



# Sense

## Grundlagen zur Fischereibewirtschaftung



## Kurzfassung

Zitiervorschlag: PRONAT: Sense. Grundlagen zur Fischereibewirtschaftung (Kurzfassung). Kanton Bern und Kanton Freiburg, Januar 2016 .

## Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Auslösung der Studie .....</b>	<b>3</b>
<b>2</b>	<b>Grundlagen und Zusatzerhebungen .....</b>	<b>3</b>
<b>3</b>	<b>Ergebnisse .....</b>	<b>4</b>
<b>4</b>	<b>Ausblick.....</b>	<b>16</b>
<b>5</b>	<b>Referenzen .....</b>	<b>17</b>

# 1 Auslösung der Studie

Die Sense zwischen Zollhaus bis zur Mündung in die Saane unterhalb Laupen bildet die gemeinsame Grenze zwischen den Kantonen Bern und Freiburg. Gemäss Art. 10 der Vereinbarung von 2009 zwischen den Kantonen Bern und Freiburg über die Fischerei in den Grenzgewässern der Sense und Saane „können die Fischereiverwaltungen beider Kantone gemeinsame Bewirtschaftungsmassnahmen festlegen“.

Die Sense gilt als eines der letzten, grösstenteils unbeeinflussten und natürlichen Gewässer dieser Grösse in Mitteleuropa [9]. Im Verlauf der letzten Jahre wurde in der Sense ein starker Rückgang der Bachforellenfänge festgestellt. Eine Elektroabfischung der EAWAG 2010 zeigt, dass die Fischbestände in der naturnahen Sense mit natürlichem Abfluss (Niedrigabfluss  $Q_{347} = 2.3 \text{ m}^3/\text{s}$  mit einem durchschnittlichen Sommerabfluss von  $10 \text{ m}^3/\text{s}$ ) weit unter den Erwartungen sind.

Durch das Projekt „Fischnetz“ der EAWAG im Jahre 2004 ([1]) konnte aufgrund der sprunghaften Erwärmung der Gewässer im Mittelland in der Periode 1987/1988 um bis zu  $1 \text{ }^\circ\text{C}$  gegenüber den Jahren vorher und nachher ein kausaler Zusammenhang als Ursache für den Fischrückgang hergeleitet werden. Neuere Untersuchungen mittels detaillierter Analysen der Temperaturdaten der letzten 30 Jahre bestätigen diesen ungewöhnlichen einmaligen Temperatursprung, der in Zusammenhang mit der Nordatlantischen Oszillation steht ([4], [5]).

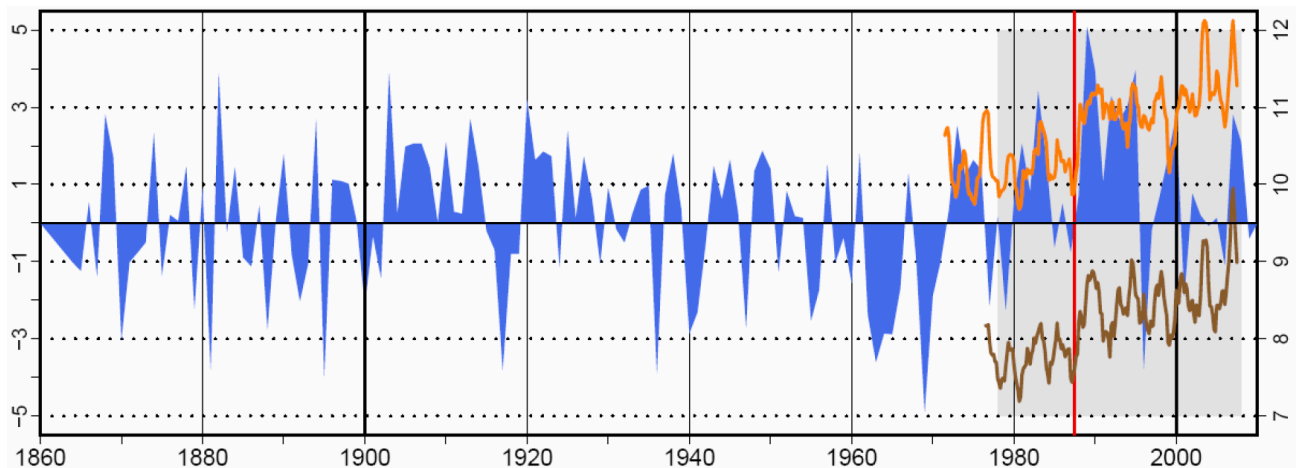


Abb. 1: Winter-Index der Nordatlantischen Oszillation (linke Achse) mit Jahresmittelwerten in  $^\circ\text{C}$  auf der rechten Achse von Aare Thun (orange) und Emme (braun). Das Sprungjahr 1987/1988 ist durch die rote Linie dargestellt. Die Untersuchungsperiode ist grau hinterlegt [4].

Bevor eine künftige gemeinsame fischereiliche Bewirtschaftung festgelegt wird, sind die möglichen Ursachen für den Rückgang der Bachforellenfängen in der Sense zu ermitteln.

## 2 Grundlagen und Zusatzerhebungen

Ergänzend zu bereits vorhandener Daten beider Kantone, wurden zusätzliche Felddaten erhoben: Elektroabfischungen, Laichgrubenkartierungen für die Bachforelle, Beobachtungen fischfressender Vögel, Makrozoobenthosproben und Temperaturmessungen. Diese Ergebnisse wurden zusammen mit den bisherigen Daten ausgewertet und interpretiert. Zusätzlich wurden die Fangstatistiken und Besatzdaten ausgewertet. Die wichtigsten Resultate sind im folgenden Kapitel für den 33 km langen Grenzfluss Sense zwischen Zollhaus und Laupen zusammengefasst dargestellt.



### 3 Ergebnisse

#### 3.1 Auswertung Fang und Besatz

##### Bachforellen

Die Daten beider Kantone wurden analysiert und sind in den folgenden Grafiken dargestellt. Die Fangerträge der Bachforelle sind in der Abb. 2 dargestellt.

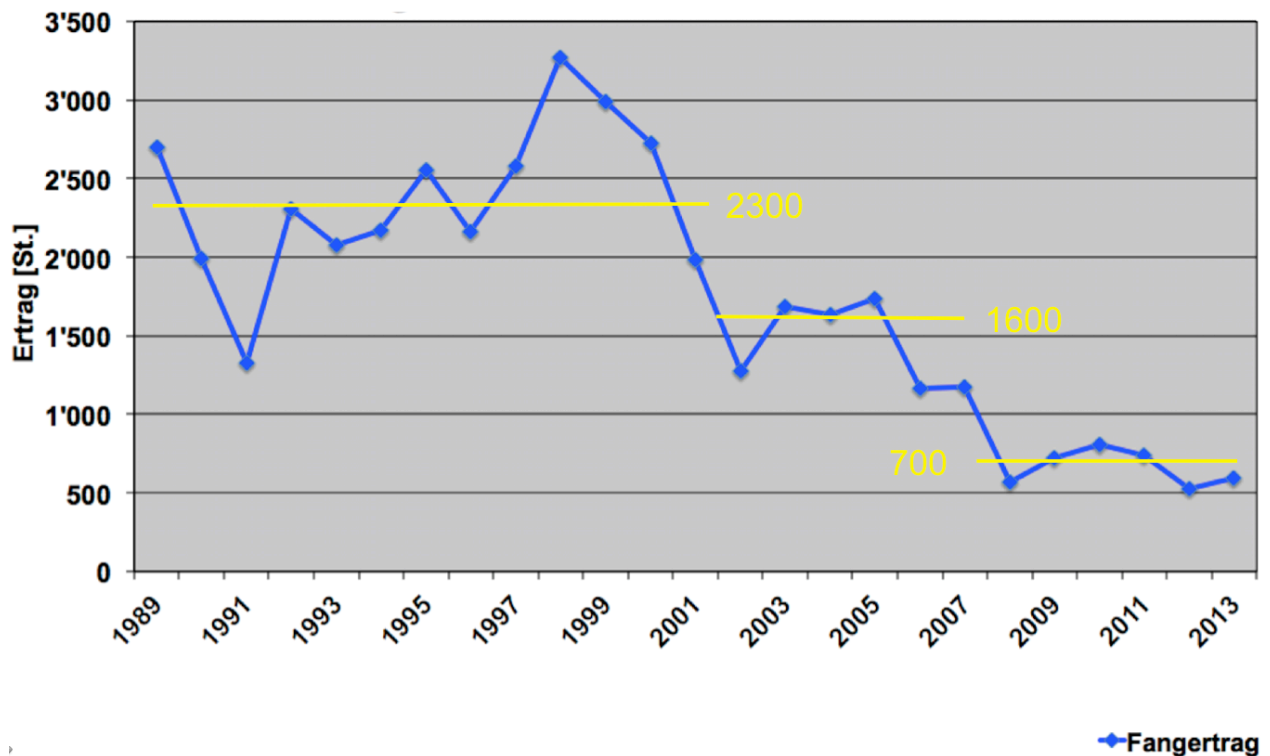


Abb. 2: Bachforellenfänge in der Sense (Patentgewässer). Die Erträge wurden für beide Kantone aufsummiert. Von 1989 – 1993 wurden entsprechend der verfügbaren Daten, nur die Fangzahlen des Kantons Bern und von 1994 – 2013 die Fangzahlen beider Kantone dargestellt.

Trotz der zusätzlichen Fangerträge ab 1994 durch die Freiburger Fischer ist ein ausgeprägter Rückgang ersichtlich. Konnten bis 2000 jährlich noch 2300 Bachforellen gefangen werden, verringerte sich dieser mit durchschnittlich 700 Bachforellen in der Betrachtungsperiode um 70 %. Falls angenommen wird, dass die Befischungsdruck über die letzten Jahre kleiner wurde (Mosler et al., 2002), weisen diese Zahlen auf eine deutliche Verkleinerung der Bachforellenpopulation, oder zumindest der Anzahl adulter Bachforellen hin.

In Abbildung 3 sind die Besatz- und Fangzahlen der Bachforellen beider Kantone gemäss vorhandener Datelage dargestellt. Die Trendlinien für den Besatz wurden für dieselben Betrachtungsperioden markiert. Die Besatzzahlen in Brütlingseinheiten sind im Histogramm um 2 Jahre verschoben dargestellt.

Besatz	BE	BE+FR
Fang	BE	BE+FR

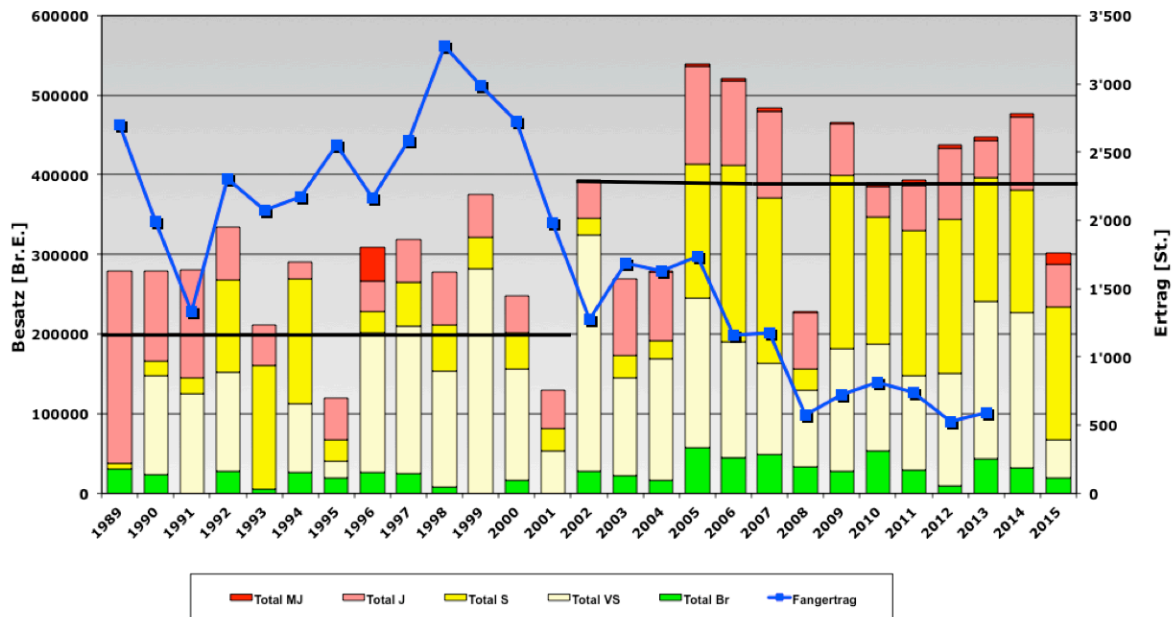


Abb. 3: Fang- und Besatzzahlen für die Bachforelle in Brütlingseinheiten aufsummiert. Die Besatzzahlen sind im Histogramm um 2 Jahre verschoben dargestellt. Von 1987 – 2003 wurden, entsprechend der verfügbaren und verlässlichen Daten, nur die Besatzzahlen des Kantons Bern und von 1989 – 1994 nur die Fangzahlen des Kantons Berns dargestellt.<sup>1</sup>

Während den markierten Besatzperioden schwankte der Besatz in Brütlingseinheiten zwischen 200'000 bis 400'000 Stück und erfolgte mit ähnlichen Entwicklungsstadien während der Besatzperiode. Der Besatz kann nicht der Grund für die stark rückläufigen Forellenfänge sein.

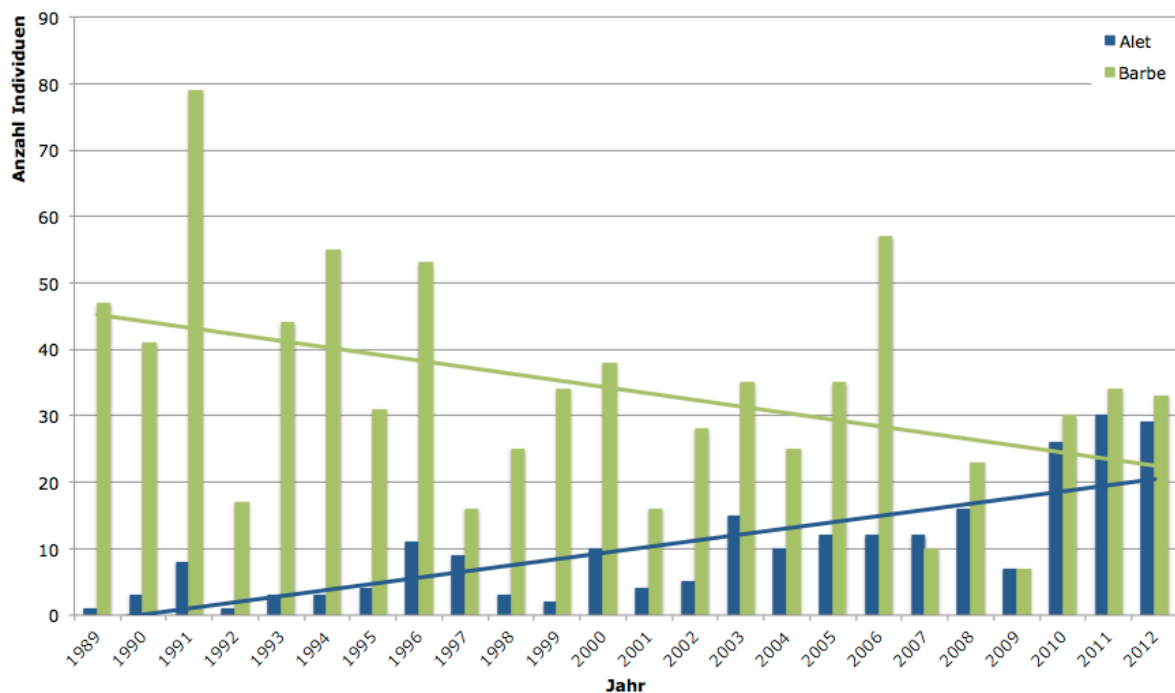
### Andere Fischarten

Mit Ausnahme der Bachforelle werden die in der Berner Fangstatistik aufgeführten Fließgewässer-Fischarten nicht bewirtschaftet. Obwohl die dargestellten Fischfänge für Barbe und Alet gemäss Abb. 4 mit durchschnittlich um die 50 Individuen pro Jahr gegenüber den Forellenfängen deutlich tiefer liegen, können daraus folgende Aussagen gemacht werden:

- Die Barbenfänge reduzierten sich um lediglich 30 %.
- Beim Alet erhöhten sich die Fänge um fast zu 100 % mit deutlichen Zunahmen ab 2010.

Diese statistischen Werte für die beiden gegenüber erhöhten Wassertemperaturen toleranteren Fischarten sind mit Vorsicht zu interpretieren.

<sup>1</sup> Eine Zusammenstellung aller verwendeten Daten ist im Grundlagenbericht vom Dezember 2015 ersichtlich [7].



**Abb. 4 : Fangzahlen Alet und Barbe gemäss Berner Statistik von 1989 – 2012 mit Trendlinie.**

Aufgrund der Analyse der Besatz und Fangdaten können folgende Aussagen gemacht werden:

- Die Fangzahlen für die Bachforelle sind in der Sense zwischen 1989 und 2013 um 70 % zurückgegangen.
- Der Rückgang der Bachforellenfänge kann nicht auf einen veränderten oder geringeren Besatz zurückgeführt werden. Trotz etwa gleichbleibendem Besatz gingen die Bachforellenfänge massiv zurück.
- Die Barbenfänge reduzierten sich deutlich weniger. Beim Alet wurden seit 2010 deutliche Zunahmen registriert. Beide Arten, die nicht mit Bewirtschaftungsmassnahmen unterstützt werden, ertragen gegenüber der Bachforelle höhere Wassertemperaturen.

### 3.2 Elektroabfischungen

2014 wurden an den 4 Standorten Zumholz, Sodbachbrücke, Riederer und Flamatt Elektroabfischungen mittels Streifenbefischung nach dem Modul-Stufen-Konzept (MSK) – Modul Fische, Stufe F [8] mit einem Durchgang durchgeführt.

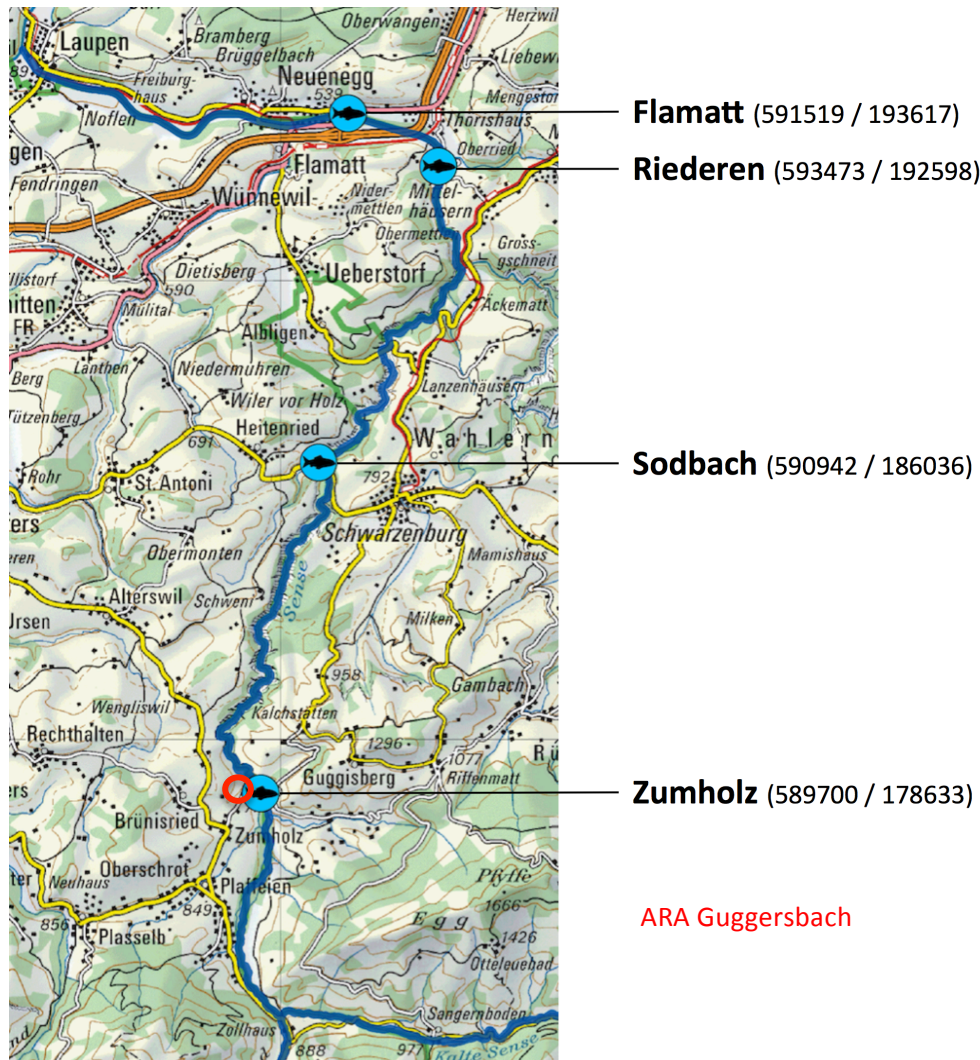


Abb. 5 : Standorte Elektroabfischungen 2014.

Zusammenfassend können gemäss Abb. 6 folgende Aussagen gemacht werden:

- Die Anzahl gefundener Arten in der Barben- und Forellenregion und die Anzahl Fische pro Art nehmen im Längsverlauf deutlich ab; dies erstaunt insbesondere für den naturnahen Gewässerabschnitt bei Riederer.
- Die Anzahl total gefangener Fische war an allen Standorten mittel bis sehr gering.
- Barben wurden, wie Forellen, an allen Standorten gefunden.

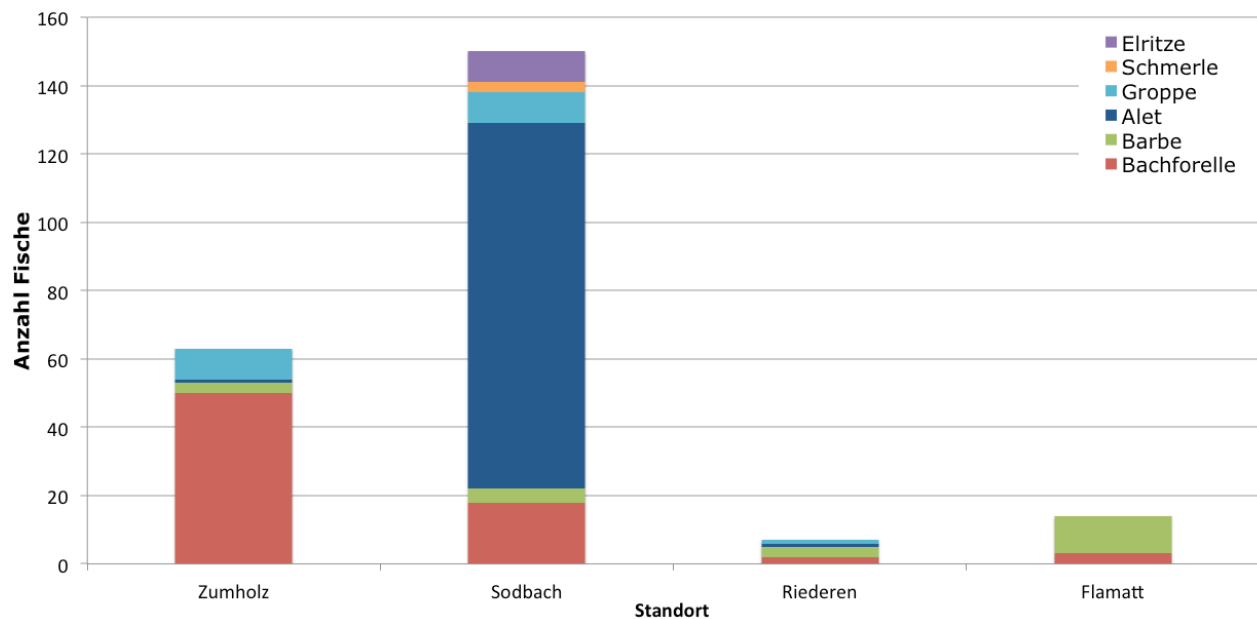


Abb. 6: Zusammenfassende Ergebnisse der Elektroabfischungen an der Sense vom 02.09.2014. Die Standorte sind von links nach rechts in Fliessrichtung aufgelistet, mit Angabe Anzahl gefangener Individuen pro Art und Standort.

Die Resultate der Elektroabfischungen zeigen gemäss folgender Abb. für Bachforellen, dass

- im Unterlauf der Sense in Riederen und Flamatt kaum 0<sup>+</sup>-Fische vorhanden sind;
- Adulte Fische auch im Oberlauf fehlen;
- die Ergebnisse in der Sense beim Standort Sodbach vermutlich durch den Fischbestand im Aufzuchtbach Sodbach beeinflusst werden.

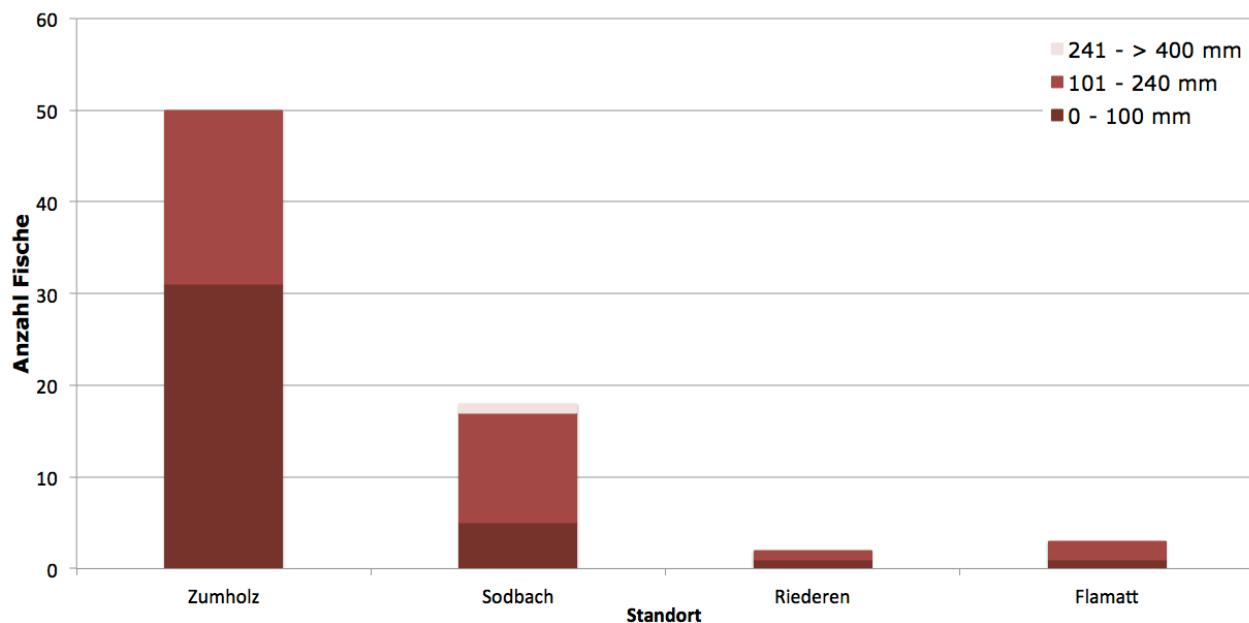


Abb. 7: Ergebnis der Elektroabfischung für die Bachforelle im Längsverlauf.

Diese Abfischungsergebnisse von 2014 bestätigen die Ergebnisse der Elektroabfischungen 2010 und 2013 durch die EAWAG, welche im Grundlagenbericht „Sense. Grundlagen zur Fischereibewirtschaftung“ [7] ausführlich dargestellt sind.



### 3.3 Laichgrubenkartierungen für die Bachforelle

Gesamthaft wurden in der Sense zwischen Laupen und Zollhaus auf 33 km bei 6 Durchgängen zwischen Anfang November bis Mitte Dezember 2012 nur 3 Bachforellen-Laichgruben gefunden (Tab. 1), obwohl die Abgrenzung im beschlagenen Kies eindeutig vorgenommen werden konnte. Alle Laichgruben wurden zwischen der Mündung in die Saane und Flamatt kartiert (Abb. 8).

Tab. 1: Fundort und Dimensionen der im November/Dezember 2012 kartierten Laichgruben sowie Aktivität über der Laichgrube.

Koordinaten	Laichgrubengrösse		Wassertiefe	Aktivität
	Länge	Breite		
585647 194233	60 cm	50 cm	20-25 cm	2 Forellen
587082 193564	40 cm	30 cm	35 cm	-
587311 193522	80 cm	50 cm	70 cm	2 Forellen

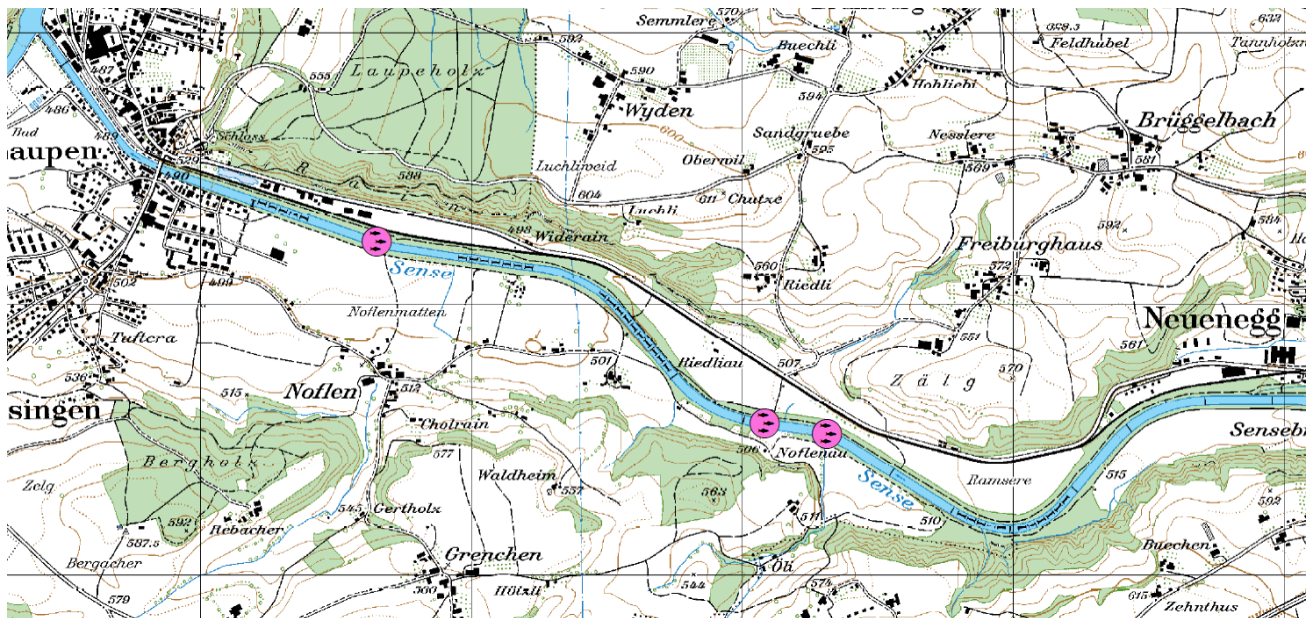


Abb. 8 : 2012 kartierte Laichgruben.

Die Anzahl Laichgruben kann als äusserst gering eingestuft werden und bestätigt die Ergebnisse der Elektroabfischungen dass:

- adulte bzw. laichfähige Tiere im Unter- und Oberlauf der Sense fehlen,
- die natürliche Reproduktion der Bachforellen in der Sense aufgrund der fehlenden Jungtiere nicht funktioniert.

### 3.4 Fischfressende Vögel

Parallel zu den Laichgrubenkartierungen 2012 wurden von den Fischereiaufsehern auch Sichtungen von fischfressenden Vögeln festgehalten (siehe Tab. 2). Dabei konnten nur Gänsesäger und Graureiher gesichtet werden. Fischfressende Vögel konnten nur bis ca. 2.5 km unterhalb der Guggersbachbrücke festgestellt werden.

**Tab. 2: Anzahl fischfressender Vögel/Sektor. Die Zahlen wiedergeben die Summe aller gesichteten Tiere nach allen Begehungen 2012.**

Sektor	Gänsesäger	Graureiher
Mündung Saane - Flamatt	12	-
Flamatt – Mündung Schwarzwasser	11	1
Mündung Schwarzwasser – Schwarzenburg	7	6
Schwarzenburg - Cholgrueba	-	2
Cholgrueba - Plaffeien	-	-
Plaffeien – Zusammenfluss Warme und Kalte Sense	-	-

Die Dichte der fischfressenden Vögel kann als gering eingeschätzt werden und kann nicht Ursache für den fehlenden Fischbestand sein. Die Attraktivität des Gewässers für fischfressende Vögel nimmt jedoch bei tiefen Fischbeständen ab.

Zusammenfassend kann zur fischereibiologischen Entwicklung an der Sense Folgendes ausgesagt werden:

- Die Fangzahlen beider Kantone weisen seit Anfang der 2000er-Jahre auf einen starken Rückgang der Bachforellen entlang der ganzen Sense hin. Die Fangerträge verminderten sich um 70 %.
- Die Elektroabfischungen von 2010 – 2014 bestätigen diese Tendenz. Insbesondere unterhalb von Zumholz werden kaum Bachforellen festgestellt. Die Bachforellen- sowie die Gesamtfischdichte nimmt im Fliessverlauf der Sense deutlich ab.
- Die Populationsstruktur der Bachforellen ist an allen Standorten mässig bis stark gestört. Es fehlen 0<sup>+</sup>-Fische und adulte Tiere ( $\geq 2^+$ ). Das Fehlen von laichfähigen Adulttieren wird auch durch die Laichgrubenkartierung bestätigt.
- Wärmeliebende Arten wie Barbe und Alet ohne Bewirtschaftungsmassnahmen reagieren nicht in diesem Ausmass. Die Fänge des wärmetoleranten Alets haben seit 2010 sogar stark zugenommen.

### 3.5 Makrozoobenthos und chemisch-physikalische Wasserqualität

#### *Makrozoobenthos*

Im Rahmen der Grundlagenerhebungen wurde das Makrozoobenthos mittels standardisierter Proben untersucht. An sämtlichen 2012 untersuchten Standorten konnte die biologische Gewässergüte mit Hilfe des Indikators IBGN<sup>2</sup> mit Werten zwischen 13 bis 16 bei einem Maximum von 20 als „gut“ eingestuft werden (Abb. 9). Zudem konnten an sämtlichen Standorten Vertreter der mit Bezug zur Wasserqualität empfindlichsten Indikatorgruppen wie Steinfliegen und Eintagsfliegen nachgewiesen werden.

<sup>2</sup> Der IBGN (indice biologique global normalisé) klassiert die Wirbellosen in einem Gewässer in Qualitätsklassen und ermöglicht aufgrund der Beprobung quantitative Aussagen zur Individuendichte. Seit 2010 gilt diese Erhebungsmethode mit geringfügigen Anpassungen als Standard in der Schweiz für die Beschreibung des Makrozoobenthos.

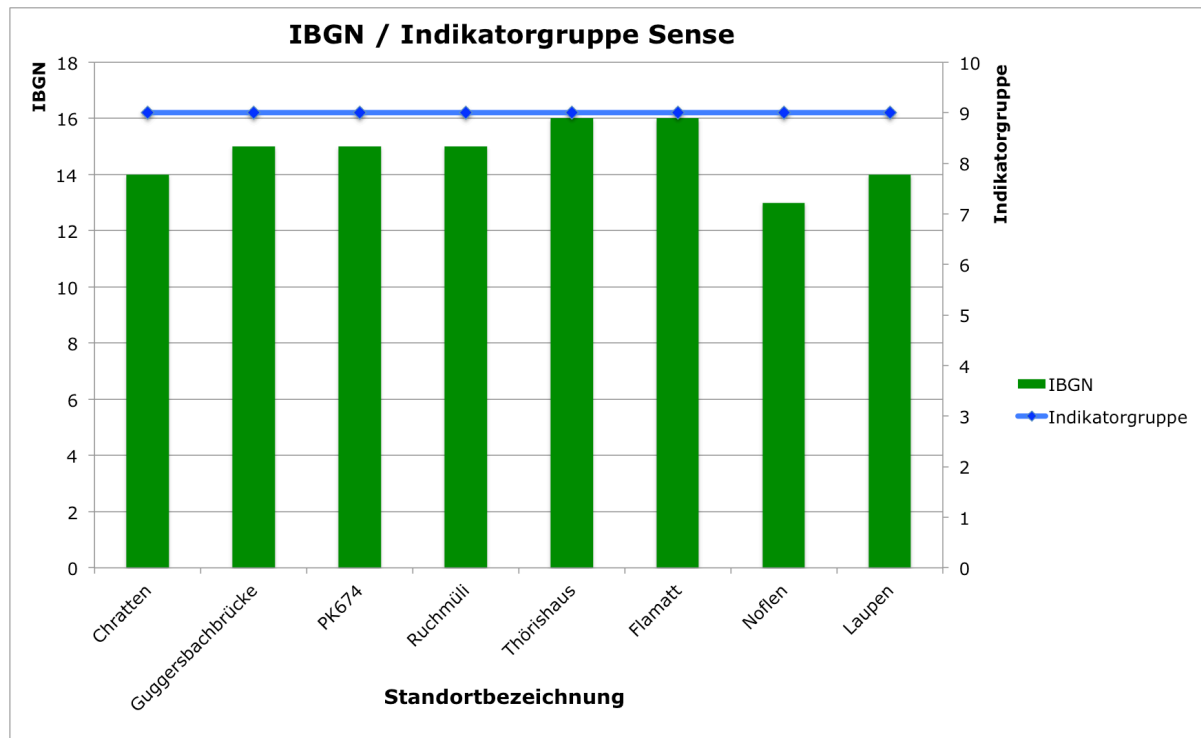


Abb. 9: IBGN und Indikatorgruppe. Die Standorte sind von links nach rechts in Fließrichtung aufgelistet.

Dies gilt auch für die Individuendichten/m<sup>2</sup> als Mass für die autochthone im Gewässer produzierte Nahrung der Fische in der Sense. Auch der Vergleich der neu erhobenen Makrozoobenthosproben 2012 mit früheren Erhebungen bestätigt die Verfügbarkeit von genügender Nahrung (Abb. 10).

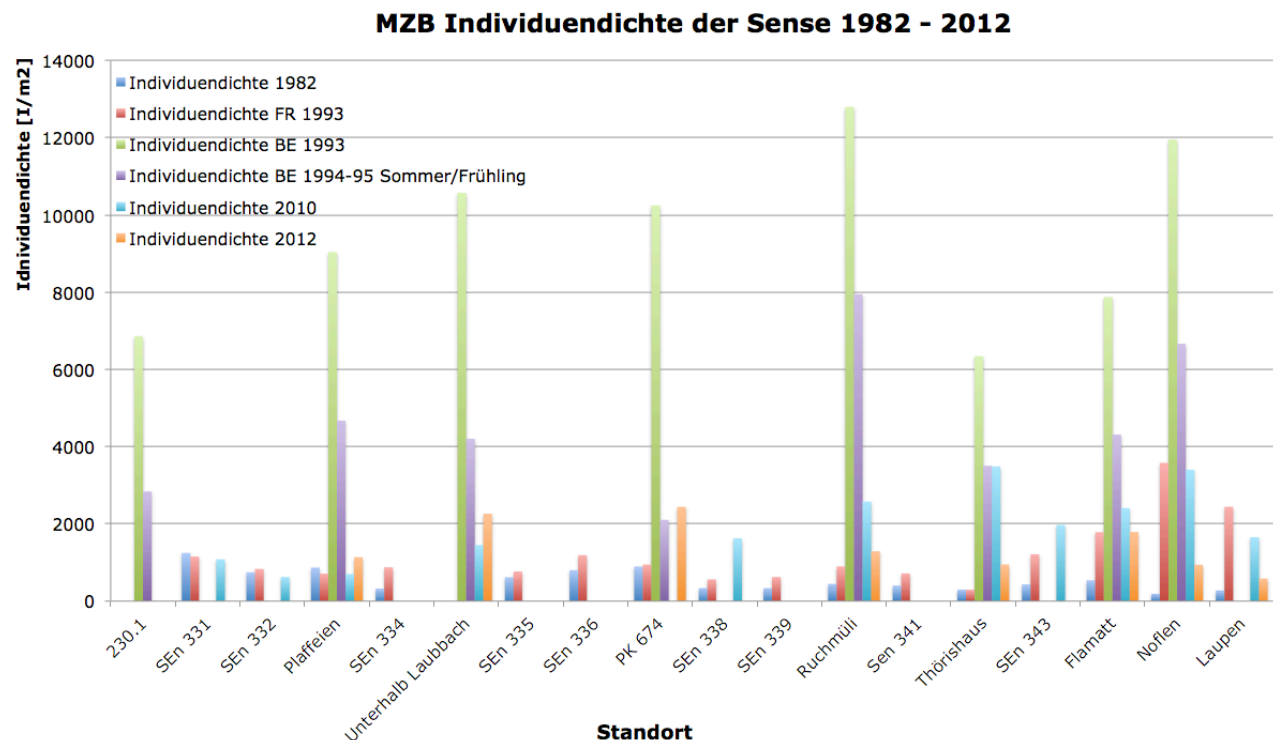


Abb. 10: MZB-Individuendichten an den beprobten Standorten der Sense von 1982 – 2012. Die Standorte sind im Fließverlauf von links nach rechts aufgelistet. Die Säulen sind entsprechend der Erhebungsjahre eingefärbt und zeigen die Anzahl Individuen pro m<sup>2</sup>. Die in grün dargestellten Berner Proben sind aufgrund der Probenahmen und Umrechnungen überschätzt. Einzelheiten sind im Grundlagenbericht [7] dargestellt.

Zusammenfassend kann hinsichtlich biologischer Gewässergüte und Biomassen des Makrozoobenthos folgendes ausgesagt werden:

- Die biologische Gewässergüte in der Sense kann an allen Standorten als gut beurteilt werden und hat sich während der letzten drei Dekaden nur marginal verändert.
- Die hohe Anzahl an EPT-Taxa (Vertreter der Eintagsfliegen, Steinfliegen und Köcherfliegen) weisen auf Strukturreichtum, genügend Sauerstoff und eine gute Wasserqualität hin.
- An einigen Standorten sind zwischen den Untersuchungsjahren und insbesondere zwischen den Proben von Bern und Freiburg beträchtliche Unterschiede in den Individuendichten festzustellen. Diese Veränderungen können mehrere Ursachen haben. So beeinflussen das Klima und andere abiotische Faktoren das Resultat. Zudem sind die älteren Proben bezüglich Erhebungsmethode (IB oder IBG) und Zeitfenster nicht gleich erhoben worden. Dies beeinflusst Diversität und Biomasse.
- Aufgrund der Resultate ist von 1993 bis 2012 gesamthaft eine Abnahme der vorhandenen geringen Biomassen zu erkennen. Während 1993 der Bonitätsfaktor noch für alle Untersuchungsstandorte als mittel klassiert werden konnte, waren 2010 noch knapp über die Hälfte und 2012 gar keine Standorte mehr, die als mittel klassiert werden konnten. Zwischen 1993 bis 2012 reduziert sich der Bonitätsfaktor als Mass zur Beschreibung der Makrozoobenthosbiomasse im Oberlauf um 1.5 Klassen; im Unterlauf sind es zwischen 1.5 bis 4 Klassen und liegt mit Werten zwischen 1.5 bis 2.5 im roten unbefriedigendem Bereich. Mittels detaillierter Analysen konnte jedoch gezeigt werden, dass an allen Standorten geringe Biomassen ermittelt wurden, was auf sehr kleine Tiere in den Proben zurückzuführen ist und nicht auf fehlende Nährtiere. Es kann davon ausgegangen werden, dass die verfügbare Nahrung nicht zu einem Rückgang der Forellenfänge geführt hat.

### **Chemisch-physikalische Gewässerqualität**

Die chemisch-physikalische Gewässerqualität wird seit Jahrzehnten von beiden Kantonen überwacht. Seit Inbetriebnahme der ARA Guggersbach 1998 in Zumholz wurden punktuell für Ammonium, Nitrit und gelöste organische Stoffe leichte Überschreitungen der gesetzlichen Grenzwerte festgestellt. Gesamthaft ist die Wasserqualität der Sense in einem guten bis sehr guten chemisch-physikalischen Zustand. Der Gewässerzustand hat sich seit 1982 stark verbessert. Wesentliche Verbesserungen der Wasserqualität konnte auch in den Seitengewässern festgestellt werden.

Im Vergleich zu 2009 wurden in der Sense und deren Zuflüssen 2010 – 2011 deutlich weniger Pestizide festgestellt. Allerdings wurden 2009 deutlich mehr Erhebungen durchgeführt. 2009 wurde eine tendenzielle Zunahme der Pestizidkonzentration im Fliessverlauf der Sense festgestellt. Im Sommer wurden höhere Gesamtkonzentrationen je Standort festgestellt, als im Winter, was mit deren Ausbringung zu tun hat. In der Sense selbst konnte für keinen der überprüften Wirkstoffe eine Überschreitung der gesetzlichen Einzelgrenzwerte (100 ng/l) festgestellt werden. Es ist nicht bekannt, welche Wirkungen Pestizidcocktails auf Fische und MZB haben.

### **3.6 Temperaturmessungen**

Die Resultate der erhobenen Temperaturdaten zwischen 15.05.2012 bis 24.10.2012 sind zusammenfassend in den folgenden Grafiken dargestellt. Die Abbildungen zeigen Tagesmittelwert, niedrigste und höchste gemessene Tagestemperatur. Für die Interpretation wurden Temperaturen > 15° C und > 19° C durch 2 Hilfslinien abgegrenzt.

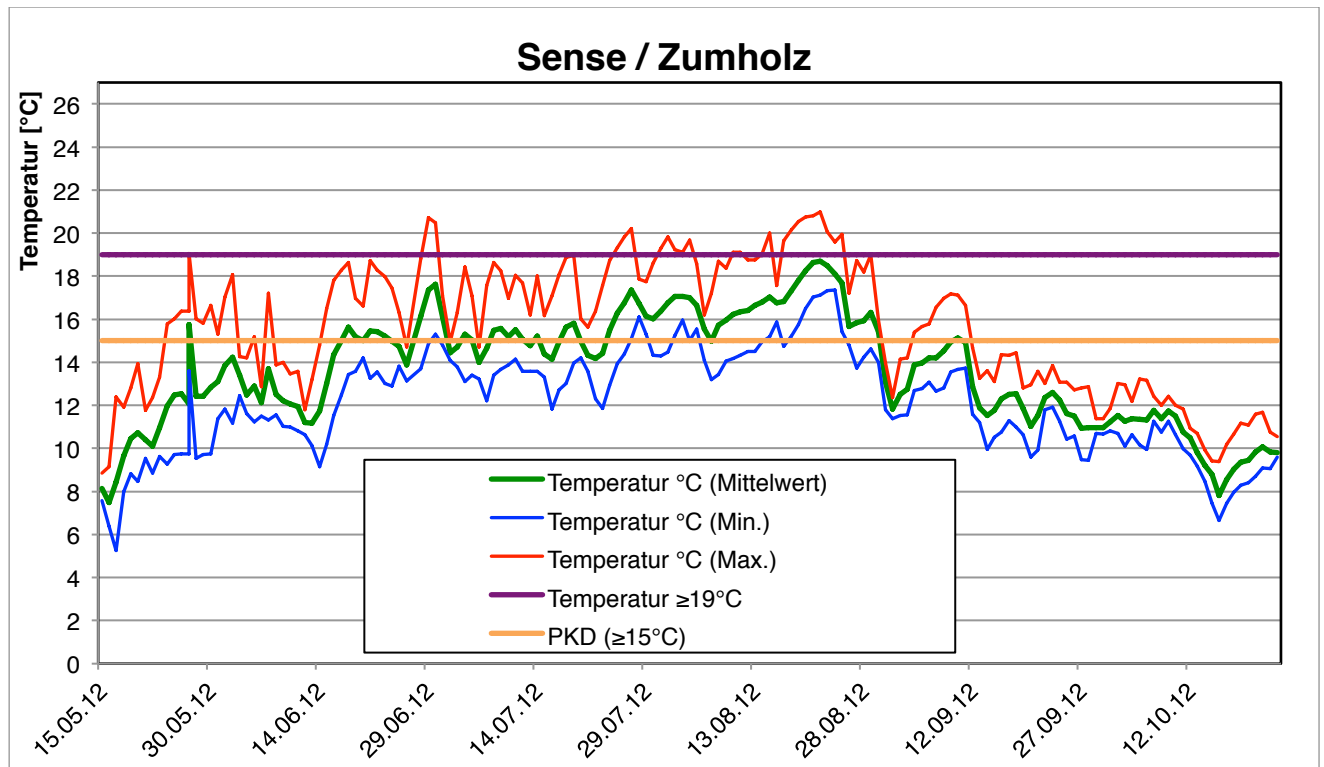


Abb. 11: Temperaturmessungen in der Sense oberhalb Schwarzwassermündung von 15.05.2012 bis 24.10.2012 (PRONAT).

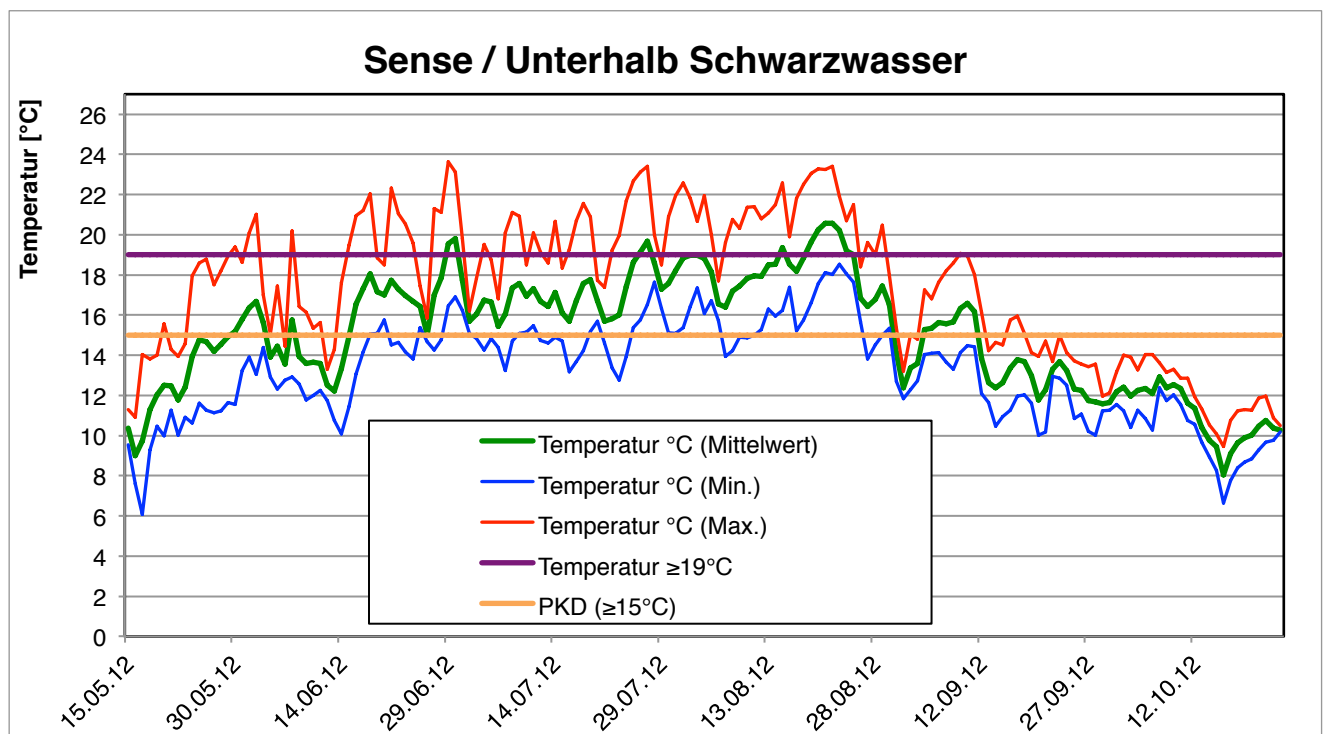


Abb. 12: Temperaturmessungen in der Sense unterhalb Schwarzwassermündung vom 15.05.2012 bis 24.10.2012 (PRONAT).



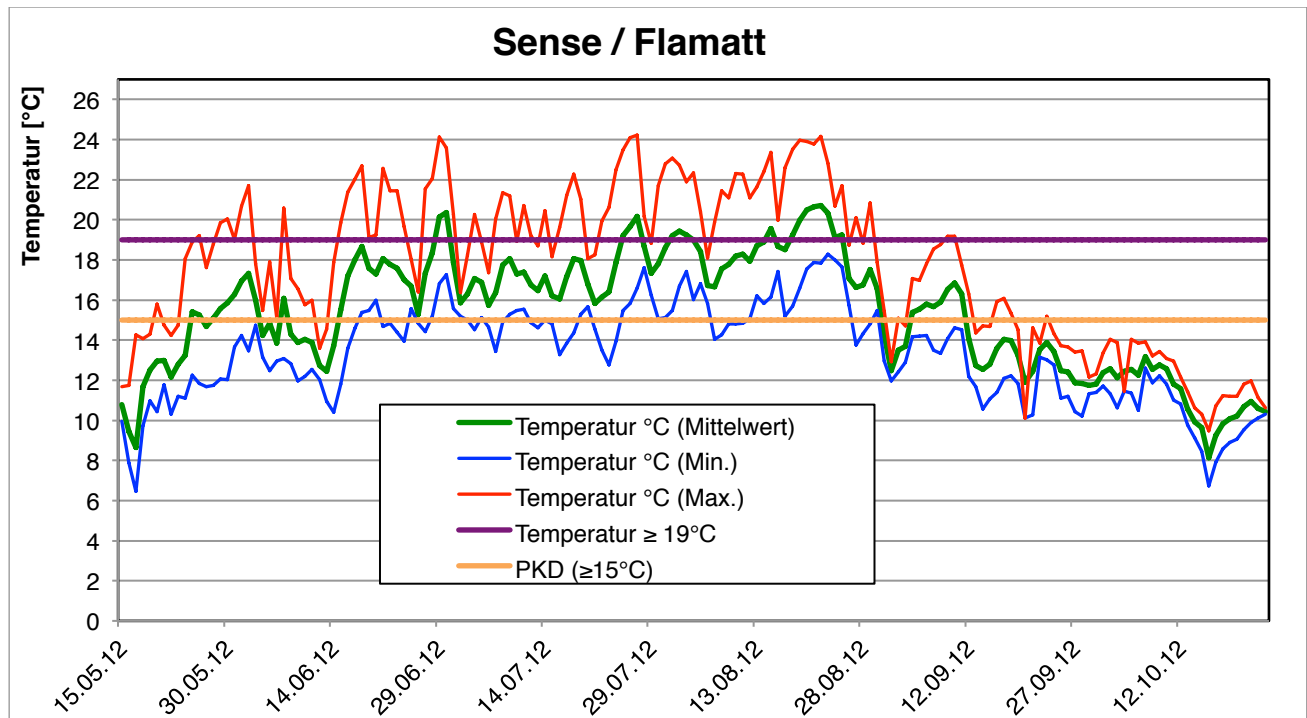


Abb. 13: Temperaturmessungen in der Sense bei Flamatt vom 15.05.2012 bis 24.10.2012 (PRONAT).

Für die BAFU-Messstation Thörishaus, Sense matt (LH 2179) gibt es Temperaturdaten erst ab 2004. Die Messwerte dieser Station stimmen mit den Sondenmessungen 2012 der drei Untersuchungsstandorte gut überein. Eine Erhöhung der Gewässertemperatur im Fliessverlauf ist festzustellen.

Das obere Temperaturmaximum, das eine gesunde, adulte Bachforelle toleriert, liegt bei ungefähr 19° C (Elliott, 1994). Für juvenile Individuen liegt dieser Wert gar noch tiefer. Oberhalb dieser Temperaturgrenze erfährt die Bachforelle Stress und ab 22° C können letale Effekte auftreten (obwohl erhöhte Mortalitäten meist erst bei > 25° C auftreten).

Tageshöchstwerte über 20° C treten im Sommer in der Sense oft auf. Die tägliche Durchschnittstemperatur bleibt meist unter 19° C. Im langjährigen Durchschnitt (2004-2012) übersteigt die durchschnittliche Wassertemperatur bei Thörishaus die 19° C rund 10 Tage pro Jahr und die 20° C rund 3 Tage im Jahr.

Temperaturen unter 4° C sind für die Bachforelle die untere, optimale Toleranzgrenze ([2]). Für Bachforelleneier liegt diese Grenze gar bei 1° C. Unterhalb dieser Grenzen erfahren die jeweiligen Lebensstadien Stress. Temperaturen von unter 0° C führen zu letalen Effekten bei gesunden Bachforellen und deren Eiern.

Gesamthaft können hinsichtlich Temperatur folgende Aussagen gemacht werden:

- Die Temperaturbedingungen zur Verbreitung von PKD (Proliferative Nierenkrankheit) waren 2012 während des Sommers an allen Standorten gegeben.
- Tägliche Temperaturschwankungen von maximal über 8° C konnten an allen Stationen beobachtet werden. Durchschnittlich schwankte die Wassertemperatur während den Sommermonaten zwischen 3.6 (Zumholz) und 4.4° C (Flamatt) pro Tag.
- Mehrwöchige Phasen, während derer die durchschnittliche Wassertemperatur nie unter 15° C sank, traten an allen Standorten auf. Mehrtägige bzw. mehrwöchige Phasen während derer auch die Minimaltemperatur nie unter 15° C sank, traten nur an den Standorten unterhalb Schwarzwasser und Flamatt auf.
- Maximaltemperaturen über 19° C wurden im Sommer an den Standorten unterhalb von Zumholz fast täglich festgestellt. Längere Phasen, in denen die durchschnittliche Wassertemperatur oberhalb dieser Marke lag, kamen jedoch selten vor.

- In der Sense werden Temperaturminima von unter 0° C nur sehr selten festgestellt. Durchschnittliche Tagestemperaturen von unter 4° C oder sogar unter 1° C kommen jährlich über einen Zeitraum von mehreren Wochen oder sogar Monaten vor.
- Unterhalb der Schwarzwassereinmündung steigen die Sommertemperaturen deutlich an.
- Im Allgemeinen werden in der Sense, insbesondere im Unterlauf, sowohl im Winter als auch im Sommer regelmässig Temperaturverhältnisse festgestellt, welche für die Bachforellen in allen Lebensstadien (Ei – Adulte) Stress bedeuten. Zudem besteht an allen Standorten das Potential zur Verbreitung von PKD mit erhöhtem Risiko für deren Ausbruch im Unterlauf.

### Zusammenhang mit längeren Temperatur-Zeitreihen

Wie eingangs erwähnt, kann der Temperatursprung 1987/88 in der Sense mit der BAFU-Messstation in Thörisrhaas nicht belegt werden. Aufgrund der Temperatur- und Abflussanalysen in den GZA-Gewässern [4], [5], [6] können folgende allgemeine Aussagen übernommen werden, welche im Vergleich zur Gürbe bei Belp und der Emme (623610 200420) mit ähnlichen Jahresabflüssen<sup>3</sup> für die Sense Gültigkeit haben:

- Der Temperatursprung gilt für alle Flüsse, insbesondere der Gewässer im Mittelland (unter Berücksichtigung der Höhenabhängigkeit) und betrifft physikalische und biologische Zeitreihen in ganz Europa.
- Die Temperaturen sind seit diesem Sprung auf dem höheren Niveau geblieben und betreffen nur den Winter bis Sommer.
- Die warmen Tage von Dezember bis Juli sind wärmer geworden, am meisten im Mai/Juni um bis zu 4.1° C.
- Die mittleren und kalten Tage sind wärmer geworden, von Januar bis August um bis zu 3.3° C.
- Die Sommermaxima überschreiten die 19° C (Stress für Bachforellen) neu oder häufiger nach dem Sprung.
- Die Jahres-Tiefstwerte wandern frühlingswärts über die Perioden bis Februar oder März.
- Die Aprilwerte sind im Mittel bis 1.2° C und im Maximum bis 4.1° C wärmer nach dem Sprung und damit heute über 14° C, der oberen Grenze für juvenile Bachforellen. April-Temperaturen gibt es nach dem Sprung schon im März, selten sogar im Februar.

Die Temperaturansprüche der Leitfischarten für die Sense sind in [5] gemäss folgender Tabelle zusammengefasst.

	Fortpflanzung	Eier (Brütlinge)	Juvenile optimal	Adulte optimal
Bachforellen	1 1 10 13 10. Nov. bis 10. Dez März und April	0 3 9 14 10. Dez. bis 1. Apr. (1. Juni) März bis Mai	7 14	0 4 10 15 19 25 30

**Abb. 14:** Temperaturansprüche der Bachforelle während verschiedener Lebensabschnitte in °C aus [5, modifiziert]. Farbcode: **rot:** beste Bedingungen; **blau:** tolerierte Bedingungen; **schwarz:** längerfristig tödliche Temperaturen.

Die Temperaturmessungen der drei Standorte (Zumholz, unterhalb Schwarzwassereinmündung und Flamatt) vom Mai bis Oktober 2012 zeigen an allen Standorten während mehreren Tagen Temperaturen über 19° C auf. Die tolerierten Bedingungen für adulte Bachforellen werden somit überschritten. In Flamatt und unterhalb der Schwarzwassereinmündung werden sogar Höchstwerte von bis zu 24° C aufgezeichnet, welche ge-

<sup>3</sup> Der durchschnittliche Jahresabfluss der Sense von 8.4 m<sup>3</sup>/s liegt zwischen dem der Gürbe (2.7 m<sup>3</sup>/s) und demjenigen der Emme mit 11.8 m<sup>3</sup>/s.

mäss den Temperaturansprüchen der Bachforellen nahe am längerfristig tödlichen Temperaturbereich liegen. Die besten Bedingungen von 10 - 15° C werden während den Monaten Juni bis August 2012 nur an einzelnen Tagen gemessen.

Grössere Schwankungen der Temperaturen (Vorfrühling/verspäteter Winter) nach dem Sprung zwischen Februar und Mai beeinflussen die Fortpflanzung der Fische:

- Das Schlüpfen aus den Eiern und die Emergenz von Bachforellen kann wegen der Vorverschiebung des Frühlings um bis zu 9 resp. 15 Tage früher erwartet werden, und zwar in den Monaten März bis Mai, die am stärksten wärmer, kälter und schwankender geworden sind.
- Rasche Temperaturwechsel mit mehr als  $\pm 7^\circ \text{C/h}$  gibt es sehr selten und nur an Tagen mit Lufttemperaturen über 25° C durch direkte Sonnenbestrahlung oder Gewitterregen.

Für die PKD gilt:

- Sommermaxima mit  $> 19^\circ \text{C}$  sind häufiger. Die Bachforellen fressen nicht mehr und suchen, falls vorhanden kühlere Gewässer auf.
- PKD-Perioden (14 Tage 24h lang  $\geq 15^\circ \text{C}$ ) werden in der Sense vom Juli bis August erreicht.

## 4 Ausblick

Die Untersuchung „Sense, Grundlagen zur Fischereibewirtschaftung“ [7] zeigt erhebliche Defizite bei den Bachforellenbeständen (Fehlen von Jungfischen und adulten Bachforellen). Aufgrund der Analysen können Hydrologie, morphologische und strukturelle Defizite, verfügbares Nahrungsangebot und ev. auch die Wasserqualität sowie fischfressende Vögel als Hauptursache ausgeschlossen werden. Dies gilt auch für den praktizierten Besatz und wahrscheinlich auch für den Befischungsdruck.

Vielmehr erhärtet sich der Verdacht, dass Veränderungen im Temperaturregime - mit Auswirkungen im Winter, Frühling und Sommer - Reproduktion, Wachstum und Fitness der Fische in vielfältiger Weise beeinträchtigt. So wird vermutet, dass die PKD durch diese Temperaturverschiebungen und -erhöhungen den Forellenbestand verändert und die Besatzmassnahmen zunichte macht. Andere Fischarten sind weniger betroffen.

Um die interkantonale künftige Bewirtschaftung festzulegen, laufen zur Zeit weitere Abklärungen bezüglich PKD, Organuntersuchungen von Fischen und Temperaturüberwachungen. Weitere Untersuchungen von Mikroverunreinigungen aus der ARA resp. von diffusen Quellen (Landwirtschaft/Deponien) sind notwendig. Die Qualität des Besatzmaterials (genetische Analysen) ist zu diskutieren.

PRONAT Conseils SA / A. Zurwerra

## 5 Referenzen

- [1] EAWAG (2004). Fischnetz. Dem Fischrückgang auf der Spur (Schlussbericht). Januar, 2004.
- [2] ELLIOTT J.M. (1994). Quantitative Ecology and the Brown Trout. Oxford University Press, New York, NY, USA.
- [3] ETEC (2010). Etude de l'état sanitaire des cours d'eaux du canton de Fribourg. La Singine – campagne 2010. Service de l'environnement, Canton de Fribourg. Fribourg.
- [4] HARI, R. E. (2011). Veränderungen in Temperatur und Abfluss in den GZA-Fliessgewässern in den letzten 30 Jahren. Amt für Wasser und Abfall (AWA) des Kantons Bern & Gewässer- und Bodenschutzlabor, Juni 2011.
- [5] HARI, R. E. (2012). Veränderungen in Temperatur und Abfluss in den GZA-Fliessgewässern in den letzten 30 Jahren (Ergänzungsbericht). Amt für Wasser und Abfall (AWA) des Kantons Bern & Gewässer- und Bodenschutzlabor, Mai 2012.
- [6] HARI, R. E., LIVINGSTONE, D. A., SIBER, R., BURCKHARDT-HOLM, P. & GÜTTINGER, H. (2006). Consequences of climatic change for water temperature and brown trout populations in Alpine rivers and streams. *Global Change Biology* 12, 10-26 2006.
- [7] PRONAT (2015). Sense. Grundlagen zur Fischereibewirtschaftung. Kanton Bern und Kanton Freiburg, Dezember 2015.
- [8] SCHAGER, E. & PETER, A. (2004). Methoden zur Untersuchung und Beurteilung der Fliessgewässer: Fische, Stufe F (flächendeckend). Bundesamt für Umwelt Wald und Landschaft, Mitteilungen zum Gewässerschutz Nr. 44.
- [9] HETRICH, R. & RUFF, A. (2011). Freiheit für das wilde Wasser. Status und Perspektiven nordalpiner Wildflusslandschaften aus naturschutzfachlicher Sicht. Die WWF-Alpenstudie. WWF Deutschland, Berlin.