

Ergebnisse der wissenschaftlichen Untersuchungen im Schweizerischen Nationalpark
Herausgegeben von der Kommission der Schweizerischen Naturforschenden
Gesellschaft zur wissenschaftlichen Erforschung des Nationalparks

Resultats des recherches scientifiques entreprises au Parc National **suisse**
Publiés par la Commission de la **Société** Helvétique des Sciences Naturelles **pour** les
études scientifiques au **Parc** National

Band XVI

81.

Zur Ökologie der Algen in Quellbächen
des Schweizerischen Nationalparks
(von Buffalora bis Il Fuorn)

von

FERDINAND SCHANZ

Druck Lüdín AG Liestal 1983

Der Autor widmet diese Arbeit

Herrn Dr. Edwin Messikommer

*in Anerkennung seiner grossen Verdienste
um die Algologie in der Schweiz.*

Zu
C

Summary:
down to II

Five areas
tailed investi

Area 1: T
A.) gravel su
Chasa dal St
of the sewage
with unpollu
Tables 2-5 c

Area 2: T
stream (Fig.

ched a rathe
Area 3: T
stose algae w
periods of ba

Area 4: T
the moss *Va*

Area 5: T
the pool fron
constant tem
7.0 (Tab. 25
and 27).

Fig. 21 su

Zur Ökologie der Algen in Quellbächen des Schweizerischen Nationalparks (von Buffalora bis Il Fuorn)

von

FERDINAND SCHANZ

Summary: On the ecology of algae in streams in the Swiss National Park (from Buffalora down to Il Fuorn).

Five areas within the catchment area of the Fuorn stream above Il Fuorn were chosen to undergo a detailed investigation of the ecology of algae (Fig. 1).

Area 1: The spring horizon at Chasa dal Stradin (Fig. 5). This was further subdivided into four areas: A.) gravel surface grown over with grass, including the small sream of servage water coming from the Chasa dal Stradin; B.) The upper section of a stream running parallel to the Ova dal Fuorn. The influence of the servage rvater from the Chasa dal Stradin rvas obvious (Tab. 1); C.) The region containing springs with nnpolluted water (rheocrenes); D.) Springs emerging at the lowest edge of the area of investigation. Tables 2-5 contain the species fonnd.

Area 2: The Ova dals Pluogls from the Ofenpasstrasse down to the point at rvhich it joins the Fuorn stream (Fig. 10). The rvater is poor in nutrients and is cold stenothermic (Tab. 12). A series of species reached a rather a high density, but many were horvever only occasionally found (Tab. 13).

Area 3: The spring horizon opposite the God Margun Vegl (Fig. 12). In the spring regions, mainly crustose algae were found (Tab. 15). *Hydrurus foetidus* was dominant in the outflowing stream, mainly after periods of bad weather.

Area 4: The moss terrace on the left-hand side of the valley, opposite the Val dal Fuorn (Fig. 14). On the moss *Vaucheria pachyderma* and often net-like coatings of filamentous algae were found (Tab. 16).

Area 5: The God dal Fuom linnocrene and the God dal Fuorn pool (Fig. 16). The spring rvater enters the pool from below: it is oxygen-free, supersaturated in calcium sulphate, has a high iron content and a constant temperatur of 6.0°C (Tab. 18-20). Tables 21-23 contain the results of the algological investigations. The rvater of the God dal Fuom pool (Fig. 17, F) had a low conductivity; the pH value was around 7.0 (Tab. 25). In surface sediment samples a large number of *Desmidiaceae* species were found (Tab. 26 and 27).

Fig. 21 summarizes the ecology of groups of algae with respect to water chemistry.

Inhaltsverzeichnis

Vorwort.....	50
A. Einleitung und Problemstellung.....	51
I. Einleitung.....	51
II. Problemstellung.....	51
B. Untersuchungsgebiet.....	52
C. Durchführung der Untersuchungen.....	53
I. Algologische Untersuchungen.....	53
1. Arbeiten im Gelände.....	53
2. Mikroskopische Arbeiten und Bestimmung der Arten.....	54
II. Physikalische und chemische Untersuchungen.....	54
D. Witterung vor den Probenahmen.....	55
E. Quellhorizont bei Chasa dal Stradin und der Zufluss aus dem Buffalora-Gebiet.....	57
I. Quellhorizont bei Chasa dal Stradin.....	57
1. Probenahmestellen.....	57
2. Physikalische und chemische Eigenschaften des Wassers.....	58
3. Gefundene Arten.....	62
4. Substrate und Artenverteilung; Abwassereinflüsse und Tierlosung.....	66
5. Lichteinfluss.....	68
6. Strömung.....	69
7. Kultur von Algen auf Agar.....	70
8. Besonderheiten des Quellhorizontes bei Chasa dal Stradin.....	71
9. Fuornbach.....	71
II. Zufluss aus dem Buffalora-Gebiet.....	73
1. Probenahmestellen.....	73
2. Gefundene Arten.....	75
3. Herkunft des Netzplanktons im Fuornbach bei Chasa dal Stradin.....	76
F. Ova dals Pluogls.....	77
1. Probenahmestellen.....	77
2. Physikalische und chemische Eigenschaften des Wassers.....	77
3. Gefundene Arten.....	80
4. Substrate und Artenverteilung.....	81
5. Lichteinfluss.....	82
6. Strömung.....	82
7. Kultur von Algen auf Agar.....	82
8. Besonderheiten der Ova dals Pluogls.....	82
G. Quellhorizont gegenüber dem God Margun Vegl.....	83
1. Probenahmestellen.....	83
2. Physikalische und chemische Eigenschaften des Wassers.....	84
3. Gefundene Arten.....	84
4. Substrate und Artenverteilung.....	85
5. Lichteinfluss.....	86
6. Strömung.....	87
7. Kultur von Algen auf Agar.....	87
8. Besonderheiten des Quellhorizontes gegenüber dem God Margun Vegl.....	87
H. Quellhorizont gegenüber der Val dal Fuorn.....	87
1. Probenahmestellen.....	87
2. Physikalische und chemische Eigenschaften des Wassers.....	89
3. Gefundene Arten.....	89
4. Substrate und Artenverteilung.....	90
5. Lichteinfluss.....	92
6. Strömung.....	92
7. Kultur von Algen auf Agar.....	92
8. Besonderheiten des Quellhorizontes gegenüber der Val dal Fuorn.....	92

.....	50
.....	51
.....	51
.....	51
.....	52
.....	53
.....	53
.....	53
.....	54
.....	54
.....	55
ra-Gebiet.....	57
.....	57
.....	57
.....	58
.....	62
ung.....	66
.....	68
.....	69
.....	70
.....	71
.....	71
.....	73
.....	73
.....	75
adin.....	76
.....	77
.....	77
.....	77
.....	80
.....	81
.....	82
.....	82
.....	82
.....	82
.....	83
.....	83
.....	84
.....	84
.....	85
.....	86
.....	87
.....	87
un Vegl.....	87
.....	87
.....	87
.....	89
.....	89
.....	90
.....	92
.....	92
.....	92
rn.....	92

	49
J. Gewässer im God dal Fuorn.....	93
I. God dal Fuorn-Limnokrene.....	93
1. Probenahmestelle.....	93
2. Physikalische und chemische Eigenschaften des Wassers.....	93
3. Gefundene Arten.....	99
4. Artenverteilung.....	101
5. Beobachtete Veränderungen des Bewuchses.....	104
6. Produktivität.....	104
7. Besonderheitender God dal Fuorn-Limnokrene.....	106
II. God dal Fuorn-Tümpel.....	106
1. Probenahmestelle.....	106
2. Physikalische und chemische Eigenschaften des Wassers.....	106
3. Gefundene Arten.....	108
4. Besonderheitendes God dal Fuorn-Tümpels.....	110
5. Vergleich der Algenbiozönose der God dal Fuorn-Limnokrene und des God dal Fuorn-Tümpels.....	110
K. Ökologische Schlussbemerkungen.....	111
L. Ausblick.....	119
Zusammenfassung.....	119
Literaturverzeichnis.....	120
Anhang.....	125

Vorwort

Auf Grund einer **Anregung** von Herrn Prof. Dr. EUGEN THOMAS begann ich im Jahre 1975 mit algologischen Untersuchungen im Schweizerischen Nationalpark. Prof. THOMAS interessierte sich für den Fortgang der Arbeiten und unterstützte mich in den Bestrebungen, einen möglichst guten Überblick über die algologischen Besonderheiten des Gebietes von **Buffalora** bis **Il Fuorn** zu erlangen. Bei den Exkursionen begleiteten mich meine Frau FRIEDA, sowie die Herren Dr. KURT HANSELMANN, ROLF HÜBER und ERNST SCHANZ, Herr Dr. ERNST ROMANN, Kantonschemiker Zürich, erlaubte mir während der Jahre 1975-77, die Arbeiten im Kantonalen Laboratorium durchzuführen. Die Herren Ing. chem. HANS BEUGGERT und BERNHARD GUGGENBÜHL führten für mich Wasseranalysen durch. Die **Algentafeln** wurden von Dr. HANSRUEDI BÜRGI kontrolliert. Zum Text erhielt ich wertvolle Anregungen von Prof. THOMAS, Herr Dr. GIAN GENSLER (Schweiz. Meteorologische Zentralanstalt) stellte mir die Wetterdaten der **Beobachtungsstation Buffalora-Ofenpass zur Verfügung**, und Herr Dr. ROBERT SCHLOETH erleichterte mir in verschiedener Beziehung die **Arbeit** im Park. Die Übersetzung der Zusammenfassung besorgte DAVID M. LIVINGSTONE.

Für die finanzielle Unterstützung danke ich der Kommission für die wissenschaftliche Erforschung des Nationalparks der Schweizerischen Naturforschenden Gesellschaft, ferner dem Schweizerischen Nationalfonds **zur** Förderung der **wissenschaftlichen** Forschung, Gesuch Nr. 3.401.78.

Die **Arbeit** gliedert sich in einen allgemeinen Teil mit den Kapiteln A bis D und einen speziellen Teil, der die fünf Hauptbiotope E bis J behandelt. Die Kapitel K und L **runden** die Arbeit ab.

A. EINLEITUNG UND PROBLEMSTELLUNG

I. Einleitung

Der Schweizerische Nationalpark wurde durch einen **Bundesbeschluss** vom 3. April 1914 **geschaffen**; ein weiterer Beschluss vom 7. Oktober 1959 bestätigte die heutigen Grenzen. Das **Parkgebiet** umfasst eine Fläche von 170 km²; es erstreckt sich von 1700 m ü.M. bis 3164 m ü.M. (**Piz Quattervals**) und ist zu rund 30% bewaldet. Die Gründer des Nationalparks wollten einen Teil der Schweiz so **schützen**, dass sich Flora und Fauna nach ihren eigenen Gesetzen entwickeln können, **unbeeinflusst** von menschlicher Tätigkeit (Kommission für die **wissenschaftliche** Erforschung des Nationalparks, 1966). Leider ist dies in einem so dicht besiedelten Land wie der Schweiz nur beschränkt möglich. Einflüsse verschiedenster Art kommen von **ausserhalb** des Parkgebietes, **zum** Beispiel über die Luft oder das zufließende Wasser. **Ausserdem** können die **grossen Besucherströme** zu Veränderungen führen, die jedoch wegen der gut **kontrollierten** Parkvorschriften örtlich begrenzt bleiben.

Die wissenschaftliche Forschung wurde schon bald nach der Eröffnung des Parks **aufgenommen**, und bereits 1920 erschienen erste Publikationen in den **«Denkschriften der Schweizerischen Naturforschenden Gesellschaft»** (ab 1928 Herausgabe der **«Ergebnisse der wissenschaftlichen Untersuchungen im Schweizerischen Nationalpark»**). Nach dem 2. Weltkrieg nahm die **Forschungstätigkeit** beträchtlich zu; es wurden neben anderen Themen zahlreiche Pflanzen- und **Tiergruppen** näher bearbeitet. Die vorliegende **Arbeit** will einen Beitrag zur Kenntnis der **Algenökologie** im Schweizerischen Nationalpark leisten.

II. Problemstellung

Es war das Ziel meiner Arbeiten, die Zusammensetzung und die Lebensbedingungen von **Algengemeinschaften** im Gebiet von **Buffalora** (2000 m ü.M.) bis **Il Fuorn** (1790 m ü.M.) möglichst gut **zu** erfassen. Ausserdem interessierte, welchen Einfluss bestimmte Umweltfaktoren auf die Artendichte einer Biozönose ausüben. Bei den Untersuchungen blieben die Diatomeen unberücksichtigt, da schon eine eingehende **Arbeit** von WUTHRICH (1975) vorlag. Das Gebiet wurde im Schweizerischen Nationalpark gewählt, weil hier die anthropogenen Einflüsse **gering** sind; dadurch werden interessante Vergleiche mit Gewässern des Mittellandes möglich.

Ursprünglich waren algologische Untersuchungen vor allem im Fuornbach geplant. **Wegen** der stark schwankenden **Wasserführung** beobachtete ich nur kurzzeitig an einzelnen günstigen Stellen **Algenassoziationen**. Das **Hauptgewicht** der Untersuchungen musste deshalb auf Quellgebiete und Tümpel gelegt werden, bei denen **zu** erwarten war, dass die **Algenbiozöosen** längere Zeit bestehen bleiben. Wie die **Algologen KURZ (1922), JAAG (1938), MESSIKOMMER (1942), BEHRE und WEHRLE (1942) und KANN (1978)** ging ich von der **Annahme** aus, dass die **Zusammensetzung** solcher **Algengesellschaften** durch die Besiedlungsgeschichte und die vorherrschenden Wachstumsbedingungen bestimmt wird (biotische und abiotische Faktoren) und deshalb für die Probenahmeorte charakteristisch ist. Auch hier können sich **Algenbiozöosen**, die einen mehr oder weniger stabilen **Eindruck** machen, ändern: Durch **Mensch** und **Tier**, durch Wind oder zufließendes Wasser gelangen immer wieder **neue Arten** an einen **be-**

stimmten Standort (WUTTRICH et MATHEY, 1980); zudem ist damit zu rechnen, dass Arten durch Ausschwemmen, **Tierfrass** oder Krankheiten verschwinden. Für Untersuchungen ergibt sich eine weitere Schwierigkeit dadurch, dass Arten als Sporen oder in geringer Dichte ungünstige **Wachstumsbedingungen** überdauern, sich jedoch bei günstigen Bedingungen **rasch** vermehren können. Um **ein** gutes Bild der Zusammensetzung der **Algenbiozönose** zu erhalten, ist jede **Probenahmestelle** mehrmals zu besuchen.

Grundsätzlich **sind** zwei **Algengemeinschaften** zu unterscheiden:

- a) Krusten auf wenig bewegten Substraten (Fels, Steinblöcke, Holz) mit **geringen Schwankungen** in Zusammensetzung und Dichte. Sie sind an extreme **Umweltbedingungen** angepasst.
- b) **Gemeinschaften** mit Arten, die sich je nach den vorherrschenden **Wachstumsbedingungen** mehr oder weniger **stark** entwickeln. Mein breit angelegtes **Untersuchungsprogramm** hat zum Ziel, **Umweltfaktoren** zu erfassen, die **markante** Veränderungen bewirken.

B. UNTERSUCHUNGSGEBIET

Abb. 1 zeigt das Probenahmegebiet. Die Bäche aus der Val Nügglia und der Gegend von Buffalora **vereinigen** sich beim Wegerhaus (**Chasa dal Stradii**, 1968 m ü.M.) und bilden den **Fuornbach** (**Ova dal Fuorn**), der in nordwestlicher Richtung abfließt. Die Val Nügglia ist ein tief eingeschnittenes Tal ohne Häuser und Viehweiden. Im Einzugsgebiet des Zuflusses von der Alp Buffalora befinden sich Viehweiden, mehrere Hütten und ein **Zollhaus**. Mit Ausnahme der oben **erwähnten Gebäude**, einer Hütte bei Stabelchod (1958 m ü.M.) und dem Hotel II Fu-

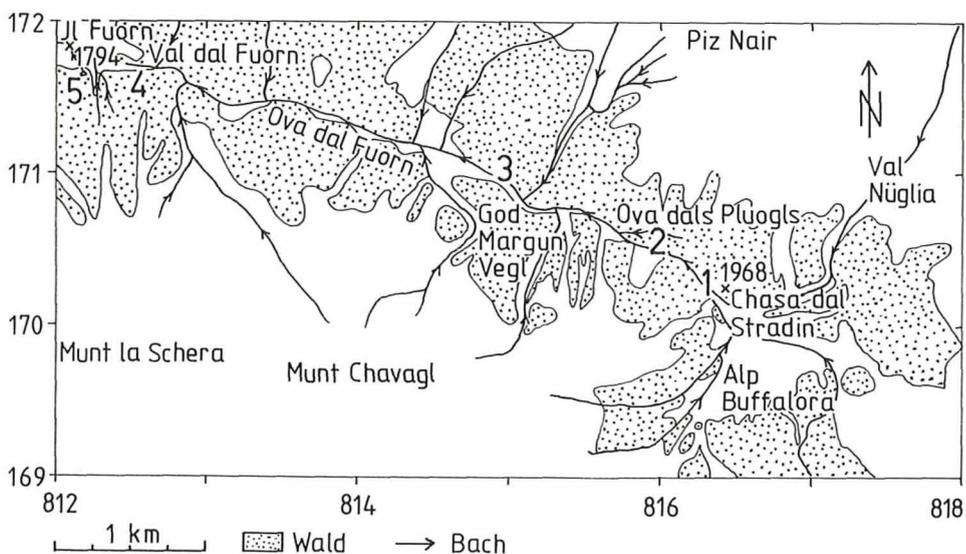


Abb. 1. Lage der untersuchten Quellbäche 1 bis 5 im Gebiet von Buffalora bis II Fuorn. Abszisse und Ordinate: Koordinaten der Landeskarten. Verwendete Kartenblätter: Sta Marie, 1239; S-charl. 1219; Zernez, 1218.

lamit zu rechnen, dass Arten
n. Für Untersuchungen ergibt
der in geringer Dichte **ungün-**
tigen Bedingungen rasch **ver-**
genbiozönose zu erhalten, ist

en:
olz) mit geringen **Schwankun-**
weltbedingungen angepasst.
iden Wachstumsbedingungen
rsuchungsprogramm hat zum
n bewirken.

IET

glia und der Gegend von Buf-
m ü.M.) und bilden den **Fu-**
st. Die Val **Nügglia** ist ein tief
gebiet des Zuflusses von der
ein **Zollhaus**. Mit Ausnahme
a ü.M.) und dem Hotel II **Fu-**



lora bis II **Fuorn**. Abszisse und
ta **Macia**, 1239; S-charl, 1219;

orn (1794 m ü.M.) sind in der Region keine weiteren Häuser vorhanden. Zwischen der Chasa **dal Stradin** und dem Hotel II **Fuorn** münden von rechts die Val **Naira**, die Val **dal Stabelchod**, die Val **dal Botsch** sowie die Val **dal Fuorn**, von links die Val **Brüna** und die Val **Chavagl**. In diesen Tälern fließen Bäche, die meist in den mächtigen Schotterfeldern verborgen sind. Bis etwa 2200 m ü.M. dehnen sich auf **beiden** Seiten des **Talgrundes grosse** Waldflächen aus, **unterbrochen** von den Seitentälern und von Schneisen, die durch Lawinen oder Steinschlag gebildet wurden. Zur Geologie des Gebietes liegen verschiedene Publikationen vor (**u.a.** von **BOESCH**, 1937; **KARAGOUNIS**, 1962; **TRÜMPY**, 1972). Die von uns untersuchten Gewässer dürften **hauptsächlich** durch folgende Gesteine beeinflusst sein: Dolomite, Kalke, Tonschiefer, Mergel und Gips (Chemismus des Wassers siehe Tab. 1, 12, 18-20, 25). Chemisch handelt es sich um CaCO_3 (Kalk), $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$ (Dolomit), $\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{SiO}_2 + \text{H}_2\text{O}$ (Tone) und $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ (Gips) (**HOLLEMAN** und **WIBERG**, 1976).

Gemäss Abschnitt **A.II.** waren fünf Stellen für eine intensive algologische Bearbeitung geeignet. Sie wurden im Jahre 1975 ausgewählt. Stelle 1: Beim Zusammenfluss der Bäche aus der Val **Nügglia** und dem **Buffalora**-Gebiet befindet sich auf der rechten Talseite ein **Quellhorizont** von 120 Metern Länge. Stelle 2: Ich untersuchte den **Algenbewuchs** in der Ova **dals** **Pluogls** von der Ofenpassstrasse bis zur Mündung in den **Fuornbach**. Stelle 3: Es handelt sich um einen **Quellhorizont** an der rechten Talseite gegenüber dem **God Margun** **Vegl**. Stelle 4: Die **Moosterrasse** mit den **beiden Hangquellen** befindet sich im Wald über dem **Fuornbach** gegenüber der Val **dal Fuorn**. Stelle 5: Sie umfasst **zwei** grundsätzlich verschiedene Gewässer im **God dal Fuorn**: eine **Limnokrene** und einen **Tümpel**. Die **Limnokrene** war bereits von **NADIG** (1942) untersucht worden, der sich **u.a.** intensiv mit den **Temperaturverhältnissen** und dem **Chemismus** beschäftigte. Der **Tümpel**, wenige Meter westlich der **Limnokrene** gelegen, wird **nur** durch Regenwasser gespiesen.

C. DURCHFÜHRUNG DER UNTERSUCHUNGEN

I. Algologische Untersuchungen

1. Arbeiten im Gelände

Bei den Probenahmen verwendete ich **Protokollblätter**, auf denen für jede gesammelte **Algenprobe** folgende **Informationen** eingetragen wurden:

a) **Genauer Entnahmeort**. Falls eine stichwortartige Beschreibung nicht möglich war, stellte ich **Planskizzen** mit Angabe des **Entnahmeortes** her.

b) **Beschreibung der Fundstelle** mit näherer Umgebung. Für die vorgesehene **Auswertung** interessierte, ob eine Probe aus dem fließenden Wasser stammte, aus **Tümpeln**, **Moospolstern** oder gar von **Steilen** über dem **Wasserspiegel**. Ausserdem notierte ich, ob **menschliche** oder **tierische Einflüsse** zu beobachten waren (**z.B.** **Fäkalien**, **Abfälle** von **Rastplätzen**).

c) **Fliessgeschwindigkeit des Wassers**. Ein bedeutsamer Standortfaktor für **Algen** in **Bächen** und **Fliessen** ist die **Fliessgeschwindigkeit**.

d) **Art der Probenahme**. Ich notierte, ob die **Algenprobe** durch **Abkratzen** von **einer Stein- oder Holzoberfläche**, durch **Ausquetschen** von **Moos** oder **Abschöpfen** vom **Gewässergrund** erhalten worden war.

e) Häufigkeit. Nach der Entnahme jeder Probe versuchte ich, den **Deckungsgrad** der darin enthaltenen dominanten **Algengruppe** zu schätzen (z.B. Blaualgen, fädige Grünalgen, kokkale Grünalgen).

f) Besonderheiten. Als **weitere** Beobachtungen wurden notiert: Farbe der Algenbiozönose und deren Beschaffenheit (Krusten, Watten, **Bodenüberzüge**), Entwicklung von Schwefelwasserstoff, **Bildung** von Eisensulfid, auffällige Konsumenten.

Am Abend des Probenahmetages fasste ich für alle Probenahmeorte die wichtigsten Eindrücke zusammen und hob besonders **Massenentwicklungen** hervor.

2. Mikroskopische Arbeiten und Bestimmung der Arten

Die gesammelten Proben untersuchte ich während etwa einer Woche im **unfixierten** Zustand; anschliessend wurde Formalin zugegeben. Mir unbekannte Arten zeichnete ich mit Hilfe eines Zeichenarmes der Firma Wild (Heerbrugg, Schweiz). Die Bestimmungen wurden so lange fortgesetzt, bis in den Präparaten einer Probe keine neuen Formen mehr auftraten. Dann markierte ich die häufigen Arten. Vor der Verarbeitung der Resultate kontrollierte ich die Artnamen. Die Zusammenstellung (Tab. 29) enthält fast **alle** im Gebiet von Buffalora bis Il Fuorn gefundenen Algen; die wenigen Ausnahmen sind unten aufgeführt. Ausserdem werden Hinweise auf die Tafeln 1–15 gemacht. Die Abbildungen der Tafeln zeigen zur Bestimmung wichtige Merkmale, die am fixierten Material noch festzustellen waren. Vergleichbare **Artenlisten** mit ökologischen Angaben erstellten **JAAG (1938)**, **WEHRLE (1942)** und **KANN (1978)**.

Bakterien (*Beggiatoa* alba; *Sphaerotilus* natans, Angaben zur Ökologie: Kap. E.I.3; Schwefel- und Eisenbakterien, Kap. J.I.3) bestimmte ich nach **HUBER-PESTALOZZI (1938)**. Sie erscheinen immer am Anfang der Artenlisten, gefolgt von den Cyanophyta, den Chromophyta (Chrysophyceae, **Xanthophyceae**, Dinophyceae) und den Chlorophyta (Chlorophyceae, **Conjugatophyceae**, Charophyceae). Am Schluss sind die Gattungen **Phacus** und **Cryptomonas** sowie die Flechte **Verrucaria elaemelaena** aufgeführt. Innerhalb der Cyanophyta und der Klassen der Chromophyta und Chlorophyta verzichtete ich auf weitere taxonomische Gruppierungen: Die Tabellen enthalten die Arten in alphabetischer Reihenfolge. Für Fragen der Systematik benützte ich das Lehrbuch von **FOTT (1971)**.

II. Physikalische und chemische Untersuchungen

Morphologie der Limnokrene. Uferlinie mit Kompass und Messband; Tiefen durch Ausloten.

Probenahme. In Fliessgewässern, **Hangquellen** und im God dal Fuorn-Tümpel durch Schöpfen; in der Limnokrene, wie **NADIG (1942)**.

Physikalische Untersuchungen. Temperatur: Geeichte **Quecksilberthermometer** oder elektrisches Gerät der **Firma Züllig (Rheineck, Schweiz; TTM 27)**, pH-Wert: Metrohm (Herisau, Schweiz) E 488 mit Elektrode EA 152. Sauerstoff: WTW (Weilheim, BRD) **Oxi 57** mit Fühler **EO 166**. Licht: Lambda Li-Cor Modell Li 185 mit Fühler Li **192S** (Lincoln, Nebraska, U.S.A.); QSM-2500 mit Fühler in Unterwassergehäuse (**Techtum Instrument, Umeå**, Schweden). **Metalle**: Cd, Co, Cr, Cu, Fe, K, Li, Mg, Mn, Na, Ni, Pb, Sn, Zn, **durch Atom-Absorptions-Spektroskopie (AAS)** mit Perkin **Elmer 403**. Leitfähigkeit: Philips PW 9504 mit Elektrode PW 9510.

Chemische Untersuchungen: NH_4^+ , S^{2-} , Fe: Aquaquant der Firma Merck (**Darmstadt, BRD**) für Messungen im Gelände. $\text{PO}_4^{3-}\text{-P}$, Gesamt-P, $\text{NO}_3^-\text{-N}$, $\text{NO}_2^-\text{-N}$, $\text{NH}_4^+\text{-N}$, O_2

ch, den **Deckungsgrad** der **dar-**
ialgen, fädige Grünalgen, kok-

iert: Farbe der Algenbiozönose
 Entwicklung von **Schwefelwas-**

ahmeorte die wichtigsten **Ein-**
ervor.

ier Woche **im unfixierten Zu-**
 te Arten zeichnete ich mit Hil-
 Die Bestimmungen wurden so
uen Formen mehr auftraten.
der Resultate kontrollierte ich
le im Gebiet von Buffalora bis
 n aufgeführt. **Ausserdem wer-**
der Tafeln zeigen zur **Bestim-**
ustellen waren. Vergleichbare
HRLE (1942) und **KANN (1978)**.
 zur **Ökologie: Kap. E.I.3;**
HUBER-PESTALOZZI (1938). Sie
yanophyta, den **Chromophyta**
phyta (Chlorophyceae, Con-
Phacus und **Cryptomonas** so-
er Cyanophyta und der **Klas-**
 re taxonomische **Gruppierun-**
olge. Für Fragen der **Systema-**

ersuchungen

nd Messband; Tiefen durch

od dal Fuorn-Tümpel durch

Quecksilberthermometer oder
), pH-Wert: **Metrohm (Heri-**
Weilheim, BRD) Oxi 57 mit
 Li 192S (Lincoln, Nebraska,
 Instrument, **Umeå, Schwe-**
 , Pb, Sn, Zn. durch **Atom-**
igkeit: Philips PW 9504 mit

t der Firma Merck (Dann-
 $\text{O}_3\text{-N}$, $\text{NO}_2\text{-N}$, $\text{NH}_4^+\text{-N}$, O_2

nach Eidg. Dep. des Innern (1971); **Säurebindungsvermögen**, CO_2 , SO_4^{2-} , Gesamthärte nach
 den Deutschen Einheitsverfahren (1981); Cl^- , Ca^{2+} , Mg^{2+} nach **GOLTERMAN et al. (1978)**.

D. WITTERUNG VOR DEN PROBENAHMEN

Seit 1917 besteht eine Wetterstation bei Chasa **dal Stradin** (Messstelle Buffalora-Ofenpass
 der Schweiz. Meteorolog. Zentralanstalt). Die Monatsmittel der Messungen sind in den **Jah-**

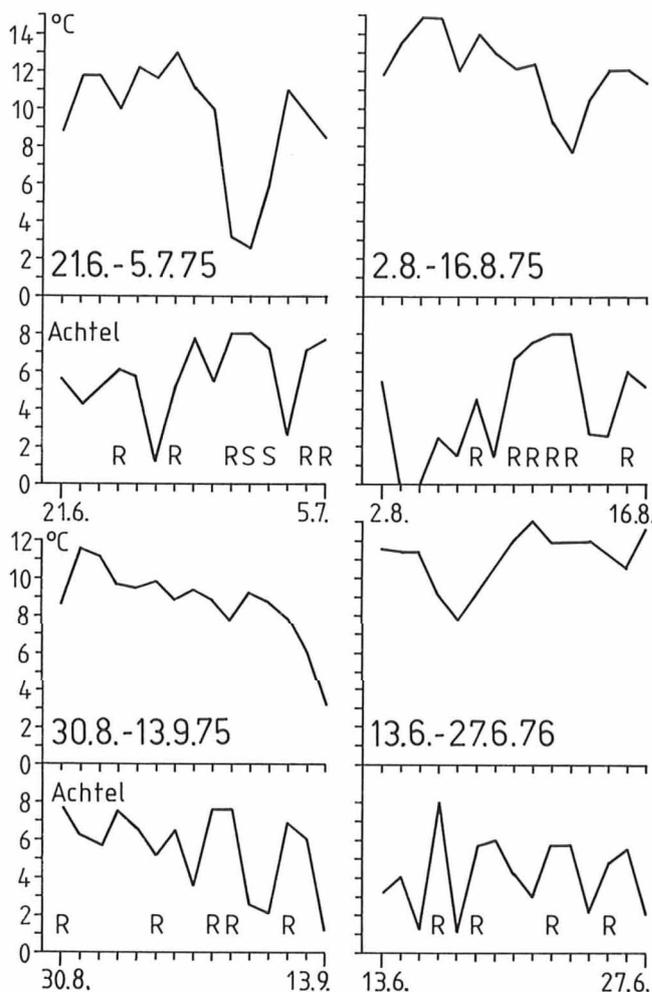


Abb. 2. Lufttemperatur und Bewölkung während 14 Tagen vor dem Probenahmedatum. Periode Jiini 1975 - Jiini 1976. Messstelle Buffalora-Ofenpass der Schweiz. Meteorologischen Zentralanstalt. R = Regen; S = Schnee. Lufttemperatur (°C): Tagesmittel. Bewölkung (Achtel): $(b_{07.00} + 2 \cdot b_{13.00} + b_{19.00})/4$; $b_{07.00}$ = Bewölkung um 07.00.

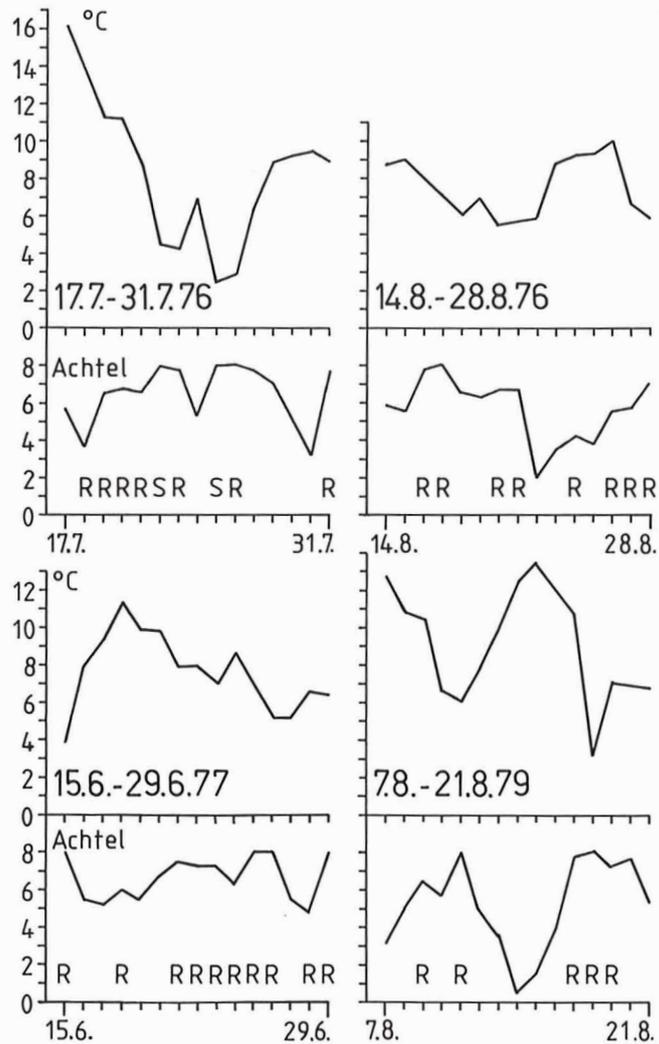


Abb. 3. Lufttemperatur und Bewölkung während 14 Tagen vor dem Probenahmedatum. Periode Juli 1976 - August 1979. Weitere Erläuterungen, siehe Abb. 2.

resberichten der Kommission zur wissenschaftlichen Erforschung des Schweizerischen Nationalparks enthalten. Langjährige Mittel findet man im wissenschaftlichen Führer «Durch den Schweizerischen Nationalparks (Kommission für die wissenschaftliche Erforschung des Nationalparks, 1966) und in einer Arbeit von **UTTINGER (1968)**. Über den Einfluss von **längerfristigen Klimaschwankungen auf Algenbiozönosen** ist wenig bekannt. Von den bei Chasa **dal Stradin** beobachteten Faktoren eignen sich vor **allem** Lufttemperatur und Bewölkung für eine Beurteilung des Einflusses der Witterung **auf Algenbiozönosen**. Dabei verwendete ich die Angaben der 15 dem Probenahmedatum vorangehenden Tage; unter Versuchsbedingungen hat sich nämlich gezeigt, dass in dieser Zeit Mischkulturen von **Algen** beträchtliche **Biomassemen-**



Probenahmedatum. Periode Juli

g des Schweizerischen Nationalen Führer «Durch den liche Erforschung des Nationalen Einfluss von längerfristigen Von den bei Chasa dal Stratur und Bewölkung für eine Dabei verwendete ich die Ander Versuchsbedingungen hat beträchtliche Biomassemen-

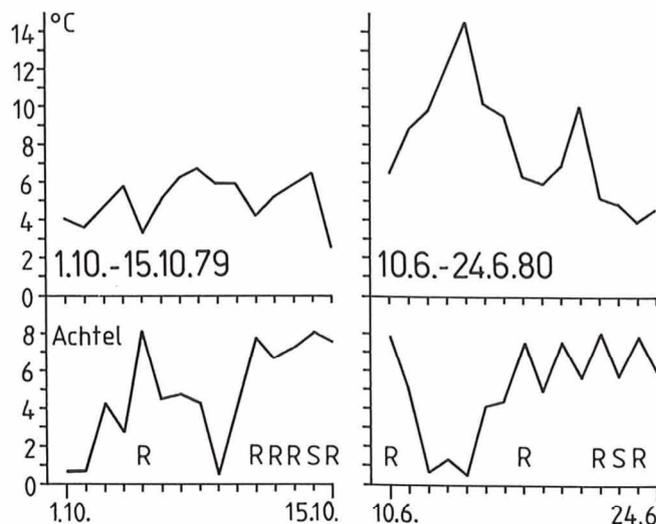


Abb. 4. Lufttemperatur und Bewölkung während 14 Tagen vor dem Probenahmedatum: 15. Oktober 1979 und 24. Juni 1980. Weitere Erläuterungen, siehe Abb. 2.

gen erreichen (SCHANZ und BETSCHART, 1979). In den Abb. 2 bis 4 sind die Temperatur- und Bewölkungswerte für die Jahre 1975 bis 1980 enthalten. Wenn während 15 Tagen die durchschnittliche tägliche Bedeckung an weniger als 6 Tagen den Wert 6 oder mehr erreichte, bezeichnete ich dies als Schönwetterperiode; trat im gleichen Zeitraum an mindestens 9 Tagen starke Bewölkung auf (Bedeckung ≥ 6), wird im folgenden von Schlechtwetterperioden gesprochen. Nach den genannten Definitionen gingen dem 16.8.1975 und dem 27.6.1976 Schönwetterperioden voraus; die Probenahmen vom 13.9.1975 und vom 31.7.1976 erfolgten nach ausgesprochen schlechter Witterung. Tauchten Vermutungen auf, die Witterung vor dem Zeitraum von 15 Tagen habe das Algenwachstum beeinflusst, wurde dies im Text erwähnt.

E. QUELLHORIZONT BEI CHASA DAL STRADIN UND DER ZUFLUSS AUS DEM BUFFALORA-GEBIET

I. Quellhorizont bei Chasa dal Stradin

1. Probenahmestellen

Der Quellhorizont befindet sich SW des Punktes 1968 (Chasa dal Stradin) hart an der Grenze des Nationalparks (Abb. 5). Er dehnt sich auf einer Länge von etwa 120 Metern aus und liegt 1 Meter über der heutigen Schotterebene der Ova dal Fuorn. Nach BOESCH (1937) soll es

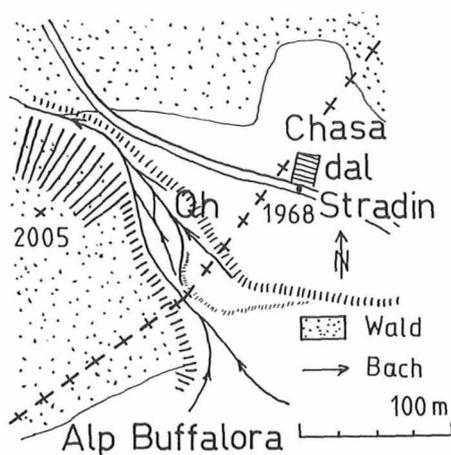


Abb. 5. Lage des Quellhorizontes SW der Chasa dal Stradin, Stelle 1 (von Landeskarte der Schweiz, Blatt 1219. S-charl). Qh = Quellhorizont.

sich um **Moränenquellen** handeln. BADER (1977) vermutet, dass eine unterirdische Verbindung mit dem Bach aus der Val Nügla besteht, dessen Wasser zum grossen Teil weit oberhalb der Chasa dal Stradin im Schotter versickert und bei der Talverengung wieder an die Oberfläche kommt. Nach TRÜMPY (mündl. Mitteilung) könnte das Wasser aus grösserer Tiefe stammen.

Anlässlich der ersten Probenahme im Jahre 1975 hatte sich gezeigt, dass der Quellhorizont für die algologischen Untersuchungen in 4 Abschnitte unterteilt werden muss (Abb. 6):

- Die Stelle A (Abb. 7, A) umfasst eine grasbewachsene Schotterfläche mit dem Abwasserbächlein der Chasa dal Stradin, das meist schon nach wenigen Metern nach dem Austritt aus der Röhre versickert.

- Als Stelle B (Abb. 7, B) bezeichne ich den obersten Teil eines Parallelbaches zur Ova dal Fuorn; das Wasser stammt aus Hangquellen oberhalb der Stelle A.

- Stelle C (Abb. 7, C, D, E, F) umfasst die ergiebigsten Hangquellen, die - nach den Beobachtungen von BADER (1977) - auch während des Winters nicht zufrieren. Charakteristisch sind hier die grossen, zusammenhängenden Moosflächen. Das Wasser der verschiedenen Hangquellen vereinigt sich zu einem Bach, der nach etwa 30 Metern in die Ova dal Fuorn mündet.

- Stelle D (Abb. 7, H) befindet sich am unteren Rand des Untersuchungsgebietes. Die Hangquellen dieses Standortes waren in Trockenperioden häufig versiegt. Verglichen mit der Stelle C waren bezüglich des Algenbewuchses im Gelände nur geringe Unterschiede zu sehen, so dass hier weniger Algenproben erhoben wurden und chemische sowie physikalische Untersuchungen unterblieben.

2. Physikalische und chemische Eigenschaften des Wassers (Tab.1)

In allen untersuchten Parametern unterschied sich das Wasser der Stelle A deutlich von den übrigen Proben. Wie erwähnt, handelte es sich um das Abwasser der Chasa dal Stradin. Die Menge des anfallenden Abwassers war bei unseren Besuchen immer gering (wenige Liter pro Minute). Am 28.8.1976 floss kein Abwasser, da die Chasa dal Stradin geschlossen war. Am 21.8.1979 massen wir an Stelle B eine Wassertemperatur von 4.5°C, während die Ova dal Pu-

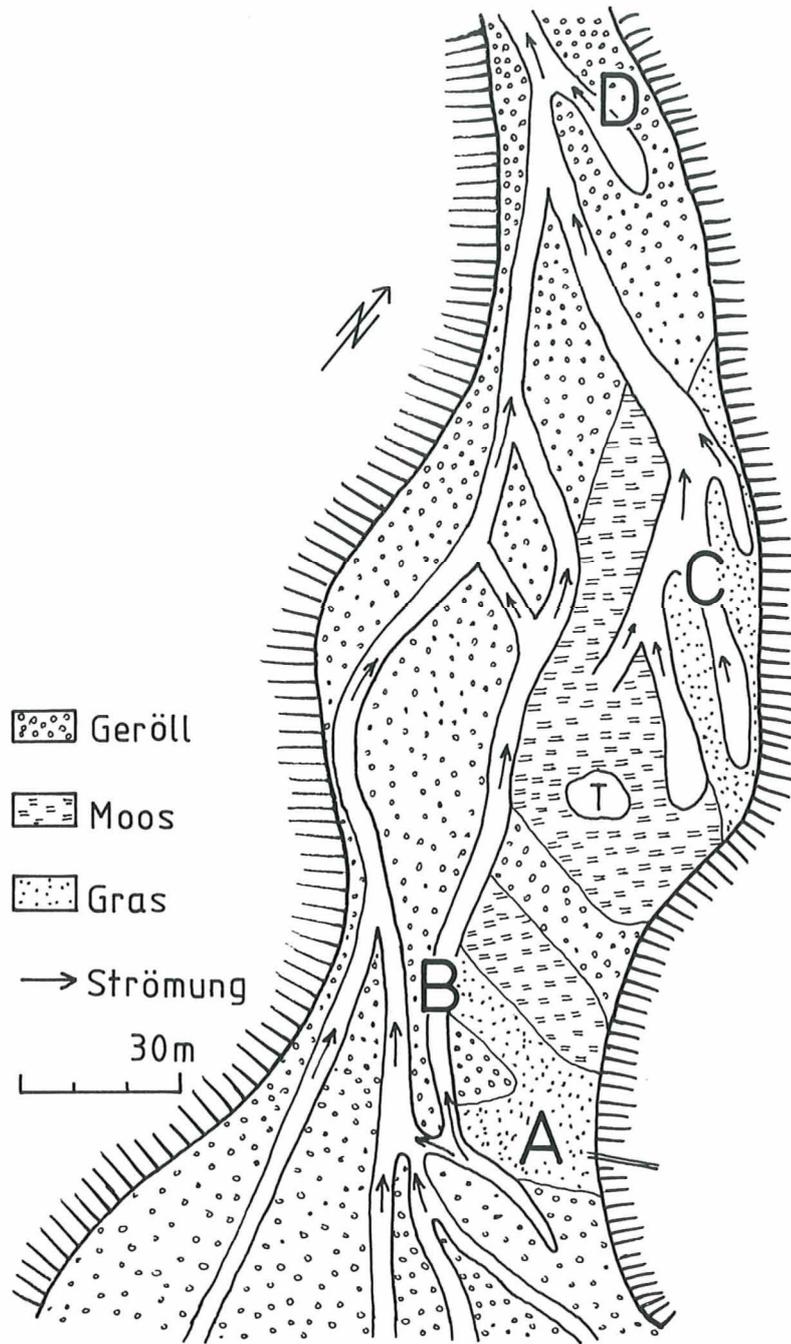


Abb. 6. Planskizze des Quellhorizontes bei Chasa dal Stradin mit den Probenahmestellen A, B, C und D (Situation am 21.8.1979). T = Teich (zeitweise trocken).

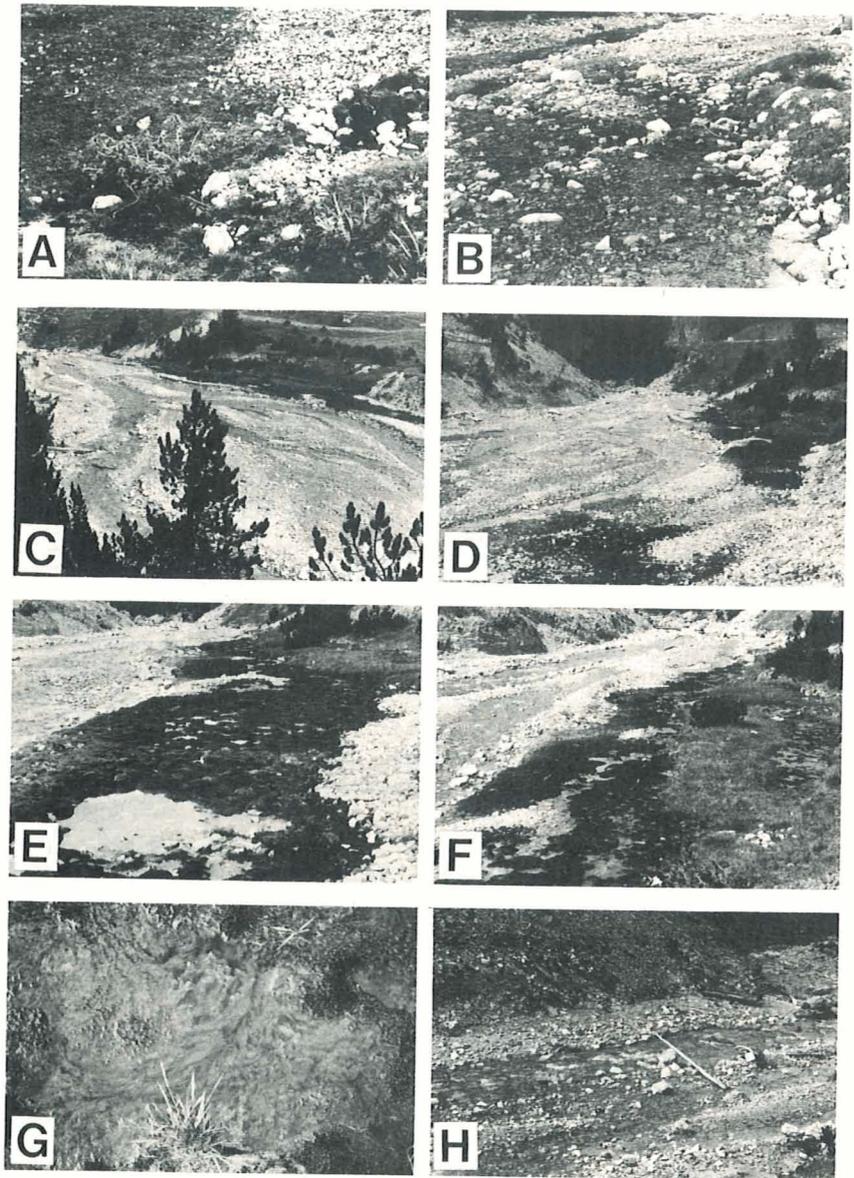
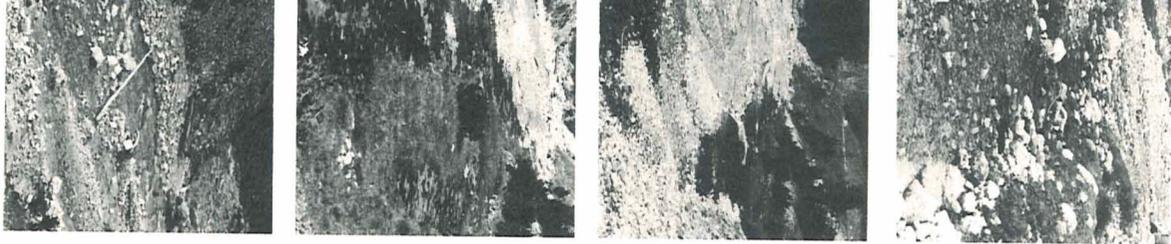


Abb. 7. Quellhorizont bei Chasa dal Stradin: Probenahmestellen A bis D. A: Stelle A. Rechts oben die Abwasserröhre von Chasa dal Stradin. B: Abwasserbeeinflusste Zone. Stelle B: Bach, der nach der Bifurkation nach oben rechts abfließt. C: Übersicht. Stelle C: Moosbewachsene Terrasse, etwa 1 Meter über der Schotterebene. Stelle B: Bach, der an der Terrasse entlangfließt. D: Oberer Rand der Stelle D. E: Stelle C. Teich im Moospolster, gespeisen durch eine Hangquelle. F: Stelle C. Zwei Hangquellen links und rechts der Halbinsel. G: *Hydrurus*-Bewuchs auf Moos der Stelle C. H: Stelle D. Im Vordergrund befindet sich die Hangquelle.



D. A: Stelle A. Rechts oben die
 alle B: Bach, der nach der Bifur-
 eine Terrasse, etwa 1 Meter über
 : Oberer Rand der Stelle D. E:
 Stelle C. Zwei Hangquellen links
 F: Stelle D. Im Vordergrund be-

Tab. 1 Resultate von physikalischen und chemischen Untersuchungen der Quellen bei Chasa dal Stradin (1979/80).
 PA = Phenolphthalein-Alkalinität (Endpunkt. pH: 8.1); TA = Total Alkalinität.

Stelle	Datum	Temp. °C	pH	Leitf. µS/cm	NO ₃ ⁻ -N µg/l	NO ₂ ⁻ -N µg/l	NH ₄ ⁺ -N l	PO ₄ ³⁻ -P µg/l	Säurebindungs- vermögen (mmol/l)		SO ₄ ²⁻ mg/l	Ca ²⁺ mg/l	Mg ²⁺ mg/l	Ges-H fH°
									PA	TA				
A	21. 8.79	11	7.3	482	27300	46	155	12200	- 0.27	1.05	37	-	-	-
B	21. 8.79	4.5	7.95	226	1900	<1	<40	460	- 0.02	2.05	15	-	-	-
	15.10.79	6.0	8.2	243	300	-	-	40	-	-	-	34.5	14.0	14.4
C	21. 8.79	6.5	8.3	170	500	<1	<40	7	<0.02	1.71	<10	-	-	-
		7.0	8.3	155	420	<1	<40	16	<0.02	1.49	<10	-	-	-
	15.10.79	-	8.3	190	270	-	-	<2	-	-	-	27.3	11.9	11.7
		-	8.5	211	340	-	-	<2	-	-	-	27.3	11.9	11.7
	23. 6.80	-	8.3	146	310	-	-	<2	0.03	1.5	-	-	-	-
Fuornbach	21. 8.79	6.0	8.25	175	350	-	-	4	0.02	1.71	12	-	-	-
	15.10.79	4.3	8.33	180	240	-	-	<2	-	-	-	27.1	10.8	11.2

orn 6.0°C und die Hangquellen an Stelle C 6.5°C aufwiesen. Vermutlich unterscheiden sich die B-Quellen in einigen wichtigen Punkten von den C-Quellen, z.B. in der Herkunft des Wassers oder in dessen unterirdischem Verlauf. Im algologisch untersuchten Abschnitt zeigte das Wasser - verglichen mit demjenigen der Ova dal Fuorn und der C-Quellen - eine erhöhte Leitfähigkeit (21.8.1979. Stelle B: 226 $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$, Stelle C: 170 $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$, Fuornbach: 175 $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$) und meist auch erhöhte Nährstoffkonzentrationen (21.8.1979, z.B. $\text{PO}_4^{3-}\text{-P}$. Stelle B 460 $\mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$, Stelle C: 7 $\mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$, Fuornbach: 4 $\mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$). Es darf deshalb angenommen werden, dass die Stelle B durch das Abwasser der Chasa dal Stradin beeinflusst wurde. Den Temperaturverlauf der Hangquellen der Stelle C untersuchte BADER (1977) in den Jahren 1970/71. Das Minimum von 0.6°C wurde im Mai erreicht, das Maximum von 6.9°C anfangs Oktober. Während der Ca^{2+} - und der Mg^{2+} -Gehalt sowie die Gesamthärte am 15.10.1979 etwa dem Fuornbach entsprachen, stellte ich am 21.8.1979 im Wasser der Hangquellen erhöhte Nitrat- und Phosphat-Werte fest (Stelle C. $\text{NO}_3^{-}\text{-N}$: 500 $\mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$, $\text{PO}_4^{3-}\text{-P}$: 7 $\mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$. Fuornbach. $\text{NO}_3^{-}\text{-N}$: 350 $\mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$, $\text{PO}_4^{3-}\text{-P}$: 4 $\mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$). Es ist denkbar, dass Nitrate und Phosphate beim Durchqueren der Schotterebene aufgenommen wurden.

3. Gefundene Arten

Stelle A (Tab. 2)

Zotten des Abwasserbakteriums *Sphaerotilus natans* beobachtete ich 1975 und 1976. Das Bakterium benötigt grössere Mengen an abbaubaren organischen Stoffen (WUHRMANN, 1949), geringen Sauerstoffgehalt des Wassers (mindestens 2-2.5 $\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$, für gutes Wachstum 3 $\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$) und Temperaturen von mehr als 5°C (SCHEURING und HÖHNL, 1956). Offensichtlich waren diese Bedingungen nur in der Nähe der Abwasserröhre erfüllt, wo *Sphaerotilus* gefunden wurde. An verschiedenen Orten bildete das Abwasser kleine Pfützen mit faulem Material; hier trat *Beggiatoa alba* zeitweise massenhaft auf, die sowohl auf Wasserstoffsulfid als auch auf etwas organisches Substrat angewiesen ist (PRINGSHEIM, 1967). Viele *Oscillatoria*-Arten haben eine grosse ökologische Spannweite (WEHRLE, 1942) und sind an abwasserbeeinflussten Stellen häufig (GEITLER, 1925; LIEBMAN, 1962); die Fliessgeschwindigkeit sollte 1 $\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ nicht überschreiten (WETZEL, 1975). Neben *Oscillatoria subtilissima* und *Oscillatoria tenuis* waren einige *Phormidium*-Arten oft anzutreffen (*Phormidium autumnale*, *Phormidium faveolarum*, *Phor-*

Tab. 2 Quellhorizont bei Chasa dal Stradin: Liste der gefundenen Arten an der Probenahmestelle A (Periode 1975-1979; 5 Probenahmen).

Datum	Arten
13. 9.1975	<i>Sphaerotilus natans</i> , <i>Oscillatoria subtilissima</i> , <i>Phormidium retzii</i> , <i>Phormidium</i> sp., <i>Chlorococcum botryoides</i> , Protozoen
27. 6.1976	<i>Sphaerotilus natans</i> , <i>Beggiatoa alba</i> , <i>Oscillatoria tenuis</i> , <i>Phormidium faveolarum</i> , <i>Tribonema gayanum</i> , <i>Chlorococcum botryoides</i> , <i>Cosmarium obtusatum</i>
31. 7.1976	<i>Beggiatoa alba</i> , <i>Phormidium autumnale</i> , <i>Vorticella</i> sp.
21. 9.1979	<i>Aphanocapsa</i> sp., <i>Phormidium uncinatum</i> , <i>Chlorococcum botryoides</i> , <i>Sphaerocystis schroeteri</i>
15.10.1979	<i>Gloeocapsa sanguinea</i> , <i>Oscillatoria</i> sp., <i>Phormidium autumnale</i> , <i>Tribonema gayanum</i> , <i>Desmococcus vulgaris</i>

Vermutlich unterscheiden sich z.B. in der Herkunft des Wassers. Der untersuchte Abschnitt zeigte das C-Quellen - eine erhöhte Leitfähigkeit, Fuornbach: $175 \mu\text{S} \cdot \text{cm}^{-1}$? z.B. $\text{PO}_4^{3-}\text{-P}$. Stelle B 460 **ab** angenommen werden, dass **ist** wurde. Den Temperaturverläufen Jahren 1970/71. Das Minimum 10.1979 etwa dem Fuornbach **quellen** erhöhte Nitrat- und $7 \mu\text{g} \cdot \text{l}^{-1}$, Fuornbach. $\text{NO}_3^- \text{-N}$: Phosphate beim Durchqueren

htete ich 1975 und 1976. Das **en** Stoffen (WUHRMANN, 1949), $1 \cdot \text{l}^{-1}$, für gutes Wachstum 3 (DHNL, 1956). **Offensichtlich wa-** **illt**, wo *Sphaerotilus* gefunden **itzen** mit faulem Material; **Wasserstoffsulfid** als auch auf **Wiele Oscillatoria-Arten** haben **abwasserbeeinflussten Stellen** **keit** sollte $1 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ nicht über- **Oscillatoria tenuis** waren einige **ormidium faveolarum, Phor-**

an der Probenahmestelle A (Pe-

m retzii, Phormidium sp.,

Phormidium faveolarum, Tri-
n obtusatum

n botryoides, Sphaerocystis

umnale, Tribonema gayanum.

midium retzii). *Phormidium autumnale* und *Phormidium faveolarum* werden von KOLKWITZ (1950) der α -mesosaprobien Zone zugeordnet. *Chlorococcum botryoides* gehört nach demselben Autor bereits zur β -mesosaprobien Zone. **Ausserdem** stellte ich *Cosmarium obtusatum* fest, welches von RŮŽIČKA (1953) reichlich im Litoral der eutrophen südböhmischen Teiche **gefunden wurde**. MESSIKOMMER (1963) beobachtete die Art im Jahre 1961 sowohl im eutrophen Mausee als auch im Litoral des Neuenburgersees. In verschiedenen seiner Artenlisten von Algen aus alpinen Regionen erscheint *Cosmarium obtusatum* ebenfalls (z.B. 1935, 1962); es ist jedoch nicht möglich, einen Zusammenhang zum Trophiegrad der angegebenen Gewässer herzustellen, da die dazu benötigten Angaben meist fehlen.

Stelle B (Tab. 3)

Wie schon in Abschnitt 2 dargelegt wurde, ist das Wasser an Stelle B leicht abwasserbeeinflusst. **Faulschlammbildungen** beobachtete ich lediglich am 31.7.1976; an diesem Tag wurden in den Proben *Beggiatoa alba* und Protozoen gefunden. Sie stammten aus einem Moospolster und vom Gewässerboden.

Von den Blaualgen waren *Gloeocapsa sanguinea*, *Phormidium autumnale* und *Siphononema polonicum* häufig anzutreffen. Nach GOLUBIČ (1967) bevorzugt *Gloeocapsa sanguinea* Gesteinsoberflächen, die nur gering benetzt sind. Die Art fand ich meist auf den Oberseiten der aus dem Wasser emporragenden Gerölle; an denselben Stellen kam auch *Siphononema polonicum* vor. In Proben von den Flanken und den Unterseiten der Steine war *Phormidium autumnale* häufig. An schwach durchströmten Orten bildeten sich am Boden Überzüge mit *Aphanocapsa elachista*, *Oscillatoria subtilissima*, *Phormidium autumnale* und *Pseudanabaena galeata*.

Tab. 3 Quellhorizont bei Chasa dal Stradin: Liste der gefundenen Arten an der Probenahmestelle B (Periode 1975-1980; 9 Probenahmen).

Datum	Arten
5. 7.1975	<i>Gloeocapsa sanguinea</i> , <i>Oscillatoria</i> sp., <i>Hydruricus foetidus</i> , <i>Tribonema gayanum</i> , <i>Chlorococcum botryoides</i>
16. 8.1975	<i>Phormidium autumnale</i> , <i>Hydrurus foetidus</i> , <i>Tribonema gayanum</i> , <i>Chlorococcum botryoides</i> , <i>Cosmarium botrytis</i> , <i>Cosmarium obtusatum</i>
13. 9.1975	<i>Calothrix</i> sp., <i>Gloeocapsa sanguinea</i> , <i>Siphononema polonicum</i> , <i>Hydrurus foetidus</i>
27. 6.1976	<i>Phormidium autumnale</i> , <i>Phormidium faveolarum</i> , <i>Siphononema polonicum</i> , <i>Synechocystis aquatilis</i> , <i>Tribonema gayanum</i> , <i>Palmella miniata</i>
31. 7.1976	<i>Beggiatoa alba</i> , <i>Homoeothrix rivularis</i> , <i>Oscillatoria subtilissima</i> , <i>Phormidium autumnale</i> , <i>Phormidium uncinatum</i> , <i>Phormidium valderiae</i> , <i>Pseudanabaena galeata</i> , <i>Tribonema gayanum</i> , <i>Chlorococcum botryoides</i> , <i>Chlorococcum infusionum</i> , <i>Desmococcus vulgaris</i> , <i>Microspora</i> sp., <i>Cosmarium obtusatum</i>
28. 8.1976	<i>Hydrurus foetidus</i>
21. 8.1979	<i>Aphanocapsa elachista</i> , <i>Gloeocapsa sanguinea</i> , <i>Oscillatoria</i> sp., <i>Phormidium autumnale</i> , <i>Phormidium</i> sp., <i>Siphononema polonicum</i> , <i>Heterothrix debilis</i> , <i>Tribonema gayanum</i> , <i>Chlorococcum botryoides</i> , <i>Chlorococcum infusionum</i> , <i>Desmococcus vulgaris</i> , <i>Scenedesmus bijugatus</i> , <i>Sphaerocystis Schroeteri</i> , <i>Cosmarium obtusatum</i>
15.10.1979	<i>Tribonema gayanum</i> , <i>Cosmarium obtusatum</i>
24. 6.1980	<i>Oscillatoria</i> sp., <i>Tribonema gayanum</i> , <i>Chlorococcum botryoides</i> , <i>Cosmarium obtusatum</i> , <i>Zygnema</i> sp.

Am 5.7., 16.8.1975 sowie am 28.8.1976 dominierte *Hydrurus foetidus* an der Stelle B. Die Gallertlager erschienen makroskopisch als Watten (Abb. 7, G) oder Röhren (Tafel 4, Abb. 4). SZKLARCZYK (1953) beobachtete, dass die Lager im Winter wattenförmig, im Frühjahr jedoch schlauchartig sind. Nach WEHRLE (1942) soll die Art kalte, unverschmutzte Gewässer bevorzugen; die Existenzgrenze liegt bei etwa 16°C. KANN (1978) beobachtete *Hydrurus foetidus* sowohl in kalkreichen als auch in kalkarmen Bächen mit geringem Nährstoffgehalt.

Tribonema gayanum var oft die dominierende Art der Probenahmestelle B. Diese Xanthophyceae soll in stehenden oder langsam fließenden Gewässern häufig vorkommen (LINDAU und MELCHIOR, 1930); sie wurde von KURZ (1922) und BECK-MANNAGETTA (1931) in Torfmooren und vereinzelt auch in Teichen festgestellt und zwar vom Tiefland bis in die alpine Region. JAAG (1938) fand *Tribonema gayanum* nicht im Gebiet des Hoahrheins; auch fehlt sie in verschiedenen Artenlisten von MESSIKOMMER (1935, 1942, 1951). Obschon DE WILDEMAN (1895) angibt, dass *Tribonema gayanum* in der Nähe von Genf gefunden wurde, konnte ich mit der mir zur Verfügung stehenden Literatur nicht sicher entscheiden, ob sie wirklich kalkliebend ist, wie dies ETTL (1978) vermutet. KOLKWITZ (1950) rechnet die Alge zur β -mesosaprobe Zone.

An den von mir beobachteten feuchten Stellen dominierten sehr oft Grünalgen-Arten: *Chlorococcum botryoides*, *Chlorococcum infusionum*, *Desmococcus vulgaris* und *Cosmarium obtusatum*. KOLKWITZ (1950) rechnet sie zur β -mesosaprobe Zone.

Stelle C (Tab. 4)

Obschon im Wasser der Hangquellen von Stelle C – verglichen mit dem Wasser von Stelle B – geringere Nährstoffkonzentrationen auftraten, fand ich fast gleich viele Blaualgen-Arten (Stelle B: 14 Arten; Stelle C: 13 Arten). Zahlreiche Proben von Gesteinsoberflächen enthielten *Gloeocapsa sanguinea*, *Phormidium autumnale* und *Siphononema polonicum*. Die meisten

Tab. 4 Quellhorizont bei Chasa dal Stradin: Liste der gefundenen Arten an der Probenahmestelle C (Periode 1975–1980; 9 Probenahmen).

Datum	Arten
5. 7.1975	<i>Oscillatoria</i> sp., <i>Oscillatoria subtilissima</i> , <i>Oscillatoria tenuis</i> , <i>Phormidium autumnale</i> , <i>Phormidium faveolarum</i> . <i>Pseudanabaena</i> sp., <i>Hydrurus foetidus</i> , <i>Tribonema vulgare</i> , <i>Tribonema</i> sp., <i>Microspora amoena</i> , <i>Palmella miniata</i> , <i>Cosmarium</i> sp., <i>Spirogyra</i> sp.
16. 8.1975	<i>Cyanophanon mirabile</i> , <i>Oscillatoria subtilissima</i> . <i>Phormidium autumnale</i> . <i>Siphononema polonicum</i> . <i>Hydrurus foetidus</i> , <i>Tetrasporopsis perforata</i> , <i>Tribonema gayanum</i> . <i>Palmella miniata</i> , <i>Cosmarium obtusatum</i>
13. 9.1975	<i>Phormidium autumnale</i> . <i>Tetrasporopsis perforata</i> . <i>Tribonema vulgare</i>
27. 6.1976	<i>Phormidium faveolarum</i> . <i>Siphononema polonicum</i> . <i>Palmella miniata</i> , <i>Zygnema</i> sp.
31. 7.1976	<i>Desmococcus vulgaris</i> , <i>Cosmarium obtusatum</i> . <i>Spirogyra</i> sp.
29. 6.1977	<i>Mougeotia</i> sp., <i>Spirogyra</i> sp., <i>Zygnema</i> sp.
21. 8.1979	<i>Calothrix parietina</i> . <i>Cyanophanon mirabile</i> , <i>Gloeocapsa sanguinea</i> . <i>Oscillatoria limnetica</i> , <i>Oscillatoria limosa</i> , <i>Phormidium autumnale</i> , <i>Phormidium uncinatum</i> , <i>Hydrurus foetidus</i> , <i>Chlorococcum botryoides</i> . <i>Oedogonium</i> sp., <i>Cosmarium hornavanense</i> , <i>Cosmarium obtusatum</i> , <i>Mougeotia</i> sp., <i>Spirogyra</i> sp., <i>Staurastrum</i> sp., <i>Zygnema</i> sp.
15.10.1979	<i>Siphononema polonicum</i> . <i>Tribonema affine</i> , <i>Desmococcus vulgaris</i> , <i>Palmella miniata</i> . <i>Spirogyra</i> sp.
24. 6.1980	<i>Mougeotia</i> sp.

foetidus an der Stelle B. Die der Röhren (Tafel 4, Abb. 4). förmig, im Frühjahr jedoch schmutzte Gewässer bevorzugt *Hydrurus foetidus* so Nährstoffgehalt.

Probenahmeort B. Diese Xanthophytinart vorkommen (LINDAU und JAGGETTA (1931) in Torfmooren und bis in die alpine Region. Rheins; auch fehlt sie in verbotenen DE WILDEMAN (1895) wurde, konnte ich mit der, ob sie wirklich kalkliebend Alge zur β -mesosaprobe Zo-

oft Grünalgen-Arten: *Chlorella vulgaris* und *Cosmarium obtu-*

mit dem Wasser von Stelle B. viele Blaualgen-Arten (Stein- und Kalksteinoberflächen enthielten *Palmella polonicum*. Die meisten

an der Probenahmeort C (Pe-

is, *Phormidium autumnale*, *foetidus*, *Tribonema vulgare*, *osmarium* sp., *Spirogyra* sp., *idium autumnale*, *Siphononema*, *Tribonema gayanum*, *Palmella*

ema vulgare, *mella miniata*, *Zygnema* sp., sp.

anguinea, *Oscillatoria limnetica*, *ium uncinatum*, *Hydrurus foetidus*, *ium hornauanense*, *Cosmarium* sp., *Zygnema* sp., *vulgaris*, *Palmella miniata*,

übrigen Blaualgenarten stellte ich ebenfalls auf Steinen fest. Am Boden der wenigen freien Wasserflächen befanden sich einzelne Fäden von *Oscillatoria limnetica*, *Oscillatoria limosa*, *Phormidium autumnale* und *Phormidium uncinatum*. An zwei Probenahmedaten (5.7.1975 und 21.8.1979) dominierte *Hydrurus foetidus*; die Alge bildete an der Oberfläche der Moospolster dichte braune Watten (Abb. 7, G). Die schlauchförmige Modifikation wurde an der Stelle C nie gefunden. Am 16. 8. und am 13.9.1975 fielen mir unmittelbar beim Austritt des Quellwassers eigenartige Gallertnetze auf. Es handelte sich um die Art *Tetrasporopsis perforata*, von deren Autökologie noch wenig bekannt ist. Ausser *Tribonema gayanum* trat auch *Tribonema vulgare* mehrmals häufig auf. *Tribonema vulgare* soll eine grosse ökologische Spannweite besitzen, jedoch stärker verunreinigte Gewässer meiden (ETTL, 1978).

Charakteristisch für Stelle C ist das zeitweise massenhafte Auftreten der Jochalgen-Gattungen *Mougeotia*, *Spirogyra* und *Zygnema*. Da ich nur sterile Fäden antraf, waren Artbestimmungen nicht möglich. Die Fäden bildeten grosse, zusammenhängende Algenwatten, die den Gewässergrund überzogen oder auf den Moospolstern lagen. Nach WEHRLE (1942) und KOLKOWITZ (1950) können einzelne Arten sowohl in der β -mesosaprobe als auch in der oligosaprobe Zone gefunden werden. KANN (1978) stellte Vertreter der genannten Gattungen vor allem in kalkreichen Bächen fest. *Spirogyra* und *Mougeotia* waren im kalkreichen Neuenburgersee und in verschiedenen Kleingewässern des Jura vorhanden (MESSIKOMMER, 1963). Alle drei Gattungen sammelte JAAG (1938) im Rhein und zwar auf der ganzen Strecke von Stein bis Egli-sau.

Verglichen mit der Stelle B fehlte *Chlorococcum infusionum* und *Cosmarium botrytis*. Die meisten übrigen kokkalen Grünalgen-Arten waren vorhanden, jedoch in deutlich geringeren Häufigkeiten. In den Proben, die von Tierlösung unbeeinflusst waren, kam keine der in Tab. 4 aufgeführten kokkalen Grünalgen dominant vor.

Stelle b (Tab. 5)

Alle gefundenen Blaualgen-Arten stammten von den verschiedenfarbigen Überzügen aufweisenden Steinen, die während des Sommers oft längere Perioden trocken lagen. Am 16.8.1975 dominierte *Hydrurus foetidus*: An den Oberflächen und den Flanken der im Wasser liegenden Steine beobachtete ich gelbbraune Überzüge, woraus an einzelnen Stellen feste rundliche Fäden wuchsen. Diese fehlten am 27.6.1976 als lediglich die Gallertlager zu sehen waren. Fäden der Gattung *Mougeotia* fand ich am 31.7. und am 28.8.1976 in grossen Mengen auf den Moospolstern.

Tab. 5 Quellhorizont bei Chasa dal Stradin: Liste der gefundenen Arten an der Probenahmeort D (Periode 1975/76; 5 Probenahmen).

Datum	Arten
16.8.1975	<i>Aphanothece castagnei</i> , <i>Lyngbya</i> sp., <i>Phormidium autumnale</i> , <i>Hydrurus foetidus</i> , <i>Palmella miniata</i> , <i>Verrucaria elaeola</i> (Flechte).
13.9.1975	<i>Gloeocapsa sanguinea</i> , <i>Phormidium autumnale</i> , <i>Siphononema polonicum</i> , <i>Palmella miniata</i> .
27.6.1976	<i>Cyanophanon mirabile</i> , <i>Gloeocapsa sanguinea</i> , <i>Homoeothrix juliana</i> , <i>Siphononema polonicum</i> , <i>Hydrurus foetidus</i> , <i>Tribonema</i> sp., <i>Palmella miniata</i> .
31.7.1976	<i>Lyngbya</i> sp., <i>Siphononema polonicum</i> , <i>Mougeotia</i> sp.
28.8.1976	<i>Mougeotia</i> sp.

4. Substrate und Artenverteilung; Abwassereinflüsse und Tierlosung

Seit vielen Jahren befasst sich KANN mit den **Algenüberzügen** in Bächen. Schon 1943 publizierte sie eine Arbeit über **Krustenalgen** in Gebirgsbächen; weitere Publikationen zu demselben Thema erfolgten 1966, 1975 und 1978. Darin ist der Einfluss der Substrate auf die **Algenbiozönosen** eingehend diskutiert. Das Vorgehen bei der Auswertung der Beobachtungen wurde von mir **teilweise** übernommen. Ähnliche Bedingungen **wie** die **Krustenalgen** auf Gesteinen in Bächen und Flüssen haben auch Algen, die feuchte **Felswände** besiedeln. Es erstaunt deshalb nicht, wenn gleiche Arten an **beiden** Orten auftreten; dies kann durch einen Vergleich der **Artenlisten** von HYRÉN (1940) oder JAAG (1945) mit denjenigen von MARCHESONI (1939) bestätigt werden. Ausser auf **Gesteinsoberflächen** ist jedoch im Hochgebirge auf Sanden, **Schlämmen**, **Holzstücken**, in **Moosbeständen**, **Chara-Rasen** und an Wasserpflanzen mit **verschiedenen Algenarten** zu rechnen (BRUTSCHY, 1929). Im Gebiet des **Quellhorizontes** der Chasa dal Stradin müssen drei **Substrattypen bezüglich des Algenbewuchses** gesondert betrachtet werden: **Gesteinsoberflächen**, Sande und Schlämme, **Moosbestände**.

Gesteinsoberflächen

Während die im **Fuornbach** gelegenen Steine **grösstenteils** vollständig blank blieben, waren die meisten Gerölle im Gebiet der **Hangquellen** mit einer **krustenartigen Algenschicht** bedeckt. Der Bewuchs wies grüne, braune, **rote** oder schwarze Farbe auf. Derselbe Stein konnte auch mehrere der genannten Farben zeigen. Proben wurden sowohl **von** den Oberseiten, den Flanken **als** auch von den Unterseiten der Steine abgekratzt und untersucht. Die Resultate sind in Tab. 6 zusammengefasst. Eine Angabe der **Fundstellen** unterblieb, da sich gezeigt hatte, dass - mit **Ausnahme** der Stelle A - keine charakteristischen Unterschiede in den **Artenzusammensetzungen festzustellen** waren. Der **Abwassereinfluss** an Stelle B bewirkte lediglich eine Veränderung der **Dominanzverhältnisse**, wie dies **weiter** unten beschrieben ist; die Zahl der gefundenen Arten war jedoch gleich **wie** an den Stellen C oder D.

Der **Benetzungsgrad** der untersuchten Steine war unterschiedlich und wechselte zwischen den einzelnen **Probenahmedaten stark**; an den Stellen B und D lagen die Gerölle vereinzelt vollständig **trocken**. Es ist erstaunlich, dass - verglichen mit dem Bewuchs von Stelle C - kein Unterschied in der **Artenzahl festgestellt** wurde, **obschon** dort die **Benetzung** konstant war. Im Gegensatz zu **gleichmässig** berieselten Felsen (NOVÁČEK, 1934) konnte sich im untersuchten Gebiet der **Benetzungsgrad** nicht merkbar auf die **Algenbiozönose** auswirken.

Tab. 6 Quellhorizont bei Chasa dal Stradin: Auf Gesteinsoberflächen gefundene Arten, Stellen B, C und D (Periode 1975-1980).

Oberseite	<i>Calothrix parietina</i> , <i>Cyanophanon mirabile</i> , <i>Gloeocapsa sanguinea</i> , <i>Oscillatoria subtilissima</i> , <i>Phormidium autumnale</i> , <i>Phormidium tenue</i> , <i>Phormidium uncinatum</i> , <i>Siphononema polonicum</i> , <i>Hydrurus foetidus</i> , <i>Chlorococcum botryoides</i> , <i>Chlorococcum infusio-num</i> , <i>Desmococcus vulgaris</i> , <i>Palmella miniata</i> , <i>Cosmarium obtusatum</i> , <i>Verrucaria elae-melaena</i> (Flechte)
Flanken	<i>Aphanothece castagnei</i> , <i>Gloeocapsa sanguinea</i> , <i>Lyngbya</i> sp., <i>Phormidium autumnale</i> , <i>Phormidium faveolarum</i> , <i>Siphononema polonicum</i> , <i>Hydrurus foetidus</i> , <i>Palmella miniata</i>
Unterseite	<i>Gloeocapsa sanguinea</i> , <i>Homoeothrix</i> sp., <i>Phormidium autumnale</i> , <i>Phormidium faveola-rum</i> , <i>Siphononema polonicum</i> , <i>Palmella miniata</i>

ierlosung

n Bächen. Schon 1943 publi-
re Publikationen zu demsel-
der Substrate auf die Algen-
ng der Beobachtungen wurde
rustenalgen auf Gesteinen in
siedeln. Es erstaunt deshalb
urch einen Vergleich der Ar-
MARCHESONI (1939) bestätigt
ge auf Sanden, Schlämmen,
anzen mit verschiedenen Al-
ontes der Chasa dal Stradin
dert betrachtet werden: Ge-

tändig blank blieben, waren
rtigen Algenschicht bedeckt.
Derselbe Stein konnte auch
n den Oberseiten, den Flan-
sucht. Die Resultate sind in
da sich gezeigt hatte, dass -
e in den Artenzusammenset-
irkte lediglich eine Verände-
ist; die Zahl der gefundenen

ich und wechselte zwischen
lagen die Gerölle vereinzelt
Bewuchs von Stelle C - kein
Benetzung konstant war. Im
onnte sich im untersuchten
auswirken.

ndene Arten, Stellen B, C und

anguinea, *Oscillatoria subtilis-*
ididium uncinatum, *Siphono-*
ides, *Chlorococcum infusio-*
obtusatum, *Verrucaria elae-*

... *Phormidium autumnale*,
us foetidus, *Palmella minia-*

umnale, *Phormidium faveola-*

Wie aus Tab. 6 deutlich hervorgeht, bestanden wesentliche Unterschiede zwischen Obersei-
te, Flanke und Unterseite der untersuchten Gerölle. *Hydrurus foetidus* kam nur an der Ober-
seite und an den Flanken vor. Die Grünalgen *Chlorococcum botryoides*, *Chlorococcum infu-*
sionum, *Desmococcus vulgaris* und *Cosmarium obtusatum* sowie die Flechte *Verrucaria elae-*
melaena fand ich lediglich an der Oberseite. *Palmella miniata* und die Blaualgen-Arten *Gleo-*
capsa sanguinea, *Phormidium autumnale* und *Siphononema polonicum* waren an allen drei
Seiten vorhanden. Ich vermute, dass die Verteilung der Arten hauptsächlich durch die Lichtin-
tensität bestimmt wird: Arten, die in der Lage sind alle drei Seiten zu besiedeln, dürften zur
chromatischen Adaptation befähigt sein und sich durch Änderungen des Pigmentmusters und
der Pigmentkonzentrationen an die Lichtverhältnisse eines Standortes anpassen (DRING, 1981;
KOHLEND NICKLISCH, 1981). An den oben erwähnten makroskopisch sichtbaren Färbungen der
Steine waren folgende Arten beteiligt:

Schwane Flächen: *Calothrix parietina*, Cyanophanon *mirabile*, *Gloeocapsa sanguinea*, *Si-*
phononema polonicum, *Desmococcus vulgaris* und die Flechte *Verrucaria elae-melaena*.

Grüne Flächen: *Phormidium autumnale*, *Siphononema polonicum*, *Chlorococcum botryoi-*
des.

Braune Flächen: *Hydrurus foetidus*, Kieselalgen.

Rote Flächen: *Gloeocapsa sanguinea*, *Homoeothrix* sp., *Siphononema polonicum*, *Chloro-*
coccum infusionum, *Palmella miniata*.

Selten wurden die erwähnten Farben durch eine einzelne Art verursacht. Oft traten in den
Lagern Arten auf, die eine abweichende Färbung aufwiesen, was jedoch makroskopisch den
Gesamteindruck nicht immer zu beeinflussen vermochte.

Sande und Schlämme

An den Stellen A, B und C fand ich an Orten mit schwacher Strömung Beläge oder Überzü-
ge von *Phormidium autumnale*, *Phormidium retzii*, *Phormidium uncinatum*, *Oscillatoria lim-*
netica und *Oscillatoria limosa*. Manchmal dominierten die Grünalgen *Chlorococcum botryoi-*
des, *Chlorococcum infusionum*, *Desmococcus vulgaris* oder *Cosmarium obtusatum*; besonders
an Stelle B traten häufig makroskopisch auffällige grüne, in einem Fall (31.7.1976) auch rote
Beläge (*Chlorococcum infusionum*) auf. Bodentüberzüge bildeten ausserdem die fädigen Algen
Tribonema affine, *Tribonema gayanum* sowie Fäden der Gattungen *Mougeotia*, *Spirogyra* und
Zygnema.

Moosbestände

Die von mir untersuchten Auspressproben enthielten wenige Arten. Es konnten keine Arten
gefunden werden, die nicht schon an anderen Orten der Stelle C und D festgestellt worden wä-
ren. Am 16.8., 13.9.1975, am 27.6., 31.7.1976 und am 21.8.1979 beobachtete ich auffällige Al-
genentwicklungen an der Oberfläche der Moosbestände; es handelte sich um *Phormidium au-*
tumnale, *Tribonema gayanum*, *Hydrurus foetidus*, *Spirogyra* sp. oder *Zygnema* sp..

Abwassereinfluss der Chasa dal Stradin

An der abwasserbeeinflussten Stelle A entwickelten sich Blaualgen (*Oscillatoria-* und
Phormidium-Arten) sowie kockale Grünalgen reichlich (*Chlorococcum botryoides*, *Desmococ-*
cus vulgaris, *Cosmarium obtusatum*). Die Organismen bildeten meist auf den Schlammober-
flächen einen grünen bis blaugrünen Überzug. Die Steine wiesen sattgrüne Beläge auf, die
hauptsächlich aus *Chlorococcum botryoides* bestanden. Sowohl Beobachtungen an natürli-
chen Algenbiozönosen (THOMAS, 1944; KANN, 1966) als auch an Algenbiozönosen aus Biotesten
(BETSCHART, 1979) zeigen, dass schon bei geringfügig erhöhtem Nährstoffgehalt des Wassers
Blau- und Grünalgen im Wachstum stark gefördert sind. An der Stelle B wechselte der Abwas-
sereinfluss während der Untersuchungsperiode je nach Abwasseranfall, Wasserführung und

der vorherrschenden **Fliessrichtung** des Seitenbaches. Am 31.7.1976 dominierten kokkale Grünalgen (*Chlorococcum botryoides*, *Desmococcus vulgaris*), was auf starken Abwassereinfluss hindeutet. Bei geringer (16.8.1975) oder fehlender Abwassereinfuhr (28.8.1976) wuchs *Hydrurus foetidus* üppig. **Massenentwicklungen** von *Tribonema gayanum* traten **ausschliesslich** an der Stelle B auf (16.8.1975; 27.6.1976; 15.10.1979; 24.6.1980). Es scheint, dass die Art besonders gut gedieh, wenn der **Nährstoffgehalt** des Wassers - verglichen mit den Stellen C oder D des **Quellhorizontes** - leicht **erhöht** war.

Einfluss von Tierlosung

Am 31.7.1976 war an den Steilen B und C Tierlosung vorhanden. Während an der Stelle B die gefundenen Arten **im Wachstum** auch durch das Abwasser der Chasa dal Stradin gefördert sein konnten, darf **dies für** die Steile C ausgeschlossen werden. **Auffällig** war hier die massenhafte Entwicklung von *Chlorococcum botryoides* und von Fäden der Gattung *Spirogyra* in der Umgebung der Fäkalienhaufen. Dieselben Beobachtungen machte ich am 21.8.1979; **zusätzlich** traten zu diesem Zeitpunkt noch Fäden von *Mougeotia* und *Zygnema* auf sowie in geringerer Dichte *Phormidium autumnale*, eine *Oedogonium*-Art und *Cosmarium hornavanense*.

5. Lichteinfluss

WÄLTI (1979) hatte für die Limmat deutlich gezeigt, dass einzelne Arten **im Sommer** häufiger sind als im Winter. Die Tab. 2-5 lassen **kaum** Unterschiede in der **Artenzusammensetzung** in der Periode Juni bis Oktober erkennen. Da jedoch im Gelände Unterschiede **im Algenbewuchs**

Tab. 7 Quellhorizont bei Chasa dal Stradin: Dominante Arten **nach** Perioden mit schöner, bzw. schlechter Witterung. Schönwetterperiode (15 Tage): Durchschnittliche tägliche **Bedeckung** an höchstens 5 oder weniger Tagen ≥ 6 (gem. Abb. 2-4). Schlechtwetterperiode (15 Tage): **Durchschnittliche** tägliche **Bedeckung** an mindestens 9 Tagen ≥ 6 (gem. Abb. 2-4).

Probenahme- datum	Witterung	Stelle	Dominante Arten
16.8.1975	schön	B	<i>Hydrurus foetidus</i> (röhrenförmig)
		C	<i>Tetrasporopsis</i> perforata. <i>Tribonema gayanum</i>
		D	<i>Hydrurus foetidus</i> (röhrenförmig)
13.9.1975	schlecht	A	<i>Phormidium</i> -Arten
		B	<i>Hydrurus foetidus</i> (röhrenförmig)
		C	<i>Phormidium autumnale</i> , <i>Tetrasporopsis perforata</i> . <i>Tribonema vulgare</i>
27.6.1976	schön	D	<i>Hydrurus foetidus</i> (röhrenförmig)
		B	<i>Tribonema gayanum</i>
		C	<i>Zygnema</i> sp.
31.7.1976	schlecht	D	<i>Tribonema</i> sp.
		A	<i>Phormidium autumnale</i>
		B	<i>Phormidium autumnale</i> , <i>Hydrurus foetidus</i> (kurze Zotten), <i>Chlorococcum infusionum</i> , <i>Desmococcus vulgaris</i> , <i>Cosmarium obtusatum</i>
		C	<i>Spirogyra</i> sp. (sich zersetzend)
		D	<i>Mougeotia</i> sp. (sich zersetzend)

7.1976 dominierten kokkate was auf starken Abwassereinschleppung (28.8.1976) wuchs *Rbonema gayanum* traten ausschliesslich (1980). Es scheint, dass die Art verglichen mit den Steilen C

den. Während an der Steile B in Chasa dal Stradin gefördert. Auffällig war hier die massenreiche Gattung *Spirogyra* in der ich am 21.8.1979; zusätzlich *Zygnema* auf sowie in geringem *Cosmarium hornavanense*.

ne Arten im Sommer häufiger. Die Artenzusammensetzung in den Unterschieden im Algenbewuchs

den mit schöner, bzw. schlechter Bedeckung an höchstens 5 oder Durchschnittliche tägliche Be-

Rbonema gayanum

Tetrasporopsis perforata, *Tribonema*

Hydrurus foetidus (kurze Zotten),
Cococcus vulgaris, *Cosmarium*

makroskopisch sichtbar gewesen waren, vermutete ich einen Zusammenhang zwischen dem Auftreten dominanter Arten und der Einstrahlung während einer gewissen Periode. Der wichtige Einfluss des Lichtes auf den Algenbewuchs in Bächen wurde schon von WEHRLE (1942) und KANN (1978) hervorgehoben. Oft ist es jedoch schwierig, Temperatur- und Lichteinfluss auseinanderzuhalten. Im Falle der Quellbäche bei Chasa dal Stradin waren die jährlichen Temperaturschwankungen (Max.-Min. = 6.3°C) klein, verglichen mit Flüssen oder Bächen des Unterlandes (Thur: Max.-Min. = 17°C; MÖRGEL, 1974). Man darf annehmen, dass dies nur geringe Auswirkungen auf das Algenwachstum hatte, da sich viele Arten bei kleinen Temperaturschwankungen rasch an die veränderte Temperatur adaptieren können (SOEDER und STENGEL, 1974). Der Einfluss der Einstrahlung sollte deshalb gut erkennbar sein.

In Tab. 7 sind die dominanten Arten nach einer Schön- und einer Schlechtwetterperiode der Jahre 1975 und 1976 aufgeführt. Im Jahre 1975 war *Hydrurus foetidus* mit röhrenförmigem Habitus nach einer Schönwetterperiode häufig. Die Art erträgt in dieser Modifikation stärkere Lichtintensitäten als im Zottenstadium (HÖRNING, 1959). Es ist bemerkenswert, dass am 31.7.1976 nach einer Schlechtwetterperiode *Hydrurus-Zotten* auftraten.

Starke Einstrahlung förderte das Wachstum der fädigen Algen *Rbonema gayanum*, *Zygnema* sowie vermutlich auch von *Mougeotia* und *Spirogyra* (27.6.1976). Die entstandenen Algenmatten konnten jedoch eine längere Schlechtwetterperiode nicht ertragen und waren bei der folgenden Probenahme (31.7.1976) im Stadium fortgeschrittener Zersetzung. Von verschiedenen Blaualgenarten ist bekannt, dass bei niedrigen Lichtintensitäten rasches exponentielles Wachstum möglich ist (WHITTON, 1973). Tab. 7 lässt vermuten, dass sich *Phormidium autumnale* bei geringer Einstrahlung gut entwickelte. Inwieweit dies auch eine Folge der veränderten Konkurrenzsituation bei Schwachlichtbedingungen ist, müssen weitere Untersuchungen erst noch zeigen.

6. Strömung

GESSNER (1955) vertrat die Ansicht, dass die Artenzahl in stark strömendem Wasser grösser ist als in schwach strömendem, was allerdings von KANN (1978) für den Algenbewuchs in Bergbächen nicht sicher bestätigt werden konnte. Die Aussage von GESSNER trifft wahrscheinlich dann zu, wenn an strömungsarmen Stellen fortwährend Kies oder Sand abgelagert wird, so dass sich keine Algen festsetzen können. AMBÜHL (1959) beobachtete an solchen Stellen ebenfalls sehr geringe Organismenmengen. ZIMMERMANN (1961) nannte als ausgesprochene Strömungsspezialisten u.a. die Arten *Phormidium autumnale*, *Hydrurus foetidus*, *Wbonema viride* und *Wbonema vulgare* sowie Moose. Die zerbrechlichen Fäden von *Spirogyra* sollen dagegen nur im ruhenden oder langsam fliessenden Wasser vorkommen.

An den Stellen B und C schwankte die Fließgeschwindigkeit von wenigen Zentimetern bis etwa 1 Meter pro Sekunde; ausserdem beobachtete ich bei jeder Probenahme Regionen, bei denen die Strömungsgeschwindigkeit fast null war. An solchen Orten waren *Mougeotia*, *Spirogyra*- oder *Zygnema*-Fäden häufig, und es konnten auch Massentwicklungen von Blaualgen und kokkalen Grünalgen auftreten (Abschnitt 4: Sande und Schlamm). Während *Tetrasporopsis perforata* und *Rbonema gayanum* lediglich in schwach fliessendem Wasser angetroffen wurden, wuchs *Hydrurus foetidus* auch bei starker Strömung intensiv. Die in Abschnitt 4 erwähnten Algen, welche auf Gesteinsoberflächen lebten, waren in allen Zuflüssen zum Fuornbach häufig sowohl an Orten mit geringer als auch mit starker Strömung. Im Gegensatz zu den von GESSNER (1955) gemachten Angaben wurden im Gebiet der Hangqueilen bei Chasa dal Stradin mehr Arten an strömungsarmen Stellen gefunden als an strömungsreichen.

7. Kultur von Algen auf Agar

Zur **Isolierung** von Arten **benützen** die **Algologen** seit langer Zeit Agarmedien (PRINGSHEIM, 1954). **VISCHER** (1945) kultivierte Bodenalgen aus dem Schweizerischen Nationalpark auf **Knop-Agar**. Mit **Hilfe** des schon von **THOMAS** (1961) verwendeten **Algenagars** wollte ich prüfen, welche Arten sich auf Agar züchten lassen. **Ausserdem** interessierte mich, ob es Arten gibt, die zusätzlich zu den unmittelbar nach der Probenahme bestimmten auf Agar erscheinen. Zu diesem Zweck nahm ich **mehrmals** Petrischalen mit festen Medien mit. Auf deren **Oberfläche** wurde am Tag der Probenahme etwas **Algengemisch** von Steilen mit einer **grossen** Vielfalt von Arten ausgestrichen.

Die in Tab. 8 zusammengefassten Resultate zeigen, dass die **Überzüge** der Steine manchmal mehr Arten enthielten als bei der mikroskopischen Durchsicht der Proben erfasst wurden.

Tab. 8 Vergleich der in einer Probe direkt bestimmten Arten mit dem Ergebnis von Agarkulturen. Kulturraum: Spiegelschrank (für die **Wachstumsbedingungen**, siehe SCHANZ, 1974), **Versuchsdauer: 21-28** Tage. A, B, C, D: Probenahmestellen (**Quellhorizont** bei Chasa dal Stradin. S = **Abkratzprobe**, Stein. M = **Abschöpfprobe**. Moos.

Datum	Herkunft	Direkt bestimmte Arten	Ergebnisse der Agarkulturen
16.8.1975	B	S <i>Hydrurus foetidus</i>	<i>Pleurocapsa minor</i> , <i>Ourococcus bicaudatus</i> . <i>Palmella miniata</i>
	C	M <i>Tribonema gayanum</i>	<i>Aphanocapsa</i> sp., <i>Phormidium</i> sp., <i>Palmella</i> sp.
	C	S <i>Palmella miniata</i>	<i>Palmella miniata</i>
	D	S <i>Hydrurus foetidus</i>	<i>Chlorococcum botryoides</i>
	D	S <i>Aphanothece castagnei</i> , <i>Lyngbya</i> sp., <i>Hydrurus foetidus</i>	<i>Phormidium</i> sp., <i>Pleurocapsa minor</i> , <i>Coccomyxa</i> sp., <i>Palmella</i> sp.
13.9.1975	A	S <i>Palmella miniata</i>	<i>Desmococcus vulgaris</i> , <i>Palmella miniata</i>
	B	S <i>Calothrix</i> sp., <i>Gloeocapsa sanguinea</i> , <i>Siphononema polonicum</i> . <i>Hydrurus foetidus</i>	<i>Aphanothece castagnei</i> . <i>Siphononema polonicum</i> , <i>Chlorococcum infusionum</i>
	D	S <i>Gloeocapsa sanguinea</i> . <i>Palmella miniata</i>	<i>Phormidium faveolarum</i> , <i>Chlorococcum infusionum</i> . <i>Palmella miniata</i> , <i>Cosmarium obtusatum</i>
	D	S <i>Palmella miniata</i>	<i>Phormidium faveolarum</i> , <i>Siphononema polonicum</i> . <i>Palmella miniata</i>
	D	S <i>Gloeocapsa sanguinea</i> . <i>Phormidium autumnale</i>	<i>Phormidium</i> sp., <i>Siphononema polonicum</i> , <i>Chlorococcum infusionum</i>
31.7.1976	A	S <i>Beggiatoa alba</i> . <i>Phormidium autumnale</i>	<i>Phormidium autumnale</i> . <i>Oscillatoria</i> sp., <i>Chlorococcum botryoides</i> . <i>Cosmarium</i> sp.
	B	S <i>Beggiatoa alba</i> , <i>Phormidium autumnale</i> , <i>Chlorococcum botryoides</i> . <i>Cosmarium obtusatum</i>	<i>Phormidium autumnale</i> , <i>Chlorococcum botryoides</i>
	B	S <i>Desmococcus vulgaris</i>	<i>Chlorococcum botryoides</i>
	C	S <i>Desmococcus vulgaris</i>	<i>Phormidium autumnale</i> . <i>Phormidium</i> sp., <i>Chlorococcum botryoides</i>
	C	S <i>Cosmarium obtusatum</i> . <i>Spirogyra</i> sp.	<i>Spirogyra</i> sp.
	C	S <i>Cosmarium obtusatum</i> . <i>Spirogyra</i> sp.	<i>Spirogyra</i> sp.

mit Agarmedien (PRINGSHEIM, 1974). Versuchsdauer: 21-28 Tage. S = Abkratprobe, Stein. M

Überzüge der Steine manchmal in den Proben erfasst wurden.

Ergebnis von Agarkulturen. Kulturbedingungen: 1974). Versuchsdauer: 21-28 Tage. S = Abkratprobe, Stein. M

Ergebnisse der Agarkulturen

Capsa minor, *Ourococcus bicaudatus*, *Palmella miniata*, *Capsa* sp., *Phormidium* sp., *Palmella* sp., *Palmella miniata*, *Chlorococcum botryoides*, *Phormidium* sp., *Pleurocapsa microcapsa* Gr., *Palmella* sp., *Chlorococcus vulgaris*, *Palmella miniata*

Chlorella castagnei, *Siphononema polonicum*, *Chlorococcum infusionum*

Chlorococcum faveolarum, *Chlorococcum infusionum*, *Palmella miniata*, *Chlorococcum obtusatum*

Chlorococcum faveolarum, *Siphononema polonicum*, *Palmella miniata*, *Chlorococcum infusionum*, *Chlorococcum infusionum*, *Chlorococcum autumnale*, *Oscillatoria*, *Chlorococcum botryoides*, *Cosmarium* sp.

Chlorococcum autumnale, *Chlorococcum botryoides*

Chlorococcum botryoides, *Chlorococcum autumnale*, *Phormidium*, *Chlorococcum botryoides*

Chlorella sp.

Dies hängt damit zusammen, dass bei eindeutiger Dominanz einer Art seltene Arten leicht übersehen werden. Nicht alle Arten entwickelten sich auf dem verwendeten Agar gleich gut: Im allgemeinen wuchsen Blau- und Grünalgen gut; offensichtlich waren sie durch die Kulturbedingungen bevorzugt. *Ourococcus bicaudatus* und eine *Coccomyxa*-Art waren sogar nur in Kultur beobachtet worden. Es ist bemerkenswert, dass die kokkale Grünalge im Gebiet der Chasa dal Stradin stark verbreitet waren, jedoch nur vereinzelt dominant in Erscheinung traten. *Hydrurus foetidus* und *Tribonema gayanum*, die in der Natur mehrmals massenhaft vorkamen, wuchsen in Kultur nicht, wodurch zwei wichtige Konkurrenten ausgeschaltet waren. Ausserdem fehlten auf Agar die Arten *Gloeocapsa sanguinea* und *Cosmarium obtusatum*. Die Arten *Chlorococcum botryoides* und *Desmococcus vulgaris* sind in Proben aus der Natur schwer auseinanderzuhalten, da verschiedene wichtige Bestimmungsmerkmale erst in Kulturen auftreten (VISCHER, 1960). In Proben aus der Natur fand ich *Desmococcus* verschiedentlich, *Chlorococcum* jedoch häufiger in Kulturen.

8. Besonderheiten des Quellhorizontes bei Chasa dal Stradin

Der Quellhorizont wurde in vier Abschnitte unterteilt, die gesondert untersucht wurden: Stelle A: Abwasserbächlein der Chasa dal Stradin. Stelle B: Abwasserbeeinflusstes Parallelbach zum Fuornbach mit Quellen oberhalb der Stelle A. Stelle C: Ergiebigste Quellen mit gleichmässiger Wasserführung und einer Temperatur zwischen 0.6°C und 6.9°C. Stelle D: Quelle mit geringer Wasserführung, die mehrmals versiegt.

Bei den untersuchten Quellen handelt es sich um Rheokrenen (= Sturzquellen, deren Wasser mit mehr oder weniger grossem Gefälle abfliesst; STEINMANN, 1907); das Wasser enthält hauptsächlich Kalzium- und Magnesium-Karbonate. An Stelle C und im Fuornbach wurden im Mittel 350 µg Nitrat-N gemessen; die Phosphat-Mengen waren gering oder lagen unter der Nachweisgrenze.

An verschiedenen Probenahmedaten dominierte *Hydrurus foetidus* an den Stellen B, C oder D. Die Alge wuchs auf Steinen in starker und auf Moospolstern in schwacher Strömung. Schönwetterperioden förderten das Wachstum von *Tribonema gayanum* sowie - an Orten mit geringer Strömung - von Vertretern der Gattung *Mougeotia*, *Spirogyra* und *Zygnema*. An Stelle B trat *Tribonema gayanum* massenhaft auf. Bei Abwassereinfluss oder in der Nähe von Tierlosung beobachtete ich hauptsächlich Blaualgen (vorallem *Oscillatoria*- und *Phormidium*-Arten), kokkale Grünalgen (*Chlorococcum botryoides*, *Chlorococcum infusionum*, *Desmococcus vulgaris*) und die Jochalge *Cosmarium obtusatum*. *Tetrasporopsis perforata* trat vereinzelt an der Stelle C auf. Die meisten Gerölle im Gebiet der Hangquellen waren mit einer krustenartigen Algenschicht bedeckt, die grüne, braune, rote oder schwarze Farbe aufwies. An den makroskopisch sichtbaren Färbungen waren mehrere Arten beteiligt, die in Abschnitt 4 erwähnt sind.

9. Fuornbach

Im Chemismus unterschied sich der Fuornbach nur geringfügig von der Probenahmestelle C des Quellhorizontes (Tab. 1), wie in Abschnitt 2 angedeutet.

Der Fuornbach zeichnete sich durch starke Fliessgeschwindigkeit und schwankende Wasserführung aus. Die Wirkung dieser mechanischen Kräfte verhinderte weitgehend einen Algenbewuchs, wie er an den Stellen A bis D vorhanden war. Auf der Höhe der Stelle D beobachtete ich mehrmals gelbgrüne Überzüge auf Steinen, die als *Hydrurus foetidus* bestimmt wurden. Am 13.9.1975, 27.6., 31.7. und am 28.8.1976 stellte ich bei den strömungsschwächeren

Punkten einiger Steine *Hydrurus*-Zotten fest. Die Beschränkung von *Hydrurus foetidus* auf einen Abschnitt unterhalb des Zuflusses der Hangquellen hing wohl damit zusammen, dass in dieser Region eine dauernde, intensive Beimpfung mit Sporen der Stellen B, C und D erfolgte. Bei günstigen Bedingungen wuchsen diese Sporenlager zu Zotten aus. Nach Hochwässern waren die Steine im Fuornbach jedoch vollständig frei von Überzügen. Am 13.9.1975 und am 27.6.1976 fand ich auf einigen Steinen Lager von *Phormidium autumnale*, am 13.9.1975 zudem *Palmella miniata*. Die Arten waren jedoch nur in kleinen Populationen vorhanden.

Neben dem Aufwuchs interessierte mich, ob und in welchem Ausmass im Fuornbach Arten zu finden sind, welche mit dem Phytoplanktonnetz gefangen werden können. Tab. 9 zeigt,

Tab. 9 Chasa dal Stradin: Fuornbach. Liste der mit dem Phytoplanktonnetz, gefangenen Arten (1975-1979; 8 Probenahmen).

Datum	Zufluss von Buffalora und Jufplaun	Zufluss aus Val Niilia	Bei Probenahmestelle D
C 7.1975	<i>Oscillatoria tenuis</i> , <i>Tribonema</i> sp., <i>Cosmarium</i> sp.	Kieselalgen	
16. 8.1975	<i>Ceratium hirundinella</i> , <i>Petidinium</i> sp., <i>Eudorina elegans</i> , <i>Pediastrum duplex</i> , <i>Staurastrum paradoxum</i>	—	<i>Hydrurus</i> -Reste, <i>Tribonema</i> sp., <i>Staurastrum paradoxum</i>
13. 9.1975	<i>Nostoc kihlmani</i>	—	<i>Hydrurus</i> -Reste, <i>Tribonema gayanum</i> , <i>Tribonema vulgare</i> , <i>Staurastrum paradoxum</i>
27. 6.1976	<i>Oscillatoria</i> sp., <i>Tribonema gayanum</i> , <i>Pediastrum duplex</i> , <i>Cosmarium obtusatum</i> , <i>Euastrum</i> sp., <i>Staurastrum paradoxum</i>	—	<i>Hydrurus</i> -Reste, <i>Peridinium</i> sp., <i>Tribonema gayanum</i> , <i>Staurastrum paradoxum</i>
31. 7.1976	<i>Ceratium hirundinella</i> , <i>Peridinium</i> sp., <i>Closterium leibleinii</i> , <i>Euastrum oblongum</i> , <i>Staurastrum paradoxum</i>	<i>Ceratium hirundinella</i> , <i>Pediastrum simplex</i> , <i>Cosmarium</i> sp., <i>Euastrum</i> sp., <i>Staurastrum paradoxum</i>	<i>Phormidium autumnale</i> , <i>Tribonema gayanum</i> , <i>Cosmarium</i> sp., <i>Hyalotheka dissiliens</i> , <i>Spirogyra</i> sp., <i>Staurastrum paradoxum</i>
28. 8.1976	<i>Aphanothece stagnina</i> , <i>Oscillatoria mougeotii</i> , <i>Phormidium autumnale</i> , <i>Oedogonium</i> sp., <i>Cosmarium</i> sp., <i>Mougeotia</i> sp.	<i>Gloeothece rupestris</i> , <i>Ceratium hirundinella</i> , <i>Zygnema</i> sp.	—
21. 8.1979	<i>Calothrix</i> sp., <i>Homoeothrix rivularis</i> , <i>Oscillatoria</i> sp., <i>Cosmarium</i> sp., <i>Staurastrum paradoxum</i>	<i>Oscillatoria</i> sp., <i>Cosmarium</i> sp.	—
15.10.1979	—	<i>Oscillatoria</i> sp., <i>Ceratium hirundinella</i> , <i>Cosmarium</i> sp., <i>Staurastrum paradoxum</i>	—

von *Hydrurus foetidus* auf ei-
wohl damit zusammen, dass in
er Stellen B, C und D erfolgte.
a aus. Nach Hochwässern wa-
nigen. Am 13.9.1975 und am
autumnale. am 13.9.1975 zu-
Populationen vorhanden.

Ausmass im Fuornbach Arten
werden können. Tab. 9 zeigt,

planktonnetz gefangenen Arten

Bei Probenahmestelle D

Hydrurus-Reste, *Tribone-*
ma sp., *Staurastrum pa-*
radoxum

Hydrurus-Reste, *Tribone-*
ma gayanum, *Tribonema*
vulgare, *Staurastrum pa-*
radoxum

Hydrurus-Reste, *Peridi-*
nium sp., *Tribonema*
gayanum, *Staurastrum*
paradoxum

Phormidium autumnale,
Tribonema gayanum,
Cosmarium sp., *Hyalotheka*
dissiliens, *Spirogyra*
sp., *Staurastrum para-*
doxum

dass eine grosse Zahl von **Algenarten** vorhanden war, jedoch immer in geringer Dichte und meist ohne sichtbare Chromatophoren. Das Bachwasser enthielt lediglich 0.08 µg Chlorophyll a pro Liter. Auffallend ist das Vorkommen von *Ceratium hirundinella* bereits am oberen Rand des Untersuchungsgebietes (etwa 1950 m ü.M.). Nach BACHMANN (1928) lebt die Art selten in Gewässern über 2000 m. In unserem Falle scheint *Ceratium hirundinella* jedoch von höher gelegenen Orten eingeschwemmt worden zu sein.

Vergleicht man die Artenlisten der **beiden** Zuflüsse (**Buffalora** und **Jufplau**; **Val Nügli**) mit der des Fuornbaches bei der Probenahmestelle D, so stellt man fest, dass an verschiedenen Tagen einige Arten dazukamen, die aus der Region des **Quellhorizontes** stammten; es waren dies *Phormidium autumnale*, *Hydrurus foetidus*, *Tribonema gayanum*, *Tribonema vulgare* und *Spirogyra*-Fäden.

II. Zufluss aus dem Buffalora-Gebiet

Obschon für die algologischen Untersuchungen das Gebiet zwischen der Chasa dal Stradin und II Fuorn gewählt worden war, führte ich eine Exkursion ins Buffalora-Gebiet durch. Dabei interessierte die Frage, woher die im Plankton des Fuornbaches bei Chasa dal Stradin festgestellten Organismen kommen (Abschnitt 1.9; Tab. 9).

1. Probenahmestellen

Der obere Teil des Buffalora-Gebietes umfasst hauptsächlich Alpweiden, die auch heute noch bestossen sind. Der mittlere Teil ist waldbedeckt, während der unterste Teil (oberhalb der Chasa dal Stradin) aus einer langen Schotterebene besteht (Abb. 8, B). Eine noch mächtigere Schotterebene breitet sich von der Val Nügli gegen die Chasa dal Stradin aus (Abb. 8, A). Abb. 9 zeigt die von mir ausgewählten Probenahmestellen:

- Die Stelle A erstreckte sich von der **Sumpfebene** oberhalb Punkt 2219 bis zum oberen Rand des etwa 100 m weiter unten gelegenen Sumpfgebietes.
- Die Stelle B umfasste das erwähnte **Sumpfgebiet** und reichte bis etwas oberhalb der **Mündung** des Baches aus der Val **Murtaröl** (bei Punkt 2084) in den Hauptbach.
- Zur **Stelle C** wurde der anschliessende Bachabschnitt bis **zum** Austritt aus dem Wald gerechnet.

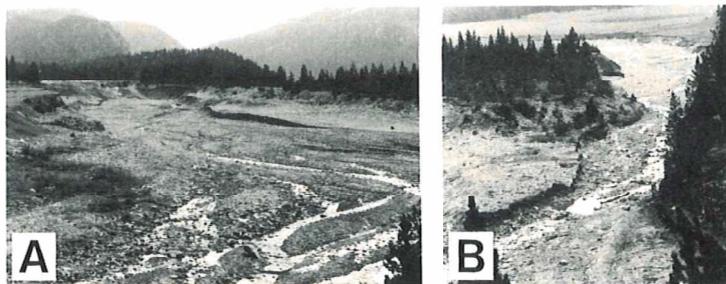


Abb. 8. Zuflüsse aus der Val Nügli (A) und dem Buffalora-Gebiet (B): Blick talaufwärts vom Quellhorizont bei Chasa dal Stradin.

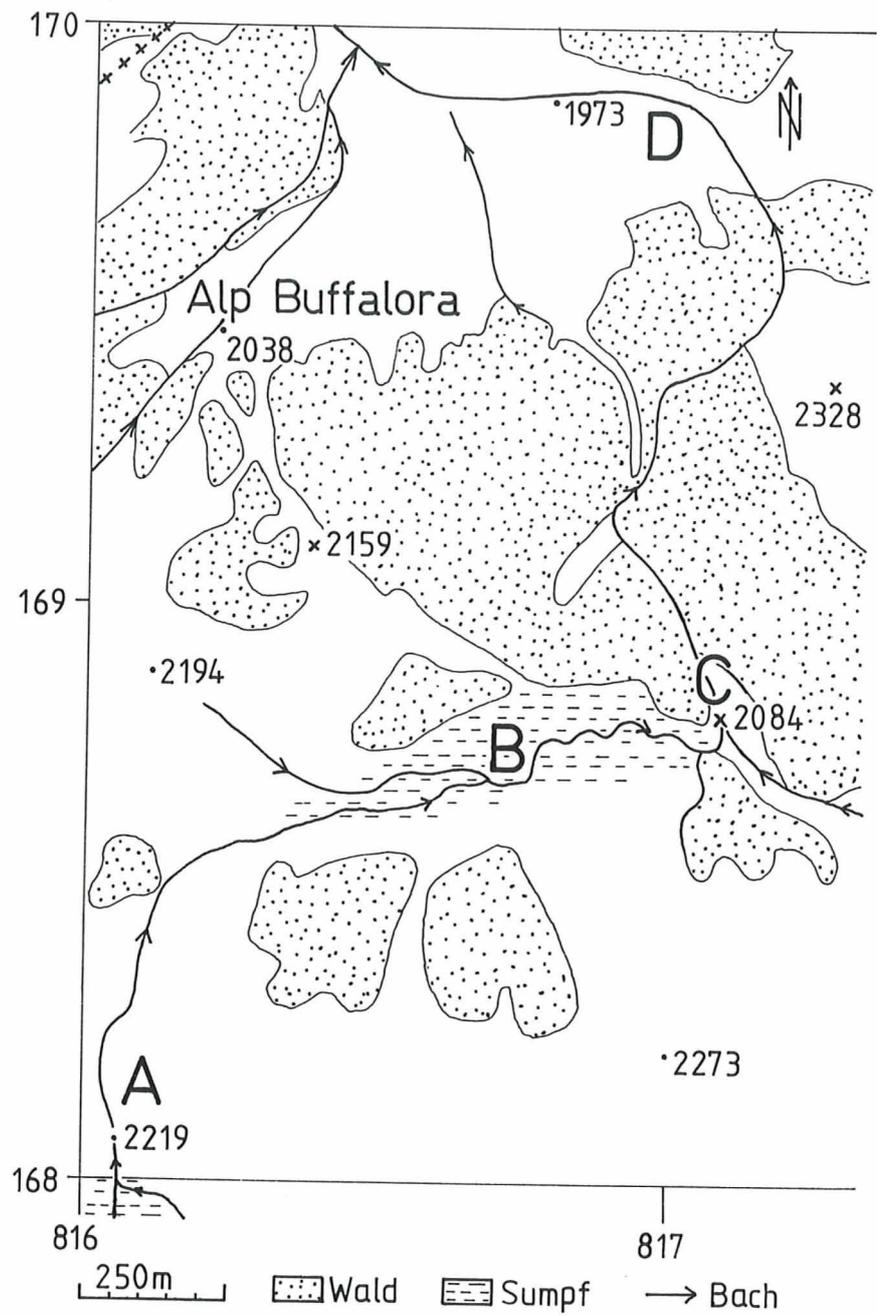


Abb. 9. Lage der Probenahmestellen A, B, C und D im Buffalora-Gebiet (von Landeskarte der Schweiz, Blatt 1239, Sta Maria).

- Als Stelle D bezeichnete ich die Schotterebene. Hier floss der Bach nur im obersten Abschnitt teilweise oberflächlich, verschwand dann vollständig im Scliotterbett und erschien nach etwa 250 m - auf der Höhe der Chasa dal Stradin - wieder an der Oberfläche.

2. Gefundene Arten

Stellen A und B (Tab. 10)

An Stelle A beobachtete ich mehrere Tümpel, in denen grössere Flächen mit Characeen bedeckt waren. Da keine Fortpflanzungsstadien gefunden wurden, mussten Artbestimmungen unterbleiben. Characeen-Arten ertragen ganz unterschiedliche Umweltbedingungen bezüglich Licht, Temperatur, pH-Wert und Kaikgehalt des Wassers (CORILLION, 1957). MESSIKOMMER (1954, 1962) beobachtete **grössere** Bestände sowohl im Kanton Unterwalden als auch im Hinterrheingebiet, jedoch nur in stehenden Gewässern (Kleinseen, Tümpel). In den von mir untersuchten Tümpeln waren **ausserdem** Cyanophyceen (Arten von Aphanocapsa, *Chlorococcus*, Gloeotrichia, Microcystis), Desmidiaceen (*Closterium* acerosum, *Cosmarium* botrytis, *Penium* spirostriolatum, *Pleurotaenium* trabecula) und in kleineren Mengen andere Grünalgen (*Ankistrodesmus* sp., *Scenedesmus* quadricauda, *Mougeotia* sp.) vorhanden. Bei einer genaueren Untersuchung der Algenbiozönosen dieses Gebietes würde wahrscheinlich eine grosse Zahl weiterer Arten gefunden werden. Für das Plankton des Hauptbaches beim Punkt 2219 (Abb. 9) ist das Vorkommen einer Dinobryon-Art und der Zooplankter *Keratella* quadrata und *Chydorus* sp. bemerkenswert. Es scheint, dass an einigen Stellen des Gebietes echte Planktongemeinschaften bestanden haben.

Die Bodenprobe eines Tümpels von Stelle B wies eine geringe **Algendichte** auf. Individuen der Gattung *Cosmarium* traf ich hier oft an; die anderen in Tab. 10 aufgeführten Gattungen waren selten. Verglichen mit Stelle A beobachtete ich im Plankton des Hauptbaches an Stelle B neu die Gattungen *Bulbochaete*, *Oedogonium*, *Cosmarium* und *Staurastrum*. Am unteren

Tab. 10 Zufluss aus dem Buffalora-Gebiet: Liste der an Stelle A und B gefundenen Arten (28.8.1976).

Probenahmeort Stelle		Gefundene Arten
A	Chara-Bestand	<i>Aphanocapsa</i> sp., <i>Microcystis</i> sp., <i>Scenedesmus</i> quadricauda, <i>Mougeotia</i> sp., <i>Chara</i> sp. (steril)
	Tümpelboden	<i>Chroococcus</i> sp., <i>Gloeotrichia</i> sp., <i>Microcystis</i> sp., <i>Ankistrodesmus</i> sp., <i>Closterium</i> acerosum, <i>Cosmarium</i> botrytis, <i>Cosmarium granatum</i> , <i>Cosmarium undulatum</i> , <i>Penium</i> spirostriolatum, <i>Pleurotaenium</i> trabecula, <i>Staurastrum</i> polymorphum
	Plankton (Hauptbach) Stein (Hauptbach)	<i>Coelosphaerium</i> sp., <i>Dinobryon</i> sp., <i>Hyalotheca dissiliens</i> . Faden von <i>Mougeotia</i> . <i>Spirogyra</i> und <i>Zygnema</i> <i>Tolypothrix tenuis</i>
B	Tümpelboden	<i>Chroococcus</i> sp., <i>Microcystis flos-aquae</i> , <i>Phormidium</i> sp., <i>Spirulina</i> sp., <i>Cosmarium</i> sp., <i>Zygnema</i> sp.
	Plankton (Hauptbach) Wasserfall	<i>Bulbochaete</i> sp., <i>Oedogonium</i> sp., <i>Cosmarium botrytis</i> , <i>Hyalotheca dissiliens</i> , <i>Mougeotia</i> sp., <i>Staurastrum paradoxum</i> <i>Desmococcus vulgaris</i> , <i>Mougeotia</i> sp., <i>Zygnema</i> sp., Kieselalgen



• 2273

817

→ Bach

t (von Landeskarte der Schweiz,

Ende der Sumpfebene in der Gegend eines kleinen Wasserfalles dominierten die Gattungen *Mougeotia* und *Zygnema*. Die Algenfäden bildeten auch an Stellen mit mässig starker Strömung grosse Polster. Die im Abschnitt I.6 festgehaltenen Beobachtungen vom Quellhorizont bei Chasa dal Stradin, wo *Mougeotia* und *Zygnema* nur im schwach strömenden Wasser angetroffen wurden, dürfen deshalb nicht verallgemeinert werden.

Stellen C und D (Tab. 11)

Die **Artenzusammensetzung** der Planktonprobe vom Bach aus der Val Murtaröl war sehr überraschend: Es tauchten darin sowohl *Ceratium hirundinella* und *Staurastrum paradoxum* als auch der Zooplankter *Keratella cochlearis* auf. Da im Einzugsgebiet des Baches weder Tümpel noch Sumpfgebiete zu finden sind, kann über die Herkunft der erwähnten Plankter vorerst nichts ausgesagt werden.

Die übrigen Proben enthielten mit Ausnahme von *Chloropedia plana* alles Organismen, die auch im Hauptuntersuchungsgebiet gefunden wurden. Die Xanthophyceen *Chloropedia plana* stammte von der Oberfläche eines Steins. Die Art wurde bis jetzt hauptsächlich auf Wasserpflanzen festgestellt, ist jedoch auch aus den Alpen bekannt (ETTL, 1978).

Tab. 11 Zufluss aus dem Buffalora-Gebiet: Liste der an Stelle C und D gefundenen Arten (28.8.1976).

Probenahmeort Stelle	Gefundene Arten
C Moos (Hauptbach) Plankton (Zufluss aus Val Murtaröl)	<i>Bulbochaete</i> sp., <i>Microspora amoena</i> , <i>Oedogonium</i> sp., <i>Mougeotia</i> sp., <i>Zygnema</i> sp., <i>Ceratium hirundinella</i> , <i>Bulbochaete</i> sp., <i>Desmococcus vulgaris</i> , <i>Oocystis</i> sp., <i>Euastrum</i> sp., <i>Mougeotia</i> sp., <i>Staurastrum paradoxum</i>
D Tümpel Stein (Unterseite) Stein (Flanke) Stein (Oberseite)	<i>Mougeotia</i> sp., <i>Zygnema</i> sp., <i>Rivularia haematites</i> , <i>Verrucaria elaeomelaena</i> (Flechte) <i>Calothrix</i> sp., <i>Hydrurus foetidus</i> <i>Calothrix</i> sp., <i>Chamaesiphon polonicus</i> , <i>Gloeocapsa sanguinea</i> , <i>Rivularia biasoletiana</i> , <i>Chloropedia plana</i>

3. Herkunft des Netzplanktons im Fuornbach bei Chasa dal Stradin

Vergleicht man die Tab. 10 und 11 mit der Tab. 9, so kann unschwer festgestellt werden, dass verschiedene Arten des Buffalora-Gebietes auch wieder im Fuornbach auftauchen. *Ceratium hirundinella* und *Staurastrum paradoxum* dürften aus dem Val Murtaröl stammen, während vermutlich ein Grossteil der **Desmidiaceen** von den Stellen A und B kommt. Über die Herkunft der **Blualgen** sind keine Hypothesen möglich. Abschliessend soll darauf hingewiesen werden, dass ein Teil des Netzplanktons im **Fuornbach** aus der Val Nügglia stammte.

F. OVA DALS PLUOGLS

1. Probenahmestellen

Das Quellgebiet der Ova dals **Pluogls** liegt oberhalb der **Ofenpassstrasse** etwa 2 km talwärts der Chasa **dal Stradin** (Abb. 10). **BADER (1977)** wies nach, dass keine direkte Beziehung zum **Quellhorizont** bei Chasa **dal Stradin** besteht. Er vermutete, dass sich das Einzugsgebiet der Quellen in weit entfernten, höheren Lagen **befindet**.

Die Untersuchungen führte ich im Gebiet unterhalb der Strasse vom Punkt 1946 bis zur **Fuornbachebene** durch. Die **Fliessstrecke** lässt sich in drei Abschnitte gliedern: 1) Die obere, flache Zone mit vielen wenig **durchflossenen**, sandigen Randgebieten reicht von Punkt 1946 (**Zementröhre**) bis etwa 10 Meter **oberhalb** des **Fussweges** (Abb. 11, A und B); 2) Der **anschliessende** Abschnitt ist wesentlich steiler. Er erstreckt sich bis zum Eintritt der Ova dals Pluogls in die Fuornbachebene (Abb. 11, C und D); 3) Unmittelbar nach dem Eintritt in die Ebene teilt sich der Bach in mehrere **Ärme**. Die **Fliessgeschwindigkeit** des Wassers vermindert sich stark.

2. Physikalische und chemische Eigenschaften des Wassers (Tab. 12)

BADER (1977) fand eine konstante Quellwassertemperatur von 4.4°C (**Messperiode 1970/71**). Am **27.8.1979** mass ich unmittelbar nach der Zementröhre eine Temperatur von 6.0°C , 5 Meter weiter unten 6.2°C und in einer Entfernung von 50 Metern 6.4°C . In der Fuornbachebene stellte ich 6.8°C fest (Lufttemperatur: 7.9°C). **Im Fliessverlauf** hatte sich somit eine starke Annäherung der **Wasser-** an die Lufttemperatur ergeben. In der Fuornbachebene erreichte die **Wassertemperatur** in einem wenig durchströmten Seitenarm mit vielen Fadenalgen 8.2°C . Hier hatte die erhöhte Absorption der Strahlung durch das Algenmaterial zur stärkeren **Erwärmung** geführt.

Die **Leitfähigkeit** des Wassers lag um $170 \mu\text{S} \cdot \text{cm}^{-1}$, der **Nitrat-N-Gehalt** um $320 \mu\text{g} \cdot \text{l}^{-1}$ und der **Phosphat-P-Gehalt** war kleiner als $10 \mu\text{g} \cdot \text{l}^{-1}$ (Tab. 12). Die Gesamthärte entsprach mit 11.1 bis 12 französischen Härtegraden etwa dem weichen Wasser (**HÖLL, 1979**) des Walensees (Wasserversorgung Zürich, 1977). Die Hauptkomponenten des Quellwassers sind Kalzium- und **Magnesium-Karbonate**. Die Gesamthärte sowie der Kalzium- und **Magnesiumgehalt** der Ova dals Pluogls stimmen mit denen der Stelle C und dem **Fuornbach** weitgehend **überein** (Tab. 1). Das Wasser der Ova dals Pluogls unterscheidet sich durch konstantere Leitfähigkeit, konstanteren Nitratgehalt und ein um $0.7 \text{ mmol} \cdot \text{l}^{-1}$ besseres Säurebindungsvermögen. Es ist jedoch kaum anzunehmen, dass dadurch Unterschiede im Algenbewuchs verursacht wurden.

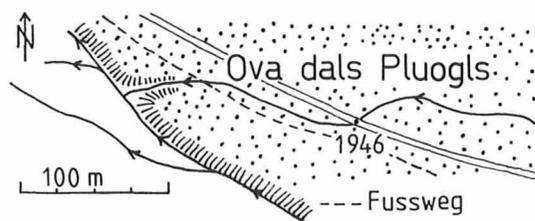


Abb. 10. Verlauf der Ova dals Pluogls, Stelle 2. Massstab und Karteblatt wie Abb. 5.

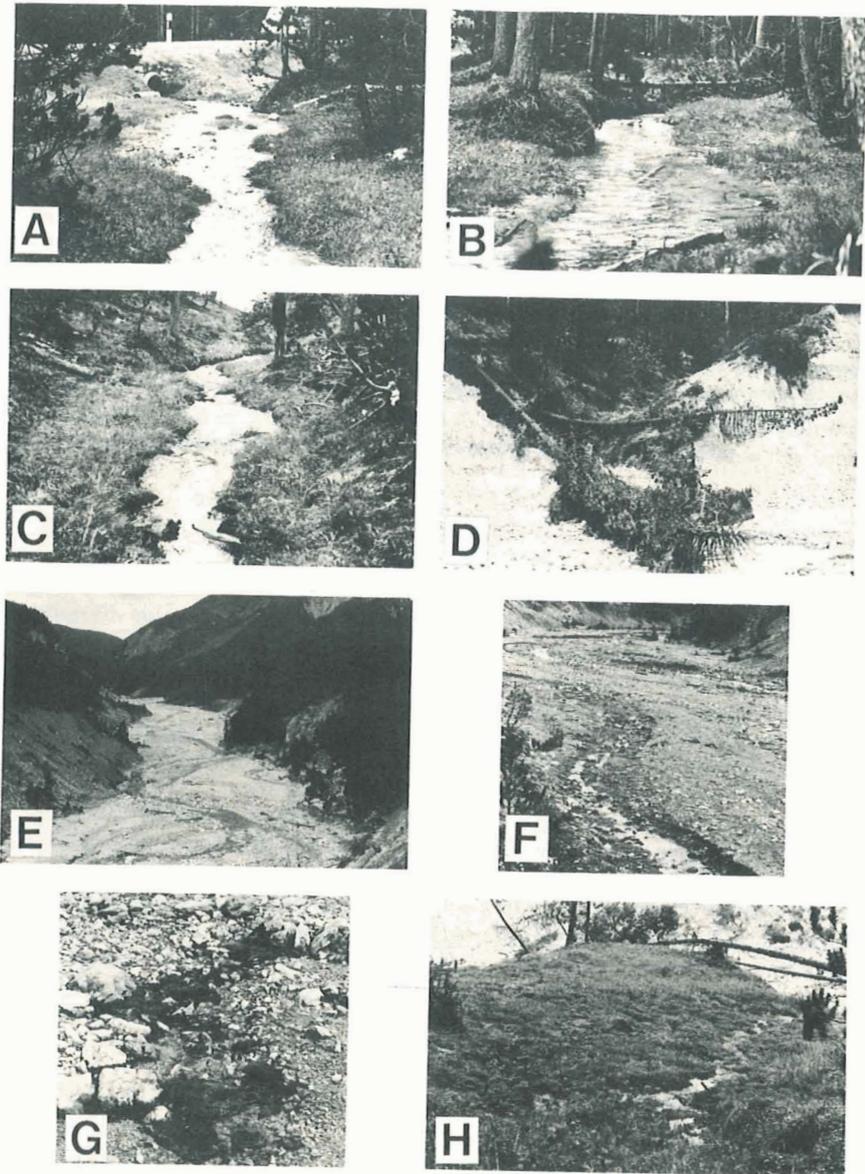


Abb. 1 Ova dals Pluogls (A bis D) und Hangquellen gegenüber God Margun Vegel (F bis G) und gegenüber der Val dal Fiiorn (H). A: Obere Zone des Untersuchungsgebietes mit der Unterquerung der Ofenpassstrasse (Zementröhre). B: Obere Zone mit wenig durchflossenen Randgebieten des Bachbetts. C: Untere Zone mit der rasch gegen die Schotterebene des Fuornbaches fließenden Ova dals Pluogls. D: Eintrittsstelle der Ova dals Pluogls in die Schotterebene des Fuornbaches. E: Übersicht von der Ofenpassstrasse talwärts. Die Hangquellen befinden sich auf der rechten Talseite etwas unterhalb der Bildmitte. F: Hangquelle, links. G: Hangquelle, rechts, mit Moospolstern. H: Übersicht talwärts, Rechts die ergiebigere Hangquelle mit dem abfließenden Bächlein.

Margun Vegl (E bis G) und ge-
 letes mit der Unterquerung der
 Randgebieten des Bachbettes.
 iessenden Ova dals Pluogls, D:
 E: Übersicht von der Ofenpass-
 was unterhalb der Bildmitte, F:
 talwärts, Rechts die ergrünte-



Tab. 12 Resultate von physikalischen und chemischen Untersuchungen der Ova dals Pluogls (Stelle 2) sowie der Hangquellen gegenüber God Margun Vegl (Stelle 3) und gegenüber der Val dal Fuorn (Stelle 4) in den Jahren 1977 bis 1980. Q₁ = Quelle, links; Q_r = Quelle, rechts; PA = Phenolphthalein-Alkalinität; TA = Total-Alkalinität

Stelle	Datum	Temp. °C	pH	Leitf. µS/cm	NO ₃ -N µg/l	NO ₂ -N 1	PO ₄ ³⁻ -P 1	Säurebindungs- vermögen (mmol/l)		SO ₄ ²⁻ mg/l	Ca ²⁺ mg/l	Mg ²⁺ mg/l	Ges-H fH ⁰
								PA	TA				
2	28. 6.77	—	—	170	—	<10	<10	- 0.06	2.05	3.5	26.9	11.4	12
	21. 7.78	—	8.4	168	340	—	7	—	—	—	25.7	11.8	—
	21. 8.79	6.2	8.5	165	340	—	5	0.05	2.55	<10	—	—	—
	15.10.79	—	8.2	177	280	—	< 5	—	—	—	25.3	11.6	11.1
	23. 6.80	—	8.15	175	330	—	< 2	0.0	2.3	—	—	—	—
3	28. 6.77	—	—	231	—	<10	<10	-0.12	2.5	18	34.9	15.1	14
	21. 7.78	—	8.3	232	250	<10	< 2	—	—	—	33.5	15.1	—
	21. 8.79	5.8	8.1	244	330	—	< 2	0.0	2.31	24	—	—	—
	Q ₁ 15.10.79	—	8.2	254	240	—	< 5	—	—	—	35.9	16.2	15.6
	Q _r 15.10.79	—	8.2	272	120	—	< 5	—	—	—	38.7	18.5	17.3
4	23. 6.80	—	8.2	234	250	—	< 2	0.0	2.3	—	—	—	—
	28. 6.77	—	—	200	—	<10	<10	- 0.07	2.45	19	31.7	12.6	15
	21. 7.78	—	8.3	234	190	—	< 2	—	—	—	36.9	13.9	—
	21. 8.79	3.6	7.6	207	250	—	6	- 0.03	1.87	17	—	—	—
	15.10.79	—	7.6	206	210	—	10	—	—	—	31.1	11.9	12.7

3. Gefundene Arten

In der Ova dals **Pluogls** dominierten fast an **allen** Probenahmedaten **Fäden** der **Gattungen** *Mougeotia*, *Spirogyra* und *Zygnema*. Einzelne Arten anderer Gattungen konnten lokal eine grössere Dichte erreichen (z.B. *Chamaesiphon polonicus*, *Gloeocapsa sanguinea*, *Homoeothrix juliana*, *Homoeothrix rivularis*, *Phormidium autumnale*, *Rivularia biasolettiana*, *Desmococcus vulgaris*, *Palmella miniata*), die meisten waren jedoch **Gelegenheitsfunde** (z.B. *Aphanocapsa elachista*, *Coelosphaerium pusillum*, *Merismopedia glauca*, *Merismopedia punctata*, *Phormidiurncorium*, *Chaetophora elegans*, *Gongrosira debaryana*, *Pediastrum braunii*, *Stigeoclonium* sp.). *Hydrurus foetidus* beobachtete ich am 27.6.1975, am 28.8.1976 und am 23.6.1980, jedoch lediglich in kleinen Mengen im untersten **Bachabschnitt** (vergl. Abschnitt C). Alle gefundenen Arten sind in Tab. 13 zusammengestellt; eine **grosse** Zahl davon fand ich bereits im **Wasser** des **Quellhorizontes** bei **Chasa dal Stradin** (Abschnitt E.1.3).

Unter den Blaualgen waren neu die Arten *Coelosphaerium pusillum*, *Merismopedia glauca*, *Merismopedia punctata*, *Phormidium corium* und *Rivularia biasolettiana*. Vertreter der Gattung *Coelosphaerium* findet man meist im Plankton von Seen (GETTLER, 1932); vereinzelt halten sie sich auch zwischen **Uferalgen auf** (HUBER-PESTALOZZI, 1938). WEHRLE (1942) erwähnt, dass *Merismopedia punctata* im kalkhaltigen, kühlen und reinen Wasser vorkommt und in stehenden **Gewässern** sowie in **Felsquellen** manchmal **makroskopisch** sichtbare blaue Überzüge bildet. *Merismopedia glauca* war an der **Sedimentoberfläche** des **Linthkanals** häufig und wurde **ausserdem** - oft zusammen mit *Merismopedia punctata* - im Litoral verschiedener stehender **Gewässer** nachgewiesen (MESSIKOMMER, 1951). Die Art wurde von KOLKWITZ (1950) zu den **Oligosaprobien** gerechnet. Nach SKUJA (1964) soll *Phormidium corium* sowohl in **Fliessgewässern** als auch in **Seen** vorkommen. Die Art ist **typisch** für die **Algengemeinschaften** der **Flanken** und der **Unterseite** von **Steinen**. Sie tritt auch als Bestandteil des Bewuchses von **Felsen** auf (CEDERCREUTZ, 1941). KANN (1978) und WEHRLE (1942) fanden in den von ihnen **untersuchten Bächen** und **Flüssen** nur *Rivularia haematites*, MESSIKOMMER (1951) **ausschliesslich** *Rivularia biasolettiana*. Dies **hängt** wahrscheinlich damit zusammen, dass die Arten **schwierig** zu unter-

Tab. 13 Ova dals **Pluogls**: Liste der gefundenen Arten (Periode 1975-1979; 7 Probenahmen).

Datum	Arten
5.7.1975	<i>Chamaesiphon polonicus</i> , <i>Homoeothrix rivularis</i> , <i>Merismopedia punctata</i> , <i>Oscillatoria</i> sp., <i>Phormidium corium</i> , <i>Phormidium</i> sp., <i>Rivularia biasolettiana</i> , <i>Gloeocystis</i> sp., <i>Palmella miniata</i> , <i>Stigeoclonium</i> sp., <i>Cosmarium</i> sp., <i>Spirogyra</i> sp.
16.8.1975	<i>Lyngbya</i> sp., <i>Phormidium autumnale</i> , <i>Rivularia biasolettiana</i> , <i>Chaetophora elegans</i> , <i>Desmococcus vulgaris</i> , <i>Palmella miniata</i> , <i>Mougeotia</i> sp., <i>Spirogyra</i> sp.
13.9.1975	<i>Mougeotia</i> sp., <i>Spirogyra</i> sp., <i>Zygnema</i> sp.
27.6.1976	<i>Phormidium autumnale</i> , <i>Hydrurus foetidus</i> , <i>Mougeotia</i> sp., <i>Zygnema</i> sp.
31.7.1976	<i>Aphanocapsa elachista</i> , <i>Coelosphaerium pusillum</i> , <i>Gloeocapsa sanguinea</i> , <i>Merismopedia glauca</i> , <i>Phormidium autumnale</i> , <i>Chromulina tenera</i> , <i>Tribonema monochloron</i> , <i>Tribonema</i> sp., <i>Gongrosira debaryana</i> , <i>Pediastrum braunii</i> , <i>Mougeotia</i> sp., <i>Spirogyra</i> sp.
28.8.1976	<i>Hydrurus foetidus</i> , <i>Mougeotia</i> sp., <i>Spirogyra</i> sp.
21.8.1979	<i>Homoeothrix juliana</i> , <i>Merismopedia punctata</i> , <i>Stichococcus bacillaris</i> , <i>Cosmarium botrytis</i> , <i>Mougeotia</i> sp., <i>Spirogyra</i> sp., <i>Staurastrum alternans</i> , <i>Verrucaria elaeamelae</i> (Flechte)

scheiden sind (KANN, 1978). Sowohl *Rivularia biasolettiana* als auch *Rivularia haematites* wurden von JAAG (1938) im Rheinfluss gefunden; beide Arten scheinen hauptsächlich in bewegtem Wasser vorzukommen (KURZ, 1922; KANN, 1978).

Von der Klasse der Chrysophyceae beobachtete ich *Chromulina tenera*; die Art kommt häufig im Plankton von Seen und Teichen vor (SKUJA, 1956), soll sich jedoch in allen Ansammlungen reinen Wassers gut entwickeln können (PASCHER und LEMMERMANN, 1913). Die Xanthophyceae *Tribonema monochloron* ist verbreitet (ETTL, 1978), bildet jedoch selten grössere Watten (PASCHER et al., 1925).

Folgende Grünalgenarten fand ich im Quellgebiet bei Chasa dal Stradin nicht, bestimmte sie jedoch in Proben der Ova als Pluogls: *Chaetophora elegans*, *Gongrosira debaryana*, *Stichococcus bacillaris* und *Stigeoclonium* sp.. *Chaetophora elegans* kommt in fliessenden oder stehenden Gewässern vor (PRINTZ, 1964). Diese Art stellte MESSIKOMMER (1951) im Kanton Glarus an einem Ort massenhaft fest. Die halbkugeligen bis kugeligen Lager sitzen auf Steinen, Pflanzen oder Holzstücken und werden gelegentlich losgerissen. In der Regel wird *Gongrosira debaryana* an dunklen Standorten gefunden (KANN, 1978); die Art soll eine grosse ökologische Spannweite besitzen (WEHRLE, 1942). *Stichococcus bacillaris* bildet grüne Überzüge an feuchten Stellen auch über der Wasseroberfläche; im Wasser können längere Fäden beobachtet werden. *Stichococcus*-Arten spielen eine wichtige Rolle als Flechtalgen (WIRTH, 1980). Die Gattung *Stigeoclonium* war im ganzen Untersuchungsgebiet selten. Sie kommt hauptsächlich in den Gewässern des Mittellandes vor (WÄLTI, 1979) und ist an Seeufern häufig (SCHANZ, 1979).

4. Substrate und Artenverteilung

Die Algenproben der Ova als Pluogls stammten von Gesteinsoberflächen, von der Oberfläche von Sanden oder Schlämmen und von Holzstücken.

Gesteinsoberflächen

Die meisten Proben nahm ich von der Oberseite der Steine, eine von der Flanke und eine Probe aus der Zementröhre unter der Ofenpassstrasse. Auf der Oberseite der Steine wurden folgende Arten festgestellt: *Homoeothrix juliana*, *Chaetophora elegans*, *Desmococcus vulgaris*, *Palmella miniata*, *Stichococcus vulgaris* und die Flechte *Verrucaria elaemelaena*. Bemerkenswert ist das Fehlen von *Hydrurus foetidus* im Waldabschnitt und der Rückgang der Blaualgen auf nur eine Art. Häufig waren schwarze Überzüge von *Verrucaria elaemelaena* und *Stichococcus bacillaris*. Die Probe von der Flanke eines Steins enthielt lediglich Blaualgenarten: *Lyngbya* sp., *Phormidium autumnale* und *Rivularia biasolettiana*. *Phormidium autumnale* war die einzige Art, die in der Zementröhre unter der Ofenpassstrasse gefunden wurde. Verglichen mit den Steinen des Quellhorizontes bei Chasa dal Stradin war der Algenbewuchs in der Ova als Pluogls sehr spärlich. Gründe dafür sind in Abschnitt 5 erwähnt.

Sande und Schlämme

An Stellen mit grosser Fliessgeschwindigkeit des Wassers fehlten die Algen auf dem Gewässerboden über Sand oder Schlamm vollständig. Zeitweise waren jedoch Fäden der Gattungen *Mougeotia*, *Spirogyra* und *Zygnema* in schwach durchströmten Abschnitten häufig. Hier konnten auch Blaualgen (*Aphanocapsa elachista*, *Merismopedia glauca*, *Merismopedia punctata*, *Phormidium autumnale*), *Tribonema*-Arten sowie *Cosmarium botrytis* und *Pediastrum braunii* gefunden werden. An einigen Probenahmetagen fielen dichte Überzüge von Kieselalgen auf.

Holzstücke

Auf den im Bach liegenden Holzstücken entwickelten sich *Phormidium autumnale* und *Gongrosira debaryana*. Beide genannten Arten können jedoch auf Steinen häufig sein (HEERING, 1914; KANN, 1978).

5. Lichteinfluss

Es scheint, dass der **Algenbewuchs** in der Ova dals Pluogls wenig witterungsabhängig ist: **Fadenalgen** der Gattungen *Mougeotia*, *Spirogyra* und *Zygnema* waren nach den in Tab. 7 angegebenen Schön- als auch nach den Schlechtwetterperioden häufig, sowohl im Waldabschnitt als auch in den kleinen Tümpeln der wenig beschatteten Fuornbachebene. Die Dichte der **Populationen** war immer kleiner als an den **Probenahmestellen** des **Quellhorizontes** bei Chasa dal **Stradin**. In der Ova dals Pluogls **besaßen** die im Wasser **befindlichen** Holzstücke rauhe Oberflächen, und sie waren über längere Zeit an denselben Orten anzutreffen. Die Tatsache, dass - trotz dieser günstigen Eigenschaften des Substrats - lediglich zwei Arten bestimmt wurden, hängt wahrscheinlich mit den sehr geringen Lichtintensitäten im untersuchten Bachabschnitt zusammen. *Hydrurus foetidus* konnte lediglich dreimal und nur im untersten Abschnitt beobachtet werden (Zonen 2 und 3; siehe Abschnitt 1). An diesen Orten war der Baumbewuchs sehr locker oder fehlte völlig (**Fuornbachebene**). Für das Ausbleiben von *Hydrurus* im Waldabschnitt **vermute** ich als Grund **Lichtmangel**. Da KAWECKA (1980) in vielen **Gebirgsbächen** nach Abwasserzufuhr sehr dichten **Hydrurus-Bewuchs** fand, könnte der geringe **Nährstoffgehalt** des **Bachwassers** ein weiterer wichtiger Grund **sein**.

6. Strömung

In der obersten **Flachzone** und im steileren Abschnitt **bis** zur Fuornbachebene **betrug** die **grösste Fliessgeschwindigkeit** im Bachquerschnitt etwa 0.5 **bis** 1 Meter pro Sekunde. In diesem schnellfliessenden Wasser waren nur Arten zu finden, die auf Gesteins- und Holzflächen lebten. Fäden der Gattungen *Mougeotia*, *Spirogyra* und *Zygnema* entwickelten sich dagegen an Stellen **mit** geringer **Fliessgeschwindigkeit** (0 bis wenige Zentimeter pro Sekunde) wie sie in den **Zonen** 1 und 3 (**Abschnitt F.1**) des Baches **auftraten**. Vereinzelt beobachtete ich auch **Fadengeflechte** in Ästen, die **m schnell fließendem** Wasser lagen.

7. Kultur von Algen auf Agar (Tab. 14)

Die Bodenproben vom 5.7.1975 und vom 31.7.1976 enthielten ein reichhaltiges **Algenmaterial**. Auf den Agarplatten wuchsen jeweils lediglich zwei Arten. Folgende Arten waren bei der Durchsicht der Proben übersehen worden und wurden erst auf den Agarplatten beobachtet (Versuche vom 16.8.1975 und 31.7.1976): *Lyngbya* sp., *Phormidium uncinatum*, *Chlorococcum* sp. und *Coccomyxa dispar*.

8. Besonderheiten der Ova dals Pluogls

Der untersuchte Bachbereich ist kalt **stenotherm**. Die Temperatur des Quellwassers beträgt 4.4°C; im **Fliessverlauf** kann sich die **Wassertemperatur** je nach **Witterungsbedingungen** leicht erwärmen. Das Wasser der Ova dals Pluogls enthält hauptsächlich Kalzium- und **Magnesium-**

Tab. 14 Vergleich der in einer Probe direkt bestimmten Arten mit dem Ergebnis von Agarkulturen. Kulturraum und Versuchsdauer siehe Tab. 8. B = Boden; H = Holz; S = Stein (Oval als Pluogls).

Datum	Herkunft	Direkt bestimmte Arten	Ergebnis der Agarkulturen
5. 7.1975	B	<i>Chamaesiphon polonicus</i> , <i>Oscillatoria</i> sp., <i>Phormidium corium</i> . <i>Rivularia biasolettiana</i> , <i>Gloeocystis</i> sp., <i>Palmella</i> sp., <i>Cosmarium</i> sp.	<i>Phormidium tenue</i> , <i>Spirogyra</i> sp.
16. 8.1975	H	<i>Mougeotia</i> sp., <i>Spirogyra</i> sp.	<i>Lyngbya</i> sp., <i>Phormidium uncinatum</i> , <i>Coccomyxa dispar</i> , <i>Spirogyra</i> sp.
31. 7.1976	B	<i>Aphanocapsa elachista</i> , <i>Coelosphaerium pusillum</i> , <i>Gloeocapsa sangiinea</i> , <i>Merismopedia glauca</i> , <i>Chromulina tenera</i> , <i>Tribonema</i> sp., <i>Mougeotia</i> sp., <i>Spirogyra</i> sp.	<i>Mougeotia</i> sp., <i>Spirogyra</i> sp.
	H	<i>Phormidium autumnale</i>	<i>Pliormidium autumnale</i> , <i>Chlorococcum</i> sp.
	S	<i>Tribonema monochloron</i> . <i>Mougeotia</i> sp.	<i>Chlorococcum</i> sp., <i>Mougeotia</i> sp.

Karbonate. Der Nitrat-N-Gehalt lag um $320 \mu\text{g} \cdot \text{l}^{-1}$ und Phosphat-P war nie nachweisbar (unter $10 \mu\text{g} \cdot \text{l}^{-1}$). Die Wasserführung ist sehr konstant.

Sowohl im Teilstück, das sich im Wald befand als auch in dem in der Fuornbachebene, dominierten meist Fäden der Gattungen *Mougeotia*, *Spirogyra* und *Zygnema*. Allerdings nur an Stellen, wo die Fließgeschwindigkeit des Wassers gering war. *Hydrurus foetidus* beobachtete ich lediglich in kleinen Mengen im steilen Bachabschnitt vor der Fuornbachebene.

G. QUELLHORIZONT GEGENÜBER DEM GOD MARGUN VEGL

1. Probenahmestellen

Der Quellhorizont befindet sich in der Fuornbachebene etwa 100 Meter talwärts des Punktes 1930.6 (Ofenpasstrasse) gegenüber dem God Margun Vegl (Abb. 12). Da die Wasserführung der Quellen je nach der dem Probenahmetag vorausgehenden Witterungsperiode stark schwankte, darf angenommen werden, dass das Einzugsgebiet der Quellen nicht allzuweit entfernt lag.

Abb. 13 zeigt eine Planskizze des Quellhorizontes. Es konnten zwei voneinander getrennte Quellgebiete beobachtet werden. Die Hangquelle, links, war wesentlich ergiebiger als diejenige rechts, die bei Trockenheit zuerst versiegte. Die Algenbiozöosen erwiesen sich als gleichartig, so dass ich meist nur eine der beiden Quellen genauer untersuchte. Im Bachabschnitt unter-

Phormidium autumnale und auf Steinen häufig sein (HEE).

enig witterungsabhängig ist: waren nach den in Tab. 7 angegeben, sowohl im Waldabschnitt ebene. Die Dichte der Quellhorizontes bei Chasa dalen Holzstücke rauhe Oberseiten. Die Tatsache, dass zwei Arten bestimmt wurden, untersuchten Bachabschnitt in untersten Abschnitt beobachtet der Baumbewuchs sehr von *Hydrurus* im Waldabschnitt vielen Gebirgsbächen nach geringe Nährstoffgehalt des

Fuornbachebene betrug die pro Sekunde. In diesem Teilstück und Holzflächen lebten sich dagegen an pro Sekunde) wie sie in den beobachtete ich auch Fadenge-

in reichhaltiges Algenmaterialige Arten waren bei den Agarplatten beobachtet um *uncinatum*, *Chlorococ-*

tr des Quellwassers beträgt unterungsbedingungen leicht Kalzium- und Magnesium-

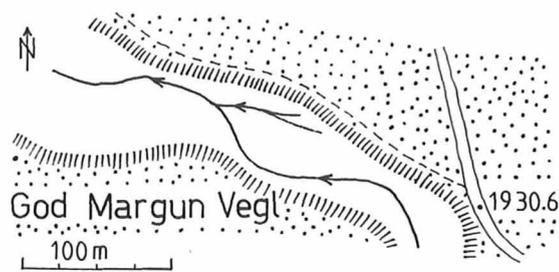


Abb. 12. Quellhorizont gegenüber God Margun Vegl. Stelle 3. Kartenblatt wie Abb. 5.

halb der eigentlichen Quellen veränderte sich der **Algenbewuchs** stark, so dass hier gesondert mehrere Proben entnommen wurden.

2. Physikalische und chemische Eigenschaften des Wassers (Tab. 12)

Mit Ausnahme der Untersuchung vom 15.10.1979 entnahm ich das Wasser nach dem Zusammenfluss der **beiden Quellbäche**. Hier war am 21.8.1979 die Wassertemperatur **5,8°C** und deshalb von den übrigen Probenahmestellen nicht wesentlich verschieden. Verglichen mit den Quellen bei Chasa dal Stradin (Tab. 1), der Ova dals Pluogls und dem Fuornbach liess sich eine höhere **Leitfähigkeit** des Wassers feststellen (Quellen Chasa dal Stradin, Ova dals Pluogls, Fuornbach: um $170 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$; Quellen gegenüber dem God Margun Vegl: um $240 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$). Der Unterschied geht auf den erhöhten Gehalt an Kalzium-, **Magnesium-** und Sulfationen zurück. Während der **Nitrat-N-Gehalt** von 120 bis $330 \mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$ schwankte, konnte nie Phosphat nachgewiesen werden.

3. Gefundene Arten

In Tab. 15 fällt das Vorwiegen von Blaualgenarten **auf**. Sie sind gegen wechselnde Wasserführung resistent. Die vorkommenden Trockenperioden werden von **Krustenalgen** – unter denen sich viele Blaualgenarten befinden – gut ertragen (JAAG, 1945). Verbreitet waren vor **allem** die Arten *Calothrix parietina*, *Gloeocapsa sanguinea*, *Siphononema polonicum* und die Grünalge *Palmella miniata*. Im Bachabschnitt unterhalb der Queliaustritte dominierte mehrmals *Hydrurus foetidus*.

Folgende vier Blaualgenarten konnte ich an den weiter oben gelegenen Steilen 1 und 2 nicht finden: *Chroococcus* sp., *Nostoc linkia*, *Tolypothrix distorta* und *Tolypothrix tenuis*. Vertreter der Gattung *Chroococcus* wurden sowohl im Plankton von Seen, Teichen und Tümpeln (ZACHARIAS, 1896) als auch auf Steinen gefunden (BRUTSCHY, 1929). Nach GEITLER (1925) sind jedoch die meisten Arten auf feuchten Felsen anzutreffen. *Nostoc linkia* kann ganz unterschiedliche **Lebensräume** besiedeln (DESIKACHARY, 1959). Am 16.8.1975 bildete die Art einen Überzug auf dem Grund der Hangquelle, links. *Tolypothrix distorta* und *Tolypothrix tenuis* stellte ich in Proben von Gesteinsoberflächen fest. KANN (1978) fand *Tolypothrix distorta* sowohl im stehenden als auch im fließenden Wasser. *Tolypothrix tenuis* wurde von BECK-MANNAGETTA (1931) auf im Wasser liegenden Brettern in Sümpfen, Tümpeln, Seen und Torfmoosen nachgewiesen. Die Art bestimmte MESSIKOMMER (1962) im Ausquetschmaterial von **Laichkräutern**, Hahnenfuss und Fadenalgen im **Hinterrheingebiet**.

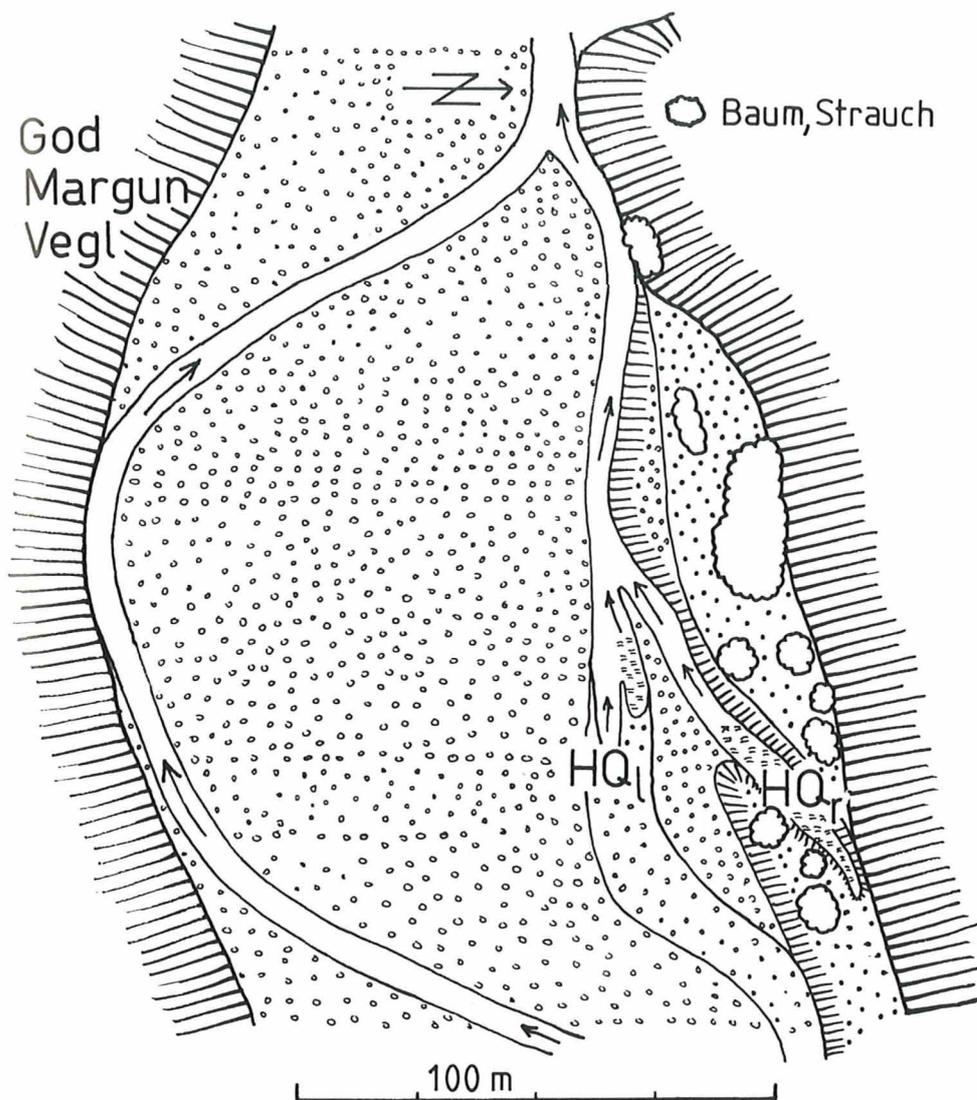


Abb. 13. Planskizze des Quellhorizontes gegenüber God Margun Vegl mit den Hangquellen links (HQ₁) und rechts (HQ₂). Sittiation am 27.8.1979. Signaturen wie Abb. 6.

4. Substrate und Artenverteilung

Die meisten Proben des Quellhorizontes stammten von Geröllen; vereinzelt wurden Algen von Sand- oder Moosoberflächen abgeschöpft.

Gesteinsoberflächen

Die Oberseiten der Steine waren rot, blaugrün oder schwarz. Rote Überzüge enthielten folgende Arten: *Homoeothrix rivularis*, *Phormidium faveolarum*, *Siphononema polonicum* und

Tab. 15 Quellhorizont gegenüber dem God Margum Veg): Liste der gefundenen Arten (Periode 1975-1979; 7 Probenahmen).

Datum	Arten
5. 7.1975	<i>Chamaesiphon polonicus</i> , <i>Chroococcus</i> sp., <i>Gloeocapsa sanguinea</i> , <i>Nostoc</i> sp., <i>Phormidium autumnale</i> , <i>Phormidium</i> sp., <i>Rivularia biasolettiana</i> , <i>Tolypothrix disiorta</i> , <i>Tolypothrix tenuis</i> , <i>Hydrurus foetidus</i>
16. 8.1975	<i>Calothrix parietina</i> , <i>Gloeocapsa sanguinea</i> , <i>Nostoc linkia</i> , <i>Tolypothrix distorta</i> , <i>Hydrurus foetidus</i> , <i>Palmella miniata</i>
13. 9.1975	<i>Siphononema polonicum</i> , <i>Hydrurus foetidus</i>
27. 6.1976	<i>Phormidium faveolarum</i> , <i>Siphononema polonicum</i> , <i>Hydrurus foetidus</i> , <i>Palmella miniata</i> , <i>Zygnema</i> sp.
1. 7.176	<i>Oscillatoria</i> sp., <i>Phormidium autumnale</i> , <i>Siphononema polonicum</i> , <i>Hydrurus foetidus</i>
27. 8.1979	<i>Homoeothrix rivularis</i> , <i>Siphononema polonicum</i> , <i>Hydrurus foetidus</i>
15.10.1979	<i>Calothrix parietina</i> , <i>Gloeocapsa sanguinea</i> , <i>Hydrurus foetidus</i>

Palmella rminiata. Mit Ausnahme von *Phormidium faveolarum* waren alle gefundenen Arten auch auf Steinen des Quellhorizontes bei Chasa dal Stradin beobachtet worden. In der Probe, die von einem blaugrünen Belag stammte, bestimmte ich *Calothrix parietina*, *Tolypothrix distorta* und *Palmella miniata*. Schwarze Überzüge waren sehr häufig; folgende Arten konnten gefunden werden: *Oscillatoria* sp., *Phormidium autumnale* und *Siphononema polonicum*. Es darf angenommen werden, dass die Flechte *Verrucaria elaeomelaena* auch vorhanden war, bei meinen Untersuchungen aber übersehen wurde. Auf den Steinen des Abflusses hatte sich wie erwähnt mehrmals eine dichte Population von *Hydrurus foetidus* entwickelt.

Am 16.8.1975 wurde eine Probe einer auffallend grünen Steinimterseite entnommen. Es handelte sich um *Gloeocapsa sanguinea*, mit chromatischer Adaptation (Kap. E.I.41).

Oberflächen von Sedimenten oder Moosen

Am 16.8.1975 war die aus Sand bestehende Bodenoberfläche eines Tiipels der Quelle, links, von der Blaualge *Nostoc linkia* bedeckt. Kieselalgen gaben dem Belag eine braungrüne Farbe. Vereinzelte Fäden der Gattung *Zygnema* waren am 27.6.1976 auf den Moospolstern zu finden.

5. Lichteinfluss

Gemäss Abschnitt E.I.5 beeinflusst die Witterung das Wachstum von *Hydrurus foetidus* und von grünen Fadenalgen. Dagegen war nicht möglich zu entscheiden, ob die Entwicklung von Krustenalgen ebenfalls witterungsabhängig ist. KAWECKA (1980) beobachtete jahreszeitliche Schwankungen der Dichte von *Chamaesiphon polonicus* und *Homoeothrix juliana*, die lichtbedingt sein könnten; diese Frage ist bei künftigen Untersuchungen vermehrt zu beachten. Das Wachstum von *Hydrurus foetidus* war deutlich witterungsabhängig: Nach den Schönwetterperioden (Definition gemäss Tab. 7; Probenahmedaten: 16.8.1975; 27.6.1976) beobachtete ich nur geringen oder stark zersetzten *Hydrurus*-Bewuchs. Nach Schlechtwetterperioden (13.9.1975; 31.7.1976) bedeckte die Alge das Bachbett fast vollständig; Zotten von bis zu 10 Zentimetern Länge waren dann häufig. Am 27.6.1976 fielen die Fäden von *Zygnema* sp. auf; sie traten am selben Probenahmetag an Stelle C des Quellhorizontes bei Chasa dal Stradin dominant in Erscheinung.

6. Strömung

Die **Fliessgeschwindigkeit** war im eigentlichen Quellgebiet sehr **gering** (wenige Zentimeter Sekunde), nahm jedoch im **abfliessenden** Bach rasch zu und erreichte bei der Einmündung in den **Fuornbach** etwa 1 Meter pro Sekunde. Da im **Quellhorizont** bei Chasa **dal Stradin** *Hydrurus foetidus* auch in den schwach durchströmten **Moosbeständen** auftrat, ist die **Fliessgeschwindigkeit** kein **Grund** für den fehlenden Hydrurus-Bewuchs im Quellgebiet und im **obersten Bachabschnitt**. Eher wurde das Wachstum durch Nährstoffe beschränkt.

7. Kultur von Algen auf Agar

Mit **Algenmaterial** vom 18.8.1975 wurden drei erfolgreiche Versuche durchgeführt. **Bemerkenswert** ist das Auftreten von *Coccomyxa dispar* und einer Art von *Chlorococcus* in den **Agarkulturen**; sie sind bei der Durchsicht der Proben übersehen worden.

8. Besonderheiten des Quellhorizontes gegenüber dem God Margun Vegl

Die Quellen müssen zu den Helokrenen (= **Sicker-** oder Sumpfquellen; THIENEMANN, 1925) **gerechnet** werden. Kalzium- und **Magnesium-Karbonate** sowie -Sulfate sind in grösseren **Mengen** gelöst. Der Nitrat-N-Gehalt schwankte von 120–330 $\mu\text{g} \cdot \text{l}^{-1}$; Phosphat konnte nie **nachgewiesen** werden.

Im eigentlichen Quellgebiet **wurden** hauptsächlich auf Steinen **Überzüge** verschiedener Blaualgenarten gefunden (u.a. *Calothrix parietina*, *Gloeocapsa sanguinea*, *Tolypothrix distorta*, *Siphononema polonicum*). Am 16. 8. 1975 beobachtete ich ein Lager der Blaualge *Nostoc linkia* am Boden eines kleinen Tümpels. *Hydrurus foetidus* trat erst nach dem Zusammenfluss des Wassers aus den **beiden Quellregionen** auf. Die Art dominierte **an** den meisten **Probenahmedaten** den **Algenbewuchs** des Baches bis zu dessen Mündung in den Fuornbach.

H. QUELLHORIZONT GEGENÜBER DER VAL DAL FUORN

1. Probenahmestellen

Der **Quellhorizont** liegt etwa 20 Meter über der Talsohle auf der linken Seite; gegenüber **be-**findet sich die Mündung der Val dal Fuorn ins Haupttal (**Abb. 14**). Nach meinen **Beobachtungen** war die **Wasserführung** der Quellen mehr oder weniger konstant. Ihre Entstehung ist **tektonischer** Art (**Kluftquellen**), **was** aus der Lage **an** der frontalen Scherfläche der **Umbrailenwicklung** abgeleitet werden kann (**BOESCH**, 1937).

Abb. 15 zeigt eine **Planskizze** der Terrasse, **an** deren oberem Rand sich zwei Quellen **be-**finden. Die Hangqueiie, rechts, entspringt **an** dem durch Schraffen gekennzeichneten 'Abhang. Ihr Wasser fliesst in einem 10 bis 50 Zentimeter breiten Bächlein in nordöstlicher Richtung bis zum Rand der Terrasse, **wo** es steil zum Fuornbach hinunterfällt. Bei der Hangquelle, links, tritt das Wasser über eine **grössere Fläche** aus, die vollständig von Moos bedeckt ist. Das **ab-**fliessende Wasser bewegt sich langsam durch den Moosbestand hindurch und bildet erst **am**

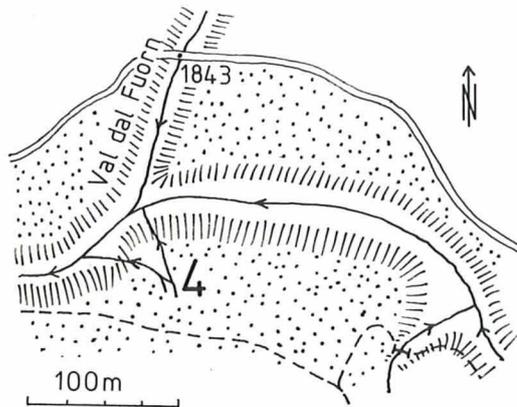


Abb. 14. Quellhorizont gegenüber der Val dal Fuorn, Stelle 4. Kartenblatt wie Abb. 5.

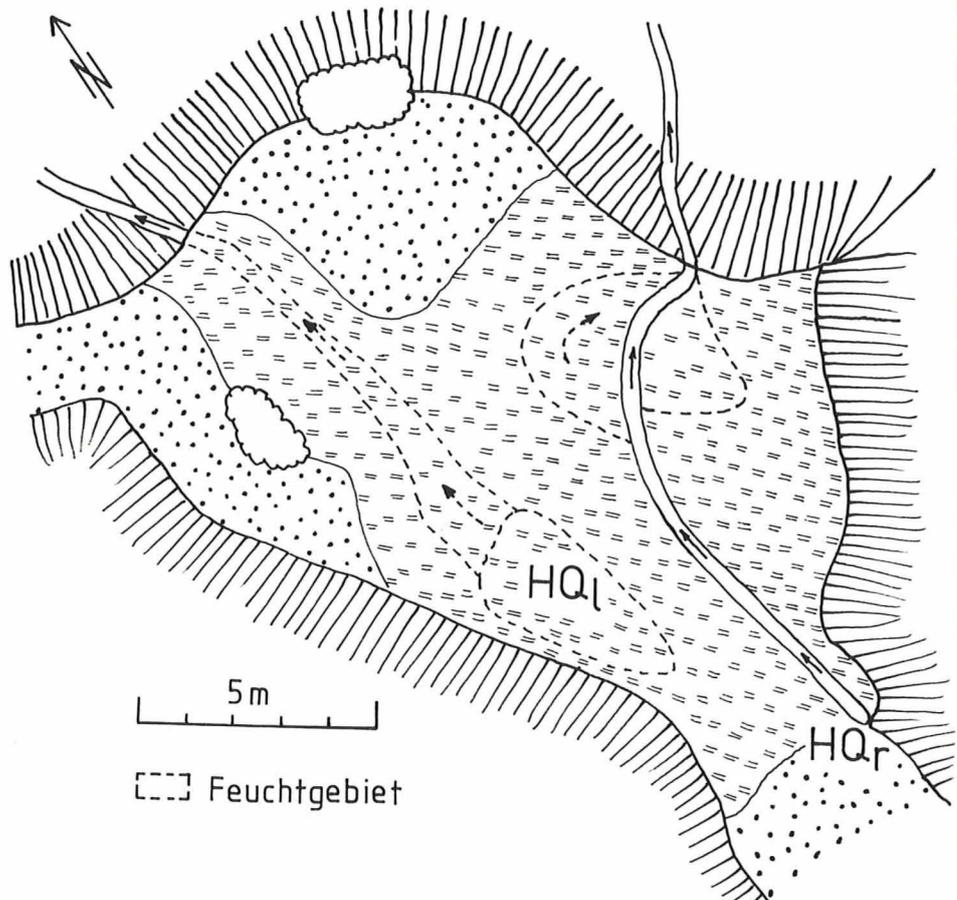


Abb. 15. Planskizze des Quellhorizontes gegenüber der Val dal Fuorn mit der Hangquelle, links (HQ_l) und rechts (HQ_r). Situation am 28.8.1979. Signaturen wie Abb. 6 und Abb. 13. Gestrichelte Pfeile: vermutete Strömungsrichtung.

Terrassenrand ein kleines Bächlein, das in nordwestlicher Richtung über die Schutthalde abfließt.

Algenproben wurden hauptsächlich im Bach von der Hangquelle, rechts, entnommen sowie an einzelnen Stellen der **Moosfläche** abgeschöpft oder ausgepresst.

2. Physikalische und chemische Eigenschaften des Wassers (Tab.12)

Von allen Quellen wies die Hangquelle, rechts, am 21.8.1979 mit 3.6°C die tiefste Temperatur auf. Die Leitfähigkeit schwankte von 200 bis 234 $\mu\text{S} \cdot \text{cm}^{-1}$ und lag im Durchschnitt etwas unter den Quellen gegenüber dem God Margun Vegl, war jedoch deutlich höher als beim Wasser der weiter oben gelegenen Quellen. Hauptsächlich dürften Kalzium-, **Magnesium-Karbonate** und **-Sulfate** gelöst sein. Es wurden Nitrat-N-Gehalte von 190 bis 250 $\mu\text{g} \cdot \text{l}^{-1}$ gemessen; am 21.8.1979 ($6 \mu\text{g P} \cdot \text{l}^{-1}$) und am 15.10.1979 ($10 \mu\text{g P} \cdot \text{l}^{-1}$) waren geringe Mengen an Phosphat nachweisbar.

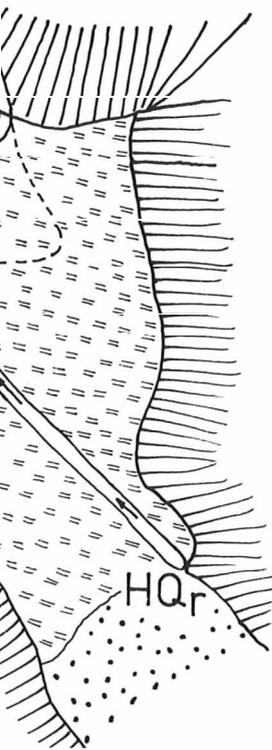
3. Gefundene Arten

Tab. 16 enthält lediglich 5 **Blualgenarten**, deren Kolonien makroskopisch selten auffielen. Meist waren Entwicklungen von Arten der Gattungen **Tribonema**, **Vaucheria**, **Mougeotia**, **Spirogyra** und **Zygnema** auffällig. Merkwürdigerweise fehlte *Hydrurus foetidus* an der **Probenahmestelle**.

Tab. 16 Quellhorizont gegenüber der Val dal Fuorn: Liste der gefundenen Arten (Periode 1975–1980; 9 Probenahmen).

Datum	Arten
5. 7.1975	<i>liibonema vulgare</i> , <i>Vaucheria</i> sp., <i>Microspora amoena</i> , <i>Palmella miniata</i> , <i>Closterium</i> sp., <i>Cosmarium</i> sp.
16. 8.1975	<i>Phormidium autumnale</i> , <i>liibonema</i> sp., <i>Microspora amoena</i> , <i>Closterium leibleinii</i> , <i>Closterium moniliferum</i> , <i>Cosmarium</i> sp., <i>Staurastrum punctulatum</i>
13. 9.1975	<i>Aphanocapsa</i> sp., <i>Phormidium autumnale</i> , <i>Phormidium faveolarum</i> , <i>Palmella miniata</i> , <i>Verrucaria elaeomelaena</i> (Flechte)
27. 6.1976	<i>Vaucheria</i> sp., <i>Microspora stagnorum</i> , <i>Closterium moniliferum</i>
31. 7.1976	<i>Coelosphaerium kützingianum</i> , <i>Oscillatoria</i> sp., Tribonema affine, <i>liibonema vulgare</i> , <i>Vaucheria pachyderma</i> , <i>Microspora amoena</i> , <i>Closterium moniliferum</i> , <i>Cosmarium botrytis</i> , <i>Cosmarium obtusatum</i> , <i>Mougeotia</i> sp., <i>Spirogyra</i> sp., <i>Staurastrum punctulatum</i> , <i>Staurastrum</i> sp.
28. 8.1976	<i>Tribonema</i> sp., <i>Bulbochaete</i> sp., Microspora amoena, <i>Closterium leibleinii</i> , <i>Closterium moniliferum</i> , <i>Cosmarium contractum</i> , <i>Mougeotia</i> sp., <i>Staurastrum punctulatum</i>
29. 8.1979	Tribonema elegans , Tribonema vulgare , <i>Vaucheria</i> sp., <i>Microspora stagnorum</i> , Oedogonium sp., Cosmarium botrytis , <i>Spirogyra</i> sp.
15.10.1979	<i>liibonema vulgare</i>
23. 6.1980	<i>Coelosphaerium kützingianum</i> , <i>liibonema elegans</i> , Tribonema vulgare , <i>Vaucheria</i> sp., <i>Microspora stagnorum</i> , <i>Closterium leibleinii</i> , <i>Closterium moniliferum</i> , <i>Cosmarium contractum</i> , <i>Staurastrum punctulatum</i> , Zygnema sp.

horizont gegenüber der Val dal
Kartenblatt wie Abb. 5.



der Hangquelle, links (HQ₁)
i. 13. Gestrichelte Pfeile: ver-

Es wurden folgende Blaualgen-Arten gefunden: *Aphanocapsa* sp., *Coelosphaerium kützingianum*, eine *Oscillatoria*-Art, *Phormidium autumnale* und *Phormidium faveolarum*. *Coelosphaerium kützingianum*, das auch im Plankton von Seen und Teichen häufig ist (GETTLER, 1925; JAAG, 1938), war an den weiter oben gelegenen Stellen noch nicht beobachtet worden. MESSIKOMMER stellte die Art im Ausquetschmaterial von Wasserpflanzen der Gegend von Davos (1942), dem Kanton Unterwalden (1954) und dem Hinterrheingebiet (1962) fest.

Von den in den Proben vorhandenen Vertretern der Chromophyta (*Tribonema affine*, *Tribonema elegans*, *Tribonema vulgare*, *Vaucheria pachyderma*) waren *Tribonema elegans* und *Vaucheria pachyderma* an den weiter oben gelegenen Stellen nicht gefunden worden. Im Quellhorizont gegenüber der Val dal Fuorn kam *Tribonema elegans* vereinzelt unter den Fäden von *Tribonema vulgare* vor. Es handelt sich um eine verbreitete, kalkliebende Art (PÄSCHER, 1925; EITL, 1978). Bei den immer häufigen *Vaucheria*-Fäden, konnten am 31.7.1976 Oogonien und Antheridien beobachtet werden; die Bestimmung führte zu *Vaucheria pachyderma*. RIETH erwähnt 1980, dass die Art hauptsächlich terrestrisch vorkommt, vereinzelt jedoch auch in flachen Tümpeln und Gräben angetroffen wird. Die beobachteten *Vaucheria*-Bestände befanden sich auf der Oberfläche der Moospolster, nie im fließenden oder stehenden Wasser. *Vaucheria*-Arten meiden Standorte mit geringer Feuchtigkeit und starker Einstrahlung (RIETH, 1980). Nach LIEBMANN (1962) sind einzelne Arten fiii die oligosaprobe und β -mesosaprobe Zone typisch.

Viele der in Tab. 16 erwähnten Grünalgen-Arten waren in Ausquetschproben von Moos gefunden worden, meist nur in einzelnen Exemplaren. In grösseren Mengen kamen im schwach fließenden Wasser die fädigen Gattungen *Mougeotia*, *Spirogyra* und *Zygnema* vor. Folgende Arten waren an den weiter oben gelegenen Stellen nicht beobachtet worden: *Microspora stagnorum*, *Closterium leibleinii*, *Closterium moniliferum*, *Cosmarium contractum* und *Staurastrum punctulatum*. *Microspora stagnorum* ist eine im stehenden Wasser häufige Art (HEERING, 1914; WEHRLE, 1942), die offensichtlich nur geringe Standortansprüche stellt. Dasselbe kann von *Staurastrum punctulatum* gesagt werden, das sowohl im Plankton von Seen, in Moosrasen als auch auf dem Schlamm von Tümpeln vorkommt (MESSIKOMMER, 1942). *Closterium leibleinii* und *Closterium moniliferum* haben eine grosse ökologische Spannweite. Sie sind typisch für Sumpfgebiete mit kalkhaltigem Wasser (WEHRLE, 1942). IRENÉE-MARIE (1938) erwähnt, dass *Cosmarium contractum* in der Region Montreal häufig ist. MESSIKOMMER fand die Art sowohl im Hochgebirge (1942) als auch im oberen Glattal (1927) in den Beständen von Wasserpflanzen.

4. Substrate und Artenverteilung (Tab. 17)

Bezüglich der Herkunft der Algenproben müssen drei Orte unterschieden werden: Gesteinsoberflächen, Sande und Schlämme des Bächleins der Quelle, rechts (Abb. 15), Moos.

Gesteinsoberflächen

Mehrmals konnten dichte Überzüge von *Phormidium autumnale* an den Oberseiten von Geröllen beobachtet werden; solche Erscheinungen waren an den anderen Probenahmeorten nicht festgestellt worden. Obschon die Art von KOLKWITZ (1950) als typischer Verschmutzungsanzeiger bezeichnet wird, beobachteten KANN (1978) und BACKHAUS (1968) auch im reinsten Wasser Massenentwicklungen. BETSCHART (1979), der Bioteste mit Aufwuchsalgendurchführte, fand bei Versuchsende *Phormidium autumnale* nur in leicht verschmutzten Kulturwässern. Auf Grund der chemischen Analysen darf das Wasser der Quellen gegenüber der Val dal Fuorn nicht als verschmutzt bezeichnet werden (Abschnitt H.2). Allerdings sind zeitweilige Erhöhungen des Nährstoffgehaltes durch die häufig auftretende Losung von Grosswild oder durch sich

Tab. 17 Quellhorizont gegenüber der Val dal Fuorn: **Herkunft** der gefundenen Arten (Periode 1975-1980).

Herkunft	Arten
Gesteinsoberflächen	<i>Phormidium autumnale</i> , <i>Palmella miniata</i> , <i>Verrucaria elaemelaena</i> (Flechte)
Sand und Schlämme	<i>Tribonema affine</i> , <i>Rbonema elegans</i> , <i>Tribonema vulgare</i> , <i>Cosmarium botrytis</i> , <i>Microspora stagnorum</i> , <i>Oedogonium</i> sp.
Moos, Abschöpfproben	<i>Rbonema affine</i> , <i>Tribonema vulgare</i> , <i>Vaucheria pachyderma</i> , <i>Closterium moniliferum</i> , <i>Cosmarium botrytis</i> , <i>Cosmarium obtusatum</i> , <i>Microspora amoena</i> , <i>Mougeotia</i> sp., <i>Spirogyra</i> sp., <i>Zygnema</i> sp.
Moos, Ausquetschproben	<i>Coelosphaerium kützingianum</i> , <i>Tribonema vulgare</i> , <i>Bulbochaete</i> sp., <i>Closterium leibleinii</i> , <i>Closterium moniliferum</i> , <i>Cosmarium botrytis</i> , <i>Cosmarium contractum</i> , <i>Microspora amoena</i> , <i>Microspora stagnorum</i> , <i>Mougeotia</i> sp., <i>Spirogyra</i> sp., <i>Staurastrum paradoxum</i>

zersetzendes Pflanzenmaterial in den Moosbeständen nicht auszuschließen. Die Grünalge *Palmella miniata* und die Flechte *Verrucaria eiaemelaena* sind im ganzen Untersuchungsgebiet verbreitet.

Sande und Schlämme

Im Hauptbach, rechts, fiel an mehreren Stellen ein brauner Schlamm von einigen Zentimetern Mächtigkeit auf; es handelte sich um Kieselalgen, hauptsächlich der Gattungen *Diatoma*, *Meridion*, *Navicula* und *Surirella*. An vier Probenahmetagen war der Boden fast vollständig mit fädigen Algen der Gattungen *Tribonema* bedeckt (31.7.1976; 29.8. und 15.10.1979; 23.6.1980). Am 29.8.1979 entnahm ich eine Probe des auffällig grünen Bodenschlammes; neben Kieselalgen wurden *Cosmarium botrytis* und Fäden von *Oedogonium* sp., sowie *Microspora stagnorum* gefunden.

Die Massenentwicklungen von fädigen Xanthophyceen und von Grünalgen deuten ebenfalls auf einen - zumindest zeitweise - leicht erhöhten Nährstoffgehalt des Wassers hin (Abschnitt E.I.4).

Moos

Abschöpfproben: Polster von *Vaucheria* waren an allen Probenahmetagen häufig. Manchmal fielen netzartige Überzüge von fädigen Arten auf (*Tribonema affine*, *Tribonema vulgare*, *Microspora amoena*, *Mougeotia* sp. und *Spirogyra* sp.). Am 23.6.1980 hatte sich im Moosbestand ein kleiner Teich gebildet, worin sich eine dichte Kultur von *Zygnema* entwickelt hatte.

Ausquetschproben: Bezüglich Artenzahl und Dichte waren die Kieselalgen die bedeutendste Gruppe. Überraschenderweise konnten nur wenig Desmidiaceen gefunden werden. MESSIKOMMER (1951) hatte in Ausquetschproben von Waasermoos-Beständen oft eine artenreiche Flora von Desmidiaceen festgestellt. Diese Moosbestände befanden sich jedoch in Gewässern mit pH-Werten unter 7. Aus Kulturversuchen ist schon seit längerer Zeit bekannt, dass die meisten Desmidiaceen-Artensäureliebend sind (PRINGSHEIM, 1954). Im Bächlein der Quelle, rechts, waren pH-Werte von 7.6 und 8.3 gemessen worden. Das Durchfließen der Moosdecke führte zu pH-Werten, die fiii viele Desmidiaceen-Arten zu hoch waren.

Über die Fauna in *Sphagnum*-Beständen liegt eine Arbeit von HEINIS (1945) vor. An einem in der Nähe gelegenen Standort fand er 50 Arten von Wirbellosen.

5. Lichteinfluss

Die Nordseite der Terrasse wies nur wenige kleine Bäume und Sträucher auf; der Baumbewuchs an den übrigen Seiten war ebenfalls nicht dicht, so dass - verglichen mit der Ova als Pluogls - wesentlich mehr Licht auf den Boden gelangte. Die vorliegenden Beobachtungen reichen nicht aus, um einen Einfluss der Witterung auf das Algenwachstum zu erkennen.

6. Strömung

Die Strömung im Bach der Hangquelle, rechts, war wegen des geringen Gefälles der Terrasse klein. In den Moosbeständen konnte keine Strömung beobachtet werden.

7. Kultur von Algen auf Agar

Am 5.7., 13.9.1975 und am 31.7.1976 wurden erfolgreiche Versuche durchgeführt. Folgende Arten, die in Tab. 16 fehlen, habe ich offensichtlich bei der Durchsicht der Proben übersehen: *Oscillatoria limosa*, *Coccomyxa dispar* und *Desmococcus vulgaris*.

8. Besonderheiten des Quellhorizontes gegenüber der Val dal Fuorn

Der Wasseraustritt erfolgt an zwei Stellen: Bei der Hangquelle, rechts, handelt es sich um eine typische Rheokrene, während die Quelle, links, als Helokrene zu bezeichnen ist. Von der Hangquelle, rechts, fließt ein Bach von 20 bis 50 Zentimetern Breite zum Rand der Terrasse; von der Hangquelle, links, sickert das Wasser durch den Moosbestand, und das Bächlein bildet sich erst am Terrassenrand. Im Quellwasser sind hauptsächlich Kalzium-, Magnesium-Sulfate und -Karbonate gelöst (Leitfähigkeit um $210 \mu\text{S} \cdot \text{cm}^{-1}$). Der Nitrat-N-Gehalt lag um $200 \mu\text{g} \cdot \text{l}^{-1}$, und es waren geringe Mengen an Phosphat nachweisbar.

Charakteristisch für die Probenahmestelle ist das Auftreten von *Vaucheria*-Überzügen (*Vaucheria pachyderma*) auf der Moosoberfläche, wo an besonders feuchten Stellen auch Fäden der Gattungen *Mougeotia*, *Spirogyra* und *Zygnema* wuchsen. Im Bächlein der Hangquelle, rechts, wurden Massenentwicklungen von *Tribonema affine*, *Tribonema elegans* und *Tribonema vulgare* festgestellt. Merk — g — ist das vollständige Fehlen von *Hydrurus foetidus*. Nährstoff-, Licht-, Temperatur-, Substrat- und Strömungsverhältnisse sind nach den an den übrigen Probenahmeorten gemachten Beobachtungen dafür nicht verantwortlich.

J. GEWÄSSER IM GOD DAL FUORN

I. God dal Fuorn-Limnokrene

Unter **Limnokrene** versteht man **Tümpelquellen** oder andere beckenartige Quellen, bei denen der Zufluss aus grosser Tiefe empordringt (STEINMANN, 1915).

1. Probenahmestelle

Die Quelle liegt im Wald südöstlich des Hotels Il Fuorn auf der linken Talseite (Abb. 16). Das Wasser tritt von unten her in einen Trichter, dessen Oberfläche 62 m^2 und dessen Volumen 43.5 m^3 beträgt (mittlere Tiefe: 0.7 m). An der Nord- und Ostseite fallen die Ufer steil zum Gewässer ab (Abb. 17, C); der Boden der Limnokrene ist hier ebenfalls stark geneigt. Im Süden und im Osten sind der Gewässerboden und die Ufer flach (Abb. 17, A). Abb. 18 zeigt eine Tiefenkarte, welche auf Grund eigener Messungen erstellt wurde. Vergleicht man diese mit den von NADIG (1942) publizierten Zeichnungen, können kaum morphologische Veränderungen festgestellt werden. Durch hereinstürzende Bäume war der optische Eindruck im Jahre 1980 anders als 1979 (Abb. 17, C und D). Langfristige Beobachtungen werden zeigen, wie stark solche Ereignisse die Verlandung fördern.

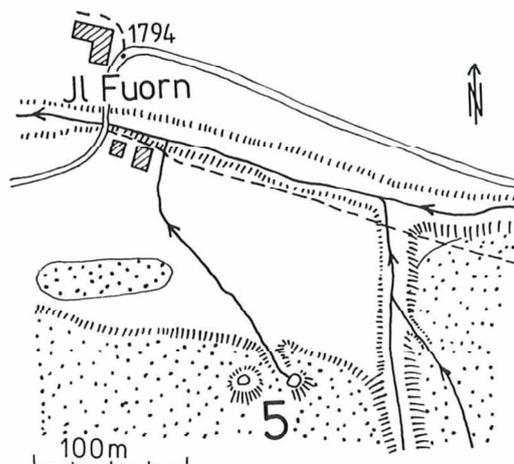


Abb. 16. Lage der God dal Fuorn-Limnokrene (mit Abfluss) und des God dal Fuorn-Tümpels (ohne Abfluss), Stelle 5 (von Landeskarte der Schweiz, Blatt 1218. Zernezi).

2. Physikalische und chemische Eigenschaften des Wassers

Strahlungsverhältnisse

Die Totalstrahlung im Spektralbereich von 400–750 nm war am Messtag (23.6.1980) mit $240 \cdot 10^{18} \text{ Q} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ sehr gering (Zürichsee, 5. Juni 1980, sonnig: $1290 \cdot 10^{18} \text{ Q} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$). Dank

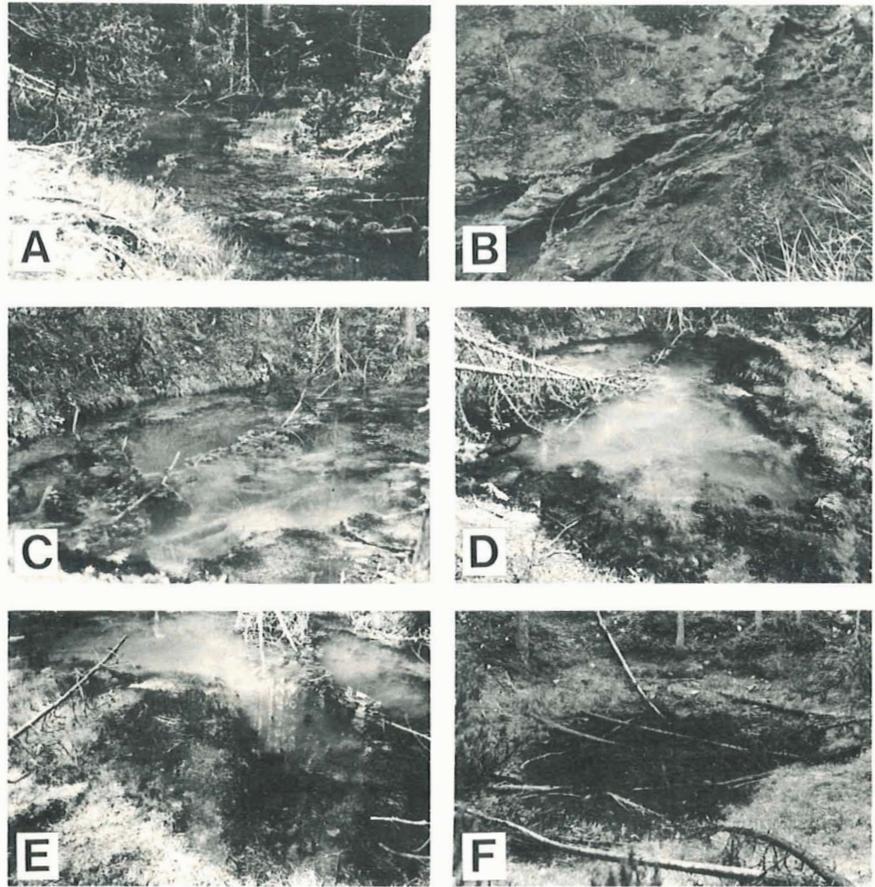


Abb. 17. God dal Fuorn-Limnokrene (A bis E) und God dal Fiiorn-Tümpel (F): A: Übersicht vom Abfluss aus in Richtung E. B: Abfluss mit rotem Schlamm von Eisenbakterien. C: Übersicht am 29.8.1979, Standort 5 Meter rechts des Abflusses, Blick Richtung SE. D: Übersicht am 24.0.1980. Standort und Blickrichtung wie C. E: Übersicht am 24.6.1980, Standort am SE-Rand, Blick Richtung NW (Linksoben der Abfluss). F: God dal Fuorn-Tümpel: Übersicht am 29.8.1979.

gleichmässig bedecktem Himmel blieb die Lichtintensität während der Messperiode konstant. Mit Hilfe der Werte aus 0.1 und 0.9 Metern Tiefe wurde ein vertikaler Extinktionskoeffizient ($\epsilon_{400-750 \text{ nm}}$) von 1.80 m^{-1} bestimmt. Früher ermittelte Koeffizienten lagen zwischen 0.40 und 1.58 m^{-1} (SCHANZ, 1978; WÄLTI and SCHANZ, 1981). Die grossen Unterschiede sind durch periodisch auftretende Trübungen des Quellwassers zu erklären. Am 23. und am 24.6.1980 hatte das Quellwasser ein milchiges Aussehen (Abb. 17, D und E); bei vollständig klarem Wasser traten vertikale Extinktionskoeffizienten um 0.40 m^{-1} auf (Zürichsee am 3.1.1979: 0.46 m^{-1} bei einer Transparenz von 4.6 m).

Abb. 19 zeigt die Strahlungsverteilung, gemessen über der Wasseroberfläche, in 0.1, 0.4 und 0.9 Metern Tiefe. Für die Berechnung der folgenden vertikalen Extinktionskoeffizienten (m^{-1}) verwendete ich die Intensitäten aus 0.1 und 0.9 Metern Tiefe: ϵ_{400} , 1.8; ϵ_{450} , 2.1; ϵ_{500} , 2.0; ϵ_{550} ,

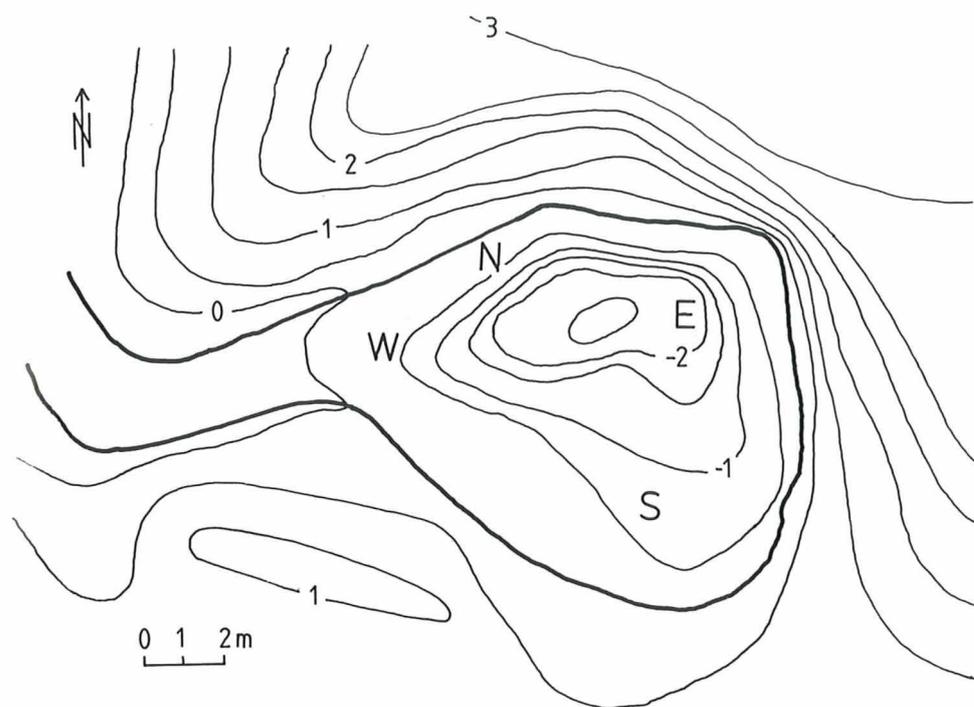


Abb. 18. Tiefenkarte der God dal Fuorn-Limnokrene. Aequidistanz: 0.5 Meter (nach eigenen Lotungen). N. E. S. W: Messstellen. siehe Tab. 18.

1.6; ϵ_{600} , 1.8; ϵ_{650} , 2.0; ϵ_{700} , 2.4; ϵ_{750} , 4.4. Obschon anorganische Trübungspartikel im Blaubeereich stark absorbieren (JERLOV, 1976), war der Extinktionskoeffizient ϵ_{400} nicht grösser als derjenige im Grünbereich (ϵ_{500}) des Spektrums, wo bei den meisten Seen die geringsten Werte auftreten. Bemerkenswert ist der Extinktionskoeffizient von 4.4 m^{-1} bei der Wellenlänge 750 nm (Zürichsee 14.11.1980: ϵ_{750} , 1.52). Wie der Arbeit von SAUBERER und RUTTNER (1941) entnommen werden kann, ist dies auf Umgebungseinflüsse zurückzuführen.

Temperatur (Tab. 18)

Die Temperatur des Wassers der Limnokrene wurde von NADIG (1942) studiert. Die eigenen Messungen bestätigen seine Resultate weitgehend; für das von unten zufließende Wasser bestimmten wir eine konstante Temperatur von lediglich 6.0°C (Tab. 18), während NADIG 6.5°C gemessen hatte. Übereinstimmend stellten wir im Frühjahr, Sommer und Herbst über dem Zufluss eine Temperaturerhöhung gegen die Oberfläche hin fest. In den wenig durchströmten Randzonen waren jedoch starke Abweichungen von den an der tiefsten Stelle ermittelten Temperaturwerten zu beobachten. Am 7.4.1981 mass ich über den Fadenalgen am Nordufer in 5 Zentimetern Tiefe 17.2°C ; zur gleichen Zeit betrug die Wassertemperatur am Südufer, wo Schmelzwasser in die Limnokrene gelangte, lediglich 2.2°C .

Die Sommertemperatur erlaubt eine Gliederung in Zentral- und Randregion. In der Zentralregion strömte das Wasser immer geringfügig in westlicher Richtung. Die von NADIG (1942) postulierte Stagnation in der Periode Frühjahr bis Herbst konnte von mir nie festgestellt

mpel (F): A: Übersicht vom Ab-
ien. C: Übersicht am 29.8.1979.
ht am 24.6.1980. Standort iind
Blick Richtung NW (Linksoben

d der Messperiode konstant.
ikaler Extinktionskoeffizient
en lagen zwischen 0.40 und
nterschiede sind durch perio-
23. und am 24.6.1980 hatte
i vollständig klarem Wasser
ee am 3.1.1979: 0.46 m^{-1} bei

eroberfläche, in 0.1, 0.4 und
xtinktionskoeffizienten (m^{-1})
1.8; ϵ_{450} , 2.1; ϵ_{500} , 2.0; ϵ_{550} ,

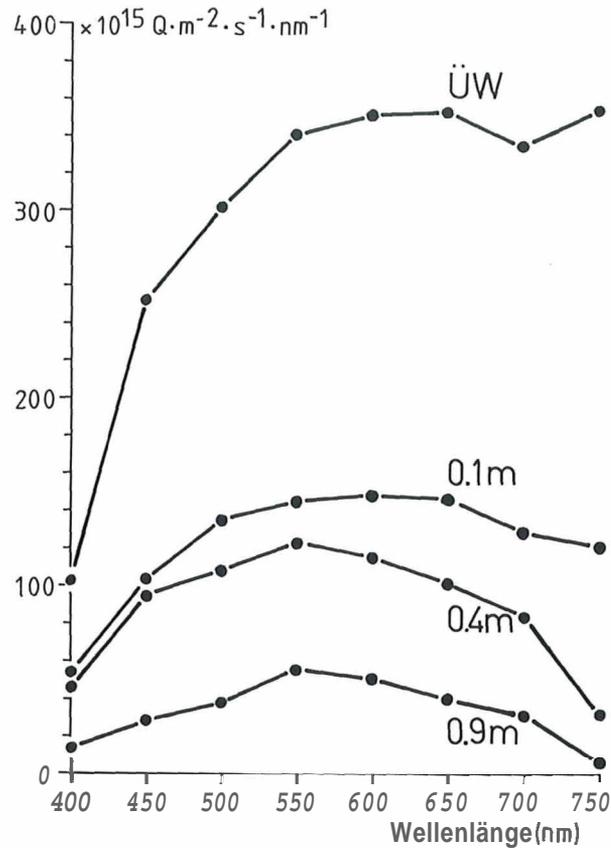


Abb. 19. Strahlungsverteilung im Wasser der God dal Fuorn-Liimnokrene am 23.6.1980 bei vollständig bedecktem Himmel.

werden: Die Energie des von unten zufließenden Wassers verhinderte eine stabile **Temperaturschichtung**. In der Randregion (**Abstand** von der **Uferlinie** im N 1 m; im S vor dem **Moosbestand** 0.5 m; im W 2 m), in der ich keine Wasserströmung beobachtete, sind ähnliche **thermische** Erscheinungen wie an **Seeufern** zu erwarten (THOMAS, 1962): Durch die starke **Erwärmung** des Wassers in der seichten Zone ergeben **sich** Strömungen **zur** offenen Wasserfläche hin. Das abfließende Wasser wird durch **kälteres** aais der Tiefenzone ersetzt.

Sauerstoffgehalt (Tab. 18)

Das in die Liimnokrene strömende **Quellwasser** ist sauerstofffrei (Tab. 18). Schon in einer Tiefe von 1 Meter wurde jedoch elektrometrisch eine Konzentration von $0.12 \text{ mg O}_2 \cdot \text{l}^{-1}$ (28.6.1977) gemessen, was zeigt, dass durch **walzenartige Strömungen** geringe Mengen an Sauerstoff in den unteren Teil des Wasserkörpers eingetragen werden. An den übrigen **Messstellen** (Abb. 18) beobachtete ich weder am 28.6.1976 noch am 23.6.1980 **Sauerstoff-Gehalte** von weniger als $0.2 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$. In den Fadenalgenbeständen ($1.4 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$) und in der Nähe der **moosbedeckten** Flächen ($1.2 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$) wurden etwas höhere Konzentrationen gemessen; **Sauerstoff-**

Tab. 18 God dal Fuorn-Limnokrene: Temperatur, pH-Wert, Leitfähigkeit und Sauerstoffgehalt. Probenahmestellen (Lage, Abb. 181: E = Zufluss, S = Südrand vor dem Moosbestand; W = vor dem roten Schlamm des Abflusses; N = Nordwestabschnitt etwa 1.5 Meter vom Ufer entfernt. El = Elektrometrische Messung; T = Titrimetrische Bestimmung.

Tiefe (m)	Datum	Messstelle								
		E			S			W		N
		0.05	0.5	2.0	0.05	0.3	0.05	1.0	0.05	0.3
Temp. (°C)	28. 6.77	6.5	6.0	6.0	7.0	—	7.0	—	7.0	7.0
	23. 6.80	—	—	6.1	6.1	—	—	—	—	6.8
	7. 4.81	6.6	—	—	2.2	—	14.0	—	17.2	—
	28. 6.77	7.30	7.25	7.35	7.40	7.40	7.30	7.20	7.40	7.35
	28. 8.79	—	—	7.40	—	—	—	—	7.70	—
	15.10.79	7.40	—	—	—	—	—	—	—	—
	23. 6.80	—	—	7.35	7.40	—	—	—	—	7.35
Leitfähigkeit ($\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$)	28. 6.77	2065	2060	2060	—	—	2055	2050	—	—
	21. 7.78	2060	2090	2090	—	—	—	—	—	—
	15.10.79	1870	—	—	—	—	—	—	—	—
	27. 6.80	1500	—	—	—	—	—	—	—	—
	7. 4.81	1800	—	—	—	—	—	—	—	—
O ₂ ($\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$)	28. 6.77 El	0.25	0.22	0.00	0.42	—	0.26	—	0.22	0.65
	23. 6.80 T	—	—	—	1.2	—	0.5	—	—	1.4

Sättigung und -Übersättigung wie sie von NADIG (1942) beschrieben wurden, konnten nicht beobachtet werden. Die Messungen des Redoxpotentials vom 28.8.1979 lassen den Schluss zu, dass der Sauerstoffgehalt im Wasser der obersten Moos- und Characeenschicht über den Sättigungswert steigt. Im Abfluss stellte ich am 23. Juni 1980 zwischen den flottierenden Fäden des roten Schlammes eine Sauerstoffkonzentration von $0.7 \text{ mg}\cdot\text{l}^{-1}$ fest.

Leitfähigkeit, Härte, pH-Wert (Tab. 18 und 19)

Bei der Durchsicht von Tab. 18 fällt die hohe Leitfähigkeit von $1500\text{--}2090 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ auf. Der Grund dafür sind die grossen Konzentrationen an Sulfat- (Tab. 19; $1430 \text{ mg SO}_4^{2-}\cdot\text{l}^{-1}$) sowie an Kalzium (um $550 \text{ mg Ca}^{2+}\cdot\text{l}^{-1}$) und Magnesium-Ionen (um $75 \text{ mg Mg}^{2+}\cdot\text{l}^{-1}$). Beim Quellwasser der Limnokrene handelt es sich um ein gipsgesättigtes Mineralwasser; folgende Mineralwässer der Schweiz haben eine ähnliche chemische Zusammensetzung: Magden, Meltingen, Sissach, Wintersingen, Baden und Lostorf 3 (SCHMASSMANN, 1980). Der Gehalt an anorganischem Kohlenstoff ist $34 \text{ mg}\cdot\text{l}^{-1}$ und entspricht demjenigen eines mittelharten Wassers (HÖLL, 1979). Der pH-Wert lag im freien Wasser gemessen um 7.4; in stark belichteten Moosbeständen beobachtete ich am 28. August 1979 einen Anstieg bis 7.7. Höhere Werte stellte auch NADIG (1942) nie fest. Biogene Entkalkung, wie sie im Zürichsee jedes Jahr in grösserem Ausmass auftritt (MINDER, 1922), spielt auch in den dichten Pflanzenbeständen keine Rolle.

Basierend auf den Daten von Tab. 18 und 19 und den Analysenwerten von NADIG (1942) ist die Menge der Ionen im zufließenden Quellwasser als konstant anzunehmen. An der Oberfläche schwankten die Leitfähigkeitswerte beträchtlich (von 1500 bis $2065 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$). Leitfähigkeitswerte um $1500 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ traten auf, wenn das Wasser milchig trüb war; offensichtlich hatten sich Fällungsreaktionen ereignet. Durch Berechnungen prüfte ich, welche Salze ausfallen. Da die Konzentration der Karbonationen mit $2.9\cdot 10^{-9} \text{ mol}\cdot\text{l}^{-1}$ (berechnet nach den Deutschen Einheitsverfahren, 1981) sehr gering war, lagen die Produkte mit Kalzium oder Magnesium

Tab. 19 God dal Fuorn-Limnokrene: Säurebindungsvermögen, Kalzium, Magnesium, Sulfat, Gesamthärte.

PA = Phenolphthalein-Alkalinität; TA = Total Alkalinität. T = Titrimetrische Bestimmung. A = Atom-Absorptions-Spektroskopie.

Datum der Probenahme	Säurebindungsvermögen (mmol · l ⁻¹)		Ca ²⁺	Mg ²⁺	SO ₄ ²⁻	Gesamthärte fH°
	PA	TA	mg/l	mg/l	mg/l	
28. 6.77	- 0.45	2.35	547 (T)	78 (A)	1426	170
21. 7.78	—	—	569 (T)	75 (T)	—	—
28. 8.79	- 0.19	2.27	—	—	1430	—
15.10.79	—	—	485 (T)	70 (T)	—	150
23. 6.80	- 0.22	2.40	—	—	—	—
7. 4.81	0.25	2.55	—	70 (A)	—	—

deutlich unter den Löslichkeitsprodukten der Literatur (WEAST, 1976). Dieselben Berechnungen nahm ich mit der Sulfatkonzentration vor. Da im Wasser grosse Mengen an MgSO₄ löslich sind (bei 0°C 26g pro 100 g Wasser), waren nur Fällungen von CaSO₄ möglich. Der mit der maximalen Konzentrationsangabe von Tab. 19 berechnete Wert von 2.1 · 10⁻⁴ mol² · l⁻² (CaSO₄: L_{25°C} = 2.45 · 10⁻⁵) zeigt, dass das einströmende Wasser an CaSO₄ übersättigt ist. Folgende Beobachtungen bestätigen, dass hauptsächlich CaSO₄-Fällungen auftreten:

- Die Schwankungen des Säurebindungsvermögens waren gering (keine Fällung von Karbonaten);
- Die Differenz der Gesamthärte zwischen dem 28.6.1977 und dem 15.10.1979 wird hauptsächlich durch die Abnahme der Ca²⁺-Konzentration verursacht;
- NADIG (1942) stellte an der Oberfläche der Limnokrene Sulfatgehalte von 747 bis 1484 mg · l⁻¹ fest (beikonstanter Konzentration im Quellwasser);
- Sedimentprofile bestehen hauptsächlich aus Gips.

Stickstoff- und Phosphorverbindungen (Tab.20)

Es wurden geringe Mengen an Ammonium- (um 40 µg · l⁻¹) und an Nitrat-N (Durchschnitt: 55 µg · l⁻¹) gefunden; Nitrit fehlte vollständig. Bemerkenswert ist die Tatsache, dass am 15.

Tab. 20 God dal Fuorn-Limnokrene: Ammonium-N, Nitrit-N, Nitrat-N, Phosphat-P und Gesamt-P; über dem Zufluss gemessen.

Datum der Probenahme	NH ₄ ⁺ -N µg/l	NO ₂ ⁻ -N µg/l	NO ₃ ⁻ -N µg/l	PO ₄ ³⁻ -P µg/l	Gesamt-P µg/l
28. 6.77	40	<0.5	<50	<2	7
21. 7.78	35	<0.5	55	<2	13
28. 8.79	<50	<3	25	<2	—
15.10.79	—	—	40	<2	—
23. 6.80	—	—	105	<2	26
7. 4.81	—	—	60	—	10

m, Magnesium. Sulfat, Gesamt-
 trimetrische Bestimmung. A =

SO ₄ ²⁻ mg/l	Gesamt- härte fH°
1426	170
—	—
1430	—
—	150
—	—
—	—

(1976). Dieselben Berechnun-
 gen Mengen an MgSO₄ löslich
 CaSO₄ möglich. Der mit der
 Wert von 2.1 · 10⁻⁴ mol² · l⁻²
 an CaSO₄ übersättigt ist. Fol-
 gungen auftreten:

ring (keine Fällung von Kar-

dem 15.10.1979 wird haupt-
 ;
 fahthalte von 747 bis 1484

an Nitrat-N (Durchschnitt:
 st die Tatsache, dass am 15.

N, Phosphat-P und Gesamt-P;

P	Gesamt-P µg/l
7	
13	
—	
—	
26	
10	

Oktober 1979 im Regenwasserteich 41 µg NO₃-N · l⁻¹ und im Schmelzwasser am 7. April 1981
 50 µg festgestellt wurden; deshalb schätzen wir, dass der natürliche Eintrag von Nitrat-N
 durch Regen oder Schnee etwa 50 µg · l⁻¹ beträgt.

Während die Phosphat-Konzentrationen immer unter der Nachweisgrenze lagen, konnten
 geringe Gesamt-P-Mengen von 7 bis 26 µg P · l⁻¹ festgestellt werden. Die Gesamt-P-Menge des
 Schneewassers betrug 20 µg P · l⁻¹.

Metalle

Mit Wässern vom 7.4.1981 wurden Bestimmungen von 13 Metallen (Cd, Co, Cr, Cu, Fe, K,
 Li, Mn, Na, Ni, Pb, Sn, Zn) durchgeführt. Für gut die Hälfte lagen die Konzentrationen un-
 ter der Nachweisgrenze. Als Mittel aus zwei **Parallelmessungen** ergaben sich folgende Werte:
 Fe, 0,3 mg · l⁻¹; K, 0,93 mg · l⁻¹; Li, 0,016 mg · l⁻¹; Na, 1,15 mg · l⁻¹; Ni, 0,08 mg · l⁻¹ und Zn,
 0,008 mg · l⁻¹. Vergleicht man mit den oben erwähnten Kalzium-Magnesium-Sulfat-Quellen
 der Schweiz (HöGL, 1980), sind die hohen Eisenkonzentrationen und die geringen Gehalte an
 K, Li und Na für die God dal Fuorn-Quelle charakteristisch. Bei den festgestellten pH-Werten
 (Tab. 18) sind Fällungen von Fe(OH)₂ nicht denkbar; nach der Oxydation des Fe(II) zu Fe
 (III) dürften jedoch grössere Mengen an Fe(OH)₃ ausfallen. Dies wird durch die Beobachtun-
 gen bestätigt, dass die Watten von grünen Fadenalgen und die Chara-Polster rotbraune Über-
 züge aufwiesen, ohne dass dort Eisenorganismen erkennbar waren. Obschon ich im freien
 Wasser geringe Mengen an Wasserstoffsulfid feststellte (Geruch), konnte nirgends schwarzes
 Eisensulfid gefunden werden.

3. Gefundene Arten

Die Fauna der God dal Fuorn-Limnokrene untersuchte NADIG (1942) eingehend.

Bakterien

Auf Grund der oben erwähnten chemischen Eigenschaften des Quellwassers muss haupt-
 sächlich mit Schwefel- und Eisenbakterien gerechnet werden. Der geringe Schwefelwasser-
 stoffgehalt des Wassers dürfte durch die Tätigkeit sulfatreduzierender Bakterien verursacht
 worden sein. Deren Produktion wird begrenzt durch die kleinen Mengen an organischen Sub-
 stanzen (MÜNDEL, 1980). In den Wasserschichten unter 0,5 Meter Tiefe zählte ich um 4000
 Bakterien pro ml; viele davon glichen *Desulfovibrio desulfuricans* (SCHANZ, 1978). Manche Or-
 ganismen sind in der Lage, Schwefelwasserstoff zu oxydieren; unter günstigen Umständen
 kann es in Mineralquellen zu eigentlichen Massenentwicklungen von Arten der Gattungen
Beggiatoa, *Chromatium*, *Leptothrix* u.a. kommen (VOUK, 1950). Folgende Arten wurden von
 mir in der God dal Fuorn-Limnokrene gefunden: *Beggiatoa alba*, *Chromatium okenii*, *Lam-
 procystis roseo-persicina* und *Thiocystis violacea*. Der rote Schlamm beim Abfluss deutet auf
 Eisenbakterien hin (Abb. 17, B; Abb. 18). Ich fand die folgenden zwei Arten: *Leptothrix och-
 racea* und *Crenothrix polyspora*.

Zur Ökologie der Mikroorganismen werden gegenwärtig Untersuchungen von Dr. K. HAN-
 SELMANN durchgeführt.

Algen

Nach MÜNDEL (1980) wurden nur wenige algologische Untersuchungen in schweizerischen
 Mineral- und Thermalquellen gemacht. ANAGNOSTIDIS und ZEHNDER (1964) befassten sich mit
 Quellen in Baden und Leukerbad, deren Wässer Temperaturen zwischen 35 und 48°C aufwie-
 sen. Da die Temperaturdifferenz zur God dal Fuorn-Limnokrene beträchtlich ist, erstaunt

nicht, dass nur wenige Arten an allen Stellen vorkommen (*Phormidium tenue*, *Pseudanabaena galeata*, *Spirogyra* sp.). VOUG (1950) erwähnt, dass in Hypothermen (Wassertemperatur unter 15°C) neben Blaualgen auch verschiedene Grünalgenarten gedeihen (u.a. *Oedogonium*, *Pediastrum*, *Scenedesmus*, *Cosmarium*, *Spirogyra*). Im Wasser von österreichischen Mineralquellen fand STOCKMAYER (1928) hauptsächlich Blaualgen, in geringer Dichte jedoch auch Grünalgen und Makrophyten. Die meisten von mir in der Limnokrene festgestellten Gattungen sind auch aus den Quelltümpeln bei San Carlo bekannt (BRUTSCHY, 1929); das Wasser dieser Quellen enthält grosse Sulfatmengen, und es wird Schwefelwasserstoff gebildet (Temperatur: um 10°C; Dr. K. HANSELMANN, pers. Mitteilung). Nach den mir bekannten weiteren physikalischen und chemischen Daten (BACHMANN, 1924) handelt es sich um Mineralwasser, ähnlich demjenigen der God dal Fuorn-Limnokrene. BRUTSCHY (1929) erwähnt, dass die Moos- und Algenflora in den Quelltümpeln bei San Carlo sehr reichhaltig ist. *Fontinalis*-Arten sowie *Chara contraria* und *Chara foetida* bilden grössere Bestände, in denen viele Cyanophyceen- und Chlorophyceen-Arten zu finden sind. Während der Sommermonate sollen sich die Gattungen *Oedogonium*, *Microspora*, *Mougeotia*, *Spirogyra* und *Zygnema* üppig entwickeln.

Im folgenden werden diejenigen Arten der Tab. 21 bis 23 besprochen, die ich in der Limnokrene häufig und in grossen Mengen antraf. Vergleiche mit den Listen verschiedener Autoren sollen zeigen, ob es Arten gibt, die für Sulfatquellen typisch sind.

Von den gefundenen Blaialgen sind folgende Arten für unsere Limnokrene charakteristisch: *Aphanothece stagnina*, *Microcystis pulverea*, *Nostoc commune* und *Nostoc kihlmani*. Es fehlen die in anderen Mineralquellen häufigen fädigen Blaialgen, was wahrscheinlich auf den für eine Besiedlung ungünstigen Teichboden zurückzuführen ist. *Aphanothece stagnina*, *Microcystis pulverea* und *Nostoc kihlmani* waren auch in den Quelltümpeln bei San Carlo anzutreffen (BRUTSCHY, 1929). Ausserdem wurden die Arten an folgenden Orten gefunden: *Aphanothece stagnina* (Bodensee-Untersee, JAAG, 1938; Grialetschsee, MESSIKOMMER, 1942), *Microcystis pulverea* (Grünsee, MESSIKOMMER, 1942; Mittersee, KANN, 1978), *Nostoc kihlmani* (Grünsee, Kühaltalsee, Grialetschsee, Flüelasee, MESSIKOMMER, 1942). Nach GEITLER (1925) ist *Nostoc commune* eine Art, die häufig auf feuchter Erde vorkommt. *Microcystis aeruginosa*, *Microcystis incerta*, *Oscillatoria angustissima* und *Spirulina jenniferi* stellte ich an den Stellen 1 bis 4 nicht fest (Tab. 29). Aus der mir zur Verfügung stehenden Literatur geht hervor, dass mit Ausnahme von *Oscillatoria angustissima* alle genannten Arten in der Schweiz verbreitet sind. *Oscillatoria angustissima* soll hauptsächlich in schwefelhaltigen Quellen vorkommen (GEITLER, 1932).

Typische Xanthophyceen der God dal Fuorn-Limnokrene sind *Characiopsis* sp. und *Tribonema vulgare*. Es erstaunt, dass weder die Gattung *Characiopsis* noch die Gattung *Tribonema* in den Quelltümpeln bei San Carlo vertreten sind (BRUTSCHY, 1929). Nach den Angaben von ERTL (1978) enthalten beide Gattungen viele Arten, die alle eine grosse ökologische Spannweite besitzen. Neben *Chara vulgaris*, von der am nördlichen und am östlichen Teichrand grössere Bestände dauernd vorhanden sind, konnten oft die folgenden Arten festgestellt werden: *Chlorococcum* sp., *Eremosphaera viridis*, *Microspora* sp., *Oedogonium* sp., *Oocystis solitaria*, *Oonophris obesa*, *Sphaerocystis schroeteri*, *Cosmarium botrytis*, *Cosmarium obtusatum*, *Mougeotia* sp., *Spirogyra* sp. und *Zygnema* sp.. Die Gattungen *Chlorococcum*, *Microspora*, *Oedogonium*, *Mougeotia*, *Spirogyra*, *Zygnema* sowie die Arten *Oocystis solitaria*, *Oonophris obesa* (= *Nephrocium agardhianum*) und *Cosmarium botrytis* sind auch in den San Carlo-Quellen gefunden worden (BRUTSCHY, 1929). Verglichen mit den Listen der weiter talaufwärts gelegenen Stellen sind neu *Eremosphaera viridis*, *Oocystis solitaria*, *Oonophris obesa*, *Staurastrum botrophilum* und *Chara vulgaris*. Nach WEST and WEST (1912) konnte *Staurastrum botrophilum* verschiedentlich in Nordamerika festgestellt werden; die Art ist in Europa selten und fehlte in der mir zugänglichen Literatur. Die übrigen vier genannten Arten sind jedoch mehrfach erwähnt.

dium tenue, *Pseudanabaena* en (Wassertemperatur unter gedeihen (u.a. *Oedogonium*, on österreichischen Mineral- eringer Dichte jedoch auch krene festgestellten Gattun- SCHY, 1929); das Wasser die- sserstoff gebildet (Tempera- nir bekannten weiteren phy- ich um Mineralwasser, ähn- 9) erwähnt, dass die Moos- g ist. *Fontinalis*-Arten sowie denen viele Cyanophyceen- onate sollen sich die Gattun- ra üppig entwickeln.

limnokrene charakteristisch: id *Nostoc kihlmani*. Es feh- s wahrscheinlich auf den für *hanothece stagnina*, *Micro- celn* bei San Carlo anzutref- rten gefunden: *Aphanothe- KOMMER, 1942*), *Microcystis Nostoc kihlmani* (Grünsee, h GEITLER (1925) ist *Nostoc cystis aeruginosa*, *Microcys- ich an den Stellen 1 bis 4 r geht hervor, dass mit Aus- er Schweiz verbreitet sind. ellen vorkommen (GEITLER,*

Characiopsis sp. und *Tribonema* die Gattung *Tribonema* 9). Nach den Angaben von esse ökologische Spannweite stlichen Teichrand grössere n festgestellt werden: *Chlo- sp.*, *Oocystis solitaria*, *Oo- rarium obtusatum*, *Mouge- xum*, *Microspora*, *Oedogo- litaria*, *Oonephris obesa* (= den San Carlo-Quellen ge- reiter talaufwärts gelegenen s *obesa*, *Staurastrum botro- urastrum botrophilum* ver- npa selten und fehlte in der l jedoch mehrfach erwähnt.

Die Fundorte liegen in verschiedenen Regionen der Schweiz, so dass über deren physiologische Ansprüche keine Angaben gemacht werden können.

Zusammenfassend ist festzustellen, dass keine der gefundenen Arten eindeutig auf stark sulfathaltige Wässer beschränkt ist. Inwieweit sich die in der Limnokrene vorhandenen Arten physiologisch an die extremen Bedingungen angepasst haben, müssen künftige experimentelle Arbeiten zeigen.

4. Artenverteilung

Bezüglich der Artenverteilung sollen vier verschiedene Lebensräume auseinander gehalten werden: Moospolster, *Chara vulgaris*-Bestände, Plankton, Gewässerboden und Holz.

Moospolster (Tab. 21)

Die reichhaltigsten Algenbiozöosen stellte ich in Ausquetschproben von den obersten Zonen der Moospolster fest. Hier herrschten bezüglich Nährstoff- und Sauerstoffgehalt andere Bedingungen als in den übrigen Mikrobiotopen der Limnokrene: Wie bereits in Abschnitt 2 erwähnt, sind schon bei geringer Einstrahlung Temperatur- und Sauerstoffgehalt höher als im offenen Wasser; tiefere Mooschichten sind sauerstofffrei, zeigen negatives Redoxpotential und enthalten grosse Mengen Schwefelwasserstoff. Die meisten der in Tab. 21 enthaltenen Arten waren in den Proben häufig; allerdings dominierten immer Kieselalgen.

Tab. 21 God dal Fuorn-Limnokrene: Liste der in den Moos-Beständen lebenden Arten (Periode: 1975-1979, 7 Probenahmen). Ausquetschproben.

Datum	Arten
9. 7.1975	<i>Aphanothece stagnina</i> , <i>Microcystis pulvereae</i> , <i>Nostoc commune</i> , <i>Nostoc kihlmani</i> , <i>Characiopsis</i> sp., <i>Chlorococcum</i> sp., <i>Microspora</i> sp., <i>Oedogonium</i> sp., <i>Scenedesmus quadricauda</i> , <i>Closterium</i> sp., <i>Cosmarium</i> sp., <i>Spirogyra</i> sp.
16. 8.1975	<i>Aphanothece stagnina</i> , <i>Nostoc kihlmani</i> , <i>Characiopsis</i> sp., <i>Eremosphaera viridis</i> , <i>Microspora amoena</i> , <i>Oonephris obesa</i> , <i>Cosmarium botrytis</i> , <i>Cosmarium obtusatum</i> , <i>Cosmarium</i> sp.
13. 9.1975	<i>Anabaena</i> sp., <i>Microcystis aeruginosa</i> , <i>Microcystis pulvereae</i> , <i>Nostoc commune</i> , <i>Nostoc kihlmani</i> , <i>Chlorococcum</i> sp., <i>Eremosphaera viridis</i> , <i>Oonephris obesa</i> , <i>Cosmarium botrytis</i> , <i>Spirogyra</i> sp.
27. 6.1976	<i>Characiopsis</i> sp., <i>Microspora stagnorum</i> , <i>Oedogonium</i> sp., <i>Oonephris obesa</i> , <i>Cosmarium</i> sp., <i>Mougeotia</i> sp., <i>Spirogyra</i> sp.
31. 7.1976	<i>Anabaena</i> sp., <i>Aphanothece stagnina</i> , <i>Microcystis pulvereae</i> , <i>Nostoc kihlmani</i> , <i>Characiopsis</i> sp., <i>Oedogonium</i> sp., <i>Oocystis solitaria</i> , <i>Oonephris obesa</i> , <i>Closterium moniliferum</i> , <i>Cosmarium botrytis</i> , <i>Cosmarium obtusatum</i> , <i>Mougeotia</i> sp.
27. 6.1977	<i>Microcystis</i> sp., <i>Nostoc</i> sp., <i>Oscillatoria angustissima</i> , <i>Pseudanabaena galeata</i> , <i>Spirulina jeneri</i> , <i>Eremosphaera viridis</i> , <i>Microspora stagnorum</i> , <i>Oedogonium</i> sp., <i>Oonephris obesa</i> , <i>Cosmarium botrytis</i> , <i>Mougeotia</i> sp., <i>Spirogyra</i> sp., <i>Zygnema</i> sp.,
15.10.1979	<i>Nostoc kihlmani</i> , <i>Eremosphaera viridis</i> , <i>Oedogonium</i> sp., <i>Oocystis solitaria</i> , <i>Oonephris obesa</i> , <i>Cosmarium obtusatum</i> , <i>Spirogyra</i> sp.

Chara vulgaris-Bestände (Tab. 22)

Die *Chara vulgaris*-Bestände sind wesentlich dichter als die Moospolster. Die Begleitorganismen haben deshalb einen kleineren Lebensraum zur Verfügung. Wegen der schlechten Licht- und Nährstoffverhältnisse sind die Wachstumsbedingungen ungünstig. Wie der Tab. 22 entnommen werden kann, bestimmte ich in den Proben der *Chara vulgaris*-Bestände nur wenige Arten. Viele der fädigen Xanthophyceen (*Tribonema affine*, *Tribonema minus*, *Tribonema vulgaris*) und der fädigen Grünalgen (*Microspora amoena*, *Mougeotia* sp., *Spirogyra* sp.) stammten hauptsächlich von der Oberfläche der *Chara*-Bestände; manchmal wurde sogar beobachtet, dass Fadengeflechte weit ins offene Wasser hineinreichten (z.B. am 27.8.1979 und am 7.4.1981).

Tab. 22 God dal Fuorn-Limnokrene: Liste der in den *Chara*-Beständen lebenden Arten (Periode: 1975-1981; 7 Probenahmen)

Datum	Arten
16.8.1975	<i>Anabaena</i> sp., <i>Microcystis incerta</i> , <i>Nostoc kihlmani</i> , <i>Microspora amoena</i> , <i>Mougeotia</i> sp., <i>Spirogyra</i> sp.
13.9.1975	<i>Tribonema vulgare</i> , <i>Microspora</i> sp., <i>Oonephris obesa</i> , <i>Sphaerocystis schroeteri</i> , <i>Closterium moniliferum</i> , <i>Cosmarium botrytis</i> , <i>Mougeotia</i> sp., <i>Spirogyra</i> sp.
27.6.1976	<i>Tribonema affine</i> , <i>Mougeotia</i> sp., <i>Spirogyra</i> sp.
31.7.1976	<i>Tribonema</i> sp., <i>Oonephris obesa</i> , <i>Closterium</i> sp., <i>Mougeotia</i> sp., <i>Staurastrum botrophilum</i>
27.6.1977	<i>Spirogyra</i> sp.
27.8.1979	<i>Tribonema vulgare</i> , <i>Oonephris obesa</i> , <i>Spirogyra</i> sp.
7.4.1981	<i>Tribonema minus</i> , <i>Mougeotia</i> sp., <i>Spirogyra</i> sp.

Phytoplankton (Tab. 23)

Für die in der Tab. 23 berücksichtigten Proben wurden meist 40 Liter Teichwasser in ein Planktonnetz geschöpft. Die Individuendichte der so erhaltenen Konzentrate war immer sehr gering. Auch bei sorgfältiger Wasserentnahme konnte nicht vermieden werden, dass der Bewuchs auf dem Gewässergrund geringfügig aufgewirbelt wurde und etwas davon in das Planktonnetz gelangte. Die in Tab. 23 aufgeführten fädigen Formen sind - wie Untersuchungen unfiltrierter Proben mit dem Umkehrmikroskop bestätigten - normalerweise nicht im Plankton vorhanden. Viele der im freien Wasser gefundenen Arten kamen in den Moospolstern oder *Chara*-Beständen in grosser Zahl vor. Als Beispiel dafür sei die Untersuchung vom 23.6.1980 angeführt (siehe Angaben pro 100 ml): Moospolster. Kieselalgen (*Caloneis*, *Cymbella*, *Diplo-neis*, *Navicula*) 260000 Individuen; *Oscillatoria* 3400 Fäden; *Pseudanabaena* 550 Fäden; *Oonephris* 720 Kolonien. *Chara*-Bestand. Kieselalgen 6900 Individuen; Flagellaten 1600 Individuen. Tab. 24 zeigt deutlich, dass die Algendichte des Quellwassers gegen die Nordseite und gegen den Abfluss hin ansteigt. Ausserdem konnten in 0.05 m Tiefe mehr Algen gefunden werden als in 0.1 m Tiefe. Alle diese Beobachtungen deuten daraufhin, dass die im freien Wasser auftretenden Algen oberflächlich aus den im Uferbereich befindlichen Moospolstern oder *Chara*-Beständen abgetrieben werden.

Tab. 23 God dal Fuorn-Limnokrene: Artenliste des Phytoplanktons (Periode 1975-1981; 9 Probenahmen). Netzproben, über der tiefsten Stelle erhoben.

Datum	Arten
16. 8.1975	<i>Tribonema vulgare</i> , <i>Spirogyra</i> sp.
13. 9.1975	<i>Ceratium hirundinella</i> , <i>Mougeotia</i> sp., <i>Spirogyra</i> sp.
27. 6.1976	<i>Nostoc kihlmani</i> , <i>Mougeotia</i> sp., <i>Spirogyra</i> sp., <i>Zygnema</i> sp.
31. 7.1976	<i>Nostoc commune</i> , <i>Tribonema vulgare</i> , <i>Ceratium hirundinella</i> , <i>Mougeotia</i> sp., <i>Spirogyra</i> sp., <i>Staurastrum paradoxum</i>
28. 8.1976	<i>Aphanothece</i> sp., <i>Nostoc kihlmani</i> , <i>Cosmarium botrytis</i> , <i>Mougeotia</i> sp., <i>Spirogyra</i> sp., <i>Zygnema</i> sp.
27. 6.1977	<i>Microcystis</i> sp., <i>Oonophris obesa</i> , <i>Sphaerocystis schroeteri</i> , <i>Cosmarium</i> sp., <i>Spirogyra</i> sp., <i>Zygnema</i> sp., <i>Cryptomonas</i> sp.
15.10.1979	<i>Nostoc kihlmani</i> , <i>Oscillatoria</i> sp., <i>Microspora</i> sp., <i>Oedogonium</i> sp., <i>Mougeotia</i> sp., <i>Spirogyra</i> sp.
23. 6.1980	<i>Tribonema</i> sp., <i>Spirogyra</i> sp., <i>Zygnema</i> sp.
7. 4.1981	<i>Nostoc kihlmani</i> , <i>Tribonema minus</i> , <i>Mougeotia</i> sp.

Tab. 24 God dal Fuorn-Limnokrene: Diatomeen und Blaualgen im Plankton des offenen Wassers. Tabellenwerte: Diatomeen (D), Individuen pro 100 ml; Blaualgen (B), Faden pro 100 ml. E, S, W und N, siehe Tab. 18.

Tiefe (m)	Algen	Messstelle							
		E 0.05	0.10	S 0.05	0.10	W 0.05	0.10	N 0.05	0.10
28. 6.1977	D	563	85	212	74	626	212	1338	106
23. 6.1980	D	120	—	—	—	1600	—	—	—
	B	60	—	—	—	280	—	—	—
7. 4.1981	D	160	—	—	—	—	—	730	—
	B	50	—	—	—	—	—	150	—

Nach den vorliegenden Resultaten scheint es wenig wahrscheinlich, dass sich *Ceratium hirundinella* und die nicht näher bestimmte *Cryptomonas*-Art längere Zeit im freien Wasser halten konnten.

Gewässerboden und Holz

An verschiedenen Stellen des Gewässerbodens beobachtete ich regelmässig dichte Matten von fädigen Grünalgen (Abb. 17, D). Solche Matten waren auch auf dem im Wasser liegenden Holz und auf *Chara*-Pflanzen anzutreffen (Abb. 17, C). Es handelte sich hauptsächlich um Fäden der Gattung *Spirogyra*; weniger häufig waren *Mougeotia* und *Zygnema* vertreten. Vereinzelt fand ich *Tribonema minus* und *Tribonema vulgare*. Am 7.4.1981 fielen mir blaugüne Überzüge auf Holzstücken auf, die in der Bucht im Nordwestteil lagen. Es dominierten *Phormidium tenue* und *Phormidium valderiae*; ausserdem kamen folgende Arten vor: *Aphanothece*

stagnina, *Tribonema minus*, *Chlorococcum* sp., *Oonophris obesa*, *Mougeotia* sp. und *Spirogyra* sp..

5. Beobachtete Veränderungen des Bewuchses

Die Resultate meiner **Untersuchungen** reichen nicht aus, um **kurzfristige** oder **langfristige Veränderungen** in der **Zusammensetzung** und Dichte der im Moos oder in den *Chara*-Beständen lebenden **Algengemeinschaften** erkennen zu können, Dasselbe **gilt** für das **Phytoplankton**, bei dem das oben erwähnte Aufwirbeln des **Bodenbewuchses** die **Interpretation** der Ergebnisse zusätzlich **erschwert**.

Im Falle des **Bodenbewuchses** und des auf *Chara vulgaris* und Holz beobachteten Aufwuchses waren Unterschiede in **Ausdehnung** und Dichte einfacher festzustellen. Nach einer **Schönwetterperiode** fiel mir **am 27.6.1976** auf dem **Gewässerboden** und den *Chara*-Pflanzen ein dichter **Algenüberzug** auf (hauptsächlich *Tribonema affine*, *Mougeotia* sp., *Spirogyra* sp.). **Einen** Monat **später**, **am 31.7.1976**, war nach einer **Schlechtwetterperiode** die Menge der **Fadenalgen** **deutlich geringer**; **grosse** Flächen des **Gewässerbodens** wiesen eine gelbliche Farbe auf und waren **gänzlich** ohne **Bewuchs**. **Vergleichbare** Erscheinungen traten 1975 und 1979 nicht auf; in diesen Jahren blieben die **Verhältnisse** **mehr** oder weniger konstant. **Um** Veränderungen der **Algenbedeckung** besser erfassen zu **können**, **stellte** ich **vom** Jahre 1977 **an** mehrmals **Plan**-**skizzen** des **Gewässergrundes** her: **Abb. 20** zeigt zwei **Beispiele** davon. Sie unterscheiden sich hauptsächlich in der Ausdehnung der **schwefelbedeckten Sedimentoberfläche**. **Das** Ergebnis bestätigt **frühere** Beobachtungen, dass in der **Gewässermite** die **Algenbedeckung** stark **wechselt**, **während** sie sich in den **Randzonen** und auf den im **Wasser** liegenden Holzstücken nur wenig verändert. **Als** Gründe **dafür** **kommen** **hauptsächlich** **Veränderungen** in der **Belichtung** und in der **Strömungsrichtung** des **sauerstofffreien Quellwassers** in Frage.

6. Produktivität

WÄLTI and **SCHANZ** (1981) **fürhten** 1978 Messungen der Planktonprimärproduktion durch. Diese war sehr gering und lag unterhalb der **Erfassungsgrenze** der ^{14}C -Inkubationsmethode. **Daraus** schlossen wir, dass die Produktion pflanzlicher Biomasse **hauptsächlich** am Ufer erfolgen müsse.

Für eine Schätzung der Produktion verwendete ich eine indirekte Methode: Nach den im Abschnitt 5 erwähnten Beobachtungen durfte angenommen werden, dass die pflanzliche Biomasse der **Limnokrene** keine kurzfristigen Veränderungen erfährt. Die durch den Abfluss exportierte Biomasse **muss** deshalb durch die Produktion mehr oder weniger vollständig ersetzt werden; dasselbe gilt für die bakterielle Biomasse. Die Gesamtbilanz des Kohlenstoffs wird ausserdem beeinflusst durch Atmung und Sedimentation, die sich im Gewässer selbst abspielen; bei alleiniger Berücksichtigung des Exportes **würde** die Bruttoprämiärproduktion deshalb zu gering geschätzt.

Algen-Produktion: Die exportierte Algenbiomasse wurde auf **zwei** Arten bestimmt: a) Durch Verwendung der in Tab. 24 erwähnten Zählwerte, b) Mit Hilfe der **Chlorophyllkonzentration** des abfliessenden Wassers (0.12 μg Chlorophyll a pro Liter). **Zu a)**: Aus Tab. 24 schätzte ich die Individuendichte im abfliessenden Wasser **auf** 500 (Diatomeen und **Blualgenfäden**) pro 100 ml; das mittlere Volumen wurde mit 3000 μm^3 angenommen. Damit berechnete ich ein Nassgewicht von 0.015 $\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$. **Zu b)**: Nach **AHLGREN** (1970) beträgt bei Dominanz der Diatomeen der Chlorophyll a-Gehalt 0.31% des **Frischgewichts**; 0.12 μg Chlorophyll a pro Liter entsprechen deshalb 0.04 **mg** Frischgewicht pro Liter.

Mougeotia sp. und *Spirogyra*

kurzfristige oder langfristige Moos oder in den *Chara*. Dasselbe gilt für das *Phytococcus* die Interpretation der

Holz beobachteten Aufwuchszustellen. Nach einer Schön- und den *Chara*-Pflanzen ein *teotia* sp., *Spirogyra* sp.). Ei-riode die Menge der Faden-ten eine gelbliche Farbe auf traten 1975 und 1979 nicht mstant. Um Veränderungen hre 1977 an mehrmals Plan- von. Sie unterscheiden sich ntoberfläche. Das Ergebnis lgenbedeckung stark wech- genden Holzstücken nur we- ungen in der Belichtung und age.

onprimärproduktion durch. r ^{14}C -Inkubationsmethode. auptsächlich am Ufer erfol-

kte Methode: Nach den im n, dass die pflanzliche Bio- Die durch den Abfluss ex- weniger vollständig ersetzt anz des Kohlenstoffs wird im Gewässer selbst abspie- primärproduktion deshalb

zwei Arten bestimmt: a) lfe der Chlorophyllkonzen- Zu a): Aus Tab. 24 schätz- neen und Blaualgenfäden) . Damit berechnete ich ein t bei Dominanz der Diato- Chlorophyll a pro Liter ent-

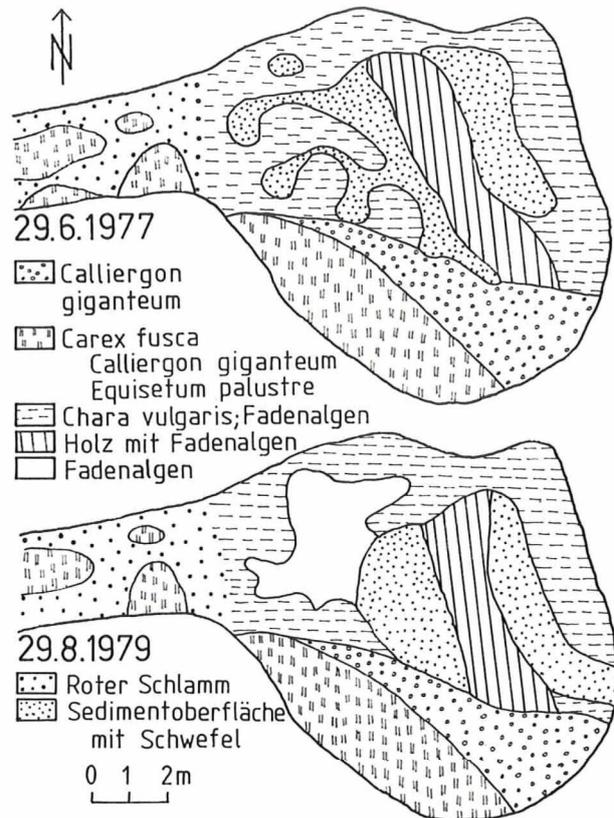


Abb. 20. God dal Fuorn-Limnokrene: Pflanzenbedeckung und Algenentwicklung am 29.6.1977 und am 29.8.1979.

Da der Kohlenstoffgehalt etwa 10% des Frischgewichts ausmachen soll (LEWIS, 1974), kann mit den oben berechneten Biomassewerten ein Kohlenstoffexport von etwa $3 \mu\text{g} \cdot \text{l}^{-1}$ ermittelt werden. Bei einem Gesamtfluss von 172 800 Liter pro Tag (durchschnittlicher Abfluss $2 \text{l} \cdot \text{s}^{-1}$; NADIG, 1942) ergibt dies einen Kohlenstoffverlust für die Limnokrene von 518 mg C pro Tag .

Bakterielle Produktion: Zählungen der Bakteriendichte ergaben, dass sich im freien Wasser etwa 3000 Individuen pro Milliliter befinden. Da viele Formen *Desulfovibrio desulfuricans* glichen, berechnete ich mit dessen Volumen ($0.27 \mu\text{m}^3$) den täglichen Verlust an Bakterienbiomasse in der Limnokrene, was $171 \text{ mg Frischgewicht}$ oder $14.1 \text{ mg Kohlenstoff pro Tag}$ ergab. Nach meinen Berechnungen macht deshalb die bakterielle Primärproduktion lediglich etwa 3% der Algen-Produktion aus.

Der Wert von $532 \text{ mg fixiertem Kohlenstoff pro Tag}$ dürfte etwa 20% der Bruttoprimerproduktion ausmachen (FRIEDLI, 1978); diese müsste einen Betrag von $2.6 \text{ gC} \cdot \text{d}^{-1}$ aufweisen (= $40 \text{ mg C} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{d}^{-1}$). Solche Werte wurden an produktionsarmen Tagen auch in der Uferzone des Greifensees ermittelt (MÜLLER, 1976). Der Verlust an organischem Kohlenstoff durch Sedi-

mentation wurde vernachlässigt, da ich in den Sedimentkernen nur sehr wenig organisches Material beobachtet hatte.

7. Besonderheiten der God dal Fuorn-Limnokrene

Das emporströmende Quellwasser ist sauerstofffrei und übersättigt an Gips (Leitfähigkeit um $2000 \mu\text{S} \cdot \text{cm}^{-1}$). Der hohe Eisengehalt von $0.3 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$ hatte an verschiedenen Stellen Ausscheidungen von Eisen (III)-hydroxyd zur Folge. In der Limnokrene stellte ich geringe Mengen an Wasserstoffsulfid fest; Fällungen von Eisensulfid waren jedoch nicht zu beobachten. Die wichtigsten Lebensräume für die Entwicklung der Algen sind: Moospolster, *Chara vulgaris*-Bestände und der Gewässerboden. Ich konnte kein eigenständiges Phytoplankton nachweisen; es ist jedoch möglich, dass sich bestimmte Flagellaten (*Ceratium hirundinella*, *Cryptomonas* sp.) eine gewisse Zeit im freien Wasser aufhalten. Chemische Untersuchungen zeigten, dass in den Moospolstern andere Bedingungen herrschen als in der übrigen Limnokrene. Dies hatte zur Folge, dass dort viele Arten in beträchtlichen Dichten gefunden wurden (Kieselalgen, Blaualgen: *Aphanothece stagnina*, *Microcystis pulverea*, *Nostoc commune*, *Nostoc kihlmani*). In den *Chara vulgaris*-Beständen, deren Ausdehnungen sich im Laufe der Untersuchungsperiode von 1975 bis 1981 nicht veränderten, waren nur wenige Arten feststellbar. An verschiedenen Probenahmetagen fiel jedoch ein Aufwuchs auf (hauptsächlich *Spirogyra*, daneben *Tribonema*-Arten, *Mougeotia* und *Zygnema*), der auch auf dem Gewässerboden und an Holzstücken, die im Wasser lagen, zu beobachten war. Neben den Lichtverhältnissen scheint das einströmende Quellwasser die Algenverteilung am Gewässergrund wesentlich mitzubestimmen. Die Bruttoprimärproduktion wurde für die gesamte Limnokrene auf $2.6 \text{ gC} \cdot \text{d}^{-1}$ ($= 40 \text{ mgC} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{d}^{-1}$) geschätzt.

II. God dal Fuorn-Tümpel

1. Probenahmestelle

Der Tümpel liegt etwa 35 Meter westlich der God dal Fuorn-Limnokrene (Abb. 16). Sein Wasserstand zeigte während der Untersuchungsperiode grosse Schwankungen: Am 27.6.1976 war der Tümpel vollständig ausgetrocknet; den maximalen Wasserstand beobachtete ich am 23.6.1980 mit 0.5 Meter. Meist wurde eine 0.1 bis 0.3 Meter tiefe Wasserschicht angetroffen (Abb. 17, F). Ich konnte weder einen Zufluss noch einen Abfluss finden, so dass angenommen werden darf, dass der Wasserstand hauptsächlich durch Niederschlag und Verdunstung reguliert wird. Der Teichboden, von dessen oberster Schicht ich die Algenproben abschöpfte, bestand aus feinem, lehmartigen Material von mehreren Dezimetern Tiefe.

2. Physikalische und chemische Eigenschaften des Wassers (Tab. 25)

Es ist anzunehmen, dass während der Sommerzeit grosse tagesperiodische Temperaturschwankungen auftreten (WOLFF, 1948); dabei geht die Erwärmung hauptsächlich von der besonnten Bodenoberfläche aus, wie schon die Messungen von SUCHLANDT und SCHMASSMANN

... nur sehr wenig organisches

... tigt an Gips (Leitfähigkeit
verschiedenen Steilen Aus-
ene stellte ich geringe Men-
edoch nicht zu beobachten.
sind: Moospolster, *Chara*
enständiges Phytoplankton
(*Ceratium hirundinella*,
Chemische Untersuchungen
ls in der übrigen Limnokre-
Dichten gefunden wurden
rea, Nostoc commune, N-
ngen sich im Laufe der Un-
r wenige Arten feststellbar.
(hauptsächlich *Spirogyra*,
f dem Gewässerboden und
ten den Lichtverhältnissen
ässergrund wesentlich mit-
Limnokrene auf $2.6 \text{ gC} \cdot \text{d}^{-1}$

... imnokrene (Abb. 16). Sein
wankungen: Am 27.6.1976
rstand beobachtete ich am
Wasserschicht angetroffen
iden, so dass angenommen
lag und Verdunstung regu-
genproben abschöpfte, be-
Tiefe.

Tab. 25)

... speriodische Temperatur-
hauptsächlich von der be-
HLANDT und SCHMASSMANN

Tab. 25 Resultate von physikalischen und chemischen Untersuchungen des God dal Fuorn-Tümpels.

Datum	Temp. °C	pH	Leitf. µS/cm	NO ₃ ⁻ -N µg/l	NO ₂ ⁻ -N µg/l	PO ₄ ³⁻ -P µg/l	Säurebindungs- vermögen (mmol/l)		SO ₄ ²⁻ mg/l	Ca ²⁺ mg/l	Mg ²⁺ mg/l	Ges-H fH°
							PA	TA				
28. 8. 79	12.0	6.7	86	150	3	4	- 0.10	0.30	20	—	—	—
15. 10. 79	—	7.35	104	54	—	5	—	—	—	18.2	3.5	6.0
23. 6. 80	—	6.90	70	20	—	2	- 0.12	0.40	—	—	—	—

(1935) zeigten. Die **Leitfähigkeitswerte** lagen im Bereich von 70 bis $104 \mu\text{S} \cdot \text{cm}^{-1}$ (Stellen 2 bis 4: $165\text{--}272 \mu\text{S} \cdot \text{cm}^{-1}$; Tab. 12], was auf den geringen Gehalt an anorganischem Kohlenstoff **zurückzuführen** ist ($5.5 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$; Stellen 2 bis 4: um $30 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$). Da die **pH-Werte** um 7.0 liegen, sind hauptsächlich Hydrogenkarbonat und Kohlendioxyd vorhanden (Deutsche **Einheitsverfahren**, 1981). Für viele Desmidiaceen-Arten, die auf freies Kohlendioxyd angewiesen sind, dürften deshalb günstige Wachstumsbedingungen bestehen (Moss, 1973). Inwieweit Desmidiaceen auch Hydrogenkarbonat assimilieren können, ist erst für wenige Arten ermittelt worden (Brook, 1981). Die Konzentration an Nitrat schwankte beträchtlich (Minimum: $20 \mu\text{g N} \cdot \text{l}^{-1}$, Maximum: $150 \mu\text{g N} \cdot \text{l}^{-1}$), während der Phosphat-Gehalt an oder unter der **Nachweisgrenze** lag. Da im Tümpel sehr oft Tierspuren und Losung (**Gemsen** und **Hirsche**) gefunden wurden, muss damit gerechnet werden, dass zeitweise grössere Mengen an Nährstoffen in den **Tümpel** gelangten. Die **braune** Farbe des Wassers deutet auf die Anwesenheit von **Huminstoffen** hin (Кіскурн, 1972), die einen günstigen Einfluss auf das Wachstum vieler **Algenarten** ausüben (Prát et al., 1972).

3. Gefundene Arten

Makroskopische auffällige **Algenentwicklungen** beobachtete ich am 16.8.1975 (*Tribonema* sp., *Mougeotia* sp., *Spirogyra pratensis*), am 31.7.1976 (*Ulothrix variabilis*, *Mougeotia* sp.) und in geringem **Ausmass** am 29.8.1979 (*Tribonema* sp., *Microspora* sp., *Mougeotia* sp.). An den übrigen Daten wurden Proben der Sedimentoberfläche genommen, wo ein leichter **Überzug** Algenansammlungen erwarten liess. **Mehrmals** stellte ich Massenentwicklungen von *Peridinium cinctum*, *Asterococcus superbis* und *Eremosphaera viridis* fest. Die Tab. 26 und 27

Tab. 26 *God dal Fuorn-Tümpel*: Liste der im Jahre 1975 gefundenen Arten (3 Probenahmen). Abschöpfproben von der Sedimentoberfläche.

Datum	Arten
5.7.1975	<i>Anabaena</i> sp., <i>Microcystis pulverea</i> , <i>Nostoc punctiforme</i> , <i>Spirulina jenneri</i> , <i>Synechococcus aeruginosus</i> , <i>Tolypothrix distorta</i> , <i>Ophiocytium</i> sp., <i>Peridinium</i> sp., <i>Asterococcus superbis</i> . <i>Gloeocystis ampla</i> , <i>Oedogonium</i> sp., <i>Oocystis</i> sp., <i>Scenedesmus quadricauda</i> . <i>Sphaerocystis</i> sp., <i>Cosmarium</i> sp., <i>Euastrum</i> sp., <i>Spirogyra</i> sp.
16.8.1975	<i>Anabaena cylindrica</i> , <i>Anabaena sphaerica</i> . <i>Aphanothece stagnina</i> , <i>Coelosphaerium naegelianum</i> . <i>Microcystis pulverea</i> , <i>Oscillatoria tenuis</i> . <i>Synechococcus aeruginosus</i> , <i>Tolypothrix distorta</i> , <i>Ophiocytium cochleare</i> , <i>Tribonema</i> sp., <i>Peridinium cinctum</i> , <i>Peridinium</i> sp., <i>Asterococcus superbis</i> , <i>Desmococcus vulgaris</i> , <i>Eremosphaera viridis</i> , <i>Gloeocystis ampla</i> , <i>Oedogonium</i> sp., <i>Oocystis solitaria</i> , <i>Oocystis</i> sp., <i>Pediastrum</i> sp., <i>Scenedesmus quadricauda</i> , <i>Closterium</i> sp., <i>Cosmarium botrytis</i> , <i>Cosmarium obtusatum</i> . <i>Euastrum bidentatum</i> . <i>Euastrum binale</i> , <i>Euastrum oblongum</i> , <i>Mougeotia</i> sp., <i>Spirogyra pratensis</i> , <i>Spirogyra</i> sp., <i>Staurastrum pilosum</i> , <i>Staurastrum punctulatum</i> . <i>Phacus alatus</i>
13.9.1975	<i>Anabaena cylindrica</i> , <i>Anabaena</i> sp., <i>Microcystis pulverea</i> , <i>Oscillatoria limosa</i> , <i>Tolypothrix tenuis</i> , <i>Characiopsis minor</i> , <i>Peridinium</i> sp., <i>Asterococcus superbis</i> , <i>Bulbochaete</i> sp., <i>Coelastrum sphaericum</i> , <i>Eremosphaera viridis</i> , <i>Gloeocystis ampla</i> , <i>Oedogonium</i> sp., <i>Oocystis</i> sp., <i>Pediastrum tetras</i> , <i>Scenedesmus quadricauda</i> . <i>Closterium leibleinii</i> , <i>Cosmarium botrytis</i> , <i>Cosmarium debaryi</i> , <i>Euastrum binale</i> . <i>Euastrum oblongum</i> , <i>Mougeotia</i> sp., <i>Spirogyra pratensis</i> , <i>Spirogyra</i> sp., <i>Staurastrum punctulatum</i> . <i>Phacus</i> sp.

Tab. 27 God dal Fuorn-Tümpel: Liste der von 1976 bis 1979 gefundenen Arten (4 Probenahmen). Abschöpfproben von der Sedimentoberfläche.

Datum	Arten
31. 7.1976	<i>Oscillatoria</i> sp., Tolypothrix tenuis , <i>Ophiocytium majus</i> , <i>Peridinium</i> sp., Asterococcus superbus , <i>Dictyosphaerium pulchellum</i> , Eremosphaera viridis , Oonophris obesa , Ulothrix variabilis , <i>Closterium leibleinii</i> , <i>Cosmarium botrytis</i> , <i>Cosmarium obtusatum</i> , <i>Euastrum binale</i> , <i>Mougeotia</i> sp., Staurastrum punctulatum
28. 8.1976	Oscillatoria sancta , Tolypothrix tenuis , <i>Ophiocytium majus</i> , <i>Eremosphaera viridis</i> , <i>Ulothrix</i> sp., <i>Euastrum bidentatum</i> , <i>Mougeotia</i> sp., <i>Spirogyra</i> sp., <i>Staurastrum</i> sp.
29. 8.1979	<i>Anabaena cylindrica</i> , <i>Aphanocapsa</i> sp., <i>Oscillatoria formosa</i> , <i>Oscillatoria lauterbornii</i> , <i>Oscillatoria</i> sp., <i>Oscillatoria splendida</i> , Tribonema sp., <i>Eremosphaera viridis</i> , Microspora sp., Oocystis sp., <i>Scenedesmus quadricauda</i> , <i>Cosmarium botrytis</i> , <i>Cosmarium hammeri</i> , <i>Cosmarium impressulum</i> , <i>Cosmarium obtusatum</i> , <i>Cosmarium pseudopyramidatum</i> , <i>Euastrum binale</i> , <i>Euastrum oblongum</i> , <i>Mougeotia</i> sp.
15.10.1979	Tribonema sp., <i>Spirogyra</i> sp.

enthalten alle gefundenen Arten. Bemerkenswert sind die grossen Unterschiede in der Artenzahl zwischen den Probenahmedaten.

In keiner der untersuchten Proben dominierte eine Blaualgenart. Blaualgen-Individuen waren jedoch in jeder Probe in mehr oder weniger grosser Zahl vorhanden. *Anabaena cylindrica*, *Anabaena sphaerica*, *Coelosphaerium naegelianum*, *Nostoc punctiforme*, *Oscillatoria formosa*, *Oscillatoria lauterbornii*, *Oscillatoria sancta* und *Synechococcus aeruginosus* fand ich an keiner der übrigen Probenahmestellen. Nach der mir zur Verfügung stehenden Literatur wurden die folgenden Arten im schweizerischen Alpenraum bis jetzt nicht gefunden: *Anabaena cylindrica*, *Anabaena sphaerica*, *Nostoc punctiforme* und *Oscillatoria lauterbornii*. Drei dieser vier Arten (*Anabaena cylindrica*, *Nostoc punctiforme* und *Oscillatoria lauterbornii*) sind jedoch aus Tümpeln in Lettland bekannt (SKUJA, 1926), wo sie häufig vorkommen sollen. *Coelosphaerium naegelianum* stellte MESSIKOMMER (1935) im Prättschsee (Plessuralpen, Arosagebiet) in geringer Menge fest. *Oscillatoria formosa*, *Oscillatoria sancta* und *Synechococcus aeruginosus* sind in verschiedenen Kleinseen und Tümpeln des Alpenraums gefunden worden (MESSIKOMMER 1935, 1942, 1962; WOLFF 1948).

Im God dal Fuorn-Tümpel beobachtete ich folgende Vertreter der Chromophyta zum ersten Mal: *Characiopsis minor*, *Ophiocytium cochleare*, *Ophiocytium majus* und *Peridinium cinctum*. *Characiopsis minor* und *Ophiocytium cochleare* sind verbreitete Algen mit grosser ökologischer Spannweite (ETTL, 1978); *Ophiocytium majus* bevorzugt niedrige pH-Werte. Alle genannten Chromophyta-Arten kommen sowohl im Gebiet des San Bernardinopasses (WOLFF, 1948) als auch im Gebiet von Davos (MESSIKOMMER, 1942) vor, wo die Gewässer durch geringe Alkalinität und einen niedrigen pH-Wert charakterisiert sind.

Folgende Arten der Chlorophyta traten lediglich im God dal Fuorn-Tümpel auf: *Asterococcus superbus*, *Coelastrum sphaericum*, *Pediastrum tetras*, **Ulothrix variabilis**, *Cosmarium debaryi*, *Cosmarium hammeri*, *Cosmarium impressulum*, *Cosmarium pseudopyramidatum*, *Euastrum bidentatum*, *Euastrum binale*, *Spirogyra pratensis* und *Staurastrum pilosum*. Mit Ausnahme von **Ulothrix variabilis** und *Spirogyra pratensis* sind alle Arten im Alpengebiet weit verbreitet (MESSIKOMMER 1935, 1942, 1954, 1962). *Asterococcus superbus* bevorzugt - wie viele Desmidiaceen - leicht saure Tümpel (LEMMERMANN et al., 1915). **Ulothrix variabilis** ist eine auf

Tab. 28 Zahl der Cyanophyta-, Chromophyta- und Chlorophyta-Arten in der God dal Fuorn-Limnokrene und im God dal Fuorn-Tümpel (Periode 1975-1981).

Algenstamm/Klasse	Liinokrene	Tümpel	Limnokrene & Tümpel
Cyanophyta	15	19	4
Chromophyta	6	7	1
Chlorophyta			
Chlorophyceae	10	18	6
Conjugatophyceae	10	18	5
	} 20	} 36	} 11

der ganzen Welt verbreitete Art, die in fließenden oder stehenden Wässern massenhaft vorkommt (RAMANATHAN, 1962).

4. Besonderheiten des God dal Fuorn-Tümpels

Die niedrige Leitfähigkeit des Wassers von etwa $90 \mu\text{S} \cdot \text{cm}^{-1}$ geht auf den geringen Gehalt an anorganischem Kohlenstoff zurück. Das Wasser zeigte eine braune Farbe (Huminstoffe), und der pH-Wert lag um 7. Es fehlen Zu- und Abfluss, und der Wasserstand wechselte stark; in niederschlagsarmen Perioden trocknete der Tümpel aus. Makroskopisch sichtbare Massenentwicklungen von Algen waren selten (Arten der Gattungen *Tribonema*, *Microspora*, *Ulothrix*, *Mougeotia* und *Spirogyra*). In einzelnen Proben der Sedimentoberfläche dominierten *Peridinium cinctum*, *Asterococcus superbus* und *Eremosphaera viridis*. Die grosse Zahl der Desmidiaceen-Arten ist typisch für Teiche mit den oben beschriebenen chemischen Eigenschaften.

5. Vergleich der Algenbiozöosen der God dal Fuorn-Limnokrene und des God dal Fuorn-Tümpels

Die Besonderheiten der beiden Gewässer sind in den Abschnitten J.I.7 und J.II.4 hervorgehoben. Grosse Unterschiede bestehen bezüglich Wasserstand, Chemismus und Wärmehaushalt. In der Limnokrene mussten verschiedene Lebensräume gesondert betrachtet werden, während dies beim Tümpel nicht notwendig war. Es ist interessant, dass trotzdem mehrere Algenarten oder -gattungen in beiden Gewässern auftraten: *Anabaena* sp., *Aphanothece stagnina*, *Microcystis pulverèa*, *Spirulina jenneri*, *Tribonema* sp., *Eremosphaera viridis*, *Microspora* sp., *Oedogonium* sp., *Oocystis solitaria*, *Oonophris obesa*, *Scenedesmus quadricauda*, *Closterium* sp., *Cosmarium botrytis*, *Cosmarium obtusatum*, *Mougeotia* sp. und *Spirogyra* sp.. Die Algenbiomasse des Tümpels war immer wesentlich geringer als die der Limnokrene. Bezüglich der Artenzahl zeigten sich beträchtliche Unterschiede bei den Chlorophyta (Tab. 28): In der Limnokrene wurden wesentlich weniger Chlorophyceen und Conjugatophyceen gefunden als im Tümpel.

K. ÖKOLOGISCHE SCHLUSSBEMERKUNGEN

Das Einzugsgebiet des **Fuornbaches** oberhalb II Fuorn umfasst Felsflächen, Schutthalden und Geröllebenen, Areale mit Humusbedeckung unterschiedlicher Mächtigkeit sowie die Gewässer. Entsprechend der Vielgestaltigkeit der Bodenoberfläche können zahlreiche pflanzliche und tierische Biozönosen unterschieden werden. Im Hauptuntersuchungsgebiet (**Chasa dal Stradin** bis II Fuorn) waren menschliche Einflüsse nur vereinzelt festzustellen. An verschiedenen Orten wurden empfindliche ökologische Gleichgewichte durch die sich stark vergrößernde **Hirschpopulation** gestört (BLANKENHORN et al., 1979).

Tab. 29 enthält alle im Gebiet von Buffalora bis II Fuorn gefundenen Arten. Angaben zu den Häufigkeiten des Vorkommens und der Autökologie sind den Kapiteln E bis J zu entnehmen. Viele Arten oder Gattungen wurden lediglich an ein oder zwei Stellen gefunden; die folgenden waren fast im ganzen Gebiet verbreitet:

Cyanophyta: *Aphanocapsa* sp., *Gloeocapsa sanguinea*, *Homoeothrix rivularis*, *Oscillatoria* sp., *Phormidium autumnale*.

Chromophyta, Chrysophyceae: *Hydrurus foetidus*.

Chromophyta, Xanthophyceae: *Tribonema vulgare*.

Chlorophyta, Chlorophyceae: *Desmococcus vulgaris*, *Microspora amoena*, *Oedogonium* sp., *Palmella miniata*.

Chlorophyta, Conjugatophyceae: *Cosmarium botrytis*, *Cosmarium obtusatum*, *Mougeotia* sp., *Spirogyra* sp., *Zygnema* sp.

Flechte: *Verrucaria elaeomelaena*.

Wenige der aufgezählten Arten dürfen als Ubiquisten bezeichnet werden. Fast alle sind jedoch in der Lage, extreme Bedingungen bezüglich Belichtung und Benetzungsgrad während längerer Zeit zu ertragen.

In Anlehnung an die «Pflanzensoziologie» von BRAUN-BLANQUET (1951) sind verschiedentlich Algengesellschaften definiert worden, wobei die Kieselalgen oft eine wichtige Rolle spielen (MARGALEFF, 1960; KAWECKA, 1980). Da in unserer Arbeit die Kieselalgen nicht bestimmt wurden, kamen die erwähnten Algengesellschaften für Vergleiche nicht in Frage.

SYMOËNS (1957) beschrieb eine Assoziation epilithischer Krustenalgen in kalkreichen, sommerkalten Bächen. Es handelte sich um mehr oder weniger stabile Artengemeinschaften, wie sie auch im Untersuchungsgebiet zu beobachten waren. Zur Charakterisierung der von mir gefundenen Algenbiozönososen sollen – wie dies schon BUDDE (1928) vorschlug – dominante Gattungen oder Arten verwendet werden. Sie sind in der folgenden Liste nach ihrer indikatorischen Bedeutung geordnet:

Quellhorizont bei Chasa dal Stradin.

Stelle A. *Sphaerotilus natans*, *Phormidium*, *Chlorococcum*, *Desmococcus vulgaris*, *Cosmarium obtusatum*.

Stelle B. *Phormidium*, *Hydrurus foetidus*, *Tribonema gayanum*.

Stelle C. *Tetrasporopsis perforata*, *Hydrurus foetidus*, *Tribonema*, *Mougeotia*, *Spirogyra*, *Zygnema*.

Stelle D. *Hydrurus foetidus*, *Mougeotia*.

Fuornbach. *Hydrurus foetidus*.

(Fortsetzung p. 116)

Tab. 29 Übersichtstabelle: Ökologie der gefundenen Algen im Gebiet von **Buffalora** bis **Il Fuorn**.

1	= Quellhorizont bei Chasa dal Stradii	3	= Quellhorizont gegenüber dem God Margun Vegl
FP	= Fuornbaeh-Plankton	4	= Quellhorizont gegeniiier der Val dal Puom
BG	= Bnifalora-Gebiet	5A	= God dal Fuorn-Limnokrene
2	= Ova dals Pluogls	5B	= God dal Fuorn-Tiimpel

Best. lit. = benützte Bestimmungsliteratur, hier folgende Abkiiuungen:

BOU = BOURRELLY	PHI = PHILIPOSE
CAR = CARTER	PRE = PRESCOTT
C & A = CROASDALE & APOLLONIO	PRI = PRINTZ
C & G = CROASDALE & GRÖNBLAD	RAM = RAMANATHAN
DES = DESIKACHARY	RÜZ = RÜZICKA
ETT = E TTL	SKU = SKUJA
FÖR = FÖRSTER	STA = STARMACH
FÖT = FÖTT	SUL = SULEK
HEE = HEERING	VEN = VENKATARAMAN
IRE = IRENÉE-MARIE	VIS = WISCHER
KAN = KANN	WIR = WIRTH
LEF = LEFÈVRE	W & J = WOOD & JMAHORI
LEM = LEMMERMANN et al.	W & W = WEST & WEST
MES = MESSIKOMMER	ZSU = ZSUZSA et al.
NOV = NOVÁKOVÁ	

Öko. = Kapitel mit Angaben zur Autökologie;

* = mit Abbildung, siehe Tafeln 1-14.

	1	FP	BG	2	3	4	5A	5B	Best. lit.	Öko.
Cyanophyta										
* <i>Anabaena cylindrica</i> LEMMERMANN								+	GEI (1932)	J.II.3
A. <i>sphaerica</i> BORNET et FLAHAULT								+	DES (1959)	
A. sp.								+	GEI (1925)	
* <i>Aphanocapsa elachista</i> W. et G.S. WEST	+			+					GEI (1925)	
A. sp.	+		+			+		+	GEI (1925)	
Aphanothece <i>castagnei</i> RABENHORST	+								GEI (1925)	J.I.3
* A. <i>stagnina</i> A. BRAUN			+					+	GEI (1925)	J.I.3
A. sp.								+	GEI (1925)	
* <i>Calothrix parietina</i> THURET	+					+			KAN (1978)	
C. sp.	+	+	+						GEI (1925)	
* <i>Chamaesiphon polonicus</i> HANSGIRG				+	+	+			STA (1966)	
<i>Chroococcus</i> sp.				+	+				GEI (1925)	G.3
<i>Coelosphaerium kützingianum</i> NÄGELI						+			STA (1966)	H.3
C. <i>naegelianum</i> UNGER								+	GEI (1925)	J.II.3
* C. <i>pusillum</i> VAN GLOOR					+				GEI (1932)	F.3
C. sp.					+				GEI (1925)	
* Cyanophanon <i>mirabile</i> GEITLER	+								KAN (1978)	
* <i>Gloeocapsa sanguinea</i> KÜTZING	+		+	+	+				STA (1966)	E.I.3
* <i>Gloeothece rupestris</i> BORNET			+						GEI (1925)	

	1	FP	BG	2	3	4	5A	5B	Best. lit.	Öko.
Chromophyta: Chrysophyceae										
* <i>Chromulina tenera</i> SKUJA								+	SKU (1956)	F.3
* <i>Dinobryon</i> sp.								+	PRE (1951)	
* <i>Hydrurus foetidus</i> TRÉVISAN	+	+	+	+	+				BOU (1968)	E.I.3
* <i>Tetrasporopsis perforata</i> BOURRELLY	+								STA (1968)	
Chromophyta: Xantophyceae										
* <i>Characiopsis minor</i> PASCHER								+	ETT (1978)	J.II.3
<i>C. sp.</i>								+	ETT (1978)	
* <i>Chloropedia plana</i> PASCHER					+				ETT (1978)	E.II.2
* <i>Heterothrix debilis</i> VISCHER				+					STA (1968)	
* <i>Ophiocytium cochleare</i> A. BRAUN								+	ETT (1978)	J.II.3
<i>O. majus</i> NÄGELI								+	ETT (1978)	J.II.3
<i>O. sp.</i>								+	ETT (1978)	
* <i>Tribonema affine</i> G.S. WEST				+			+	+	ETT (1978)	
<i>T. elegans</i> PASCHER								+	ETT (1978)	H.3
* <i>T. gayanum</i> PASCHER				+	+				ETT (1978)	E.I.3
<i>T. monochloron</i> PASCHER et GEITLER						+			ETT (1978)	F.3
<i>T. minus</i> HAZEN								+	ETT (1978)	
* <i>T. sp.</i>				+	+			+	ETT (1978)	
* <i>T. vulgare</i> PASCHER				+	+			+	ETT (1978)	E.I.3
* <i>Vaucheria pachyderma</i> WALZ								+	VEN (1961)	H.3
Chromophyta: Dinophyceae										
<i>Ceratium hirundinella</i> DUJARDIN				+	+			+	PRE (1951)	E.I.8
* <i>Peridinium cinctum</i> EHRENBERG								+	LEF (1932)	
<i>P. sp.</i>								+	LEF (1932)	
Chlorophyta: Chlorophyceae										
<i>Ankistrodesmus</i> sp.						+			PRE (1951)	
* <i>Asterococcus superbus</i> SCHERFFEL								+	Nov (1964)	J.II.3
* <i>Bulbochaete</i> sp.						+		+	KAN (1978)	
* <i>Chaetophora elegans</i> AGARDH					+				PRI (1964)	F.3
* <i>Chlorococcum botryoides</i> RABENHORST				+					Zsu (1976)	E.I.3
* <i>C. infusionum</i> MENEGHINI				+					LEM (1915)	E.I.3
<i>C. sp.</i>						+		+	LEM (1915)	
* <i>Coccomyxa dispar</i> SCHMIDLE						+			LEM (1915)	
<i>C. sp.</i>				+				+	LEM (1915)	
* <i>Coelastrum sphaericum</i> NÄGELI								+	LEM (1915)	
* <i>Desmococcus vulgaris</i> BRAND				+	+	+		+	Vis (1960)	E.I.3
* <i>Dictyosphaerium pulchellum</i> WOOD								+	Zsu (1976)	
* <i>Eremosphaera viridis</i> DE BARY								+	Zsu (1976)	
<i>Eudorina elegans</i> EHRENBERG						+			PRE (1951)	
* <i>Gongrosira debaryana</i> RABENHORST						+			KAN (1978)	F.3

	1	FP	BG	2	3	4	5A	5B	Best. lit.	Öko.
* <i>Pleurotaenium trabecula</i> NÄGELI				+					IRE (1938)	
* <i>Spirogyra pratensis</i> TRANSEAU								+	RAM (1959)	
* <i>S. sp.</i>	+	+	+	+		+	+	+	RAM (1959)	
* <i>Staurastrum alternans</i> BRÉBISSON				+					IRE (1938)	
* <i>S. botrophilum</i> WOLLE								+	W&W (1912) J.I.3	
* <i>S. paradoxum</i> MEYEN			+	+				+	CAR (1923)	
* <i>S. pilosum</i> ARCHER								+	CAR (1923)	
* <i>S. polymorphum</i> BRÉBISSON				+					FÖR (1965)	
* <i>S. punctulatum</i> BRÉBISSON						+		+	IRE (1938)	H.3
* <i>S. sp.</i>	+					+		+	IRE (1938)	
* <i>Zygnema sp.</i>	+	+	+	+	+	+	+		PRE (1951)	E.I.3

Chlorophyta: Charophyceae

<i>Chara sp.</i>				+					W&J (1964)	
* <i>C. vulgaris</i> LINNAEUS								+	W&J (1964)	E.II.2

Euglenophyceae; Cryptophyceae

* <i>Phacus alatus</i> KLEBS								+	SKU (1956)	
<i>P. sp.</i>								+	SKU (1956)	
<i>Cryptomonas sp.</i>								+	PRE (1951)	

Flechten

* <i>Verrucaria elaeomelaena</i> ARNOLD	+		+	+		+			WIR (1980)	
---	---	--	---	---	--	---	--	--	------------	--

Ova dals Pluogls. *Spirogyra*, *Mougeotia*, *Zygnema*.

Quellhorizont gegenüber dem God Margun Vegl. Krustenalgen auf Steinen (*Calothrix parietina*, *Gloeocapsa sanguinea*, *Tolypothrix distorta*, *Siphononema polonicum*), *Nostoc linkia*, *Hydrurus foetidus*.

Quellhorizont gegenüber der Val dal Fuorn. *Vaucheria pachyderma*, *Zygnema*, *Tribonema*, *Mougeotia*, *Spirogyra*.

God dal Fuorn-Limnokrene. *Chara vulgaris*, *Spirogyra*, *Mougeotia*, *Zygnema*, *Tribonema*, *Aphanothece stagnina*, *Microcystis pulverea*, *Nostoc kihlmani*, *Eremosphaera viridis*.

God dal Fuorn-Tümpel. *Tribonema*, *Microspora*, *Ulothrix*, *Mougeotia*, *Spirogyra*, *Peridinium cinctum*, *Asterococcus superbus*, *Eremosphaera viridis*.

5A	5B	Best. lit.	Öko.
		IRE (1938)	
+		RAM (1959)	
+	+	RAM (1959)	
		IRE (1938)	
+		W&W (1912) J.I.3	
+		CAR (1923)	
+		CAR (1923)	
		FÖR (1965)	
+		IRE (1938) H.3	
		IRE (1938)	
+		PRE (1951) E.I.3	
		W&J (1964)	
+		W&J (1964) E.II.2	
+		SKU (1956)	
+		SKU (1956)	
+		PRE (1951)	
		WIR (1980)	

Abb. 21 erlaubt einen raschen Vergleich der untersuchten Quellbäche. Das maximale Auftreten folgender für das ganze Gebiet typischer Gattungen und Arten wurde in dreistufigen Säulen dargestellt: *Hydrurus foetidus*; *Phormidium autumnale*, *Calothrix* und andere Krustenalgen; *Tribonema* sp.; *Chlorococcum botryoides*, *Desmococcus vulgaris*; *Cosmarium obtusatum*; *Mougeotia* sp., *Spirogyra* sp., *Zygnema* sp.. Ausserdem sind die höchsten von uns bestimmten Nitrat- und Phosphatkonzentrationen angegeben. Bei der Durchsicht von Abb. 21 sind bezüglich Algenbestände die folgenden Punkte auffallend:

- 1) Das Fehlen von *Hydrurus foetidus* im Abwasserbächlein der Chasa dal Stradin (Stelle 1 A) und im Quellbach gegenüber der Val dal Fuorn (Stelle 4) sowie das geringe Wachstum in der Ova dals Pluogls (Stelle 2).
- 2) Das häufige Vorkommen fast aller Algengruppen an der Stelle 1 B.
- 3) Die alleinige Dominanz der fädigen Jochalgen in der Ova dals Pluogls (Stelle 2).
- 4) Die Massenentwicklungen von *Tribonema*-Arten im Quellhorizont gegenüber der Val dal Fuorn (Stelle 4).

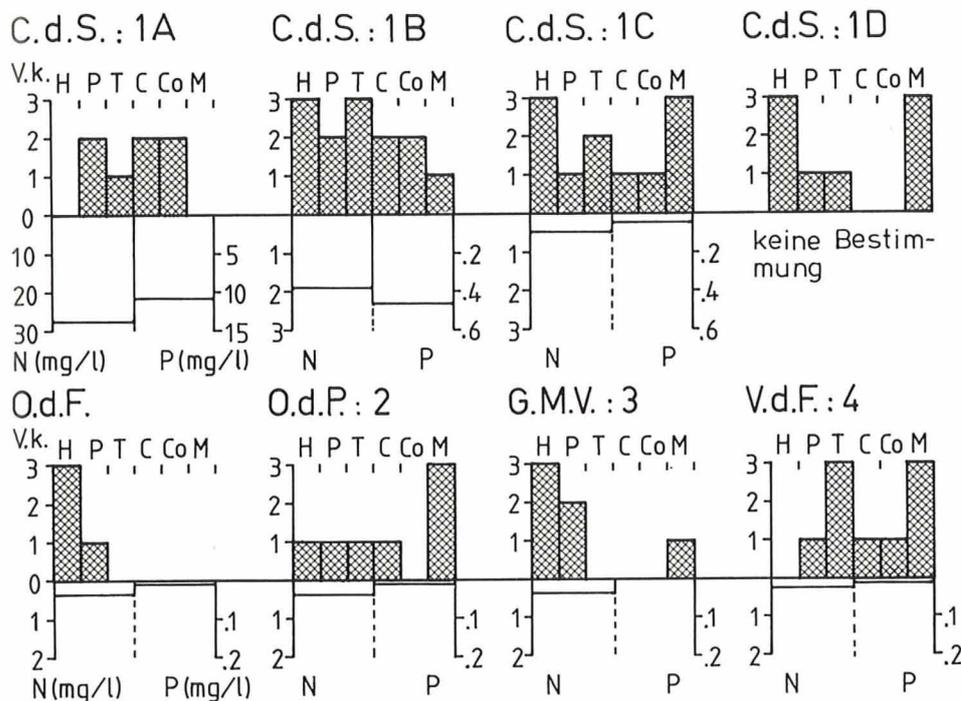


Abb. 21. Ökologische Zusammenfassung über die Quellbäche im Gebiet von Buffalora bis Il Fuorn. C.d.S. = Chasa dal Stradin (Stellen 1 A, 1 B, 1 C und 1 D); O.d.F. = Ova dal Fuorn (bei der Chasa dal Stradin); O.d.P. = Ova dals Pluogls (Stelle 2); G.M.V. = Stelle 3 gegenüber dem God Margun Vegl; V.d.F. = Stelle 4 gegenüber der Val dal Fuorn. V.k. = maximales Vorkommen der Algen (schraffierte Flächen): H = *Hydrurus foetidus*; P = *Phormidium autumnale*, *Calothrix* sp. u.a. Krustenalgen; T = *Tribonema* sp.; C = *Chlorococcum botryoides*, *Desmococcus vulgaris*; Co = *Cosmarium obtusatum*; M = *Mougeotia* sp., *Spirogyra* sp., *Zygnema* sp., 1 = vereinzelt auftretend; 2 = kleine Bestände vorhanden; 3 = Massenentwicklungen beobachtet. Chemismus: N(mg/l), Säule links = $\text{NO}_3^- - \text{N}$. P(mg/l), Säule rechts = $\text{PO}_4^{3-} - \text{P}$.

auf Steinen (*Calothrix papolonicum*), *Nostoc linkia*,

erma, *Zygnema*, *Tribone-*

ia, *Zygnema*, *Tribonema*, *mosphaera viridis*.

teotia, *Spirogyra*, *Peridini-*

5) Das vollständige Fehlen von zwei oder mehr der **berücksichtigten Algengruppen** an den Stellen 1 D, 3 (**Quellhorizont** gegenüber God Margun Vegl) und in der Ova dal Fuorn.

In ökologischer Hinsicht lassen sich aus Abb. 21, Tab. 9 und Kap. **E.I.4 folgende Tendenzen herauslesen:**

a) An den Stellen 1 A und 1 B wurden beträchtliche Mengen an Nitrat und Phosphat festgestellt. Fast alle berücksichtigten Gattungen oder Arten kamen in grossen Quantitäten vor.

b) Die Nährstoffbasis an Stelle 1 C war bedeutend kleiner als an 1 A und 1 B. Die Diversität war gleich gross wie an Stelle 1 B, die Algendichte meist geringer.

c) Das ~~Wasser~~ der Ova dal Fuorn und des Quellhorizontes gegenüber God Margun Vegl (**Stelle 3**) enthielt wenig Nitrat und Phosphat. Auffallend waren an beiden Stellen die artenarmen **Algenbiozöosen** mit der Dominanz von *Hydrurus foetidus*.

Untersuchungen des **Sestons** im Fuornbach zeigten, dass lediglich eine kleine Zahl von meist toten Organismen das Einzugsgebiet verlässt. Der geringe Produktionsüberschuss ist typisch für **Gebirgsbäche** (MARGALEFF, 1960) und ist eine Folge der raschen Mineralisierung der in kleinen Mengen produzierten organischen Substanzen.

d) Die geringe Diversität an den Stellen 1 D und 3 lässt sich mit der dort stark wechselnden Wasserführung erklären.

e) An den Stellen 2 und 4 wiesen wir wenig Nitrat und Phosphat nach. Die meisten der für die Abb. 21 **berücksichtigten** Gattungen oder Arten waren spärlich vorhanden; an **beiden** Stellen dominierten *Mougeotia*, *Spirogyra* und *Zygnema*.

f) Verschiedentlich beobachtete ich Veränderungen von Algenpopulationen durch Tierlosung, die vor allem an der Stelle 1 C studiert wurden. Die lokale Nährstoffanreicherung hatte das massenhafte Erscheinen von saprophylen Arten zur Folge, die normalerweise am betreffenden Standort nur in geringer Zahl gefunden werden. Chemische Untersuchungen des Quellwassers (Tab. 1) zeigten jedoch, dass sich die Nährstoffkonzentrationen im Jahresverlauf geringfügig ändern; auch die Wassertemperaturen schwankten kaum. Unter diesen Umständen werden Art und Dichte der Algenbesiedelung zeitweise nur durch das Licht beeinflusst (GESSNER, 1955).

L. AUSBLICK

Mit der vorliegenden Arbeit wurden die artenmässige **Zusammensetzung** und verschiedene Lebensbedingungen von **Algengemeinschaften** im Gebiet von Buffalora bis II Fuorn erfasst. Von den Umweltfaktoren wurden Wassertemperatur und Chemismus quantifiziert, jedoch Strömungsgeschwindigkeit und Einstrahlung nur **geschätzt**.

Für die weitere algenökologische Erforschung des Gebietes steilen wir uns eine gründlichere **Charakterisierung** der genannten ökologischen Faktoren vor. Dazu sind mehr Probenahmen und Messungen notwendig. Die Resultate der angeregten Untersuchungen erlauben gezielte Experimente, die Aufschluss über die **Anpassungen** der Algenarten an die herrschenden Lebensbedingungen geben. Ausserdem sind **für** die God dal Fuorn-Limnokrene floristische und physiologische Vergleiche mit Artengemeinschaften anderer Schwefelquellen in der Nähe des Nationalparkes sowie mit den San Carlo-Quellen im Piora-Gebiet **erwünscht** und geplant.

Zu einer mathematisch-statistischen Bearbeitung der Beziehungen zwischen **Umweltfaktoren** und Algenbewuchs sind – wie oben angetönt – heute noch zu wenig Daten vorhanden. Für Untersuchungen mit dieser Zielsetzung eignen sich die Stelle 1 C bei Chasa dal Stradin und die Ova dals Pluogls (Stelle 2) besonders gut: Wasserführung, Chemismus und Temperatur des zufließenden Quellwassers sind mehr oder weniger konstant. Die Resultate **können** durch **Kulturexperimente** überprüft werden, die direkt zeigen, wie sich einzelne Faktoren auf **Algenbiozösen** der genannten Stellen auswirken.

Zusammenfassung

Im Einzugsgebiet des Fuornbaches oberhalb II Fuorn führte ich an fünf Stellen Untersuchungen zur Ökologie der Algen durch (**Abb. 1**).

Stelle 1: Der Quellhorizont bei Chasa dal Stradin (**Abb. 5**). Die folgenden vier Abschnitte wurden gesondert betrachtet: A.) Eine grasbewachsene Schotterfläche mit dem **Abwasserbächlein** der Chasa dal Stradin; B.) Der oberste Abschnitt eines **Parallelbaches** zur Ova dal Fuorn mit Wasser aus Hangquellen oberhalb der Steile A und deutlich feststellbarem **Abwasser**fluss (Tab. 1); C.) Die Region mit unverschmutzten und ergiebigen Quellen (**Rheokrenen**); D.) Die Hangquellen am unteren Rand des Untersuchungsgebietes. Die Tabellen 2 bis 5 enthalten die gefundenen Arten.

Stelle 2: Die Ova dals Pluogls von der Ofenpassstrasse bis zur Mündung in den Fuornbach (**Abb. 10**). Das Wasser ist **nährstoffarm** und kalt stenotherm (Tab. 12). Eine Reihe von Arten erreichten lokal eine grössere Dichte, viele waren jedoch Gelegenheitsfunde (Tab. 13).

Stelle 3: Der Quellhorizont gegenüber God Margun Vegl (**Abb. 12**). In den **Quellregionen** wurden hauptsächlich **Krustenalgen** gefunden (Tab. 15). Im abfließenden Bach dominierte – besonders nach Schlechtwetterperioden – die Alge *Hydrurus foetidus*.

Stelle 4: Die **Moosterrasse** auf der linken Talseite gegenüber der Val dal Fuorn (**Abb. 14**). Neben grösseren Flächen von *Vaucheria pachyderma* fielen oft netzartige Überzüge von **fädigen** Algen auf (Tab. 16).

Stelle 5: Die God dal Fuorn-Limnokrene (**Abb. 16**). Das von unten emporgepresste Wasser hat sich einen **Quelltrichter** geschaffen; es ist sauerstofffrei, übersättigt an Gips, hat einen hohen Eisengehalt und besitzt eine konstante Temperatur von **6°C** (Tab. 18–20). Das Ergebnis der algologischen Untersuchungen ist in den Tabellen 21–23 enthalten.

Der God dal Fuorn-Tümpel (**Abb. 17, F**). Das Wasser wies eine geringe Leitfähigkeit auf; der pH-Wert lag um 7.0 (Tab. 25). Proben der Sedimentoberfläche enthielten viele **Desmidiaceen**-Arten (Tab. 26 und 27).

Abb. 21 gibt eine ökologische Zusammenfassung über Algengruppen und Wasserchemismus.

Literaturverzeichnis

- AHLGREN, G., 1970: **Limnological studies of Lake Norrviken, a eutrophicated Swedish lake.** Schweiz. Z. Hydrol. **32**, 2: 353-396.
- AMBÜHL, H., 1959: Die Bedeutung der **Strömung** als ökologischer Faktor. Schweiz. Z. Hydrol. **21**, 2: 133-264.
- ANAGNOSTIDIS, K. und ZEHNDER, A., 1964: Beitrag zur Kenntnis der **Blualgenvegetation** der Thiermen von Baden und Leukerbad. Schweiz. Z. Hydrol. **26**, 1: 170-176.
- BACHMANN, H., 1924: Hydrobiologische **Untersuchungen** im Pioragebiet. Schweiz. Z. Hydrol. **2**, 3-206.
- BACHMANN, H., 1928: Das Plankton der Pioraseen nebst einigen Beiträgen zur Kenntnis des Phytoplanktons **schweizerischer** Alpenseen. Schweiz. Z. Hydrol. **5**, 1/2: 50-103.
- BACKHAUS, D., 1968: Ökologische Untersuchungen an den **Aufwuchsalgen** der obersten Donau und ihrer **Quellflüsse**. IV. Systematisch-ökologischer Teil. Arch. Hydrobiol. **Suppl.** 34: 251-320.
- BADER, C., 1977: Die Wassermilben des Schweizerischen Nationalparks. 3. Populationsdynamische **Untersuchung zweier hochalpinen Quellen**. *Ergeb. wiss. Untersuch.* Schweiz. Nationalpark **15**, 76: 1-127.
- DECK-MANNAGEIT, G., 1931: Die Algen Kärntens. *Beih. Bot. Centralbl.* **47**, 2: 211-342.
- BEHRE, K. und WEHRLE, E., 1942: Welche Faktoren **entscheiden** über die Zusammensetzung von Algen-gemeinschaften. *Arch. Hydrobiol.* **34**, 1-23.
- BETSCHART, B., 1979: Die **Verwendung** von Biotesten zur **Untersuchung** des **eutrophierenden Einflusses** der Zürcher Abwässer **auf die** Limmat. **Aku-Fotodruck**, Zürich. 84 S.
- BLANKENHORN, H.J., BUCHLI, CH., VOSER, P. und BERGER, CH., 1979: Bericht zum **Hirschproblem** im Engadin und im Münstertal. Anzeiger-Druckerei. St. Gallen. 160 S.
- BOESCH, H., 1937: Geologie der zentralen **Unterengadiner** Dolomiten zwischen **Ofenpasshöhe** und **V. Latschadura**. Börsigs Erben AG, Zürich. 110 S.
- BOURRELLY, P., 1968: **Les algues d'eau douce**. Tome II: **Les algues jaunes et brunes**. Boubée & Cie, Paris. 438 p.
- BOURRELLY, P., 1972: **Les algues d'eau douce**. Tome I: **Les algues vertes**. Boubée & Cie, Paris. 572 p.
- BRAUN-BLANQUET, J., 1951: **Pflanzensoziologie**. Springer Verlag, Wien. 031 S.
- BROOK, A.J., 1981: The **biology of desmids**. Botanical Monographs. Vol. **16**. Blackwell Scientific Publications, Oxford. 276 pp.
- BRUTSCHY, A., 1929: Die Algenflora des Val Piora. Schweiz. Z. Hydrol. **5**, 1/2: 1-120.
- BUDDE, H., 1928: Die **Algenflora** des Saierländischen Gebirgsbaches. *Arch. Hydrobiol.* **19**: 433-520.
- CARTER, N., 1923: A monograph of the **British Desmidiaceae**. Vol. V. Ray Society. London. 300 pp.
- CEDERCREUTZ, C., 1941: Beitrag zur Kenntnis der Felsenalgen in Finnland. *Memo. Soc. Fauna Flora Fenn.* **17**: 105-121.
- CORILLION, R., 1957: **Les Charophycées** de France et d'Europe Occidentale. Imprimerie Bretonne. Rennes. 499 p.
- CROASDALE, H. and APOLLONIO, S., 1965: Desmids of Devon **Island**, N.W.T., Canada. *Trans. Amer. Micr. Soc.* **84**, 3: 301-335.
- CROASDALE, H. and GRÖNBLAD, R., 1964: Desmids of Labrador. I. Desmids of the **southeastern coastal** area. *Trans. Amer. Micr. Soc.* **83**, 2: 142-211.
- DESIKACHARY, T.V., 1959: **Cyanophyta**. Indian Council of **Agricultural Research**, New Delhi. 686 pp.
- Deutsche Einheitsverfahren **zur Wasser-, Abwasser- und Schlammuntersuchung**, 1981. **Lieferung 1-9**. Verlag Chemie. Weinheim/Bergstr.
- DE WILDEMAN, E., 1895: **Catalogue de la flora algologique de la Suisse**. *Mém. Soc. R. Sci. Liege* **19**: 1-180.
- DRING, M.J., 1981: **Chromatic adaptation of photosynthesis in benthic marine algae: An examination of its ecological significance using a theoretical model**. *Limnol. Oceanogr.* **26**, 2: 271-284.
- Eidg. Dep. des Innern, 1971: **Richtlinien für Probenahmen und Normung von Wasseruntersuchungsmethoden**. Bern.
- ETTL, A., 1978: **Xanthophyceae**, 1. Teil; in: Ettl, H., Gerloff, J. und Heynig, H. (Herausg.): **Süßwasserflora von Mitteleuropa**, Bd. 3. G. Fischer, Jena. 530 S.
- FÖRSTER, K., 1965: Beitrag zur **Desmidiaceen-Flora** der Torne-Lappniark in **Schwedisch-Lappland**. *Ark. Bot.* **6**, 3: 109-161.

- FOTT, B., 1964: *Oonephris*, a new genus of coccoid green algae. *Acta Univ. Carol., Biol.* 1964, 2: 129-137.
- FOTT, B., 1971: Algenkunde. VEB G. Fischer, Jena. 581 S.
- FRIEDLI, P., 1978: Die Tages- und Jahresprimärproduktion des Bielersees unter Berücksichtigung der Extrapolation von Kurzzeitmessungen, der Biomasse, des Chlorophylls und der Einstrahlung. Selbstverlag, Bern. 384 S.
- GEITLER, L., 1925: Cyanophyceae; in: PASCHER, A. (Herausg.): Die Süßwasser-Flora Deutschlands, Österreichs und der Schweiz, Heft 12. G. Fischer, Jena. 481 S.
- GEITLER, L., 1932: Cyanophyceae; in: RABENHORST, L. (Herausg.): Kryptogamen-Flora von Deutschland, Österreich und der Schweiz, Vol. 14. Akad. Verlagsgesellschaft m.b.H., Leipzig. 1196 S.
- GESSNER, F., 1955: Hydrobotanik. I. Energiehaushalt. VEB Deutscher Verlag der Wissenschaften, Berlin. 517 S.
- GOLTERMAN, H.L., CLYMO, R.S. and OHNSTAD, M.A.M., 1978: Methods for physical and chemical analysis of fresh waters. Blackwell Scientific Publications, Oxford. 213 pp.
- GOLUBIČ, S., 1967: Algenvegetation der Felsen; in: ELSTER, H.-J. und OHLE, W. (Herausg.): Die Binnengewässer. Bd. 23. E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung, Stuttgart. 183 S.
- GRÖNBLAD, R., 1960: Contributions to the knowledge of the freshwater algae of Italy. *Commentat. Biol., Soc. Sci. Fenn.* 22.4: 1-85.
- HEERING, W., 1914: Chlorophyceae III; in: PASCHER, A. (Herausg.): Die Süßwasser-Flora Deutschlands, Österreichs und der Schweiz. G. Fischer, Jena. 250 S.
- HEINIS, F., 1945: Beitrag zur Mikrobiocoenose der Sphagnumpolster auf dem God dal Fiord im Nationalpark. *Ergeb. wiss. Unters. Schweiz. Nationalpark* 1, 13: 527-547.
- HÖGL, O., 1980: Beschreibung und Analyse der einzelnen Mineralquellen der Schweiz; in: HÖGL, O. (Herausg.): Die Mineralquellen der Schweiz. Verlag P. Haupt, Bern. 302 S.
- HÖLL, K., 1979: Wasser. 6. Aufl. De Gruyter, Berlin. 515 S.
- HOLLEMAN, A.F. and WIBERG, E., 1976: Lehrbuch der Anorganischen Chemie. Walter de Gruyter, Berlin. 1323 S.
- HORNUNG, H., 1959: Floristisch-ökologische Untersuchungen an der Echarz unter besonderer Berücksichtigung der Verunreinigung durch Abwässer. *Arch. Hydrobiol.* 55: 52-126.
- HUBER-PESTALOZZI, G., 1938: Das Phytoplankton des Süßwassers; in: THIENEMANN, A. (Herausg.): Die Binnengewässer. Bd. 16. 1. Teil. E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung, Stuttgart. 342 S.
- HYREN, E., 1940: Die Eigenvegetation der Sickerwasserstreifen auf den Felsen in Südfinnland. *Soc. Sci. Fennica. Comm. Biol.* 7, 15: 1-19.
- IRENÉE-MARIE, F., 1938: Flore desmidiiale de la région de Montréal. *Laprairie, Canada*. 547 p.
- JAAG, O., 1938: Die Kryptogamenflora des Rheinfalls und des Hochrheins von Stein bis Eglisau. *Mitt. Naturforsch. Ges. Schaffhausen* 14, 1: 1-158.
- JAAG, O., 1945: Untersuchungen über die Vegetation und Biologie des nackten Gesteins in den Alpen. im Jura und im schweizerischen Mittelland. *Beitr. Kryptogamenflora Schweiz* 9, 1-560.
- JAAG, O., MÄRKI, E., BOSLI-PAVONI, M., 1972: Lehen im Wasser. *Ergeb. wiss. Untersuch. Schweiz. Nationalpark* 12, 2: 97-117.
- JERLOV, N.G., 1976: Marine Optics. Elsevier Scientific Publishing Comp., Amsterdam. 231 pp.
- KANN, E., 1943: Krustenalgen in Alpenbächen. *Arch. Hydrobiol.* 40, 459-473.
- KANN, E., 1966: Der Algenaufwuchs in einigen Bächen Österreichs. *Verh. Int. Ver. Limnol.* 16, 646-654.
- KANN, E., 1975: Zur Ökologie des Algenaufwuchses in österreichischen Bergbächen. *Verh. Ges. Ökol.* 1975, 163-164.
- KANN, E., 1978: Systematik und Ökologie der Algen österreichischer Bergbäche. *Arch. Hydrobiol./Suppl.* 53, 4: 405-643.
- KAWECKA, B., 1980: Sessile algae in European mountain streams. 1. The ecological characteristics of communities. *Acta Hydrobiol.* 22, 4: 361-420.
- KARAGOUNIS, K., 1962: Zur Geologie der Berge zwischen Ofenpass, Spöltal und Val del Gallo im schweizerischen Nationalpark (Graubünden). *Ergeb. wiss. Untersuch. Schweiz. Nationalpark* 7, 48: 1-80.
- KICKUTH, R., 1972: Huminstoffe - ihre Chemie und Ökochemie. *Chemie für Labor und Betrieb* 23, 11: 481-486.
- KOHL, J.-G. and NICKLISCH, A., 1981: Chromatic adaptation of the planktonic blue-green alga *Oscillatoria redekei* VAN GLOOR and its ecological significance. *Int. Revue Ges. Hydrobiol.* 66, 1: 83-94.

- KOLKWITZ, R., 1950: Ökologie der Saprobien. Schriftenreihe des Vereins für Wasser-, Boden- und Luft-hygiene 4, 1-64.
- Kommission für die wissenschaftliche **Erforschung** des Nationalparks. 1966: **Durch den Schweizerischen Nationalpark**. Ein **wissenschaftlicher Führer**. Attinger, Neuchâtel. 256 S.
- KURZ, A., 1922: Grundriss einer Algenflora des **appenzellischen Mittel- und Vorderlandes**. **Jahrb. St. Gallischen Naturwiss. Ges.** 58, 2: 67-152.
- LEFÈVRE, M., 1932: Monographie des **espèces d'eau douce** du genre *Peridinium* EHRB.. **Extrait des Archives de Botanique**, Tome II, **Mémoire** 5: 1-210.
- LEMMERMANN, E., BRUNNTHALER, J. und PASCHER, A., 1915: Tetrasporales, Protococcales, **Einzellige Gattungen unsicherer Stellung**; in: PASCHER, A. (**Herausg.**): Die **Süßwasser-Flora** Deutschlands, Österreichs und der **Schweiz**. Heft 5. G. Fischer, Jena. 250 S.
- LEWIS, W.M., 1974: **Primary** production in the plankton **community** of a **tropical lake**. **Ecol. Monogr.** 44, 377-409.
- LIEBMANN, H., 1962: **Handbuch** der Frischwasser- und Abwasser-Biologie. Band I. G. Fischer, Jena. 588 S.
- LINDAU, G. und MELCHIOR, H., 1930: Die Algen; in: LINDAU, G. und PILGER, R. (**Herausg.**): Kryptogamenflora. Bd. 4.2. Abt. J. Springer, Berlin. 301 S.
- MARCHESONI, V., 1939: Le alghe epilitiche di **alta montagna nel gruppo del Cevedale**. **Nuovo G. Bot. Ital.** 46. 389-436.
- MARGALEFF, R., 1960: Ideas for a synthetic **approach** to the **ecology** of running waters. **Int. Revue ges. Hydrobiol.** 45, 1: 133-153.
- MESSIKOMMER, E., 1927: Beiträge zur Kenntnis der Algenflora des Kantons Zürich. II. Folge: Die Algenvegetation **des Bändlerstück**. **Vierteljahrsschr. Naturforsch. Ges. Zürich** 72. 332-353.
- MESSIKOMMER, E., 1935: **Die Algenwelt** der inneren **Plessuralpen**. **Vierteljahrsschr. Naturforsch. Ges. Zürich** 80, 1-59.
- MESSIKOMMER, E., 1942: Beitrag zur Kenntnis der Algenflora **und der Algenvegetation** des Hochgebirges um Davos. **Beitr. Geobot. Landesaufn. Schweiz** 24, 1-452.
- MESSIKOMMER, E., 1951: Grundlagen zu einer Algenflora des Kantons **Glarus**. **Mitt. Naturforsch. Ges. Kantons Glarus** 8, 1-122.
- MESSIKOMMER, E., 1954: Beitrag zur Kenntnis der Algenflora des Kantons **Unterwalden**. **Mitt. Naturforsch. Ges. Schaffhausen** 25, 47-132.
- MESSIKOMMER, E., 1962: Algen aus dem **Hinterrheingebiet**. **Nova Hedwigia** 4, 131-164.
- MESSIKOMMER, E., 1963: Beitrag zur Kenntnis der **Algenverbreitung** in der **Westschweiz**. **Vierteljahrsschr. Naturforsch. Ges. Zürich** 108. 37-69.
- MINDER, L., 1922: Über biogene Entkalkung **im Zürichsee**. **Verh. Int. Ver. Limnol.** 1, 20-32.
- MÖRGEN, B., 1974: Limnologische und morphologische Beziehungen zwischen Wasser und Gerinnebett im Unterlauf der **Thur**. **Vierteljahrsschr. Naturforsch. Ges. Zürich** 119, 1: 23-123.
- MOSS, B., 1973: The **influence of environmental** factors on the distribution of **freshwater** algae. An experimental study II. The role of **pH** and the **carbon dioxide-bicarbonate system**. **J. Ecol.** 61, 157-177.
- MÜLLER, P., 1976: Die **Primärproduktion** des **epilithischen Aufwuchses** und des **Phytoplanktons** am Ufer des eutrophen Greifensees. **Juris Druck + Verlag**. Zürich, 69 S.
- MÜNDEL, U., 1980: Zur Biologie der schweizerischen Mineral- und Thermalquellen; in: **HÖGL, O.** (**Herausg.**): Die Mineralquellen der Schweiz. Verlag P. Haupt, Bern. 302 S.
- NADIG, A., 1942: Hydrobiologische Untersuchungen in Quellen des Schweizerischen Nationalparks im Engadin. Dissertation Universität Zürich. 433 S.
- NOVÁČEK, F., 1934: **Epilithické sinice serpentinů mohelenských**. **Arch. Verb. Natur- und Heimatschutz Mährisch-schlesischen Lande** 3a, 1-178.
- NOVÁKOVÁ, M., 1964: **Asterococcus** SCHERFFEL and **Sphaerello cystis** EITTL, two genera of **palmelloid green** algae. **Acta Univ. Carol., Biol.**, 1962, 2: 155-166.
- PASCHER, A., 1925: Heterokontae; in: PASCHER, A. (**Herausg.**): Die **Süßwasser-Flora** Deutschlands, Österreichs und der Schweiz, Heft II, G. Fischer, Jena. 250 S.
- PASCHER, A. und LEMMERMANN, E., 1913: Flagellatae II; in: PASCHER, A. (**Herausg.**): Die **Süßwasser-Flora** Deutschlands, Österreichs und der Schweiz. Heft 2. G. Fischer, Jena. 192 S.

- fiii Wasser-, Boden- und Luft-
 16: **Durch** den Schweizerischen
 S.
 und **Vorderlandes**. **Jahrb. St.**
linium EHRB. **Extrait des Ar-**
ales, Protococcales, Einzellige
sswasser-Flora Deutschlands,
 tropical lake. **Ecol. Monogr.**
 ie. Band **I**. G. Fischer, Jena.
 LGER, R. (Herausg.): **Krypto-**
 del **Cevedale**. **Nuovo G. Bot.**
ning waters. **Int. Revue** ges.
 ins **Zürich**. **II**. Folge: Die **Al-**
 rich **72**, 332-353.
Jahrschr. Naturforsch. Ges.
genvegetation des **Hochgebir-**
arus. **Mitt. Naturforsch.** Ges.
is Unterwalden. **Mitt. Natur-**
ia 4, 131-164.
er Westschweiz. **Vierteljahrs-**
. Limnol. **1**, 20-32.
hen Wasser und **Gerinnebett**
1: 23-123.
f freshwater algae. An experi-
em. J. Ecol. **61**, 157-177.
 des **Phytoplanktons** am **Ufer**
iquellen; in: **HÖGL, O.** (**Her-**
zerischen Nationalparkes im
b, **Natur- und Heimatschutz**
L. two genera of **palmelloid**
swasser-Flora Deutschlands,
(Herausg.): Die **Süßwasser-**
na. 192 S.
- PASCHER, A., SCHILLER, J. und MIGULA, W., 1925: Heterokontae. Phaeophyta. Rhodophyta, Charophyta; in: PASCHER, A. (Herausg.): Die Süßwasser-Flora Deutschlands, Österreichs und der Schweiz. Bd. 11. G. Fischer, Jena. 250 S.
- PHILOPOSE, M.T., 1967: Chlorococcales. Indian Council of Agricultural Research. New Delhi. 365 pp.
- PRÁT, S., DVORÁKOVÁ, J., BASLEROVÁ, M., 1972: Cultties of algae in varioiis media. Academia. Prague. 119 pp.
- PRESCOTT, G.W., 1951: Algae of westem great lakes area. Cranbrook Institute of Science. Bloomfield Hills. 946 pp.
- PRINGSHEIM, E.G., 1954: Algenreinkulturen, ihre Herstellung und Erhaltung. G. Fischer, Jena. 109 S.
- PRINGSHEIM, E.G., 1967: Die Mixotrophie von Beggiatoa. Arch. Mikrobiol. 59. 247-254.
- PRINTZ, H., 1964: Die Chaetophorales der Binnengewässer. Dr. W. Junk, Den Haag. 376 S.
- RAMANATHAN, K.R., 1962: Ulotrichales. Indian Council of Agricultural Research. New Delhi. 188 pp.
- RANDHAWA, M.S., 1959: Zygnemaceae. Indian Council of Agricultural Research, New Delbi, 478 pp.
- RIETH, A., 1980: Xanthophyceae; in: ETTL, H., GERLOFF, J. und HEYNIG, H. (Herausg.): Süßwasserflora von Mitteleuropa. Band 4. 2. Teil. G. Fischer, Jena. 147 S.
- RŮŽICKA, J., 1953: Cosmarium obtusatum SCHMIDLE. Preslia 25. 229-262.
- SAUBERER, F. und RUTTNER, F., 1941: Die Strahlungsverhältnisse der Binnengewässer. Akad. Verlagsgesellschaft, Leipzig. 240 S.
- SCHANZ, F., 1974: Wachstumsansprüche der Cladophoracee Rhizoclonium hieroglyphicum KÜTZ. in Reinkultur. Juris Druck + Verlag. Zürich. 140 S.
- SCHANZ, F., 1978: Algal populations in a moaintain pond (Swiss National Park). Verh. Int. Ver. Limnol. 20. 2188-2193.
- SCHANZ, F., 1979: Blütenpflanzen und Algen der Seeufer; in: COIGNY, D. (Herausg.): Der Zürichsee und seine Nachbarseen. Officedii Livre, Verlag NZZ. Zürich. 224 S.
- SCHANZ, F. and BETSCHART, B., 1979: The use of periphyton from Lake Zürich to estimate the Algal Growth Potential in River Limmat water. Schweiz. Z. Hydrol. 41. 1: 141-149.
- SCHOURING, L. und HÖHL, G., 1956: Sphaerotilus natanz. Schriften des Vereins der Zellstoff- und Papier-Chemiker und -Ingenieure 26, 1-152.
- SCHMASSMANN, J., 1980: Geologie und Genese der schweizerischen Mineral- und Thermalwässer: in: HÖGL, O. (Herausg.): Die Mineralquellen der Schweiz. Verlag P. Haupt. Bern. 302 S.
- SKUJA, H., 1926: Vorarbeiten zu einer Algenflora von Lettland. II. Acta Horti Bot. Univ. Latv. I, 1: 23-52.
- SKUJA, H., 1956: Taxonomische und biologische Studien über das Phytoplankton Schwedischer Binnengewässer. Nov. Act. Reg. Soc. Sci. Upsal., Ser. IY, Vol 16, 3: 1-404.
- SKUJA, H., 1964: Grundzüge der Algenflora und der Algenvegetation der Fjeldgegenden um Abisko in Schwedisch-Lappland. Nov. Act. Reg. Soc. Sci. Upsal., Ser. IV. 18. 3: 1-465.
- SOEDER, C.J. and STENGEL, E., 1974: Physico-Chemical factors affecting metabolism and growth rate; in: STEWART, W.D.P. (ed.): Algal physiology and biochemistry. Blackwell Scientific Publications. Oxford. 989 pp.
- STARMACH, K., 1966: Cyanophyta. Państwowe Wydawnictwo Naukowe, Warszawa. 806 pp.
- STARMACH, K., 1968: Xanthophyceae. Państwowe Wydawnictwo Naukowe, Warszawa. 393 pp.
- STARMACH, K., 1972: Chlorophyta III. Państwowe Wydawnictwo Naukowe. Warszawa. 750 pp.
- STEINMANN, P., 1907: Die Tienvelt der Gebirgsbäche, eine faunistiscli-biologische Studie. Ann. Biol. Lacustre (Bruxelles) 2, 30-164.
- STEINMANN, P., 1915: Praktikum der Süßwasserbiologie. I: Die Organismen des fließenden Wassers. Gebr. Bornträger, Berlin. 184 S.
- STOCKMAYER, S., 1928: Die Biologie der Mineralquellen. Österreichisches Bäderbuch 1928, 85-92.
- SUCHLANDT, O. und SCHMASSMANN, W., 1935: Limnologische Beobachtungen an acht Hochgebirgsseen der Landschaft Davos. Schweiz. Z. Hydrol. 7, 1/2: 1-201.
- SULEK, J., 1969: Taxonomische Übersicht der Gattung Pediastrum MEYEN; in: FOTT, B. (ed.): Studies in Phycology. E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung. Stuttgart. 304 S.
- SYMOËNS, J.-J., 1957: Les eaux douces des Ardennes et des régions voisines. Bull. Soc. Royale Bot. Belg. 89, 111-134.
- SZKLARCZYK, C., 1953: Observations on the morphology and biology of Hydrurus foetidus KIRCH. W OJCÓW. Acta Soc. Bot. Pol. 22. 2: 399-410.

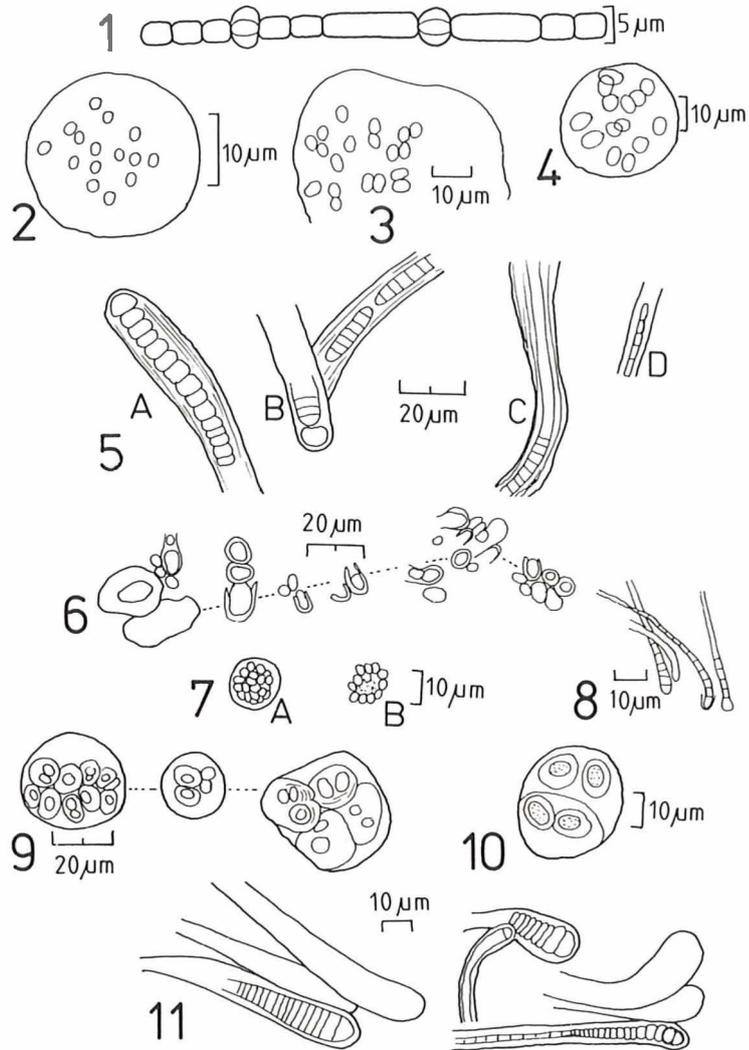
- THOMAS, E.A. 1944: Versuche über die Selbstreinigung fließenden Wassers: Beitrag zur Kenntnis der Saprobienstufen. Mitt. Lebensmittelunters. Hyg. 35, 199-218.
- THOMAS, E.A. 1961: Über eine blasenbildende Krankheit von kultivierten grünen Fadenalgen (*Cladophora* und *Rhizoclonium*). Vierteljahrsschr. Naturforsch. Ges. Zürich 106, 277-288.
- THOMAS, E.A., 1962: Thermisch bedingte Horizontalzirkulationen, Wasserchemismus und Algenwucherungen an Zürichseeufeln. *Hydrobiologia* 20.40-58.
- THIENEMANN, A. 1925: Die Binnengewässer Mitteleuropas; in: THIENEMANN, A. (Herausg.): Die Binnengewässer. Band I. E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung. 255 S.
- TRÜMPY, R., 1972: Geologie. Ergeb. wiss. Untersuch. Schweiz. Nationalpark 12.2: 71-87.
- ÜTTINGER, H., 1968: Klima. Ergeb. wiss. Untersuch. Schweiz. Nationalpark 12.1: 3045.
- VENKATARAMAN, G.S., 1961: Vaucheriaceae. Indian Council of Agricultural Research. New Delhi. 112 pp.
- VISCHER, W., 1945: Heterokonten aus alpinen Böden, speziell dem Schweizerischen Nationalpark. Ergeb. wiss. Untersuch. Schweiz. Nationalpark 1, 12: 481-511.
- VISCHER, W., 1960: Reproduktion und systematische Stellung einiger Rinden- und Bodenalgeln. Schweiz. Z. Hydrol. 22.1: 330-349.
- VOUK, V., 1950: Grundriss zu einer Balneobiologie der Thermen. Birkhäuser. Basel. 88 S.
- WÄLTI, K., 1979: Der Einfluss der Zürcher Abwässer auf den Algenaufwuchs und dessen Primärproduktion in der Limmat. Zentralstelle der Studentenschaft. Zürich. 134 S.
- WÄLTI, K. and SCHANZ, F., 1981: Limnological investigations of a mountain spring pond in the Swiss National Park. Aroh. *Hydrobiol.* 92. 1: 130-136.
- Wasserversorgung Zürich, 1977: 109. Geschäfts- und Untersuchungsbericht 1977. 72 S.
- WEAST, R.C., 1976: Handbook of Chemistry and Physics. 57th edition. CRC Press. Cleveland. 2390 pp.
- WEHRLE, E., 1942: Algen in Gebirgsbächen am Stidostrande des Schwarzwaldes. Beitr. naturkundl. Forsch. Oberrheingebiet 7, 128-286.
- WEST, W. and WEST, G.S., 1904: A monograph of the British Desmidiaceae. Vol. I. Ray society, London. 224 pp.
- WEST, W. and WEST, G.S., 1905: A monograph of the British Desmidiaceae. Vol. II. Ray society, London. 204 pp.
- WEST, W. and WEST, G.S., 1912: A monograph of the British Desmidiaceae. Vol. IV. Ray society, London. 191 pp.
- WETZEL, R.G., 1975: Primary Production; in: WHITTON, B.A. (ed.): River ecology. Blackwell Scientific Publications, Oxford. 725 pp.
- WHITTON, B.A., 1973: Freshwater plankton; in: CARR, N.G. and WHITTON, B.A. (eds): The biology of blue-green algae. Blackwell Scientific Publications. Oxford. 676 pp.
- WIRTH, V., 1980: Flechtenflora. Engen Ulmer, Stuttgart. 552 S.
- WOLFF, H., 1948: Hydrobiologische Untersuchungen an den hochalpinen Seen des San Bernardinopasses. Schweiz. Z. Hydrol. 10.4: 101-244.
- WOOD, R.D. and IMAHORI, K., 19M: Iconograph of the Characeae. J. Cramer, Weinheim. 416 pp.
- WUHRMANN, K., 1949: Über den Aminosäuregehalt gereinigten und ungereinigten Abwassers. Verh. Int. Ver. Limnol. 10, 580-586.
- WUTHRICH, M., 1975: Les Diatomées. Ergeb. wiss. Untersuch. Schweiz. Nationalpark 14, 72: 273-369.
- WUTHRICH, M. et MATTHEY, W., 1980: Les Diatomées de la Tourbière du Cachot (Jura neuchâtelois). III. Etude de l'apport éolien et du transport par les oiseaux et insectes aquatiques. Schweiz. Z. Hydrol. 42, 2: 269-284.
- ZACHARIAS, O., 1896: Ergebnisse einer biologischen Excursion an die Hochseen des Riesengebirges. Forschungsber. Biol. Station Plön 4, 65-188.
- ZIMMERMANN, P., 1961: Experimentelle Untersuchungen über die ökologische Wirkung der Strömungsgeschwindigkeit auf die Lebensgemeinschaften des fließenden Wassers. Schweiz. Z. Hydrol. 23, 1: 1-81.
- ZSUZSA, B., LAJOS, F., LAJOS, H., KLÁRA, H., KISS, K., ANIÁL, S., GIZELLA, T., GÁBOR, U. and LAJOS, V., 1976: A zöldalgák (Chlorococcales). Vizedok, Biidapest. 343 pp.

Adresse des Autors: Dr. F. SCHANZ, Hydrobiologisch-limnologische Station der Universität, Seestr. 187, CH-8802 Kilchberg/Schweiz

Anhang

Die Abbildungen der Tafeln 1 bis 14 zeigen zur Bestimmung wichtige Merkmale, die am fixierten Material noch festzustellen waren.

Tafel 1



- | | | | |
|--------|--------------------------------|---------|--------------------------------|
| Abb. 1 | <i>Anabaena cylindrica</i> | Abb. 6 | <i>Chamaesiphon polonicus</i> |
| Abb. 2 | <i>Aphanocapsa elachista</i> | Abb. 7 | <i>Coelosphaerium pusillum</i> |
| Abb. 3 | <i>Aphanothece castagnei</i> | A | Aufsicht |
| Abb. 4 | <i>Aphanothece stagnina</i> | B | Optischer Querschnitt |
| Abb. 5 | <i>Calothrix parietina</i> | Abb. 8 | <i>Cyanophanon mirabile</i> |
| | A Basales Ende mit Heterocyste | Abb. 9 | <i>Gloeocapsa sanguinea</i> |
| | B Hormogonienbildung | Abb. 10 | <i>Gloeothece rupestris</i> |
| | C Apikales Ende | Abb. 11 | <i>Homoeothrix juliana</i> |
| | D Haarzellen | | |

Tafel 2

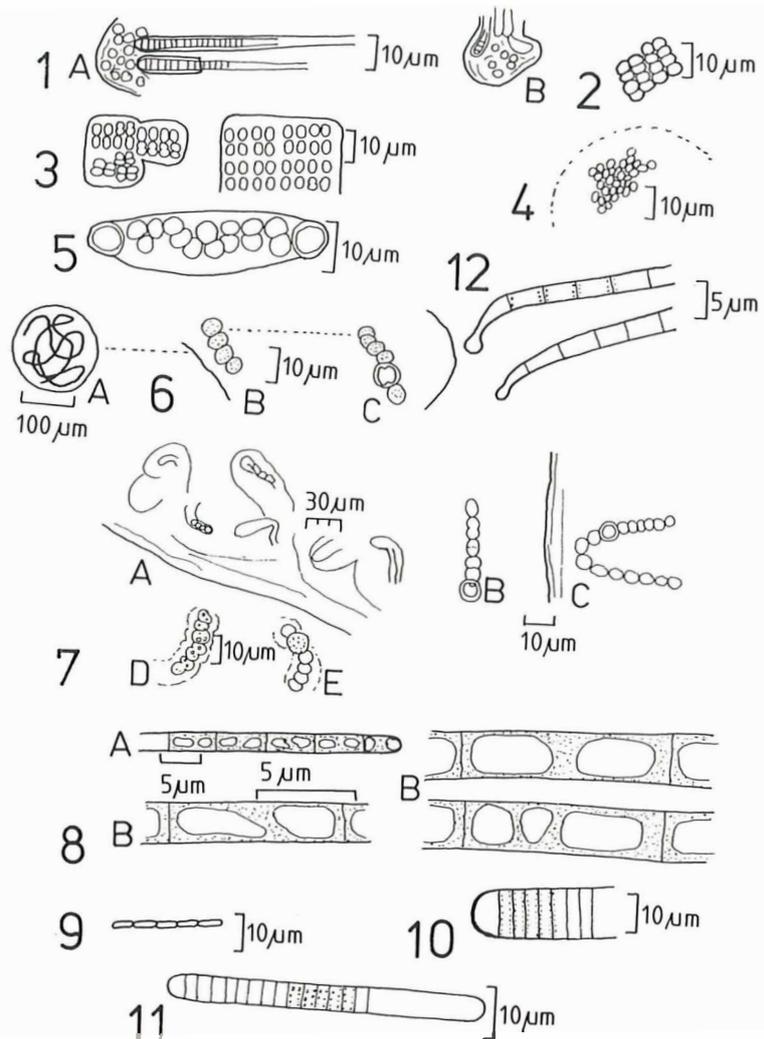


Abb. 1 *Homoeothrix rivularis*
 A Fäden aus Kruste mit kokkalen
 Algen wachsend
 B Basales Ende einer Kolonie

Abb. 2 *Merismopedia giauca*

Abb. 3 *Merismopedia punctata*

Abb. 4 *Microcystis incerta*

Abb. 5 *Nostoc commune*

Abb. 6 *Nostoc kuhlmani*

A Lager, Übersicht

B Einzelzellen

C Heterocyste

Abb. 7 *Nostoc linkia*

A Lagerrand, Übersicht

B,C Heterocysten

D Einzelzellen, mit Pseudova-
 kuolen

E Dauerzelle

Abb. 8 *Oscillatoria lauterbornii*

A Fadenende

B Einzelzelle mit Vakuolen

Abb. 9 *Oscillatoria limnetica*

Abb. 10 *Oscillatoria limosa*

Abb. 11 *Oscillatoria mougeotii*

Abb. 12 *Oscillatoria splendida*

Tafel 3



Linkia
 Lagerstrand, Übersicht
 Heterocysten
 Einzelzellen, mit Pseudova-
 kuolen
 Dauerzelle
Phormidium lauterbornii
 Fadenende
 Einzelzelle mit Vakuolen
Phormidium limnetica
Phormidium limosa
Phormidium mougeotii
Phormidium splendide

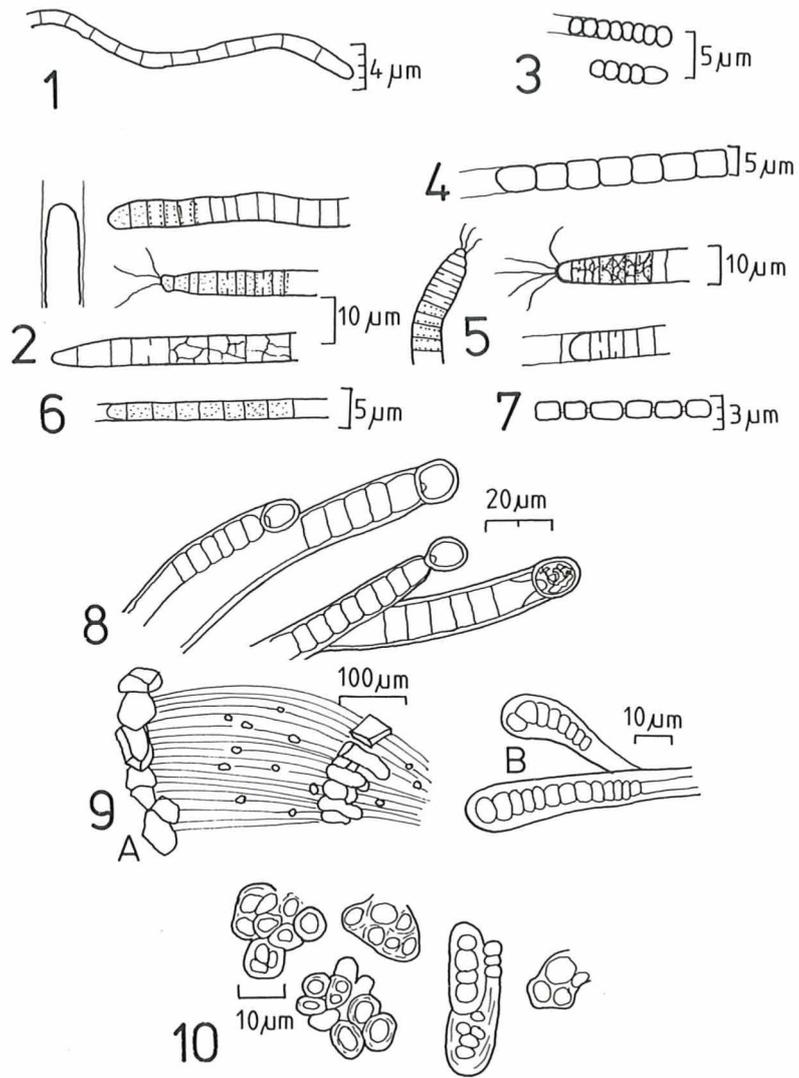
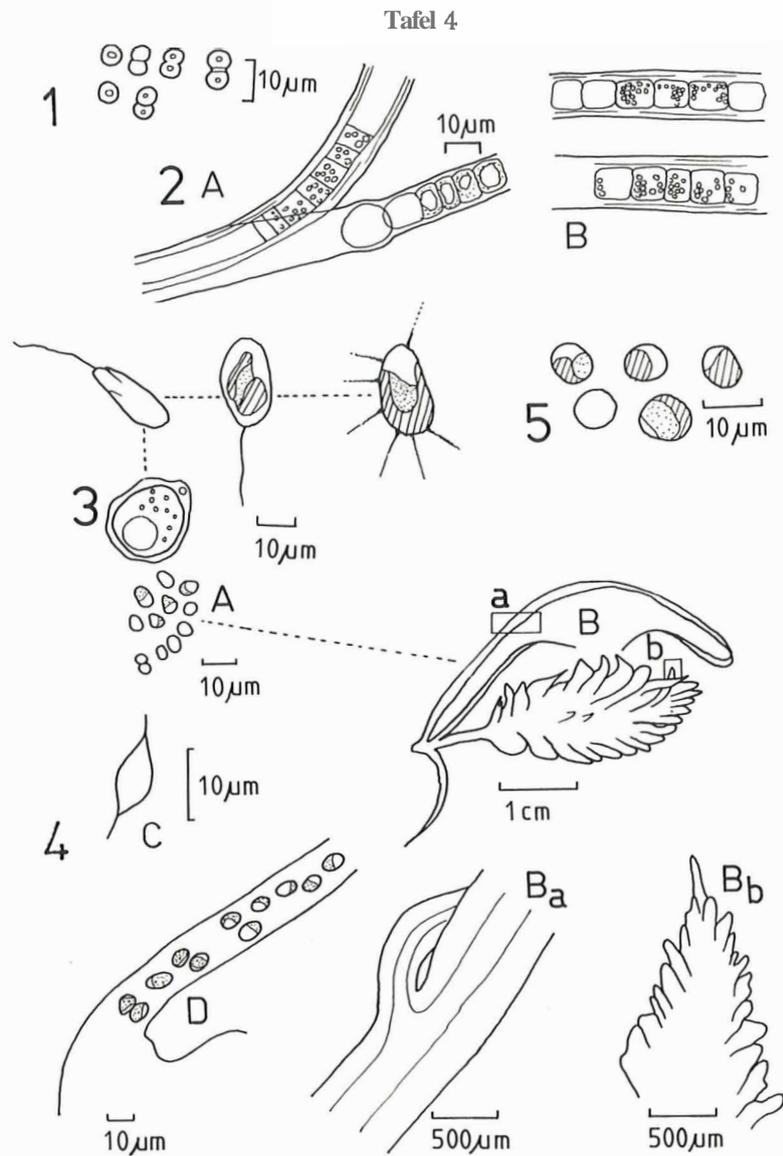


Abb. 1 *Oscillatoria subtilissima*
 Abb. 2 *Phormidium autumnale*
 Abb. 3 *Phormidium faveolarum*
 Abb. 4 *Phormidium retzii*
 Abb. 5 *Phormidium uncinatum*
 Abb. 6 *Phormidium valderiae*

Abb. 7 *Pseudanabaena galeata*
 Abb. 8 *Rivularia biasolettiana*
 Abb. 9 *Rivularia haerdatites*
 A Lager, mit Kalk inkrustiert
 B Einzelfäden
 Abb. 10 *Siphononema polonicum*

Abb. 1 *Synechocystis aquatilis*Abb. 2 *Tolypothrix tenuis*

A Verzweigung mit Heterocyste

B Ältere Fadenstücke

Abb. 3 *Chronulina tenera*Abb. 4 *Hydrurus foetidus*

A Einzelzellen

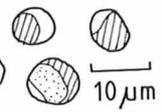
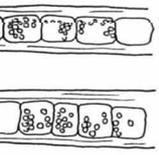
B Pflanze mit wattenförmigem und röhrenförmigem Aussehen. B_a: schlauchförmiger Abschnitt, vergrößert; B_b: wattenförmiger Abschnitt, vergrößert.

C Zyste

D Seitenzweig, Zellanordnung

Abb. 5 *Tetrasporopsis perforata*

Tafel 5



inze mit ivattenförmigem und
renförmigem Aussehen. B:
auchförmiger Abschnitt, ver-
isert; B₂: wattenförmiger Ab-
chnitt, vergrößert.
e
enzweig, Zellanordnung
oropsis perforata

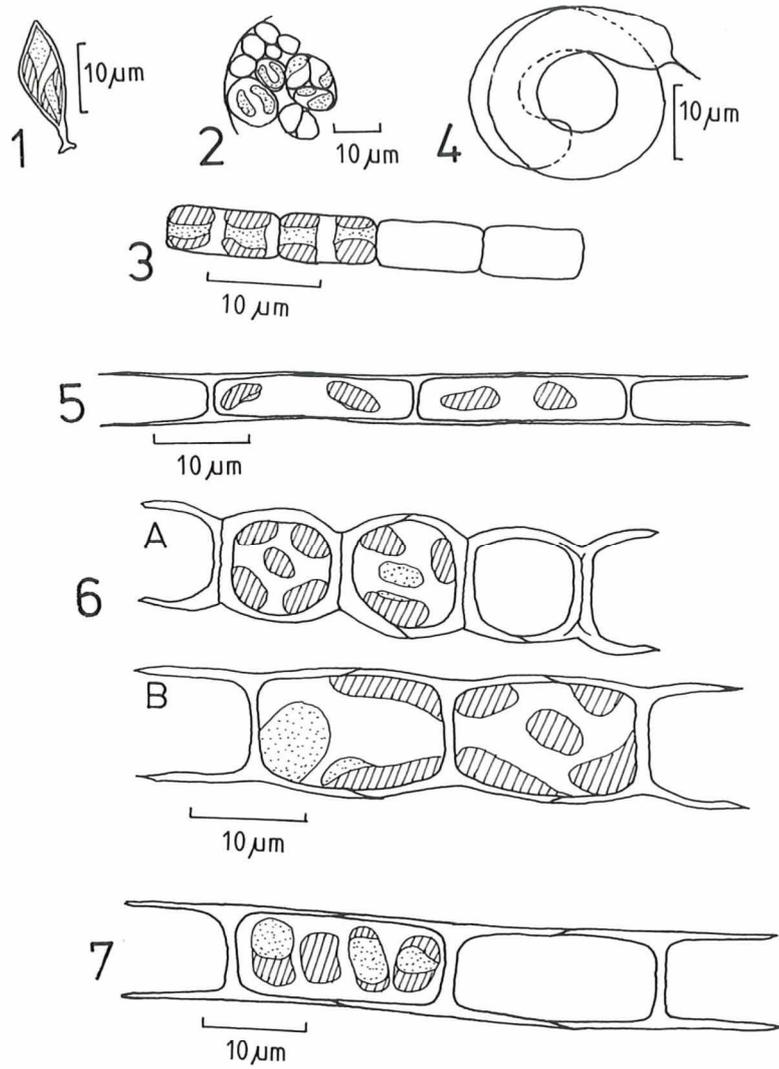
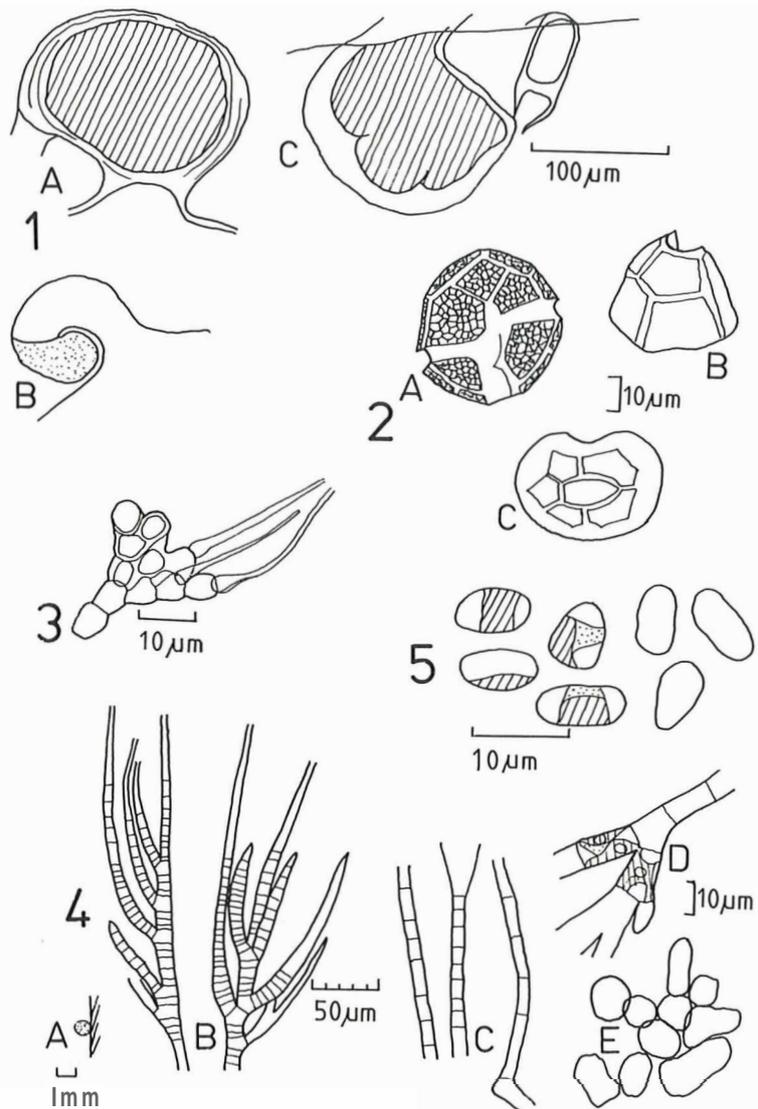


Abb. 1 *Characiopsis minor*
Abb. 2 *Chloropedia plana*
Abb. 3 *Heterothrix debilis*
Abb. 4 *Ophiocytium cochleare*
Abb. 5 *Tribonema affine*

Abb. 6 *Rbonema gayanum*
A Runde bis ovale Zellen mit dicken
Wänden, stark eingeschnürt
B Zellen 2 bis 3x so lang als breit,
schwach eingeschnürt
Abb. 7 *Rbonema vulgare*

Tafel 6

Abb. 1 *Vaucheria pachyderma*

- A Oogonium
- B Antheridium
- C Oogonium mit entleertem Antheridium

Abb. 2 *Peridinium cinctum*

- A Ventralansicht
- B Hypothek
- C Epitheka

Abb. 3 *Bulbochaete* sp.Abb. 4 *Chaetophora elegans*

- A Kugelige Kolonie, am Siibstrat festhaftend
- B Periphere Achsen mit Verzweigungen
- C Basale Achsen
- D Verzweigung; Chromatophoren, mit Pyrenoiden
- E Basiszellen auf dem Siibstrat

Abb. 5 *Coccoxyxa dispar*



Chlorella elegans
 Kugelige Kolonie, am Substrat
 haftend
 Achsen mit Verzweigung
 Achsen
 Verzweigung; Chromatophoren,
 Pyrenoiden
 Zellen auf dem Substrat
Pyryxys dispar

Tafel 7

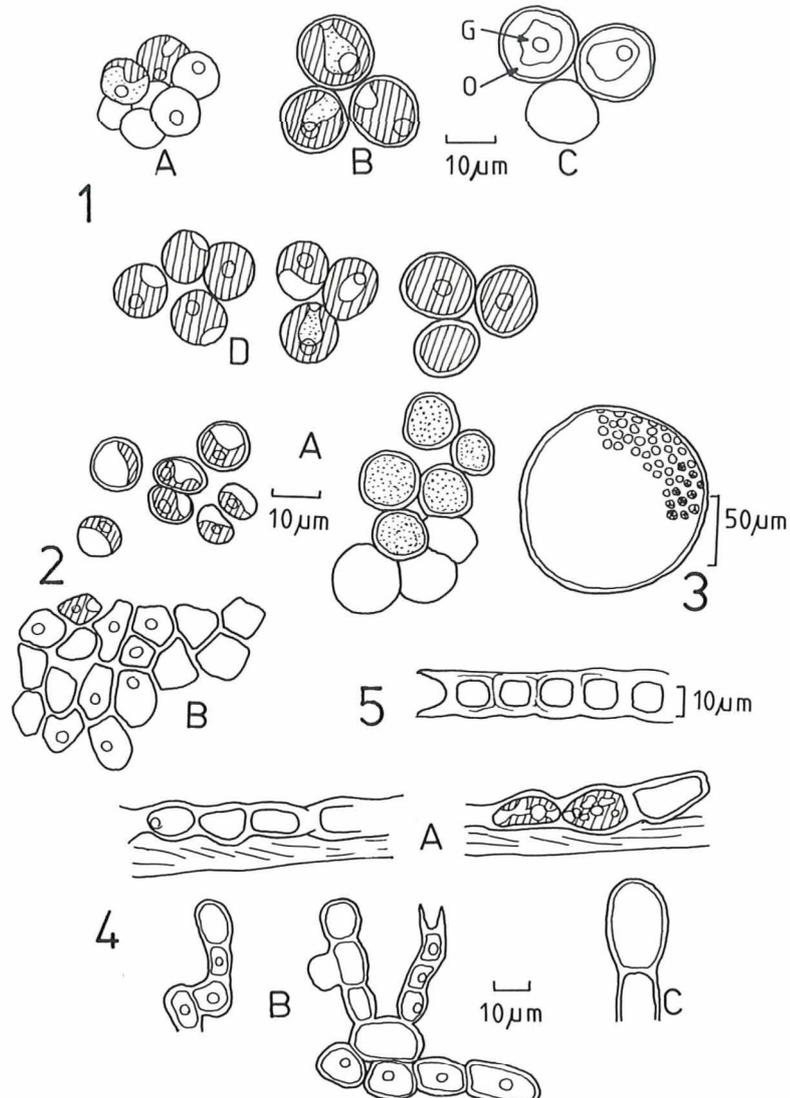


Abb. 1 *Chlorococcum infusionum*

- A Zellverband, von Steinen abgekratzt
- B Junge Einzelzellen
- C Ältere Einzelzellen. G = Grüner Zellbereich; O = Oranger Zellbereich
- D Zellen aus Agarkulturen

Abb. 2 *Desmococcus vulgaris*

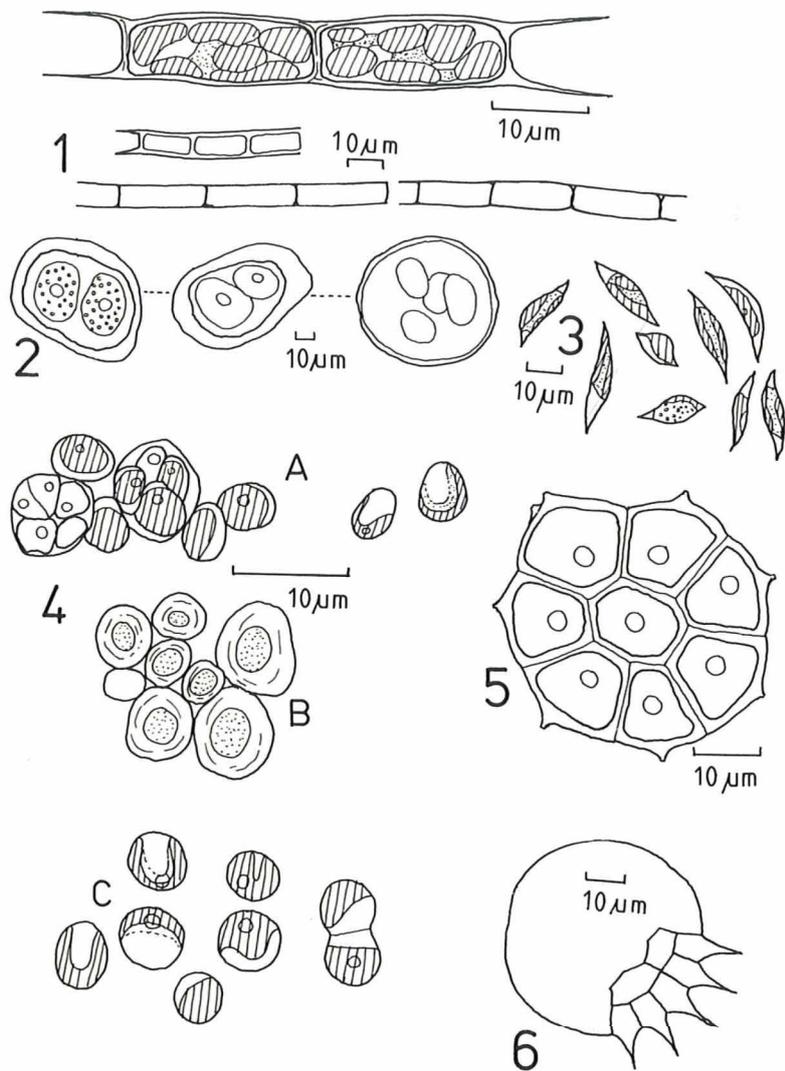
- A Einzelzellen und Zellverband, von Steinen abgekratzt
- B Zellverband aus Agarkultur

Abb. 3 *Eremosphaera viridis*

Abb. 4 *Gongrosira debaryana*

- A Zellfäden, auf dem Substrat kriechend
- B Aufrechte Fäden
- C Sporangium

Abb. 5 *Microspora amoena*

Abb. 1 *Microspora stagnorum*Abb. 2 *Oonephris obesa*Abb. 3 *Ourococcus bicaudatus*Abb. 4 *Palmella rniinata*

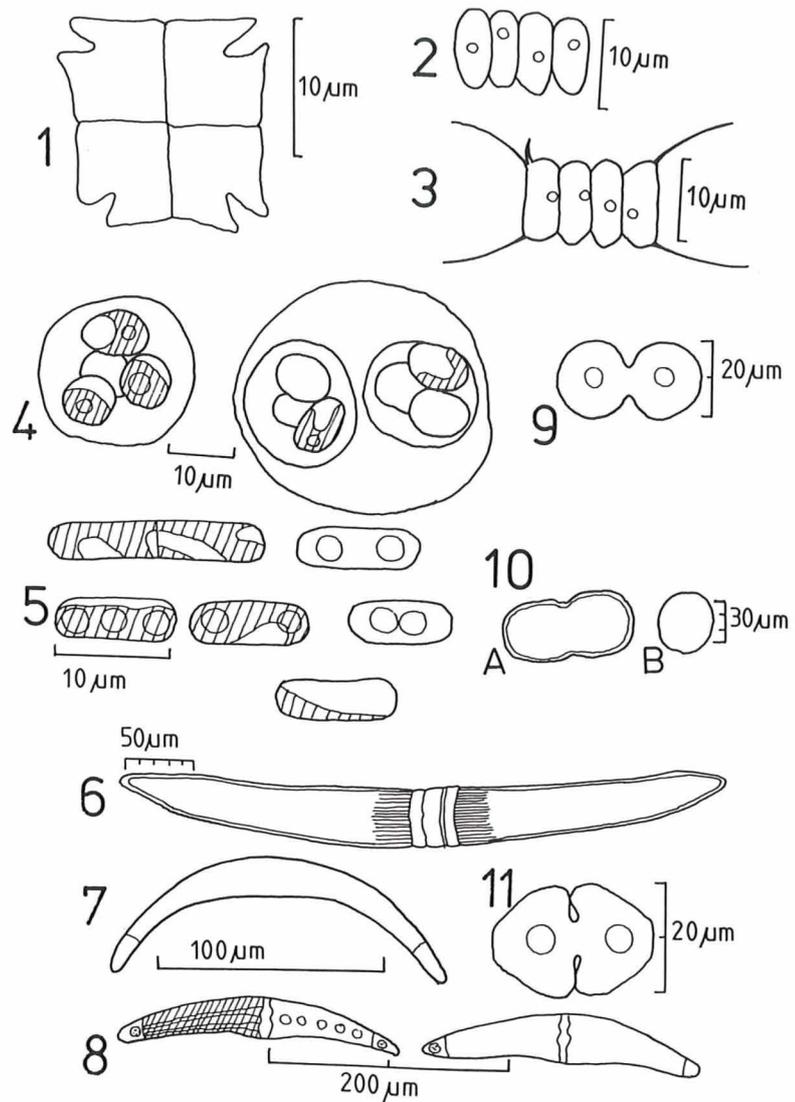
A Zellverband, von Steinen abgekratzt

B Ältere Zellen mit verdickten Zellwänden

C Zellen aus Agarkultur

Abb. 5 *Pediastrum braunii*Abb. 6 *Pediastrum simplex*

Tafel 9



- Abb. 1 *Pediastrum tetras*
 Abb. 2 *Scenedesmus bijugatus*
 Abb. 3 *Scenedesmus quadricauda*
 Abb. 4 *Sphaerocystis Schroeteri*
 Abb. 5 *Stichococcus bacillaris*
 Abb. 6 *Closterium acerosum*
 Abb. 7 *Closterium leibleinii*

- Abb. 8 *Closterium moniliferum*
 Abb. 9 *Cosmarium contractum*
 Abb. 10 *Cosmarium debaryi*
 A Frontalansicht
 B Scheitelansicht
 Abb. 11 *Cosmanum granatum*

ere Zellen mit verdickten Zell-
 anden
 len aus Agarkultur
rum braunii
rum simplex

Tafel 10

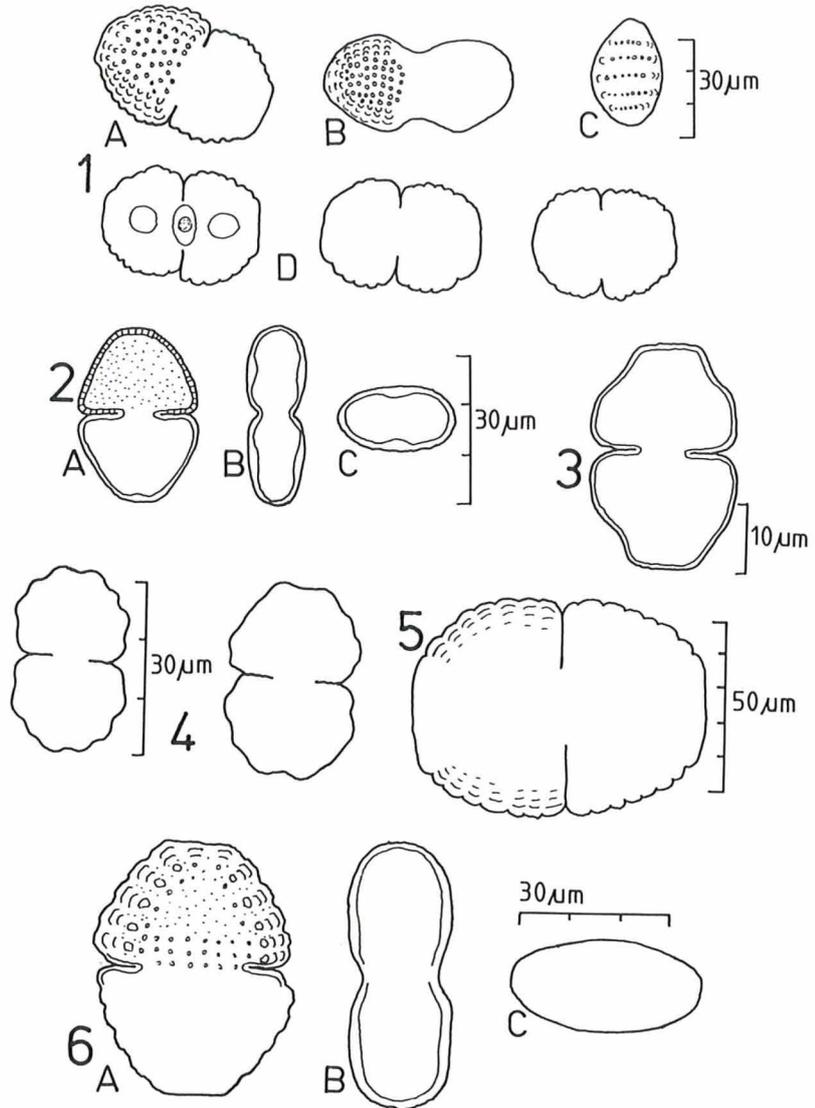
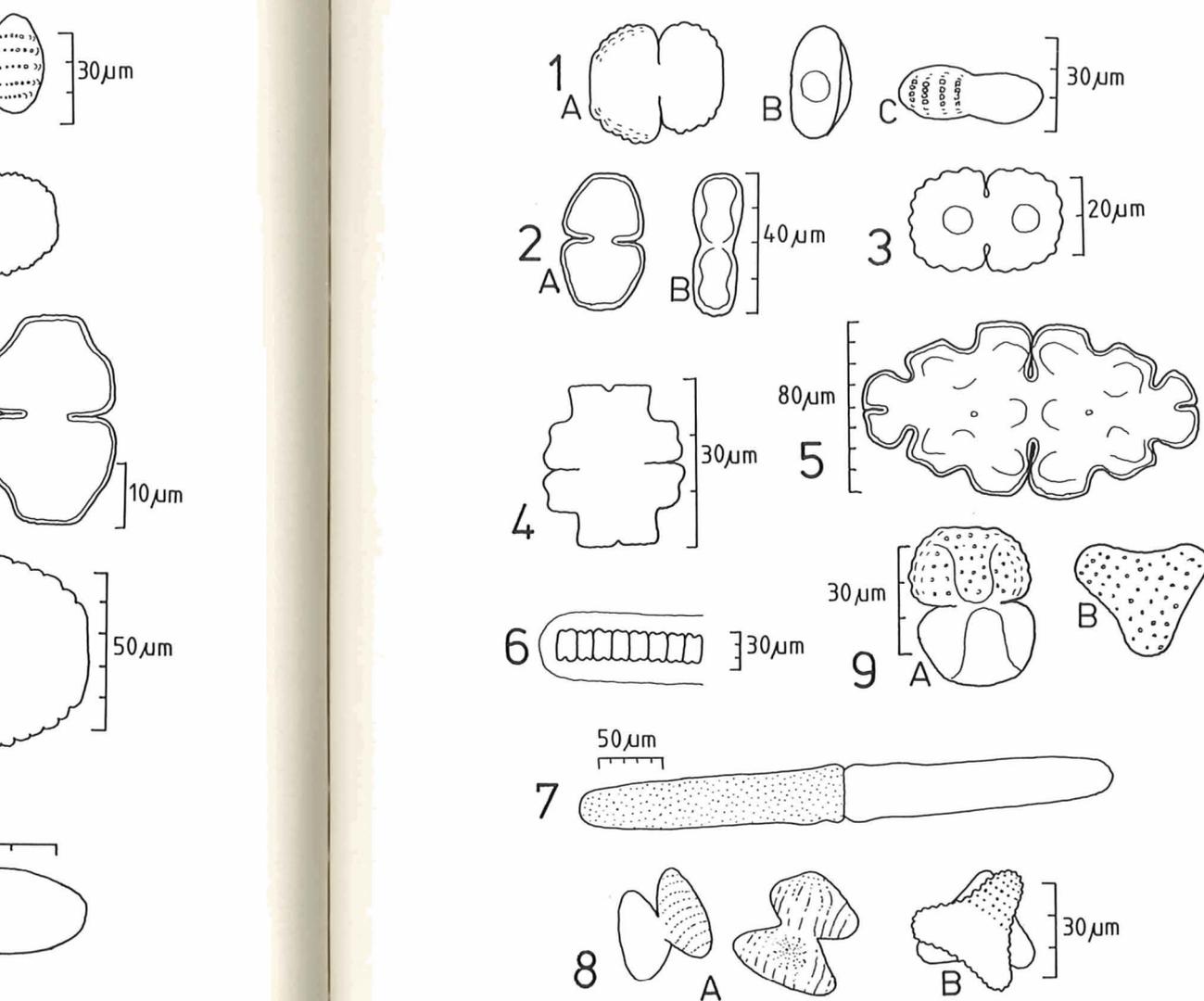


Abb. 1 *Cosmarium botrytis*
 A Frontalansicht
 B Seitenansicht
 C Scheitelansicht
 D Zellen derselben Population

Abb. 2 *Cosmarium granatum*
 A Frontalansicht
 B Seitenansicht
 C Scheitelansicht

Abb. 3 *Cosmarium hammeri*
 Abb. 4 *Cosmarium impressulum*
 Abb. 5 *Cosmarium obtusatum*
 Abb. 6 *Cosmarium obtusatum*
 A Frontalansicht
 B Seitenansicht
 C Scheitelansicht

Tafel 11

Abb. 1 *Cosmarium obtusatum*

A Frontalansicht

B Scheitelansicht

C Seitenansicht

Abb. 2 *Cosmarium pseudopyramidatum*

A Frontalansicht

B Seitenansicht

Abb. 3 *Cosmarium undulatum*Abb. 4 *Euastrum binale*Abb. 5 *Euastrum oblongum*Abb. 6 *Hyalotheka dissiliens*Abb. 7 *Pleurotaenium trabecula*Abb. 8 *Staurastrum alternans*

A Frontalansicht

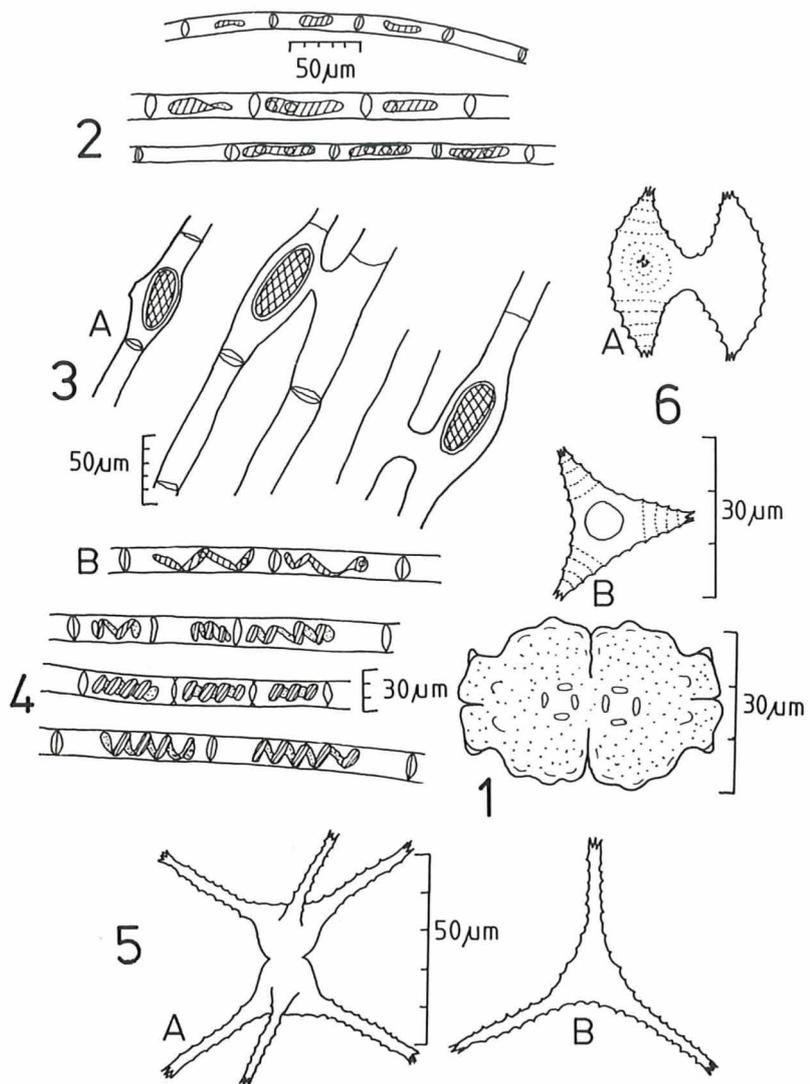
B Scheitelansicht

Abb. 9 *Staurastrum botrophilum*

A Frontalansicht

B Scheitelansicht

Tafel 12

Abb. 1 *Euastrum bidentatum*Abb. 2 *Mougeotia* sp., drei Fäden verschiedener PopulationenAbb. 3 *Spirogyra pratensis*

A Zygoten

B Einzelzellen

Abb. 4 *Spirogyra* sp., drei Fäden verschiedener PopulationenAbb. 5 *Staurastrum paradoxum*

A Frontalansicht

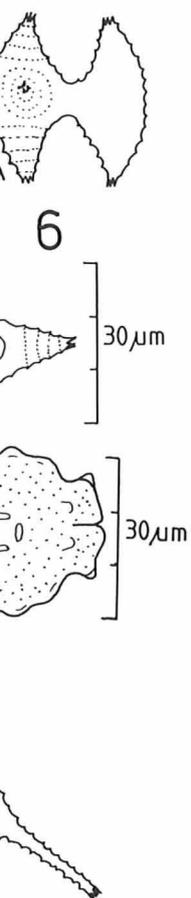
B Scheitelansicht

Abb. 6 *Staurastrum polymorphum*

A Frontalansicht

B Scheitelansicht

Tafel 13



a sp., drei Fäden verschiedene
 dationen
um paradoxum
 talansicht
 itelansicht
um polymorphum
 talansicht
 itelansicht

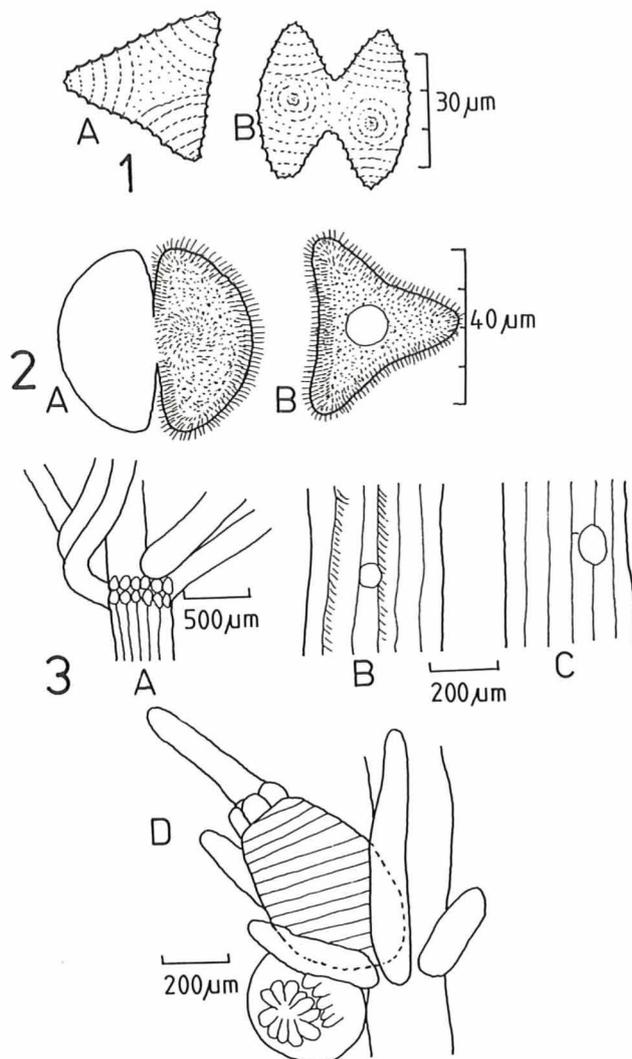


Abb. 1 *Staurastrum punctulatum*
 A Scheitelansicht
 B Seitenansicht
 Abb. 2 *Staurastrum pilosum*
 A Seitenansicht
 B Scheitelansicht

Abb. 3 *Chara vulgaris*
 A Knoten mit zweireihigem Stipular-
 kranz
 B Stachel eines apikalen Internodi-
 ums
 C Stachel eines basalen Internodi-
 ums
 D Oogonium und Antheridium

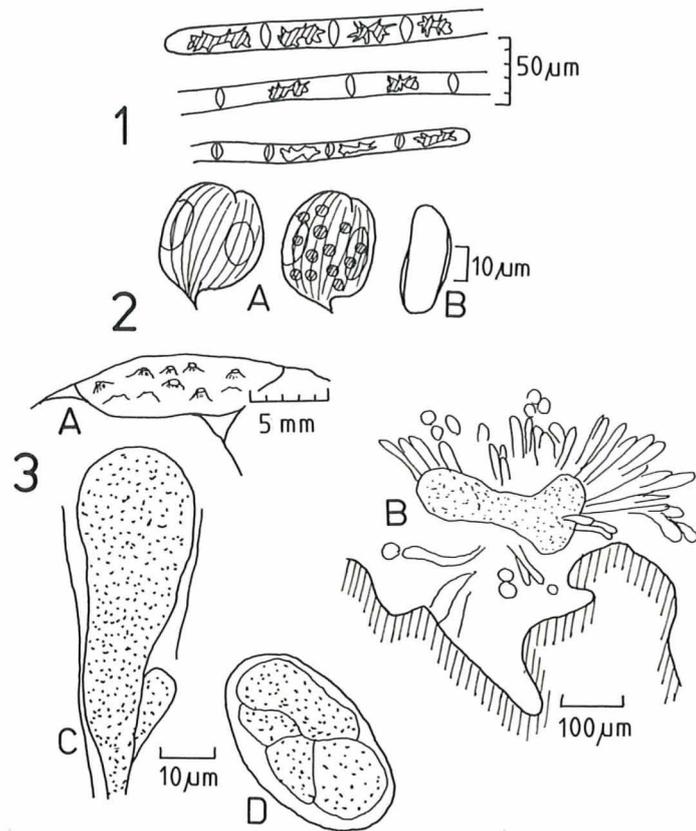


Abb. 1 *Zygnema* sp.. drei Fäden verschiedener Populationen

Abb. 2 *Phacus alatus*
A Ventralansicht
B Seitenansicht

Abb. 3 *Verrucana elaeomelaena*

A Perithecien auf einem Kalkstein
B Quetschpräparat eines Peritheci-
ums mit Ascis
C Ascis, Aufsicht
D Ascis, optischer Querschnitt