuen Wehrreglements weichen in den Wintermonaten (November bis und mit März) weder Pegel noch Abfluss vom Ist-Zustand ab. Aus diesem Grund verändert sich die Situation für die laichenden Forellen in der Aare unterhalb von Thun gegenüber dem Ist-Zustand nicht.

2.7.3. Abfluss während der Laichzeit und Eientwicklung der Äsche

Während der Laichzeit und der Eientwicklung der Äsche werden Geschiebe führende Hochwasser mit der Stollen-Variante 2009 mit unveränderter Häufigkeit auftreten wie im heutigen Zustand. Bei dieser Auswertung ist die Stichprobenzahl mit 7 Jahren sehr gering. Um zu verlässlicheren Aussagen zu gelangen wären längere Zeitreihen notwendig.

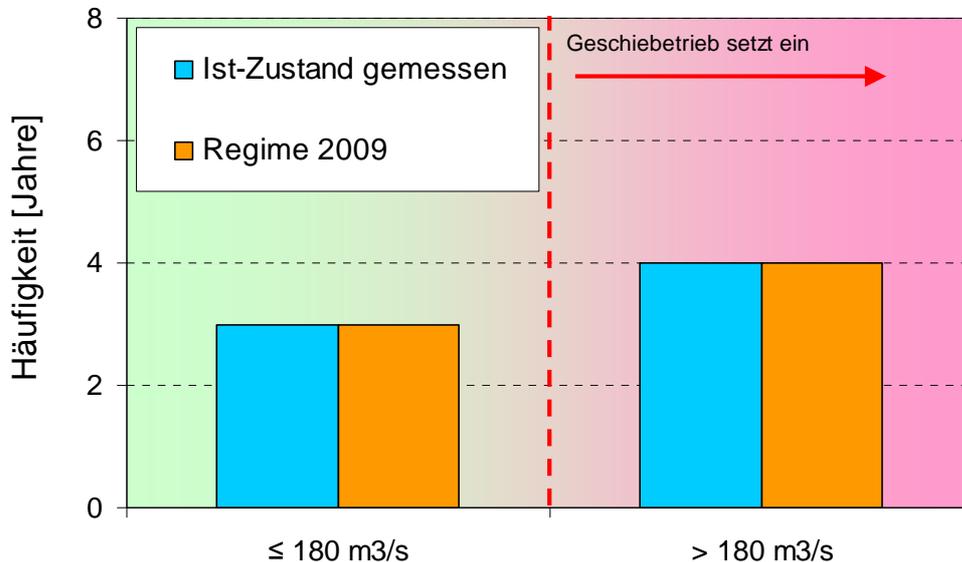


Abb. 8 Maximalabfluss der Aare unterhalb von Thun während der Laichzeit und der Eientwicklung der Äsche (März bis April).

2.7.4. Abfluss während der Larvenphase der Äsche

Während der larvalen Phase der Äsche sind Hochwasser über 300 m³/s mit der Stollen-Variante 2009 deutlich häufiger als im Ist-Zustand. In den Jahren 1999 bis 2005 wurden 300 m³/s lediglich in einem Jahr überschritten. Mit der Variante "2009" wird dies in 5 von 7 Jahren der Fall sein (Abb. 9). Wegen der geringen Stichprobenzahl (7 Jahre) ist die Aussage jedoch sehr unsicher. Längere Zeitreihen sind notwendig für eine gesicherte Aussage.

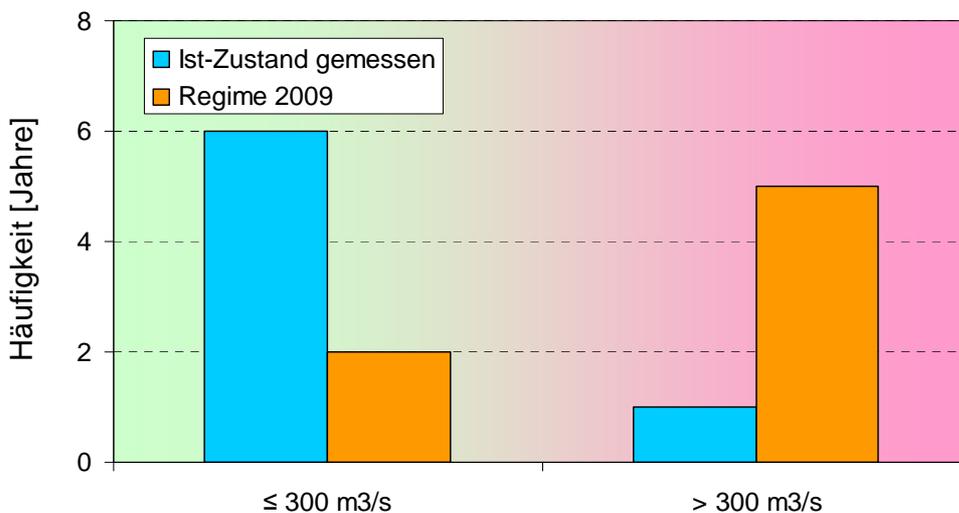


Abb. 9 Maximalabfluss der Aare unterhalb von Thun während der Larvenphase der Äsche (24. April bis 24. Mai).

2.8. Fauna in den Lütscheren-Weihern

Da der Pegel mit Ausnahme von Hochwassern durch die Kote des Überlaufs bestimmt ist, ändert sich der Wasserstand des Weihers bei Einführung des neuen Betriebsreglements (Variante 2009) im Vergleich zum Ist-Zustand nicht. Durch den weitgehend unveränderten Pegel des Thunersees verändert sich auch die Wahrscheinlichkeit nicht, dass Kamberkrebse in die Weiher gelangen können.

Für die Edelkrebspopulation der Lütscheren-Weiher entspricht die Variante "2009" weitgehend dem Ist-Zustand.

2.9. Gräben in der Wyssenau

Dasselbe gilt für die Gräben in der Wyssenau.

2.10. Einstieg der Seeforelle in die Aare in Interlaken

Der Austausch zwischen Aare und Thunersee ist auch bei niedrigem Seepegel möglich (pers. Mitt. U. Lehmann, B. Rieder, H. Roth, Fischereiaufseher).

2.11. Zusammenfassung der Ergebnisse

Die Umsetzung der Variante "2009" bedeutet eine geringfügige Verschlechterung für die laichenden Äschen im grossen Laichgebiet in Thun (stärkere Pegelabsenkungen). Die Dauer eines ungünstigen Verhältnisses zwischen Pegel und Abfluss nimmt aber wesentlich ab, wodurch sich die Situation für laichende Äschen in Thun unter dem Strich verbessert.

Das Fangen von Laichtieren im grossen Äschenlaichgebiet in Thun wird dagegen gegenüber heute durch hohe Abflüsse leicht erschwert. (Tab. 4). Durch Rücksichtnahme auf den Laichfischfang bei der Wehrsteuerung sollte aber dieser Nachteil (1.6 Tage pro Jahr) vermieden werden können. Im März, der Hauptphase des Laichfischfangs, ist der Abfluss gegenüber heute unverändert.

Die Äschenlarven werden unterschiedlich durch das neue Wehrreglement beeinflusst: Während die Tiere im grossen Laichgebiet in Thun vom den besseren Verhältnis zwischen Pegel und Abfluss leicht profitieren, erleiden die Äschenlarven in der Aare zwischen Thun und Bern infolge der Aufschaltung des Entlastungsstollens häufiger Phasen mit hohem Abfluss, was als deutliche Verschlechterung zu werten ist (Tab. 4). Durch Aufwertungen der Uferbereiche durch Strukturierung können damit zusammenhängende Verluste aufgefangen werden.

Die Aufschaltungen des Stollens führen zwar zu Schwankungen des Abflusses in der Aare unterhalb von Thun, sie konnten aber im Vergleich zu früheren Varianten stark reduziert werden (Tab. 3).

Tab. 4 Zusammenfassung der Ergebnisse der Abklärungen. Zahlen: Rangierung im entsprechenden Kriterium, 1 = gut, 3 = schlecht. * = unsichere Daten, sehr kleine Stichprobe.

Indikatorart	Parameter	"Ist (gemessen)"	Var "2009"
Äschen (Laichtiere) Thun (Schadau)	Abnahme Pegel (Laichzeit und Eientwicklung)		Orange
	Kombination Pegel-Abfluss (Laichzeit und Eientwicklung)		Grün
	Praktizierbarkeit Äschen-Laichfischfang (Abfluss)		Orange
Äschenlarven Thun (Schadau)	Abfluss während Larvenphase		
	Kombination Pegel-Abfluss (Larvenphase)		Grün
Hechte (Laichtiere) Thunersee	Pegel während Laichzeit und Eientwicklung		
	Abnahme Pegel (Laichzeit und Eientwicklung)		Orange
Karpfenartige (Laichtiere) Jungfische (diverse) Thunersee	Veränderung der Wasserschilffläche		
	Veränderung der Litoralfläche		
Felchen (Uferlaicher) Thunersee	Pegel während Laichzeit und Eientwicklung		
	Abnahme Pegel (Laichzeit und Eientwicklung)		
Edelkrebs Lüttscherenweiher	Gefährdung Edelkrebs-Bestand Lüttschere-Weiher		
Fische (diverse)	Entwässerungsgräben, Durchgängigkeit für Fische		
Seeforelle	Aare Interlaken		
Fischfauna der Aare unterhalb Thun	Anzahl Aufschaltungen des Entlastungsstollens		Orange
	Maximalabfluss Laichzeit Forelle *		
	Maximalabfluss Laichzeit Äsche *		
	Maximalabfluss Larvenphase Äsche *		Rot

Farbgebung: Vergleich mit Ist-Zustand

	starke Verbesserung		starke Verschlechterung
	geringe Verbesserung		geringe Verschlechterung
	keine Änderung		sehr geringe Verschlechterung