

***Beurteilung der Gewässergüte und
der Ökomorphologie in der Sense,
im Schwarzwasser und in der
Saane unterhalb von Laupen***

Bericht

Untersuchungen vom März 1992

Wollerau, Juli 1994

AquaPlus
AquaPlus
AquaPlus

Elber Hürlimann Niederberger

Angewandte Ökologie
Gewässer- und Fischereifragen
Landschafts- und Naturschutzplanung

Hauptstrasse 6 CH-8832 Wollerau
Telefon 01 / 784 00 04

Inhaltsverzeichnis

Seite

Zusammenfassung

und Vorschläge zur Verbesserung des ökologischen Zustandes der untersuchten Gewässer 1

A	Saane	1
B	Schwarzwasser	3
C	Saane unterhalb von Laupen	4

1. Einleitung 11

2. Untersuchungsgebiet 12

3. Untersuchungsprogramm und Methoden 16

3.1	Parameter zur Charakterisierung der Untersuchungsstellen	16
3.2	Quantitative und qualitative Erfassung der Flora der Gewässersohle (Algen, Moose und Makrophyten)	17
3.3	Quantitative und qualitative Erfassung der Fauna der Gewässersohle (Wasserwirbellose)	18
3.4	Bestimmung der Gewässergüte	19
3.5	Beurteilung des quantitativen und qualitativen Einflusses von Kläranlagen- ausläufen auf die Flora der Gewässersohle und den heterotrophen Bewuchs	21

4. Resultate und Diskussion 22

4.1	Charakterisierung der Untersuchungsstellen	22
4.1.1	Hydrologie	22
4.1.2	Äusserer Aspekt	22
4.1.3	Ökomorphologie	25
4.2	Flora der Gewässersohle	27
4.2.1	Grosswüchsige Moose und Makrophyten	27
4.2.2	Algenbewuchs	29
4.2.3	Einfluss des gereinigten Abwassers der ARA Sensetal auf die Flora der Gewässersohle (ohne Kieselalgen) und den heterotrophen Bewuchs in der Saane	33
4.2.4	Charakterisierung der Kieselalgengemeinschaften	34

4.3	Wasserwirbellose	37
4.3.1	Bedeutendste Gruppen der Wasserwirbellosen	37
4.3.2	Charakterisierung der Gemeinschaften der Wasserwirbellosen	39
4.4	Beurteilung der Gewässergüte	43
4.4.1	Gewässergüte in der Sense	44
4.4.2	Gewässergüte im Schwarzwasser	46
4.4.3	Gewässergüte in der Saane unterhalb von Laupen	47
5.	Literaturverzeichnis	49
7.	Anhang	53
A	Methoden	54
A1	Beurteilung und Bewertung des äusseren Aspektes	55
A2	Beurteilungs- und Bewertungskriterien für die Ökomorphologie	56
A3	Makroskopische Schätzung der Bewuchsdichte des Algen und der Deckung der grosswüchsigen Moose und Makrophyten	57
A4	Probenahmegeräte	58
A5	Gewässergütebestimmung mit Kieselalgen: Prinzip der Kieselalgen-Differentialartenanalyse	59
A6	Gewässergütebestimmung mit Wasserwirbellosen: Saprobielle Valenz und Saprobieindex	61
B	Resultate	64
C	Fotodokumentation Aufwuchsalgen	78
D	Fotodokumentation Kieselalgen und autökologische Angaben zu einzelnen Kieselalgenarten	82

Zusammenfassung

und Vorschläge zur Verbesserung des ökologischen Zustandes der untersuchten Gewässer

Die biologischen Untersuchungen in der Sense, im Schwarzwasser und in der Saane unterhalb von Laupen hatten die Charakterisierung des ökologischen Zustandes dieser Fliessgewässer zum Ziel. Im Zentrum der Untersuchungen standen die Beurteilung der Gewässergüte mit Hilfe von Bioindikatoren - Kieselalgen und Wasserwirbellose - sowie die Bewertung der hydrologischen Situation, des äusseren Aspektes und des ökomorphologischen Zustandes.

Die Beurteilung des Gewässerzustandes basiert auf einer einmaligen Untersuchung der ausgewählten Stellen zwischen dem 5. und 10. März 1992.

A Sense, Stellen bSE1, bSE2, bSE3 und bSE4

Beurteilung des Gewässerzustandes (Tabelle I und Abbildung I)

Hydrologie	Die Untersuchungsstellen waren bezüglich der Hydrologie nicht unmittelbar anthropogen beeinflusst.
Äusserer Aspekt	Mit Ausnahme der Stellen bSE3 und bSE4, wo vereinzelt anthropogene Abfälle als Folge des Freizeitbetriebes gefunden wurden, war am äusseren Aspekt an den Untersuchungsstellen nichts zu beanstanden.
Ökomorphologischer Zustand	Im Bereich der Untersuchungsstellen bSE1 bis bSE3 darf von natürlichen/naturnahen Verhältnissen gesprochen werden. Besonders hervorgehoben seien dabei die Stellen bSE2 und bSE3 welche sich in schön ausgebildeten Auengebieten von nationaler Bedeutung befanden. Die Stelle bSE4, am Beginn des ausgebauten Sense-Abschnittes zwischen Thörishaus und Laupen gelegen, wurde bezüglich der Linienführung als stark beeinträchtigt und hinsichtlich des Uferbereiches als leicht beeinträchtigt eingestuft. Der Bereich Gewässersohle durfte trotz Veränderung der Breiten- und Tiefenvariabilität als Folge der Gewässerkorrektur als natürlich/naturnah bezeichnet werden.
Flora der Gewässersohle	Grosswüchsige Wassermoose und Makrophyten wurden an keiner Untersuchungsstelle festgestellt. Die Algen traten an allen Stellen in Form gut ausgebildeter Zotten in Erscheinung, wobei an den Stellen bSE3 und bSE4 etwas grössere Algenbewuchsdichten geschätzt wurden. Allenfalls steht dies in Zusammenhang mit dem Eintrag wachstumsfördernder Stoffe aus der Landwirtschaft und häuslichen Abwässern. Bei den Algen handelte es sich vorwiegend um die Goldalge <i>Hydrurus foetidus</i> und um Kieselalgen. Die Kieselalgengemeinschaften aller untersuchten Stellen wurden durch das häufige Auftre-

ten der beiden Arten *Gomphonema olivaceum* und *Diatoma moniliformis* geprägt, welche bevorzugt unter eutrophen (produktiven) Verhältnissen vorkommen und damit auf ausreichende Nährstoffbedingungen hinweisen.

Wasserwirbellose	Die Gesamtindividuumdichte der Wasserwirbellosen war mit maximal 525 Ind./0.1 m ² gering. Dies erklärt sich hauptsächlich mit vermutlich häufigen Sohlenbewegungen, welche die Gesamtindividuumdichte reduzieren. Die Gemeinschaft der Wasserwirbellosen wurde durch das häufige und teilweise dominante Vorkommen der anspruchsvollen Steinfliegen (v.a. <i>Leuctra ssp.</i>) und Eintagsfliegen (v.a. <i>Rhithrogena</i> -Arten) geprägt. An den Stellen bSE1 und bSE4 wiesen zudem Zweiflügler, vor allem Zuckmücken und Kriebelmücken grössere relative Häufigkeiten auf.
Gewässergüte	Die gesetzliche Minimalforderung Gewässergüte II (mässige organische Belastung) wurde an keiner Untersuchungsstelle überschritten. Die Kieselalgen indizierten für alle Untersuchungsstellen die Gewässergüte II. Das Fehlen eines besseren Wertes selbst an der obersten Stelle bSE1 steht vermutlich in Zusammenhang mit dem Eintrag wachstumsfördernder Stoffe aus der Landwirtschaft (und für die Stelle bSE1 allenfalls aus der Kleinkläranlage Rüschegg-Schwefelbergbad). Die Wasserwirbellosen zeigten generell eine bessere Gewässergüte an als die Kieselalgen: I bis I-II (unbelastet bis gering belastet). Dies kann mit den intakten Verhältnissen bezüglich des Gewässerbettes erklärt werden und weiter mit der unterschiedlichen Reaktion der Organismen auf leicht erhöhte Nährstoffgehalte. Kieselalgen zeigen im Gegensatz zu Wasserwirbellosen aufgrund von Veränderungen der Nährstoffkonzentrationen Verschiebungen in der Zusammensetzung der Artengemeinschaft.
Fazit	Die Sense kann im Bereich der untersuchten Stellen mit Ausnahme des stark verbauten Abschnittes Thörishaus-Laupen (Stelle bSE4) als ökomorphologisch intaktes Gewässer mit nicht unmittelbar anthropogen beeinflussten hydrologischen Verhältnissen beurteilt werden. Der Algenbewuchs wird von der Goldalge <i>Hydrurus foetidus</i> und von Kieselalgen geprägt, und die Wasserwirbellosen werden von anspruchsvollen Steinfliegen und Eintagsfliegen dominiert. Die organische Belastung ist als gering zu bezeichnen; hingegen sind vermutlich aufgrund von Einträgen aus der Landwirtschaft ausreichend Nährstoffe vorhanden.

Vorschläge zur Verbesserung des ökologischen Gewässerzustandes

● Problempunkt Ökomorphologie

Oberste Priorität muss dem uneingeschränkten Schutz und Erhalt der intakten Flussabschnitte und Auengebiete zukommen.

Im ausgebauten Abschnitt Thörishaus-Laupen sollten im Rahmen des Möglichen Verbesserungen des ökomorphologischen Zustandes insbesondere im Uferbereich (z.B. Aufbrechen der starren Uferlinie u.a. mittels Buhnen, Vergrösserung der Variabilität der Uferneigung) vorgenommen werden. Weiter wäre es wünschenswert die zahlreichen Schwellen, welche Wanderungshindernisse für Fische und Wasserwirbellose darstellen, mindestens teilweise zu entfernen und allenfalls durch Sohlrampen zu ersetzen.

Ausserdem gilt es Verbauungen im Bereich von Siedlungen (z.B. unterhalb der Stelle bSE1 bei Sangernboden) und Strassen auf ihre "Renaturierungsmöglichkeiten" hin zu prüfen.

● **Problempunkt Eutrophierung**

Die Qualitätsziele für Fließgewässer wurden zwar an allen Untersuchungsstellen erreicht, trotzdem weist das weitgehende Fehlen von übersensiblen Kieselalgenarten auf eutrophe Bedingungen hin und dies selbst im Oberlauf der Sense an der Stelle bSE1. Es gilt abzuklären, welche Ursachen hierfür in Frage kommen, Nährstoffeinträge aus der Landwirtschaft, Kläranlagenabwässer (insbesondere aus der ARA Rüschegg-Schwefelbergbad) oder ungereinigte häusliche Abwässer. Entsprechend sind aufgrund der Erhebungen Massnahmen zu treffen wie beispielsweise Düngebeschränkungen, Ausbau der ARA oder Verbesserung der Reinigungsleistung oder Anschluss einzelner Häuser an die Kanalisation.

B Schwarzwasser, Stellen bSW1, bSW2 und bSW3

Beurteilung des Gewässerzustandes (Tabelle I und Abbildung I)

Hydrologie	Die Hydrologie war an den Untersuchungsstellen nicht unmittelbar anthropogen beeinflusst.
Äusserer Aspekt	Im Oberlauf im Bereich der Stelle bSW1 war linksufrig ein Sägemehl-Erde-Gemisch abgelagert worden. Zudem wies hier das Schwarzwasser etwas Schaum auf, was allenfalls auf Abwasser-einleitungen schliessen lässt. An den Stellen bSW2 und bSW3 entsprach der äussere Aspekt mit Ausnahme des Vorhandenseins vereinzelter anthropogener Abfälle natürlichen Verhältnissen.
Ökomorphologischer Zustand	Im Gebiet der Untersuchungsstellen bSW1 und besonders bSW3 (Auengebiet) beurteilten wir die ökomorphologischen Verhältnisse als natürlich/naturnah. Bei der Stelle bSW2 beeinträchtigt die linksseitige Ufersicherung zum Schutz der Strasse insbesondere den Uferbereich. Linienführung sowie Gewässerbett wurden dagegen als natürlich/naturnah eingestuft. Erwähnenswert ist zudem das oberhalb der Stelle bSW2 gelegene, gut ausgebildete Auengebiet von nationaler Bedeutung.
Flora der Gewässersohle	Auch im Schwarzwasser fehlten an den Untersuchungsstellen grosswüchsige Wassermoose und Makrophyten. Der Algenbewuchs zeigte sich an der Stelle bSW1 in Form von Krusten bestehend aus Kieselalgen. Die zwei andern Stellen wiesen neben Krustenalgen (vorwiegend Kieselalgen) auch gut ausgebildete Zotten hauptsächlich der Goldalge <i>Hydrurus foetidus</i> auf. Die flussabwärts beobachtbare Zunahme der Algenbewuchsdichte steht vermutlich in Zusammenhang mit dem Eintrag wachstumsfördernder Stoffe aus der Landwirtschaft. Ähnlich wie in der Sense traten <i>Gomphonema olivaceum</i> und <i>Diatoma moniliformis</i> als quantitativ bedeutendste Arten in Erscheinung. An der Stelle bSW1 wurde zudem die gegenüber organischer Belastung sehr sensibel reagierende <i>Gomphonema micropus</i> häufig festgestellt.
Wasserwirbellose	Die Gesamtindividuumdichten an den drei Untersuchungsstellen können mit maximal 192 Ind./0.1 m ² als sehr gering bezeichnet werden, was für Gewässer mit häufigen Geschiebebewegungen und geringer Produktion typisch ist. Als Ursache können wie in der Sense geringe Produktion und/oder häufige Geschiebebewegung erwähnt werden. Die Domianz der anspruchsvollen Steinfliegen (v.a. <i>Leuctra ssp.</i> , <i>Nemoura sp.</i> und <i>Isoperla grammatica</i>) und Eintagsfliegen (v.a. <i>Rhithrogena</i> -Arten) war hier noch ausgeprägter als in der Sense.

Gewässergüte Die Qualitätsanforderungen für Fließgewässer wurden an allen Untersuchungsstellen erreicht. Die Kieselalgen indizierten für die Stelle bSW1 die Gewässergüte I-II (gering belastet) und zeigten flussabwärts eine leichte Verschlechterung der Verhältnisse an (Gewässergüte II) vermutlich als Folge des Eintrags wachstumsfördernder Stoffe aus der Landwirtschaft sowie der Einleitung häuslicher Abwässer. Mit den Wasserwirbellosen ermittelten wir für alle Untersuchungsstellen Gewässergüte I. Als Erklärung für die Unterschiede zwischen den Gewässergütebestimmungen mit Kieselalgen und Wasserwirbellosen kommen die für die Sense gemachten Hinweise in Frage.

Fazit Das Schwarzwasser ist ein hydrologisch unbeeinflusstes und ökomorphologisch weitgehend intaktes Gewässer. Der Algenbewuchs wird von der Goldalge *Hydrurus foetidus* und von Kieselalgen geprägt, und bei den Wasserwirbellosen herrschen die anspruchsvollen Steinfliegen und Eintagsfliegen vor. Die organische Belastung kann als gering eingestuft werden, wobei flussabwärts eine leichte Zunahme vermutet wird.

Vorschläge zur Verbesserung des ökologischen Gewässerzustandes

- **Problempunkt Ökomorphologie**
Die intakten Flussabschnitte sind in ihrer Ursprünglichkeit uneingeschränkt zu erhalten und zu schützen. Der ökomorphologische Zustand im Gebiet unterhalb der Stelle bSW2 würde durch eine naturnähere Gestaltung des linksseitigen Ufers sehr gewinnen.
- **Problempunkt Eutrophierung**
Obwohl die Qualitätsziele für Fließgewässer an allen Untersuchungsstellen eingehalten wurden sind die leichten Verschlechterungen flussabwärts im Auge zu behalten. Insbesondere im Gebiet Rüschegg-Graben (Oberlauf des Schwarzwassers und Gambach) sind die Anschlussbedingungen der Haushalte zu überprüfen.
- **Äusserer Aspekt**
Die Deponie des Sägemehl-Erde-Gemisches im Bereich der Stelle bSW1 ist zu entfernen.

C Saane unterhalb von Laupen, Stellen ARA Sensetal oben und unten, bSA4 links und rechts

Beurteilung des Gewässerzustandes (Tabelle I und Abbildung I)

Hydrologie Vom Schiffenensee bis zur Mündung in die Aare führt die Saane Restwasser (verbleibender Anteil des mittleren Jahresabflusses > 80%). Aufgrund des Schwallbetriebes treten tägliche Wasserstandsschwankungen bis zu 1.5 m auf.

Äusserer Aspekt Der äussere Aspekt wies leichte (ARA Sensetal oben und bSA4 links) bis mittelmässige Beeinträchtigungen auf (ARA Sensetal unten und bSA4 rechts) sowohl als Folge der Eingriffe ins hydrologische Regime (Ablagerung von Feinsediment und Bildung von Eisensulfid) als auch auf

grund der Einleitung der gereinigten Abwässer aus der ARA Sensetal (heterotropher Bewuchs, Geruch nach Abwasser, anthropogene Abfälle, Schaumbildung).

Das Qualitätsziel für Fliessgewässer, kein makroskopisches Vorkommen von heterotrophem Bewuchs, wurde an den Stellen ARA Sensetal unten sowie bSA4 rechts nicht eingehalten.

Ökomorphologischer Zustand	Aufgrund der Flusskorrektur sind in der Saane unterhalb von Laupen sowohl die Linienführung als auch der Uferbereich als stark beeinträchtigt einzustufen. Der Bereich Gewässersohle wies als Folge der wasserbaulichen Massnahmen eine verminderte Breiten- und Tiefenvariabilität auf (leichte Beeinträchtigung).
Flora der Gewässersohle	Grosswüchsige Wassermoose kamen an allen Untersuchungsstellen in der Saane vor, wobei die Deckung bei bSA4 grösser war als ober- bzw. unterhalb der ARA Sensetal. Bedeutendstes Wassermoose war <i>Fontinalis antipyretica</i>. Der Algenbewuchs bestand aus Krusten und gut ausgebildeten Zotten. Oberhalb der ARA Sensetal war eine etwas geringere Bewuchsdichte festzustellen als unterhalb, was auf den Einfluss der gereinigten Kläranlagenabwässer zurückzuführen ist. Die Artenzusammensetzung beim Algenbewuchs hatte sich gegenüber den Verhältnissen in der Sense und im Schwarzwasser deutlich verändert. Es herrschten Gelbgrünalgen (<i>Vaucheria sp.</i>) und Grünalgen (<i>Cladophora glomerata</i>) vor, was auf eine stärkere Belastung hindeutet. Zudem wiesen Blaualgen (<i>Phormidium autumnale</i>) unterhalb der ARA Sensetal eine vergleichsweise hohe Deckung auf. Aufgrund der Veränderungen der Algenbewuchsdichte sowie der Artengemeinschaft der Algen und insbesondere wegen der Zunahme des heterotrophen Bewuchses (Ciliaten) unterhalb der ARA Sensetal wurde der Einfluss der gereinigten Kläranlagenabwässer als mittel eingestuft. Bei den Kieselalgen waren wie in der Sense und im Schwarzwasser <i>Gomphonema olivaceum</i> und <i>Diatoma moniliformis</i> von grösserer Bedeutung. Neu wurden daneben <i>Navicula tripunctata</i>, <i>Nitzschia dissipata</i> und <i>Fragilaria capucina</i> var. <i>vaucheriae</i> als Hauptarten mit relativer Häufigkeit von mehr als 10% ermittelt.
Wasserwirbellose	Die Gesamtindividuumdichte war an den Stellen bSA4 links und rechts mit 1592 bzw. 3414 Ind./0.1 m² deutlich grösser als an den Untersuchungsstellen in der Sense und im Schwarzwasser. Der Unterschied zwischen den beiden Flussseiten erklärt sich vermutlich mit den leicht verschiedenen Strömungsverhältnissen: Links Prallhang und damit höhere Drift insbesondere während des Schwallbetriebes. Die Gemeinschaft der Wasserwirbellosen wurde von den Zweiflüglern (v.a. Zuckmücken) dominiert. Daneben kamen Bachflohkrebse und Köcherfliegen (v.a. <i>Hydropsyche instabilis</i>) recht häufig vor. Insgesamt ergab sich das Bild eines typischen Schweizer Mittellandflusses.
Gewässergüte	Das Qualitätsziel für Fliessgewässer, Gewässergüte II, wurde an allen Untersuchungsstellen erreicht. Die Kieselalgen indizierten sowohl oberhalb als auch unterhalb der ARA Sensetal inklusive der Stellen bSA4 links und rechts die Gewässergüte II (mässige organische Belastung). Trotz der gleichen Gewässergütestufe oberhalb und unterhalb der ARA Sensetal liess sich ein Einfluss der Abwässer aus der ARA Sensetal erkennen. Verglichen mit der Stelle ARA Sensetal oben wies die Stelle ARA Sensetal unten einen grösseren Anteil der gegenüber organischer Belastung weniger toleranten Arten auf. Mit den Wasserwirbellosen wurde an den Stellen bSA4 links und rechts die Gewässergüte I-II (geringe Belastung) mit Tendenz zu II ermittelt.

Bei der Saane unterhalb von Laupen handelt es sich um ein aufgrund des Schwallbetriebes und des Restwassers hydrologisch stark beeinträchtigtes Fliessgewässer, welches auch hinsichtlich des ökomorphologischen Zustandes insbesondere bezüglich des Uferbereiches und der Linienführung grosse Defizite aufweist. Der dichte Algenbewuchs wird von Gelbgrünalgen (*Vaucheria sp.*) und von Grünalgen (*Cladophora glomerata*) geprägt, was auf eutrophe (produktive) Bedingungen hindeutet, und die Wasserwirbellosen geben die Verhältnisse eines organisch mässig belasteten Mittelland-Fliessgewässers wieder mit dominantem Vorkommen von Zuckmücken.

Vorschläge zur Verbesserung des ökologischen Gewässerzustandes

● *Schwallbetrieb*

Eine grosse ökologische Wirkung weist vermutlich, obwohl in dieser Untersuchung nicht speziell bearbeitet, der Schwallbetrieb auf. Die täglichen Wasserstands- und Fliessgeschwindigkeitsschwankungen bedeuten für zahlreiche Organismen einen Stress. Es können nur an die Veränderungen angepasste oder anpassungsfähige Organismen bestehen. Insbesondere bei den Wasserwirbellosen wird aufgrund des Schwalles mit erhöhter Drift zu rechnen sein, was eine Verminderung der Individuendichten zur Folge hat. Der effektive Einfluss des Schwallbetriebes auf die ökologischen Gegebenheiten auf der Gewässersohle kann jedoch nur mit spezifischen Untersuchungen beurteilt werden. Immerhin darf erwartet werden, dass sich eine Dämpfung der Schwallhöhe sowie langsames Ansteigen und Sinken des Wasserspiegels positiv auswirken würden.

● *Problempunkt Ökomorphologie*

Im kanalartig ausgebauten Saane-Abschnitt unterhalb von Laupen wären Verbesserungen insbesondere im Uferbereich wünschenswert. Es sollte geprüft werden, ob mindestens gebietsweise eine Ausdehnung des Gewässers bis zu den heute ausserhalb des eigentlichen Gerinnes liegenden Hochwasserschutzdämmen ohne Verlust der Hochwassersicherheit möglich wäre. Innerhalb dieser Dämme wäre dem Fluss dann freier Lauf zu gewähren. Allenfalls würden aufgrund des Schwallbetriebes zusätzliche Schwierigkeiten entstehen, die es zur gegebenen Zeit näher abzuklären gilt.

● *Problempunkt Eutrophierung / Gewässergüte / Äusserer Aspekt*

Obwohl die mit Kieselalgen und Wasserwirbellosen ermittelte Gewässergüte eine mässige organische Belastung ergab, wurden die Qualitätsziele für Fliessgewässer aufgrund des Vorkommens von heterotrophem Bewuchs nicht eingehalten. Als Ursache hierfür muss die Einleitung der gereinigten Abwässer aus der ARA Sensetal betrachtet werden. Die Reinigungsleistung der Anlage ist zu überprüfen und allenfalls zu verbessern.

● *Problempunkt Vorfluter der ARA Sensetal*

Wie in Kapitel 4.2.3 berichtet, wird der Vorfluter der ARA Sensetal, ein kleiner Nebenbach der Saane, durch die gereinigten Kläranlagenabwässer massiv beeinträchtigt. Da die ARA Sensetal unmittelbar an der Saane liegt, wäre es ökologisch sinnvoller, die Saane selbst mit ihren besseren Mischungsverhältnissen als Vorfluter zu benutzen, und damit das Nebengewässer zu entlasten. Abgesehen von der Mündungsgestaltung des Nebenbaches (ca. 1 m hoher Überfall), verunmöglichen oder zumindest behindern die schlechten chemischen Bedingungen im Nebenbach unterhalb der Einleitung des gereinigten Abwassers die flussaufwärtsgerichtete Wanderung insbesondere sensiblerer Organismen (Fische und Wasserwirbellose) aus der Saane.

send zu einer Probe gemischt (beprobte Fläche je Subsample 30 cm x 30 cm). Die innerhalb der Probe-
fläche auf grösseren Steinen lebenden Tiere wurden speziell mit einem Pinsel von der Oberfläche gelöst
und der Probe zugeführt.

Laborarbeit

- Bestimmen der Wasserwirbellosen.
- Auszählen der unterschiedenen Taxa. Es wurden alle makroskopisch gut sichtbaren Individuen aus der Probe entfernt und gezählt. Vom restlichen Probematerial wurde aufgrund der teilweise grossen Individuendichte eine Fraktion ausgewertet, welche für die Sense zwischen 11 und 20%, für das Schwarzwasser 40% (bSW2 und bSW3) bzw. 100% (bSW1) und für die Saane an der Stelle bSA4 2% (rechts) bzw. 5% (links) ausmachte.

Auswertung

- Aus den Zählraten wurden die Gesamtindividuendichte der Gemeinschaft der Wasserwirbellosen sowie die Individuendichten der unterschiedenen Taxa berechnet.
- Die relative Häufigkeit (rH) wurde wie folgt bestimmt:

$$rH (\%) = (N_i / N) * 100\% \quad (2)$$

N_i = Anzahl Individuen der Art i, N = Gesamtindividuenzahl.

3.4 Bestimmung der Gewässergüte

Im Wasser lebende Organismen geben Auskunft über die durchschnittlichen Umweltbedingungen in einem betrachteten Lebensraum. Mit der Kenntnis dieser Organismen kann ein Gewässer meist ganzheitlicher beurteilt werden als aufgrund punktueller Messungen verschiedener chemischer und physikalischer Parameter. Letztere geben zuverlässig nur über den Zeitpunkt der Probenahme Auskunft, und ein Gesamteindruck ergibt sich oft erst nach einem mehr oder weniger aufwendigen Messverfahren während eines längeren Zeitraumes.

Zur Beurteilung der Gewässergüte werden Organismen untersucht, welche spezifisch auf Verschmutzung mit Abwasser reagieren. In der vorliegenden Arbeit sind dies auf der Stufe der Produzenten die **Kieselalgen (Prinzip der Differentialartenanalyse)** und auf der Stufe der Konsumenten die **Wasserwirbellosen (saprobielle Valenz und Saprobieindex)**. Das genaue Vorgehen für die Beurteilung der Gewässergüte ist in Anhang A5 und A6 zusammengestellt.

Wir unterscheiden sieben Gewässergütestufen, welche die Zustände von "unbelastet" bis "übermässig verschmutzt" charakterisieren (Tab. 2).

Tab. 2. Zusammenstellung der Gewässergütestufen. In Anlehnung an LAWA (1976).

Gewässergütestufe	Saprobiezone <i>Grad der organischen Belastung</i>	Erläuterungen
I	oligosaprob <i>unbelastet bis sehr gering belastet</i>	Gewässerabschnitte mit reinem, stets annähernd sauerstoffsättigtem und nährstoffarmem Wasser.
I-II	oligo-β-mesosaprob <i>gering belastet</i>	Gewässerabschnitte mit geringer anorganischer oder organischer Nährstoffzufuhr ohne nennenswerte Sauerstoffzehrung.
II	β-mesosaprob <i>mässig belastet</i>	Gewässerabschnitte mit mässiger Verunreinigung und guter Sauerstoffversorgung.
II-III	β-α-mesosaprob <i>kritisch belastet</i>	Gewässerabschnitte, deren Belastung mit organischen, sauerstoffzehrenden Stoffen einen kritischen Zustand bewirkt.
III	α-mesosaprob <i>stark verschmutzt</i>	Gewässerabschnitte mit starker organischer, sauerstoffzehrender Verschmutzung und meist niedrigem Sauerstoffgehalt.
III-IV	α-meso-polysaprob <i>sehr stark verschmutzt</i>	Gewässerabschnitte mit weitgehend eingeschränkten Lebensbedingungen durch sehr starke Verschmutzung mit organischen, sauerstoffzehrenden Stoffen; oft durch toxische Einflüsse verstärkt; zeitweilig totaler Sauerstoffschwund.
IV	polysaprob <i>übermässig verschmutzt</i>	Gewässerabschnitte mit übermässiger Verschmutzung durch organische, sauerstoffzehrende Abwässer; Fäulnisprozesse herrschen vor; Sauerstoff über lange Zeit in sehr niedrigen Konzentrationen vorhanden oder gänzlich fehlend.

3.5 Beurteilung des quantitativen und qualitativen Einflusses von Kläranlagenausläufen auf die Flora der Gewässersohle und den heterotrophen Bewuchs

Die quantitativen (Biomasse) und die qualitativen Verhältnisse (Artenspektrum) des Aufwuchses unterhalb des Kläranlagenauslaufes werden im Vergleich mit der Stelle unmittelbar oberhalb des Kläranlagenauslaufes aufgrund der in Tabelle 3 aufgeführten Kriterien beurteilt.

Tab. 3. Beurteilungskriterien für den Einfluss von Kläranlagenausläufen auf den Aufwuchs im Fließgewässer (ohne Einbezug der Kieselalgen-Differentialartenanalyse).

Grad der Beeinflussung	Beurteilungskriterien
Starke Beeinflussung	Makroskopisch deutlich erkennbare Veränderung Starke Zunahme von Ciliaten- und Bakterienrasen (z.B. oberhalb des ARA-Zuflusses kein, unterhalb häufiges Auftreten) und/oder markante Zunahme der Algen- oder Makrophytenbewuchsdichte, starke Veränderung des Artenspektrums (makroskopisch).
Mittlere Beeinflussung	Makroskopisch gut erkennbare Veränderung Geringe Zunahme der Ciliaten- und Bakterienrasen und/oder deutliche Zunahme der Algen- oder Makrophytenbewuchsdichte, Veränderung des Artenspektrums weniger deutlich.
Geringe Beeinflussung	Makroskopisch schwach und mikroskopisch erkennbare Veränderungen Geringe Zunahme der Algenbewuchsdichte, keine Veränderung des Artenspektrums (makroskopisch), Zunahme der Bakterien, Ciliaten oder Rotatorien im Epiphyton (Aufwuchs auf Pflanzen).
Keine Beeinflussung	Weder makroskopisch noch mikroskopisch sind Veränderungen feststellbar

4. Resultate und Diskussion

4.1 Charakterisierung der Untersuchungsstellen

Die Untersuchungsstellen sind in der "Dokumentation der Untersuchungsstellen" charakterisiert. Die Dokumentation enthält Angaben über die in Kapitel 3 aufgeführten Parameter. Im folgenden werden im besonderen die Hydrologie, der Zustand des äusseren Aspektes und die ökomorphologischen Gegebenheiten besprochen.

4.1.1 Hydrologie

Sense und Schwarzwasser

Sowohl die Sense als auch das Schwarzwasser werden nicht durch Wasserkraftnutzung beeinflusst (Tab. 4).

Saane unterhalb von Laupen

Die Saane wird im rund 15 km langen Abschnitt unterhalb des Schiftenensees (Stausee) bis zur Mündung in die Aare stark durch den Schwallbetrieb beeinflusst (Tab. 4), was zu täglichen Wasserstandsschwankungen von bis zu 1.5 m führen kann (WEA 1989). Zudem führt hier die Saane Restwasser, wobei der verbleibende Anteil des mittleren Jahresabflusses mehr als 80% beträgt.

4.1.2 Äusserer Aspekt

Eine überblicksmässige Zusammenstellung über die Beeinträchtigungen des äusseren Aspektes an den Untersuchungsstellen und deren unmittelbaren Umgebung liefert Tabelle 5.

Sense

An den Stellen bSE1 und bSE2 konnte der äussere Aspekt als nicht beeinträchtigt beurteilt werden. Bei den Stellen bSE3 und bSE4 wurden anthropogene Abfälle vermutlich als Folge von Freizeitaktivitäten festgestellt (leichte Beeinträchtigung). Weiter war bezüglich des äusseren Aspektes nichts zu beanstanden.

Tab. 4. Zusammenstellung über die Hydrologie an den Untersuchungsstellen in der Sense, dem Schwarzwasser und der Saane unterhalb von Laupen. Angaben gemäss WEA (1989), GSA (1992) und Spreafico et al. (1992).

Untersuchungsstelle		Hydrologie beeinflusst	Bemerkungen
Kalte Sense	bSE1		nicht beeinflusst
Sense	bSE2		nicht beeinflusst
Sense	bSE3		nicht beeinflusst
Sense	bSE4		nicht beeinflusst
Schwarzwasser	bSW1		nicht beeinflusst
Schwarzwasser	bSW2		nicht beeinflusst
Schwarzwasser	bSW3		nicht beeinflusst
Saane	ARA Sensetal oben	●	Restwasserstrecke: Verbleibender Anteil des mittleren natürlichen Jahresabflusses > 80%. Schwallbetrieb: Tägliche Wasserstandsschwankungen bis 1.5 m.
Saane	ARA Sensetal unten	●	Restwasserstrecke: Verbleibender Anteil des mittleren natürlichen Jahresabflusses > 80%. Schwallbetrieb: Tägliche Wasserstandsschwankungen bis 1.5 m.
Saane	bSA4	●	Restwasserstrecke: Verbleibender Anteil des mittleren natürlichen Jahresabflusses > 80%. Schwallbetrieb: Tägliche Wasserstandsschwankungen bis 1.5 m.

Schwarzwasser

An der Stelle bSW1 ergab die Beurteilung des äusseren Aspektes eine mittlere Beeinträchtigung. Unterhalb der Untersuchungsstelle war am linken Ufer ein Sägemehl-Erde-Gemisch abgelagert worden (siehe Dokumentation der Untersuchungsstellen), und das Schwarzwasser wies etwas Schaum an der Oberfläche auf. Letzteres steht allenfalls in Zusammenhang mit Abwassereinleitungen aus nicht an die Kanalisation angeschlossenen Häusern. An den beiden flussabwärtsgelegenen Untersuchungsstellen bSW2 und bSW3 entsprach der äussere Aspekt mit Ausnahme des Vorhandenseins anthropogener Abfälle (als Folge von Freizeitaktivitäten) intakten Verhältnissen (Beurteilung: leichte Beeinträchtigung).

Tab. 5. Zusammenstellung über den Zustand des äusseren Aspektes in der Sense, dem Schwarzwasser und der Saane unterhalb von Laupen. Bewertungskriterien siehe Anhang A1. Angaben zu den Probenahmestellen und zum Untersuchungsdatum siehe Tab. 1.

Untersuchungsstelle	bedeutendste Beeinträchtigung	mögliche Ursachen	Gesamturteil
Kalte Sense bSE1			keine Beeinträchtigung
Sense bSE2			keine Beeinträchtigung
Sense bSE3	• wenig anthropogene Abfälle	• Freizeitbetrieb	leichte Beeinträchtigung
Sense bSE4	• wenig anthropogene Abfälle	• Freizeitbetrieb	leichte Beeinträchtigung
Schwarzwasser bSW1	• anthropogene Abfälle (Ablagerung von Sägemehl-Erde-Gemisch) • wenig Schaum	• Deponie von Sägereiabfällen • Eintrag von Abwasser	mittlere Beeinträchtigung
Schwarzwasser bSW2	• wenig anthropogene Abfälle	• Freizeitbetrieb	leichte Beeinträchtigung
Schwarzwasser bSW3	• wenig anthropogene Abfälle	• Freizeitbetrieb	leichte Beeinträchtigung
Saane ARA Sensetal oben	• Eisensulfid-Flecken, Fundhäufigkeit <10% • mittlere Menge sedimentiertes Feinmaterial (anorganisch)	• Ablagerung von Feinsediment in Ufernähe • Schwallbetrieb	leichte Beeinträchtigung
Saane ARA Sensetal unten	• leichter Geruch nach Abwasser • wenig anthropogene Abfälle • wenig heterotropher Bewuchs (Ciliaten) • Eisensulfid-Flecken, Fundhäufigkeit <10% • mittlere Menge sedimentiertes Feinmaterial (anorganisch)	• Abwasser aus der ARA Sensetal • Schwallbetrieb	mittlere Beeinträchtigung
Saane bSA4 links	• wenig anthropogene Abfälle • wenig Schaum • geringe Menge sedimentiertes Feinmaterial (anorganisch)	• Abwasser aus der ARA Sensetal • Schwallbetrieb	leichte Beeinträchtigung
Saane bSA4 rechts	• wenig anthropogene Abfälle • wenig Schaum • wenig heterotropher Bewuchs (Ciliaten) • geringe bis mittlere Menge sedimentiertes Feinmaterial (anorganisch)	• Abwasser aus der ARA Sensetal • Schwallbetrieb	mittlere Beeinträchtigung

Saane unterhalb von Laupen

An der Stelle ARA Sensetal oben ergab die Beurteilung des äusseren Aspektes eine leichte Beeinträchtigung. Es wurden Eisensulfidflecken auf Steinunterseiten festgestellt, was vermutlich in Zusammenhang steht mit der Ablagerung einer grösseren Menge Feinmaterial im Uferbereich (Kolmation) allenfalls als Folge des Schwallbetriebes des Kraftwerkes beim Schifflensee.

Unterhalb der ARA Sensetal (Stelle ARA Sensetal unten) war der Einfluss des gereinigten Abwassers vor allem anhand des heterotrophen Bewuchses erkennbar. Zudem konnte ein Geruch nach Abwasser wahrgenommen werden. Für das Auftreten der Eisensulfidflecken kann dieselbe Begründung wie an der Stelle ARA Sensetal oben geliefert werden, wobei an der Stelle ARA Sensetal unten zusätzlich der organische Eintrag aus der ARA zur Bildung von Eisensulfid beigetragen haben dürfte.

An der Stelle bSA4 wurde linksseitig eine leichte Beeinträchtigung und rechtsufrig eine mittlere Beeinträchtigung des äusseren Aspektes festgestellt. Anthropogene Abfälle, sedimentiertes Feinmaterial (anorganische) und wenig Schaum an der Wasseroberfläche waren an beiden Flusseiten vorhanden. Heterotropher Bewuchs trat in geringer Dichte lediglich rechts auf. Ob dies allenfalls auf eine noch nicht vollständige Durchmischung des Kläranlagenabwassers mit dem Saanewasser zusammenhängt, kann aufgrund der vorliegenden Daten nicht entschieden werden, erscheint aber in Anbetracht der Distanz zwischen ARA-Auslauf und der Stelle bSA4 von ca. 6 km eher unwahrscheinlich.

4.1.3 Ökomorphologie

Tabelle 6 gibt einen Überblick über die Beeinträchtigungen des ökomorphologischen Gewässerzustandes. Die detaillierten Ergebnisse der Aufnahme sind in der "Dokumentation der Untersuchungsstellen" zusammengefasst.

Sense

Der ökomorphologische Zustand der Sense konnte im Bereich der Untersuchungsstellen bSE1 bis bSE3 sowohl bezüglich Linienführung als auch hinsichtlich Ufer und Gewässersohle als natürlich/naturnah eingestuft werden. Die Stellen bSE2 und bSE3 (bSE3 im Auengebiet von nationaler Bedeutung Nr. 55 gelegen), welche nahezu intakte ökomorphologische Strukturen aufwiesen, sind dabei besonders hervorzuheben. An der Stelle bSE1 hingegen, besonders unterhalb der Untersuchungsstelle, waren stärkere Beeinträchtigungen insbesondere des Uferbereiches als Folge der Uferbefestigung feststellbar. Am Beginn des ausgebauten Sense-Abschnittes zwischen Thörishaus und Laupen (Stelle bSE4), wurde aufgrund der Gewässerverbauung (v.a. rechtsseitiges Prallufer) die Linienführung als stark beeinträchtigt und der Uferbereich insgesamt als leicht beeinträchtigt (rechtsseitig stark beeinträchtigt) beurteilt. Obwohl insbesondere die Breiten- und Tiefenvariabilität des Gewässerbettes aufgrund der Flusskorrektur leicht beeinträchtigt waren, konnte der Bereich Gewässersohle als Ganzes als natürlich/naturnah bezeichnet werden.

Tab. 6. Zusammenstellung über den ökomorphologischen Gewässerzustand in der Sense, dem Schwarzwasser und der Saane unterhalb von Laupen. Gesamtbeurteilung: L = Linienführung, U = Uferbereich, G = Gewässerbett. Bewertungskriterien siehe Anhang A2. Angaben zu den Probenahmestellen und zum Untersuchungsdatum siehe Tab. 1.

Untersuchungsstelle	bedeutendste Beeinträchtigungen	Gesamturteil
Kalte Sense bSE1	• Uferbefestigung rechts: künstliche Ufersicherung deutlich erkennbar, Steinsatz in Beton	• L: natürlich/naturnah • U: natürlich/naturnah • G: natürlich/naturnah
Sense bSE2		• L: natürlich/naturnah • U: natürlich/naturnah • G: natürlich/naturnah
Sense bSE3		• L: natürlich/naturnah • U: natürlich/naturnah • G: natürlich/naturnah
Sense bSE4	• Linienführung: vergleichmässiger geschwungener Verlauf • Ufergliederung/Uferneigung rechts: einheitlich, geringe räumliche Auflockerung. • Uferbefestigung: künstliche Ufersicherung deutlich erkennbar, Blockwurf • Gewässerrandbiotope: kaum vorhanden oder beseitigt, v.a. rechtsseitig	• L: stark beeinträchtigt • U: leicht beeinträchtigt • G: natürlich/naturnah
Schwarzwasser bSW1	• Uferbefestigung: vereinzelt Buhnen	• L: natürlich/naturnah • U: natürlich/naturnah • G: natürlich/naturnah
Schwarzwasser bSW2	• Ufergliederung/Uferneigung: linksseitig vereinheitlicht • Uferbefestigung: linksseitig künstlich, deutlich erkennbar, Steinsatz in Beton.	• L: natürlich/naturnah • U: leicht beeinträchtigt • G: natürlich/naturnah
Schwarzwasser bSW3		• L: natürlich/naturnah • U: natürlich/naturnah • G: natürlich/naturnah
Saane bSA4	• Linienführung: vergleichmässiger geschwungener Verlauf • Ufergliederung/Uferneigung rechts: Vielfalt verringert, geringe räumliche Auflockerung. • Uferbefestigung: künstlicher, z.T. bestockter Damm • Gewässerrandbiotope: kaum vorhanden • Fließgeschwindigkeit: vergleichmässigt • Gewässerbreite: vergleichmässigt • Wassertiefe: vergleichmässigt	• L: stark beeinträchtigt • U: stark beeinträchtigt • G: leicht beeinträchtigt

Schwarzwasser

Mit Ausnahme der Stelle bSW2 ergab sich für die Ökomorphologie des Schwarzwassers an den Untersuchungsstellen ein erfreulicher Zustand. An der Stelle bSW1 beeinträchtigen lediglich die vereinzelt vorhandenen Buhnen das natürliche Bild. Die Stelle bSW3 im KLN-Gebiet 2.46 "Schwarzenburgerland mit Sense- und Schwarzwasserschluchten" sowie im Auengebiet von nationaler Bedeutung Nr. 58 gelegen, wies bezüglich aller betrachteten Parameter intakte Verhältnisse auf. Im Bereich der Stelle bSW2, ebenfalls im Auengebiet von nationaler Bedeutung Nr. 58 gelegen, wurde das linke Flussufer zum Schutz der Strasse massiv verbaut. Der Uferbereich musste daher links als stark beeinträchtigt eingestuft werden.

Obwohl die Uferbefestigung die Gewässersohle auf der linken Flusseite verändert (Eintiefung), kann der Bereich Gewässerbett aufgrund der im übrigen Gebiet starken Ufer- und Sohlenvariabilität als intakt bezeichnet werden. Nicht unerwähnt bleiben darf hier aber die schön ausgebildete Aue oberhalb der Untersuchungsstelle bSW2, wo die ökomorphologischen Verhältnisse des Schwarzwassers durchaus natürlichen Bedingungen entsprechen.

Saane unterhalb von Laupen

Der ökomorphologische Zustand an der Stelle bSA4 wies aufgrund der Flusskorrektur eine starke Beeinträchtigung hinsichtlich der Linienführung und des Uferbereiches auf. Die Vielfalt der Ufergliederung ist verloren gegangen und Gewässerrandbiotope sind nahezu verschwunden. Auch im Bereich der Gewässersohle sind infolge der wasserbaulichen Massnahmen negative Veränderungen wie Vereinheitlichung der Fliessgeschwindigkeit, der Gewässerbite und der Wassertiefe festzustellen (leichte Beeinträchtigung).

4.2 Flora der Gewässersohle

4.2.1 Grosswüchsige Moose und Makrophyten

In Tabelle 7 sind die Verhältnisse an den Untersuchungsstellen bezüglich der grosswüchsigen Moose (≥ 10 cm) und der Makrophyten zusammengestellt und in Abbildung 2 die Schätzungen der Gesamdeckung wiedergegeben.

An den Untersuchungsstellen in der **Saane** und im **Schwarzwasser** wurden weder Wassermoose noch Makrophyten festgestellt. Die hier oft stattfindenden Geschiebeumlagerungen verhindern das Aufkommen von Moosen durch das Abscheuern von allenfalls an Steinen anhaftenden Jungpflanzen der vergleichsweise langsam wachsenden Moose.

In der **Saane** traten lediglich Moose in Erscheinung. Es handelte sich um folgende Arten:

Cinclidotus nigricans: Kalkliebend, wächst in und an Gewässern auf Gestein und Holz (Frahm & Frey 1987). Nach Mauch (1976) bevorzugt die Art β -mesosaprobe Gewässer.

Fontinalis antipyretica: Weit verbreitete Art, welche hauptsächlich in nährstoffbelasteten Fliess- und Stillgewässern bis in den α -mesosaprobe Bereich vorkommt (Melzer et al. 1988).

Rhynchostegium riparioides: Formenreiche Art, in kalkreichen Bächen auf Gestein vorkommend (Frahm & Frey 1987), nach Mauch (1976) bevorzugt in oligosaprobe Verhältnissen.

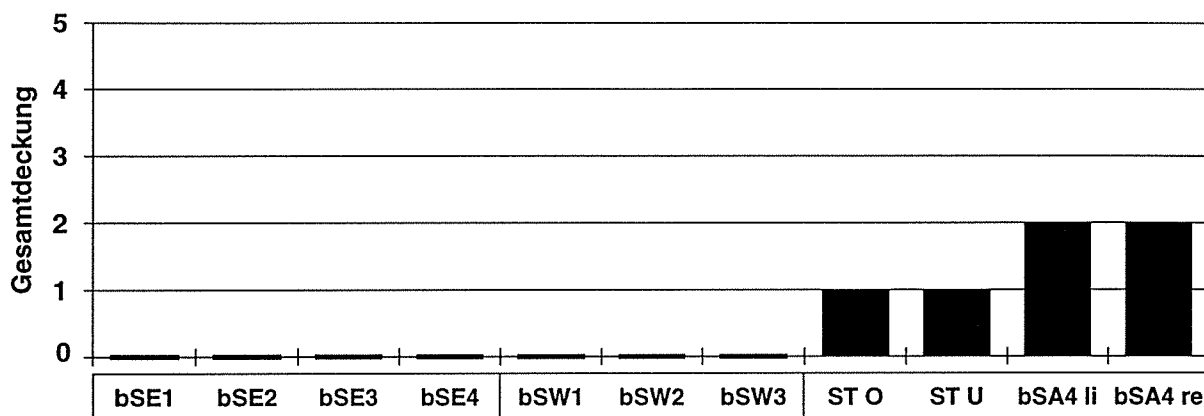


Abb. 2. Schätzung der Deckung des Untergrundes mit grosswüchsigen Moosen an den Untersuchungsstellen in der Sense (bSE), dem Schwarzwasser (bSW) und der Saane unterhalb von Laupen (bSA, ST O = ARA Sensetal oben und ST U = ARA Sensetal unten). Angaben zu den Probenahmestellen und zum Untersuchungsdatum siehe Tab. 1.

Deckung: 0 = frei von Bewuchs, 1 = 1-10% der Gewässersohle bedeckt, 2 = 11 - 25%, 3 = 26-50%, 4 = 51-75%, 5 = 76-100%.

Tab. 7. Zusammenstellung der Resultate der makroskopischen Beurteilung der grosswüchsigen Moose und der Makrophyten in der Sense, dem Schwarzwasser und der Saane unterhalb von Laupen. Angaben zu den Probenahmestellen und zum Untersuchungsdatum siehe Tab. 1.

Deckung bezüglich der Gewässersohle: 0 = frei von Bewuchs, 1 = 1 - 10% bedeckt, 2 = 11 - 25%, 3 = 26 - 50%, 4 = 51 - 75%, 5 = 76 - 100%.

Untersuchungsstelle		Gesamtdeckung Moose und Makrophyten	Deckung Moose	Deckung Makrophyten
Kalte Sense	bSE1	0	0	0
Sense	bSE2	0	0	0
Sense	bSE3	0	0	0
Sense	bSE4	0	0	0
Schwarzwasser	bSW1	0	0	0
Schwarzwasser	bSW2	0	0	0
Schwarzwasser	bSW3	0	0	0
Saane	ARA Sensetal oben	1	<i>Fontinalis antipyretica</i> : 1 <i>Cinclidotus nigricans</i> : 1	0
Saane	ARA Sensetal unten	1	<i>Fontinalis antipyretica</i> : 1 <i>Cinclidotus nigricans</i> : 1	0
Saane	bSA4 links	2	<i>Fontinalis antipyretica</i> : 2 <i>Cinclidotus nigricans</i> : 1	0
Saane	bSA4 rechts	2	<i>Fontinalis antipyretica</i> : 2 <i>Rhynchostegium riparioides</i> : 1	0

An den Stellen ARA Sensetal oben, ARA Sensetal unten und bSA4 links kam *Cinclidotus nigricans* gemeinsam mit *Fontinalis antipyretica* vor, an der Stelle bSA4 rechts *Fontinalis antipyretica* zusammen mit *Rhynchostegium riparioides*. Im Vergleich mit den Stellen ARA Sensetal oben und unten wies *Fontinalis antipyretica* an den Stellen bSA4 links und rechts einen grösseren Deckungsgrad auf. Aufgrund der unterschiedlichen Begehbarkeit des Gewässers an den Untersuchungsstellen (bSA4 ± ganzes Flussbett begehbar, ARA Stellen lediglich unmittelbarer Uferbereich einsehbar) kann jedoch nicht ohne weiteres auf eine effektive Veränderung der Moosvegetation geschlossen werden.

4.2.2 Algenbewuchs

In Abbildung 3 sind die gemäss der abgeänderten, sechsstufigen Skala von Thomas & Schanz (1976) geschätzten Bewuchsdichten dargestellt. Die Tabelle 8 gibt einen Überblick über die Verhältnisse bezüglich der Dichte des Algenbewuchses und der makroskopisch differenzierbaren Algen. In Anhang B befindet sich in Tabelle B.1 eine Zusammenstellung der makroskopisch und mikroskopisch festgestellten Algen, und in der Fotodokumentation in Anhang C sind einige der häufigsten makroskopisch sichtbaren Algen abgebildet. Aus Abbildung 4 gehen die Deckungsgrade der einzelnen Algengruppen hervor. Auf die Kieselalgen, welche an jeder Stelle in Form von Krusten, Häuten und Fäden oder epiphytisch auftraten, wird speziell in Kapitel 4.2.3 eingegangen. Detaillierte Angaben über den Algenbewuchs auf der Gewässersohle finden sich in der "Dokumentation der Untersuchungsstellen".

Kurzcharakterisierung der bedeutendsten Algen

Phormidium autumnale kommt oft in verschmutzten Gewässern vor (Geitler 1930) und ist Anzeiger für α -mesosaprobe Verhältnisse (starke organische Verschmutzung, Mauch 1976).

Hydrurus foetidus (Chrysophyceae, Stamm Chrysophyta, Goldalgen): Wächst in Form von Schläuchen, zeigt oligo- β -mesosaprobe Verhältnisse an (keine bis geringe Verschmutzung, Mauch 1976), entwickelt sich gegen Ende des Winters und vergeht, wenn die Wassertemperatur etwa 15° C erreicht (Starmach 1985).

Vaucheria sp. (Xanthophyceae, Stamm Chrysophyta, Gelbgrünalgen): Faden bildend, tritt nach Mauch (1976) bevorzugt unter β -mesosaprobe Verhältnissen in Erscheinung und weist unterhalb von Abwasserzuflüssen eine Tendenz zu stärkerem Wachstum auf (AquaPlus 1991, 1993a).

Cladophora glomerata (Chlorophyta, Grünalgen): Faden bildend, wächst hauptsächlich an nährstoffreichen Stellen unter β -mesosaprobe Verhältnissen.

Ulothrix tenuissima (Chlorophyta, Grünalgen): Faden bildend, bevorzugt β -mesosaprobe Verhältnisse.

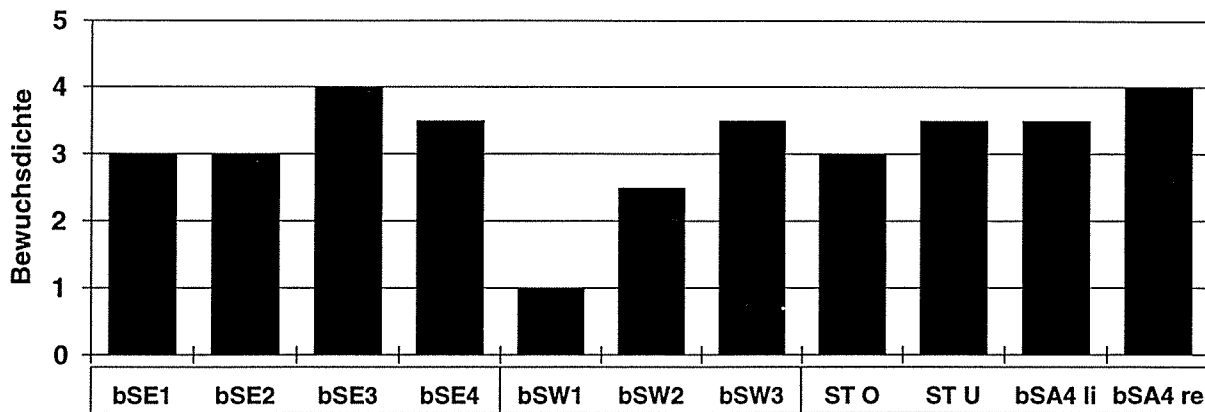


Abb. 3. Schätzung der Bewuchsdichte der Algen (abgeändert nach Thomas & Schanz, 1976) an den Untersuchungsstellen Sense (bSE), dem Schwarzwasser (bSW) und der Saane unterhalb von Laupen (bSA, ST O = ARA Sensetal oben und ST U = ARA Sensetal unten). Angaben zu den Probenahmestellen und zum Untersuchungsdatum siehe Tab. 1.

Bewuchsdichtestufe: 0 = Kein Bewuchs, 1 = Krustenalgen, 2 = Ansätze von fädigen Algen, 3 = Gut ausgebildete Zotten, 4 = Gewässersohle zum grössten Teil mit Algen bedeckt, 5 = Ganzer Bachgrund mit Algen bedeckt, Konturen der Steine nicht mehr sichtbar.

Sense

An allen Untersuchungsstellen in der Sense wurde eine Algenbewuchsdichte zwischen 3 und 4 festgestellt, d.h. es waren gut ausgebildete Zotten (hier Schläuche von *Hydrurus foetidus*) vorhanden (Stellen bSE1 und bSE2) oder der Gewässergrund war zu einem grossen Teil mit *Hydrurus*-„Schläuchen“ bedeckt (Stellen bSE3 und bSE4).

Von grösster Bedeutung war die Goldalge *Hydrurus foetidus*. Sie trat an allen Stellen mit Ausnahme von bSE2 (Kieselalgen vorherrschend) dominant in Erscheinung. Obwohl es sich bei *Hydrurus foetidus* gemäss Literaturangaben keinesfalls um eine „Schlechtwasserform“ handelt, dürfte die flussabwärts erfolgte Zunahme der Deckung der Alge (bSE1 und bSE2: Deckung 11-25%, bSE3 und bSE4: Deckung 51-75% bzw. 75-100%) mit einem höheren Gehalt wachstumsfördernder Stoffe zusammenhängen, welche vermutlich über die Landwirtschaft ins Gewässer gelangen. Bereits in der Emme wurde eine Zunahme der Bewuchsdichte von *Hydrurus foetidus* unterhalb eines Kläranalgenauslaufes auf den Eintrag von wachstumsfördernden Stoffen zurückgeführt (AquaPlus 1993b). Es ist aber nicht auszuschliessen, dass die unterschiedlichen Biomassen das Resultat einer grösseren Anzahl Geschiebebewegungen pro Zeiteinheit im oberen Flussabschnitt sind. Mit einer einmaligen Untersuchung lassen sich diese Hypothesen jedoch nicht überprüfen.

Schwarzwasser

Im Schwarzwasser nahm die Algenbewuchsdichte im Fliessverlauf zu. An der Stelle bSW1 war die Gewässersohle lediglich von Krustenalgen bewachsen. Die Stellen bSW2 und bSW3 wiesen neben Krustenalgen auch gut ausgebildete „Schläuche“ der Goldalge *Hydrurus foetidus* auf.

Wie in der Sense wurde der Algenbewuchs hauptsächlich von Kieselalgen und der Goldalge *Hydrurus foetidus* geprägt, wobei hier die Kieselalgen dominierten. An der Stelle bSW1 überdeckten die Kieselal-

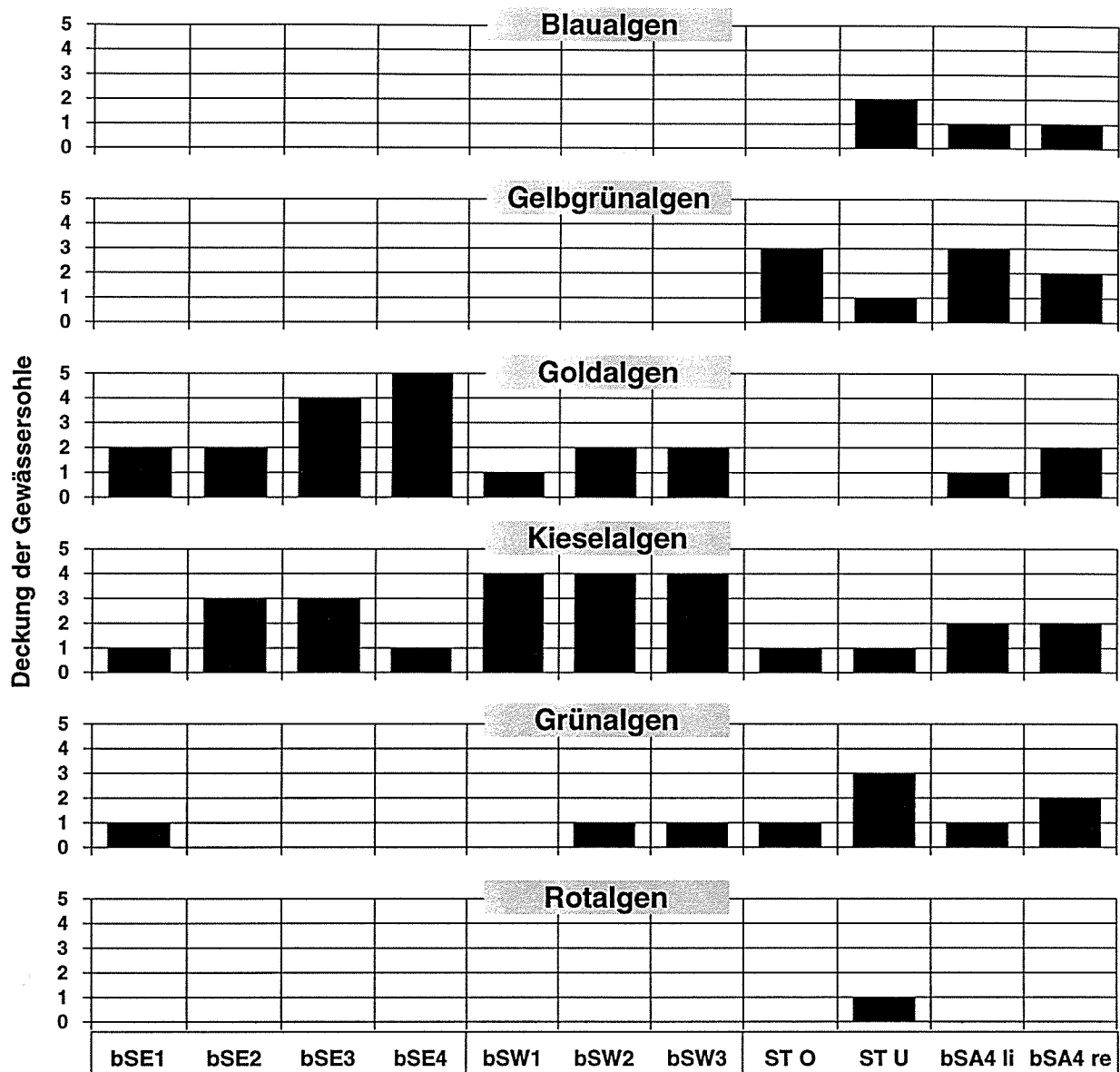


Abb. 4. Schätzung der Deckung der Gewässersohle mit makroskopisch erkennbaren Algengruppen an den Untersuchungsstellen Sense (bSE), dem Schwarzwasser (bSW) und der Saane unterhalb von Laupen (bSA, ST O = ARA Sensetal oben und ST U = ARA Sensetal unten). Angaben zu den Probenahmestellen und zum Untersuchungsdatum siehe Tab. 1.

Deckung 0 = frei von Bewuchs, 1 = 1-10% der Gewässersohle bedeckt, 2 = 11-25%, 3 = 26-50%, 4 = 51-75%, 5 = 76-100%.

gen in Form von Krusten 51-75% der Gewässersohle; *Hydrurus foetidus* kam nur in geringer Deckung (1-10%) vor. An den Stellen bSW2 und bSW3 wurden neben Kieselalgen in Form von Krusten auch hautförmiges bzw. fadenförmiges Vorkommen von Kieselalgen festgestellt. *Hydrurus foetidus* wies hier eine Deckung von 11-25% auf. Zudem traten, zwar lediglich mit Deckung 1-10%, Grünalgen der Gattung *Ulothrix* auf (*Ulothrix zonata*, *U. tenuissima* und *U. subtilis*).

Nicht zuletzt wegen des Auftretens von fädigen Grünalgen (Stellen bSW2 und bSW3), welche oft an nährstoffreicheren Stellen vorkommen, kann die flussabwärts beobachtbare Zunahme der Algendichte im Schwarzwasser eindeutiger als in der Sense auf den Einfluss wachstumsfördernder Stoffe aus der Landwirtschaft und häuslichen Abwässern zurückgeführt werden.

Tab. 8. Zusammenstellung der Resultate der makroskopischen Beurteilung des Algenaufwuchses an den Untersuchungsstellen in der Sense, dem Schwarzwasser und der Saane unterhalb von Laupen. Angaben zu den Probenahmestellen und zum Untersuchungsdatum siehe Tab. 1.

Bewuchsdichte T & S = Bewuchsdichteschätzung anhand der abgeänderten, sechsstufigen Bildskala von Thomas und Schanz (1976). Stufe 0 = Kein Bewuchs, 1 = Krustenalgen, 2 = Ansätze von fädigen Algen, 3 = Gut ausgebildete Zotten, 4 = Gewässersohle zum grössten Teil mit Algen bedeckt, 5 = Ganzer Bachgrund mit Algen bedeckt, Konturen der Steine nicht mehr sichtbar. Deckung: 0 = frei von Bewuchs, 1 = 1-10% der Gewässersohle bedeckt, 2 = 11-25%, 3 = 26-50%, 4 = 51-75%, 5 = 76-100%.

Untersuchungsstelle	Bewuchsdichte T&S	Deckung bezüglich der gesamten Gewässersohle		
		Algenfäden	bedeutendste Algengruppen	bedeutendste Algen
Kalte Sense bSE1	3	2	Goldalgen: 2	<i>Hydrurus foetidus</i> : 2
Sense bSE2	3	2	Kieselalgen: 3 Goldalgen: 2	Kieselalgen krustig: 3 <i>Hydrurus foetidus</i> : 2
Sense bSE3	4	4	Goldalgen: 4 Kieselalgen: 3	<i>Hydrurus foetidus</i> : 4 Kieselalgen krustig: 2 Kieselalgen fädig: 2
Sense bSE4	3-4	4	Goldalgen: 5	<i>Hydrurus foetidus</i> fädig: 4 <i>Hydrurus foetidus</i> häutig: 3
Schwarzwasser bSW1	1	0	Kieselalgen: 4	Kieselalgen krustig: 4
Schwarzwasser bSW2	2-3	2	Kieselalgen: 4 Goldalgen: 2	Kieselalgen krustig: 3 Kieselalgen häutig: 3 <i>Hydrurus foetidus</i> : 2
Schwarzwasser bSW3	3-4	4	Kieselalgen: 4 Goldalgen: 2	Kieselalgen krustig: 3 Kieselalgen fädig: 3 <i>Hydrurus foetidus</i> : 2
Saane ARA Sensetal oben	3	3	Gelbgrünalgen: 3	<i>Vaucheria</i> sp.: 3
Saane ARA Sensetal unten	3-4	3	Grünalgen: 3 Blualgen: 2	<i>Ulothrix tenuissima</i> : 3 <i>Phormidium autumnale</i> : 2
Saane bSA4 links	3-4	4	Gelbgrünalgen: 3 Kieselalgen: 2	<i>Vaucheria</i> sp.: 3 Kieselalgen häutig: 2
Saane bSA4 rechts	4	4	Gelbgrünalgen: 2 Goldalgen: 2 Kieselalgen: 2 Grünalgen: 2	<i>Vaucheria</i> sp.: 2 <i>Hydrurus foetidus</i> : 2 Kieselalgen häutig: 2 <i>Cladophora glomerata</i> : 2

Saane unterhalb von Laupen

Der Algenbewuchs wies an allen Untersuchungsstellen gut ausgebildete Zotten auf. Unterhalb der ARA Sensetal (Stellen ARA Sensetal unten, bSA4 links und rechts) war der Gewässergrund im Gegensatz zu oben aber dichter von Algenzotten bedeckt. Dieser Unterschied erklärt sich höchstwahrscheinlich mit der Einleitung der gereinigten Abwässer aus der ARA Sensetal.

Die Artenzusammensetzung des Algenbewuchses in der Saane unterschied sich deutlich von jener in der Sense und im Schwarzwasser. Beispielsweise kamen die Gelbgrünalge *Vaucheria sp.* und die Grünalge *Cladophora glomerata* vor, welche in den beiden andern Gewässern nicht gefunden wurden. Ausserdem konnten hier Blaualgen (v.a. *Phormidium autumnale*) makroskopisch festgestellt werden. Eine solche Algengemeinschaft deutet auf eine im Vergleich zur Sense und zum Schwarzwasser, wo Kieselalgen und die Goldalge *Hydrurus foetidus* vorherrschten, stärkere Belastung der Saane mit wachstumsfördernden Stoffen hin, und dies bereits oberhalb der ARA Sensetal.

An der Stelle ARA Sensetal oben dominierte die Gelbgrünalge *Vaucheria sp.*. Daneben wurden in geringer Deckung (1-10%) Kieselalgen sowie die Grünalge *Cladophora glomerata* makroskopisch festgestellt. An der Stelle ARA Sensetal unten zeigte sich eine etwas andere Algenzusammensetzung. Es herrschte die Grünalge *Ulothrix tenuissima* zusammen mit der Blaualge *Phormidium autumnale* vor. Die Gelbgrünalge *Vaucheria sp.* hatte an Bedeutung verloren. Sie wies dagegen an der Stelle bSA4 vor allem linksseitig eine grosse Deckung auf (26-50% bedeckt). Hier kamen zudem in einer Deckung bis 25% Kieselalgen, die Goldalge *Hydrurus foetidus* sowie die Grünalge *Cladophora glomerata* vor. Auch die Grünalgen *Ulothrix zonata*, *U. tenuissima* und *U. subtilis* wurden in geringer Dichte festgestellt.

4.2.3 Einfluss des gereinigten Abwassers der ARA Sensetal auf die Flora der Gewässersohle (ohne Kieselalgen) und den heterotrophen Bewuchs in der Saane

Im Rahmen der Untersuchungen an den Fliessgewässern Sense, Schwarzwasser und Saane unterhalb von Laupen wurde bezüglich des Einflusses des gereinigten Abwassers aus Kläranlagen lediglich die ARA Sensetal untersucht. Der ARA Sensetal dient ein kleiner Nebenbach als Vorfluter, welcher wenige Meter unterhalb der Abwassereinleitstelle in die Saane mündet. Im folgenden wird aber hauptsächlich auf Veränderungen im Bewuchs der Saane eingegangen.

Bezüglich der grosswüchsigen Moose konnte zwischen den Stellen ARA Sensetal oben und unten keine Veränderung festgestellt werden. Ob die grössere Dichte des Fieberquellmooses *Fontinalis antipyretica* an der Stelle bSA4 in Zusammenhang mit der ARA-Abwassereinleitung steht, kann aufgrund der vorliegenden Daten nicht entschieden werden.

Bei den Algen wurde unterhalb der ARA Sensetal eine wenig grössere Bewuchsdichte festgestellt als an der Stelle ARA Sensetal oben. Zudem fand zwischen den Stellen ARA Sensetal oben und unten ein Wechsel von einer von der Gelbgrünalge *Vaucheria sp.* dominierten zu einer von der Grünalge *Ulothrix*

tenuissima und der Blaualge *Phormidium autumnale* geprägten Algengemeinschaft statt. Weiter wiesen die Grünalgen *Ulothrix tenuissima* und *Cladophora glomerata* in ihrem Aufwuchs (Epiphyton) einen im Vergleich mit der Stelle ARA Sensetal oben grösseren Anteil an heterotrophen Organismen auf (Ciliaten, tierische Flagellaten, Rädertierchen).

Der Ciliatenbewuchs veränderte sich zwischen den Stellen ARA Sensetal oben und unten ebenfalls. Oberhalb der Kläranlage zeigten sich makroskopisch keine Ciliatenrasen, an der Stelle ARA Sensetal unten wurden dagegen wenige Ciliatenrasen festgestellt.

Insgesamt ist die **Beeinflussung** der Flora der Gewässersohle in der Saane aufgrund der betrachteten Kriterien (Kap. 3.5) mindestens rechtsseitig als **mittel** zu bezeichnen.

Die Verhältnisse im eigentlichen Vorfluter der ARA Sensetal (kleiner Seitenbach der Saane) werden durch die Einleitung der gereinigten Abwässer massiv beeinträchtigt. Dies zeigte ein Augenschein an der Austrittsstelle des ARA-Abwassers, wo dichte Ciliatenrasen festgestellt werden konnten (siehe Abbildung in der "Dokumentation der Untersuchungsstellen").

4.2.4 Charakterisierung der Kieselalgengemeinschaften

Tabelle 9 vermittelt einen Überblick über die Haupt- (relative Häufigkeit, $rH > 10\%$) und Begleitarten ($rH \geq 5\%$ und $\leq 10\%$) der Gemeinschaften der Kieselalgen. Die häufigsten Kieselalgenarten ($rH \geq 10\%$) sind mit Lichtmikroskop-Videoprints dokumentiert (Anhang D). Damit besteht jederzeit die Möglichkeit, Artbestimmungen zu kontrollieren. Dies dürfte zu einem späteren Zeitpunkt von Bedeutung sein, wenn die vorliegende Untersuchung zur Beurteilung allfälliger Veränderungen herangezogen wird. Dauerpräparate der Kieselalgenproben sind im kantonalen Boden- und Gewässerschutzlabor hinterlegt.

In Tabelle B.2 in Anhang B sind die Kieselalgenarten und deren prozentuale Häufigkeiten für die Untersuchungsstellen in der Sense, im Schwarzwasser und in der Saane unterhalb von Laupen aufgeführt und entsprechend den vier Kieselalgen-Differentialartengruppen geordnet.

Sense

An den vier Untersuchungsstellen in der Sense wurden insgesamt 37 Taxa ermittelt. Die Taxazahlen bewegten sich zwischen 29 für die Stelle bSE1 und 22 für die Stelle bSE3.

Die Kieselalgengemeinschaften aller untersuchten Stellen wurden durch das häufige Auftreten der beiden Arten *Gomphonema olivaceum* und *Diatoma moniliformis* geprägt, beides Arten, welche auch unter eutrophen Verhältnissen vorkommen. Das starke Vorkommen der zwei Arten weist daher auf ausreichende Nährstoffverhältnisse hin, und dies bereits an den obersten Untersuchungsstellen. Die markanteste Änderung (jedoch keine dramatische) in der Zusammensetzung der Artengemeinschaft ergab sich zwischen den Stellen bSE1 (in der Kalten Sense) und bSE2: Deutliche Abnahme der relativen Häufigkeit von *Nitzschia dissipata* und der für Gebirgsbäche typischen *Fragilaria arcus* var. *arcus* sowie Zu-

Tab. 9. Zusammenstellung über die Kieselalpengemeinschaften an den Untersuchungsstellen in der Sense, dem Schwarzwasser und der Saane unterhalb von Laupen. Angaben zu den Probenahmestellen und zum Untersuchungsdatum siehe Tab. 1.

üs = übersensible Art, s = sensible Art, wt = weniger tolerante Art, t = tolerante Art, rH = relative Häufigkeit.

Untersuchungsstelle	Artenzahl	Hauptarten (rH > 10%)	Begleitarten (5% ≤ rH ≤ 10%)	Total rH der Haupt- und Begleitarten
Kalte Sense bSE1	29	<i>Diatoma moniliformis</i> (s): 37% <i>Gomphonema olivaceum</i> (s): 15%	<i>Nitzschia dissipata</i> (s): 7% <i>Fragilaria arcus</i> var. <i>arcus</i> (s): 6%	65%
Sense bSE2	27	<i>Gomphonema olivaceum</i> (s): 43% <i>Diatoma moniliformis</i> (s): 36%		79%
Sense bSE3	22	<i>Gomphonema olivaceum</i> (s): 39% <i>Diatoma moniliformis</i> (s): 37%		76%
Sense bSE4	26	<i>Gomphonema olivaceum</i> (s): 35% <i>Diatoma moniliformis</i> (s): 32%	<i>Nitzschia dissipata</i> (s): 9%	76%
Schwarzwasser bSW1	29	<i>Gomphonema micropus</i> (üs): 24% <i>Diatoma moniliformis</i> (s): 23% <i>Gomphonema olivaceum</i> (s): 23%		70%
Schwarzwasser bSW2	23	<i>Gomphonema olivaceum</i> (s): 44% <i>Diatoma moniliformis</i> (s): 18%	<i>Achnanthes minutissima</i> var. <i>minutissima</i> (s): 7% <i>Gomphonema tergestinum</i> (s): 6%	66%
Gambach (Zufluss zum Schwarzwasser)	23	<i>Gomphonema olivaceum</i> (s): 24% <i>Achnanthes biasolettiana</i> (üs): 17% <i>Navicula atomus</i> (t): 16%	<i>Nitzschia dissipata</i> (s): 8% <i>Navicula saprophila</i> (t): 8%	57%
Schwarzwasser bSW2 UNTEN (unterhalb Mündung Gambach)	26	<i>Gomphonema olivaceum</i> (s): 54% <i>Diatoma moniliformis</i> (s): 15% <i>Surirella brebissonii</i> (wt): 10%		79%
Schwarzwasser bSW3	22	<i>Gomphonema olivaceum</i> (s): 30% <i>Diatoma moniliformis</i> (s): 50%	<i>Gomphonema tergestinum</i> (s): 5%	85%
Saane ARA Sensetal oben	34	<i>Achnanthes minutissima</i> var. <i>minutissima</i> (s): 19% <i>Navicula tripunctata</i> (s): 14% <i>Nitzschia dissipata</i> (s): 12%	<i>Gomphonema olivaceum</i> (s): 5% <i>Navicula cryptotenella</i> (s): 7% <i>Rhoicosphenia abbreviata</i> (s): 8% <i>Diatoma moniliformis</i> (s): 5% <i>Fragilaria capucia</i> var. <i>vaucheriae</i> (wt): 8%	78%
Saane ARA Sensetal unten	33	<i>Gomphonema olivaceum</i> (s): 26% <i>Fragilaria capucia</i> var. <i>vaucheriae</i> (wt): 15% <i>Diatoma moniliformis</i> (s): 12%	<i>Navicula tripunctata</i> (s): 6% <i>Achnanthes minutissima</i> var. <i>minutissima</i> (s): 5%	64%
Saane bSA4 links	29	<i>Gomphonema olivaceum</i> (s): 31% <i>Diatoma moniliformis</i> (s): 11%	<i>Achnanthes minutissima</i> var. <i>minutissima</i> (s): 9% <i>Gomphonema tergestinum</i> (s): 7% <i>Navicula tripunctata</i> (s): 6%	64%
Saane bSA4 rechts	33	<i>Navicula tripunctata</i> (s): 19% <i>Diatoma moniliformis</i> (s): 17% <i>Gomphonema olivaceum</i> (s): 11%	<i>Navicula cryptotenella</i> (s): 9% <i>Rhoicosphenia abbreviata</i> (s): 8% <i>Achnanthes minutissima</i> var. <i>minutissima</i> (s): 7% <i>Fragilaria capucia</i> var. <i>vaucheriae</i> (wt): 6%	77%

nahme von *Gomphonema olivaceum*. Dies hängt vermutlich mit den insbesondere bezüglich der chemischen Bedingungen veränderten Verhältnisse an der Stelle bSE2 unterhalb des Zusammenflusses von Kalter und Warmer Sense zusammen.

Schwarzwasser

Im Schwarzwasser wurden Kieselalgen-Untersuchungen an den drei Stellen bSW1, bSW2 und bSW3 durchgeführt. Ausserdem erfolgten Untersuchungen im Gambach, einem Zufluss des Schwarzwassers, welcher unmittelbar bei der Stelle bSW2 mündet sowie im Schwarzwasser (bSW2 UNTEN) ca. 200 m unterhalb der Mündung des Gambaches. Diese zusätzlichen Erhebungen dienten zur Abschätzung der Beeinflussung des Schwarzwassers durch den Gambach.

Insgesamt wurden im Schwarzwasser 43 Taxa festgestellt. Ähnlich wie in der Sense traten *Gomphonema olivaceum* sowie *Diatoma moniliformis* an jeder Untersuchungsstelle im Schwarzwasser als Hauptarten in Erscheinung. An der Stelle bSW1 kam als weitere Hauptart die gegenüber organischer Belastung übersensibel reagierende Kieselalge *Gomphonema micropus* vor, und unterhalb der Gambach-Mündung an der Stelle bSW2 UNTEN erreichte *Surirella brebissonii*, welche organische Belastung bis zu einem gewissen Grad toleriert, ebenfalls mehr als 10% relative Häufigkeit. Im ersten Fall (bSW1) deutet dies auf eine bessere Wasserqualität als an den übrigen Untersuchungsstellen hin, im zweiten Fall (bSW2 UNTEN) wird eine Belastung angezeigt. Diese rührt vom Gambach her, welcher vermutlich eine leichte organische Belastung durch die Weiler Gambach und Rüscheegg-Graben erfährt (siehe auch Kap. 4.4.2).

Die Kieselalgengemeinschaft des Gambachs unterscheidet sich recht deutlich von jenen im Schwarzwasser. Von den hier gefundenen Hauptarten *Gomphonema olivaceum*, *Achnanthes biasoletiana* und *Navicula atomus* wurde beispielsweise lediglich die erstgenannte auch im Schwarzwasser als Hauptart festgestellt.

Saane unterhalb von Laupen

An den vier Untersuchungsstellen in der Saane wurden insgesamt 51 Taxa ermittelt. Generell stellten wir in der Regel eine etwas höhere Artenzahl innerhalb der gezählten Individuen fest als in der Sense und im Schwarzwasser. Dies erklärt sich mit dem Zusammenfluss zweier Gewässer - Sense und Saane - mit unterschiedlichen Kieselalgengemeinschaften. Möglicherweise deutet die leicht erhöhte Artenvielfalt aber auch auf bessere Nährstoffverhältnisse hin, welche einer grösseren Anzahl Kieselalgen die Existenz erlaubt als es Extrembedingungen wie Nährstoffmangel oder -überfluss tun.

Wie in der Sense und im Schwarzwasser traten die dort häufig vorkommenden Arten *Gomphonema olivaceum* und *Diatoma moniliformis* mit Ausnahme der Stelle ARA Sensetal oben als Hauptarten in Erscheinung. Neu wurden daneben *Navicula tripunctata*, *Nitzschia dissipata* und *Fragilaria capucina* var. *vaucheriae* als Hauptarten sowie einige weitere Kieselalgen als Begleitarten identifiziert. Die Einleitung der Abwässer aus der ARA Sensetal hatte mit Ausnahme der Veränderung des relativen Anteils der Haupt- und Begleitarten geringe Auswirkungen auf die Kieselalgengemeinschaft in der Saane.

4.3 Wasserwirbellose

Die Liste der erfassten Taxa mit ihren absoluten und relativen Häufigkeiten (rH) sowie den saprobiellen Valenzen befindet sich in Anhang B (Tab. B.3 und B.4). In den Abbildungen 5 und 6 sind die Gesamtindividuumdichten bzw. die Individuumdichten sowie die relativen Häufigkeiten der quantitativ wichtigsten Artengruppen an den einzelnen Untersuchungsstellen aufgeführt. Tabelle 10 gibt einen Überblick über die Verhältnisse bezüglich der Wasserwirbellosen in den untersuchten Fließgewässern.

4.3.1 Bedeutendste Gruppen der Wasserwirbellosen

Wenigborster (Oligochaeten): Der bevorzugte Lebensraum der Wenigborster ist feinkörniges und organisch angereichertes Substrat. Sie kommen auch in Algenwatten oder Moosrasen vor, falls sich dort organische Partikel angesammelt haben. Die Besiedlung hängt unter anderem mit der Mobilität des Substrates zusammen. Stabile Sedimentverhältnisse ermöglichen eine höhere Organismendichte als instabile.

In den untersuchten Gewässern wurden Wenigborster lediglich in der Saane an der Stelle bSA4 in erwähnenswerter Dichte (Max. 39 Ind./0.1 m²) jedoch nur mit 1% relativer Häufigkeit festgestellt. Es handelte sich dabei um Naididae, welche bevorzugt in β bis α -mesosaprobien Zonen auftreten.

Bachflohkrebse (Gammaridae): Die beiden vorkommenden *Gammarus*-Arten, *Gammarus fossarum* und *Gammarus pulex* bewohnen kalkreiche Gewässer und ernähren sich von Fallaub, abgestorbenen Pflanzenteilen und verwesenden Wasserwirbellosen. Gegenüber organischer Verschmutzung reagiert *Gammarus fossarum* empfindlicher als *Gammarus pulex* (Brehm & Meijering 1990). Ihren Vorkommensschwerpunkt weisen beide Arten im β -mesosaprobien Bereich auf.

Von den Untersuchungsstellen wurden in grösserer Zahl lediglich die Stellen bSA4 links und rechts von Bachflohkrebsen besiedelt (418 bzw. 783 Ind./0.1 m²). Dabei dominierte klar *Gammarus fossarum*. Die relativen Häufigkeiten betrugen 26 und 23%.

Eintagsfliegen (Ephemeroptera): Die Eintagsfliegenlarven bewohnen habitats- wie wasserqualitätsmässig ein breites Spektrum an Gewässertypen.

Es wurden Vertreter von fünf Familien bestimmt: Ephemerellidae, Caenidae, Heptageniidae, Baetidae und Ephemeridae bestimmt. An einzelnen Stellen quantitativ bedeutsam waren *Rhithrogena semicolorata* und *Rhithrogena hybrida*, welche beide bevorzugt in oligosaprobien Fließgewässern vorkommen, die weit verbreitete und hauptsächlich im β -mesosaprobien Bereich auftretende *Baëtis rhodani* sowie *Baëtis alpinus*, die ihren Verbreitungsschwerpunkt in oligo- und β -mesosaprobien Gewässern hat. Eintagsfliegen wurden an jeder Untersuchungsstelle in Dichten zwischen 10 und 202 Ind./0.1 m² gefunden, wobei lediglich Heptageniidae und Baetidae in allen drei Gewässern auftraten. Der relative Anteil an der Gesamtindividuumdichte der Wasserwirbellosen betrug für die Sense zwischen 12 und 37%, im Schwarzwasser zwischen 33 und 39% und in der Saane zwischen 4 und 6%.

Steinfliegen (Plecoptera): Die überwiegende Zahl der Steinfliegenlarven lebt in schnellfliessenden, kalttemperierten Bächen mit steinigem Grund. Die meisten Plecopterenarten kommen in Gebirgs- und in Bergbächen vor. Einer der wichtigsten Verbreitungsfaktoren stellt dabei nach Ansicht vieler Autoren die Temperatur ihrer Wohngewässer dar. Bevorzugt werden Fliessgewässer, deren jährliche Temperaturamplitude die 15°C-Spanne nicht oder nur wenig übersteigt. Die Mehrzahl der Steinfliegenlarven reagieren gegenüber organischer Verschmutzung sehr sensibel. Ihren Verbreitungsschwerpunkt haben sie hauptsächlich im oligosaprobien Bereich, sie können aber teilweise bis in die β -mesosaprobe Zone hinein vorkommen.

In den untersuchten Gewässern wurden Vertreter von fünf Familien gefunden: Taeniopterygidae, Nemouridae, Leuctridae, Perlidae und Perlodidae. In der Sense und im Schwarzwasser erreichten die Steinfliegen relative Häufigkeiten zwischen 17 und 54% bzw. 43 und 54%, wogegen sie in der Saane lediglich vereinzelt zu verzeichnen waren. Die grösste Individuendichte wurde in der Sense an der Stelle bSE3 mit 196 Ind./0.1m² festgestellt. Die Gattung *Leuctra* wies mit Ausnahme der Untersuchungsstellen in der Saane die deutlich höchsten Individuendichten innerhalb der Steinfliegen auf. Sie stellt eine Charakterform geröllführender Bäche mit instabiler Sohle dar (Braukmann 1987). Aufgrund ihrer langgestreckten, schlanken Gestalt sind die Larven von *Leuctra* hervorragend an ein Leben im Kies- und Grobsandlückensystem angepasst und können sich bei einsetzender Geschiebeführung während Hochwassern rasch in tiefergelegene Bereiche des Interstitials zurückziehen, wo sie selbst intensive Umgestaltungen der Bachsohle im Vergleich zu anderen Lebensformen relativ unbeschadet überstehen (Braukmann 1987). Neben *Leuctra* waren quantitativ *Amphinemura sulcicollis/triangularis* und *Isoperla grammatica* von Bedeutung.

Köcherfliegen (Trichoptera): Die Köcherfliegenlarven können grob in köchertragende und köcherlose Arten unterteilt werden. Erstere sind im allgemeinen gegenüber organischer Verschmutzung recht sensibel und kommen im oligo- bis β -mesosaprobien Bereich vor, die köcherlosen Köcherfliegen treten vorwiegend unter β -mesosaprobien Verhältnissen in Erscheinung.

An den Untersuchungsstellen in der Sense und im Schwarzwasser erreichten die Köcherfliegen im Vergleich mit der Saane an der Stelle bSA4 geringe Individuendichten (maximal 44 bzw. 19 Ind./0.1m² gegenüber maximal 457 Ind./0.1m²). Bezüglich der relativen Häufigkeit betrug das Maximum in allen drei Gewässern zwischen 11 und 16%. Quantitativ die grösste Bedeutung wies die köcherlose Köcherfliege *Hydropsyche instabilis* auf. Sie sammelt im Wasser suspendierte Partikel mit einem selbstgebauten tütenförmigen Netz und kommt bevorzugt in Seeausflüssen aber auch unterhalb von Kläranlageneinläufen vor, wenn dort die organische Belastung nicht übermässig ist.

Zuckmücken (Chironomidae): Die Zuckmücken, zu den Zweiflüglern (Diptera) gehörend, waren fast ausschliesslich durch die Orthocladiinae (Familie der Chironominae) vertreten. Gemäss Angaben aus der Literatur (Braukmann 1987) vermeiden Orthocladiinae in der Regel stark verschmutzte Bereiche, gehören im allgemeinen der strömungsliebenden Steinfaua an und zählen zu den Erstbesiedlern nach Hochwassern.

Die deutlich grössten Individuendichten und höchsten relativen Häufigkeiten wurden in der Saane an der Stelle bSA4 festgestellt: links 826 Ind./0.1m², 52% relative Häufigkeit, rechts 1704 Ind./0.1m², 50% relative Häufigkeit. In der Sense wiesen die Zweiflügler im Vergleich mit den anderen Artengruppen mitt-

lere relative Anteile auf, und im Schwarzwasser waren sie nur vereinzelt vorhanden.

Kriebelmücken (Simuliidae): Die Kriebelmückenlarven (ebenfalls zu den Zweiflüglern gehörend) leben ausschliesslich in fliessenden Gewässern. Sie besiedeln blanke Steinoberflächen oder Pflanzenteile und gehören ebenso wie die Zuckmücken zu den Erstbesiedlern. Mit ihren fächerartigen Gebilden an den Mundwerkzeugen filtrieren die Larven Nahrung, u.a. Algenzellen und Detritus aus dem strömenden Wasser.

In den untersuchten Gewässern waren Kriebelmücken lediglich an den Untersuchungsstellen in der Sense von Bedeutung. Hier erreichten sie relative Häufigkeiten zwischen 16 und 30% und eine maximale Individuendichte von 97 Ind./0.1m².

4.3.2 Charakterisierung der Gemeinschaften der Wasserwirbellosen

Sense

Die Gesamtindividuendichte der Gemeinschaft der Wasserwirbellosen in der Sense war mit einem Maximum von 525 Ind./0.1 m² an der Stelle bSE3 im Vergleich mit Mittelland-Fliessgewässern gering. Dies steht in Zusammenhang mit häufigen Sohlenbewegungen als Folge von Hochwassern (Drift und Zerstörung von Organismen) und vermutlich in geringerem Masse in Zusammenhang mit einer kleineren Produktion (Algenbiomasse) im Gewässer. Die Gesamtindividuendichte nahm flussabwärts von der Stelle bSE1 bis zur Stelle bSE3 zu und wies an der Stelle bSE4 wiederum einen etwas geringeren Wert auf.

Die Gemeinschaft der Wasserwirbellosen wurde durch das häufige und z.T. dominante Vorkommen der Steinfliegen und der Eintagsfliegen geprägt. Die Eintagsfliegen waren hauptsächlich durch die für Bergbäche typischen Arten *Rhithrogena semicolorata* und *Rhithrogena hybrida* vertreten.

An der Stelle bSE1 dominierten zwar die Zweiflügler (hauptsächlich Orthocladiinae (Zuckmücken) und Simuliidae (Kriebelmücken)). Daneben erreichten aber Eintagsfliegen und Steinfliegen relative Anteile von je 17%.

An der Stelle bSE2 herrschten mit 53% relativer Häufigkeit die Steinfliegen vor (v.a. *Leuctra ssp.*). Sie hatten auch bezüglich der Individuendichte im Vergleich zur Stelle bSE1 stark zugenommen. Dagegen hatte sich der Anteil der Zweiflügler verkleinert. Sie traten wie die Eintagsfliegen mit 23% relativer Häufigkeit auf.

Die Stelle bSE3 zeichnete sich gegenüber den anderen Untersuchungsstellen durch die grossen Individuendichten der Steinfliegen und der Eintagsfliegen aus. Bezüglich des prozentualen Anteiles wiesen die Steinfliegen einen etwas geringeren Wert auf als an der Stelle bSE2, und erreichten mit 37% eine ebenso grosse relative Häufigkeit wie die Eintagsfliegen.

An der Stelle bSE4 traten wie bei bSE1 die Zweiflügler etwas stärker in Erscheinung. Zudem wiesen die Köcherfliegen als Folge des vergleichsweise häufigen Vorkommens von *Hydropsyche instabilis* eine relative Häufigkeit von 16% auf. Steinfliegen und Eintagsfliegen hatten etwas an Bedeutung eingebüsst, was zusammen mit der Zunahme der Zweiflügler vermutlich als leichte Verschlechterung der Wasserqualität gegenüber der Stelle bSE3 gewertet werden kann.

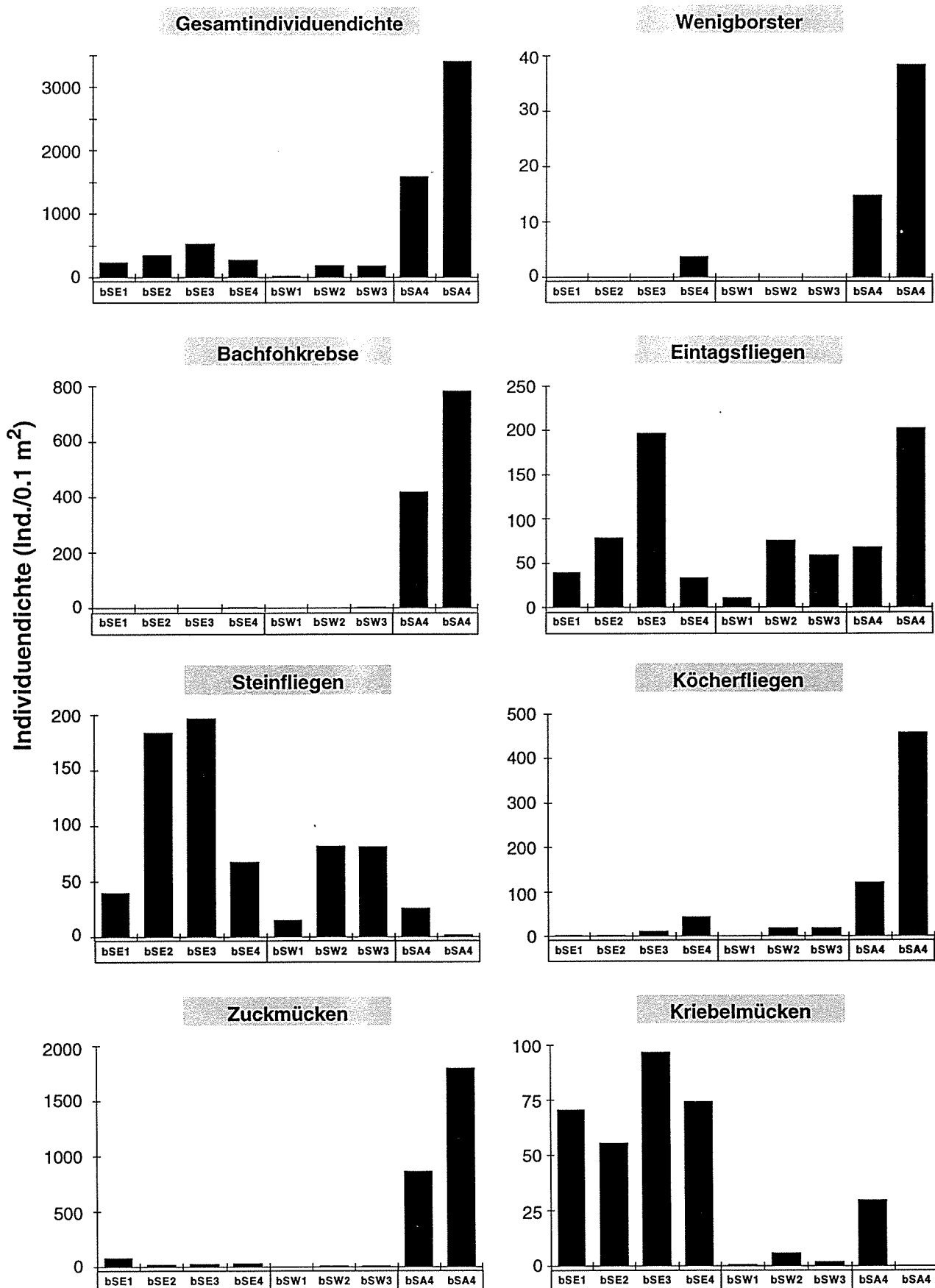


Abb. 5. Individuendichten der quantitativ bedeutendsten Gruppen der Wasserwirbellosen an den Untersuchungsstellen in der Sense (bSE), dem Schwarzwasser (bSW) und der Saane unterhalb von Laupen (bSA). Angaben zu den Probenahmestellen und zum Untersuchungsdatum siehe Tab. 1.

Noël & Fasel (1985), welche die Sense 1982 untersuchten, fanden an mit unseren vergleichbaren Probenahmestellen hauptsächlich von Eintagsfliegen dominierte Wasserwirbellosen-Gemeinschaften (*Baëtis*, *Rhithrogena* und *Ecdyonurus*, keine Artangaben). Aufgrund der fehlenden Angabe der genauen Probenahmedaten können die beiden Erhebungen jedoch nicht weitergehend verglichen werden. Immerhin darf davon ausgegangen werden, dass in der Zwischenzeit keine markanten Veränderungen stattgefunden haben.

Schwarzwasser

Die Gesamtindividuumdichten an den drei Untersuchungsstellen sind mit einem Maximum an der Stelle bSW2 von 192 Ind./0.1 m² als sehr gering zu bezeichnen, was im Vergleich mit den Verhältnissen in der Sense auf noch häufigere Sohlenumlagerungen hindeutet.

Noch stärker als in der Sense dominierten die Steinfliegen und die Eintagsfliegen die Gemeinschaft der Wasserwirbellosen.

An der Stelle bSW1 traten fast ausschliesslich Vertreter dieser beiden Artengruppen in Erscheinung (Steinfliegen 54%, Eintagsfliegen 37% relative Häufigkeit). Dagegen erreichten die Köcherfliegen

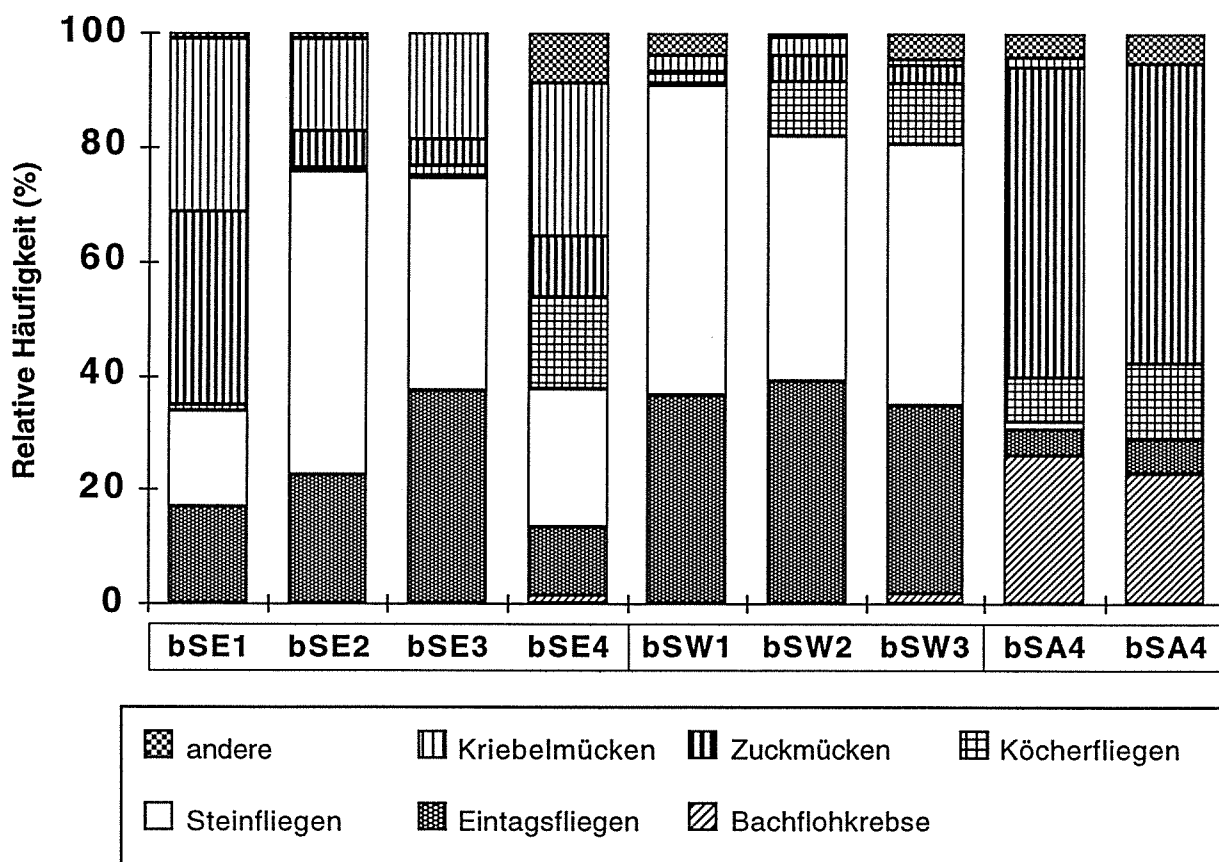


Abb. 6. Relative Häufigkeiten der häufigsten Gruppen der Wasserwirbellosen an den Untersuchungsstellen in der Sense (bSE), im Schwarzwasser (bSW) und in der Saane unterhalb von Laupen (bSA). Angaben zu den Probenahmestellen und zum Untersuchungsdatum siehe Tab. 1.

Tab. 10. Zusammenstellung über die Gemeinschaften der Wasserwirbellosen an den Untersuchungsstellen in der Sense, dem Schwarzwasser und der Saane unterhalb von Laupen. Angaben zu den Probenahmestellen und zum Untersuchungsdatum siehe Tab. 1. rH = relative Häufigkeit. B = Bachflohkrebse, E = Eintagsfliegen, K = Köcherfliegen, S = Steinfliegen, Z = Zweiflügler.

Untersuchungsstelle	Taxa-zahl	Gesamtindividuellendichte (Ind./ 0.1 m ²)	bedeutendste Artengruppen (rH > 10%)	bedeutendste Taxa (rH > 5%)	Bemerkungen
Kalte Sense bSE1	17	233	Zweiflügler 65% Eintagsfliegen: 17% Steinfliegen: 17%	Orthocladinae (Z): 34% Simuliidae (Z): 30% <i>Baëtis alpinus</i> (E): 15% <i>Rhabdiopteryx alpina</i> (S): 7% <i>Leuctra ssp.</i> (S): 6%	Sehr geringe Gesamtindividuellendichte. Dominanz der Zweiflügler.
Sense bSE2	18	346	Steinfliegen: 53% Zweiflügler: 23% Eintagsfliegen: 23%	<i>Leuctra ssp.</i> (S): 42% <i>Amphinemura sulcicollis/ triangularis</i> (S): 6% Simuliidae (Z): 16% Orthocladinae (Z): 6% <i>Rhithrogena semicolorata</i> (E): 15%	Geringe Gesamtindividuellendichte. Dominanz der Steinfliegen und häufiges Vorkommen der Eintagsfliegen. Zweiflügler im Vergleich mit bSE1 zurückgegangen.
Sense bSE3	19	525	Steinfliegen: 37% Eintagsfliegen: 37% Zweiflügler: 23%	<i>Leuctra ssp.</i> (S): 27% <i>Isoperla grammatica</i> (S): 7% <i>Rhithrogena semicolorata</i> (E): 32% Simuliidae (Z): 18%	Geringe Gesamtindividuellendichte. Vorherrschen der Steinfliegen und der Eintagsfliegen. Zweiflügler in ähnlicher Dichte vorhanden wie bei bSE2.
Sense bSE4	29	277	Zweiflügler 40% Steinfliegen: 24% Köcherfliegen: 16% Eintagsfliegen: 12%	Simuliidae (Z): 27% Orthocladinae (Z): 11% <i>Leuctra ssp.</i> (S): 11% <i>Isoperla grammatica</i> (S): 8% <i>Amphinemura sulcicollis/ triangularis</i> (S): 5% <i>Hydropsyche instabilis</i> (K): 15% <i>Rhithrogena hybrida</i> (E): 10%	Sehr geringe Gesamtindividuellendichte. Vorherrschen der Zweiflügler. Steinfliegen und Eintagsfliegen im Vergleich mit bSE3 weniger von Bedeutung. Auftreten der netzbauenden Köcherfliege <i>Hydropsyche instabilis</i> . Vergleichsweise hohe Taxazahl.
Schwarzwasser bSW1	13	28	Steinfliegen: 54% Eintagsfliegen: 37%	<i>Nemoura sp.</i> (S): 32% <i>Leuctra ssp.</i> (S): 9% <i>Brachyptera risi</i> (S): 8% <i>Amphinemura sulcicollis/ triangularis</i> (S): 5% <i>Rhithrogena savoiensis</i> (E): 22% <i>Rhithrogena hybrida</i> (E): 9%	Äusserst geringe Gesamtindividuellendichte. Dominanz der Steinfliegen und der Eintagsfliegen.
Schwarzwasser bSW2	18	192	Steinfliegen: 43% Eintagsfliegen: 39% Köcherfliegen: 10%	<i>Leuctra ssp.</i> (S): 25% <i>Isoperla grammatica</i> (S): 13% <i>Rhithrogena semicolorata</i> (E): 25% <i>Baëtis rhodani</i> (E): 8% <i>Hydropsyche instabilis</i> (K): 8%	Sehr geringe Gesamtindividuellendichte. Vorherrschen der Steinfliegen und der Eintagsfliegen. Auftreten der netzbauenden Köcherfliege <i>Hydropsyche instabilis</i> .
Schwarzwasser bSW3	27	177	Steinfliegen: 46% Eintagsfliegen: 33% Köcherfliegen: 11%	<i>Leuctra ssp.</i> (S): 19% <i>Isoperla grammatica</i> (S): 18% <i>Amphinemura sulcicollis/ triangularis</i> (S): 8% <i>Rhithrogena semicolorata</i> (E): 20% <i>Baëtis rhodani</i> (E): 5% <i>Hydropsyche instabilis</i> (K): 9%	Sehr geringe Gesamtindividuellendichte. Wenig Veränderung gegenüber bSW2.
Saane bSA4 links	29	1592	Zweiflügler: 59% Bachflohkrebse: 26%	Orthocladinae (Z): 52% <i>Gammarus fossarum</i> (B): 26%	Mittlere Gesamtindividuellendichte. Dominanz der Zweiflügler. Vergleichsweise grosse Taxazahl. Ähnliche Verhältnisse wie rechts.
Saane bSA4 rechts	28	3414	Zweiflügler: 55% Bachflohkrebse: 23% Köcherfliegen: 13%	Orthocladinae (Z): 50% <i>Gammarus fossarum</i> (B): 22% <i>Hydropsyche instabilis</i> (K): 8% <i>Baëtis rhodani</i> (E): 5%	Mittlere Gesamtindividuellendichte. Dominanz der Zweiflügler. Vergleichsweise grosse Taxazahl. Ähnliche Verhältnisse wie links.

(*Hydropsyche instabilis*) an den Stellen bSW2 und bSW3 neben den auch dort dominanten Steinfliegen und Eintagsfliegen relative Häufigkeiten von 10 bzw. 11%.

Noël & Fasel (1985) untersuchten das Schwarzwasser unmittelbar vor der Mündung in die Sense. Auch hier stellten sie eine von Eintagsfliegen geprägte Artengemeinschaft fest. Bezüglich der Vergleichbarkeit der beiden Erhebungen gilt das oben erwähnte.

Saane unterhalb von Laupen

Die Wasserwirbellosen wurden lediglich an den Stellen bSA4 links und rechts untersucht. Die Gesamtindividuumdichte der Wasserwirbellosen war mit 1592 (links) bzw. 3414 Ind./0.1 m² (rechts) deutlich grösser als in den beiden besprochenen Gewässern. Dies erklärt sich mit den stabileren Sohlenverhältnissen und der grösseren Produktion in der Saane. Der Unterschied zwischen den beiden Flusseiten darf wohl auf die links etwas höhere Fliessgeschwindigkeit (leichter Prallhang) zurückgeführt werden, was vor allem beim Ablassen von Schwällen (Kraftwerksbetrieb) eine stärkere Drift der Organismen als rechtsseitig zur Folge haben dürfte.

Auch bezüglich der Artenzusammensetzung unterschieden sich die Gemeinschaften der Wasserwirbellosen in der Saane von jenen in der Sense und im Schwarzwasser. Waren Sense und Schwarzwasser hauptsächlich von Bergbacharten geprägt, so zeigte sich in der Saane die typische Gemeinschaft eines Mittelland-Fliessgewässers. Es dominierten die Zweiflügler (v.a. Zuckmücken). Daneben kamen Bachflohkrebse (v.a. *Gammarus fossarum*), für welche die vorhandene Wassermoos-Vegetation ein ideales Mikrohabitat darstellt, und Köcherfliegen mit grösseren relativen Häufigkeiten an der Gesamtindividuumdichte der Gemeinschaft der Wasserwirbellosen vor. Typischerweise handelte es sich bei den Köcherfliegen zur Hauptsache um die filtrierende, netzbauende *Hydropsyche instabilis*, welche unterhalb des Schiffenensees sowie unterhalb der ARA Sensetal geeignete Lebensbedingungen vorfand (siehe Erläuterungen Kap. 4.3.1). Die beiden Flusseiten wiesen sehr ähnliche Artengemeinschaften auf.

4.4 Beurteilung der Gewässergüte

Im folgenden werden die Resultate der Gewässergütebestimmungen mit den Kieselalgen und den Wasserwirbellosen dargestellt und erläutert. In Abbildung 7 sind die Ergebnisse der Kieselalgen-Differentialartenanalyse nach Lange-Bertalot und in Abbildung 8 die Saprobieindizes zusammen mit den indizierten Gewässergüten sowie den saprobiellen Valenzen der Gemeinschaft der Wasserwirbellosen an den einzelnen Untersuchungsstellen aufgeführt. Die Beschreibung der Gewässergütestufen I bis IV ist aus Tabelle 2 zu entnehmen. Tabelle 11 gibt einen Überblick über die saprobiologischen Verhältnisse in den untersuchten Fliessgewässern.

4.4.1 Gewässergüte in der Sense

Prinzip der Kieselalgen-Differentialartengruppen

Die Kieselalgen waren an allen Stellen in der Sense zur Hauptsache von gegenüber organischer Belastung sensibel reagierenden Arten vertreten und zeigten damit die Gewässergüte II an (mässige organische Belastung). Der sehr geringe Anteil an übersensiblen Arten und damit das Fehlen einer besseren Gewässergüte selbst an der obersten Stelle bSE1 ist neben dem Eintrag wachstumsfördernder Stoffe aus der Landwirtschaft auf die Einleitung der gereinigten Abwässer aus der Kleinkläranlage Rüschegg-Schwefelbergbad (Vorfluter Gantrisch-Sense) und allenfalls auf häusliche Abwässer zurückzuführen. Die weiter unten liegenden Stellen werden zudem durch gereinigtes Abwasser aus der Kläranlage Sargnaboden sowie höchstwahrscheinlich auch durch (häusliche?) Abwässer aus den Gebieten Schwarzsee (FR) und Guggisberg beeinflusst.

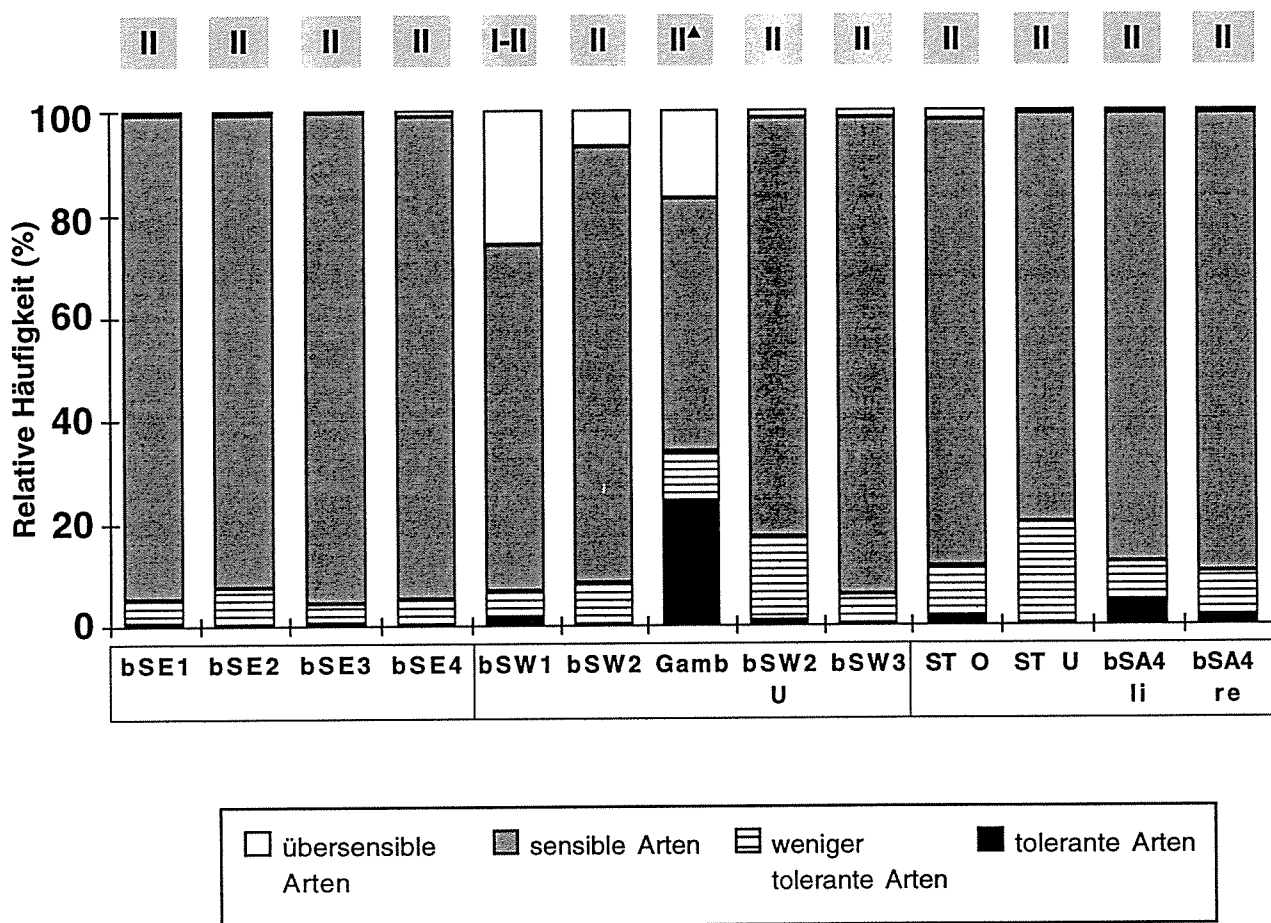


Abb. 7. Relative Häufigkeiten der vier Kieselalgen-Differentialartengruppen und damit angezeigte Gewässergüte an den Untersuchungsstellen in der Sense (bSE), im Schwarzwasser (bSW) und in der Saane unterhalb von Laupen (bSA, ST O, ST U). Gamb = Gambach vor der Mündung ins Schwarzwasser, bSW2 U = Schwarzwasser ca. 200 m unterhalb der Mündung des Gambaches, ST O = ARA Sensetal oben, ST U = ARA Sensetal unten, li = links, re = rechts. Angaben zu den Probenahmestellen und zum Untersuchungsdatum siehe Tab. 1.

▲ = siehe Text.

Gewässergütestufen: I = unbelastet bis sehr gering belastet, I - II = gering belastet, II = mässig belastet, II - III = kritisch belastet, III = stark verschmutzt, III - IV = sehr stark verschmutzt, IV = übermässig verschmutzt.

Saprobieindex der Wasserwirbellosen

Die Wasserwirbellosen indizierten für alle Untersuchungsstellen eine bessere Gewässergüte als die Kieselalgen. Dies steht einmal in Zusammenhang mit den intakten Verhältnissen bezüglich der Gewässer-
sohle und des Gewässerbettes. Zudem haben unter den hier herrschenden guten Sauerstoffbedingun-
gen und verhältnismässig tiefen Temperaturen "Gutwasserzeiger" wie die Steinfliegen ihren Verbrei-
tungsschwerpunkt. Weiter ist zu erwähnen, dass die Kieselalgen im Gegensatz zu den Wasserwirbello-
sen auf bereits leicht erhöhte Nährstoffgehalte mit einer Verschiebung der Artenzusammensetzung rea-
gieren.

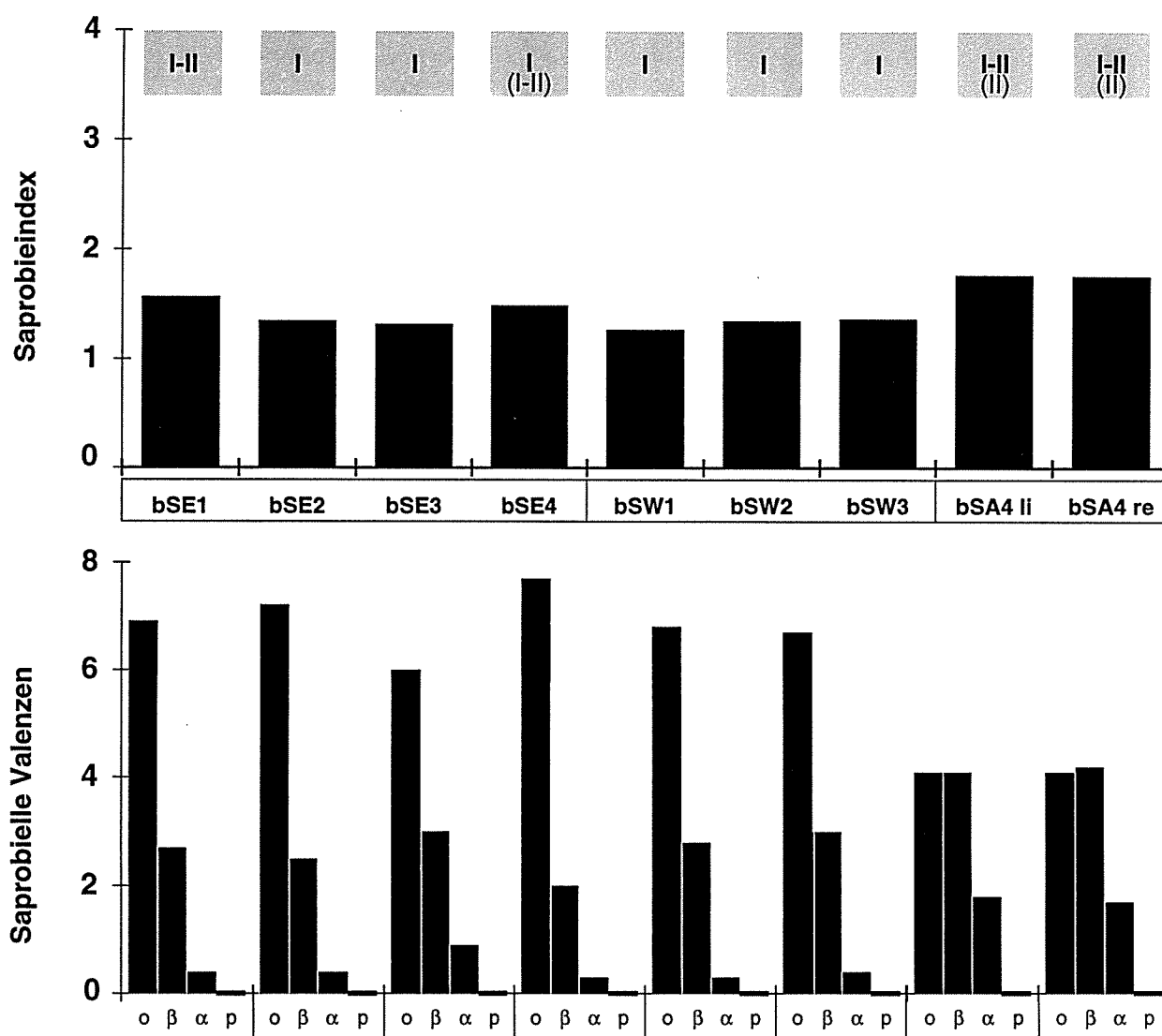


Abb. 8. Oben: Saprobieindex und angezeigte Gewässergüte an den Untersuchungsstellen in der Sense (bSE), im Schwarzwasser (bSW) und in der Saane unterhalb von Laupen (bSA). Unten: Saprobielle Valenzen der Gemeinschaft der Wasserwirbellosen. Angaben zu den Probenahmestellen und zum Untersuchungsdatum siehe Tab. 1.

Gewässergütestufen: I = unbelastet bis sehr gering belastet, I - II = gering belastet, II = mässig belastet, II - III = kritisch belastet, III = stark verschmutzt, III - IV = sehr stark verschmutzt, IV = übermässig verschmutzt. o, β, α, p = saprobielle Valenzen der Saprobitätsstufen oligosaprob, β-mesosaprob, α-mesosaprob und polysaprob. In Klammern gesetzte Werte weisen auf den Übergangsbereich zur entsprechenden Gewässergütestufe hin.

Mit Ausnahme der Stelle bSE1 (Gewässergüte I-II, geringe Belastung) wurde an allen Untersuchungsstellen die Gewässergüte I (unbelastet) ermittelt. Die tiefsten Saprobiewerte ergaben sich für die Stellen bSE2 und bSE3 (1.35 bzw. 1.32). Der Saprobiewert an der Stelle bSE4 (1.49) lag im Übergangsbereich zwischen den Gewässergüten I und I-II. Die leichte Zunahme gegenüber den Stellen bSE2 und bSE3 lässt sich allenfalls mit einer geringen Belastung erklären, wobei andere Parameter wie Algenbewuchsdichte oder die Gütebeurteilung mit Kieselalgen diesbezüglich keine Hinweise lieferten. Möglicherweise spielen die geringfügigen Verschlechterungen der ökomorphologischen Verhältnisse ebenfalls eine gewisse Rolle.

Noël & Fasel (1985), welche die Gewässergüte nach der Methode von Verneaux & Tuffery (1967) ermittelten (indice biotique), stellten mit den Wasserwirbellosen für die Sense ähnliche Verhältnisse wie in der vorliegenden Arbeit fest. Der Zustand hat sich demnach in der Zwischenzeit nicht verschlechtert.

4.4.2 Gewässergüte im Schwarzwasser

Prinzip der Kieselalgen-Differentialartengruppen

Wie bereits erwähnt wurden Kieselalgenproben neben den Stellen bSW1, bSW2 und bSW3 im Schwarzwasser auch an einer Stelle im Gambach unmittelbar vor der Mündung ins Schwarzwasser (auf der Höhe der Stelle bSW2) sowie ca. 200 m flussabwärts des Zusammenflusses der beiden Gewässer entnommen.

An der Stelle bSW1 indizierten die Kieselalgen aufgrund des häufigen Vorkommens übersensibler Arten (insbesondere *Gomphonema micropus*) die Gewässergüte I-II (geringe organische Belastung). Flussabwärts trat eine leichte Verschlechterung der Verhältnisse ein, weshalb an der Stelle bSW2 die Gewässergüte II ermittelt wurde. Die übersensiblen Arten hatten stark an Bedeutung verloren. Diese Veränderung steht vermutlich in Zusammenhang mit Einträgen wachstumsfördernder Stoffe aus der Landwirtschaft und allenfalls mit Belastungen ausgehend vom Siedlungsgebiet Heubach.

Die Gewässergüte des Gambachs beurteilten wir trotz Vorkommen der übersensiblen Arten mit einer relativen Häufigkeit von 17% als mässig belastet (Gewässergüte II). Dies deshalb, weil die übersensiblen Arten nur mit der erfahrungsgemäss zu gut eingestuften Art *Achnanthes biasolettiana* vertreten waren. Ausserdem wiesen die toleranten (24%) und weniger toleranten Arten (10%) grössere Anteile an der Kieselalpengemeinschaft auf, weshalb der Gambach trotz gleicher Gewässergütestufe wie an der Stelle bSW2 eine schlechtere Wasserqualität aufwies als das Schwarzwasser. Die Belastung des Gambaches ist wahrscheinlich auf Einträge aus dem Siedlungsgebiet Gambach - Rüschegg-Graben zurückzuführen. Der Einfluss des Gambachs auf das Schwarzwasser, machte sich schliesslich ca. 200 m nach dem Zusammenfluss an der Stelle bSW2 unten bemerkbar. Gegenüber der Stelle bSW2 hatten sich die Verhältnisse leicht verschlechtert; die weniger toleranten Arten hatten etwas an Bedeutung gewonnen, die übersensiblen dagegen etwas eingebüsst.

An der Stelle bSW3 ergaben sich bezüglich der Verteilung der vorkommenden Arten auf die vier Diffe-

rentialarten-Gruppen ähnliche Verhältnisse wie an der Stelle bSW2 unten mit dem Unterschied, dass der Anteil der weniger toleranten Arten wiederum etwas abgenommen hatte. Die Gewässergüte wurde hier ebenfalls mit II (mässige Belastung) angegeben.

Saprobieindex der Wasserwirbellosen

Auch im Schwarzwasser errechneten wir mit den Wasserwirbellosen bessere Gewässergüten als mit den Kieselalgen. Mögliche Gründe hierfür wurden bereits bei der Besprechung der Verhältnisse in der Sense angeführt. An allen Untersuchungsstellen zeigten die Wasserwirbellosen die Gewässergüte I an. Im Vergleich hierzu stellten Noël & Fasel (1985) vor der Mündung in die Sense, also ca. 10 km unterhalb der Stelle bSE3 eine mässige organische Belastung fest.

4.4.3 Gewässergüte in der Saane unterhalb von Laupen

Prinzip der Kieselalgen-Differentialartengruppen

In der Saane wurde bezüglich der Verteilung der Arten auf die vier Differentialarten-Gruppen ähnliche Verhältnisse angetroffen wie in der Sense. Die sensiblen Arten dominierten klar, weshalb an allen Untersuchungsstellen die Gewässergüte II (mässig belastet) resultierte. Der Einfluss des gereinigten Abwassers aus der ARA Sensetal hatte an der Stelle ARA Sensetal unten gegenüber der Stelle oben eine leichte Erhöhung des Anteils der weniger toleranten Kieselalgen zur Folge. An den Stellen bSA4 links und rechts ca. 6 km unterhalb der Kläranlage zeigten sich wiederum ähnliche Verhältnisse wie oberhalb der ARA Sensetal.

Saprobieindex der Wasserwirbellosen

Die Wasserwirbellosen wurden in der Saane unterhalb von Laupen lediglich an den Stellen bSA4 links und rechts untersucht. Die errechneten Saprobieindices für die Gemeinschaften der Wasserwirbellosen lagen mit Werten von 1.77 bzw. 1.76 im Übergangsbereich zwischen den Gewässergüten I-II und II. Sie bestätigen damit die Ergebnisse der Gewässergütebeurteilung mit den Kieselalgen.

Tab. 11. Zusammenstellung über die Gewässergüte an den Untersuchungsstellen an den Untersuchungsstellen in der Sense, im Schwarzwasser und in der Saane unterhalb von Laupen. Angaben zu den Probenahmestellen und zum Untersuchungsdatum siehe Tab. 1.

▲ siehe Text.

Gewässergütestufen: I = unbelastet bis sehr gering belastet, I - II = gering belastet, II = mässig belastet, II - III = kritisch belastet, III = stark verschmutzt, III - IV = sehr stark verschmutzt, IV = übermässig verschmutzt. Gewässergütestufen II - III und schlechter genügen den gesetzlichen Anforderungen nicht. In Klammern gesetzte Werte weisen auf den Übergangsbereich zur entsprechenden Gewässergütestufe hin.

üs = übersensible Arten, s = sensible Arten, wt = weniger tolerante Arten, t = tolerante Arten. Saprobitätsstufen: o = oligosaprob, β = β-mesosaprob, α = α-mesosaprob, p = polysaprob.

Untersuchungsstelle		Gewässergüte-Indikation		Prozentualer Anteil der Kieselalgen-Differentialartengruppen				Saprobie-index	Saprobielle Valenz der Gemeinschaft der Wasserwirbellosen			
		Kieselalgen	Wasserwirbellose	üs	s	wt	t		o	β	α	p
Kalte Sense	bSE1	II	I-II	1	94	4	1	1.57	5.5	3.3	1.2	0.0
Sense	bSE2	II	I	1	92	7	0	1.35	6.9	2.7	0.4	0.0
Sense	bSE3	II	I	0	95	4	0	1.32	7.2	2.5	0.4	0.0
Sense	bSE4	II	I (I-II)	1	94	5	0	1.49	6.0	3.0	0.9	0.0
Schwarzwasser	bSW1	I-II	I	26	67	5	1	1.27	7.7	2.0	0.3	0.0
Schwarzwasser	bSW2	II	I	7	85	8	0	1.35	6.8	2.8	0.3	0.0
Gambach (Zufluss zum Schwarzwasser)		II [▲]	nicht untersucht	17	49	10	24					
Schwarzwasser bSW2 UNTEN (unterhalb Mündung Gambach)		II	nicht untersucht	2	81	16	1					
Schwarzwasser	bSW3	II	I	1	93	6	0	1.37	6.7	3.0	0.4	0.0
Saane	ARA Sensetal oben	II	nicht untersucht	2	87	10	1					
Saane	ARA Sensetal unten	II	nicht untersucht	1	79	20	0					
Saane	bSA4 links	II	I-II (II)	1	87	8	4	1.77	4.1	4.1	1.8	0.0
Saane	bSA4 rechts	II	I-II (II)	1	89	8	2	1.76	4.1	4.2	1.7	0.0

5. Literaturverzeichnis

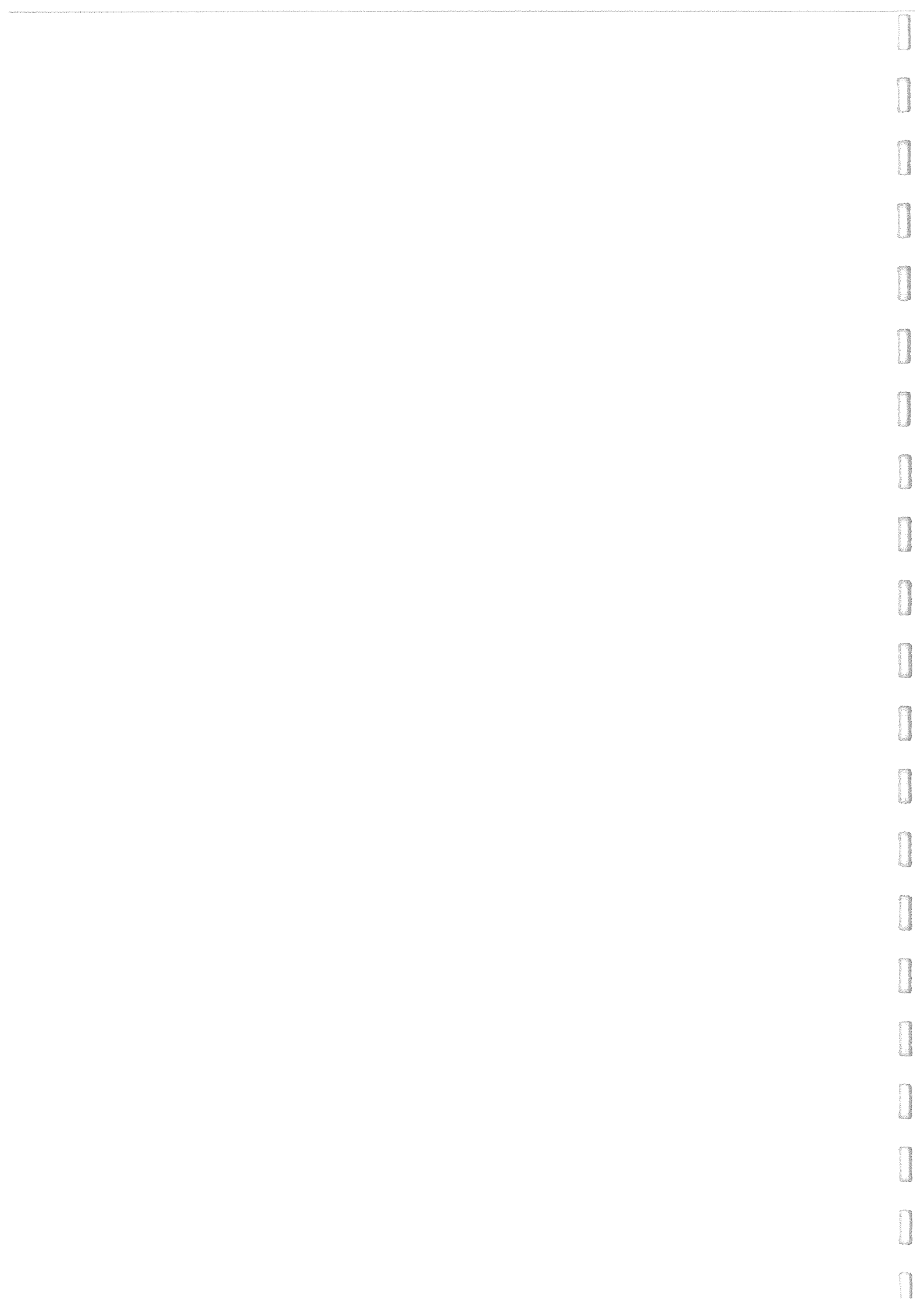
- AQUAPLUS (1991): Beurteilung der Gewässergüte und der Ökomorphologie in den Fliessgewässern Rotbach - Langete - Rot - Brunnbach - Murg. Im Auftrag des Gewässerschutzamtes des Kantons Bern. 90 S. und Dokumentation der Untersuchungsstellen.
- AQUAPLUS (1993a): Beurteilung der Gewässergüte und der Ökomorphologie in der Gürbe. Im Auftrag des Gewässerschutzamtes des Kantons Bern. 71 S. und Dokumentation der Untersuchungsstellen.
- AQUAPLUS (1993b): Beurteilung der Gewässergüte und der Ökomorphologie in der Emme und ihren Nebengewässern (Rötenbach, Hornbach, Grüene, Biglebach, Luterbach, Urtenen und Limpach). Im Auftrag des Gewässerschutzamtes des Kantons Bern. 165 S. und Dokumentation der Untersuchungsstellen.
- BREHM, J. & MEIJERING M.P.D. (1990): Fliessgewässerkunde. 2. überarbeitete Aufl., Biologische Arbeitsbücher, Quelle & Meyer, Heidelberg, 295 S.
- BAHLS, L. L., WEBER, E. E. & JARVIE, J. O. (1984): Ecology and distribution of major diatom ecotypes in the Southern Fort Union Coal Region of Montana. Geological Survey Professional Paper 1289, United States Government Printing Office, Washington, 150 S.
- BRAUKMANN, U. (1987): Zooökologische und saprobiologische Beiträge zu einer allgemeinen regionalen Bachtypologie. Arch. Hydrobiol./ Beih. 26, Ergebnisse der Limnologie, 1-355.
- BRAUN-BLANQUET, J. (1964): Pflanzensoziologie, Grundzüge der Vegetationskunde. 3. Aufl.
- DOUGLAS, B. (1958): The ecology of the attached diatoms and other algae in a small stony stream. J. Ecol. 46: 295-322.
- CHOLNOKY, B. J. (1968): Die Ökologie der Diatomeen in Binnengewässern. J. Cramer, Lehre, 699 S.
- CLEVE-EULER, A., (1951-55): Die Diatomeen von Schweden und Finnland. Stockholm. Kunglige Svenska Vetenskapsakademiens Handlingar, Série 4: 2/1, 3/3, 4/, 4/5, 5/4.
- ELBER, F., HÜRLIMANN, J. & NÄGELI, A. (1989): Algen in Nachklärbecken von Zürcher Kläranlagen. Hydrobiologisch-limnologische Station, Universität Zürich, 20 S., unpubliziert.
- FESEL, U. (1984): Die Präsenz von Diatomeen und Diatomeenassoziationen unter den eusaproben Verhältnissen des Abwassers. Umweltplanung und Umweltschutz, Schriftenreihe der Hessischen Landesanstalt für Umwelt, Heft Nr. 9, 194 S.
- FRAHM, J.-P. & FREY W. (1987): Moosflora, 2. überarb. Aufl., UTB für Wissenschaft, Ulmer Stuttgart, 525 S.
- GEITLER, L. (1930): Cyanophyceae. Reprint 1985. In: RABENHORST, L. (Hrsg.): Kryptogamen-Flora von Deutschland, Österreich und der Schweiz, 1196 S.
- GERMAIN, H. (1981): Flore des diatomées. Boubée, Paris, 444 S.
- GSA (1992): Hydrologisches Schema: Grundlagen. Gewässerschutzamt des Kantons Bern.
- HOFMANN, G. (1987): Diatomeengesellschaft saurer Gewässer des Odenwalds und ihre Veränderungen durch anthropogene Faktoren. Diplomarbeit im Fachbereich Biologie der Johann Wolfgang Goethe Universität Frankfurt am Main, 264 S.
- HOFMANN, G. (1993): Aufwuchs-Diatomeen in Seen und ihre Eignung als Indikatoren der Trophie. Dissertation im Fachbereich Biologie der Johann Wolfgang Goethe Universität Frankfurt am Main, 195 S.

- HÜRLIMANN, J., (1989): Kieselalgen-Aufwuchs im Poschiavino (GR). Kurzbericht. (Teil 1), Biologische Charakterisierung des Poschiavinos (GR) mit Hilfe des Kieselalgen-Aufwuchses (Teil 2). Im Auftrag der Envico AG, Zürich. Nicht publiziert.
- HÜRLIMANN, J. (1993): Der Einfluss von Ammonium auf Kieselalgengemeinschaften. Experimentelle Untersuchungen an einem Fließgewässer (Limmat, Schweiz). Xe colloque de l'association des diatomistes de langue française (A.D.La.F.), Mémoires de l'institut océanographique Paul Ricard, Marine Life 12: 59-76.
- HÜRLIMANN, J. & STRAUB, F., (1991): Morphologische und ökologische Charakterisierung von Sippen um den *Fragilaria capucina*-Komplex sensu Lange-Bertalot (1980). Diatom Research 6 (1), 21-47.
- HÜRLIMANN, J. & SCHANZ, F. (1993): The effect of artificial ammonium enhancement on periphytic diatom communities. Aquatic Sciences 55 (1): 40-64.
- HUSTEDT, F. (1930): Die Süßwasserflora Mitteleuropas, Heft 10: Bacillariophyta (Diatomeae).G. Fischer Verlag, Jena, 466 S.
- KAWECKA, B., (1981): Sessile algae in European mountain streams. 2. Taxonomy and autecology. Acta Hydrobiol., 23 (1), 17-46.
- KAWECKA, B. (1987): Communities of sessile algae in some small streams of Central Finland. Comparison of the algae of the high mountains of Europe and those of its northern regions. Acta Hydrobiol. 29 (4): 403-415.
- KRAMMER, K. & LANGE-BERTALOT, H. (1986): Bacillariophyceae. 1. Teil Naviculaceae. In: Ettl H., Gerloff J., Heynig H. & Mollenhauer D. (eds.): Süßwasserflora von Mitteleuropa. Band 2/1, Gustav Fischer Verlag, Stuttgart, 876 S.
- KRAMMER, K. & LANGE-BERTALOT, H. (1986): Bacillariophyceae. 2. Teil Bacillariaceae, Epithemiaceae, Surirellaceae. In: Ettl H., Gerloff J., Heynig H. & Mollenhauer D. (eds.): Süßwasserflora von Mitteleuropa. Band 2/2, Gustav Fischer Verlag, Stuttgart, 596 S.
- KRAMMER, K. & LANGE-BERTALOT, H. (1991b): Bacillariophyceae. 4. Teil Achnanthes, Kritische Ergänzungen zu Navicula (Lineolatae) und Gomphonema. In: Ettl, H., Gärtner, G., Gerloff, J., Heynig, H. & Mollenhauer, D. (eds.): Süßwasserflora von Mitteleuropa. Band 2/4, Gustav Fischer Verlag, Stuttgart, 437 S.
- LANGE-BERTALOT, H. (1978): Diatomeen-Differentialarten anstelle von Leitformen: Ein geeigneteres Kriterium der Gewässerbelastung. Arch. Hydrobiol./Suppl. 51: 393-427.
- LANGE-BERTALOT, H. (1979a): Pollution tolerance of diatoms as a criterion for water quality estimation. Nova Hedwigia, Beih. 64: 285-304.
- LANGE-BERTALOT, H. (1979b): Toleranzgrenzen und Populationsdynamik benthischer Diatomeen bei unterschiedlich starker Abwasserbelastung. Arch. Hydrobiol./Suppl. 56: 184-219.
- LANGE-BERTALOT, H. & BONIK, K (1976): Massenentwicklung bisher seltener und unbekannter Diatomeen als Indikator starker Abwasserbelastung in Flüssen. Arch. Hydrobiol./ Suppl. 49: 303-332.
- LANGE-BERTALOT, H. & KRAMMER, K. (1989): Achnanthes eine Monographie zur Gattung mit Definition der Gattung Cocconeis und Nachträgen zu den Naviculaceae. Bibl. Diat.. 18, 393 S.
- LAWA (1976): Die Gewässergütekarte der Bundesrepublik Deutschland. Zitiert in: Landesamt für Wasser und Abfall Nordrhein-Westfalen (1990), Gewässergütebericht '89, 108 S.
- LOWE, R. L. (1974): Environmental requirements and pollution tolerance of freshwater diatoms. Bowling Green State University, PB 239 490. 333 S.

- MARGREITER-KOWNACKA, M., PECHLANER R., RITTER H. & SAXL R. (1984): Die Bodenfauna als Indikator für den Saprobitätsgrad von Fließgewässern in Tirol. Ber. nat.-med. Verein. Innsbruck, 71: 119-135.
- MAUCH, E. (1976): Leitformen der Saprobität für die biologische Gewässeranalyse. Cour. Forsch.-Inst. Senckenberg 21 (1-5), 797 S.
- MELZER, A., HARLACHER R., HELD K. & VOGT E. (1988): Die Makrophytenvegetation des Ammer-, Wörth- und Pilsensees sowie des Wesslinger Sees. Informationsberichte Bayer. Landesamt für Wasserwirtschaft 1/88, 266 S.
- MUNK, M. (1985): Der mögliche Einfluss geologischer und hydrologischer Bedingungen auf die Variabilität von Diatomeenassoziationen in der Wisper und ihren Zuflüssen. Staatsexamensarbeit im Fachbereich Biologie der Johann Wolfgang Goethe Universität Frankfurt am Main, 141 S.
- NOEL, F. & FASEL D. (1985): Etude de l'état sanitaire des cours d'eau du canton de Fribourg. Bull. Soc. Frib. Sc. Nat. 74: 1-332.
- PANTLE, R. & BUCK, H. (1955): Die biologische Überwachung der Gewässer und die Darstellung der Ergebnisse. Bes. Mitt. Dt. Gewässerkundl. Jb., 12: 135-143.
- PERRET, P. (1977): Zustand der schweizerischen Fließgewässer in den Jahren 1974/1975 (Projekt Mapos). Eidg. Amt für Umweltschutz und EAWAG, 276 S.
- ROTT, E. & PFISTER, P. (1988): Natural epilithic algal communities in fast-flowing mountain streams and rivers and some man-induced changes. Verh. Internat. Verein. Limnol., 23, 1320-1324.
- SALDEN, N. (1978): Beiträge zur Ökologie der Diatomeen (Bacillariophyceae) des Süßwassers. Decheniana Beihefte 22, 1-238.
- SCHARF, W. (1984): Kieselalgen als Indikatoren für die Beurteilung der Ablaufqualität von Kläranlagen. Forum Städte-Hygiene 35: 268-273.
- SCHIEFELE, S. (1987): Indikationswert benthischer Diatomeen in der Isar zwischen Mittenwald und Landshut. Diplomarbeit am Lehrstuhl für Systematische Botanik an der Ludwig-Maximilians-Universität München, 207 S.
- SLADECEK, V. (1973): System of Water Quality from the biological point of view. Arch. Hydrobiol./Beih., 7 (1-4): 1-218.
- SPIEGLER, A. (1989): Strukturökologische Methode zur Bestandesaufnahme und Bewertung von Fließgewässern. Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Wasserwirtschaftskataster, Wien.
- SPREAFICO, M., WEINGARTNER R., LEIBUNDGUT C. (1992): Hydrologischer Atlas der Schweiz. Landeshydrologie und -geologie.
- STARMACH, K. (1985): Chrysophyceae und Haptophyceae. In: Ettl H., Gerloff J., Heynig H. & Mollenhauer D. (eds.): Süßwasserflora von Mitteleuropa. Band 1, Gustav Fischer Verlag, Stuttgart, 515 S.
- STEINBERG, C. & SCHIEFELE, S. (1988): Biological indication of trophic and pollution of running waters. Z. Wasser- Abwasser-Forsch., 21, 227-234.
- STRAUB, F. (1981): Utilisation des membranes filtrantes en téflon dans la préparation des diatomées épilithiques. Comptes rendus du 2e colloque de l'ADLAF. Cryptogamie, Algologie 2 (2), 153.

- THOMAS, E. A. & SCHANZ, F. (1976): Beziehungen zwischen Wasserchemismus und Primärproduktion in Fließgewässern, ein limnologisches Problem. *Vjsschr. Natf. Ges. Zürich*, 121: 309-317.
- VERNEAUX, J. & TUFFERY G. (1967): Une méthode zoologique pratique de détermination de la qualité biologique des eaux courantes. *Indices biotiques. Ann. Sci. Univ. Besançon, Sér. 3, Zool., Physiol. et Biol. anim.* 3: 575-579.
- WEA (1989): Grundlagen für Schutz und Bewirtschaftung der Grundwasser des Kantons Bern, Hydrogeologie Saanetal zwischen Laupen und Aare.
- WEGL, R. (1983): Index für die Limnosaprobität. *Wasser und Abwasser* 26: 1-157.
- WERTH, W. (1987): Ökomorphologische Gewässerbewertung in Oberösterreich. *Österr. Wasserwirtschaft* 5/6.
- WETZLAR, H. (1988): Noten für einen Fluss. *Umwelt lernen*, 39/40, 38-41.
- ZELINKA, M., & MARVAN, P. (1961): Zur Präzisierung der biologischen Klassifikation der Reinheit fließender Gewässer. *Arch. Hydrobiol.* 57: 389-407.

Anhang



Anhang A Methoden

A1 Beurteilung und Bewertung des äusseren Aspektes

Vorgehen

1. Der äussere Aspekt wird im Feld gemäss Tabelle A beurteilt.
2. Jeder Parameter erhält, falls sein Zustand als "unnatürlich" bewertet wird, entsprechend seiner Beurteilung eine bestimmte Anzahl Punkte, z.B. "wenig Schaum": 1 Punkt, "Fundhäufigkeit von Eisensulfidflecken >30%: 25 Punkte
3. Berechnung der Gesamtzahl der verteilten Punkte und Bewertung anhand von Tabelle B.

Tab. A. Beurteilungsskala für die Parameter des äusseren Aspektes von Fliessgewässern. X = Beeinträchtigungskategorie wird übersprungen oder die maximal mögliche Beeinträchtigung ist bereits erreicht.

Beeinträchtigung	keine	leicht	mittel	stark	
Punktwert je Parameter	0	1	5	25	
Beurteilte Parameter					
- unnatürliche Trübung	keine	geringe	mittlere	starke	
- unnatürliche Verfärbung	keine	X	leichte	deutliche	
- Schaum (stabil)	kein	wenig	mittel	viel	
- Geruch (nach Abwasser, Gülle)	kein	X	gering / mittel	stark	
- anthropogene Abfälle	keine	wenig	mittel	viel	
- Detritus/Schlamm (organisch): fein	kein / wenig	X	mittel	viel	
- Detritus (organisch): grob	kein / wenig	mittel	viel	X	
- Menge sedimentierter Partikel (anorganisch)	keine / geringe	mittel	viel	X	
- makroskopisch sichtbare Bakterien, Pilze, Protozoen	keine	X	vereinzelt / wenige	häufig	Gesamtpunktzahl
- Fundhäufigkeit von Eisensulfid-Flecken	0%	<10%	10 - 30%	>30%	
Punktesumme je Beeinträchtigungskategorie	Σ	Σ	Σ	Σ	Σ

Tab. B. Bewertungsskala für den äusseren Aspekt von Fliessgewässern.

● Gesamtpunktzahl aus Tab. A	0	1 - 4	5 - 24	25 - 124	≥125
● Beeinträchtigung	keine	leicht	mittel	stark	übermässig
● Handlungsbedarf	nein	nein	ja Abklärungen notwendig	ja Massnahmen notwendig	ja Sofortmassnahmen notwendig

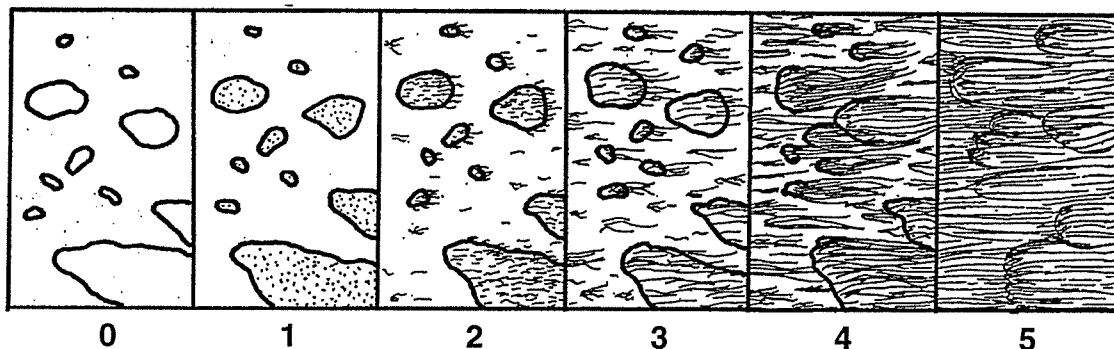
Beurteilungs- und Bewertungskriterien für die Ökomorphologie

		natürlich naturnah	leicht beeinträchtigt	stark beeinträchtigt	naturfern naturwidrig
		1	2	3	4
Linienführung	Linienführung	natürlich abfließend, oft mäandrierend und verzweigt	nahezu ursprünglicher Gewässerverlauf, aber erkennbare Korrekturen	vergleichsmässiger bogiger bis geschwungener Verlauf	stark begradigt, monoton
Uferbereich	Gewässerrand	vielgestaltig, häufig kleine Nischen, unregelmässig, sehr lange Uferlinie	Tendenz zur Vereinheitlichung, weniger Unregelmässigkeiten, stellenweise Nischen noch vorhanden	über weite Strecken einheitlich, keine Nischen mehr vorhanden	eintönig, einheitlich, glatt (Betonschale)
	Ufergliederung Uferneilung	vielfältig, unregelmässig, reich gegliedert	Untersch. in Böschungseigung noch vorhanden, durch künstl. Massnahmen Vielfalt verringert	einheitlich, künstlich, geringe räumliche Auflockerung	völlig einheitlich, gleichförmig glatt
	Ufervegetation	vielfältig, Baum- und Strauchschicht standorttypisch, Krautschicht abwechslungsreich, breite Pufferzone	Eindruck annähernd natürlich, hauptsächlich standorttypische Vegetation, mehr oder weniger durchgehende Bestockung.	Vegetation häufig fehlend, standortfremde Baum- und Strauchschicht (Fichten, Tannen), +/- einheitlich	Vegetation fehlend, Bewirtschaftung oft bis ans Gewässer
	Uferbefestigung	keine sichtbar, natürlicher Zustand, häufig Unterspülungen	künstliche Ufersicherung kaum erkennbar, Lebendverbau	künstl. Ufersich. deutl. erkennbar, Blockwurf, unverfügte Steine, Rasenbösch.	verfügte Mauer, Beton
	Gewässerrandbiotope	vielfach vorhanden	teilweise vorhanden	kaum vorhanden	beseitigt (z.B. Drainagen)
	Altwässer, Auwälder, Flutümpel, Verlandungszonen, Überschwemmungsflächen, Kiesbänke mit Pioniergesellschaften, Wasserwechselzonen, Steilabbrüche, Feuchtwiesen, lückiges Mauerwerk)				
Gewässerbett	Korngrößenverteilung	natürlich, vielfältig, allenfalls Kies- und Sandbänke vorhanden.	naturbelassene Sohle, einheitliche Korngrößenverteilung	nur teilweise natürlich, menschlich verursachte Substrateinheitlichkeit	künstlich, einheitlich, hartes einformiges Material, keine Reliefierungen mehr
	Kolmation	keine oder nur sehr geringe Kolmation, Steine können ohne Widerstand aus der Sohle gelöst werden (gebirgsbachähnliche Verhältnisse)	deutlich spürbar, Steine können mit geringem bis mässigem Kraftaufwand (ohne Hilfsmittel) aus der Sohle gelöst werden	starke Kolmation, Steine können mit grossem Kraftaufwand (aber ohne Hilfsmittel) aus der Sohle gelöst werden	sehr starke Kolmation, Steine können ohne Hilfsmittel kaum mehr aus der Sohle gelöst werden (Beschaffenheit der Sohle ähnlich Fels)
	Fliessgeschwindigkeit	stark variierend (schnell - langsam), auch Stellen mit stehendem Wasser	mässig variierend, immer noch vielfältig, keine Stellen mit stehendem Wasser	durch Eingriffe starke Tendenz zur Vereinheitlichung	stark begradigt, monoton
	Gewässerbreite	stark variierend	mässig variierend, durch künstl. Eingriffe vergleichmässigt	vergleichsmässigte Profillbreite, Böschungsfuss noch unterschiedlich	vereinheitlicht, Ufer +/- parallel, kanalförmig, Böschungsfuss einheitlich
	Wassertiefe	stark variierend, mit Prall und Gleithängen, evtl. sogar Kiesbänke	mässig variierend, durch künstliche Eingriffe vergleichmässigt	mindestens im Uferbereich noch variierend	völlig einheitlich kanalförmig
	Durchwanderbarkeit	aufgrund des natürlichen Bettes vorhanden	eventuelle technische Gefällstufen rau ausgebildet (Blocksteine), Aufstieg aller Wasserorganismen möglich	Sohlschwellen, Abstürze, Wehre regelmässig ausgeführt, aus glattem Material, erschwert oder verhindert Organismenaufstieg	nicht vorhanden
	Sohlenbefestigung	keine menschlichen Eingriffe, Sohle aus natürlichem Substrat	punktueller Sohlenbefestigung (Rundhölzer, Holz- und Steinschwellen etc.)	flächenmässige Sohlenbefestigung (z.B. Blocksteinsohle, Steinsatz)	Betonsohle oder Steinsatz in Beton
Bewertung:		Berechnung der Durchschnittswerte für die drei Bereiche "Linienführung", "Uferbereich" und "Gewässerbett".			
Durchschnittswert:		1.0 - 1.6: natürlich/naturnah	2.5 - 3.2: stark beeinträchtigt		
		1.7 - 2.4: beeinträchtigt	3.3 - 4.0: naturfern/naturwidrig		

A3

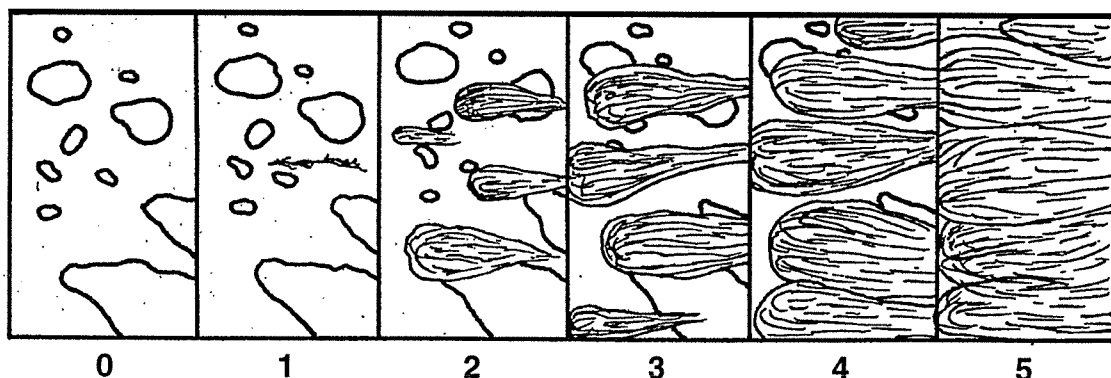
Makroskopische Schätzung der Bewuchsdichte der Algen und der Deckung der grosswüchsigen Moose und Makrophyten

Algenfäden und Moose < 10 cm



0 = kein Bewuchs; 1 = Krustenalgen, deutliche Überzüge ohne Zotten; 2 = Ansätze von Fäden und Zotten; 3 = gut ausgebildete Fäden und Zotten; 4 = Gewässersohle zum grössten Teil mit Algen bedeckt, alle Steine überzogen; 5 = ganzer Bachgrund mit Algen bedeckt, Konturen der Steine nicht mehr sichtbar. Abgeändert nach THOMAS & SCHANZ (1976).

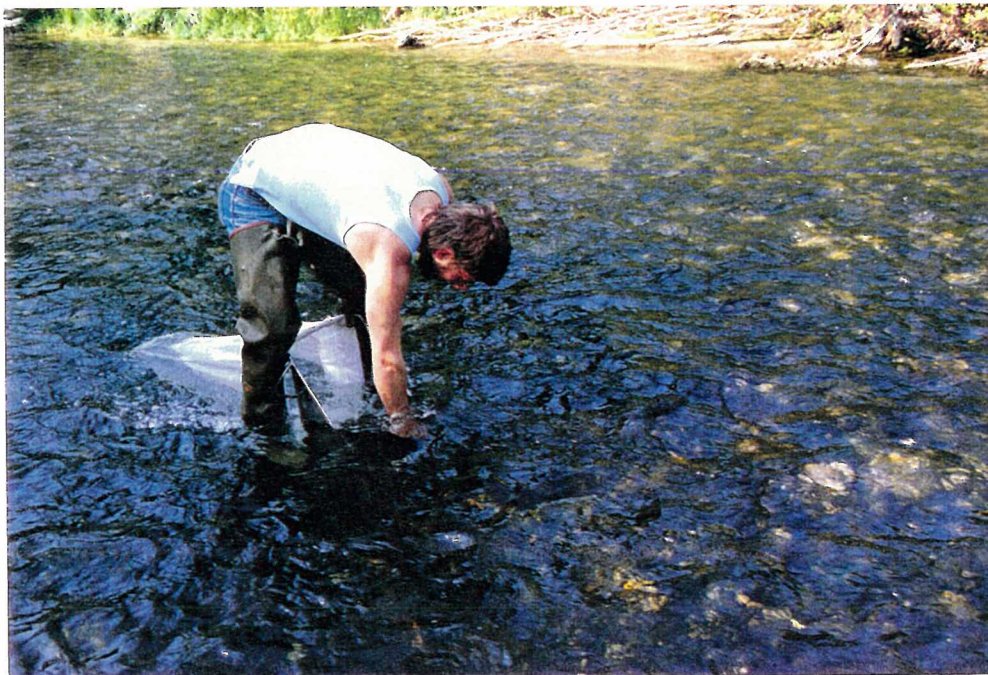
Makrophyten und Moose > 10 cm



0 = frei von Bewuchs; 1 = 1-10% der Gewässersohle bedeckt; 2 = 11-25%; 3 = 26-50%; 4 = 51-75%; 5 = 76-100%. Abgeändert nach THOMAS & SCHANZ (1976).



Probenahme Kieselalgen: Abkratzutensilien, Steine mit abgekratzten Flächen und Gefäß zur Erstellung der Mischprobe.



Probenahme Wasserwirbellose: Arbeit mit dem Surber sampler (beprobte Fläche: 30 cm x 30 cm).

A5 Gewässergütebestimmung mit Kieselalgen: Prinzip der Kieselalgen-Differentialartenanalyse

Kieselalgenassoziationen zeigen charakteristische Populationsverschiebungen entsprechend den verschmutzungsspezifischen Veränderungen der Wasserqualität ihrer Biotope. Die bisherigen Untersuchungen zeigten, dass alle Kieselalgenarten auch unter oligosaprobien Bedingungen relativ individuenreich gefunden werden können. Hingegen wurden einzelne Arten bei zunehmender Verschmutzung deutlich in ihrer Häufigkeit reduziert. Für Kieselalgen existieren Toleranzgrenzen somit nur zur schlechteren Wasserqualität hin.

Kieselalgenarten mit ähnlichen Toleranzgrenzen gegenüber organischer Verschmutzung können zu sogenannten Differentialartengruppen zusammengefasst werden (Lange-Bertalot & Bonik 1976, Lange-Bertalot 1978, 1979a und 1979b, Krammer & Lange-Bertalot 1986). Die prozentualen Anteile der Differentialartengruppen an der jeweiligen Kieselalgengemeinschaft ermöglichen die Beurteilung der Gewässergüte gemäss nebenstehender Tabelle. Innerhalb der Saprobie werden zur Zeit vier Kieselalgen-Differentialartengruppen unterschieden (Munk 1985, Hoffmann 1987, Schiefele 1987):

Gruppe 1: Übersensible Arten, deren Wachstum bereits bei mässiger Belastung gehemmt ist.

Gruppe 2: Sensible Arten, welche bis zur kritischen Belastung vorkommen können.

Gruppe 3: Weniger tolerante Arten, die bis in stark belastete Gewässer auftreten.

Gruppe 4: Tolerante Arten, welche auch in sehr stark und übermässig belasteten Gewässern vorkommen.

Die Zuordnung der in dieser Arbeit bestimmten Kieselalgenarten zu den vier Differentialartengruppen geht aus den Tabelle B.2 in Anhang B hervor.

Gewässergütestufen mit den prozentualen Anteilen der Differentialartengruppen. *üs* = übersensible Arten; *s* = sensible Arten; *wt* = weniger tolerante Arten; *t* = tolerante Arten. * = nach Hoffmann (1987); übrige Angaben nach Krammer & Lange-Bertalot (1986) sowie eigene Ergänzungen.

Gewässergütestufe		prozentualer Anteil der Differentialartengruppen
I	oligosaprob unbelastet bis sehr gering belastet $95\% < O_2\text{-Sättigung} < 105\%$ $BSB_5\text{-Mittelwert} < 2 \text{ mg/l}$	$\ddot{u}s \geq 90\% \text{ }^*$ $s+wt+t \leq 10\% \text{ }^*$
I - II	oligo-β-mesosaprob gering belastet $O_2\text{-Sättigungsdefizit} < 15\%$	$\ddot{u}s \geq 10\% \text{ }^*$ $50\% \leq s \leq 90\% \text{ }^*$ $wt + t < 40$
II	β-mesosaprob mässig belastet $O_2\text{-Sättigungsdefizit} < 30\%$ $BSB_5\text{-Mittelwert} < 4 \text{ (6) mg/l}$	$\ddot{u}s \leq 10\%$ oder $\ddot{u}s + s > 50\%$ $s \geq 50\%$ $wt + t < 50\%$ $wt+t < 50\%$
II-III	β-α-mesosaprob kritisch belastet $O_2\text{-Sättigungsdefizit} < 50\%$ $BSB_5\text{-Mittelwert} < 7 \text{ (10) mg/l}$	$10\% < \ddot{u}s+s < 50\%$ $50\% \leq wt+t < 90\%$
III	α-mesosaprob stark verschmutzt $O_2\text{-Sättigungsdefizit} < 75\%$ $BSB_5\text{-Mittelwert} < 13 \text{ mg/l}$	$\ddot{u}s+s \leq 10\%$ $wt \geq 50\%$ $t < 50\%$
III-IV	α-meso-polysaprob sehr stark verschmutzt $O_2\text{-Sättigungsdefizit} < 90\%$ $BSB_5\text{-Mittelwert} < 22 \text{ mg/l}$	$10\% < \ddot{u}s+s+wt < 50\%$ $t \geq 50\%$
IV	polysaprob übermässig verschmutzt $O_2\text{-Sättigungsdefizit} > 90\%$ $BSB_5\text{-Mittelwert} > 22 \text{ (15) mg/l}$	$\ddot{u}s+s+wt \leq 10\%$ $t \geq 90\%$

Gewässergütebestimmung mit Wasserwirbellosen: Saprobielle Valenz und Saprobieindex

Das Vorkommen von Gewässerorganismen beschränkt sich nicht auf eine ganz bestimmte Gewässergütestufe (Saprobitätsstufe). Für jede Art existiert jedoch ein Optimalbereich bezüglich der Gewässergüte. Von einigen Arten der Wasserwirbellosen sind sogenannte saprobielle Valenzen bekannt (Zelinka & Marvan 1961, Wegl 1983, Margreiter-Kownacka et al. 1984). Die saprobielle Valenz ist ein Ausdruck für die Affinität einer Art zu den einzelnen Saprobitätsstufen. Sie drückt eigentlich die Wahrscheinlichkeit aus, mit welcher eine gewisse Saprobitätsstufe indiziert wird. Angegeben werden die Valenzen in Form von Saprobiepunkten, wobei insgesamt zehn Saprobiepunkte entsprechend den Auftretenshäufigkeit der Art in den Saprobitätsstufen verteilt werden. In der vorliegenden Arbeit werden die Valenzen für vier Saprobitätsstufen angegeben (oligo-, β -meso-, α -meso- und polysaprob).

Der Toleranzbereich bezüglich der Saprobitätsstufen wird mit dem "Indikationsgewicht" berücksichtigt (Zelinka & Marvan 1961). Ein hohes Indikationsgewicht bedeutet, dass die Art einen geringen Toleranzbereich aufweist, d.h. bevorzugt in einer Saprobitätsstufe auftritt (stenöke Art). Ein geringes Indikationsgewicht wird entsprechend einer Art zugeordnet, welche einen weiten Toleranzbereich hat (euryöke Art). Das Indikationsgewicht einer Art wurde mit 1 bis 5 "Gewichts"-Punkten bewertet, wobei zehn Saprobiepunkte innerhalb einer Saprobitätsstufe das Indikationsgewicht 5 ergeben, neun und acht Saprobiepunkte das Indikationsgewicht 4, sieben und sechs Saprobiepunkte das Indikationsgewicht 3, fünf und vier Saprobiepunkte das Indikationsgewicht 2 und weniger als vier Saprobiepunkte das Indikationsgewicht 1.

Aufgrund der saprobiellen Valenz, des Indikationsgewichtes und der Auftretenshäufigkeit der einzelnen Arten in einer Probe (Lebensgemeinschaft) kann eine saprobielle Valenz für die gesamte Probe berechnet werden:

$$z_j = \left(\sum_{i=1}^n g_i \cdot h_i \cdot a_{ij} \right) \cdot \left(\sum_{i=1}^n g_i \cdot h_i \right)^{-1} \quad (1)$$

z_j = Anteil der Punktwerte der Saprobitätsstufe j ($j = o$ für oligo-, β für β -meso-, α für α -meso- und p für polysaprob) in der Lebensgemeinschaft, g_i = Indikationsgewicht der Art i , h_i = Auftretenshäufigkeit der Art i , a_{ij} = Anzahl Saprobiepunkte der Art i innerhalb der Saprobitätsstufe j , n = Gesamtartenzahl.

Aufgrund der saprobiellen Valenz z_j der gesamten Probe kann der Saprobieindex S für die Lebensgemeinschaft ermittelt werden:

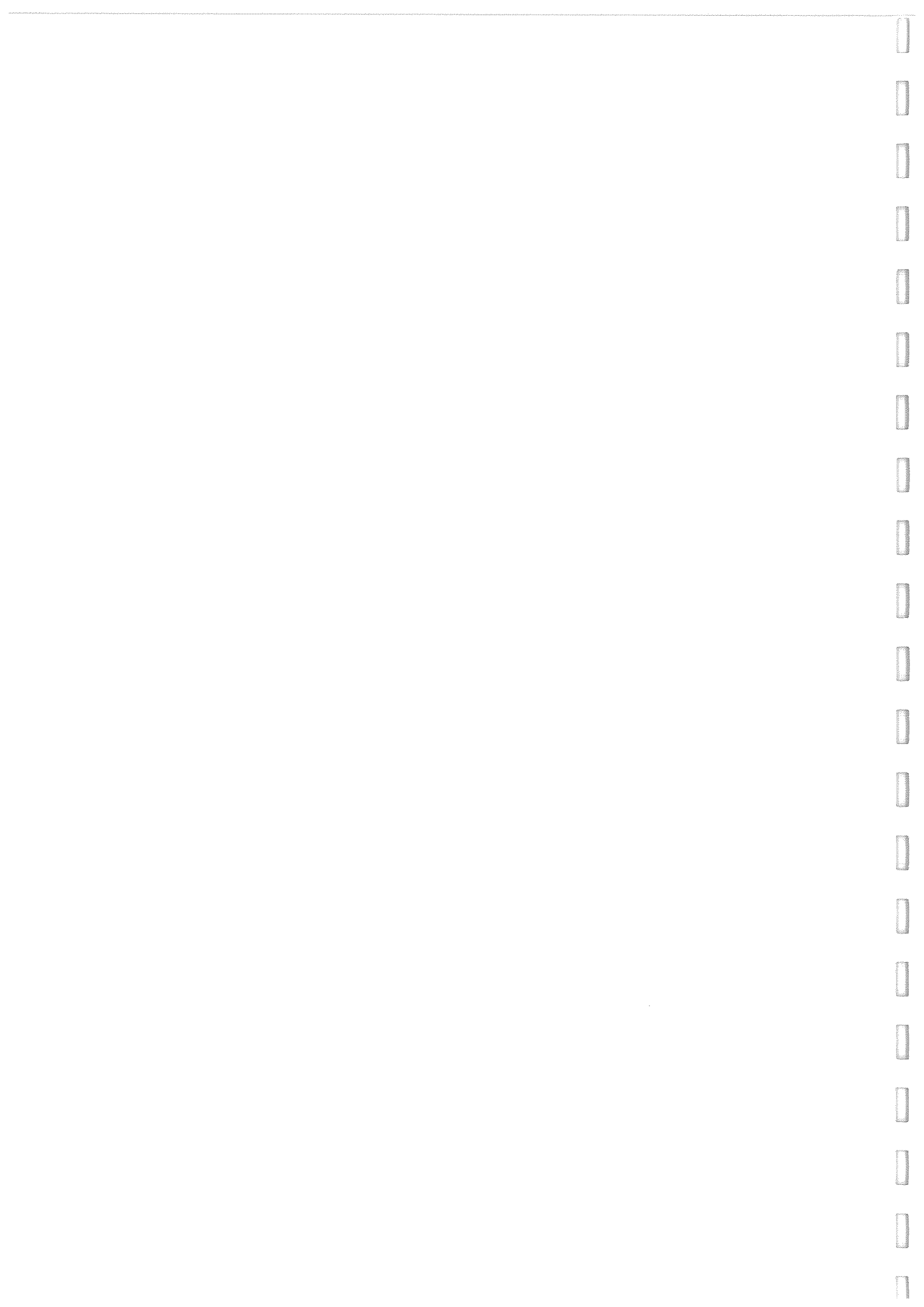
$$S = (z_o + 2 \cdot z_\beta + 3 \cdot z_\alpha + 4 \cdot z_p) \cdot 10^{-1} \quad (2)$$

z_o , z_β , z_α , z_p = Punktwerte der entsprechenden Saprobitätsstufe ($o =$ oligo, $\beta = \beta$ -meso-, $\alpha = \alpha$ -meso-, $p =$ polysaprob). Berechnung siehe Formel (1).

Die Indexzahlen S entsprechen den nachfolgend aufgelisteten Gewässergütestufen.

Gewässergütestufen und Saprobieindex gemäss Pantle & Buck (1955).

Gewässergütestufe	Saprobieindex S
I	$1.0 \leq S < 1.5$
I - II	$1.5 \leq S < 1.8$
II	$1.8 \leq S < 2.3$
II - III	$2.3 \leq S < 2.7$
III	$2.7 \leq S < 3.2$
III - IV	$3.2 \leq S < 3.5$
IV	$3.5 \leq S < 4.0$



Anhang B Resultate

Tab. B.1. Liste des makroskopisch und mikroskopisch beobachteten Aufwuchses (insb. Algen, Bakterien, Protozoen) sowie der Moose in der Sense, im Schwarzwasser und in der Saane unterhalb von Laupen mit quantitativen Angaben. Häufigkeitsangaben bezüglich der Deckung des Gewässergrundes: 1=1-10%, 2=11-25%, 3=26-50%, 4=51-75%, 5=76-100%, + = makroskopisch nicht auffällig oder nur vereinzelt vorhanden, nur mikroskopisch beobachtet. Häufigkeitsangaben des epiphytischen Aufwuchses: ● = spärliches, ●● = verbreitetes, ●●● = häufiges und ●●●● = massenhaftes Auftreten. | = Zwischenstufen.

Untersuchungsstelle:	bSE1	bSE2	bSE3	bSE4	bsW1	bsW2	bsW3	ARA Sensetal oben	ARA Sensetal unten	bSA4 links	bSA4 rechts
Gewässer:	Kalte Sense	Sense	Sense	Sense	Schwarz- wasser	Schwarz- wasser	Schwarz- wasser	Saane	Saane	Saane	Saane
Probenahmedatum:	9.3.1992	9.3.1992	9.3.1992	5.3.1992	10.3.1992	10.3.1992	10.3.1992	10.3.1992	10.3.1992	5.3.1992	5.3.1992
Cyanophyta (Blaualgen)											
<i>Blennothrix cf. brevil</i>								+			+
<i>Homoeothrix varians</i>									+		1
<i>Oscillatoria tenuis</i>			+						2	1	
<i>Phormidium autumnale</i>											1
<i>Phormidium incurvatum</i>									+		
<i>Pleurocapsa minor</i>											
Chrysophyta (Goldalgen i.w.S.)											
<i>Hydrurus foetidus</i>	2	2	4	5	1	2	2	+		1	2
epiphytisch											
Diatomeen gesamt*	●●	●●	●●	●●		●●				●●	
<i>Diatoma vulgaris</i>	●●	●●	●●	●●		●●				●●	
<i>Gomphonema sp.</i>						●●				●●	
<i>Meridion circulare</i>						●●					
Fadenbakterien/-pilze											
(inkl. <i>Sphaerotilus natans</i>)											
Einzelbakterien	●●	●●	●●	●●							●●
Flagellaten											
Ciliaten		●●		●●						●	
Detritus und Sand	●●	●●	●●	●●							
<i>Phaeodermatium rivulare</i>											
<i>Vaucheria sp.</i>								3	+	3	2
epiphytisch											
Diatomeen gesamt								●●	●●	●●	●
<i>Diatoma vulgaris</i>								●●	●●	●●	
<i>Gomphonema sp.</i>								●●	●●	●●	
<i>Rhoicosphenia abbreviata</i>								●	●●	●	
<i>Chamaesiphon sp.</i>									●●		
Fadenbakterien/-pilze									●●		
(inkl. <i>Sphaerotilus natans</i>)									●●		
Einzelbakterien								●●	●●	●●	●●
Flagellaten								●●	●●	●●	
Ciliaten								●●			
Rotatorien											●
Nematoden										●	
Detritus und Sand								●●	●●	●●	●●

Tab. B.1. Fortsetzung.

Untersuchungsstelle:		bSE1	bSE2	bSE3	bSE4	bSW1	bSW2	bSW3	ARA Sensetal oben	ARA Sensetal unten	bSA4 links	bSA4 rechts
Gewässer:		Kalte Sense	Sense	Sense	Sense	Schwarz- wasser	Schwarz- wasser	Schwarz- wasser	Saane	Saane	Saane	Saane
Probenahmedatum:		9.3.1992	9.3.1992	9.3.1992	5.3.1992	10.3.1992	10.3.1992	10.3.1992	10.3.1992	10.3.1992	5.3.1992	5.3.1992
Diatomeen, krustig*		3	2	1		4	3	3	1	1		
<i>Diatoma vulgaris</i>						•••						
<i>Gomphonema</i> sp.						••						
<i>Meridion circulare</i>						•••						
Diatomeen, häutig*	1	1	1	1								
<i>Cymbella</i> sp.												
<i>Diatoma vulgaris</i>						•••	•••	•••	•••	•••	•••	•••
<i>Fragilaria ulna</i> var. <i>ulna</i>						••	••	••	••	••	••	••
<i>Gomphonema</i> sp.						•••	•••	•••	•••	•••	•••	•••
<i>Navicula lanceolata</i>						•••	•••	•••	•••	•••	•••	•••
<i>Navicula tripunctata</i>						•••	•••	•••	•••	•••	•••	•••
<i>Rhoicosphenia abbreviata</i>						••		••	••	••	••	••
<i>Surirella</i> sp.						••			••	••	••	••
Einzelbakterien							••					
Ciliaten							••					
Detritus und Sand			2				••					
Diatomeen, fädig*							••					
Chlorophyta (Grünalgen)												
<i>Cladophora glomerata</i>												
epiphytisch												
Diatomeen gesamt						•••			•••	•••	•••	•••
<i>Cocconeis placentula/pedunculatus</i>						•••			•••	•••	•••	•••
<i>Diatoma vulgaris</i>						•••			•••	•••	•••	•••
<i>Gomphonema</i> sp.						•••			•••	•••	•••	•••
<i>Rhoicosphenia abbreviata</i>						•••			•••	•••	•••	•••
<i>Chamaesiphon</i> sp.						•••			•••	•••	•••	•••
<i>Chartransia</i> sp.						•••			•••	•••	•••	•••
Fadenbakterien/-pilze						•••			•••	•••	•••	•••
(inkl. <i>Sphaerotilus natans</i>)						•••			•••	•••	•••	•••
Einzelbakterien						••			••	••	••	••
Flagellaten												
Ciliaten												
Suctorien												
Rotatorien												
Detritus und Sand												
cf <i>Desmococcus vulgaris</i>	1						1					
<i>Draparnaldia</i> cf. <i>glomerata</i>												
<i>Gongosira incrustans</i>												

+

AquaPlus Elber Hürlimann Niederberger

* für weitere Differenzierung siehe Häufigkeitsverteilung in Tabelle B.2.
 ** in Seitenarm
 *** oberhalb ARA-Zufluss

Tab.B.2. Relative Häufigkeiten der Kieselalgen an den Untersuchungsstellen in der Sense, im Schwarzwasser und in der Saane unterhalb von Laupen gruppiert nach den vier Kieselalgen-Differentialartengruppen (Index 1 bis 4) gemäss Krammer & Lange-Bertalot (1986), Hofmann (1987) und Schiefele (1987). Tabellenangaben in %.

Untersuchungsstelle:		bSE1	bSE2	bSE3	bSE4	bSW1	bSW2	Gambach	bSW2 UNTEN	bSW3	ARA Sensetal oben	ARA Sensetal unten	bSA4 links	bSA4 rechts
Fließgewässer:														
Substrat:														
Probenahmedatum:														
						Schwarz- wasser Stein 10-Mär-92	Schwarz- wasser Stein 9-Mär-94	Gambach Stein 9-Mär-92	Schwarz- wasser Stein 9-Mär-92	Schwarz- wasser Stein 10-Mär-92	Saane Stein 10-Mär-92	Saane Stein 10-Mär-92	Saane Stein 5-Mär-92	Saane Stein 5-Mär-92
Arten / Variationen	Index													
Übersensible Arten														
Achnanthes biasolettiana	1	0.6	0.6	0.4	1.2	2.0	1.8	17.1	0.6	0.2	2.0	0.6		0.6
Gomphonema micropus	1					24.0	1.0		1.0	1.0				
Gomphonema pumilum	1	0.2				4.2				0.2			0.6	
Summe der übersensiblen Arten [%]		0.8	0.6	0.4	1.2	26.1	7.0	17.1	1.6	1.4	2.0	0.6	0.6	0.6
Sensible Arten														
Denticula tenuis	1-2								0.2					0.4
Achnanthes conspicua	2										0.4			
Achnanthes minutissima var. minutissima	2	3.1	2.0	1.2	2.0	2.4	7.0	3.8	1.0	0.8	19.3	5.2	8.7	7.3
Caloneis bacillum	2	1.1								0.4	2.2	0.8		0.8
Cocconeis pediculus	2										0.8	0.6		0.2
Cocconeis placentula	2	0.4	0.2			0.6					2.4	1.8	1.6	1.0
Cyclotella sp.	2											0.8		
Cyclotella stelligera	2											0.4		
Cymbella affinis	2		0.4				0.4					0.6		
Cymbella helvetica	2													
Cymbella minuta	2	1.3	0.6	0.6	1.8	0.4	2.4	0.6		0.2	1.0	1.6	3.8	2.0
Diatoma mesodon	2	0.4	0.2			0.2				1.2	0.4	0.2		0.4
Diatoma vulgaris	2	0.4	0.4								0.8	2.0	0.8	1.4
Fragilaria arcus var. arcus	2	5.6	0.8			2.2	0.2	0.2						
Fragilaria capucina var. capucina	2	0.6	1.6	0.2	0.4									
Fragilaria construens	2					0.4								
Fragilaria pinnata	2													
Gomphonema angustatum	2			0.8	0.4	2.2	1.0	0.4	1.0	0.4				
Gomphonema minutum	2	0.4		3.4	1.8	0.4	1.0	0.8	0.4	0.8		0.4	1.4	

Tab. B.2. Fortsetzung.

Untersuchungsstelle:		bSE1	bSE2	bSE3	bSE4	bSW1	bSW2	Gambach	bSW2 UNTER	bSW3	ARA Sensetal oben	ARA Sensetal unten	bSA4 links	bSA4 rechts
Fließgewässer:														
Substrat:	Kalte Sense Stein													
Probenahmedatum:	9-Mär-92	9-Mär-92	9-Mär-92	9-Mär-92	5-Mär-92	10-Mär-92	9-Mär-94	9-Mär-92	9-Mär-92	10-Mär-92	10-Mär-92	10-Mär-92	5-Mär-92	5-Mär-92
Index														
Sensible Arten (Fortsetzung)														
Gomphonema olivaceum	2	15.1	43.1	38.8	34.9	23.0	44.4	24.4	53.9	29.5	5.1	25.8	30.8	10.6
Gomphonema tergestinum	2	2.7	0.4	3.6	4.0	0.6	5.6	1.8	4.5	5.3	0.6	4.0	6.8	0.4
Gyrosigma acuminatum	2										0.2			
Meridion circulare	2		0.4	0.4	0.4	3.6		0.2	0.4			0.8		
Navicula capitatoradiata	2					0.4								
Navicula cryptotenella	2	3.8	1.0	2.0	1.8	3.0	0.2	1.4	1.4	0.4	6.7	3.0	2.4	8.8
Navicula minuscula	2				0.2									
Navicula pelliculosa	2						0.2		0.2					0.4
Navicula splendida	2										0.2			0.4
Navicula subhamulata	2										0.2			0.4
Navicula tripunctata	2	4.8	0.4	1.4	0.4	1.6	0.4	0.4		0.2	13.6	5.8	5.6	18.7
Nitzschia dissipata	2	7.1	1.2	2.4	9.1	1.4	2.6	8.1	1.2	1.8	12.2	3.2	3.0	3.7
Nitzschia fonticola	2	1.3	0.8	0.8	0.8	0.4		1.6		0.4	0.4	2.2	3.6	1.4
Nitzschia heufferiana	2		0.2	0.2	0.2									0.4
Nitzschia recta	2	0.2		0.2	0.8						0.8		0.4	
Nitzschia sociabilis	2	1.0	0.4		0.8						2.2			0.6
Rhoicosphenia abbreviata	2	1.5	0.4		0.4						8.1	4.6	2.6	8.3
Stephanodiscus neostrea	2										0.2			
Tabellaria flocculosa	2										0.2	0.2		
Amphora pediculus	2-3	1.1	0.4	0.2	0.4	0.8	1.4	2.8	0.2		1.8	0.6	1.0	2.2
Cymbella sinuata	2-3	2.1	0.4	0.2				1.8	0.4			1.0	3.2	
Diatoma moniliformis	2-3	37.2	35.9	37.4	32.3	23.4	18.1	0.6	15.3	50.1	5.3	11.5	10.9	17.3
Navicula lanceolata	2-3	3.4	1.0	2.0	0.8	0.2		0.4	1.0	1.4	1.6	2.4	0.8	2.6
Summe der Arten mit Index 1-2 [%]		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.4
Summe der Arten mit Index 2 [%]		50.4	54.4	55.6	60.1	42.9	65.3	43.5	64.1	41.4	77.9	63.8	71.4	67.0
Summe der Arten mit Index 2-3 [%]		43.9	37.7	39.8	33.5	24.4	19.5	5.6	16.9	51.5	8.7	15.5	15.9	22.0
Summe der sensiblen Arten [%]		94.3	92.1	95.4	93.7	67.3	84.9	49.0	81.2	92.9	86.6	79.3	87.3	89.4

AquaPlus Elber Hürlimann Niederberger

Untersuchungsstelle:					
bSE1	bSE2	bSE3	bSE4		
Kalte Sense Stein 9.Mär.92	Sense Stein 9.Mär.92	Sense Stein 9.Mär.92	Sense Stein 5.Mär.92		
Probenaumedatum:					
Index					
Weniger tolerante Arten					
Achnanthes lanceolata	3	0.8			
Cyclotella meneghiniana	3				
Cymbella silesiaca	3	2.8	2.6	1.0	
Fragilaria capucina var. vaucheriae	3	0.4	1.0	1.6	
Fragilaria ulna var. ulna	3				
Navicula gregaria	3	0.8	0.2	0.4	
Navicula menisculus	3				
Nitzschia paleacea	3				
Nitzschia pusilla	3				
Surirella angusta	3				
Surirella brebissonii	3	0.2		2.0	
Summe der weniger toleranten Arten [%]	4.4	7.3	3.8	5.0	
Tolerante Arten					
Gomphonema parvulum	4				
Navicula atomus	4	0.4	0.4	0.2	
Navicula minima	4				
Navicula saprophila	4				
Navicula seminulum	4				
Navicula subminuscula	4	0.2			
Stephanodiscus cf. parvus	4				
Summe der toleranten Arten [%]	0.6	0.0	0.4	0.2	
Total Summe	100.00	100.00	100.00	100.00	
Artenzahl	29	27	22	26	
Gewässergüte	II	II	II	II	

Tab. B.3. Individuendichte der Wasserwirbellosen an den Untersuchungsstellen in der Sense, im Schwarzwasser und in der Saane sowie saprobielle Valenzen der einzelnen Taxa. Tabellenangaben in Individuen/0.1 m² (Individuendichte < 1 Ind./0.1 m² als 0 angegeben). o = oligosaprob, β = β -mesosaprob, α = α -mesosaprob, p = polysaprob. G = Indikationsgewicht. Saprobielle Valenzen nach Zelinka & Marvan (1961), Wegl (1983) und Margreiter-Kownacka et al. (1984).

Stelle:														
Gewässer:														
Probenahmedatum:														
ANNELIDA (Gliederwürmer)														
CLITELLATA (Gürtelwürmer)														
Oligochaeta (Wengborster)														
Naididae														
nicht bestimmte														
Lumbriculidae														
nicht bestimmte														
Lumbricidae														
Eiseniella tetraedra														
Hirudinea (Egel)														
Erpobdellidae														
Erpobdella octoculata														
MOLLUSCA (Weichtiere)														
GASTROPODA (Schnecken)														
Lymnaeidae														
Radix peregra														
Ancylidae														
Ancylus fluviatilis														
ARTHROPODA (Gliederfüßer)														
ARACHNIDA (Spinnentiere)														
Acarl (Milben)														
Hydrachnellae (Süßwassermilben)														
nicht bestimmte														
CRUSTACEA (KREBSE)														
Amphipoda (Flohkrebse)														
Gammaridae														
Gammarus fossarum														
Gammarus pulex														
Gammarus sp.														
INSECTA (Insekten)														
Ephemeroptera (Eintagsfliegen)														
Ephemerellidae														
Ephemerella mucronata														
Caenidae														
Caenis sp. klein														
Heptageniidae														
Ecdyonurus helveticus														
Ecdyonurus venosus														
Epeorus sylvicola														
Rithrogena doriai														
Rithrogena lidina														
Rithrogena loyolae														
Rithrogena hybrida														
Rithrogena savatensis														
Rithrogena semibolorata														
Verwendete Valenzen anderer Taxa														
Valenzen														
saprobielle Valenzen														
o														
β														
α														
p														
G														
bSA4 links Saane 5.3.92														
bSA4 rechts Saane 5.3.92														
bsw1 Schwarzwasser 10.3.92														
bsw2 Schwarzwasser 10.3.92														
bsw3 Schwarzwasser 10.3.92														
bSE1 Sense 9.3.92														
bSE2 Sense 9.3.92														
bSE3 Sense 9.3.92														
bSE4 Sense 5.3.92														
15														
39														
2														
0														
0														
7														
2														
1														
3														
408														
757														
10														
4														
4														
4														
7														
3														
3														
5														
2														
8														
6														
9														
1														
8														
8														
2														
10														
8														
2														
4														
R.sp.														
R.sp.														
R.sp.														
R.sp.														
R.sp.														
R.sp.														
R.sp.														
R.sp.														
R.sp.														
R.sp.														
R.sp.														
R.sp.														
R.sp.														
R.sp.														
R.sp.														
R.sp.														
R.sp.														
R.sp.														
R.sp.														
R.sp.														
R.sp.														
R.sp.														
R.sp.														
R.sp.														
R.sp.														
R.sp.														
R.sp.														
R.sp.														
R.sp.														
R.sp.														
R.sp.														
R.sp.														
R.sp.														
R.sp.														
R.sp.														
R.sp.														
R.sp.														
R.sp.														
R.sp.														
R.sp.														
R.sp.														
R.sp.														
R.sp.														
R.sp.														
R.sp.														
R.sp.														
R.sp.														
R.sp.														
R.sp.														
R.sp.														
R.sp.														
R.sp.														
R.sp.														
R.sp.														
R.sp.														
R.sp.														
R.sp.														
R.sp.														
R.sp.														
R.sp.														
R.sp.														
R.sp.														
R.sp.														
R.sp.														
R.sp.														
R.sp.														
R.sp.														
R.sp.														
R.sp.														
R.sp.														
R.sp.														
R.sp.														
R.sp.														
R.sp.														
R.sp.														
R.sp.														
R.sp.														
R.sp.														
R.sp.														
R.sp.														
R.sp.														
R.sp.														
R.sp.														
R.sp.														
R.sp.														
R.sp.														
R.sp.														
R.sp.														
R.sp.														
R.sp.														
R.sp.														
R.sp.														
R.sp.														
R.sp.														
R.sp.														
R.sp.														
R.sp.														
R.sp.														
R.sp.														
R.sp.														
R.sp.														
R.sp.														
R.sp.														
R.sp.														
R.sp.														
R.sp.														
R.sp.														
R.sp.														
R.sp.														
R.sp.														
R.sp.														
R.sp.														
R.sp.														
R.sp.														
R.sp.														
R.sp.														
R.sp.														
R.sp.														
R.sp.														
R.sp.														
R.sp.														
R.sp.														
R.sp.														
R.sp.														
R.sp.														
R.sp.														
R.sp.														
R.sp.														
R.sp.														
R.sp.														
R.sp.														
R.sp.														
R.sp.														
R.sp.														
R.sp.														
R.sp.														
R.sp.														
R.sp.														
R.sp.														
R.sp.														
R.sp.														
R.sp.														
R.sp.														
R.sp.														
R.sp.														
R.sp.														
R.sp.														
R.sp.														
R.sp.														
R.sp.														
R.sp.														
R.sp.														
R.sp.														
R.sp.														
R.sp.														
R.sp.														
R.sp.														
R.sp.														
R.sp.														
R.sp.														
R.sp.														
R.sp.														
R.sp.														
R.sp.														
R.sp.														
R.sp.														
R.sp.														
R.sp.														
R.sp.														
R.sp.														
R.sp.														
R.sp.														
R.sp.														
R.sp.														
R.sp.														
R.sp.														
R.sp.														
R.sp.														
R.sp.														
R.sp.														
R.sp.														
R.sp.														
R.sp.														
R.sp.														
R.sp.														
R.sp.														
R.sp.														
R.sp.														
R.sp.														
R.sp.														
R.sp.														
R.sp.														
R.sp.														
R.sp.														
R.sp.														
R.sp.														
R.sp.														
R.sp.														
R.sp.														
R.sp.														
R.sp.														
R.sp.														
R.sp.														
R.sp.														
R.sp.														
R.sp.														
R.sp.														
R.sp.														
R.sp.														
R.sp.														
R.sp.														
R.sp.														
R.sp.														
R.sp.														
R.sp.														
R.sp.														
R.sp.														
R.sp.														
R.sp.														
R.sp.														
R.sp.														
R.sp.														
R.sp.														
R.sp.														
R.sp.														
R.sp.														
R.sp.														
R.sp.														

Tab. B.3. Fortsetzung.

Stelle:	bSE1	bSE2	bSE3	bSE4	bSW1	bSW2	bSW3	bSA4 links Saene 5.3.92	bSA4 rechts Saene 5.3.92	saprobelle Valenzen	Verwendete Valenzen anderer Taxa		
Gewässer: Probenahmedatum:	Sense 9.3.92	Sense 9.3.92	Sense 9.3.92	Sense 5.3.92	Schwarzwasser 10.3.92	Schwarzwasser 10.3.92	Schwarzwasser 10.3.92	Saene 5.3.92	Saene 5.3.92	o	α	p	G
Baetidae													
Baëtis alpinus	34	13	3	2	1			15	19	6	4		3
Baëtis rhodani		7	4			15	9	13	177	5	4	1	2
Baëtis vernus						1				2	6	2	3
Baëtis sp. Klein				2						3	5	2	2
Ephemeridae													
Ephemera danica									0	5	4	1	2
Plecoptera (Steinfliegen)													
Taeniopterygidae													
Brachypteryx alpi	2				2	4		1		8	2		4
Rhabdiopteryx alpina	16	6								6	3	1	3
Nemouridae													
Amphinemura sulcicollis/triangularis	6	19	7	13	1	3	15			8	2		4
Nemoura sp.		2	3		9	1				7	2	1	3
Leuctridae													
Leuctra spp.	13	145	142	31	3	49	33	7		7	3		3
Perlidae													
Perla maxima			0	1						10			5
Perla bipunctata				0						10			5
Perla sp.		0								8	2		4
Perlodidae													
Isoperla grammatica	3	12	40	22		26	32	17	2	5	4	1	2
Perlodes intricata				1			1	0		10			5
Perlodes microcephala			3							8	2		4
Coleoptera (Käfer)													
Elmidae													
Elmis sp. Larve				7			1	0	19	6	4		3
Elmis sp. Imago										6	4		3
Limnius sp. Larve							1		19	6	4		3
Trichoptera (Köcherfliegen)													
Hydropsychidae					0								
Hydropsyche contubernalis						16	17	55		1	4	5	2
Hydropsyche instabilis Larve	0		4	41					266	3	6	1	3
Hydropsyche instabilis Puppe							0	3	25	3	6	1	3
Hydropsyche spec.-U													
Rhyacophilidae													
Rhyacophila dorsalis Larve			4	3		0	0	3	10	6	4		3
Rhyacophila dorsalis Puppe									0	6	4		3
Rhyacophila torrentium Larve	1									6	4		3
Glossosomatidae													
Agapetus ochripes									40	10			5
Polycentropodidae													
Holocentropus cf. dubius				0				30	37	3	6	1	3
Plectrocnemia geniculata										5	5		2
Sericostomatidae													
Sericostoma cf. personatum Larve									1	5	5		2
Sericostoma cf. personatum Puppe									0	5	5		2
Limnephilidae													
Allogamus uncatulus	0	0		0		3	1			5	5		2
Drusus annulatus Larve										10			5
Melampophyllax melampus	0	2	3		0			30	77	5	5	1	2
Micropterna sp.										4			

Tab. B.3. Fortsetzung.

Stelle:	bSE1	bSE2	bSE3	bSE4	bsw1	bsw2	bsw3	bSA4 links Saane 5.3.92	bSA4 rechts Saane 5.3.92	saprobien Valenzen	Verwendete Valenzen anderer Taxa
Gewässer:	Sense 9.3.92	Sense 9.3.92	Sense 9.3.92	Sense 5.3.92	Schwarzwasser 10.3.92	Schwarzwasser 10.3.92	Schwarzwasser 10.3.92	5.3.92	5.3.92	o	p
Probenahmedatum:											
Diptera (Zweiflügler)											
Limoniidae											
<i>Dicranota</i> sp.	2	2	0	0		1	2			3	2
<i>Molophilus</i> sp.				2			0			2	2
<i>Pedicia</i> sp.				2				37	93	5	2
<i>Taphrophila vitripennis</i> Larve	0				1		1		0	5	2
nicht bestimmte								1	2	5	2
Tipulidae				1			0			4	2
<i>Tipula</i> sp.										3	
Simuliidae											
nicht bestimmte Larven	70	56	97	74	1	6	2	30		5	2
Chironomidae										3	
Chironominae										2	
Tanytarsini							1	30	93	2	2
Chironomini								7		1	2
Orthocladiinae	79	20	24	30		6	4	826	1704	4	4
Chironomidae Puppen						1	1		0	4	2
Chironomidae Imago		2				1				4	2
Empididae										4	2
Alaantidae				2			2	15		3	2
Athericidae				1		0	0			5	2
Heteroptera (Wanzen)										4	1
nicht bestimmte	0										
GESAMTINDIVIDUENDICHTE (Ind./0.1 m2)	233	346	525	277	28	192	177	1592	3414		
TAXAZAHL	17	18	19	29	13	18	27	29	28		

Tab. B.4. Relative Häufigkeit der Wasserwirbellosen an den Untersuchungsstellen in der Sense, im Schwarzwasser und in der Saane. Tabellenangaben in %.

Stelle:	bSE1	bSE2	bSE3	bSE4	bSW1	bSW2	bSW3	bSA4 links	bSA4 rechts
Gewässer:	Sense	Sense	Sense	Sense	Schwarzwasser	Schwarzwasser	Schwarzwasser	Saane	Saane
Probenahmedatum:	9.3.92	9.3.92	9.3.92	5.3.92	10.3.92	10.3.92	10.3.92	5.3.92	5.3.92
ANNELIDA (Gliederwürmer)									
CLITELLATA (Gürtelwürmer)									
Oligochaeta (Wenigborster)									
Naididae									
nicht bestimmte									
Lumbriculidae				0.67				0.93	1.13
nicht bestimmte									
Lumbricidae				0.67					
<i>Eiseniella tetraedra</i>									
Hirudinea (Egel)									
Erpobdellidae									
<i>Erpobdella octoculata</i>									
MOLLUSCA (Weichtiere)									
GASTROPODA (Schnecken)									
Lymnaeidae									
<i>Radix peregra</i>									0.01
Ancylidae									0.01
<i>Ancylus fluviatilis</i>									
ARTHROPODA (Gliederfüßer)									
ARACHNIDA (Spinnentiere)									
Acar (Milben)									
Hydrachnellae (Süßwassermilben)		0.54		2.01					
nicht bestimmte									
CRUSTACEA (KREBSE)									
Amphipoda (Flohkrebse)							1.67	25.61	22.16
Gammaridae								0.65	0.76
<i>Gammarus fossarum</i>									
<i>Gammarus pulex</i>									
<i>Gammarus sp.</i>				1.34					
INSECTA (Insekten)									
Ephemeroptera (Eintagsfliegen)									
Ephemereilidae							0.63		
<i>Ephemerella mucronata</i>									
Caenidae								0.02	
<i>Caenis sp. klein</i>									
Heptageniidae									
<i>Ecdyonurus helvelicus</i>		0.21						0.70	0.12
<i>Ecdyonurus venosus</i>				0.13				0.02	
<i>Epeorus sylvicola</i>		0.11		0.13				0.02	0.01
<i>Rhithrogena doreri</i>					1.32	0.19			
<i>Rhithrogena lridina</i>						0.96			
<i>Rhithrogena loyola</i>					1.32			0.02	
<i>Rhithrogena hybrida</i>	1.27	1.61	3.39	9.91	9.21	4.43	0.42	0.02	0.01
<i>Rhithrogena savoiensis</i>			0.99		22.37		3.34		
<i>Rhithrogena semicolorata</i>	0.95	14.88	31.55	0.40		25.24	20.46	1.72	0.04

Tab. B.4. Fortsetzung.

Stelle:	bSE1	bSE2	bSE3	bSE4	bSW1	bSW2	bSW3	bSA4 links Saane	bSA4 rechts Saane
Gewässer: Probenahmedatum:	Sense 9.3.92	Sense 9.3.92	Sense 9.3.92	Sense 5.3.92	Schwarzwasser 10.3.92	Schwarzwasser 10.3.92	Schwarzwasser 10.3.92	5.3.92	5.3.92
Baetidae									
<i>Baëtis alpinus</i>	14.60	3.75	0.64	0.67	2.63	7.90	5.22	0.93	0.54
<i>Baëtis rhodani</i>		2.14	0.71			0.58		0.79	5.18
<i>Baëtis vernus</i>									
<i>Baëtis</i> sp. klein				0.80					
Ephemeroidea									
<i>Ephemerella danica</i>									0.01
Plecoptera (Steinfliegen)									
Taeniopterygidae									
<i>Brachyptera risi</i>	0.79				7.89	2.31		0.05	
<i>Rhabdiopteryx alpina</i>	6.83	1.61							
Nemouridae									
<i>Amphimemura sulcicollis/triangularis</i>	2.38	5.57	1.27	4.69	5.26	1.35	8.35		
<i>Nemoura</i> sp.		0.54	0.64		31.58	0.58			
Leuctridae									
<i>Leuctra</i> sp.	5.71	41.86	27.10	11.11	9.21	25.24	18.79	0.47	
Perlidae									
<i>Perla maxima</i>			0.07	0.27					
<i>Perla bipunctata</i>				0.13					
<i>Perla</i> sp.		0.11							
Periodidae									
<i>Isoperla grammica</i>	1.27	3.43	7.69	8.03		13.29	17.95	1.09	0.07
<i>Periodes intricata</i>				0.27				0.02	
<i>Periodes microcephala</i>			0.64				0.63		
Coleoptera (Käfer)									
Elmidae									
<i>Elmis</i> sp. Larve				2.68			0.63	0.02	0.54
<i>Elmis</i> sp. Imago							0.63		0.54
<i>Limnius</i> sp. Larve									
Trichoptera (Köcherfliegen)									
Hydropsychidae									
<i>Hydropsyche contubernalis</i>					1.32			3.44	7.79
<i>Hydropsyche instabilis</i> Larve	0.16		0.78	14.73		8.09	9.39		
<i>Hydropsyche instabilis</i> Puppe							0.21	0.16	0.74
<i>Hydropsyche spec.-U</i>									
Rhyacophilidae							0.21	0.19	0.30
<i>Rhyacophila dorsalis</i> Larve			0.71	0.94		0.19			0.01
<i>Rhyacophila dorsalis</i> Puppe									
<i>Rhyacophila torrentium</i> Larve	0.48								
Glossosomatidae									
<i>Agapetus ochripes</i>									1.18
Polycentropodidae								1.86	1.08
<i>Holocentropus cf. dubius</i>				0.13					
<i>Plectrocnemia geniculata</i>									0.03
Sericostomatidae									0.01
<i>Sericostoma cf. personatum</i> Larve									
<i>Sericostoma cf. personatum</i> Puppe									
Limnephilidae									
<i>Allogamus uncatulus</i>	0.16	0.11		0.13					
<i>Drusus annulatus</i> Larve	0.16								
<i>Melanophya melanopus</i>									
<i>Micropterna</i> sp.		0.54	0.64		1.32	1.35	0.84	1.91	2.25

Tab. B.4. Fortsetzung.

Stelle:	bSE1	bSE2	bSE3	bSE4	BSW1	BSW2	BSW3	bSA4 links	bSA4 rechts
Gewässer: Probenahmedatum:	Sense 9.3.92	Sense 9.3.92	Sense 9.3.92	Sense 5.3.92	Schwarzwasser 10.3.92	Schwarzwasser 10.3.92	Schwarzwasser 10.3.92	Saane 5.3.92	Saane 5.3.92
Diptera (Zweiflügler)									
Limoniidae									
<i>Dicranota</i> sp.	0.79	0.54	0.07	0.13					
<i>Molophilus</i> sp.				0.67		0.58	1.04		
<i>Pedicia</i> sp.							0.21		
<i>Taphrophila vitripennis</i> Larve				0.67			0.42		2.72
nicht bestimmte	0.16				3.95			2.33	0.01
Tipulidae									
<i>Tipula</i> sp.				0.27			0.21		
Simuliidae								0.05	0.05
nicht bestimmte Larven	30.16	16.06	18.42	26.77	2.63	3.08	1.04	1.86	
Chironomidae									
Chironominae									
Tanytarsini							0.63	1.86	2.71
Chironomini								0.47	
Orthocladiinae	33.97	5.89	4.59	10.71		3.28	2.09	51.85	49.90
Chironomidae Puppen						0.58	0.63		0.01
Chironomidae Imago		0.54				0.58			
Empididae									
Atalaphinae				0.67			1.04	0.93	
Athericidae									
<i>Atherix</i> sp.				0.27		0.19	0.21		
Heteroptera (Wanzen)									
nicht bestimmte	0.16								

Tab. B.5. Individuendichte der häufigsten Wasserwirbellosen-Gruppen an den Untersuchungsstellen in der Sense, im Schwarzwasser und in der Saane (bSA4). Tabellenangaben in Individuen/0.1 m² (Individuendichte < 1 Ind./0.1 m² als 0 angegeben).

	bSE1	bSE2	bSE3	bSE4	bSW1	bSW2	bSW3	bSA4 links	bSA4 rechts
Wenigborster				4				15	39
Bachflohkrebse				4			3	418	783
Eintagsfliegen	39	79	196	33	10	76	59	68	202
Steinfliegen	40	184	196	68	15	82	81	26	2
Käfer				7			2	0	37
Köcherfliegen	2	2	11	44	1	19	19	120	457
Zuckmücken	79	22	24	30		9	6	863	1797
Kriebelmücken	70	56	97	74	1	6	2	30	
andere	3	4	0	13	1	1	6	53	98

Tab. B.6. Relative Häufigkeiten der bedeutendsten Wasserwirbellosen-Gruppen an den Untersuchungsstellen in der Sense, im Schwarzwasser und in der Saane (bSA4). Tabellenangaben in %. Werte < 0.01% als 0.00 angegeben.

	bSE1	bSE2	bSE3	bSE4	bSW1	bSW2	bSW3	bSA4 links	bSA4 rechts
Wenigborster				1.34				0.93	1.13
Bachflohkrebse				1.34			1.67	26.26	22.92
Eintagsfliegen	16.83	22.70	37.40	12.05	36.84	39.31	33.19	4.26	5.92
Steinfliegen	16.98	53.10	37.40	24.50	53.95	42.77	45.72	1.63	0.07
Käfer				2.68			1.25	0.02	1.08
Köcherfliegen	0.95	0.64	2.12	15.93	2.63	9.63	10.65	7.56	13.40
Zuckmücken	33.97	6.42	4.59	10.71		4.43	3.34	54.18	52.62
Kriebelmücken	30.16	16.06	18.42	26.77	2.63	3.08	1.04	1.86	
andere	1.11	1.07	0.07	4.69	3.95	0.77	3.13	3.30	2.86

Anhang C Fotodokumentation Aufwuchsalgen



Abb. C.1. Blaualgenhaut bestehend aus *Phormidium autumnale*. Saane bSA4 links. Makroskopische Aufnahme AquaPlus.

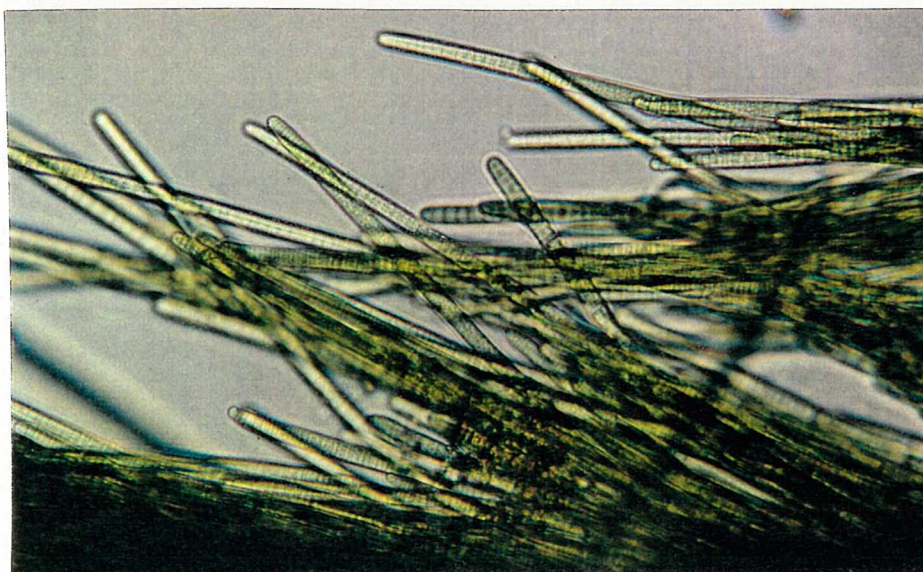


Abb. C.2. *Phormidium autumnale* (Blaualge). Saane bSA4 links. Mikroskopische Aufnahme A. von Känel (Gewässerschutzlabor Kt. Bern), Objektiv 40x.

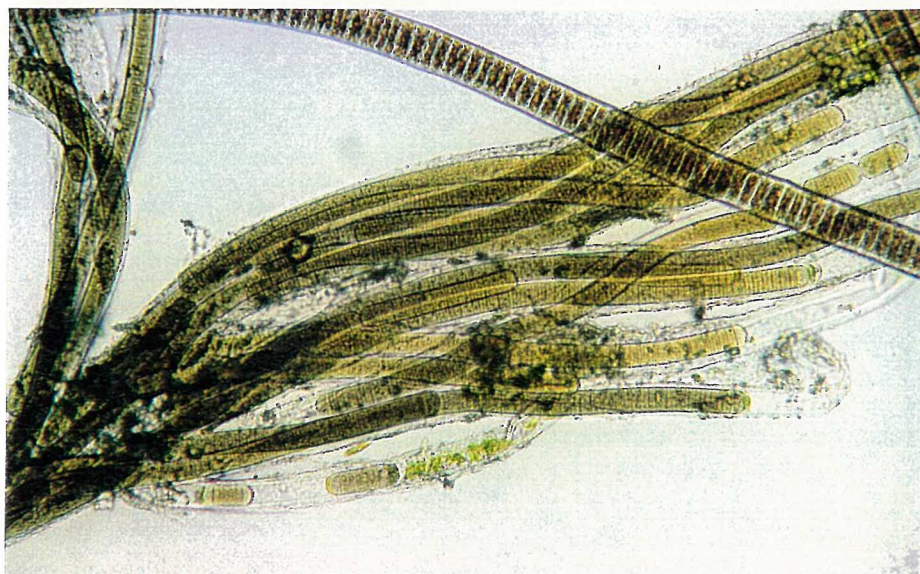


Abb. C.3. *Blennothrix cf. bremsii* (Blaualge) in Gallerte sowie ein einzelner Faden von *Bangia atropurpurea* (Rotalge). Saane, Stelle ARA Sensetal oben. Mikroskopische Aufnahme M. Baumgartner (Gewässerschutzlabor Kt. Bern), Objektiv 16x.



Abb. C.4. *Hydrurus foetidus* (Goldalge). Sense, bSE4. Makroskopische Aufnahme AquaPlus.



Abb. C.5. *Hydrurus foetidus* (Goldalge). Saane, bSA4 links. Mikroskopische Aufnahme M. Baumgartner (Gewässerschutzlabor Kt. Bern), Objektiv 10x.



Abb. C.6. *Vaucheria* sp. (Gelbgrünalge). Saane, bSA4 links. Makroskopische Aufnahme AquaPlus.

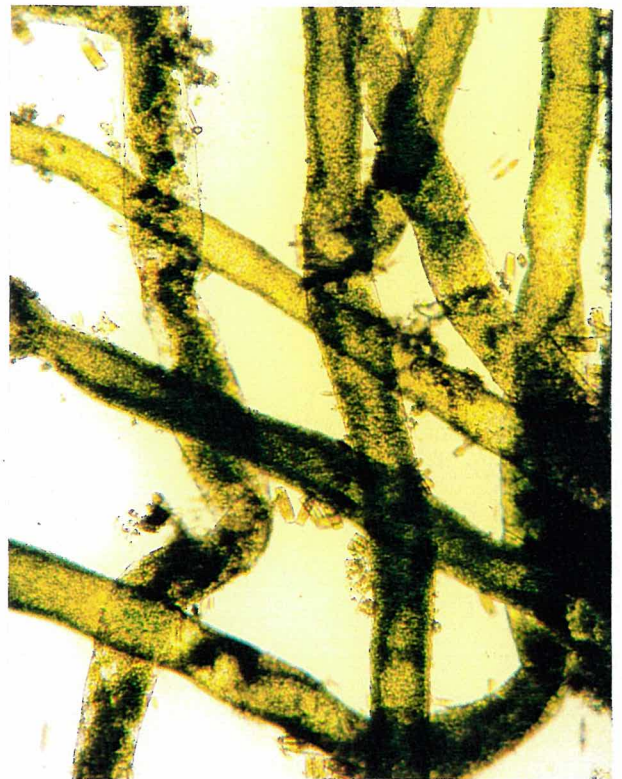


Abb. C.7. *Vaucheria* sp. (Gelbgrünalge). Saane, Stelle ARA Sensetal oben. Mikroskopische Aufnahme M. Baumgartner (Gewässerschutzlabor Kt. Bern), Objektiv 10x.



Abb. C.8. *Ulothrix* ssp. (Grünalgen). Saane bSA4 links. Makroskopische Aufnahme AquaPlus.

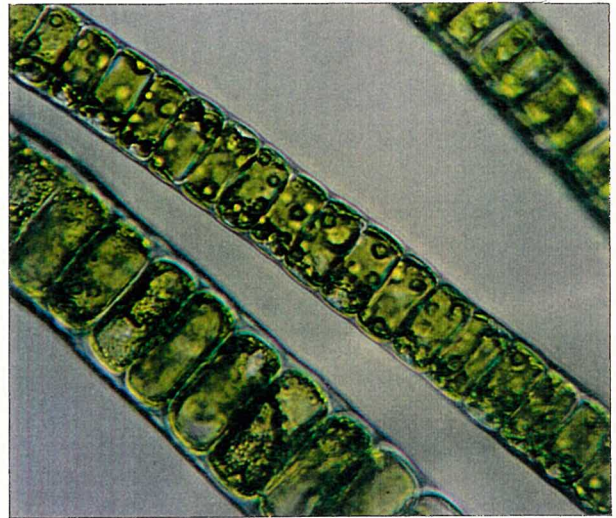


Abb. C.10. *Ulothrix zonata* (Grünalge, breiter Algenfaden) und *Ulothrix tenuissima* (Grünalge, schmaler Algenfaden). Saane bSA4 links. Mikroskopische Aufnahme M. Baumgartner (Gewässerschutzlabor Kt. Bern), Objektiv 40x.

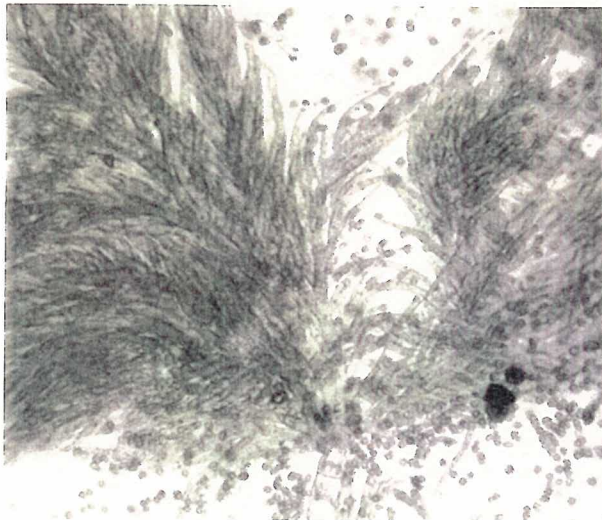


Abb. C.11. *Draparnaldia* cf. *glomerata*. Kalte Sense, bSE1. Mikroskopische Aufnahme AquaPlus, Objektiv 10x, Vergrößerung 110x.

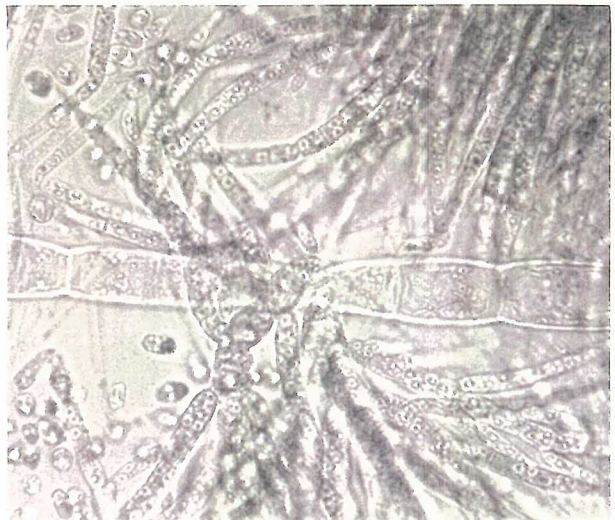


Abb. C.12. Hauptast von *Draparnaldia* cf. *glomerata* (Grünalge). Kalte Sense, bSE1. Mikroskopische Aufnahme AquaPlus, Objektiv 25x, Vergrößerung 270x.

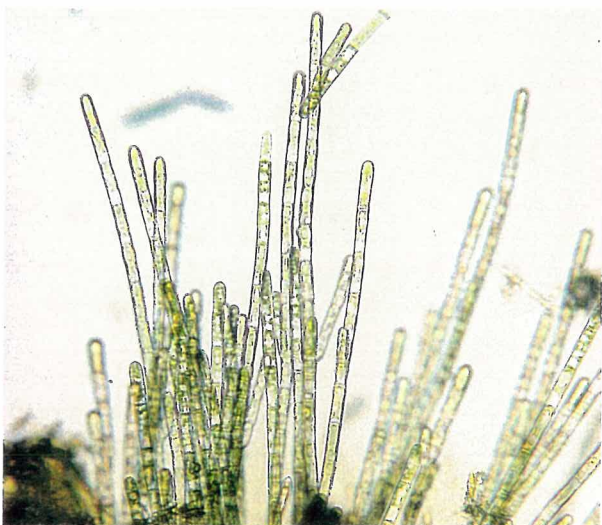


Abb. C.13. *Chantransia* sp. (Rotalge). Saane, Stelle ARA Sensetal oben. Mikroskopische Aufnahme M. Baumgartner (Gewässerschutzlabor Kt. Bern), Objektiv 16x.

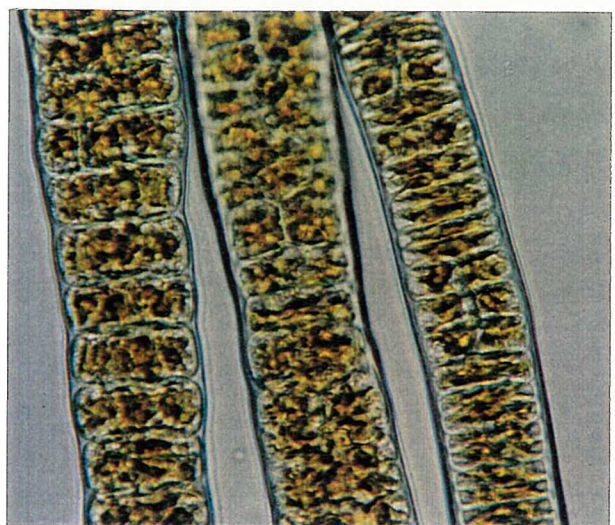
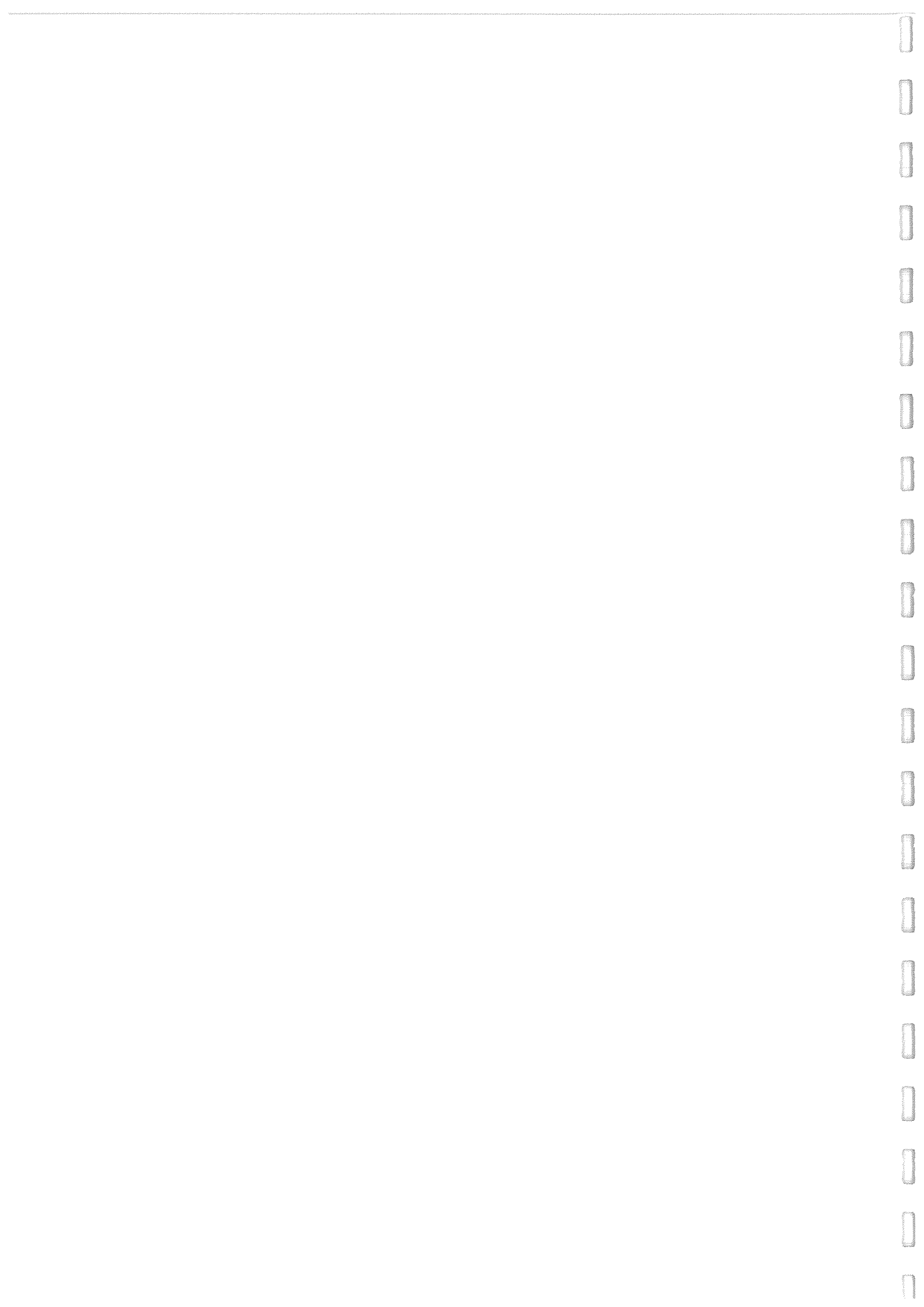


Abb. C.14. *Bangia atropurpurea* (Rotalge). Saane, Stelle ARA Sensetal unten. Mikroskopische Aufnahme M. Baumgartner (Gewässerschutzlabor Kt. Bern), Objektiv 40x.



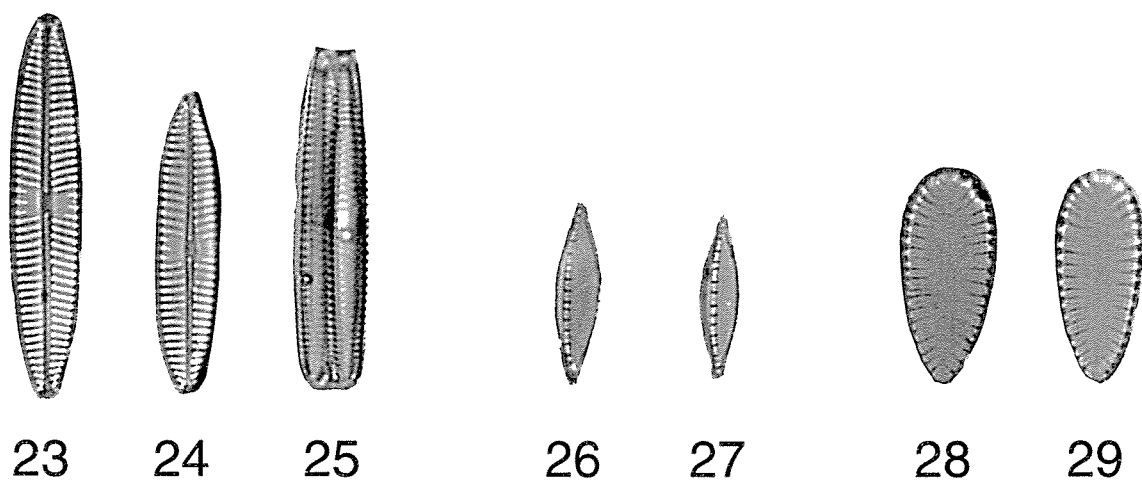
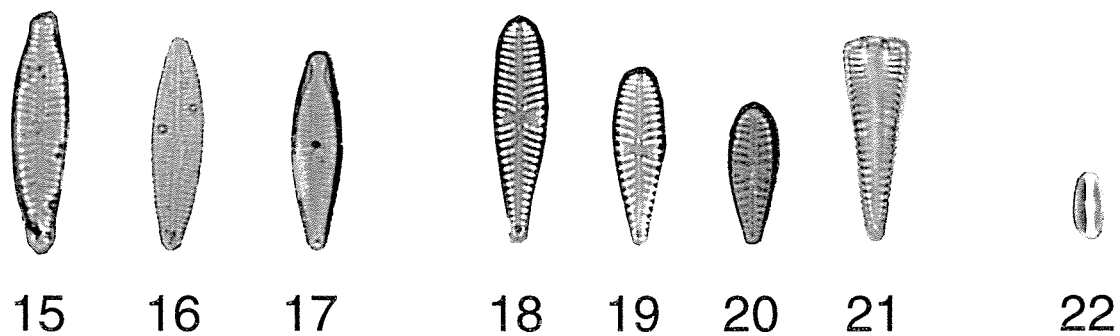
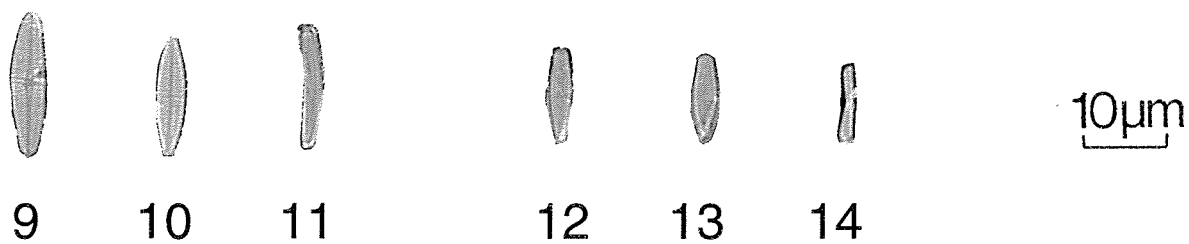
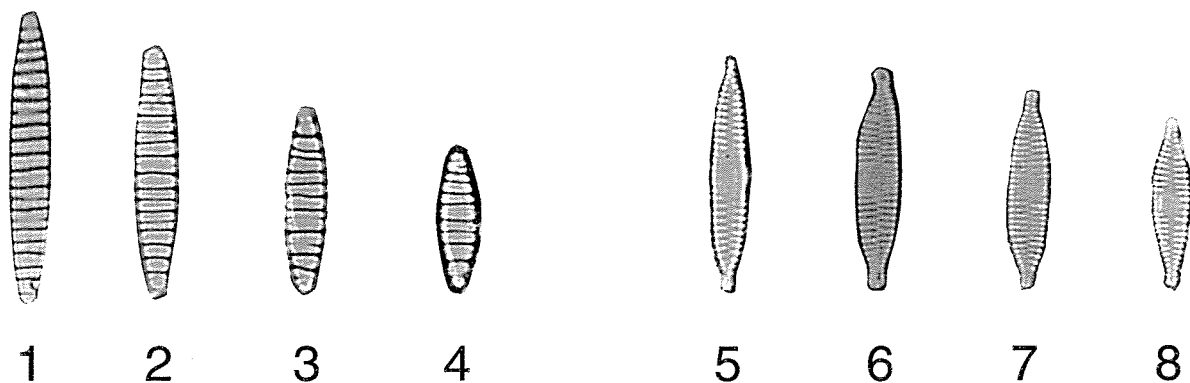
Anhang D

Fotodokumentation Kieselalgen und autökologische Angaben zu einzelnen Kieselalgenarten

Abb. D1. Fotografische Dokumentation von Kieselalgen der Sense, des Schwarzwassers der Saane und des Gambaches (Kanton Bern), Vergrößerung 1100x. raphenlose S. = raphenlose Schale, Gürtelbanda. = Gürtelbandansicht.

- 1 - 4: *Diatoma moniliformis* KÜTZING
- 5 - 8: *Fragilaria capucina* var. *vaucheriae* (KÜTZING) LANGE-BERTALOT
- 9: *Achnanthes biasoletiana* (BREB.) GRUNOW in CLEVE & GRUNOW (Raphenschale)
- 10: *Achnanthes biasoletiana* (BREB.) GRUNOW in CLEVE & GRUNOW (raphenlose S.)
- 11: *Achnanthes biasoletiana* (BREB.) GRUNOW in CLEVE & GRUNOW (Gürtelbanda.)
- 12: *Achnanthes minutissima* KÜTZING var. *minutissima* KÜTZING (Raphenschale)
- 13: *Achnanthes minutissima* KÜTZING var. *minutissima* KÜTZING (raphenlose Schale)
- 14: *Achnanthes minutissima* KÜTZING var. *minutissima* KÜTZING (Gürtelbandansicht)
- 15, 16, 17: *Gomphonema micropus* KÜTZING
- 18, 19, 20: *Gomphonema olivaceum* (HORNEMANN) BREBISSON
- 21: *Gomphonema olivaceum* (HORNEMANN) BREBISSON (Gürtelbandansicht)
- 22: *Navicula atomus* (KÜTZING) GRUNOW
- 23, 24: *Navicula tripunctata* (O.F. MÜLLER) BORY
- 25: *Navicula tripunctata* (O.F. MÜLLER) BORY (Gürtelbandansicht)
- 26, 27: *Nitzschia dissipata* (KÜTZING) GRUNOW
- 28, 29: *Surirella brebissonii* KRAMMER & LANGE-BERTALOT

Alle Aufnahmen stammen aus den oben erwähnten Fliessgewässern.



Autökologische Angaben zu einzelnen Kieselalgenarten

Im folgenden werden autökologische Angaben zu den zehn in den untersuchten Fließgewässern Senne, Schwarzwasser und Saane unterhalb von Laupen gefundenen Hauptarten ($rH \geq 10\%$) gemacht. Zudem wird auf allfällige Bestimmungsschwierigkeiten hingewiesen. Die autökologischen Angaben sind als Ergänzung zur starren Einteilung in eine der vier Kieselalgen-Differentialartengruppen gedacht.

***Achnanthes biasolettiana* (BREBISSE) GRUNOW in CLEVE & GRUNOW 1880**

A. biasolettiana ist eine in Europa weit verbreitete, oft mit *A. minutissima* gemeinsam vorkommende Art und dann schwer unterscheidbar, vor allem, wenn es sich um kleinere Exemplare handelt. Ihr ökologisches Optimum hat die Alge in oligotrophen bis mesotrophen kalkreichen Gewässern mit mittlerem bis höherem Elektrolytgehalt (= 100 bis > 500 $\mu S/cm$). In ökologisch entsprechenden Gewässern sind die Formenschwärme um *A. biasolettiana* auch mit sehr individuenreichen Populationen vertreten (Krammer & Lange-Bertalot 1991b). Wir ordnen *A. biasolettiana* der **Differentialartengruppe 1** zu.

***Achnanthes minutissima* KÜTZING var. *minutissima* KÜTZING 1833 sensu LANGE-BERTALOT & KRAMMER 1989**

Die Art *A. minutissima* ist sehr formenreich und enthält nach Lange-Bertalot & Krammer (1989) mehrere Variationen. Bei *A. minutissima* var. *minutissima* handelt es sich um eine häufige und weit verbreitete Kieselalge, welche nach Kawecka (1987) gegenüber Temperatur und Strömung unabhängig ist und nach Krammer & Lange-Bertalot (1986) sowie Hofmann (1987) zu den sensiblen Arten (**Differentialartengruppe 2**) gezählt wird. Die Art toleriert bis mesosaprobe Verhältnisse (Sladeczek 1973, Lowe 1974). Sie kommt in schwach alkalischen Gewässern (pH 7.5 - 7.8) mit guten Sauerstoffverhältnissen vor (Cholnoky 1968). Nach Bahls et al. (1984) hat sie eine weite ökologische Spanne ohne saisonale Abhängigkeiten und soll Bäche mit klarem Wasser bevorzugen. *A. minutissima* erträgt sowohl geringe als auch starke Strömung und kommt in Wasser unterschiedlicher Leitfähigkeit vor. Sie gilt als Pionierart.

***Diatoma moniliformis* KÜTZING 1833**

D. moniliformis wurde nach Hustedt (1930) als *D. tenuis* var. *moniliformis* KÜTZING 1833 bezeichnet. Sie gilt als weit verbreitete Art und kommt nicht selten in Gewässern mit erhöhtem Elektrolytgehalt, seltener jedoch in Binnengewässern mit mittlerem Elektrolytgehalt vor (Krammer & Lange-Bertalot 1991a). Genauere Angaben zur Autökologie sind schwierig zu machen, da die Art von einzelnen Autoren unterschiedlich benannt wurde. Nach Cholnoky (1968) soll ihr pH-Optimum zwischen 7.4 und 7.8 liegen. Nach Lange-Bertalot (1979b) und Krammer & Lange-Bertalot (1986) kann sie zur Gruppe der weniger toleranten Arten gezählt werden. Wir ordnen *D. moniliformis* einer neu zu bildenden Differentialartengruppe 2-3 zu, welche Indikatoren für nährstoffreichere Verhältnisse zusammenfasst. Bei der Beurteilung der Gewässergüte in der vorliegenden Arbeit wurde *D. moniliformis* jedoch immer noch als zur **Differentialartengruppe 2** gehörend betrachtet.

***Fragilaria capucina* var. *vaucheriae* (KÜTZING) LANGE-BERTALOT 1980**

F. capucina var. *vaucheriae* gehört zusammen mit anderen Variationen zum Sippenkomplex um *Fragilaria capucina*. Dieser Komplex besteht aus einer Vielzahl von Sippen, wobei unklar ist, welche dieser Sippen als Arten, als Unterarten oder als ökologisch bedingte Variationen bezeichnet werden können (Krammer & Lange-Bertalot 1991a, Hürlimann & Straub 1991). *F. capucina* var. *vaucheriae* kommt in den unterschiedlichsten Gewässern und Höhenlagen vor. Das pH-Optimum liegt nach Cholnoky (1968) etwas über 7. Die Variation wird als wenig tolerantes Taxon (**Differentialartengruppe 3**) bezeichnet (Hofmann 1987) und kann bis in den α -mesosaprobien Bereich vorkommen, sofern die Sauerstoffwerte genügend hoch sind (Cholnoky 1968, Sladeczek 1973, Krammer & Lange-Bertalot 1986). Experimentelle Untersuchungen in kleinen Modellfliessgewässern mit unterschiedlichen Ammoniumkonzentrationen bestätigten die oben erwähnten Toleranzangaben, indem *F. capucina* var. *vaucheriae* unter sauerstoffgesättigten Verhältnissen und niedrigen Wassertemperaturen (5°C) auch 9.3 mg NH_4^+ -N/l noch tolerierte (9.3 mg NH_4^+ -N/l = ca. 120 μg NH_3 -N/l, Hürlimann 1993, Hürlimann & Schanz 1993). Rott & Pfister (1988) sowie Hürlimann (1989) stellten in je einem Gebirgsfluss nach der Wasserentnahme (Restwasserstrecke) ein Aufkommen von *F. capucina* var. *vaucheriae* fest. Kawecka (1981) fand die Variation gehäuft mit grosser Dichte im unteren Teil von Gebirgsflüssen (550 - 1150 m.ü.M.).

***Gomphonema micropus* KÜTZING 1844**

G. micropus (in Krammer & Lange-Bertalot 1988 unter der Art *G. angustatum* aufgeführt) besitzt ihren ökologischen Schwerpunkt in mesotrophen bis eutrophen (aber nicht saproben), zumindest gut gepufferten Gewässern mit unterschiedlichem pH-Wert (Krammer & Lange-Bertalot 1991b). Hofmann (1993) ordnet die Art bezüglich der Trophie als tolerant ein. *G. micropus* verfügt demnach über eine hohe trophische Valenz, und das Vorkommen lässt keine oder nur wenig ausgeprägte Beziehungen zur Trophie erkennen. Die Art toleriert zudem keine organische Belastungen und kommt bevorzugt in sauberen Gebirgs Gewässern vor (persönliche Mitteilung von Herr E. Reichardt, welcher die taxonomische Bearbeitung der Gattung Gomphonema durchführt). Aufgrund dieser Angaben ordnen wir die Art der **Differentialartengruppe 1** zu.

***Gomphonema olivaceum* (HORNE-MANN) BREBISSON 1838**

G. olivaceum erscheint nach Lowe (1974) und Krammer & Lange-Bertalot (1986) sowohl unter oligotrophen Verhältnissen als auch in stark eutrophierten Flüssen, gelangt jedoch kaum über den kritischen Belastungsgrad (β - α -mesosaprob) hinaus. Gemäss Lowe (1974) und Hofmann (1989) zeigt die Art eutrophe Verhältnisse an. *G. olivaceum* meidet nach Krammer & Lange-Bertalot (1986) elektrolytarme Biotope und hat nach Cholnoky (1968) ein pH-Optimum von über 8.0. Sie wird zur **Differentialartengruppe 2** gezählt (Krammer & Lange-Bertalot 1986).

***Navicula atomus* (KÜTZING) GRUNOW 1860**

N. atomus erscheint nach Krammer & Lange-Bertalot (1986) in stark eutrophierten elektrolytreichen Gewässern oft massenhaft auf in Zersetzung befindlichem Schlamm oder Detritus und in Kläranlagen-abwässern bis in die polysaprobe Stufe hinein. Sie wird nach Krammer & Lange-Bertalot (1986) und Hofmann (1987) als tolerante Art (**Differentialartengruppe 4**) bezeichnet. Auch Lange-Bertalot & Bonik (1976), Scharf (1984), Fesel (1984) und Elber, Hürlimann & Nägeli (1989) stellten *N. atomus* im Zusammenhang mit Kläranlagenabwässern fest. In Kläranlagen beobachtete Fesel (1984) *N. atomus* in Bereichen mit sehr stark belastetem Abwasser (Einlaufbereich, Vorklärbecken, Nachklärbecken mit ungenügender biologischer Reinigung). Nach Scharf (1984) soll die Art obligat stickstoffheterotroph sein.

***Navicula tripunctata* (O.F. MÜLLER) BORY 1822**

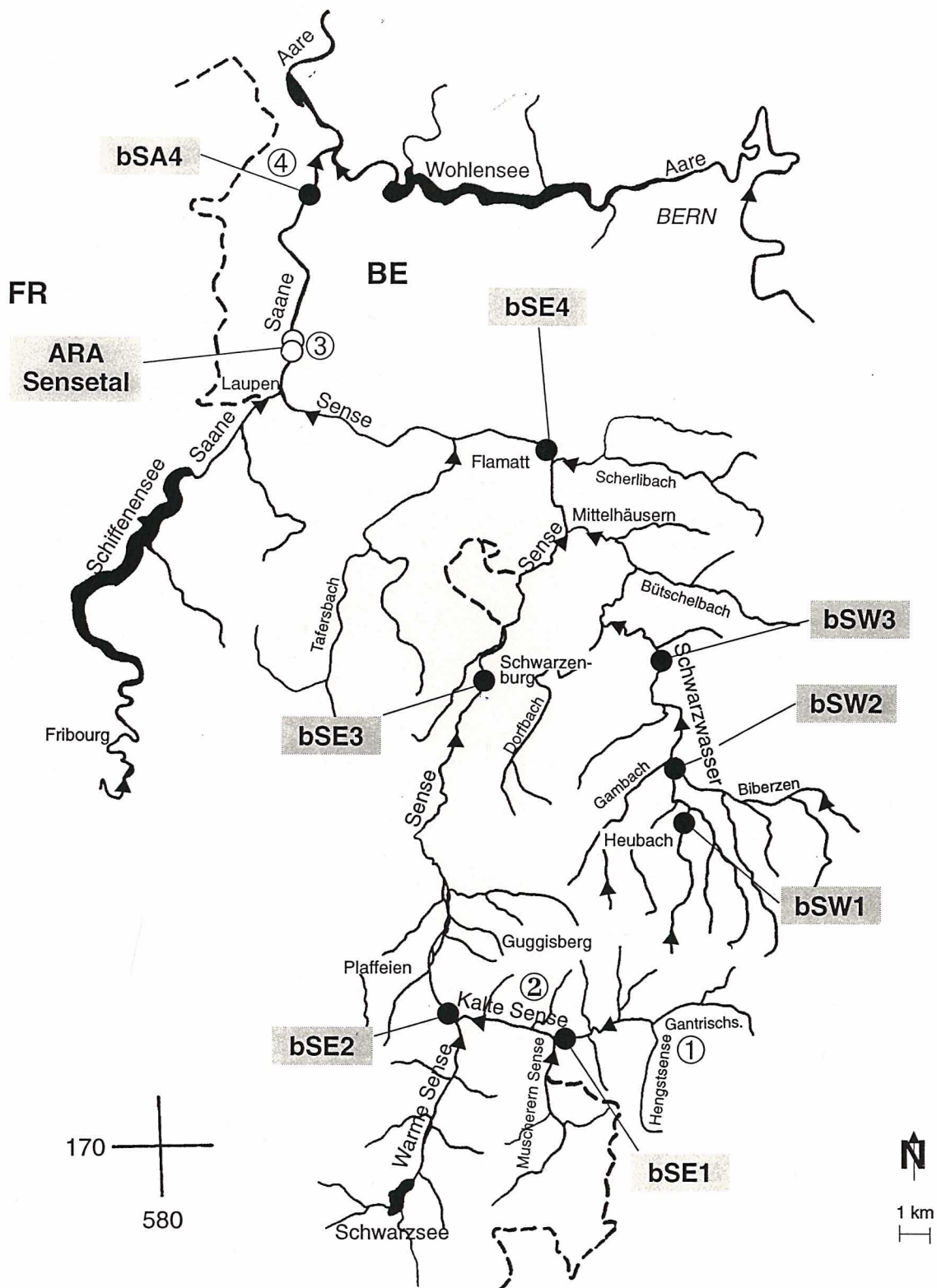
Navicula tripunctata ist kosmopolitisch verbreitet, tritt in Mitteleuropa häufig auf und kommt nur bis zum kritischen organischen Belastungsgrad auf (Krammer & Lange-Bertalot (1986). Die Art gilt daher als guter Indikator gegenüber α -mesosaprobe Verhältnissen und wird der **Differentialartengruppe 2** zugeordnet. Hofmann (1993) stuft sie bezüglich der Trophie als eutraphent ein, d.h. obligat an eutrophes Milieu gebunden. Im weiteren benötigt die Art alkalisches Milieu.

***Nitzschia dissipata* (KÜTZING) GRUNOW 1862**

Nitzschia dissipata ist kosmopolitisch verbreitet, sehr häufig und tritt nach Krammer & Lange-Bertalot (1988) in Gewässern mit mittleren und höheren Elektrolytgehalten auf; elektrolytarme Gewässer meidet sie. Die beiden Autoren ordnen die Art in die **Differentialartengruppe 2** ein. Cleve-Euler (1952), Lowe (1974), Salden (1978), Hofmann (1987) und Steinberg & Schiefele (1988) bezeichnen sie als eutraphente Form. Im weiteren soll sie in sauerstoffreichen Fließgewässern vorkommen (Germain 1981) und ein pH-Optimum um 8 aufweisen (Cholnoky 1968).

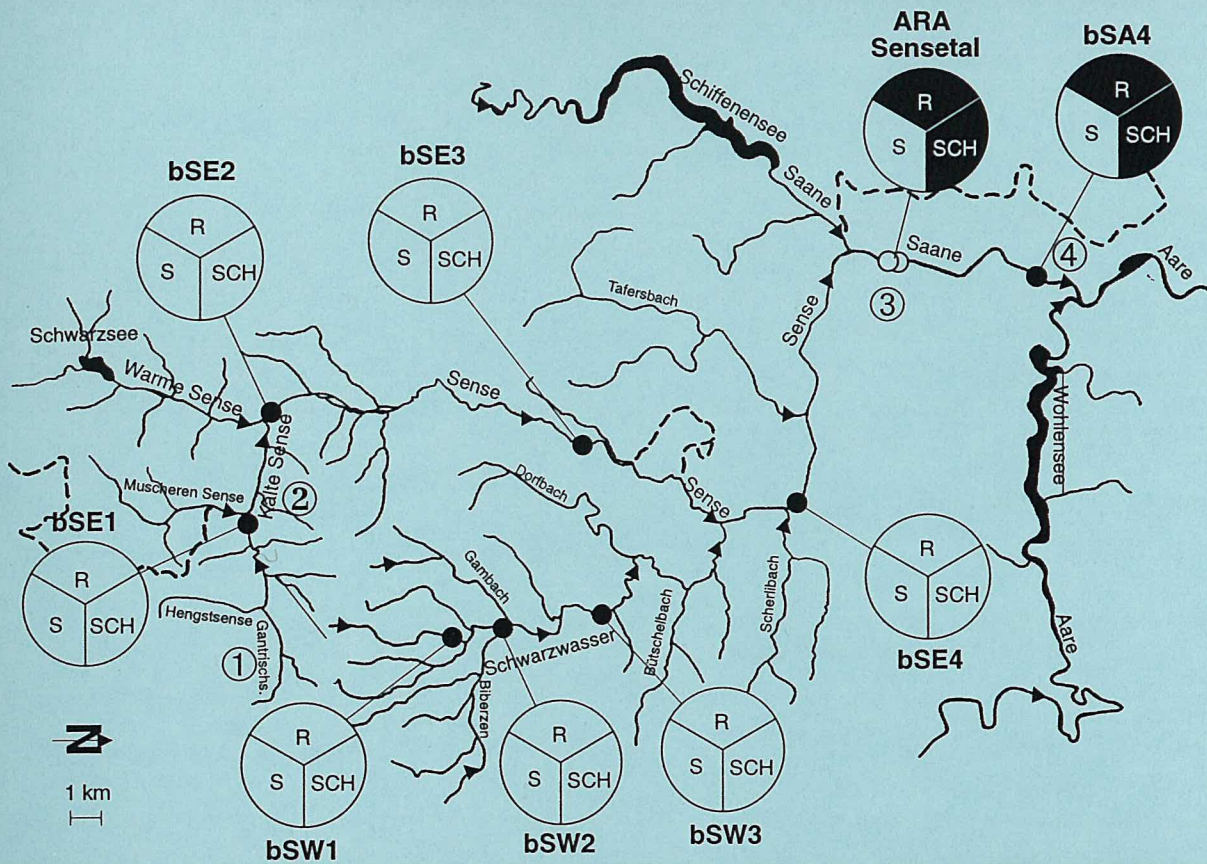
***Surirella brebissonii* KRAMMER & LANGE-BERTALOT 1987**

S. brebissonii tritt bei mittlerem und erhöhtem Elektrolytgehalt auf (Krammer & Lange-Bertalot 1988). Bahls et al. (1984) bestätigen diese Angaben und erwähnen zudem, dass sie im Frühling gehäuft vorkommt und bezüglich der Temperatur keine Präferenzen aufweist. Nach Lange-Bertalot (1979b) zählt *S. brebissonii* zu den Arten, die von Quellbächen der Gewässergüte I bis weit in stark verschmutzte Gewässer (Gewässergüte III) hinein gute Wachstumsbedingungen finden. Wir ordnen die Art gemäss Lange-Bertalot (1979b), Hofmann (1987), Steinberg & Schiefele (1988) und Hofmann (1993) der **Differentialartengruppe 3** zu.



Übersichtsskizze des Untersuchungsgebietes mit den Untersuchungsstellen in der Sense, dem Schwarzwasser und der Saane unterhalb von Laupen. Erläuterungen zu den Probenahmestellen siehe Tab. 1.
 Kläranlagen: ① = Rüschegg-Schwefelbergbad, ② = Sangerenboden, ③ = Sensetal, ④ = Wileroltigen. - - - Kantonsgrenze Bern-Freiburg (wo nicht eingezeichnet, bildet die Sense die Kantonsgrenze).

Hydrologie



Äusserer Aspekt

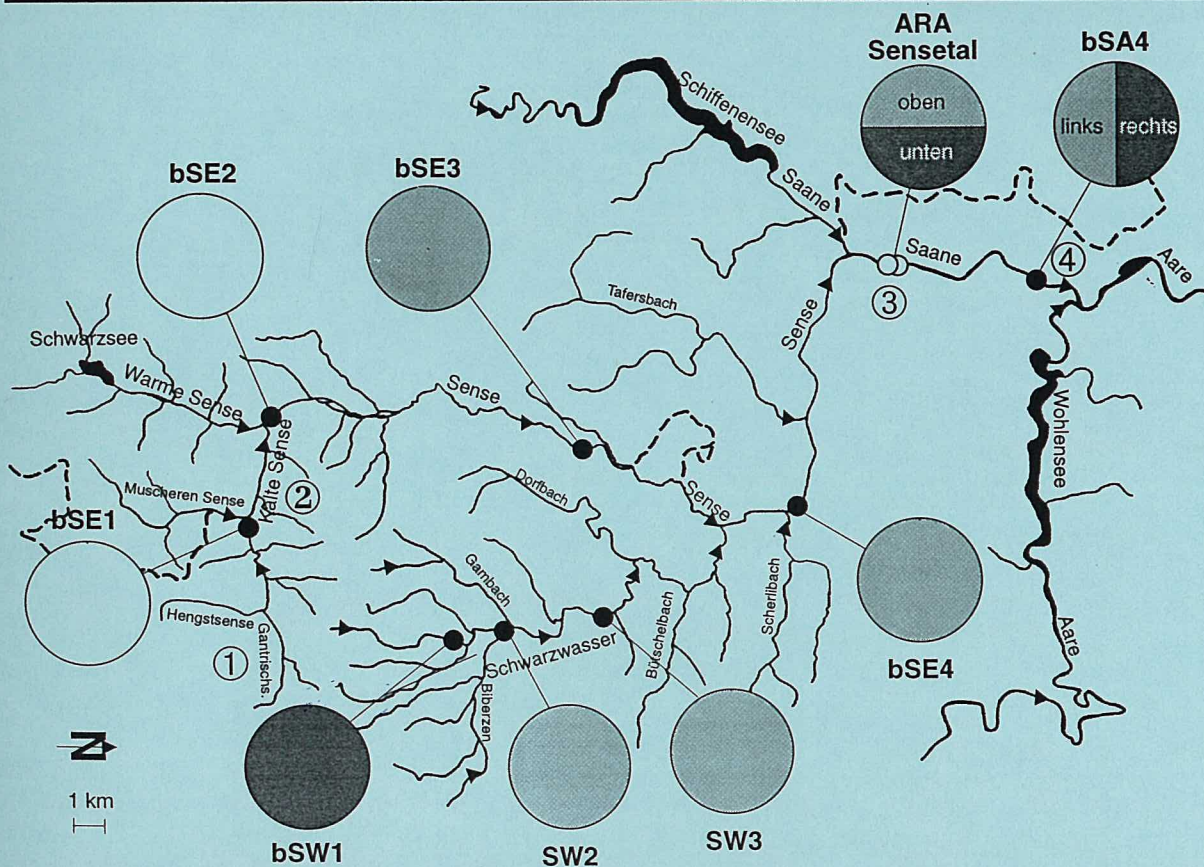


Abb. 1. Übersichtsdarstellung zur hydrologischen Situation, zum äusseren Aspekt, zum ökomorphologischen Zustand und zur Gewässergüte an den Untersuchungsstellen in der Sense (bSE), im Schwarzwasser (bSW) und in der Saane unterhalb von Laupen (bSA4, ARA Sensetal). Kläranlagen: ① = Rüschegg-Schweffelbergbad, ② = Sangernboden, ③ = Sensetal, ④ = Wileroltigen. - - - Kantonsgrenze Bern-Freiburg. Weitere Erläuterungen siehe Legende S. 9B.

Tab. I. Zusammenfassende Übersicht über den ökologischen Gewässerzustand an den Untersuchungsstellen in der Sense, im Schwarzwasser und in der Saane unterhalb von Laupen. Angaben zu den Probenahmestellen und zum Untersuchungsdatum siehe Tab. 1.

Erläuterungen siehe ausklappbare Seite 7B.

Untersuchungsstelle	Hydrologie	Äusserer Aspekt	Ökomorphologischer Zustand	Pflanzenbewuchs			Gewässergüte-Indikation		
				M	T & S	D	Kieselalgen	Wasserwirbellose	
Kalte Sense	bSE1	nicht beeinflusst	keine Beeinträchtigung	• L: natürlich/naturnah • U: natürlich/naturnah • G: natürlich/naturnah	0	3	2	II	I-II
Sense	bSE2	nicht beeinflusst	keine Beeinträchtigung	• L: natürlich/naturnah • U: natürlich/naturnah • G: natürlich/naturnah	0	3	2	II	I
Sense	bSE3	nicht beeinflusst	leichte Beeinträchtigung	• L: natürlich/naturnah • U: natürlich/naturnah • G: natürlich/naturnah	0	4	4	II	I
Sense	bSE4	nicht beeinflusst	leichte Beeinträchtigung	• L: stark beeinträchtigt • U: leicht beeinträchtigt • G: natürlich/naturnah	0	3-4	4	II	I (I-II)
Schwarzwasser	bSW1	nicht beeinflusst	mittlere Beeinträchtigung	• L: natürlich/naturnah • U: natürlich/naturnah • G: natürlich/naturnah	0	1	0	I-II	I
Schwarzwasser	bSW2	nicht beeinflusst	leichte Beeinträchtigung	• L: natürlich/naturnah • U: leicht beeinträchtigt • G: natürlich/naturnah	0	2-3	2	II	I
Schwarzwasser	bSW3	nicht beeinflusst	leichte Beeinträchtigung	• L: natürlich/naturnah • U: natürlich/naturnah • G: natürlich/naturnah	0	3-4	4	II	I
Saane	ARA Sensetal oben	beeinflusst Restwasserstrecke Schwallbetrieb	leichte Beeinträchtigung	nicht beurteilt	1	3	3	II	nicht untersucht
Saane	ARA Sensetal unten	beeinflusst Restwasserstrecke Schwallbetrieb	mittlere Beeinträchtigung (Ciliatenrasen)	nicht beurteilt	1	3-4	3	II	nicht untersucht
Saane	bSA4 links	beeinflusst Restwasserstrecke Schwallbetrieb	leichte Beeinträchtigung	• L: stark beeinträchtigt • U: stark beeinträchtigt • G: leicht beeinträchtigt	2	3-4	4	II	I-II (II)
Saane	bSA4 rechts	beeinflusst Restwasserstrecke Schwallbetrieb	mittlere Beeinträchtigung (Ciliatenrasen)		2	4	4	II	I-II (II)

Erläuterungen zu Tabelle I

Hydrologie (beeinflusste Stellen dunkel hinterlegt)

nicht beeinflusst (natürlich) oder beeinflusst (Abfluss bezüglich Grösse und/oder zeitlicher Verteilung beeinflusst, z.B. Restwasserstrecke, Stauhaltung, Schwallbetrieb, Seeregulierung)

allfällige, weitergehende Angaben:

- Restwasserstrecke
- Schwallbetrieb = Vorhandensein eines das Fliessgewässer stark beeinflussenden Schwallbetriebes
- Stauhaltung = Vorhandensein eines Wehrs mit Staubereich oder eines Stausees

Äusserer Aspekt (nicht den Qualitätszielen entsprechende Stellen dunkel hinterlegt)

Folgende Beobachtungen wurden zur Beschreibung des makroskopischen Gewässereindrucks notiert:

Trübung des Wassers, Verfärbung des Wassers, Geruch, Schaum, anthropogene Abfälle, Detritus/Schlamm (organisch), sedimentierte Partikel (anorganisch), Anwesenheit makroskopisch sichtbarer Kolonien von Bakterien, Protozoen und Pilzen, Fundhäufigkeit von Eisensulfid-Flecken auf der Unterseite von Steinen.

Bewertung: keine, leichte, mittlere, starke, übermässige Beeinträchtigung. Beurteilungs- und Bewertungskriterien siehe Anhang A1.

Ökomorphologischer Zustand (naturwidrig/naturferne Stellen dunkel hinterlegt)

Bewertete Parameter:

- L = Linienführung.
- U = Uferbereich: Bachrand, Ufergliederung/Uferneigung, Vorhandensein von Gewässerrandbiotopen, Ufervegetation, Uferbefestigung.
- G = Gewässerbett: Korngrössenverteilung, Kolmation, Variabilität der Fliessgeschwindigkeit, Variabilität von Bachbreite und Wassertiefe, Durchwanderbarkeit für Wassertiere, Sohlenbefestigung.

Bewertung: natürlich/naturnah, beeinträchtigt, stark beeinträchtigt, naturwidrig/naturfern. Beurteilungs- und Bewertungskriterien siehe Anhang A2.

Pflanzenbewuchs

M: Schätzung des Deckungsgrades von Makrophyten und Moosen bezüglich der gesamten Gewässersohle.

Deckungskategorien: 0 = frei von Bewuchs, 1 = 1 - 10% bedeckt, 2 = 11 - 25% , 3 = 26 - 50%, 4 = 51 - 75%, 5 = 76 - 100%.

T & S: Schätzung der Bewuchsdichte (abgeändert nach Thomas & Schanz 1976, Anhang A3).

Bewuchsdichtestufe: 0 = Kein Bewuchs, 1 = Krustenalgen, 2 = Ansätze von fädigen Algen, 3 = Gut ausgebildete Zotten, 4 = Gewässersohle zum grössten Teil mit Algen bedeckt, 5 = Ganzer Bachgrund mit Algen bedeckt, Konturen der Steine nicht mehr sichtbar.

D: Schätzung der Deckung der Algenfäden bezüglich der gesamten Gewässersohle in Prozent.

Deckungskategorien: siehe unter M.

Gewässergüte-Indikation (nicht den Qualitätszielen entsprechende Stellen dunkel hinterlegt)

Kieselalgen: Differentialartenanalyse nach Lange-Bertalot (1978), siehe Anhang A5.

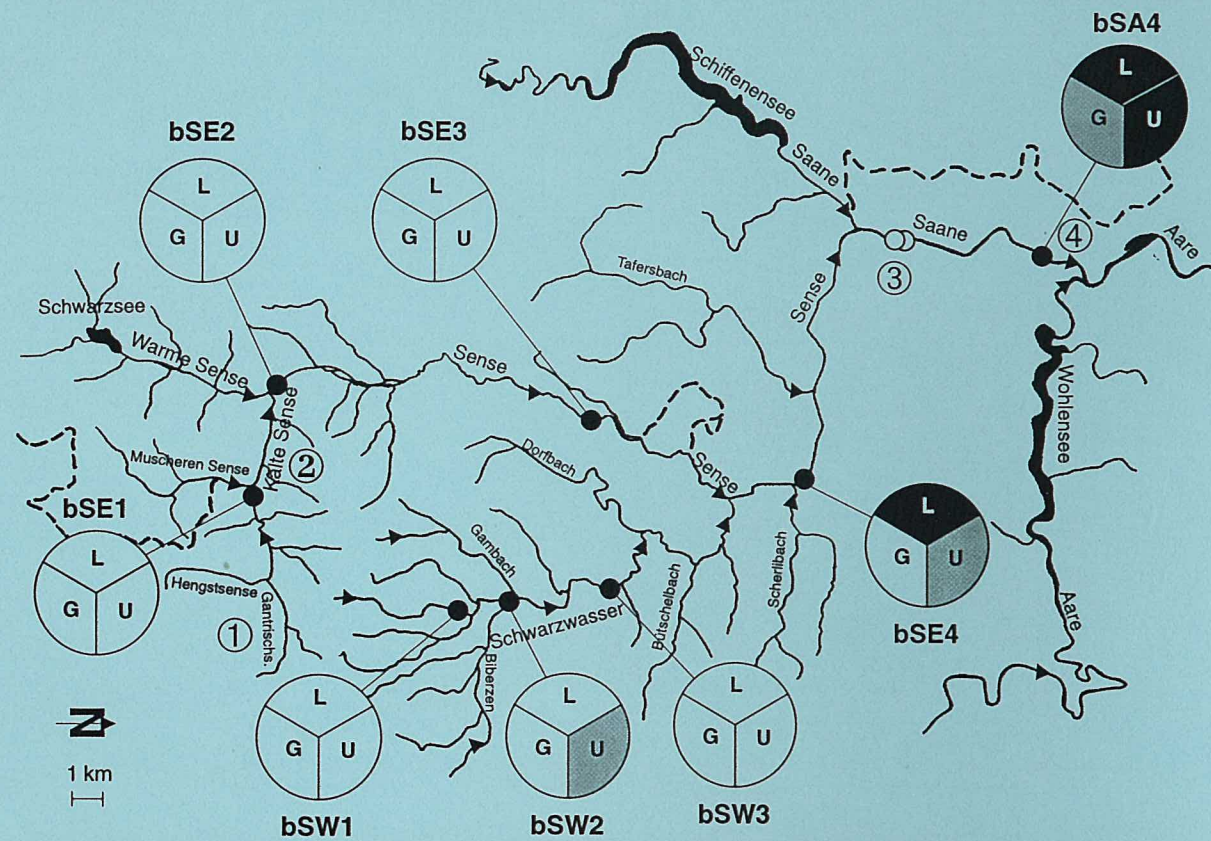
Wasserwirbellose: Saprobieindex und saprobielle Valenz (Zelinka & Marvan 1961), siehe Anhang A6.

Gewässergütestufen:	I	oligosaprob, unbelastet bis sehr gering belastet
	I - II	oligo-β-mesosaprob, gering belastet
	II	β-mesosaprob, mässig belastet
	II-III	β-α-mesosaprob, kritisch belastet
	III	α-mesosaprob, stark verschmutzt
	III-IV	α-meso-polysaprob, sehr stark verschmutzt
	IV	polysaprob, übermässig verschmutzt

In Klammern gesetzte Werte weisen auf den Übergangsbereich zur entsprechenden Gewässergütestufe hin.

Gewässergütestufen grösser als II erfüllen die Qualitätsziele für Fliessgewässer und Flusssstau nicht (Verordnung über Abwassereinleitungen vom 8. Dez. 1975, Stand 1. April 1989).

Ökomorphologie



Gewässergüte

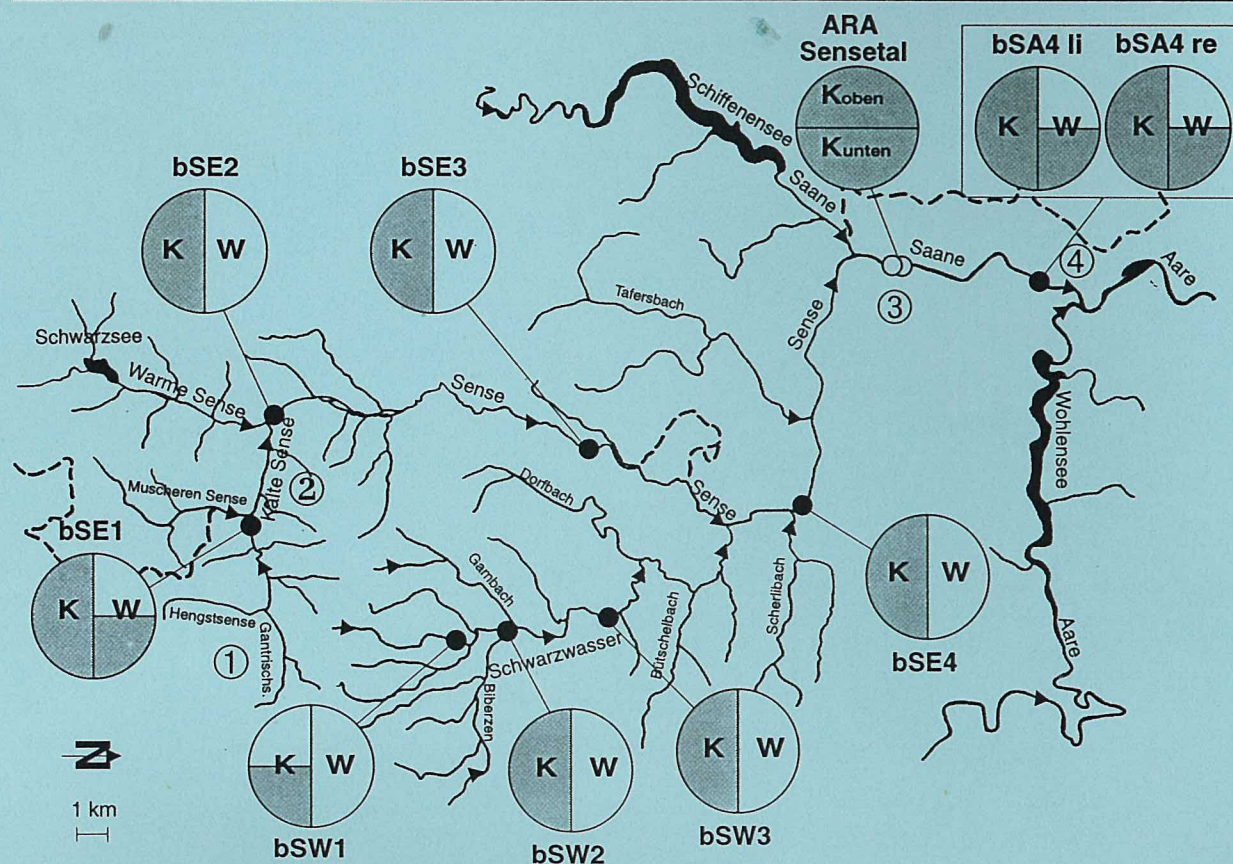
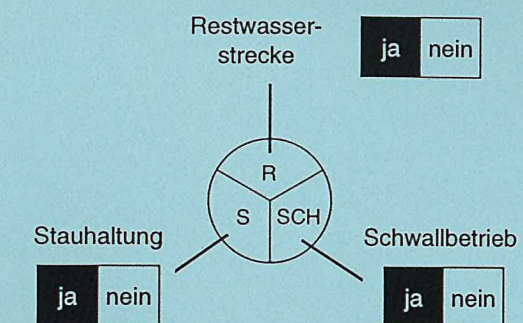


Abb. I. Fortsetzung.

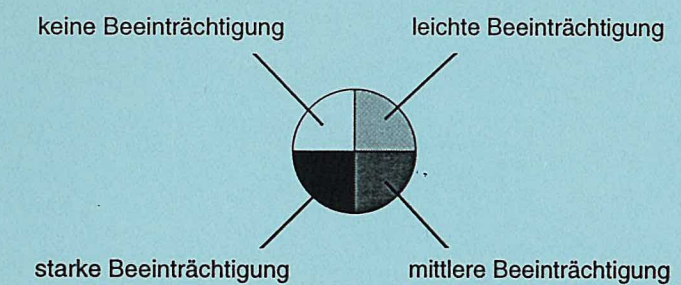
Erläuterungen zu Abbildung I

Erläuterungen zu den Untersuchungsstellen siehe Tab. 1.

Hydrologie



Äusserer Aspekt



Ökomorphologie



Gewässergüte



Bei den ARA-Stellen oben und unten sind die Gewässergüten waagrecht dargestellt.

K = Gewässergütebestimmung mit Kieselalgen, W = Gewässergütebestimmung mit Wasserwirbellosen
li = inks, re = rechts.