Ergebnisse der wissenschaftlichen Untersuchung des schweizerischen **Nationalparkes**
Herausgegeben von der Konimission der S. N. G. zur wissenschaftlichen Erforschung des Nationalparkes

**Résultats** des recherches scientifiques **entreprises** au Parc National suisse
Publiés par **la** commission de **la** S. H. S. N. pour les **études** scientifiques au Parc National

Band I (Neue Folge)

**9.**

# HYDROBIOLOGISCHE UNTERSUCHUNGEN IN QUELLEN DES SCHWEIZERISCHEN NATIONALPARKES IM ENGADIN

## (unter besonderer Berücksichtigung der Insektenfauna)

*Mit 33 Figuren und 35 Tabellen*

von

**Dr. Adolf Nadig**

Herausgegeben mit Unterstiitzung der
„GEORGES UND ANTOINE CLARAZ-SCHENKUNG"
Serie Zoologie Nr. 72

Verlag H. R. Sauerländer & Co., Aarau / 1942

Druck Graphische Werkstätten H. R. Sauerländer & Co., Aarau

Schweizer Druck
Printed in Switzerland

# Inhaltsübersicht.


Einleitung

Verzeichnis der Abkürzungen . . . . . 272

Das Untersuchungsgebiet

I. Topographie und Morphologie . . 273
II. Geologie . . . . . 274
III. Klima . . . . . 276
1. Bewölkung und Strahlung . . 276
2. Temperatur . . . . . 277
3. Niederschläge . . . . 279
4. Windrichtung und Windstärke . 280

Die untersuchten Quellen

A. Physiographie.

Die God dal Fuornquelle I (GFQ I).

I. Gliederung des Quellgebietes: topographische, morphologische und botanische Charakterisierung der einzelnen Abschnitte . . . . . 282
A. Der Quellweiher . . . . . 282
B. Der Quellbach . . . . . 287
II. Die Ergiebigkeit und Wasserführung . . 296
III. Strötnungen . . . . . 297
A. Der Quellweiher . . . . . 297
B. Ausfluß und Quellbach . . . . 298
IV. Thermik . . . . . 299
A. Die Temperatur itn Quellweiher . . . . . 299
I. Messungen in verschiedenen Tiefen im Weiherzentrum (Vertikalserien) . . . . . 299
II. Messungen an verschiedenen 'Stellen der Weiheroberfläche (Horizontalserien) . . . . . 306
B. Die Temperatur im Quellbach . . . . . 310
V. Der Sauerstoff . . . . . 312
A. Der Sauerstoff im Quellweiher . . . . . 312
I. Analysen in verschiedenen Tiefen im Weiherzentrum und der Uferregion (Vertikalserien) . . . . . 313
II. Analysen an verschiedenen Stellen der Weiheroberfläche (Horizontalserien) . . . . . 314
B. Der Sauerstoff im Quellbach . . . . . 322
VI. Permanganatverbrauch und Sauerstoffzehrung . . . . . 325
VII. Die Wasserstoffionenkonzentration, die Karbonat-, Gesamt- und Sulfathärte
A. pH; Karbonat-, Gesamt- und Sulfathärte im Quellweiher . . . . 326
I. Vertikale Analysenserien . . . . . 326
II. Horizontale Analysenserien im Oberflächenwasser . . . . . 329
B. pH; Karbonat-, Gesamt- und Sulfathärte im Quellbach . . . . . 333
VIII. Ammoniak, Nitrite, Nitrate, Chloride, Trockenrückstand, Glühverlust und Glührückstand . . . . . 335
IX. Das Eisen . . . . . 335
X. Der Schwefelwasserstoff und der Kreislauf des Schwefels . . . . . 339
I. Die Entstehung des Schwefelwasserstoffes in GFQ I . . . . . 339
II. Die räumliche und zeitliche Verteilung des Schwefelwasserstoffes . . 341

Die Fischweiherquellen I—IV (FWQ I—IV).

I. Gliederung des Quellgebietes; topographische, morphologische und botanische Charakterisierung der einzelnen Abschnitte . . . . . 342

I. Die Fischweiherquelle I (FWQ I) . . . . . 343
II. Die Fischweiherquelle II (FWQ II) . . . . . 345
III. Die Fischweiherquelle III (FWQ III) . . . . . 349
IV. Die Fischweiherquelle IV (FWQ IV) . . . . . 349
II. Lokalklimatische Besonderheiten . . . . . 352
III. Die Ergiebigkeit und Wasserführung . . . . . 352
IV. Strömungsgeschwindigkeiten . . . . . 353
V. Thermik . . . . . 356
A. Die Temperatur in den Quellöchern . . . . . 356
B. Die Temperatur in den Quellbächen . . . . . 458
VI. Der Sauerstoff . . . . . 362
A. Der Sauerstoff in den Quellöchern . . . . . 362
B. Der Sauerstoff in den Quellbächen . . . . . 364
VII. Permanganatverbrauch und Sauerstoffzehrung. . . . . 370
VIII. Die Wasserstoffionenkonzentration, die Karbonat-, Gesamt- und Sulfathärte . . . . . 372
IX. Ammoniak, Nitrite, Nitrate, Chloride, Trockenrückstand, Glühverlust und Glührückstand . . . . . 374
X. Das Eisen . . . . . 377
XI. Zusammenfassender Vergleich der physiographischen Verhältnisse der Fischweiherquellen . . . . . 378

B. Biologie.

Die God dal Fuornquelle I (GFQ I).

I. Die vorkommenden Arten . . . . . 380
II. Die Verbreitung der vorkommenden Arten . . . . . 380
A. Der Quellweiher und Ausfluß . . . . . 381
1. Die Lebensgemeinschaft des Schlammgrundes . . . . . 382
2. Die Lebensgemeinschaft des untergetauchten Bewuchses . . . . 383
B. Der Quellbach i. e. S. (excl. «Ausfluß») . . . . . 387
1. Der «Oberlauf» . . . . . 387
2. Die «Quellausweitung» oder «Moosfläche» . . . . . 388
3. Der «Wiesengraben» und der «Unterlauf» . . . . . 392
4. Die «Mündungsstrecke» . . . . . 392

Die Fischweiherquelle I (FWQ I).

I. Die vorkommenden Arten . . . . . 396
II. Die Verbreitung der vorkommenden Arten in FWQ I . . . . . 396

Die Fischweiherquelle II (FWQ II).

I. Die vorkommenden Arten . . . . . 397
II. Die Verbreitung der vorkommenden Arten in FWQ II . . . . . 398

Die Fischweiherquelle IV (FWQ IV).

I. Die vorkommenden Arten . . . . . 401
II. Die Verbreitung der vorkommenden Arten in PWQ IV . . . . . 402

Vergleich der Biocönosen der untersuchten Quellen.

I. Vergleich der Biocönosen der Fischweiherquellen . . . . . 403
II. Die Biocönosen der God dal Fuornquelle und der Fischweiherquellen . . 406
1. Arten, die sowohl in der God dal Fuornquelle, als auch in den Fischweiherquellen vorkommen . . . . . 407
2. Arten, die in der God dal Fuornquelle vorkommen, aber in den Fischweiherquellen fehlen . . . . . 408
3. Arten, die in den Fischweiherquellen vorkommen, aber in der God dal Fuornquelle fehlen . . . . . 410

Methodik . . . . . 414
Verzeichnis der Figuren und Tabellen . . . . . 423
Literaturverzeichnis . . . . . 425

# EINLEITUNG.

Die Anregung zu vorliegender Arbeit verdanke ich dem Präsidenten der Wissenschaftlichen Nationalparkkommission, Herrn Prof. Dr. E. HANDSCHIN, der mir zu Beginn des Jahres **1934** die Bearbeitung der **«Insecta amphibiotica»** des Schweizerischen Nationalparkes im Unterengadin übertrug.

Diesem Auftrag leistete ich um so freudiger Folge, als sich mir dadurch die Möglichkeit bot, auch meine Dissertation in eine Gegend zu verlegen, mit welcher ich mich seit früher Jugend verwachsen fühlte. Nach gründlichen Vorbereitungen im Zoologisch-vergleichend anatomischen Institut der Universität Zürich, zog ich in den Osterferien des Jahres **1934** zum ersten Mal ausgerüstet mit dein notwendigsten **hydrobiologischen** Instrumentarium erwartungsvoll hinauf in mein **neues** Arbeitsgebiet. Diesem ersten Besuche folgten in diesem und den nächsten **3** Jahren **14** weitere Besuche. Die **260** Tage, die ich zu allen Jahreszeiten bei ernster wissenschaftlicher Arbeit mitten in der **unberührten,** großartigen Bergwelt unseres Nationalparkes verleben durfte, werden mir mit all ihren Erlebnissen, Enttäuschungen und Erfolgen, unvergeßlich bleiben.

**Über 100** Quellen, Quellrinnsale und Bäche wurden im Einzugsgebiet des **Spöl,** der Ova **dal** Fuorn, des **Rombaches** und der Clemgia in physiographischer und biologisclier Hinsicht untersucht. Schon beim ersten Besuch erwiesen sich einige Quellen **des** Ofenberggebietes als besonders interessant: Analysen in einer Limnokrene am God **dal** Fuorn ergaben außergewöhnlich hohen Sulfatgehalt und fast vollständigen Sauerstoffschwund; Analysen in den gegenüberliegenden **Rheokrenen** des God sur **Il** Fuorn ergaben dagegen **nur** Spuren von Sulfaten. dafür aber hohen Sauerstoffgehalt. Dieses gegensätzliche Verhalten benachbarter Quellen drängte zu weiteren vergleichenden Untersuchungen.

Dabei zeigte es sich aber bald, daß die Milieubedingungen vor allem in der Limnokrene sowohl in zeitlicher als auch in räumlicher Hinsicht stark schwanken: Um einen befriedigenden Einblick in die Beziehungen zwischen den Lebensbedingungen und der Verbreitung der Fauna zu gewinnen, erwies es sich als unerläßlich, sowohl die Sammeltätigkeit als auch die chemisch-physikalischen Untersuchungen auf alle Jahreszeiten und die verschiedensten Stellen und Tiefen dieses Gewässers auszudehnen. Damit rückten aber die Fuornquellen immer mehr in den Mittelpunkt meiner Untersuchungen und die übrigen Gewässer des Nationalparkes konnten nur mehr gelegentlich auf längeren Exkursionen berücksichtigt werden.

Die Ergebnisse der Untersuchungen in den Fuornquellen sind in der vorliegenden Arbeit niedergelegt.

Die Z i e l e , die ich **mir** bei der Bearbeitung dieser Quellen setzte, sind folgende:

1. **Charakterisierung** des Untersuchungsgebietes,
2. Physiographische Charakterisierung der fraglichen Quellen und Quellbäche,
3. Biologische Charakterisierung der fraglichen **Quellen** und Quellbäche,
4. Versuch einer Abklärung der Beziehungen zwischen den herrschenden Milieubedingungen und der Verbreitung der festgestellten **Lebensgemeinschaften.**

Mit dieser Zielsetzung traten ökologische Gesichtspunkte in den Mittelpunkt des Interesses. Meinem ursprünglichen Auftrag entsprechend schenkte ich dabei

meine Aufmerksamkeit in erster Linie der Klasse der Insekten. Die «Begleitfauna» wurde nur dann berücksichtigt, wenn sie mit den gleichen Methoden gesammelt werden konnte. Die Protozoen, Rotatorien, Spongilliden, Nematoden, Crustaceen mußten — so wertvoll ihre Kenntnis besonders zur Charakterisierung der God dal Fuornquelle gewesen wäre — notgedrungen vernachlässigt werden. Die wenigen festgestellten Arten stellen mehr oder weniger Zufallsfunde dar, die in der vorliegenden Arbeit nur im Hinblick auf eventuelle spätere Spezialuntersuchungen erwähnt ,wurden. Aber selbst die Verzeichnisse der vorkommenden Insekten können keinen Anspruch auf Vollständigkeit erheben.' Die einzelnen Regionen der Quellen wurden zwar zu verschiedensten Jahreszeiten immer und immer wieder gründlich durchsucht; schon die Tatsache, daß in jedem Jahr neue Arten gefunden wurden, liefert aber den Beweis, daß es praktisch kaum möglich ist, selbst in einem engumgrenzten Gebiet die Fauna lückenlos zu erfassen. Die Dauer der Untersuchungen und die Reichhaltigkeit des gesammelten und konservierten Materiales leisten allerdings Gewähr dafür, daß die Zahl der Arten, die übersehen wurden, nicht groß ist.

Nicht berücksichtigt wurden in dieser Arbeit alle morphologisch-systematischen Feststellungen, die sich bei der Präparation und Bestimmung des Materiales ergaben, sowie zahlreiche Beobachtungen über Periodizität und Metamorphose, welche besonders bei der Aufzucht von Larven gewonnen wurden (vergl. S. 422). Sie sollen gemeinsam mit den Ergebnissen der Untersuchungen in anderen Quellen und Bächen Gegenstand einer späteren in erster Linie systematisch-faunistischen Publikation über das gesamte Nationalparkgebiet sein.

Meine Untersuchungen wurden durch mannigfache Schwierigkeiten verzögert, vor allem durch die Abgeschiedenheit des Untersuchungsgebietes, die einen periodischen Besuch und Verarbeitung der Wasserproben im Institutslaboratorium in Zürich verunmöglichte.

Unsere Kenntnisse der Larven der alpinen Wasserinsekten sind noch immer beschränkte: Eine sichere Bestimmung ist in den meisten Fällen nur durch Aufzucht der Imagines möglich. Diese Tatsache wirkte ebenfalls erschwerend: Bei einzelnen Arten brachten zwar schon die ersten Zuchtversuche Erfolg; in anderen Fällen führten aber nur unzählige Mißerfolge und Enttäuschungen endlich zum Ziel. Erschwerend wirkte auch in dieser Hinsicht die Unmöglichkeit, das Untersuchungsgebiet in kurzen Abständen zu besuchen: Ohne regelmäßige Kontrolle und Pflege gehen die meisten Zuchten in kurzer Zeit zu Grunde.

Der Abschluß der Arbeit und ihre Drucklegung wurden in entscheidender Weise durch den Krieg und die Generalmobilmachung der Schweiz verzögert.

Sowohl bei den Untersuchungen im Arbeitsgebiet als auch bei der Verarbeitung der Analysenergebnisse und der Bestimmung des gesamten Materiales, wurde mir vielseitige Hilfe zuteil.

In erster Linie danke ich meinem verehrten Lehrer, Herrn Prof. Dr. J. STROHL, der durch rege Anteilnahme und Beschaffung von Literatur das Zustandekommen dieser Arbeit in entscheidender Weise förderte, sowie Herrn Prof. Dr. K. HESCHELER, unter dessen Leitung meine Diplomarbeit entstand, welche — als Versuch einer kritischen Zusammenstellung der einschlägigen Literatur — die Grundlagen zu eigenen Untersuchungen schuf. Für die Anregung

[1] Nicht berücksichtigt sind einige Insektengruppen, deren Bestimmung noch aussteht: Dies gilt besonders von den Psychoden, die z. T. (Larven) von Prof. FEUERBORN, Berlin, z. T. (Imagines) von A. TONNOIR, Australien, übernommen wurden. Prof. FEUERBORN berichtet, da5 das Material etwa 5 Arten umfaßt u. a. vermutlich *Ulomyia fuliginosa* und 2 ihm unbekannte Moosfornien.

zu dieser Arbeit danke ich Herrn Prof. Dr. E. HANDSCHIN, der mir auch während den Untersuchungen im Nationalpark mehrfach mit Rat und Tat zur Seite stand. Mein besonderer Dank gilt Herrn Prof. Dr. O. SCHNEIDER-von ORELLI, dem Vorsteher des Entomologischen Institutes der Eidg. Tech. Hochschule, der mir durch Berufung zum Assistenten an seinem Institut eine Fülle neuer Anregungen bot und meiner Arbeit jede nur mögliche Unterstützung angedeihen ließ.

Für mündliche oder schriftliche Ratschläge, Überlassung von Literatur und Apparaten danke ich den folgenden Herren:

Dr. J. BRAUN-BLANQUET, Montpellier;
Prof. Dr. O. HOEGL, Chur;
Prof. Dr. MEYER-PETER, Zürich;
Prof. Dr. H. PALLMANN, Zürich;
Dr. O. SUCHLANDT, Davos;
Prof. Dr. TREADWELL, Zürich;
Prof. Dr. E. WASER, Zürich.

Für die Bestimmung von Spezialgruppen von Organismen danke ich folgenden Herren:

H. BANGERTER, (Tipulidae, Limnobiidae);
Dr. J. BRAUN-BLANQUET, Montpellier, (Phanerogamen);
Dr. W. DOEHLER, Klingenberg/Main, (Trichoptera);
Prof. Dr. M. DUEOOELI, Zürich, (Bakterien);
Prof. Dr. A. ERNST, Zürich, (Chara);
Dr. L. PORCART, Basel, (Mollusca);
Prof. Dr. K. FRIEDERICHS, Rostock, (Simuliidae);
Dr. M. GOETGHEBUER, Gent, (Chironomidae, Ceratopogonidae: Imagines);
Prof. Dr. E. HANDSCHIN, Basel, (Coleoptera);
Dr. G. HUBER-PESTALOZZI, Zürich, (Algen);
W. KLIE, Bad Pyrmont, (Ostracoda);
Prof. Dr. FR. LENZ, Plön, (Stratiomyidae);
Dr. K. MAYER, Greifswald, (Culicoides);
Dr. CH. MEYLAN, St. Croix, (Moose);
Dr. F. PAGAST, Königsberg, (Chironomiden: Diamesa-Gruppe);
Prof. Dr. F. PEUS, Berlin, (Dixidae, Culicidae);
Dr. G. POOL, Zürich, (Oligochaeta);
Dr. W. SCHMASSMANN, Liestal, (Copepoda);
Prof. Dr. A. THIENEMANN, Plön, (Chironoinidae, Ceratopogonidae);
Dr. C. WALTER, Riehen b. Basel, (Hydracarina).

Dank gebührt auch der Direktion der Rhätischen Bahn, welche mir in zuvorkommender Weise jeweilen Freischeine für die Fahrt und das umfangreiche Gepäck zur Verfügung stellte.

Meinen besonderen Dank spreche ich ferner dem Kuratorium der «GEORGES und ANTOINE CLARAZ-Schenkung» in Zürich aus, das durch Gewährung eines namhaften Beitrages die Drucklegung der Arbeit in diesem Umfange ermöglichte.

## Verzeichnis der Abkürzungen.

Im Text und auf den Tabellen und Figuren wurden die folgenden Abkürzungen verwendet:

| | |
|---|---|
| A. | = Abschnitt. |
| Alk. | = Alkalinität. |
| Bew. | = Bewölkung. |
| Ca.H. | = Karbonathärte. |
| Dat. | = Datum. |
| d. H° | = deutsche Härtegrade. |
| Fig. | = Figur, Figuren. |
| G.H. | = Gesamthärte. |
| K. | = Kurven. |
| L.T. | = Lufttemperatur (in Graden Celsius). |
| Min. | = Minimum. |
| Min. b. Nacht | = Minimum bei Nacht (in der vorhergehenden Nacht). |
| in ü. M. | = m über Meer. |
| $O_2$ ccm | = Sauerstoff in ccm/l. |
| $O_2$ % | = Sauerstoff in % des Sättigungsgrades. |
| P. | = Punkt. |
| pH | = Wasserstoffionenkonzentration. |
| S.; Sch. | = Sonne. resp. Schatten. |
| Ser. | = Serie, Serien. |
| S. M. Z. A. | = Schweizerische Meteorologische Zentralanstalt. |
| $SO_4$ | = Sulfatgehalt. |
| Tab. | = Tabelle, Tabellen. |
| W. N. P. K. | = Wissenschaftliche Nationalparkkommission. |
| W.T. | = Wassertemperatur (in Graden Celsius). |
| vergl. S. | = vergl. Seite. |

Abküzungen, die nur vereinzelt zur Anwendung gelangen, werden auf den betreffenden Tabellen selbst erklärt.

olgenden Abkürzun-

).

iuf den betreffen-

# DAS UNTERSUCHUNGSGEBIET.

## I. Topographie und Morphologie.

Die vier in der vorliegenden Arbeit behandelten Quellen entspringen im Schweizerischen Nationalpark bei «Il Fuorn» im «Ofengebiet».

Das «Ofengebiet» im weiteren Sinne umfaßt das Einzugsgebiet der Ova dal Fuorn (Ofenbach). Es wird im Norden durch den scharfen Gebirgskamm des Piz Laschadurella, Piz Ptur, Piz Foraz, Piz Tavrü, Piz Valatscha, östlich durch den Ofenpaß und die Pyramide des Piz d'Aint, im Süden durch die flache Wasserscheide von Jufplaun und den Rundhöcker des Munt la Schera, im Westen durch den Spöl und die Ova Spin begrenzt.

Der Hauptbach, die Ova dal Puorn, entspringt auf dem sumpfigen Plateau von Jufplaun und in den Quellen des ehemaligen Bergbaugebietes am Fop da Buffalora. Er zieht — verstärkt durch die Ova da Val Nüglia und zahlreiche Schotterquellen — zunächst mit geringem Gefälle (2—3 %) — durch das flache, glacial geweitete Hochtal von «Il Fuorn» nach Nordwesten. Dieses nicht nur in morphologischer, sondern auch klimatischer Beziehung eigenartige alpine Hochtal kann als das «Ofengebiet» im engeren Sinne, als «Ofenberg» bezeichnet werden. Es hat eine Länge von etwa 8 km und reicht von der Paßhohe bis zur Einmündung der Ova da Val Ptur. Hier wendet sich der Ofenbach in scharfer Knickung nach Südwesten, umfließt in einem postglacial tiefer erodierten Bett mit stärkerem Gefälle den bewaldeten Rundhöcker der Muottas da Grimels und vereinigt sich etwa 2 km unter dem Zollhaus «La Drossa» mit dem aus der Valle di Livigno stammenden Spöl. Gemeinsam ziehen beide durch eine enge und tief eingeschnittene Schluclit nach Nordwesten. Nach der Einmündung der Ova da Cluoza treten sie in die flache Talsohle des Engadins aus und ergießen sich bei Zernez in den Inn.

Das untere Spöl — und das Ofental bilden mit der flachen Ofenpaßhöhe und dem jenseits davon anschließenden Münstertal eine im Landschaftsbild deutlich hervortretende Furche, welche von Nordwesten nach Südosten quer durch das im übrigen unwegsame Gebiet der zentralen Unterengadiner Dolomiten zieht. Sie verbindet das Engadin mit dem «Alto Adige».

Das «Hotel Parc naziunal Il Fuorn» liegt an der Ofenpaßstraße, 7 km nordwestlich von der Paßhöhe. Seine einstige Bedeutung als Pferdewechselstelle hat es heute eingebüßt; dafür bietet es, als Ausgangspunkt für Touren im Nationalpark jährlich vielen Naturfreunden Unterkunft. Es diente auch mir als Standquartier. Alle 4 Quellen, über welche in der vorliegenden Arbeit berichtet werden soll, sind vom Hotel aus in kurzer Zeit zu erreichen. ein Umstand, welcher der Erforschung derselben sehr zu statten kam.

Botanisch ist das Ofenberggebiet vor allem durch die weite Verbreitung des Mugeto-Ericetum charakterisiert. Dasselbe soll mit seiner Leitform, der Bergföhre (Pinus *mugo)* sei es in der aufrechten, sei es in der Liegenden Form (Legföhre) — nach BRUNIES mehr als die Hälfte des 6655 ha großen Waldareales von Zernez besetzen. Auf der humusreichen Nordseite des Tales wachsen am God dal Fuorn neben Bergföhren auch Arven, Lärchen und vereinzelte Rottannen. Die Waldgrenze rückt am Fuorn — dank der günstigen klimatischen Bedingungen (vergl. S. 276) — ähnlich wie im Wallis bis auf eine mittlere Höhe von 2200 m hinauf.

Die nächste Umgebung des Nationalparkhotels bildet eine Enklave im Nationalparkgebiet, welche infolge alter Grundrechte noch heute bewirtschaftet wird. Die Wiesen werden gedüngt. Im Frühling, wenn sie ergrünen, locken sie Rudel von Gemsen, Rehen und Hirschen an.

Zur weiteren Orientierung über die topographischen, morphologischen und botanischen Verhältnisse sei auf die Blätter 424, 425, 428 und 429 der «Siegfriedkarte» der Schweiz (1 : 50 000), auf die Forstkarten der Gemeinde Zernez (1 : 10 000)' sowie auf die Spezial-Iiteratur (20, 21, 29) verwiesen.

## II. Geologie.

Über die Geologie des Ofengebietes sind 2 grundlegende Arbeiten erschienen: Die ältere, eine «Monographie der Engadiner Dolomiten zwischen Schuls, Scanfs und Stilfserjoch» stammt von A. SPITZ und G. DYHRENFURTH aus dem Jahre 1915 und enthält eine geologische Spezialkarte 1 : 50 000; die jüngere wurde von H. BOESCH im Jahre 1937 veröffentlicht. Sie beschränkt sich auf die zentralen Unterengadiner Dolomiten, also vor allem jenes Gebiet, das im vorhergehenden Kapitel (S. 273) als «Ofengebiet» i. w. S. bezeichnet wurde.

Felspyramiden, scharfe, zackige Gräte, mächtige Geröllhalden, die von den senkrecht aufstrebenden Gipfeltürmen bis weit in die Wälder der Talsohle hinabreichen, geben der Landschaft nördlich von «Il Fuorn» das Gepräge; rundere, sanftere Formen charakterisieren das Landschaftsbild südlich davon.

Die Feststellungen von BOESCH ergaben, daß alle diese Berge des Ofengebietes einer Teildecke der oberostalpinen Deckengruppe, der Scarldecke angehören, und daß deren innere Gliederung in erster Linie durch die «Überfahrung durch die Silvrettamasse» bedingt wurde. BOESCH hat nicht nur dem tektonischen Bau, sondern auch den Beziehungen zwischen der Tektonik und den rezenten Landschaftsformen besondere Beachtung geschenkt, und kommt auf Grund detaillierter Untersuchungen zum Schluß, daß nicht nur das Längstal des Inn, sondern auch der «in höchst eigenwilliger Weise» quer zum oberostalpinen Streichen verlaufende Ofenberg-Münstertalzug tektonisch bedingt ist und in seiner Anlage «auf die letzten Phasen der Gebirgsbildung» zurückgeht, daß er ein «getreues Abbild des Verlaufes der Entwicklungs- und Überschiebungszone der Umbrailphase» darstellt (S. 82). Erst bei den kleineren Einheiten, Seitentälern, Schuttrinnen usw. spielen «neben den strukturellen Einwirkungen* auch «diejenigen der Gesteinsdifferenzen» eine immer größere Rolle (S. 84).

Ein stratigraphisches Sammelprofil durch die Scarldecke zeigt die folgenden hauptsächlichen Schichtengruppen: (Aufzählung von unten nach oben) (15).

**Perm (?):**

*Verrukano:* das stratigraphisch tiefste im Ofenberggebiet aufgeschlossene Glied. Tritt in zwei Haupttypen auf: grünliche Serizitquarzitarkosen und rotviolette, tonigsandige Schiefer. Quarzgehalt groß; Kalkgehalt gering.

Trias:

*Buntsandstein:* geschichtet. Sandsteine, die nach oben kalkiger und durch Kalk-Dolomitlagen und Rauhwacken unterbrochen werden.

*Anisien (Muschelkalk):* Kalke, Dolomite, z. T. Rauhwacken.

*Ladinien (Wetterstein):* Dolomite, oft stark kalkhaltig.

*Carnien (Raiblerschichten):* Dolomite, Mergel, Rauhwacken, Gips. Tonige Schiefer, Sandsteine.

*Norien (Hauptdolomit):* Dolomite.

*Rhät:* Kalke, Tone.

---

Diese Forstkarten wurden mir in zuvorkommender Weise von Herrn Oberförster CAMPELL, Celerina zur Verfügung gestellt, wofür ihm auch an dieser Stelle der beste Dank ausgesprochen sei.

Die Scarldecke wird also — wie die oberostalpinen Decken überhaupt — fast ausschließlich von triasischen Gesteinsschichten aufgebaut; Lias und jüngere Sedimente fehlen wenigstens im Ofengebiet vollständig. (15).

Die kalkarmen Gesteine des Perm (?) und der untersten Trias, der Verrukano und Buntsandstein, sind im Ofenberggebiet vor allem auf der Südseite des Tales auf weite Strecken hin aufgeschlossen: Sie bauen den breiten Sockel der Kuppe des Munt La Schera auf und werden nur in der Gipfelregion von einer Platte Muschelkalk und Wettersteindolomit überlagert, Die Frage, ob die Verrukanomassen am God dal Fuorn (Ursprungsstelle GFQ I) abgesacktes Felssturzmaterial oder stark verwitterter anstehender Fels sind, bleibt dabei unbeantwortet. BOESCH betont, daß ein sicherer Entscheid «durch die starke Überkleisterung mit Moräne und Gehängeschutt» verunmöglicht werde (S. 94).

Der Verrukano und Buntsandstein können unterhalb der Einmündung der Val Ptur auch auf der rechten Talseite nachgewiesen werden, der Muschelkalk und Wettersteindolomit auch östlich der Val Ptur, wo sie die vorgelagerte Kuppe 1923 aufbauen.

Beim Hotel J1 Fuorn» sind dagegen nur die Sedimente der oberen Trias: Raiblerschichten und Hauptdolomit aufgeschlossen. Die stark verwitterten Raiblerschichten geben Anlaß zu den weicheren Geländeformen der Talsohle und der unteren Gehängestufen; der Hauptdolomit formt mit seinen massigen hell- bis dunkelgrauen Quadern nicht nur den hohen Felsabsturz über dem God sur Il Fuorn, sondern auch die Gipfelpyramide des Piz dal Fuorn selbst. Rhät und jüngere Schichten fehlen. Nach der geologischen Karte von SPITZ und DYHRENFURTH wird der von verschiedenen Lawinenzügen durchfurchte, heute überwachsene Steilhang des God sur Il Fuorn von Gehängeschutt (Hauptdolomit-Gerölle) überlagert; stellenweise, und zwar gerade in den Runsen der hier entspringenden Fischweiherquellen wurde aber unter dem Einfluß der Wassererosion und Erdschlipfen der anstehende Pels (Muschelkalk) bloßgelegt.

Die Talsohle selbst ist mit Geschiebe verschiedener Herkunft angefüllt Zwischen dem Hatel «Il Fuorn» und der Einmündung der Val Ftur lassen sich auf der rechten Talseite stellenweise deutlich 3 verschiedenaltrige Alluvionsterrassen unterscheiden, von denen die jüngste bei Hochwasser auch heute noch ausnahmsweise von den Fluten der Ova dal Fuorn überschwemmt wird.

Diese kurze Übersicht zeigt, daß der eigenartige landschaftliche Gegensatz zwischen den Bergen nördlich und südlich der Ofenpaßlinie im geologischen Bau derselben begründet ist. Der Kontrast zwischen dem Kalk-Dolomit-Gebiet im Norden uud dem Verrukano-Gebiet im Süden wird — wie BOESCH hervorhebt — unterstrichen durch die Wasserarmut des ersteren und den Wasserreichtum des zweiten.

Die Dolomitgebiete «gleichen in jeder Beziehung anderen bekannten Kalk-Dolomitregionen». Das ohnehin schon spärliche Niederschlagswasser (vergl. Klima, S. 279) versickert rasch und die «Wasserversorgung wird oft zu einem Problem». Quellen können wir nur dort erwarten, wo tonig-mergelige Schichten die durchliissigen Kalke und Dolomite trennen und längs Scherflächen und Briichen.

Die Verrukano-Kristallin-Gebiete sind dagegen außerordentlich reich an Kluftwässern und Quellen. «Die große Bodenfeuchtigkeit gibt sich sofort in üppiger bodennaher Vegetation zu erkennen, während über der Waldgrenze Sumpf-Moor- und Weideflächen sich ausdehnen.» (Jufplaun) (BOESCH, S. 17).

Die von mir untersuchten Fischweiherquellen gehören alle dem gleichen Quellhorizont an. Sie entspringen nach BOESCH (S. 99) auf der «frontalen Scherfläche der Umbraileinwicklung, die beginnend in der V. Ftur (nördlich von P. 1923) eine ununterbrochene Quellserie über Il Fuorn — V. Chavagl — V. Brüna trägt*. Es sind Kluft-

quellen im weiteren Sinne (vergl. PRINZ), die allerdings z. T. diii-cli Gehängeschutt verschleiert werden.

Die Zugehörigkeit der God dal Fuorn-Quelle der linken Talseite bleibt unklar Die Frage, ob sie — ähnlich wie die Quellen von La Drossa — durch die den Munt La Schera unterschneidenden Scherflächen oder aber — wie die Fischweiherquellen — durch die südöstliche Fortsetzung der frontalen Scherfläche der Umbraleinwicklung bedingt wird. läßt sich iiiclit eindeutig beantworten.

## III. Klima.

An allen untersuchten Quellen wurden bei der Wasserentnahme zu chemischen Analysen stets auch Messungen der Lufttemperatur iiiid des Barometerstandes, sowie Beobachtungen über den Bewölkungsgrad, die Windstärke, die Windrichtung iiiid soweit als möglich auch über die tägliche Sonnenscheindauer durchgeführt. Diese Feststellungen erstrecken sich zwar teilweise über längere Zeitspannen; sie folgen sich aber in unregelmäßigen Abständen. Sie gewähren deshalb zwar Einblick in die zu bestimmten Tageszeiten herrschenden lokalklimatischen Bedingungen, eignen sich aber nicht zu Schlüssen über die allgemeinen meteorologischen Verhältnisse des Untersuchungsgebietes. Diese Messungen iiiid Beobachtungen wurden deshalb zwar bei der Besprechung des thermischen iiiid chemischen Verhaltens der untersuchten Quellen und Quellbäche iiiid in den dazugehörenden Tabellen berücksichtigt; der folgenden Übersicht über das Gesamtklima des Ofenberggebietes wurden dagegen die in Buffalora diii-cli die S. M. Z. A. durchgeführten Messungen zu Grunde gelegt. Das Wegerhaus Buffalora liegt an der Ofenpaßstraße 5 km südöstlich von Il Fuorn. Die Monats- und Jahresdurchschnitte werden in den jährlich erscheinenden Annalen der S. M. Z. A. (7) veröffentlicht. Die Originaltabellen mit den täglichen Eintragungen wurden mir vom Beobachter in Buffalora (O. Waldburger) zur Verfügung gestellt. Wertvolle Hinweise enthalten die jährlichen Berichte der meteorolog. Subkommission der W. N. P. K. *(97)*.

### 1. Bewölkung und Strahlung:

Das ganze Nationalparkgebiet ist durch große Himmelsheiterkeit ausgezeichnet.

Die mittlere jährliche Bewölkung (vergl. Tab. 1) schwankte in den Jahren 1934—37 zwischen 4,4 und 5.1. Sie beträgt im Durchschnitt 4,9. In manchen Monaten sinkt die Bewölkungsziffer bis auf 35—40 % der sichtbaren Himmelsfläche. Das sind Werte, die sich jenen der Mesolcina und des Kantons Tessin nähern, (Braggio: 4,9; San Vittore: 4,0; Locarno: 4,3) und beträchtlich von den Ziffern der Mittel- und Nordschweiz abweichen (Zürich: 6,3; Schaffhausen: 6,5). Die Zahl der heiteren Tage ist dementsprechend groß (Durchschnitt: 88,5); jene der trüben Tage klein (Durchschnitt: 66,5).

Die Sonnenscheindauer beträgt ca. 1800 Stunden; in gewissen Jahren wurden durch den in Buffalora aufgestellten Autographen sogar Werte bis zu 2000 Stunden registriert. Die höchsten Monatswerte liegen normalerweise im August.

Nebel und Gewitter sind selten.

Der Luftdruck ist infolge der Höhenlage (1800—2000 m ü. M.) vermindert und im Zusammenhang damit ist der Gehalt an Kohlendioxyd und Wasserdampf klein. Die Luft ist trocken. Trübungen durch Staub, Bakterien usw. spielen eine geringe Rolle.

Aus allen diesen Tatsachen resultiert die außerordentliche Klarheit und Durchsichtigkeit der Luft und ihre gesteigerte Durchlässigkeit für optische und thermische Strahlen.

**Tab. 1: Mittlere Bewölkung (m. B.).** Zahl der heiteren (h) und Zahl der trüben (t) Tage in den Jahren 1934—1937.

| | 1934 | | | 1935 | | | 1936 | | | 1937 | | | Durchschnittswerte 1934—1937 | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | m. B. | h | t | m. B. | h | t | m. B. | h | t | m. B. | h | t | m. B. | h | t |
| Januar | 3,9 | 9 | 1 | 4,3 | 10 | 4 | 6,3 | 3 | 9 | 3,8 | 11 | 3 | 4,6 | 8,3 | 4,3 |
| Febr. | 1,7 | 21 | 1 | 5,8 | 5 | 9 | 4,6 | 7 | 4 | 6,1 | 2 | 6 | 4,6 | 8,7 | 5,0 |
| März | 6,1 | 4 | 10 | 3,2 | 12 | 2 | 4,6 | 10 | 6 | 5,6 | 2 | 6 | 4,9 | 7,0 | 6,0 |
| April | 5,2 | 4 | 7 | 5,7 | 4 | 6 | 5,6 | 4 | 9 | 5,5 | 4 | 4 | 5,5 | 4,0 | 6,5 |
| Mai | 5,0 | 5 | 6 | 5,4 | 5 | 6 | 5,6 | 3 | 7 | 4,6 | 9 | 7 | 5,2 | 5,5 | 6,5 |
| Juni | 5,0 | 4 | 5 | 3,5 | 10 | 4 | 6,6 | — | 9 | 5,1 | 2 | 4 | 5,1 | 4,0 | 5,5 |
| Juli | 4,0 | 12 | 4 | 3,6 | 8 | 1 | 6,1 | 3 | 9 | 4,2 | 5 | 1 | 4,5 | 7,0 | 3,8 |
| August | 5,6 | 5 | 6 | 5,3 | 6 | 10 | 3,8 | 10 | 1 | 5,2 | 5 | 5 | 5,0 | 6,5 | 5,5 |
| Sept. | 3,7 | 8 | 3 | 2,7 | 14 | — | 5,7 | 4 | 6 | 5,6 | 6 | 9 | 4,4 | 8,0 | 4,5 |
| Okt. | 3,2 | 17 | 4 | 6,6 | 5 | 14 | 4,3 | 10 | 5 | 4,7 | 9 | 6 | 4,7 | 10,3 | 7,3 |
| Nov. | 3,9 | 13 | 3 | 5,6 | 7 | 12 | 4,0 | 9 | 3 | 3,9 | 14 | 6 | 4,4 | 10,7 | 6,0 |
| Dez. | 5,2 | 4 | 6 | 5,6 | 5 | 8 | 3,3 | 16 | 4 | 4,3 | 9 | 5 | 4,6 | 8,5 | 5,8 |
| Jahr | 4.4 | 106 | 56 | 4,8 | 91 | 76 | 5,1 | 79 | 72 | 4,9 | 78 | 62 | 4,8 | 88,5 | 66,5 |

Diese Besonderheiten des Hochgebirgsklimas, sind für die Thermik und damit auch die Biologie der untersuchten Gewässer bedeutungsvoll.

## 2. Temperatur,

In Tabelle 2 sind die mittleren Monats- und Jahrestemperaturen, sowie die Maxima und Minima für die Jahre 1934—1937 zusammengestellt.

Die Tabelle zeigt, daß die mittlere Jahrestemperatur von 0,1° ungefähr der Höhenlage (2000 m ü. M.) entspricht. Die mittleren Monatstemperaturen liegen naturgemäß im Dez., Jan. und Febr. am tiefsten, steigen dann ziemlich rasch bis in den Sommer hinein, erreichen im Juli ihr Maximum und fallen wieder gegen den Herbst und Winter hin. Die Herbsttemperaturen liegen, wie dies im Gebirge allgemein der Fall ist, höher als die Frühjahrstemperaturen. Die tiefste mittlere Monatstemperatur weist mit —13,2° der Januar 1935 auf; die höchste mit 11,0° der Juli 1934. Ein ähnliches Bild ergibt die Zusammenstellung der Minima und Maxima: die tiefsten Temperaturen (bis —29,0°; 1919: —33,4°) werden vom Dezember bis in den Februar hinein gemessen; die höchsten (bis 25,5°; 1919: 26,0°) im Juni, Juli und August. Ausnahmsweise, bei Wetterstürzen, kann das Thermometer allerdings auch im Hochsommer bis auf den Nullpunkt sinken; die Maxima im Winter überschreiten im allgemeinen nicht 5°, eine Feststellung welche für das Verständnis des Temperaturganges im Quellweiher GPQ I bedeutungsvoll ist. Sowohl die täglichen, als auch die jährlichen Temperaturamplituden sind auffallend groß. Die täglichen (24 Stunden) Schwankungen erreichen 20°; die mittleren jährlichen Schwankungen betragen im Durchschnitt (1934137) 20,2°. Die absoluten Jahresschwankungen stiegen im Jahre 1935 bis auf 54,5° (1919 sogar 60°). Diese im Verhältnis zur Höhe über Meer sehr beachtenswerten Temperaturamplituden weisen eindrücklich auf den kontinentalen Klimacharakter des Gebietes hin. Bei den angeführten Werten handelt es sich stets um Schattentemperaturen. Viel größer sind selbstverständlich die Unterschiede zwischen den durch Schattenthermometer und Aktinometer gewonnenen

Tab. 2: Mittlere Monats- und Jahrestemperaturen;
Maxima und Minima in den Jahren 1934—1937.

| | Mittlere Monatstemperaturen | | | | | Minima | | | | Maxima | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 1934 | 1935 | 1936 | 1937 | Mittel 34/37 | 1934 | 1935 | 1936 | 1937 | 1934 | 1935 | 1936 | 1937 |
| Januar. . . . . | — 10,8 | — 13,2 | — 6,7 | — 9,3 | — 10,0 | — 21,0 | — 25,0 | — 21,0 | — 26,0 | 4,5 | 0,2 | 5,0 | 4,8 |
| Februar . . . | — 8,6 | — 8,6 | — 9,4 | — 6,7 | — 8,3 | — 27,0 | — 28,0 | — 29.0 | — 20,0 | 5,0 | 5,0 | 4,2 | 5,0 |
| März . . . . | — 4,7 | — 8,4 | — 4,6 | — 6,3 | — 6.0 | — 21,0 | — 29,0 | — 19,0 | — 20,2 | 7,0 | 8,0 | 7,0 | 7,0 |
| April . . . . | 1,3 | — 2,1 | — 0,9 | — 1,1 | — 0,7 | — 9,0 | — 18,0 | — 15,0 | — 13,2 | 15,0 | 10,0 | 10,0 | 6,0 |
| Mai . . . . | 6,1 | 2,1 | 4,8 | 5,0 | 4,5 | — 4,2 | — 10,0 | — 2,4 | — 4,0 | 17,0 | 17,0 | 16,0 | 20,0 |
| Juni . . . . | 7,8 | 10,0 | 7,6 | 8,8 | 8,6 | 0,0 | 1,4 | — 2.0 | 0,0 | 21,0 | 25,5 | 21,8 | 22,0 |
| Juli . . . . . | 11.0 | 10,6 | 9,6 | 10,5 | 10,2 | 4,2 | 0,0 | 1,0 | 3,0 | 22,0 | 24,4 | 22,0 | 21,0 |
| August . . . . | 8,6 | 9,2 | 9,0 | 8,6 | 8,9 | 0,0 | 0,6 | 2,0 | 2,4 | 20,4 | 20,0 | 24,0 | 21,0 |
| September . . . . | 7,1 | 6,3 | 6.1 | 5,3 | 6,2 | 0,0 | — 5.0 | — 5,0 | — 2,0 | 20,2 | 19,8 | 21,8 | 20,0 |
| Oktober . . . . | 0,8 | 2,0 | — 2,3 | 1,8 | 0,6 | — 12,8 | — 10.4 | — 16.4 | — 9,0 | 16,0 | 18,2 | 14,0 | 15,0 |
| November . . . . | — 7,1 | — 4,3 | — 5,3 | — 5,7 | — 5,6 | — 20,0 | — 21,0 | — 18,0 | — 19,8 | 5,0 | 7,0 | 4.0 | 10,0 |
| Dezember . . | — 6,1 | — 10.3 | — 8,9 | — 11,7 | — 9,3 | — 19,4 | — 26,0 | — 20,4 | — 26,0 | 6,4 | 2,0 | 4,0 | 4,0 |
| Jahr . . . . . | 0,4 | — 0,6 | — 0,1 | — 0,1 | — 0,1 | — 27,0 | — 29,0 | — 29,0 | — 26,0 | 22,0 | 25,5 | 24,0 | 22,0 |

Temperaturwerten. Me lokalen Verhältnisse, vor allem die Lage und Exposition sind deshalb für den Temperaturgang von Luft und Wasser von großer Bedeutung.

### 3. Niederschläge:

Der Nationalpark liegt in seiner ganzen Ausdehnung in jener ausgesprochenen Unterengadiner-Trockenzone, deren jährliche Niederschlagsmenge 100 cm nicht überschreitet. In der Niederschlagskarte von J. MAURER und J. LUGEON (welche sich auf die Jahre 1901—1925 bezieht) wird das Buffaloragebiet ganz von der 90 cm Isohyete umschlossen, während die Umgebung von Il Fuorn mit den von mir untersuchten Quellen gerade noch außerhalb dieser Kurve liegt und somit eine durchschnittliche jährliche Niederschlagsmenge von 80—90 cm besitzt.[1]

Die Ablesungen der Station Buffalora ergaben für die Jahre 1934—1937 die in Tabelle 3 zusammengestellten Werte. Die durchschnittliche Jährliche Niederschlagsmenge beträgt 961 mm. Dieser Wert stimmt also weitgehend mit der Darstellung in der Niederschlagskarte von MAURER und LUGEON überein. Ein Vergleich der Werte der einzelnen Jahre zeigt aber, daß die jährliche Niederschlagsmenge keineswegs konstant ist: Das Jahr 1936 war mit 728 mm außerordentlich trocken, das Jahr 1937 mit 1134 mni weit über den Durchschnitt Mnaus niederschlagsreich, Die höchsten Monatssummen finden wir normalerweise im Sommer (Juli-August). Die täglichen Niederschlagsmaxima übersteigen in den Jahren 1934—37 nie 45 mm (17. 8, 37). Gewitter, wolkenbruchartige Niederschläge sind selten.

Der Höhenlage entsprechend fallen die Niederschläge gemischt, z. T. als Regen, z. T. als Schnee. Tab. 4, in welcher für die einzelnen Monate der Jahre 1934—37 die Zahl der

**Tab. 3: Summe der Niederschläge (S.) und tägliche (24 Stunden) Maxima (M.) in den Jahren 1934—1937.**

| | 1934 | | 1935 | | 1936 | | 1937 | | Durchschnittswerte 1934—1937 | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | S. | M. | S. | M. | S. | M. | S. | M. | S. | M. |
| Januar | 19 | 4 | 33 | 8 | 39 | 10 | 69 | 19 | 40,0 | 10,3 |
| Februar | 29 | 14 | 155 | 30 | 34 | 8 | 102 | 30 | 80,0 | 20,5 |
| März | 60 | 13 | 12 | 5 | 41 | 12 | 131 | 30 | 61,0 | 15,0 |
| April | 60 | 31 | 69 | 35 | 72 | 32 | 22 | 7 | 55,8 | 15,5 |
| Mai | 53 | 8 | 90 | 21 | 77 | 11 | 90 | 22 | 77,5 | 15,5 |
| Juni | 125 | 19 | 28 | 21 | 61 | 9 | 120 | 17 | 83,5 | 16,5 |
| Juli | 95 | 15 | 127 | 40 | 153 | 25 | 108 | 30 | 120,8 | 27,5 |
| August | 197 | 33 | 143 | 33 | 39 | 20 | 138 | 22 | 129,3 | 27,0 |
| September | 59 | 20 | 64 | 16 | 61 | 20 | 171 | 45 | 88,8 | 25,3 |
| Oktober | 49 | 19 | 210 | 45 | 31 | 11 | 106 | 36 | 99,0 | 27,8 |
| November | 106 | 27 | 76 | 30 | 27 | 11 | 17 | 6 | 56,5 | 18,5 |
| Dezember | 49 | 15 | 74 | 26 | 93 | 36 | 60 | 27 | 69,0 | 26,0 |
| Jahr | 901 | 33 | 1081 | 45 | 728 | 36 | 1134 | 45 | 961,0 | |

[1] Das Original dieser Niederschlagskarte, in welchem sowohl das hydrographische Netz, als auch die einzelnen Isohyeten detaillierter eingezeichnet sind, als in der Wiedergabe von FRUEH (54) wurde mir von Dr. LUGEON in zuvorkommender Weise zur Verfügung gestellt. Ich spreche ihm dafür auch an dieser Stelle meinen Dank aus.

Tab. 4: Zahl der Tage mit Schneefall in den Jahren 1934—1937.

| | 1934 | 1935 | 1936 | 1937 | Durchschnittswerte 1934—1937 |
|---|---|---|---|---|---|
| Januar | 7 | 11 | 11 | 11 | 10,0 |
| Februar | 4 | 15 | 7 | 12 | 9,5 |
| März | 12 | 5 | 7 | 15 | 9,8 |
| April | 5 | 8 | 7 | 6 | 6,0 |
| Mai | 2 | 7 | 5 | 1 | 3,8 |
| Juni | 1 | — | 2 | 2 | 1,0 |
| Juli | — | — | — | — | — |
| August | 3 | 1 | — | — | 1,0 |
| September | — | — | — | 3 | 0,8 |
| Oktober | 3 | 6 | 9 | 4 | 5,5 |
| November | 9 | 7 | 6 | 4 | 6,0 |
| Dezember | 8 | 14 | 5 | 12 | 9,8 |
| Jahr | 54 | 74 | 61 | 71 | 65,0 |

Schneetage zusammengestellt ist, zeigt, daß im Ofengebiet in allen Monaten, selbst im Hochsommer, bei Wetterstürzen Schneefälle möglich sind. Die durchschnittliche jährliche Zahl der Schneetage beträgt 65. Das Jahr 1937 zeichnet sich durch eine relativ hohe Gesamtzahl von Schneetagen (71) und 3 Schneetage im Monat September aus. Schneefälle im Sommer beeinflussen den Temperaturgang des Oberflächenwassers stehender Gewässer in entscheidender Weise (vergl. S. 303).

### 4. Windrichtung und Windstärke.

Dem Verlauf des Tales entsprechend herrschen zu allen Jahreszeiten einerseits Süd- und Südost-, anderseits West- und Nordwestwinde vor. Nord- und Südwinde sind selten. Sie gelangen im Ofenberggebiet durch den vorgelagerten Schild des Munt La Schera abgehalten, noch weniger zur Auswirkung als in Buffalora, das auf einem weiten Alluvionsboden und nach Süden, gegen den Jufplaun hin, offen liegt.

Sowohl die Windstärke als auch die Windrichtung wechseln nicht selten in wenigen Stunden. Calmen sind relativ häufig: Ihre Zahl erreicht in manchen Monaten «50 % der Windnotierungen mit fühlbarer Stärke» (MAURER, Bericht 1928).

Die große Bedeutung des Windes für die Wasserschichtung und vor allem den Temperaturgang in Seen und Weihern ist bekannt.

Lokale Verhältnisse, vor allem die Gestalt des Untergrundes und die Pflanzenbedeckung, vermögen sowohl die allgemeine Windrichtung als auch vor allem dessen Stärke weitgehend zu beeinflussen (vergl. S. 297).

### Zusammenfassung:

Das Klima des Ofenberggebietes (und des Nationalparkes überhaupt!) weist ausgesprochen kontinentalen Charakter auf: Die jährlichen Niederschlagsmengen sind auffallend gering (unter 90 cm); die täglichen und jährlichen Temperaturschwankungen sind groß. Im Winter sinkt das Thermometer nicht selten auf —25° (Minima: 1935: —29°; 1936: —29°; 1937: —26°; 1919: —33,4°) und in den Sommermonaten werden an den gleichen

Standorten Schattentemperaturen bis zu 26° gemessen. Die absoluten jährlichen Schwankungen erreichen also 55—60°. Innerhalb von 24 Stunden kommen Schwankungen bis zu 20° vor. Der Bewölkungsstand ist gering (Jahresdurchschnitt 4,9). Die Zahl der heiteren Tage (88,5) und der Sonnenscheinstunden (1800—2000) ist groß. Gewitter und Nebel sind äußerst selten. Die Luft ist trocken. Ihr Gehalt an Wasserdampf, Kohlensaure, Bakterien, Staub ist gering, weshalb die Durchlässigkeit für Strahlen gegenüber dem Flachland gesteigert erscheint. Insolation und Ausstrahlung gelangen zu voller Auswirkung.

Diese klimatische Sonderstellung mitten in der sonst stark befeuchteten Alpenregion verdankt das Untersuchungsgebiet vor allein seiner Lage im Zentrum der Massenerhebung Südostgraubündens, welche auf allen Seiten von hohen Gebirgszügen (Bernina, Silvretta, Ortler) umgeben, und gegen die Einwirkung der feuchten westlichen Winde geschützt ist, ferner seiner Lage am Rande der Südabdachung der Alpen.

Die Vermutung, daß sich diese klimatische Sonderstellung im Temperaturgang der Oewässer des Gebietes widerspiegeln müsse, wurde durch die vorliegenden Untersuchungen bestätigt. Es soll an dieser Stelle aber ausdrücklich darauf hingewiesen werden, daß die geschilderten allgemeinen klimatischen Verhältnisse, die auf Erhebungen in der Station Buffalora der S. M. Z. A. beruhen, zwar in großen Zügen auch auf die Gegend von Il Fuorn bezogen, daß sie aber nicht ohne weiteres auf die einzelnen Quellgebiete übertragen werden dürfen. Standortsverhältnisse, wie die Gestalt und Beschaffenheit des Untergrundes, die Exposition, der Böschungswinkel, die Pflanzendecke usw. bedingen mannigfache Abweichungen von den allgemeinen klimatischen Verhältnissen, sodaß selbst die Lokalklimate benachbarter Quellgebiete bedeutend voneinander abweichen können. So liegt — um ein Beispiel hervorzuheben — der Quellweiher GFQ I am Fuße des steilen Nordhanges des Munt La Schera im Winter vom Morgen bis zum Abend im Schatten dieses Berges, während die am südexponierten God sur Il Fuorn entspringenden Fischweiherquellen täglich während mehreren Stunden von der Sonne beschienen werden.

# DIE UNTERSUCHTEN QUELLEN.

## A. Physiographie.

### DIE GOD DAL FUORNQUELLE I (GFQ I).

#### I. Gliederung des Quellgebietes; topographische, morphologische und botanische Charakterisierung der einzelnen Abschnitte.

Die God dal Fuorn-Quelle I entspringt im Wald des God dal Fuorn, 160 m südöstlich der Straßenbrücke von «Il Fuorn» (P. 1796), 1812 m ü. M.

STEINMANN (138) und THIENEMANN (159) haben die kalten Quellen (Aktratopegen) nach der Art des Wasseraustrittes aus dem Boden in ein System eingeordnet. Sie unterscheiden:

1. Limnokrenen (Tümpelquellen),
2. Rheokrenen (Sturzquellen),
3. Helokrenen (Sumpfquellen).

GFQ I ist eine typische Limnokrene. Das einzige Quelloch liegt am Grunde eines über 2 m tiefen Beckens. Dieses wird also von unten her mit Wasser gefüllt, und der Quellbach bildet sich durch Überlaufen. Oberflächliche Zuflüsse fehlen. Dem Limnokrenencharakter entsprechend, kann das Quellgebiet von GFQ I in 2 Hauptabschnitte geteilt werden:

A. den Quellweiher,
B. den Quellbach.

##### *A. Der Quellweiher:*

Der Quellweiher liegt im Verrukano am Fuß des Nord-Hanges des Munt La Schera, am Grund einer Mulde, welche auf allen Seiten von Wald umgeben ist. Nach Norden gegen die Ova dal Fuorn hin, wird diese Mulde durch zwei vorspringende Waldsporne abgeschlossen, welche nur einen schmalen Durchgang frei lassen (vergl. Fig. 1, 2, 3).

Der Weiher erfüllt nicht die ganze Mulde, sondern nur ihren östlichen Teil. Er ist gegen Norden, Osten und Süden von steilen Hängen umrahmt und nur das Westufer führt über eine flache Bodenwelle in den westlichen Teil der Mulde hinüber, welcher mit Gras bewachsen und stellenweise etwas sumpfig ist.

Diese topographischen Verhältnisse (vergl. Fig. 1) deuten darauf hin, daß der Quellweiher seine Entstehung einer natürlichen Stauung durch Bergsturzmaterial verdankt (vergl. Geologie, S. 276), daß er sich aber ursprünglich auch in den Westteil der Mulde erstreckte, und daß dieser sekundär durch Aufschüttung eines künstlichen Walles trocken gelegt wurde. Da diese anthropogene Beeinflussung von untergeordneter Bedeutung war, muß — wenn vom Quellcharakter abgesehen wird — das Becken von GFQ I als «perennierender Tümpeln oder «Weiher» und nicht als «Teich» bezeichnet werden.[1]

[1] Die FOREL'sche Definition des Begriffes «Weiher» lautet: «Ein Weiher ist ein See ohne Tiefe.» THIENEMANN (159) stellt die Forderung auf, der Begriff «Weiher» sei ausschließlich für flache, nicht austrocknende, natürliche Gewässer zu gebrauchen. während die Bezeiclinung «Teich» auf künstlich geschaffene oder beeiriflußte Wasseransammlungen zu beschränken sei. PESTA (117, 118) unterscheidet vor allem nach der

Der Quellweiher ist heute auf allen Seiten scharf umgrenzt. Er besitzt rechteckige bis ovale Gestalt. Die Oberfläche mißt 62 m². Die größte Länge (Nord-Süd) erreicht 10 m; die Breite (Ost-West) schwankt zwischen 4,8 und 7 m. Die tiefste Stelle (2,4 m) liegt leicht exzentrisch gegen das Ostufer hin, bei P. k (vergl. Fig. 4). Einblick in die Morphologie des Weihergrundes geben die Profile Fig. 5, welche auf Tiefenmessungen mit einer Lotleine beruhen. Alle Profile ziehen durch das Weiherzentrum, das Profil I in südwest-nordöstlicher, das Profil II in nordwest-südöstlicher, das Profil III in nord-südlicher Richtung. Die Profile I und II zeigen übereinstimmend, daß das Ostufer steil und gleichmäßig gegen den Grund hin abfällt, während die Böschung am Westufer und gegen den Ausfluß (P. 2 b) hin geringer und ungleichmäßiger ist. Das Profil III zeigt, daß das Nordufer wie das Ostufer steil abfällt. Eine Sonderstellung nimmt der ganze Süd- und Südwestteil des Weihers ein: Er ist flach (30-40 cm tief) und in Verlandung begriffen. Alle Profile zeigen übereinstimmend, daß am Grunde des Weihers Faulschlamm-Ablagerungen vorhanden sind, welche im Zentrum eine Mächtigkeit von 2,1 m erreichen.

Submerse Phanerogamen fehlen im Quellweiher; die Kryptogamenflora gelangt dagegen zu reicher Entwicklung. Das Zentrum des Weihers, wo die Wassertiefe zur Ansiedlung am Grunde wurzelnder Makrophyten zu groß ist (2,4 m), ist frei von Pflanzen (vergl. Fig. 1 a). Diese unbewachsene ca. 20 m² messende zentrale Zone wird gegen die Ufer hin von einem zusammenhängenden Gürtel von *Chara* contraria A. Br. umschlossen. Die Breite dieses Gürtels wechselt. Die am meisten gegen das Weiherzentrum vorgeschobenen Stöcke wurzeln in einer Tiefe von 1,8 m. Die kalkinkrustierten Stengel und schmalen Blättchen bilden ein engmaschiges, dichtes Netzwerk, das vom Untergrund bis dicht unter den Wasserspiegel reicht. In den oberflächlichen Wasserschichten gelangt in diesem Netzwerk besonders in den Sommer- und Herbstmonaten eine reiche Algen-Flora[2] zur Entwicklung. Zeitweise bedingt der Phytoplanktongehalt eine grünliche Verfärbung des Oberflächenwassers. Die Bedeutung dieser Erscheinung für den Chemismus des Wassers wird an anderer Stelle gewürdigt (vergl. Sauerstoffgehalt und Salzgehalt S. 319 und S. 331).

Bereits in der Tiefe von 30-40 cm treten im Maschenwerk der *Chara* andere

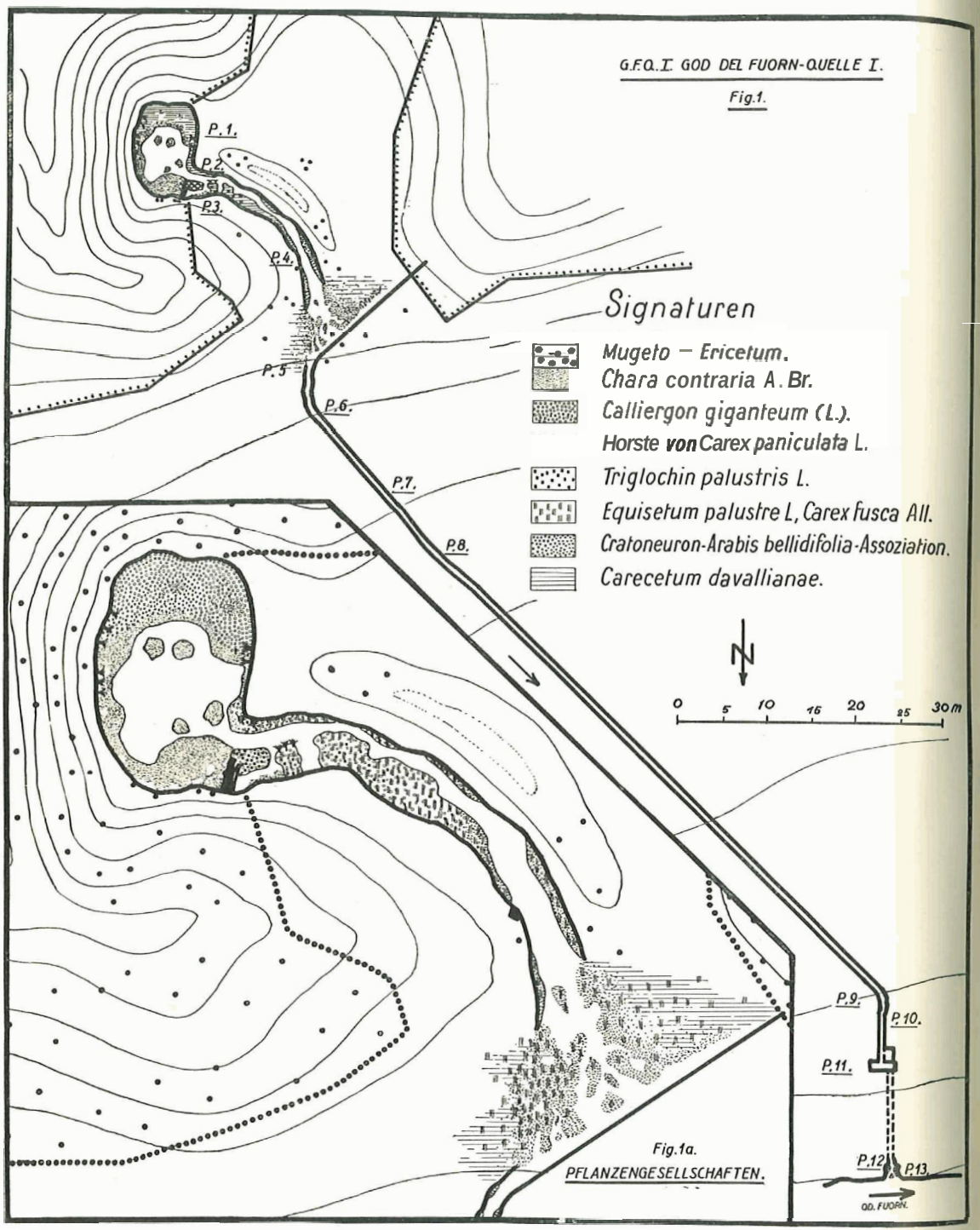
---

Oberflächenausdehnung: «Kleinseen» — «Perennierende Tümpel» — «Lachen» (Pfützen). in einer Übersichtstabelle, in welcher PESTA 27 Kleingewässer aufzählt, werden auch noch solche, deren Oberfläche 30 × 40 m und deren Tiefe 150—200 cm erreicht, zur Kategorie der «Tümpel» gerechnet.

Der Begriff «Weiher» und aperennierender Tümpel» decken sich also: beides sind natürliche, stehende, nicht austrocknende Wasseransammlungen, die sich durch relative Kleinheit und geringe Tiefe von «Kleinseen» und eigentlichen Seen unterscheiden. PESTA fügt bei, daß sie in der Regel auch noch durch das Fehlen eines sichtbaren Zu- und Abflusses gekennzeichnet sind. Eine scharfe Abgrenzung der einzelnen Typen ist nicht möglich.

[2] Die Bestimmung einiger Proben durch Dr. HUBER-PESTALOZZI ergab folgende Gattungen und Arten:

1. *Synechocystis* spec.
2. *Nostoc* spec. (ev. auch *Anabaena* oder *Pseudanabaena*),
3. *Lyngbya* spec. (wohl *Kützingii* Schmidle).
4. Diatomeen.
5. *Oocysfis solitaria* Wittrock.
6. *Oocystis* spec.
7. *Oedogonium* spec. sterilis.
8. *Cosmarium tetraophthalmum* Bréb.
9. *Cosmarium* spec.
10. *Zygnema* spec. sterilis.
11. *Spirogyra* spec. sterilis.
12. *Mougeotia* spec. sterilis.




**Pig. 1.** *GFQ I: Übersichtskroki des Quellweihers und Quellbaches.*
*P.* = **Punkt; Aequidistanz:** ca. 2 **m.**

Fig. 1a: *GFQ I: Quellweiher, Oberlauf und Quellausweitung: die Pflanzengesellschaften.*
Aequidistanz: ca. 2 m.

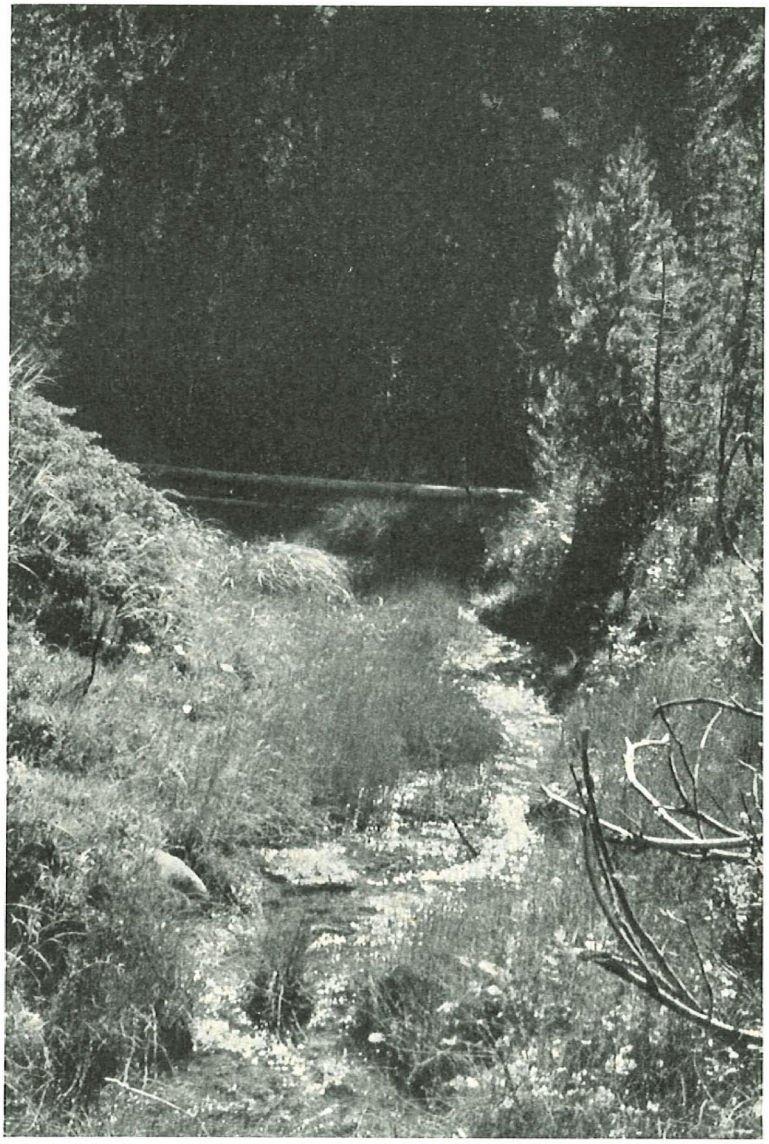


Fig. 2. *GPQ* I: *Der Oberlauf des Quellbaches im Sommer.* Das Wasser fließt plätschernd in einer schmalen, leicht eingetieften Rinne zu Tal. Das Gefälle ist noch gering. Am rechten Ufer Rasen von *Calliergon* und *Cratoneuron* durchsetzt von *Triglochin, Carex fusca* und *Equisetum.* Im Hintergrund der Quellweiher, umrahmt von steilen, bewaldeten Hängen. An der Grenze zwischen Weiher und Quellbach am rechten Ufer ein Horst von *Carex paniculata.*

Algen auf: Eine *Phormidium*-Art (wahrscheinlich *subcapitatum* Boye-Pet.) herrscht vor. Ihre lebhaft blaugrünen Lager treten zunächst vereinzelt auf; weiter gegen den Grund hin, bilden sie jedoch über die gebleichten, meist abgestorbenen und halb verfaulten Stengel der Chara, sowie das dazwischen angehäufte Detritus-Material eine zusammenhängende Haut.[3]

Gegen den Chara-Gürtel dringt von den Ufern Calliergon giganteum (L.)" vor, ein Moos, das in dichten Rasen gedeiht und nur wenig über den Wasserspiegel herausragt. Im Gegensatz zur Chara zieht sich *Calliergon giganteum* nicht in einem geschlossenen Gürtel um den ganzen Quellweiher herum; es gelangt nur dort zur Entwicklung, wo die Wassertiefe 35–40 cm nicht überschreitet, also vor allem in der Verlandungszone im Süd- und Südwestteil des Weihers. Hier dringt es weit gegen das Weiherzentrum hin vor, sodaß der Chara-Gürtel stark eingeengt wird. Auf der Westseite des Weihers gedeiht Calliergon *giganteum* nur in einem isolierten Polster in der Nähe des Ausflusses, auf der Ostseite zieht es als schmaler Streifen dem Ufer entlang. Am steilen Nordost- und Nordufer fehlt das Moos vollständig: Hier erreicht der Chara-Gürtel eine Breite von über 1½m.

Am Westufer und vor allem am steileren Ostufer gedeihen vereinzelte Horste von Carex *paniculata,* die von *Crepis* paludosa, Tussilago farfara, *Bellidiastrum Michelii* durchsetzt sind. Das Wurzelwerk bietet mit den halbverfaulten Blättern die ins Wasser hineinhängen, zahlreichen Wassertieren willkommenen Unterschlupf.

Nahe beim Ausfluß stehen einige kümmerliche Weidenbüsche (Salix *nigricans).*

Die steilen Hänge, welche den Quellweiher auf der Nord-, Ost- und Südseite umrahmen, weisen wohl infolge der starken Neigung, die zu Erdrutschen Anlaß gibt, nur eine lockere Vegetationsdecke auf, die als Fragment des in der weiteren Umgebung wohlentwickelten Mugeto-Ericetum gewertet werden muß. Die jungen (3—5 m hohen) Bergföhren *(Pinus* mugo) dringen an diesen Hängen bis in Weihernähe vor (Fig. 2, 3). Am Nordufer, wo die Wurzeln im lockeren Erdreich nur ungenügenden Halt finden, neigen einige derselben ihre Kronen tief über den Wasserspiegel hinab und beschatten dadurch den nordöstlicheii Teil des Weihers, der sonst — neben dem Ostufer — am stärksten der Sonne ausgesetzt wäre (Bedeutung dieser Beschattung vergl. S. 309, 318).

Der Untergrund des Weihers gibt sich im pflanzenfreien Zentrum dank der Durchsichtigkeit des Wassers in allen Details zu erkennen. Die stellenweise über 2 m mächtigen, tiefschwarzen Faulschlammablagerungen (vergl. Profile, Fig. 5) werden von einer wenige mm dicken oberflächlichen helleren Oxydationsschicht verdeckt. Im Schlamme selbst konnten in einer Tiefe von 40–50 cm neben zahlreichen Schalen von Diatomeen und Ostracoden Bakterienformen nachgewiesen werden, die «wenigstens morphologisch mit Microspira *desulfuricans* Übereinstimmen* (Düggeli). Auf der Schlammoberfläche, sowie auf halbverfaulten Stämmen und Ästen am Grunde des Weihers breiten sich gelbgrüne bis olivfarbene Lager von Schizophyceen[5] aus, die ihrerseits vom

[3] Die Determination von Dr. Huber-Pestalozzi ergab für diese Tiefe außerdem eine *Nostoc*-Art.

[4] Moos-Proben, die durch Dr. Meylan bestimmt wurden, enthielten ferner: Acrocladium *cuspidatum* (L.).

[5] Die Bestimmung einiger Proben durch Dr. Huber-Pestalozzi ergab folgende Gattungen und Arten:
1. *Oscillatoria tenuis* Agardh.
2. *Phormidium molle* (Kützing) Gomont var. tenuior W. et G. S. West.
3. Diatomeen (z. B. *Pinnularia*), vereinzelt.

unregelmäßigen Netzwerk der weißen Fäden einer Beggiatoa-Art durchzogen werden. Stellenweise fluten diese Lager — durch Gasblasen oder wühlende Frösche losgerissen — in münz- bis tellergroßen Fetzen frei im Wasser, oder sie treiben, durch die Gasblasen emporgehoben, an der Weiheroberfläche. Rings das Quelloch gedeihen am Grunde bis 50 cm lange Büschel einer feinfädigen Grünalge: Ulothrix subtilissima Rabenhorst. Sie werden durch das einströmende Wasser ständig in flutender Bewegung gehalten.

Die *Beggiatoa-Fäden* fehlen auf der Schlammoberfläche auch in der Uferzone nicht; sie werden hier aber vor allem durch Chromatium Oekenii, eine Schwefel-führende Purpurbakterienart ersetzt, die zeitweise so massenhaft auftritt, daß die Schlammoberfläche und das Wasser im Maschenwerk der halbverfaulten Chara-Bestände eine weithin sichtbare violettrote Färbung erhält. Diese *Chromatium*-Ansammlungen sind stets lokalisiert. Sie fehlen am Grunde des Weihers und gelangen auch in den Moospolstern des Süd- und Südwestufers nie zu solcher Entwicklung wie zwischen den Chara-Beständen des Nordwestufers und der Stillwasserbucht 2 a (vergl. Fig. 4 und S. 289).

## *B. Der Quellbach:*

Der Quellweiher geht in seiner Nordwestecke unvermerkt auf breiter Front (3,6 m) in den Quellbach über.

Die Länge des ganzen Quellbaches beträgt 148 m; das absolute Gefälle (d. h. die Höhendifferenz zwischen dem Weiher und der Einmündung in die Ova dal Fuorn): 15,7 m; das durchschnittliche Gefälle: 10,6 %.

Das Gefälle ist nicht gleichmäßig. Die Gliederung des Quellbaches in Abschnitte (A. I—A. XI) erfolgte in erster Linie auf Grund der Gefällunterschiede; denn der Grad des Gefälles wirkt sich indirekt — durch Beeinflussung der Strömungsgeschwindigkeit — auch auf die meisten übrigen ökologischen Faktoren aus (vergl. Fig. 1 und 8). Die Grenzen der einzelnen Abschnitte wurden durch Punkte (P. 1—P. 13) bezeichnet. Nach gemeinsamen Merkmalen, welche verschiedenen Abschnitten, trotz wechselndem Gefälle, einheitliche Gepräge verleihen, wurden folgende Hauptabschnitte unterschieden:

Ausfluß,
Oberlauf,
**Quellausweitung (= Moosfläche),**
**Wiesengraben,**
Unterlauf,
**Mündungsstrecke.**

Eine Übersicht uber die gesamte Gliederung des Quellbaches gibt Tabelle 5, in welcher neben den Hauptabschnitten, Abschnitten (A.) und Punkten (P.) auch die Distanzen (gemessene und Horizontalprojektionen), das Gefälle (in Graden und %), sowie die Höhendifferenzen zwischen je zwei aufeinanderfolgenden Punkten enthalten sind.

### Der Ausfluß (*A. I*, zwischen P. 2 und P. 3):

Der «Ausfluß» stellt nicht nur in topographischer, sondern auch in chemisch-physikalischer und biologischer Hinsicht ein Bindeglied zwischen dem Quellweiher und Quellbach dar. Seine Länge beträgt 4 m, seine Breite schwankt zwischen 3,6 m (gegen den Weiher hin) und 2,0 m (bei P. 3). Das Gefälle ist noch sehr gering (ca. 1° = 1,8 %) und weil das Wasser zudem durch die bei P. 3 eng

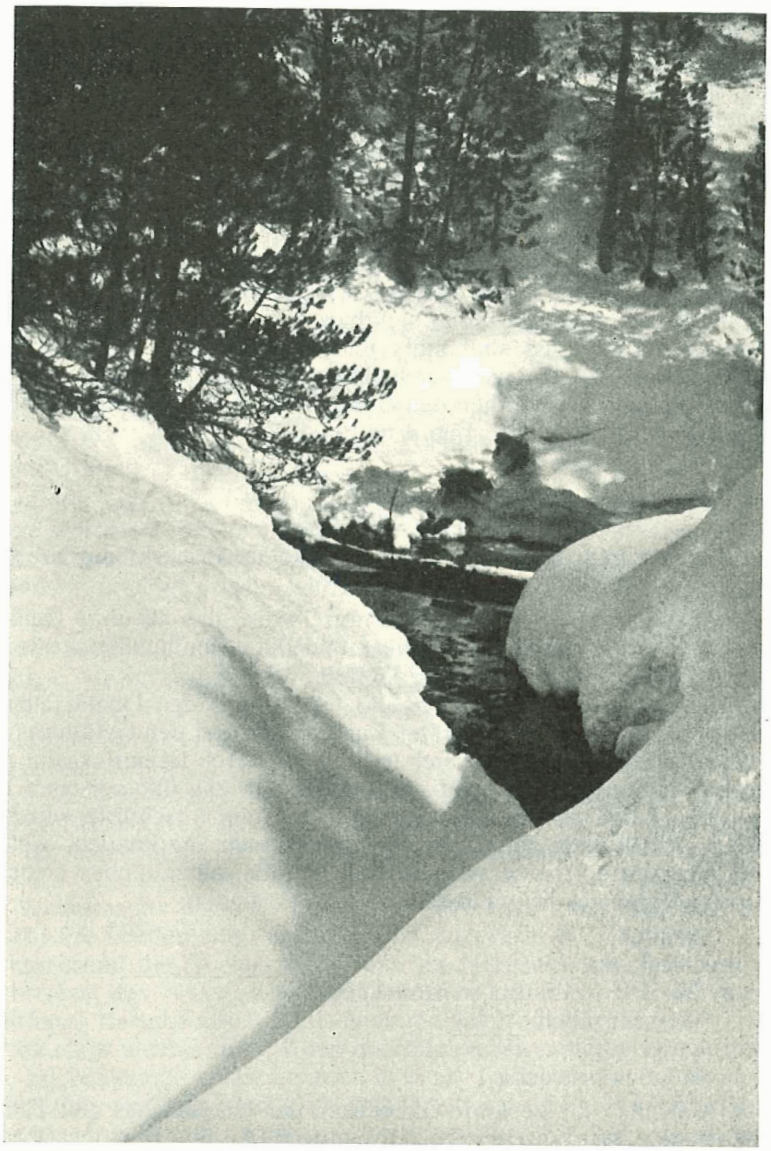


**Fig. 3. GFQ I:** ***Der Quellweiher und Ausfluß im Winter (März).***
**Das Zentrum des Weihers ist schneefrei. Das Ost- und Nordufer wird zu dieser Jahreszeit wieder von der Sonne beschienen. Einer der Baumstämme, die zur Erleichterung der Untersuchungen quer über den Weiher gelegt wurden, ist deutlich zu erkennen.**

ärz).
fer wird
r Baum-
ber den

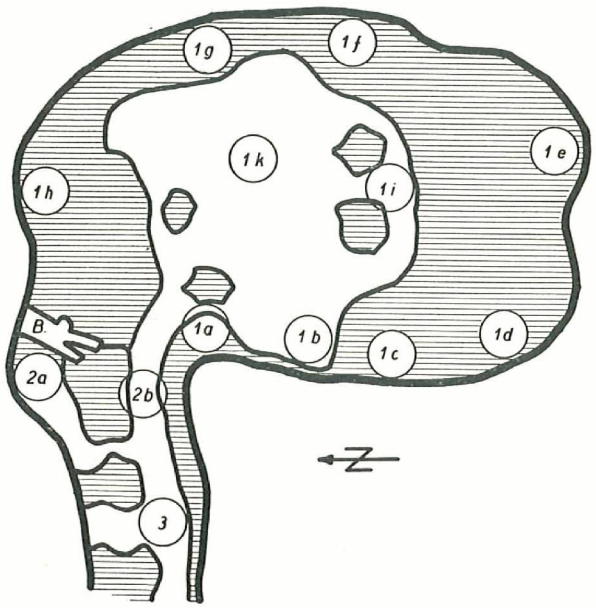



Fig. 4: *GFQ I: Die Untersuchungsstellen an der Oberfläche von Qnellweiher und Ausfluß.*

**P. 1 a—P. 1 k** : **Quellweiher.**
**P. 2 a, 2 b. 3** : **Ausfluß.**
**B** : **Baumstrunk, der** vom **Nordufer ins Wasser hineinragt.**
**schraffiert** : **mit Pflanzen bewachsen.**
**nicht schraffiert** : **pflanzenfrei.**

zusammenschließenden Moospolster leicht gestaut wird, und noch eine Tiefe von 25—40 cm erreicht, kann die Strömung kaum wahrgenommen werden (vergl. Messungen S. 298). Der Untergrund ist deshalb noch von einer bis 50 cm mächtigen Faulschlammschicht bedeckt. Auf dieser gelangen, wie in der Uferzone des Weihers, vereinzelte Fäden von Beggiatoa zur Entwicklung. An der Grenze zwischen Weiher und **«Ausfluß»** ragt vom Nordufer ein knorriger Baumstrunk in das Wasser hinein **(vergl.** Fig. 1 a). Um diesen herum gedeiht mitten im **«Ausfluß»** — wohl dank einer leichten Bodenerhebung — ein etwa 1 m² großes isoliertes, rechteckiges Polster von Calliergon ***giganteum*** (L.), das aber — im üegensatz zu jenen des **Quelltümpels** (vergl. S. **286)** — dicht mit Carex fusca und ***Triglochin palustre*** (Dreizack) durchsetzt ist. Dieses Polster wird in Zukunft kurz als «*Calliergon-Triglochin*-Polster» bezeichnet. **Gegen** den Weiher **hin** grenzt es an die ausgedehnten Chara-Wiesen des Nordufers. Die Grenze ist scharf, da an dieser Stelle der Untergrund unvermittelt um 40 cm fällt. Auffallend ist der Umstand, daß das «*Calliergon-Triglochin*-Polster» sich zwar an den erwähnten ins Wasser ragenden Baumstrunk anlehnt, daß es sich aber nicht bis zum Nordufer des **«Ausflusses»** ausdehnt, sondern an diesem Ufer eine etwa 1—1½ m² große seichte Stillwasserbucht (P. 2 a) von der Hauptwasserader (P. 2 b—P. 3) abschnürt. In dieser Stillwasserbucht gedeihen auf **Faulschlamm**ablagerungen kümmerliche Chara-Pflänzchen, sowie — wie bereits erwähnt (vergl. S. 287) — ***Chromatium-Oekenii.*** Weiter talwärts folgt am Nordufer des

**Tab. 5: GFQ I: Die Gliederung des Quellbaches in Hauptabschnitte, Abschnitte und Punkte.**

**a = gemessene Distanz;**
**b = Horizontalprojektion;**
**c = Gefälle in Graden;**
**d = Gefälle in %;**
**e = Höhendifferenzen zwischen 2 Punkten.**

| | | | a | b | c | d | e |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | P. 2 | | | | | |
| „Ausfluß“ | A. I | | 4,0 | 4.0 | 1 | 1,8 | 0.07 |
| „Oberlauf“ | A. II | | 11,0 | 11,0 | 2 | 3,5 | 0,4 |
| „Quellausweitung (Moosfläche)“ | A. III | | 9,0 | 8,9 | 7 | 12,3 | 1,1 |
| | | P. 5 | | | | | |
| | A. IV | | 11,0 | 10,6 | 15 | 26,8 | 2,9 |
| | | P. 6 | | | | | |
| | A. V | | 11,0 | 10,9 | 4 | 7,0 | 0,8 |
| „Wiesengraben“ | | P. 7 | | | | | |
| | A. VI | | 12,0 | 11,9 | 8 | 14,1 | 1,7 |
| | | P. 8 | | | | | |
| | A. VII | | 64,0 | 63,9 | 4 | 7,0 | 4,5 |
| | | P. 9 | | | | | |
| | A. VIII | | 3,0 | 2,5 | 35 | 70,0 | 1,7 |
| | | P. 10 | | | | | |
| „Unterlauf“ | A. IX | | 6,0 | 6,0 | 3 | 5,3 | 0,4 |
| | | P. 11 | | | | | |
| | A. X | | 10,0 | 10,0 | 3 | 5,3 | 0,5 |
| | | P. 12 | | | | | |
| „Mündungsstrecke“ | A. XI | | 3,0 | 2,5 | 35 | 70,0 | 1,7 |
| | | P. 13 | | | | | |

«Ausflusses» ein zweites *Calliergon*-Polster, das sich ebenfalls an der Abschnürung der Stillwasserbucht beteiligt, aber im Gegensatz zum ersten bis zum Ufer reicht, stärker verfestigt und wohl im Zusammenhang damit durch das Auftreten von *Equisetum* palustre und das Zurückweichen von *Triglochin* gekennzeichnet ist. Gegen die Hauptwasserader hin gedeihen einige Horste von Car*ex paniculata* (vergl. Pig. 2). Dieses zweite Polster wird künftig als «*Calliergon-Carex paniculata*-Polster» bezeichnet. Dem steileren Südufer des «Ausflusses» folgt ein schmaler Streifen von *Calliergon* und *Equisetum*. Er zieht sich bis in die Gegend von P. **4** hin.

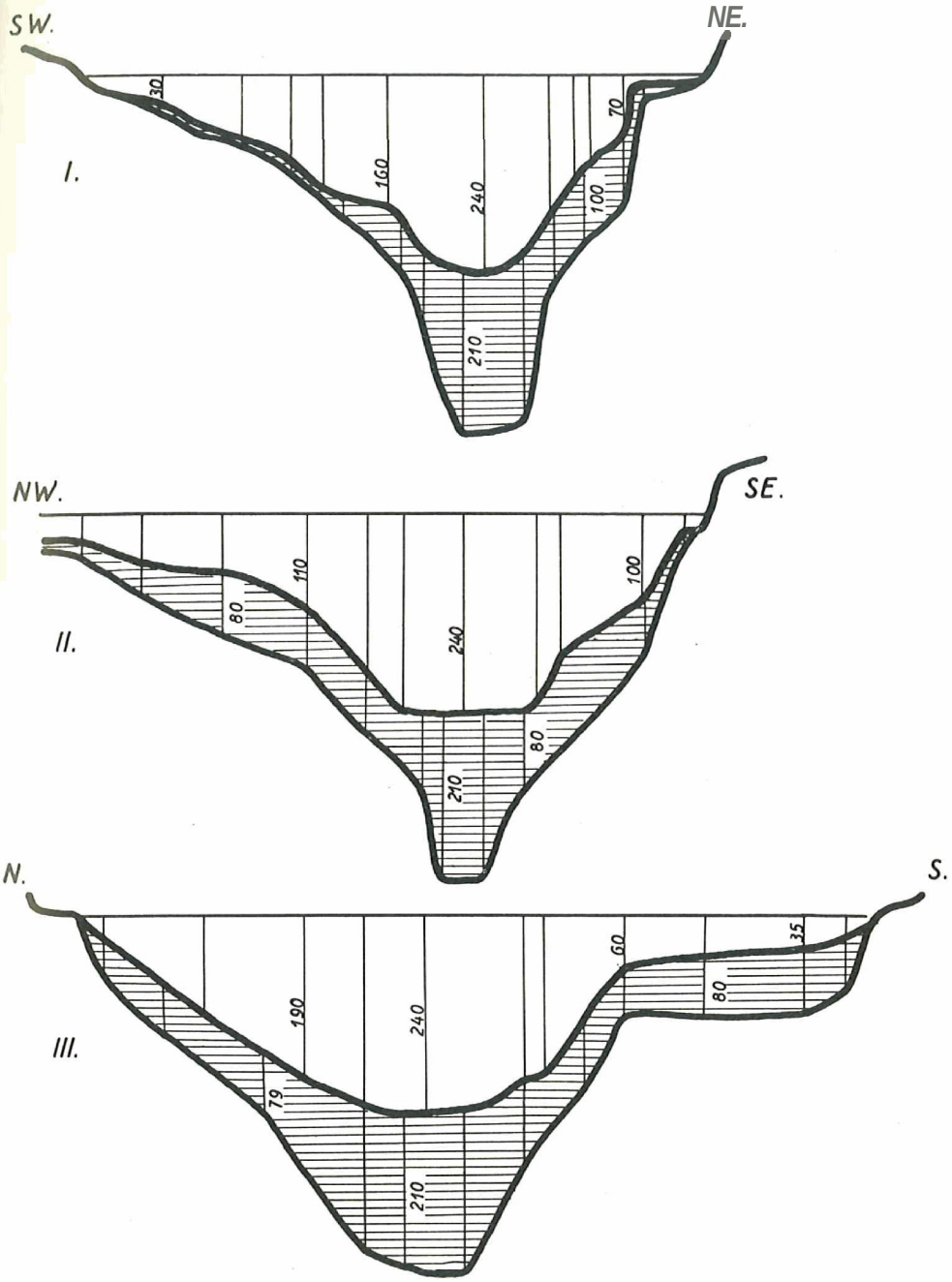



Fig. 5. *GFQ I: Profile durch den Quellweiher.*
I: von Südwesten (SW) nach Nordosten (NE);
II: von Nordwesten (NW) nach Südosten (SE);
III: von Norden (N) nach Süden (S).
schraffiert: Schlammablagerungen.
Die Tiefen sind in cm angegeben.

Der Oberlauf (*A. II*, zwischen P. 3 und P. 4):

Der «Oberlauf» folgt in nordwestlicher Richtung dem Fuß des von Osten vorspringenden Waldspornes. Nach Südwesten, gegen den heute trockenen Teil der Weihermulde hin (vergl. S. 282), ist er durch einen künstlich aufgeschütteten Wall abgedämmt.

Seine Länge beträgt 11 m; seine Gesamtbreite im Durchschnitt 1,8 m. Das Gefälle ist etwas größer als in A. I (Durchschnitt 2° = 3,5 %): Das Wasser fließt plätschernd in einer sclimalen, leicht eingetieften Rinne über kiesig-sandigen Untergrund (Verrukano) zu Tal und wirkt drainierend auf die angrenzenden Moospolster des Nord- und Ostufers (vergl. Fig. 1 a, 2 und 6). Im oberen Teil von A. II dominiert noch Calliergon giganteum neben Carex fzasca und den letzten vereinzelten *Triglochin;* im unteren Teil treten dagegen — zuerst dicht an der offenen Wasserader — bereits Cratoneuron und mit ihm andere Vertreter der für den folgenden Abschnitt charakteristischen Cratoneuron — Arabis *bellidifolia*-Assoziation auf. In bezug auf die Makrophyten bildet der «Oberlauf» also eine Übergangszone zwischen dem «Ausfluß» und der «Quellausweitung» (A. III). Dies ist nicht der Fall hinsichtlich der Algen und besonders der Schwefelbakterien. *Beggiatoa* und *Chromatium* fehlen vollständig. An ihrer Stelle gelangt eine *Thiothrix*-Art zu üppiger Entwicklung. Sie überzieht nicht nur die Kiesel des Untergrundes, sondern auch die Mooszweige und *Equisetum*-Halme, die in die Hauptwasserader hineinragen und in der Strömung fluten, mit einem dichten flockigen, rein weißen Belag. Dicht unter P. 3, wo das Gefälle, und deshalb auch die Stromgeschwindigkeit am intensivsten ist (vergl. S. 299), werden durch einige aus dem Wasser ragende Steine kleine schäumende Strudel verursacht. Hier gesellen sich zu Thiothrix fädige Büschel von *Stigoclonium* spec.,[6] welche mit ihrer frisch gelbgrünen Farbe einen eigenartigen Kontrast zum Weiß der Schwefelbakterien und der rostroten Tönung des Substrates bilden. In den flachen Schlenken der Uferregion fallen zwischen den Moospolstern flockige Eisenockerablageriingen auf, deren Ausfällung durch Eisenbakterien gefördert wird?

Die *Quellausweitung* (= *Moosfläche,* A. *III, zwischen* P. 4 *und* P. 5):

Unterhalb von P. 4 weitet sich der Quellbach besonders nach Westen hin zu einem dreieckigen, etwa 15 m² messenden Quellsumpf aus. Die durchschnittliche Neigung beträgt 7° (= 12,3 %); das Gefälle ist aber nicht gleichmäßig: Schwach versinterte Moospolster, über welche das Wasser sprudelnd niederplätschert, werden von kleinen Auswaschungsbecken und flachen Strecken abgelöst. Der Quellbach teilt sich in zahlreiche Rinnen und Adern (vergl. Fig. 1, 1 a und 7).

*Calliergon* giganteum, das in A. I und A. II dominierte, ist vollständig verschwunden; an seiner Stelle gelangt Cratoneuron *falcatum* und *commutatum* zu üppiger Entwicklung und mit diesem Moos stellen sich eine Reihe von Phanerogamen ein, welche diese Pflanzengesellschaft als Fragment der *Cratoneuron*-Arnbis bellidifolia-Assoziation charakterisieren.[8]

Auf der Ost- und vor allem der flacheren Südwestseite wird der Untergrund

---

[6] Die Bestimmung einiger Proben durch Dr. HUBER-PESTALOZZI ergab folgende Gattungen und Arten:
*Lyngbya* spec.
zahlreiche Diatomeen wie: Ceratoneis *arcus* Kütz., *Navicula* spec., *Cymbella* spec., *Epithemia* spec.

[5] Bestimmt wurde: *Leptothrix (Chlamydothrix) ochracea* Kützing.

[8] *Agrostis alba* L., *Tussilago farfara* L., *Bellidiastrum Michelii* Cass., *Juncus alpinus* Vill., Carex *fusca* All., *Equisetum palustre* L., *Drepanocladus intermedius* (Lindbg.).

**Fig. 6. GFQ I:** ***Der Oberlauf des Quellbaches im Winter (März).*** **Fast 2 m hohe Schneewände reichen bis an die Wasserader heran. Nur stellenweise und vorübergehend kommen Schneebrücken zustande. Im Hintergrund die Weihermulde.**

allmählich trockener: Die *Cratoneuron-Arabis bellidifolia*-Assoziation wird hier durch eine nächstfolgende Successionsstufe, das *Caricetum Davallianae*,[9] abgelöst.

Rostrote Ablagerungen von Eisenocker geben der «Quellausweitung» das Gepräge. Sie durchdringen die Moospolster, überziehen die darin lebenden Insektenlarven, sie erreichen in ruhigen Buchten eine Mächtigkeit von 10—20 cm.

Es unterliegt keinem Zweifel, daß diese «Quellausweitung» den letzten Rest eines ursprünglich viel ausgedehnteren Quellsumpfes darstellt, der vom flachen Westufer des Weihers (vergl. S. 282) her die ganze Waldmulde ausfüllte und nach Norden bis weit in das heutige Wiesengelände von «Il Fuorn» hinausreichte. Durch künstliche Eingriffe (Austiefen des Oberlaufes, Aufschüttung eines Dammes auf der linken Seite des Oberlaufes, Drainagegräben) wurde nicht nur der Westteil der Waldmulde, sondern auch das offene Wiesengelände unter P. 5 nutzbar gemacht. Wann diese Meliorationsarbeiten erfolgten, kann heute nicht mehr mit Sicherheit festgestellt werden. Sie liegen aber — nach Aussagen des Besitzers von «Il Fuorn» — mindestens 35—40 Jahre zurück.

### *Der Wiesengraben (A. IV—A. VII, zwischen P. 5 und P. 9):*

Unter dem Quellsumpf wird das Wasser in einem querverlaufenden Drainagegraben gesammelt und einem geschlossenen Bächlein zugeleitet, welches zunächst mit starkem Gefälle (15° = 26,8 %) aus dem Bergföhrenwald austritt und dann in einem 40 cm tiefen und 30 cm breiten, künstlich ausgehobenen Graben

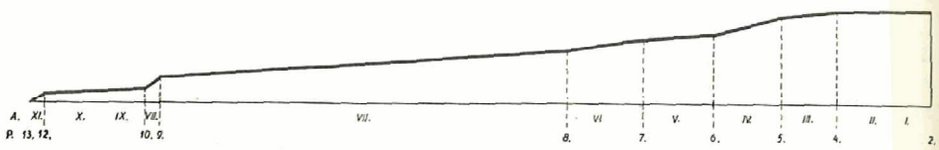



*Fig. 8: GFQ I, Quellbach: Längsprofil.*
*P. 1.—13.* : Punkt 1.—13.
A. I.—XI. : Abschnitt I.—XI. (vergl. S. 290).
Maßstab = 1 : 1200.

durch die Fettwiesen von «Il Fuorn» in nordwestlicher Richtung zu Tale fließt (vergl. Fig. 1). Im unteren Teil dieses «Wiesengrabens» (A. VII) ist das Gefälle klein (4° = 7 %). Der Untergrund ist sandig-erdig, leicht versintert und besonders gegen den Waldrand hin rostrot verfärbt. Stellenweise wird das Wasser durch Steine, Zweige und angeschwemmtes Moos vorübergehend gestaut. Von den senkrechten Ufern des Grabens bröckelt humusreiche Wiesenerde ins Wasser. In diesem vollständig anthropogen veränderten Abschnitt des Quellbaches fehlen natürliche Pflanzengesellschaften.

### *Der Unterlauf (A. VIII—A. X., zwischen P. 9 und P. 12):*

Als «Unterlauf» bezeichne ich die ganze Strecke des Quellbaches zwischen P. 9 und P. 12 (vergl. Fig. 1). Dieselbe ist zwar einheitlich, aber überall so weitgehend künstlich verändert, daß sie nur von geringem biologischem Interesse ist. Bei P. 9 wendet sich der «Wiesengraben» nach Norden: Das gesamte Wasser wird in einem kurzen Rohr gefaßt und stürzt in kräftigem Strahl etwa 3 m tief auf

[9] *Carex Davalliana* Sm., *Blysmus compressus* (L.), *Potentilla recta* L., *Carex panicea* L., *Eriophorum latifolium* Hoppe, *Selaginella selaginoides* (L.) Link.

Fig. 7. *GFQ 1: Die Quellausweitung im Sommer.*
Der Quellbach **löst** sich in zahlreiche Adern auf und bildet einen zirka 15 **m²** großen, geneigten **Quellsumpf.** Sprudelnd und schäumend fließt das Wasser über verschlammte Moospolster zu Tal. Die Strömung ist ungleichmäßig. In ruhigen Buchten und kleinen Tümpelchen sammeln sich flockige Eisenockerablagerungen an. ***Calliergon*** fehlt: die ***Cratoneuron-Arabis bellidifolia*-Assoziation** ist gut entwickelt.

eine Akkumulationsterrasse der Ova dal Fuorn hinab (A. VIII), wo es durch eine offene Holzrinne dem Viehbrunnen zugeleitet wird (A. IX). In den beiden aneinandergefügten Holztrögen dieses Brunnens sammeln sich große Mengen von mitgeschwemmtem Material an: Sand, Schlamm, Moos, aber auch zahlreiche wasser- und landlebende Tierarten, welche aus den verschiedensten Abschnitten des Quellbaches stammen. An diesen Viehbrunnen werden die Rinder von «Il Fuorn» jahraus jahrein zwei Mal täglich aus den jenseits des Hauptbaches liegenden Stallungen über die Brücke zur Tränke getrieben. Das Wasser der Quelle GFQ I sei — so behauptet der Besitzer — den Tieren bekömmlicher als jenes der Quellen der rechten Talseite (vergl. Chemismus). Das Überlaufswasser wird durch einen 10 m langen unterirdischen Kanal (A. X) abgeleitet.

*Die Mündungsstrecke (A. XI, zwischen P. 12 und P. 13):*

Die etwa 15 m breite Akkumulationsterrasse, auf welcher der Viehbrunnen steht, bricht gegen das Bett der Ova del Fuorn hin unvermittelt ab. Sie liegt auf der Prallseite des Baches und wird — besonders bei Hochwasser (Schneeschmelze) — durch Seitenerosion unterspült und immer mehr abgetragen. Der unterirdische Abfluß des Viehbrunnens (auf Fig. 1 punktiert!) mündet dicht unter der Abbruchkante der Akkumulationsterrasse an diesem ca. 3 m hohen Steilhang und stürzt — sich nach der Seite hin ausbreitend — über Gerölle und versinterte Moospolster in den Hauptbach hinunter. Das mittlere Gefälle dieses Abschnittes ist groß (35° = 70 %). Dieser als «Mündungsstrecke» bezeichnete Abschnitt des Quellbaches nimmt eine Sonderstellung ein: Er liegt streng genommen bereits im Bett des Hauptbaches und wird bei Hochwasser — wenigstens in seinem unteren Drittel — von dessen Fluten überschwemmt. Seine Länge wechselt folglich je nach der Wasserführung der Ova dal Fuorn. Sie erreicht bei Niederwasser, im Winter, ca. 3 m. Botanisch weist dieser Abschnitt, durch das Auftreten von *Cratoneuron falcatum* und einigen anderen Vertretern der *Cratoneuron-Arabis bellidifolia*-Assoziation Beziehungen zur «Quellausweitung» auf.

## II. Die Ergiebigkeit und Wasserführung.[1]

Mit den einfachen mir zur Verfügung stehenden Mitteln konnten weder am Grunde noch im Ausfluß quantitative Messungen des ein- resp. ausfließenden Wassers durchgeführt werden.

Dagegen war es bei P. 9, wo der Quellbach ohnehin durch ein Metallrohr geleitet wird, leicht, die Gesamtmenge des durch den «Wiesengraben» abfließenden Wassers zu bestimmen.

Zahlreiche Einzelmessungen ergaben die folgenden Durchschnittswerte:

| | | |
|---|---|---|
| 16. | 3. 37: | 2,10 Sekl. |
| 19. | 5. 37: | 2,34 Sekl. |
| 15. | 9. 37: | 1,78 Sekl. |
| 23. | 12. 37: | 1,98 Sekl. |

Selbstverständlich dürfen diese, 120 m unter dem Quellmund gewonnenen Werte nicht dem effektiven Ertrag der Quelle gleichgesetzt werden. Der durch Verdunstung und Versickerung (bes. im Bereich der Quellausweitung!) bedingte Verlust dürfte nicht unbedeutend sein. Die ermittelten Werte geben immerhin einen Begriff des approximativen Ertrages von GFQ I: sie zeigen, daß derselbe

[1] Methodik vergl. Anmerkung 3, S. 416.

zwar gering, aber konstant ist. Die etwas höheren Mai-Werte sind zweifelsohne auf einfließendes Schmelzwasser zurückzuführen (vergl. Salzgehalt, S. 335). Schwieriger zu deuten ist die durch Messungen in verschiedenen Monaten (März, Dez.) gemachte Feststellung, daß auch die Winterwerte etwas höher als diejenigen des Sommers liegen. Geringerer Wasserverlust durch Verdunstung und Versickerung (Boden gefroren!) dürfte dafür verantwortlich sein. Die Konstanz des Ertrages deutet (gemeinsam mit der Konstanz der Temperatur und des Chemismus) darauf hin, daß GFQ I aus tiefen Erdschichten aufsteigt.

## III. Strömungen.[1]

Die Strömung i. e. S., d. h. die durch die Schwere bedingte Bewegung des Wassers von Berg zu Tal, schafft die Hauptunterschiede zwischen Quellweiher und Quellbach (159).

Strömungserscheinungen i. w. S. fehlen aber auch im Quellweiher nicht.

### *A. Der Quellweiher:*

Es wurde bereits (S. 282) darauf hingewiesen, daß die gesamte Wassermasse des Quellweihers einem einzigen Quelloch, das am Grunde gelegen ist, entstammt.

Dieses Quelloch hat — von der Weiheroberfläche aus betrachtet — die Gestalt eines schmalen, senkrecht im Grundschlamm steckenden Trichters, dessen oberer Rand einen Durchmesser von 20—25 cm besitzt. Es wird gegen den Ausfluß hin teilweise durch einen am Grunde des Weihers faulenden Baumstamm verdeckt. Der Lage des Quelltrichters entsprechend, stößt das Wasser senkrecht aus dem schlammigen Untergrunde auf. Es wird aber nach dem Austritt aus dem Boden durch den erwähnten Baumstamm sofort in zwei Ströme geschieden, von denen der stärkere — nur wenig aus der ursprünglichen Richtung gegen Südosten abgeleitet — fast senkrecht gegen die Weiheroberfläche zieht, während der schwächere in nordwestlicher Richtung, dem Weihergrund folgend, dem «Ausfluß» zustrebt. Feinfädige über ½ m hohe Büschel von *Ulothrix subtilissima* Rabenhorst, die am Trichterrande gedeihen und frei im aufquellenden Wasser fluten (vergl. C. 287), lassen diese Strömungsrichtungen deutlich erkennen. Durch rote Fäden, die am Grunde befestigt wurden, wurde der durch die Algen gelieferte Hinweis bestätigt. Während die fast senkrecht aufsteigende (leicht nach Nordosten abgeleitete) Hauptströmung ihre Entstehung allein der Energie des einströmenden Wassers verdankt, kommt die nach Nordwesten ziehende Nebenströmung unter der Wirkung von Ein- und Ausfluß zu Stande. Die erste soll künftig kurzerhand als Einflußströmung, die zweite als Ausflußströmung bezeichnet werden.

Windstauströmungen spielen in GFQ I kaum eine Rolle. Dank seiner Lage am Grunde einer tiefen allseits bewaldeten Mulde ist der Quellweiher gegen den Einfluß von Winden fast vollständig geschützt. Selbst bei hoher Windstärke war die Weihermulde völlig windstill & die Wasseroberfläche zeigte keine Spur einer Kräuselung. Dieser Umstand ist für das Verständnis der eigenartigen thermischen und chemischen Wasserschichtung im Quellweiher von größter Bedeutung (vergl. S. 319). Analysen und Temperaturmessungen in anderen, offen liegenden Weihern des Nationalparkes ergaben, daß durch Wind-

[1] Methodik vergl. Anmerkung 4, S. 416.

wirkung auch in kleinen stehenden Gewässern intensive Zirkulationsströmungen hervorgerufen werden können.

## *B. Ausfluß und Quellbach:*

Strömungsmessungen wurden nur einmal, im März 1937 durchgeführt, da mir nur dann der Ottflügel zur Verfügung stand. Da aber die Wasserführung relativ konstant bleibt (vergl. S. 297), dürfte auch die Strömungsgeschwindigkeit im Laufe des Jahres nur unbedeutenden Schwankungen unterworfen sein. Etwas höhere als die festgestellten Werte sind einzig im Mai, zur Zeit der Schneeschmelze zu erwarten.

Die ermittelten Durchschnitts-, Maximal- und Minimalwerte sind in Tabelle 6 zusammengestellt.[1]

Tab. 6: **Strömungsgeschwindigkeiten im Quellbach GFQ I.**
A. = Abschnitte; P. = Punkte; D. = Durchschnittswerte;
Max. = Maxima; Mir?. = Minima; Z. = Zahl der Messungen;
G. = Durchschnittliches Gefälle.

| Hauptabschnitte | A. | P. | D. m/sec. | Max. misec. | Min. m/sec. | Z. | Bemerkungen | G. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Ausfluß | I. | 2 - 3 | 0,03 | 0.035 | 0,029 | 7 | Papierschnitzelmethode | 1,8 % |
| | | über 3 | 0,13 | 0,17 | 0,11 | 4 | Ottflügel | |
| Oberlauf | II. | unter | 0,36 | 0,42 | 0,29 | 5 | Ottflügel | 3,5 % |
| Quellausweitung | III. | 4 - 5 | 0,45 | 0,61 | 0,22 | 6 | Ottflügel, Gefälle stark wechselnd | 12,3 % |
| Wiesengraben | IV. | 5 - 6 | 0,76 | 1.21 | 0,25 | 6 | Ottflügel, Gefälle stark wechselnd | 26,8 % |
| | VII. | 8 - 9 | 0,44 | 0.48 | 0,40 | 3 | Ottflügel | 7,0 % |
| Mündungsstrecke | XI. | 12 - 13 | 0,99 | 1,38 | 0,26 | 10 | Ottflügel, Gefälle stark wechselnd | 70,0 % |

Der Tabelle seien folgende erläuternde Bemerkungen beigefügt:

I. *Ausfluß:* Die Strömungsgeschwindigkeit wechselt schon im Bereich des «Ausflusses» trotz seines im übrigen einheitlichen Charakters.

Bei P. 2 versagten Meßversuche mit dem Ottflügel, weil die Energie des strömenden Wassers nicht ausreichte, um die Reibung des Propellers zu überwinden. Die Strömungsgeschwindigkeit zwischen P. 2 und P. 3 wurde deshalb so ermittelt, daß mit einer Stoppuhr, die Zeit bestimmt wurde, welche schwimmende Papierstückchen benötigten, um diese Strecke zurückzulegen. Die gewonnenen Werte beziehen sich auf die Oberfläche und lassen sich selbstverständlich nicht direkt mit den mit dem Ottflügel ermittelten Werten vergleichen.

[1] Bedenken bez. der Brauchbarkeit der ermittelten Werte siehe S. 416.

Dicht über P. 3 waren dagegen bereits Messungen mit dem Ottflügel durchführbar. Die ermittelten Werte liegen sehr tief: Das Wasser gleitet langsam über schlammigen Untergrund dahin.

2. Oberlauf: Die Messungen erfolgten dicht unter P. 3, also dort wo das Gefälle am größten ist (vergl. S. 292). Die Strömungsgeschwindigkeit steigt etwa ums dreifache. Das hat zur Folge, daß hier bereits eine Erosionswirkung zustande kommt; Schlamm fehlt — wenigstens im Bereich der Hauptwasserader — vollständig; der Untergrund ist sandig — kiesig (vergl. S. 292).

3. *Quellausweitung:* Die Differenz zwischen den Maximal- und Minimalwerten ist groß. Das ist darauf zurückzuführen, daß das Gefälle in diesem Abschnitt sehr ungleichmäßig ist (vergl. S. 292). Der Maximalwert von 0,6 zeigt, daß das Wasser stellenweise schon mit ansehnlicher Geschwindigkeit zu Tale strömt.

4. *Wiesengraben:* Ein Vergleich der in A. IV und A. VII ermittelten Werte zeigt, daß die Strömungsgeschwindigkeit im oberen Teil des Wiesengrabens im Durchschnitt viel größer aber auch viel unregelmäßiger ist als im unteren Teil. In A. IV ist die Differenz zwischen den Maximal- und Minimalwerten in Zusammenhang mit dem gestuften Gefälle sehr groß. Stellenweise (Maximum: 1,21) schießt das Wasser in einem engen, stark eingetieften Bett rasch über glatte Steine dahin, um wenige dm darunter in kleinen, aber relativ tiefen Auswaschungsbecken Strudel mit rückläufiger Bewegung zu erzeugen.

5. Miindungsstrecke: Auch in diesem untersten Abschnitt äußert sich das zwar hohe, aber stark wechselnde Gefälle in der großen Differenz zwischen den höchsten und tiefsten Meßergebnissen.

Zusammenfassend kann festgestellt werden, daß die engen Beziehungen zwischen Gefälle und Strömungsgeschwindigkeit — trotz den Mängeln die der Meßmethode anhaften (vergl. S. 416) — in den gewonnenen Werten doch deutlich zum Ausdruck kommen: die Durchschnitts- und Maximalwerte steigen mit zunehmendem Gefälle, während die Minimalwerte — wie zu erwarten war — nicht im gleichen Maße sinken. Tiefe Minima und große Differenzen zwischen den Maxima und Minima deuten auf unregelmäßiges Gefälle hin.

## *IV.* Thermik.[1]

### *A. Die Temperatur im Quellweiher:*

Im Quellweiher *GFQ* I wurden 323 Temperaturmessungen durchgeführt.

I. Messungen in verschiedenen Tiefen im Weiherzentrum *(Vertikalserien):*

In Tabelle 7 sind 24 Temperaturserien zusammengestellt, die im Jahre 1937 im pflanzenfreien Zentrum des Weihers, bei P. k, (vergl. Fig. 4) also senkrecht über dem Quelloch gewonnen wurden.

Die absolute Temperatur (6,5°) des einströmenden Wassers liegt um zirka 6,5° über der Durchschnittstemperatur des Gebietes (—0,1°). GFQ I muß also trotz ihrer relativ tiefen Temperatur als «warme» Quelle bezeichnet werden.

Die jährlichen Temperaturamplituden wurden aus den fest-,

[1] Methodik: vergl. Anmerkung 2, S. 415.

gestellten Maxima und Minima berechnet. Sie sind in Tabelle 7 in der letzten Kolonne enthalten. Sie betragen:

| | |
|---|---|
| am Grund des Weihers: | 0,2°, |
| in 1.7 m Tiefe: | 0,3°, |
| in 1,0 m Tiefe: | 1,0°. |

Das einströmende Quellwasser weist also annähernd konstante Temperatur auf. Der kontinentale Klimacharakter des Ofenberggebietes mit seinen großen täglichen und jährlichen Schwankungen der Lufttemperatur (vergl. S. 277) vermag also den Temperaturgang des Quellwassers nicht zu beeinflussen. Das deutet darauf hin, daß das Quellwasser aus tiefen Erdschichten emporsteigt. Kleine jährliche Temperaturamplituden sind nicht nur für das einströmende Wasser selbst, sondern für die gesamte unter der 1 m Schicht liegende Wasserinasse im Weiher kennzeichnend. Diese soll in Zukunft kurz als «Tiefenwasser» bezeichnet werden.

In den oberflächlichen Wasserschichten betragen die jährlichen Temperaturamplituden:

| | |
|---|---|
| in 40 cm Tiefe: | 2,9°, |
| in 10 cm Tiefe: | 5,2°, |
| in 5 cm Tiefe: | 11,4°, |
| in 2 cm Tiefe: | 18,8°. |

Die Jahresampiituden des Oberflächenwassers sind also groß. Sie nehmen aber schon innerhalb der obersten 40 cm nach der Tiefe hin rasch ab.

Im Zentrum des Weihers lassen sich also nach ihrem thermischen Verhalten zwei Hauptschichten unterscheiden:

1. *das Tiefenwasser,* das annähernd durch Homothermie ausgezeichnet ist,
2. *das Oberflächenwasser,* mit hohen jährlichen Temperaturamplituden und starkem vertikalem Temperaturgefälle.

Im Temperaturgang des Tiefenwassers spiegelt sich der Quellcharakter von GFQ I wider, im Temperaturgang des Oberflächenwassers tritt der Tümpelcharakter von GFQ I in Erscheinung. Die Übergangszone erscheint stark gegen den Wasserspiegel hin verschoben. Die gesamten thermischen Vorgänge sind auf die wenige dm mächtige Oberflächenschicht beschränkt. Der Einfluß des Quellmilieu's überwiegt folglich und zwar vor allem deshalb, weil sich die durchmischende Wirkung der Einflußströmung nicht nur im Tiefenwasser, sondern — wenn auch nur in Spuren — bis zum Wasserspiegel hin auswirkt.

Es ist klar, daß die hohen Temperaturschwankungen des Oberflächenwassers durch den Wechsel von Ein- und Ausstrahlung, der infolne des alpin-kontinentalen Klimacharakters besonders groß ist, bedingt werden. Zu beantworten ist die Frage, ob diese Amplituden jahreszeitlich oder aber durch den täglichen Wechsel von Ein- und Ausstrahlung bedingt sind, d. h. ob die jahreszeitlichen Klirnaunterschiede nachhaltig genug wirken, um den Temperaturgang des Quellweihers wenigstens in seinen Hauptzügen zu regeln, oder ob der Einfluß der Jahreszeifen durch die täglichen Schwankungen verwischt wird.

Die 24 Meßserien des Jahres 1937 sind in Tabelle 7 nach Jahreszeiten in vier Gruppen geordnet und zwar:

| | |
|---|---|
| Gruppe A.: | Frühjahrsmessungen, |
| Gruppe B: | Sommermessungen, |
| Gruppe C.: | Herbstmessungen, |
| Gruppe D.: | Wintermessungen. |

**Tab. 7: GFQ I, Quellweiher: Vertikale Temperaturserien.**

| Serie | Gruppe A. III. | IV. | V. | VI. | VII. | VIII. | ix. | X. | Amplituden im Frühjahr | Gruppe B. XI. | XII. | XIII. | XIV. | XV. | XVI. | Amplituden im Sommer | Gruppe C. XVII. | XVIII. | XIX. | XX. | Amplituden im Herbst | Gruppe D. XXI. | XXII. | XXIII. | XXIV. | I. | II. | Amplituden im Winter | Jahresamplituden |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Datum | 30. 3. 37. | 30. 3. 37. | 31. 3. 37. | 12. 4. 37. | 12.4.37. | 19. 5. 37. | 19.5.37. | 28.5.37. | | 23.7.37. | 23.7.37. | 24.7.37 | 26. 7. 37. | 4. 8. 37. | 4. 8. 37. | | 7. 9. 37. | 7.9.37. | 12.9. 37. | 17. 9. 37. | | 25.12.37. | 25.12.37 | 29.12.37. | 29.12.37. | 16.3.37 | 16. 3.37. | | |
| Zeit | 0715 | 1430 | 0930 | 0810 | 1605 | 0930 | 1510 | 1400 | | 1030 | 1550 | 0800 | 1600 | 0705 | 1510 | | 0815 | 1250 | 1130 | 1435 | | 0900 | 1430 | 0820 | 1415 | 0745 | 1415 | | |
| Bewölkung, S.; Sch. | 2, Sch. | 6, S. | 3, S. | 10. Sch. | 6, Sch. | 3, S. | 4, S. | 0, S. | | 2, S. | 3, S. | 0, Sch. | 9, Sch. | 1 | 0 | | 0 | 1 | 10, Sch. | 10, Sch. | | 7, Sch. | 9, Sch. | 0, Sch. | 0, Sch. | 0, Sch. | 0, Sch. | | |
| Lufttemperatur | - 7,8° | 3° | — | 2° | 6° | 9° | 14° | 22° | | 20° | 25° | 14° | 15° | 7° | 17° | | 6° | 19° | 2,5° | 7° | | - 5° | 0° | - 23° | - 11° | — 14° | - 4° | | |
| L. T. Min. bei Nacht | - 9,5° | — | — | — | — | 2° | — | 3° | | 8° | — | 7° | 3,5° | 2° | — | | 3° | — | - 2° | 4° | | - 10° | — | - 26° | — | — 15° | — | | |
| Niederschläge | — | — | — | Nacht Schnee | — | — | — | — | | — | — | — | Regenschauer | — | — | | — | — | Nacht Schnee | Regen | | | — | — | — | — | — | | |
| Tiefe | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2 cm | 4.2 | 7,1 | 6,3 | 3,5 | 6,7 | 6,5 | 9,4 | 12,3 | 8.8 | 11,4 | 20,0 | 8,0 | 15,5 | 7,5 | 13,3 | 12,5 | 8,2 | 15,0 | 1,2 | 8,5 | 13,8 | 2,1 | 2.3 | 1,9 | 2,1 | 2,0 | 3,1 | 1,2 | 18,8 |
| 5 cm | 4,5 | 6,8 | 6,5 | 4,8 | 6,5 | 6,5 | 8,3 | 10,9 | 6,4 | 9,7 | 13,5 | 8,0 | 10,1 | 7,5 | 10,9 | 6,0 | 8,2 | 12,5 | 2,0 | — | 10,5 | — | 2,6 | 2,1 | 2,2 | 3,4 | 3,5 | 1,4 | 11,4 |
| 10 cm | 5,4 | 6,5 | 6,5 | 5,9 | 6,5 | 6,5 | 7,2 | 8,5 | 3,1 | 8,3 | 9,0 | 7,8 | 8,7 | 7,1 | 8,6 | 1,9 | — | — | 4,6 | 7,3 | ? | — | | 3,8 | 3,9 | 4,3 | 4,3 | 0,5 | 5,2 |
| 40 cm | 6,3 | 6,5 | — | — | 6,5 | 6,5 | 6,5 | 7,3 | 1,0 | 7,1 | 8,3 | 6,8 | — | 6,7 | 7,2 | 1,6 | 7,1 | 7,3 | 5,9 | 6,7 | 1,4 | 5,5 | 5,5 | 5,4 | 5,4 | 5,9 | 5,8 | 0,5 | 2,9 |
| 100 cm | 6,5 | 6,5 | 6,5 | 6,5 | 6,5 | — | 6,5 | 6,7 | 0,2 | — | 6,9 | 6,6 | 6,9 | — | 6,5 | 0,4 | — | 6,5 | — | 6,5 | 0,0 | — | — | 5,9 | 5,9 | 6,5 | 6,5 | 0,6 | 1,0 |
| 170 cm | 6,5 | 6,5 | 6,5 | 6,5 | 6,5 | — | 6,5 | 6,5 | 0,0 | 6,5 | 6,7 | 6,5 | 6,9 | — | — | 0,4 | 6,5 | 6,6 | 6,5 | — | 0,1 | 6,5 | 6.5 | 6,4 | 6,5 | — | 6.5 | 0,1 | 0,3 |
| 240 cm = Grund | 6.5 | 6,5 | 6,5 | 6,5 | 6,5 | 6,5 | 6,5 | 6,5 | 0,0 | 6,5 | — | 6,5 | 6,5 | 6,5 | — | 0,0 | 6,5 | 6,7 | 6,5 | 6,5 | 0,2 | 6,5 | 6,5 | 6,5 | — | 6,5 | 6,6 | 0,1 | 0,2 |

### A. *Frühjahrsmessungen:*

Die als «Frühjahrsmessungen» in der Gruppe A. zusammengefaßten Ser. III—X weisen — trotzdem sie in verschiedenen Monaten. zu verschiedenen Tageszeiten und bei verschiedenen Wetterlagen erfolgten — in allen Tiefeii Temperaturschwankungen auf, die kleiner sind als die jährlichen Amplituden. Die Frühjahrs-Aniplitude (März—Mai) betriigt an der Wasseroberfläche nur 8,8° (Jahresamplitude: 18,8°).

Auch die täglichen (24 h) Schwankungen sind verhältnismäßig Itleiii. Sie betragen aii der Wasseroberfläche wenige Grade.

Abgesehen von Ser. III und VI, die eine Sonderstellung einnehmen, ergaben sämtliche Messungen fiir alle Tiefeii Temperaturen voii mindestens 6,5°, also direktes Temperaturgefälle. Der vertikale Temperaturgradient ist im allgemeinen klein. Es herrscht Tendenz zu Homothermie. Ein Vergleich der Morgen- und Nachmittagsserien des gleichen Tages zeigt, daß die Temperatur des Oberflächenwassers und damit auch das vertikale Temperaturgefälle bei Tag uiiter dem Einfluß der Einstrahlung besonders in den Mittagsstunden regelmäßig steigt, während in der Naclit uiiter dem Einfluß der Ausstrahlung beide wieder sinken. Die Höhe der Nachiiittagstemperaturen (Ser. IV, VII, IX, X) ist direkt voii der Intensität der Insolation abhängig: Bei heiterem Himmel und hoher Lufttemperatur wurden stets höhere Werte ermittelt als bei kaltem, trübem Wetter; die gemessenen Werte steigen auch iiiit fortschreitender Jahreszeit uiiter dem Einfluß des höheren Sonnenstandes, längerer Bestrahlungsdauer iiiid größerem Einfallswinkel der Sonnenstrahlen. Am 30. 3. 37 stieg das Thermometer bei halbbedecktem Himmel (Bewölkung = 6) und einer Lufttemperatur voii 3° in 2 cm Tiefe auf 7,1°, in 5 cm Tiefe auf 6,8°: Das vertikale Temperaturgefälle betrug zwischen 2 uiid 5 cm Tiefe 0,1°/cm. Aiii 12. 4. konnten bei ebenfalls halbbedecktem Himmel und trotz eiiier Lufteiiiperatiir von 6° in den gleicliei Tiefen iiiir Temperaturen von 6,7° (2 cm) und 6,5° (5 cm) gemessen werden, was darauf zurückzuführen ist, daß durch schmelzenden Neuschnee iii der Nacht und am Morgeii eine abnormale Abkühlung des Oberflächenwassers erfolgt war. Am 19. 5. stieg dagegen die Temperatur aiii Nachmittag bei schönem Wetter, eiiier Lufttemperatur voii 14° und uiiter dem Einfluß direkter Sonnenbestrahlung wesentlich höher. Es wurden gemessen: in 2 cm Tiefe: 9,4°; iii 5 cm Tiefe: 8,3°; in 10 cm Tiefe: 7,2°. Der vertikale Temperaturgradient betrug folglich zwischen 2 und 5 ciii: 0.36°/cm und zwischen 5 iiiid 10 cni Tiefe: 0.21°/cm. Am 28. 5. konnten bei wolkenlosem Wetter, eiiier Lufttemperatur von 22° iind intensiver Sonnenbestrahlung in den entsprechenden Wasserschichten sogar Temperaturen voii 12,3° (2 ciii), 10,9° (5 cm), 8,5° (10 cm) festgestellt werden. Der Temperaturgradient stieg folglich zwischen 2 und 5 cm auf 0,46°/cm iiiid zwischen 5 und 10 ciii auf 0,5°/cm. Die Morgentemperaturen (Ser. III, V, VI, VIII) bleiben dagegen bis iii den Mai hinein auffallend tief, was darauf zurückzuführen ist, daß die Gegensätze zwischen Tag und Nacht zu dieser Jahreszeit im Gebirge groß sind; Ein- iiiid Ausstrahlung halten sich ungefähr die Waage. Da aber die Ausstrahlung bekanntlich nur voii der Wasseroberfläche ausgeht, gibt sie zu lokalen Konvektionsströmungen Anlaß, die je nach tleiii Grad der Abkühlung mehr oder weniger weit in die Tiefe reichen und die tagsüber entstandene direkte Schichtung wieder zum Verschwinden bringen. Diese durch den täglichen Wechsel voii Ein- und Ausstrahlung bedingte oberflächliche Teilzirkulation muß selbstverständlich zur Vollzirkulation werden, sobald das gesamte Oberflächenwasser uiiter die Temperatur des Tiefeiiwassers (6,5°) abgekühlt wird. Dieser Fall tritt iiii Frühling, wo iii der Naclit

noch häufig sehr tiefe Lufttemperaturen herrschen (Minima: 1937; März: —20,2°; April: —13,2°; Mai: —4,0°), nicht selten ein. Er äußert sich in vollständiger oder annähernder Homothermie der gesamten Wassermasse in den Morgenstunden (Ser. V, VIII).

Eine Sonderstellung nehmen — wie bereits hervorgehoben wurde — die beiden Morgenserien vom **30 3.** (Ser. III) und vom 12. 4. (Ser. V) ein. Sie weisen inverses Temperaturgefälle auf.

Drei Faktoren müssen bei der Erklärung dieser Sonderstellung berücksichtigt werden:

1. Die hohe Temperatur des einströmenden Quellwassers,
2. Der hohe Salzgehalt des Quellwassers,
3. Die Einflußströmung.

*1. Die* hohe Temperatur *des einströmenden Quellwassers:* Das Tiefenwasser besitzt — wie gezeigt wurde — eine konstante Temperatur von 6,5°. Inverse Schichtung ist deshalb im Weiher GFQ I kaum zu erwarten. Denn selbst bei einer Abkühlung auf 4°, die Temperatur des Dichtemaximum's, bliebe das Oberflächenwasser immer noch schwerer als das Tiefenwasser; es würde erst bei einer Temperatur von 1,5° die gleiche Dichte erreichen und die Voraussetzungen zu inverser Schichtung wären erst bei einer Abkühlung unter diese Temperatur gegeben. Da aber der Spielraum zwischen dieser Temperatur von 1,5° und dem Gefrierpunkt klein ist, erscheint es fraglich, ob inverse Schichtung im Quellweiher überhaupt praktisch nachweisbar ist, dies um so mehr, als das zu erwartende vertikale Temperaturgefälle infolge der geringen Tiefe und der relativ hohen Temperatur des am Grunde einströmenden Wassers groß sein müßte.

2. Der hohe *Salzgehalt* des *Quellwassers:* GFQ I ist eine Mineralquelle. Ihr Wasser stellt — wenn von relativ geringen Mengen an Kalk abgesehen wird — eine annähernd gesättigte Gipslösung dar (vergl. S. **328).** Das spezifische Gewicht des Quellwassers ist also höher als dasjenige von gewöhnlichem Wasser. Diese Tatsache könnte Anlaß zu einer Schichtung mit umgekehrtem Temperaturgefälle geben, unter der Voraussetzung, daß der Salzgehalt im Tiefenwasser höher wäre als im Oberflächenwasser. Zu prüfen ist ferner die Frage, wie sich die durch den Salzgehalt bedingte Verschiebung der Temperatur des Dichtemaximum's auswirkt. Nach LANDOLT (85) liegt die Temperatur des Dichteniaximum's gesättigter Gipslösungen bei **3,3°** bis 3,5°. Sie weicht also nur um wenige Zehntelsgrade von jener des Dichtemaximum's von destilliertem, luftfreiem Wasser ab und dürfte deshalb keine grundlegenden Änderungen im Temperaturgang des Weihers zur Folge haben. Als Ursache des festgestellten inversen Temperaturgefälles kommt diese Verschiebung der Temperatur des Dichtemaximum's auf keinen Fall in Betracht. Denn sie erfolgt gegen den Nullpunkt hin und wirkt somit auf die Entstehung einer Wasserschichtung mit inversem Temperaturgefälle nicht fördernd sondern ihrerseits hemmend.

**3.** *Die Einflußströmung:* Die Einflußströmung wirkt störend auf die Schichtung des Wassers. Ihre Wirkung muß besonders im Zentrum des Weihers, über dem Quelloch, bei der Beurteilung der Temperaturverhältnisse in Betracht gezogen werden.

Bei Berücksichtigung dieser Erwägungen zeigt es sich, daß das am 30. **3.** und 12. 4. festgestellte inverse Temperaturgefälle nicht auf einer Schichtung des Wassers beruhen kann und zwar aus folgenden Gründen:

1. Thermisch kann die Schichtung nicht bedingt sein, da die an den beiden Tagen im Oberflächenwasser gemessenen Temperaturen (Minimum: 3,5°) noch weit über der Temperatur von 1,5° liegen. Auch die innere Reibung des Wassers, die zwar bei sinkender Temperatur zunimmt, würde nicht ausreichen, um die in diesem Fall durch bedeutende Dichteunterschiede ausgelösten Konvektionsströmungen zu unterbinden.

2. Chemisch, d. h. durch verschiedenen Salzgehalt des Wassers kann die Schichtung ebenfalls nicht bedingt sein, da gleichzeitig durchgeführte Analysen von Wasserproben verschiedener Tiefe gleiche Werte ergaben.

Das umgekehrte Temperaturgefälle kann deshalb nur mit der Annahme erklärt werden, daß der Weiher sich an den beiden fraglichen Morgen nicht in einem Stagnations- sondern einem Zirkulationsstadium befand und daß ein für jede Wassertiefe bestimmter Gleichgewichtszustand zwischen aufsteigendem warmem Tiefenwasser und absinkendem kaltem Oberflächenwasser herrschte. Daß der festgestellte Zustand labil war, geht daraus hervor, daß an beiden Tagen wenige Stunden genügten, um unter dem Einfluß der Einstrahlung nicht nur Homothermie, sondern sogar direkte Schichtung zu verursachen. Daß dabei die Erwärmung des Oberflächenwassers am 30. 3. trotz der kürzeren Einstrahlungsdauer (7 h 15') und der tiefern Lufttemperatur (3°) etwas stärker war als am 12. 4. (7 h 55'; 6°) hängt einerseits mit der intensiveren Bestrahlung am 30. 3. (Sonne!), anderseits mit dem Umstande zusammen, daß am 12. 4. zur Zeit der Morgenmessungen im Oberflächenwasser noch nicht der gesamte in der Nacht gefallene Neuschnee geschmolzen war.

### *B. Sommermessungen:*

Die Ergebnisse der Sommerserien weichen beträchtlich von jenen der Frühjahrsmessungen ab.

Die Sommeramplitude (Juli-August) ist größer: Sie beträgt an der Wasseroberfläche: 12,5° (Frühjahr: 8,8°; Jahresamplitude: 18,8°). Sowohl die Maxima, als auch die Minima liegen höher.

Auch die täglichen (24 h) Schwankungen sind größer als im Frühjahr. Messungen bei klarem Strahlungswetter ergaben Werte bis zu 12,0° (Frühjahr 3,5°).

Im Gegensatz zu den Frühjahrsmessungen zeichnen sich die Sommermessungen ausnahmslos durch direktes Temperaturgefälle aus. Der höhere Sonnenstand und im Zusammenhang damit die längere Dauer der Bestrahlung und der größere Einfallswinkel der Sonnenstrahlen äußern sich in einer im allgemeinen intensiveren Erwärmung des Oberflächenwassers und höherem vertikalem Teinperaturgefälle. Am 26. 7. (Ser. XIV) stieg die Temperatur in den Nachmittagsstunden in 2 cm Tiefe auf 15,5°, in 5 cm Tiefe auf 10,1°, am 23. 7. erreichte sie in 2 cm Tiefe sogar 20,0°, in 5 cm Tiefe: 13,5°. Der vertikale Temperaturgradient zwischen 2 und 5 cm betrug an diesem Tag also nicht weniger als 2,17°/cm. Nach der Tiefe hin nimmt er aber in sämtlichen Serien rasch ab. Er betrug am 23. 7. zwischen 5 und 10 cm: 0,9°/cm; zwischen 10 und 40 cm Tiefe: 0,43°/cm. Demgegenüber bleiben die Morgentemperaturen auch im Sommer relativ tief. Selbst nach Tagen mit außerordentlich hohen Oberflächentemperaturen ergaben die Morgenmessungen ein relativ geringes Temperaturgefälle mit Oberflächentemperaturen, die nur um wenige Grade über jenen des Tiefenwassers lagen (z. B. 23. 7., 1500: 20°; 24. 7., 0800: 8,0°). Wenn auch im Gebirge gerade auf warme, sonnige Sommertage nicht selten klare,

kalte Nächte folgen (Minima der Lufttemperatur 1937: Juli: 4,2°; August: 0,0°), so erscheint es doch fraglich, ob die Ausstrahlung ausreichen würde, um durch oberflächliche Teilzirkulation die ausgeprägte Tagesschichtung fast vollständig zum Verschwinden zu bringen. Die Vermutung liegt nahe, daß die festgestellte intensive Durchmischung nicht allein auf thermischer Konvektion beruht, sondern, daß daran auch die Einflußströmung beteiligt ist. Diese Vermutung wird durch die Befunde im Winter (vergl. S. 305) und Oberflächenmessungen in Ufernähe im Sommer (vergl. S. 309) bestätigt.

Aus allen Messungen geht aber hervor, daß im Sommer — im Gegensatz zum Frühjahr — die Wirkung der Ausstrahlung bei Nacht samt der Einflußströmung nicht ausreicht um das gesamte Oberflächenwasser bis auf oder unter die Temperatur des Tiefenwassers abzukühlen und dadurch Totalzirkulation auszulösen. Homothermie oder gar inverses Temperaturgefälle konnten im Sommer selbst nach kalten Nächten niemals festgestellt werden. Nur unter dem Einfluß von schmelzenden Neuschnee (vergl. Klima, S. 280) kann die Temperatur des Oberflächenwassers auch im Sommer vorübergehend unter jene des Tiefenwassers sinken. Die Stabilität der Schichtung im Sommer wird durch zwei Faktoren gefördert: 1. die physikalische Tatsache, daß die Dichte des Wassers bei hohen Temperaturen viel rascher abnimmt als in der Nähe der Temperatur des Dichtemaximum's und 2. durch die Wirkung biogener Entkalkung, die in der warmen Jahreszeit zu einer starken Reduktion des Salzgehaltes des Oberflächenwassers und damit Herabsetzung des spezifischen Gewichtes Anlaß gibt (vergl. S. 328).

### *C. Herbstmessungen:*

Die Ser. XVII—XX stammen aus dem September; aus dem Spätherbst des Jahres 1937 liegen keine lückenlosen Vertikalserien vor.

Die aus den Einzelmessungen berechneten Werte für die jahreszeitlichen Amplituden sind auffallend hoch. Der Wert beträgt an der Oberfläche: 13,8°; (Frühling: 8,8 Sommer: 12,5°). Dieser hohe Wert ist aber — und das muß beim Vergleich desselben mit den Sommerwerten berücksichtigt werden — nur dem Umstand zuzuschreiben, daß die Herbstserie vom 12. 9. (XIX) unter recht abnormalen Verhältnissen erfolgte, nachdem in der Vornacht Neuschnee gefallen war. Wenn von diesem Ausnahmefall abgesehen wird, kann — besonders auch wenn Messungen früherer Jahre mitherangezogen werden — festgestellt werden, daß im Herbst die täglichen Temperaturschwankungen allmählich wieder kleiner werden. Ein- und Ausstrahlung halten sich immer mehr die Waage. Die oberflächlichen Teilzirkulationsströmungen wirken sich immer mehr nach der Tiefe hin aus und es ist klar, daß sie — ähnlich wie im Frühjahr — schließlich zu Vollzirkulation und Homothermie führen müssen.

### *D. Wintermessungen:*

Die Wintermessungen (Ser. XXI—XXIV und I—II) sind von besonderem Interesse, weil zu dieser Jahreszeit die stärksten Abweichungen vom allgemeinen Schema des Temperaturganges stehender Gewässer zu erwarten sind (vergl. Erwägungen S. 302).

Die Winteramplituden (Dez.—Mitte März) betragen:

| Tiefe | Minima | Maxima | Amplituden |
|---|---|---|---|
| 2 cm | 1,9 | 3,1° | 1,2° |
| 5 cm | 2,1° | 3,5° | 1,4° |
| 10 cm | 3,8° | 4,3° | 0,5° |

Die täglichen (24 h) Amplituden betragen:

| | Tiefe | Minima | Maxima | Amplituden |
|---|---|---|---|---|
| 25. 12. 37 | 2 cm | 2,1° | 2,3° | 0,2° |
| | 5 cm | 2,3° | 2,6° | 0,3° |
| 16. 3. 37 | 2 cm | 2,0° | 3,1° | 1,1° |
| | 5 cm | 3,4° | 3,5° | 0,1° |
| | 10 cm | 4,3° | 4,3° | 0,0° |

Diese Zahlen zeigen, daß nicht nur die Minima, sondern auch die Maxima außerordentlich tief und zwar ausnahmslos unter der Temperatur des am Grunde einströmenden Quellwassers (6,5°) liegen. Sämtliche Winterserien (auch jene früherer Jahre!) zeichnen sich also durch umgekehrtes Temperaturgefälle aus. Dieses umgekehrte Gefälle kann (aus den bei Besprechung der Frühjahrsserien III und VI gemachten Erwägungen) auch im Winter nicht auf einem Stagnations-Zustand beruhen, sondern muß auf einem für jede Tiefe bestimmten Gleichgewichtszustand zwischen kaltem absteigendem und warmem aufsteigendem Wasser beruhen (vergl, S. 303).

Für die Richtigkeit dieser Annahme spricht die Tatsache, daß an der Weiheroberfläche im Zentrum selbst bei Lufttemperaturen bis zu -27 ° die Eisbildung unterbleibt, sawie die Feststellung, daß das Wasser im Winter in allen Tiefen den gleichen Gehalt an gelösten Gasen und Salzen besitzt (vergl. S. 314 und S. 328).

Schwer mit dieser Annahme in Einklang zu bringen ist dagegen die weitgehende Stabilität dieser thermischen Verhältnisse: Nicht nur die täglichen, sondern auch die jahreszeitlichen Temperaturschwankungen sind im Winter (vergl. S. 304) auffallend klein. Während im Frühling schon wenige Stunden genügten, um das inverse Temperaturgefälle zum Verschwinden zu bringen (vergl. S. 303), bleibt dieser Zustand im Winter von Mitte November bis in den Februar hinein annähernd konstant. Diese Feststellung wirkt um so überraschender als bekanntlich die Strahlungsintensität im Hochgebirge auch im Winter groß ist und deshalb — wie man erwarten sollte — in kurzer Zeit zu einer Stürung des Gleichgewichtszustandes führen mtißte. Wenn diese Erwartung nicht erfüllt wird, hängt dies in erster Linie mit den lokalklimatischen Verhältnissen zusammen. QFQ I entspringt im Wald am Fuß des steilen Nordhanges des Munt La Schera, und der Quellweiher liegt im Winter dauernd im Schatten dieses Berges. Da aber die mittlere Lufttemperatur im Dezember und Januar nur —9,3° bis —10,0° beträgt und selbst die Maxima (die zudem in Buffalora, am Südhang des Tales gemessen wurden!) niemals (1934—1937) 5° überschreiten, wird es verständlich, daß während diesen Monaten eine Einstrahlung in den Weiher nicht in Frage kommt und daß deshalb auch der Wechsel von Tag und Nacht, heiterem und bedecktem Wetter, nicht gegensätzlich sondern nur graduell verschieden durch vermehrte oder verminderte Ausstrahlung auf die Thermik des Weihers einwirkt.

### *Zusammenfassung:*

Der Temperaturgang im Zentrum des Quellweihers wird einerseits durch thermische Konvektionsströmungen, anderseits durch die Wirkung der Einflußströmung geregelt. Im Sommer wirken auch biochemische Vorgänge durch Herabsetzung des spezifischen Gewichtes mit.

Die Wirkung der täglichen Ein- und Ausstrahlung in den verschiedenen Jahreszeiten geht aus der folgenden schematischen Zusammenstellung hervor:

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| *Frühling* | *Tag:* | Einstrahlung | Stagnation | direktes Temperaturgefälle. |
| | *Nacht:* | Ausstrahlung | Teil- bis Vollzirkulation | direktes Temperaturgefälle, Homothermie, selten inverses Temperaturgefälle. |
| *Sommer* | *Tag:* | Einstrahlung | Stagnation | direktes Temperaturgefälle. |
| | *Nacht:* | Ausstrahlung | Teilzirkulation | direktes Temperaturgefälle. |
| *Herbst* | *Tag:* | Einstrahlung | Stagnation | direktes Temperaturgefälle. |
| | *Nacht:* | Ausstrahlung | Teil- bis Vollzirkulation | direktes Temperaturgefälle, Homothermie, selten inverses Temperaturgefälle. |
| *Winter* | *Tag:* | Ausstrahlung | Vollzirkulation | inverses Temperaturgefälle. |
| | *Nacht:* | Ausstrahlung | Vollzirkulation | inverses Temperaturgefälle. |

Die Zusammenstellung zeigt, daß der Wechsel von Tag und Nacht den Temperaturgang des Oberflächenwassers in entscheidender Weise beeinflußt, daß er sich aber je nach der Jahreszeit in verschiedener Weise auswirkt, sodaß sich der Temperaturgang des Wassers im allgemeinen in einer für die betreffende Jahreszeit charakteristischen Form abspielt.

### *11. Messungen an verschiedenen Stellen der Weiheroberfluche (Horizontalserien):*

Die Milieubedingungen im Quellweiher sind nicht nur in zeitlicher, sondern auch in räumlicher Beziehung starken Schwankungen unterworfen. Dies gilt in ganz besonderem Maße für die Temperatur des Oberflächenwassers.

Um einen Einblick in die ökologisch wichtigen Unterschiede im Temperaturgang der einzelnen Weiherregionen und ihre Ursachen zu gewinnen, wurden besonders in den Jahren 1935 und 1937 zu verschiedenen Tages- und Jahreszeiten an verschiedenen Stellen der Weiher-Oberfläche und des Ausflusses gleichzeitig Messungen durchgeführt. Aus der großen Zahl dieser Messungen seien im folgenden nur einige, besonders aufschlußreiche Serien wiedergegeben und besprochen.

Tabelle 8 zeigt, daß die einzelnen Meßstellen — trotzdem sie dicht nebeneinancler liegen (vergl. Fig. 4) — in ihrem thermischen Verhalten stark voneinander abweichen. Das horizontale Temperaturgefälle an der Oberfläche ist trotz der kleinen Ausdehnung des Weihers groß. Es erreicht an gewissen Tagen 15—20 °. Die einzelnen Stellen lassen sich kurz wie folgt charakterisieren:

Tab. 8: **GFQ I, Quellweiher:** Horizontale **Temperaturserien** an der Oberfläche. (G. = Grund; O. = Oberfläche).

| Datum | | 30. 3. 37 | | 23. 7. 37 | | 24.7.37 | 10. 9. 37 | | 29. 12. 37 | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Zeit | | 0745 | 1430 | 1130 | 1500 | 0740 | 1130 | 1600 | 0800 | 1415 |
| Bewölkung | | 2 | 6 | 2 | 3 | 0 | 10 | 10 | 0 | 0 |
| S.; Sch. | | Sch. | S. | S. | S. | Sch. | Sch. | Sch. | Sch. | Sch. |
| Lufttemperatur | | -7,8° | 3° | 24° | 25° | 14° | 11° | 1° | -23° | -11° |
| L.T. Min. b. Nacht | | -9,5 | — | 8° | — | 7° | 5° | — | -26° | — |
| Niederschläge | | — | | — | — | — | flegen schaueı | chnee- reiben | — | — |
| Ausfluß | P. 3 | 5,0 | 6,5 | 7,3 | 7,7 | 6,6 | 6,6 | 6,5 | 5.0 | 5,0 |
| | P. 2a | Eis | 8,8 | 7,9 | 26,4 | — | 10,0 | 3,5 | Eis | Eis |
| | P. 2b G | 6,1 | 6,5 | — | 6,8 | 6,6 | — | — | 5,7 | 5,8 |
| | P. 2b O | 5,8 | 6,7 | 7,7 | 9,5 | 7.5 | 10,5 | 5,5 | 2,5 | 2,4 |
| Weiher | P. 1a | 4,0 | 7,0 | 19,3 | 22,2 | 7,8 | 9,6 | 5,4 | Eis: 1,5 cm 1,7 | 1,6 |
| | P. 1b | 4.2 | 6,6 | 11,5 | 20,8 | 8,0 | 9,0 | 5,3 | Eis: 1,5 cm 1,7 | 1,7 |
| | P. 1c | — | — | — | — | — | — | — | Schnee: 40 cm 1,6 | 1,6 |
| | P. 1d | Eis: 3 cm 1,5 | 1,5 | 12,2 | — | — | 11,0 | 4,2 | Eis: 12 cm + Schnee: 30 cm 1,2 | 1.2 |
| | P. 1e | Eis: 3 cm 1,5 | 1,4 | 12,5 | 18,0 | 6,9 | 11,0 | 4,0 | Eis: 12 cm + Schnee: 30 cm 1,0 | 1,3 |
| | P. 1f | 3,5 | 7,6 | 22,0 | 26,0 | 7,3 | 10,5 | 4,2 | Eis: 2 cm 1,7 | 1,7 |
| | P. 1g | 3,5 | 7,8 | 22,0 | 26.0 | 7,4 | 11,3 | 4,2 | Eis: 2 cm 1,6 | 1,8 |
| | P. 1h | 3,5 | 6,7 | 15,4 | 19,2 | 7,5 | 11,0 | 4,3 | Eis: 2,5 cm 1,8 | — |
| | P. 1i | — | — | — | — | — | 9,0 | — | Eis: 1 cm 1,9 | 2,0 |
| | P. 1k | 4,2 | 7,1 | 11,4 | 20,0 | 8,0 | 9,0 | 5,7 | eisfrei! 1,9 | 2,1 |

*Ausfluß:*

*P. 1:* ***Hauptwasserrinne:*** **tägliche und jährliche Ternperaturamplituden klein. Stets eisfrei.**

*F. 2b:* ***Hauptwasserrinne:*** **tägliche und jährliche Temperaturamplituden an der Oberfläche etwas größer; in 40 cm Tiefe (am Grunde) klein. Stets eisfrei.**

***P. 2 a: Stillwasserbucht:*** tägliche und jährliche Temperaturamplituden sehr groß. Gemessenes Maximum: 26,4 °; im Herbst, Winter und Frühling häufig mit Eis bedeckt.

*Nciher*:

***P. 1 a: Westufer über Moos-Chara-Bestand:*** Temperaturamplituden groß. Gemessenes Maximum: 22,2 °. Eisbildung.

***P. 1 b: Westufer im freien Wasser (keine Pflanzen):*** Temperaturamplituden stets kleiner als bei P. 1 a; gemessenes Maximum: 20,8 °. Eisbildung weniger häufig, als bei P. 1 a.

***P. 1 d: Südwestufer über Moosbeständen:*** Nimmt bez. der Temperaturamplituden eine Mittelstellung ein zwischen P. 1 a und 1 b. Vereisung häufig.

P. 1 *c:* ***Siidufer über Moosbeständen:*** thermisches Verhalten ähnlich wie P. 1 d.

***P. 1 f und 1 g: Ostufer über Chara-Bestand:*** thermisches Verhalten annähernd gleich. Maximum: 26,0 °, also fast ebenso hoch, wie in der Stillwasserbucht 2 a. Jährliche Amplituden ebenfalls sehr groß; tägliche Amplituden dagegen kleiner als bei P. 2 a. Eisbildung weniger häufig als bei P. 2 a und Eisdicke stets geringer.

***P. 1 h: Nordufer über Claara-Bestand:*** stimmt im thermischen Verhalten am meisten mit P. 1 d und 1 e überein. Amplituden und Maxima auffallend kleiner als am Ostufer (P. 1 f und 1 g). Eisbildung häufig.

***P. 1 k: Weiherzentrum im freien Wasser (keine Pflanzen):*** tägliche und jährliche Temperaturamplituden im Vergleich zu denjenigen der Ufer (bes. des Ostufers!) klein. Gemessenes Maximum: 20,0 °. Stets eisfrei. Thermisches Verhalten im übrigen ähnlich wie bei P. 1 b.

Zusammenfassend kann festgestellt werden: Die täglichen und jährlichen Temperaturamplituden sind am kleinsten im Bereich des «Ausflusses» in der Hauptwasserrinne (P. 3 und 2 b); sie werden bereits höher im Zentrum des Weihers (P. 1 k, 1 i) und an der pflanzenfreien Stelle 1 b; sie steigen sehr stark an den Ufern und zwar in der folgenden Reihenfolge: Südufer (P. 1 e, 1 d) — Nordufer (P. 1 h) — Westufer (P. 1 a) — Ostufer (P. 1 f und 1 g); sie erreichen ihr Maximum in der Stillwasserbucht 2 a.

Die Ursachen dieser Verschiedenheiten im thermischen Verhalten der einzelnen Weiherregionen lassen sich in manchen Fällen nur schwer erkennen.

Die Hauptbedeutung kommt zweifelsohne der Lage und im Zusammenhang damit, der Dauer und Intensität der Sonnenbestrahlung zu. Die höchsten Temperaturen finden wir zu allen Jahreszeiten am Ostufer (P. 1 f und 1 g) und auf der Nordseite des Ausflusses (P. 2 a), d. h. in jenen Teilen des Weihers, die weitaus am längsten von der Sonne beschienen sind; am Süd- und Südwestufer (P. 1 d, 1 e) bleiben die Maximaltemperaturen stets tiefer; das Westufer (P. 1 a) nimmt der Sonnenscheindauer entsprechend auch in bezug auf den Temperaturgang des Wassers eine Mittelstellung ein. Der Gegensatz zwischeii Ost- und Siidufer tritt besonders im Frühling sinnfällig zu Tage, wenn der ganze von Moos und ***Chara*** bewachsene Süd- und Südwestteil des Weihers noch von einer dicken Eisschicht bedeckt ist, während das Thermometer am Ostufer und in der Stillwasserbucht 2 a in den Mittagsstunden bereits auf 8—9° steigt. Während atn Südufer noch tiefer Winter herrscht, blühen am Ost- und Nordufer ***Tussilago, Erica*** und ***Anemone vernalis*** und ***Formica exsecta*** var. ***exsecto-pressilabris*** For. und ***Serviformica fusca*** ssp. ***fusca (L.)*** gehen geschäftig ihrer Arbeit nach.

An dieser starken Erwärmung des ufernahen Wassers im Ostteil des Weihers und der Stillwasserbucht 2a dürfte im ersten Frühling neben der intensiven Sonnenbestrahlung auch noch die Rückstrahlung des Schnees beteiligt sein (vergl. Fig. 3). Temperaturen bis zu 20° — wie sie von WESENBERG-LUND (178) in der Litoralregion baltischer Seen und von ALM (3) in Schweden in der Nähe des auftauenden Eises festgestellt wurden — konnten im Weiher GFQ 1 allerdings nie beobachtet werden.

Die überraschende Tatsache, daß die Temperaturen bei P. h am Nordufer des Weihers, nicht die gleiche Höhe erreichen wie bei P. f und g am Ostufer, hängt damit zusammen, daß dieser Teil des Weihers durch die Kronen einiger Bergkiefern (vergl. S. 286) beschattet wird.

Die geringen Temperaturschwankungen im Bereich der Hauptwasserrinne im Ausfluß (P. 3 und 2b) sind darauf zurückzuführen, daß hier das homotherme (6,5°) Tiefenwasser an die Oberfläche gelangt und infolge der einsetzenden Strömung nicht genügend lange ruhig verharrt, um unter dem Einfluß der Sonnenbestrahlung erwärmt zu werden. Während also hier die Ausflußströmung den Temperaturgang des Oberflächenwassers bestimmt, regelt die Einflußströmung weitgehend die Thermik des Oberflächenwassers im Weiherzentrum: Es unterliegt keinem Zweifel, daß die verhältnismäßig kleinen Temperaturschwankungen bei P. k, P. i und P. b in erster Linie der durchmischenden Wirkung der Einflußströmung zuzuschreiben sind.

Die Feststellung, daß die Temperaturamplituden an sämtlichen Ufern größer sind als im Zentrum deutet darauf hin, daß neben den erwähnten Faktoren auch die Tiefe des Wassers und die Gestalt des Weiherbodens von maßgebender Bedeutung sind: Je geringer die Wassertiefe, desto größer sind die Gegensätae. Die seichte, 15 cm tiefe Stillwasserbucht 2a war am 30. 3. 37 0745 noch eisbedeckt und 7 Stunden später stieg das Thermometer an der gleichen Stelle auf 8,8°. Am 23. 7. 37 betrug die Wärmezunahme von 1130 bis 1500, also in 3½ Stunden nicht weniger als 18,5°. Demgegenüber bleiben die täglichen Temperaturamplituden am Ostufer relativ klein (P. g am 30. 3. 37: 4,3°; am 23. 7. 37: 4,0°), obwohl die Maxima ebenfalls hoch liegen, weil hier das Ufer auch unter dem Wasserspiegel bis gegen das Quelloch hin steil abfällt und die Ausstrahlung in der Nacht sich deshalb nicht im gleichen Maße auswirken kann, wie in der flachen Bucht 2a. Es ist nicht ausgeschlossen, daß auch die Einflußströmung in Spuren bis ans Ostufer hin wirkt und ebenfalls mildernd auf die Temperaturgegensätze einwirkt. Die Bedeutung der Gestalt des Weiherbodens äußert sich besonders eindrücklich im Süd- und Siidwestteil des Weihers, dessen lange Eisbedeckung nicht ausschließlich der kurzen Sonnenscheindauer zugeschrieben werden muß, sondern z. T. auch dem Umstand, daß sich die Einflußströmung infolge der Morphologie des Weiherbodens auf keinen Fall bis hieher auswirkt und deshalb eine Unterschmelzung durch homothermes Tiefenwasser nicht möglich ist (vergl. Pig. 5, Profil III).

Entscheidend für den Temperaturgang der einzelnen Stellen ist nebeu der Lage in erster Linie der Pflanzenbewuchs. Bei P. l und 1c—1h lagert die oberflächlichste Wasserschicht, auf welche sich die vorliegenden Messungen beziehen, über dem eng verflochtenen, lückenlosen Dach der Moos- und *Chara*-Bestände (vergl. S. 286) und es unterliegt keinem Zweifel, daß dieses Pflanzendach Zirkulationsströmungen zwischen der Oberflächenschicht und den gleichmäßig temperierten tieferen Wassermassen (seien sie nun thermisch oder mechanisch bedingt) stark erschwert. Nur bei Berücksichtigung dieser Tatsache läßt sich das unwahrscheinlich hohe vertikale Temperaturgefälle, das im Som-

mer in Ufernähe immer wieder festgestellt werden konnte, verstehen (vergl. Tab. 7). Dies ist auch der Grund, weshalb z. B. die Temperaturamplituden bei P. 1 b, der zwar ebenso nahe am Ufer liegt wie P. 1 a, aber keinen Pflanzenbewuchs aufweist, im allgemeinen kleiner sind, als bei diesem. Das dichte *Chara*- und Moos-Dach wirkt sich also an der Weiheroberfläche ähnlich aus, wie das «*Calliergon-Triglochin*-Polster» im Ausfluß, das die Stillwasserbucht 2 a von der Hauptwasserrinne abschnürt.

Neben den erwähnten, wirken noch zahlreiche andere, innere und äußere Faktoren, z. T. direkt, z. T. indirekt auf die Thermik der Weiheroberfläche ein. Sie stehen in einem komplizierten System von Wirkung und Gegenwirkung und lassen sich im einzelnen kaum erfassen.

### *B. Die Temperatur im Quellbach:*

Die Ergebnisse der Temperaturmessungen, welche in den Jahren 1934—1937 im Quellbach GFQ I durchgeführt wurden, sind in Tabelle 9 enthalten und z. T. in Fig. 18 graphisch wiedergegeben.

Die jährlichen Temperaturamplituden bei P. 2 b und P. 3 im Ausfluß sind — wie bereits bei Behandlung der thermischen Verhältnisse des Quellweihers hervorgehoben wurde — auffallend gering, weil hier das homotherme Tiefenwasser an die Oberfläche gelangt (vergl. S. 309). Die in Tab. 9 für P, 2 b eingetragenen Werte beziehen sich auf die Tiefe von 35—40 cm. Sie zeigen, daß die Schwankungsamplitude hier nur 2,0 ° beträgt.[1] An der Oberfläche sind die Amplituden größer (vergl. Tab. 8), weil dort das homotherme Tiefenwasser in Kontakt mit dem heterothermen Oberflächenwasser des Quellweihers gelangt und sich mit diesem vermischt.

Im weiteren Verlauf des Quellbaches macht sich der Einfluß der Außenwelt durch immer größer werdende Amplituden deutlich bemerkbar. Diese betragen:

bei P. 3: 2,7
bei P. 4: 3,6
bei P. 5: 5,8 °
bei P. 9: 8,9 °
bei P. 11: 10,1
bei P. 13: 10,5 °.

Der Unterschied der Temperaturamplituden zwischen dem einströmenden Quellwasser am Grund des Weihers (0,2 °) und dem Wasser des Quellbaches bei der Einmündung in die Ova dal Fuorn (10,5 °) erreicht also nicht weniger als 10.3 °, obwohl die Gesamtlänge des Quellbaches nur 148 m beträgt (vergl. S. 290).

Die Zunahme der Temperaturamplituden erfolgt aber keineswegs gleichmäßig (vergl. Fig. 18). Auf 100 m Bachstrecke berechnet beträgt sie:

zwischen P. 2 und P. 3 17,5 °; Durchschnittsgefälle: 1,8 %,
zwischen P. 3 und P. 4 8,18 °; Durchschnittsgefälle: 3,5 %,
zwischen P. 4 und P. 5 24,44 °; Durchschnittsgefälle: 12,3 %,
zwischen P. 5 und P. 9 3,26 °; Durchschnittsgefälle: 10,1 %,
zwischen P. 9 und P. 11 13,33 °; Durchschnittsgefälle: 23,3 %,
zwischen P. 11 und P. 13 3,07 °; Durchschnittsgefälle: 16,9 %.

Diese Zahlen gestatten Rückschlüsse auf die Ursachen der ungleichmäßi-

[1] Dieser Wert ist eher zu groß als zu klein, weil — wie die Zahl für P. 3 beweist — der Maximalwert von 7,7 ° sich nicht auf die Tiefe von 40 cm, sondern auf die Oberfläche beziehen dürfte.

**Tab.** 9: GPQ I: Temperaturen **im Quellbach.**
Die unterstrichenen und mit K. gekennzeichneten Serien sind auf Fig. 10 graphisch dargestellt! (**Wiesenstr.** = Wiesenstrecke.)

| | | | | | | Temperatur bei Punkt in ° C. | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Datum | Zeit | Bew. u. S.; Sch. | L. T. | L. T. Min. b. Nacht | Niederschläge | 2b | 3 | 4 | 5 | 9 | 11 | 13 | Bemerkungen | |
| 7. 4.34 | 1000 | 4 | 0 | — 7 | | 6,0 | — | — | — | 6,0 | 6,5 | — | | |
| 8. 4.34 | 1830 | 9, Sch. | 4 | —1,5 | | — | — | — | — | 5,7 | 5,5 | 5,4 | | |
| 10. 4.34 | 1800 | 1, Sch. | 2 | —9,5 | | — | — | — | — | — | 5,5 | — | | |
| 18.9.34 | 1130 | ? | ? | ? | | 7,0 | — | 8,0 | — | — | — | — | | |
| 18. 9.34 | 1710 | Sch. | ? | ? | | — | — | — | — | 7,5 | — | — | | |
| 4. 1.35 | 1145 | 10, Sch. | — 6 | —18,5 | | 6,5 | 6,3 | 6,2 | 5,8 | 5,3 | 5,0 | 4,7 | Wiesenstr. oifen | |
| 5. 1.35 | 1130 | 8, Sch. | — 9 | —14 | | 6,5 | — | 6,0 | 5,3 | — | — | — | | |
| 5. 1.35 | 1530 | 9, Sch. | — 5 | —14 | | — | — | — | — | — | 4,5 | — | | |
| 6. 1.35 | 1130 | 6, ? | —10 | —13 | | 6,5 | — | — | — | 4,7 | 4.2 | — | | |
| 3. 4.35 | 1500 | 10, Sch. | 2 | —10 | | — | — | — | — | — | 5,5 | — | | |
| 5. 4.35 | ? | ? Sch. | 3 | ? | | — | 6,0 | — | 5,5 | — | — | — | | |
| 8. 4.35 | 1050 | 6, ? | 6 | — 5 | | 6,5 | — | — | — | — | — | — | | |
| 29. 8.35 | 0930 | 10, Sch. | 7,5 | 3,5 | | — | — | 6,7 | 6,9 | — | 7,5 | 7,7 | | |
| 30. 8.35 | 1530 | 2, S. | 10 | 0 | Nacht: Regen und Schnee | 7,2 | — | — | 7,8 | — | 8,4 | — | | |
| 22.11.36 | 1600 | 0, Sch. | — 2 | —13,5 | | — | — | — | 5,1 | — | 4,1 | 4,0 | | |
| 23.11.36 | 1330 | 0, Sch. | — 2 | —13 | | 6,1 | 5,7 | 5,6 | 5,2 | 4,5 | 4,2 | 4,0 | Wiesenstr. offen | K. |
| 3.12.36 | 0845 | 10, Sch. | — 2,5 | — 6 | | 6,1 | 5,9 | 5,7 | 5,3 | 4,9 | 4,5 | 4,3 | Wiesenstr. zu | |
| 15. 3.37 | 1130 | 5, Sch. | 10 | - 12,5 | | — | — | — | — | — | 5,4 | — | | |
| 16. 3.37 | 1545 | 0, S. | — 2 | —15 | | — | — | — | — | 5.5 | — | — | | |
| 16. 3.37 | 1610 | 0, Sch. | — 5 | —15 | | 6,4 | 6,3 | 6,1 | 5.7 | 5,5 | 5,3 | 5,0 | Wiesenstr. zu | K. |
| 24. 3.37 | 1430 | 10, Sch. | —1,5 | —4,5 | | — | 6,5 | — | 6,5 | — | — | — | | |
| 29. 3.37 | 0930 | 7, Sch. | — 2 | —10 | | 6.5 | 6,5 | — | 6,0 | 5,6 | 5.4 | — | Wiesenstr. zu | K. |
| 2. 4.37 | 1500 | 5, S. | 4 | — 1 | | — | 7,0 | — | — | — | — | — | | |
| 8. 4.37 | 1400 | 5, S. | 7 | — 5 | | 6,5 | 6,5 | 6.6 | — | — | 6.8 | 6,8 | | |
| 9. 4.37 | 1000 | 0, S. | 0 | —8,5 | | — | — | — | 6,7 | — | — | — | | |
| 9. 4.37 | 1200 | 2, S. | 2 | —8,5 | | — | — | — | 8,2 | — | — | — | | |
| 9. 4.37 | 1500 | 4, S. | 2 | —8,5 | | — | — | — | 8,2 | — | — | — | | |
| 13. 5.37 | 1500 | 10, Sch. | 4 | 1 | | — | — | — | — | — | — | 5,8 | | |
| 15. 5.37 | 1100 | 2, S. | 10 | —0,5 | | — | — | 7.2 | — | — | — | — | | |
| 18. 5.37 | 1530 | 7, S. | 9 | 3 | Renen b. 1300 | 6.7 | 6.7 | 6.7 | 6,8 | 7,2 | 7,6 | 7.6 | | K. |
| 19. 5.37 | 0920 | 4, S. | 9 | — 2 | | 6,8 | 6,8 | 6,8 | 7,4 | 7,8 | 8,0 | 8,0 | | |
| 20. 7.37 | 0800 | 0, S. | 10,2 | 4.5 | | 6,6 | — | 6,7 | — | — | 7,0 | 7,2 | | |
| 22. 7.37 | 1100 | 3, S. | 18 | 5 | | 6,7 | 7,0 | — | 8,0 | — | 9,3 | 9,6 | | |
| 23. 7.37 | 1130 | 2, S. | 24 | 8 | | 7,7? | 7,3 | 8,3 | 9,7 | 12,0 | 12.5 | 12,5 | | K. |
| 24. 7.37 | 0730 | 0, Sch. | 14 | 6 | | 6,6 | 6,6 | 6,7 | 6,8 | 7,1 | 7,3 | 7,3 | | |
| 10. 9.37 | 1030 | 10, Sch. | 11 | 5 | Regenschauer | 6,8 | 7,9 | — | — | — | — | 9,8 | | |
| 29.12.37 | 0900 | 0, Sch. | —23 | —26 | | 5,7 | 5,0 | 4.7 | 3,9 | 3,1 | 2,4 | 2,0 | Wiesenstr. offen | K. |

gen Zunahme der Temperaturamplituden. Nach GEIJSKES (55) ist die Temperatur von Quellbächen abhängig von:

1. der Temperatur der direkten Umgebung (Luft, Boden),
2. der Wassermenge,
3. der Stromgeschwindigkeit.

Meine Zahlen zeigen, daß die Zunahme der Temperaturschwankungen höchstens indirekt vom Gefälle abhängig ist. Die Zunahme ist am größten (24,44 °/100 m) zwischen P. 4 und P. 5; sie ist auffallend klein (3,26 °/100 m) zwischen P. 5 und P. 9. Diese Feststellung deutet darauf hin, daß die Gestalt des Bachquerschnittes eine entscheidende Rolle spielt: Zwischen P. 4 und P. 5 dehnt sich der Quellbach stark nach der Breite hin aus; demgegenüber fließt er zwischen P. 5 und P. 9 im Bereich des «Wiesengrabens» durch einen nur 40 cm breiten und fast ebenso tiefen künstlichen Kanal dahin. Es ist klar, daß der Quellbach im ersten Fall wegen der ungleich größeren Kontaktfläche zwischen Wasser und Luft den Einflüssen der Atmosphäre in viel stärkerem Maße ausgesetzt ist, als im zweiten. Selbstverständlich übt der Bachquerschnitt auch einen Einfluß auf die Strömungsgeschwindigkeit des Wassers aus, die — vorausgesetzt daß die gesamte Wassermasse berücksichtigt wird — im «Wiesengraben» wesentlich größer ist, als im Bereich der Moosfläche. Die minimale Zunahme der Amplitude im «Unterlauf» zwischen P. 11 und P. 13 (3,07 °/100 m) ist darauf zurückzuführen, daß der Quellbach zwischen P. 11 und 12 auf einer Strecke von 10 m in einem unterirdischen Kanal verläuft, und deshalb den atmosphärischen Einflüssen fast vollständig entzogen ist. Demgegenüber dürften die relativ hohen Werte zwischen P. 9 und P. 11 (13,33 °/100 m) dadurch bedingt werden, daß der Quellbach hier sprudelnd und plätschernd über eine Gefällstufe zu Tale stürzt, wodurch eine intensive Durchmischung von Wasser und Luft zu Stande kommt. Die hohen Werte zwischen P. 2 und P. 3 (17.5 °/100 m) sind auf die Mischung von homothermem Tiefenwasser mit abfließendem heterothermem Weiher-Oberflächenwasser zurückzuführen.

Einblick in das Maß der täglichen Temperaturamplituden geben einige Werte, die mit Extremthermometem an verschiedenen Stellen des Quellbaches gewonnen wurden.

P. 2 *b:*
23. 7. 37: 24 h: 6,6 °—7,1 °
29. 12. 37: 24 h: 5,7 °—5,9 °.

P. 13:
15. 5. 37: 24 h: 2,0 °— 8,7 °
22. 7. 37: 24 h: 5,7 °—12,5°.

Wenn diese Werte auch recht unvollständig sind — es stand mir für sämtliche Quellen nur 1 Extremthermometer zur Verfügung — so genügen sie doch, um zu zeigen, daß die täglichen Temperaturamplituden im «Oberlauf» klein, im «Unterlauf» dagegen verhältnismäßig groß sind und beinahe die Höhe der jährlichen Schwankungen erreichen.

Das Temperaturgefälle vom «Ausfluß» bis zur Einmündung in den Hauptbach wechselt — wie zu erwarten ist — mit den Jahreszeiten. Der Satz, daß «die Quelle im Winter eine höhere, im Sommer eine tiefere Temperatur als die Luft und die übrigen Binnengewässer besitzt» (159), bewahrheitet sich, und deshalb wirkt die Luft im Sommer erwärmend, im Winter abkühlend auf das Wasser des Quellbaches ein. Die Sommerkurven steigen, die Winterkurven fallen normalerweise vom «Ausfluß» bis zur Einmündung in die Ova dal Fuorn

ununterbrochen, wenn auch (aus den schon erwähnten Gründen) keineswegs gleichmäßig (vergl. S. 311). Selbstverständlich vermögen Temperaturrückschläge und kalte Nächte im Sommer, sowie Föhneinbrüche im Winter den normalen Kurvenverlauf vorübergehend zu stören. Bedeutungsvoll ist auch das Vorhandensein oder Fehlen einer Schneedecke. Im Spätherbst, und meist auch im Winter, ist der Quellbach im Bereich der Wiesenstrecke offen: Er zieht als schmale Rinne zwischen oft mächtigen Schneewänden, die sich zeitweise bis auf wenige cm nähern, aber nur ausnahmsweise und nur vorübergehend schließen, dahin (Fig. 9, a und b). Die Insolation wirkt sich zu dieser Zeit viel intensiver aus als im Frühjahr, wenn dieser Abschnitt normalerweise unter einer meist über 1 m hohen (März 1937: 1,6 m) Schneedecke begraben liegt (Fig. 9, c). So betrug die Temperaturabnahme zwischen P. 5 und P. 9 bei mehr oder weniger übereinstimmenden äußeren Bedingungen:

am 23. 11. 36: 0,7° (Wiesengraben offen!),
am 29. 3. 37: 0,4° (Wiesengraben zu!).

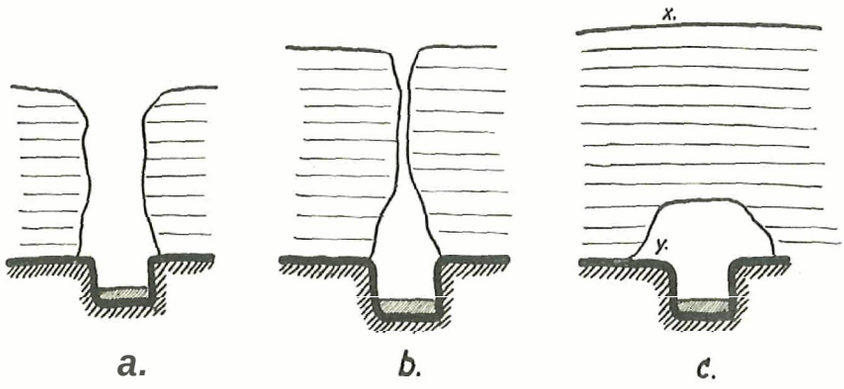



Fig. 9: *GFQ I, Quellbach: Querschnitte durch die «Wiesenstrecke» und die darauf lastende Schneeschicht.*

Die isolierende Wirkung der Schneedecke zeigt sich am besten aus dem Vergleich der Werte, die bei Lufttemperaturmessungen über der Schneedecke und in dem mit Luft erfüllten Hohlraum über dem Quellbachgraben, also unter der Schneedecke, ermittelt wurden:

| | *Lufttemperaturen* | |
|---|---|---|
| | *über der Schneedecke:* (Fig. 9, c, bei x) | *unter der Schneedecke:* (Fig. 9, c, bei y) |
| 16. 3. 37 | 1610 —5,0° | + 1,5° |
| 29. 3. 37 | 0930 —2,0° | + 2,0° |

## V. Der Sauerstoff.[1]

### *A. Der Sauerstoff im Quellweiher:*

Im Quellweiher und Ausfluß wurden in den Jahren 1934–1937 153 Sauerstoffbestimmungen durchgeführt. Die Ergebnisse der Jahre 1934 und 1935 wurden

[1] Methodik: vergl. Anmerkung 6, S. 417.

bei den folgenden Betrachtungen nicht berücksichtigt (vergl. S. 417); die Ergebnisse der Jahre 1936 und 1937 sind in den Tabellen 10 und 11 und z. T. in den Kurvenbildern (Fig. 10—16) enthalten.

*I. Analysen in verschiedenen Tiefen im Weiherzentrum und in der Uferregion (Vertikalserien):*

In Tabelle 10 sind einige der aufschlußreichsten Vertikalserien zusammengestellt. Sie zeigen, daß das aiii Grunde des Weihers durch das Quellloch einströmende Wasser stets sauerstoffrei ist. Die Analysen wurden jeweilen an verschiedenen Wasserproben iiiid nach verschiedenen Methoden durchgeführt iiiid ergaben stets das gleiche Resultat: Bei der Zugabe von Stärkelösung konnte auch nach längerem Warten iiiclit die geringste Spur einer Bläuung festgestellt werden.

Dieses völlige und ständige Fehlen von Saiierstoii ist aber nur fiir den eng begrenzten Raum des Quelltrichters charakteristisch; die gesamte übrige Wassermasse des Weihers enthält vom Grund bis zur

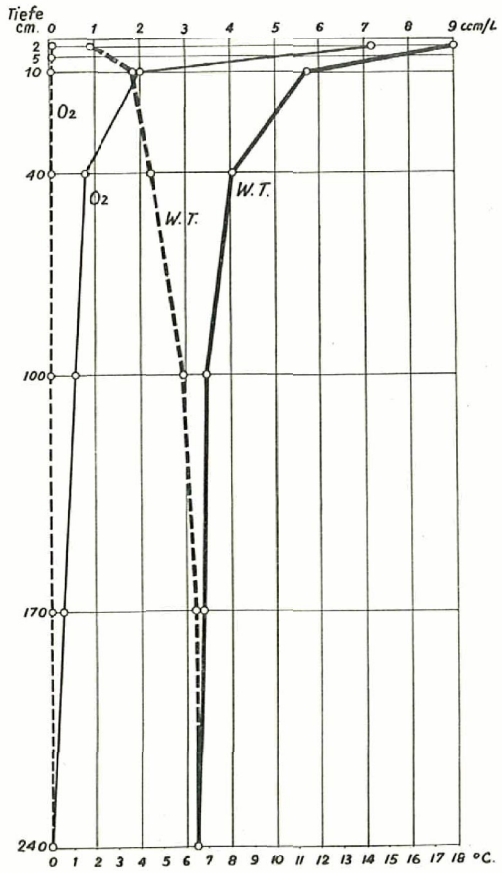



Fig. 10: *GFQ I, Quellweiher: Sauerstoff und Temperatur (Vertikalserien).*
Ausgezogene Kurven: Sommer (28. 7. 37);
Gestrichelte Kurven: Winter (29. 12. 37).

Oberfläche jahraus jahrein wenigstens Spuren von gelöstem Sauerstoff (vergl. Tab. 10 Ser. I—IX). Eine Sonderstellung nimmt einzig der flache Siidwestteil ein, wo es — allerdings nur im Winter — auch im Oberflächenwasser zu völligem Sauerstoffschwund kommen kann (vergl. Tab. 11 Ser. vom 29. 12. 37).

Diese für das Verständnis der gesamten chemisch-biologischen Vorgänge grundlegenden Erkenntnisse konnten erst zu Beginn des dritten Untersuchungsjahres durch Anwendung des ALSTERBERG'schen Bromierungsverfahrens gewonnen werden, während die Analysen der beiden ersten Jahre, die nach der ursprünglichen WINKLER'schen Methode erfolgten, zur irrtümlichen Anschauung geführt hatten, das gesamte Tiefenwasser des Weihers zeichne sich zu allen Jahreszeiten durch völliges Fehlen von Sauerstoff aus. Nur einmal am 29. 12. 37 (Tab. 10, Ser. IX) konnte auch mit der ALSTERBERG'schen Methode im Tiefenwasser des Zentrums keine Spur von Sauerstoff festgestellt werden.

Die Menge des gelösten Sauerstoffes variiert stark. Im Tiefenwasser sind stets nur Spuren davon vorhanden. Die festgestellten Mengen schwanken zwischen 0,0 und 0,24 ccm/l (= 0,0 % und 3,49 %). Konstante Beziehungen zu den Jahreszeiten scheinen kaum zu bestehen; im Oberflächenwasser sind die Schwankungen des Sauerstoffgehaltes dagegen groß. In der oberflächlichsten, höchstens 2—5 cm mächtigen Schicht reichen sie von 0,08 ccm/l bis 7,22 ccm/l (= 1,03 % bis 137 %). Schon in einer Tiefe von 10 cm sind sie wesentlich kleiner: 0,04 ccm/l—2,02 ccm/l (= 0,55 %—33,3 %). Übersättigung kommt also nur in der oberflächlichsten Schicht vor. Die Werte des Oberflächenwassers stehen in enger Beziehung zu den Jahreszeiten: Sie sind am kleinsten im Winter und Frühjahr und steigen dann mit fortschreitender Jahreszeit allmählich an, erreichen im Sommer ihr Maximum und sinken wieder im Spätherbst und Winter (vergl. Fig. 11 und 12).

Das vertikale Gefälle des Sauerstoffes ist — wie aus den einzelnen Meßserien hervorgeht — zwischen 2 und 10 cm Tiefe außergewöhnlich groß. So wurden z. B. am 28. 7.37 in 2 cm Tiefe 7,22 ccm/l (= 137 %) in 10 cm Tiefe dagegen nur mehr 2,02 ccm/l (= 33,3 %) festgestellt. Diese plötzliche Abnahme äußert sich in den Kurvenbildern (Fig. 10) in einem scharfen Knick in der entsprechenden Tiefenzone.

Zusammenfassend kann festgestellt werden: Tiefen- und Oberflächenwasser verhalten sich auch in bezug auf den Sauerstoffgehalt gegensätzlich: Im Tiefenwasser äußert sich der Quell-, im Oberflächenwasser der Tümpelcharakter von GFQ I.

### *II. Analysen an verschiedenen Stellen der Weiheroberfluche (Horizontalserien):*

Tabelle 11 enthält die Ergebnisse einiger Serien von Oberflächenanalysen, welche besonders aufschlußreich sind. Sie zeigen, daß die Schwankungen im Sauerstoffgehalt des Wassers in horizontaler Richtung, an der Weiheroberfläche, noch größer sind als jene in vertikaler Richtung. Analysen am 16. 9. 37 ergaben bei P. 3 im Ausfluß einen Sauerstoffgehalt von 0,31 ccm/l (= 4,55 %) und bei P. 1 g am Ostufer des Weihers einen solchen von 19,74 ccm/l (= 135 %). Die Entfernung der beiden Punkte beträgt ca. 10 m. Dieses extremste Beispiel zeigt, wie gewaltig die Unterschiede im Sauerstoffgehalt des Oberflächenwassers selbst auf eng begrenztem Raum sein können. In den entsprechenden

ren von ge-
erstellung nimmt
inter — auch im
n (vergl. Tab. 11

schen Vorgänge
Untersuchungs-
rfahrens gewon-
e, die nach der
mlichen An-
Weihers zeichne
aus. Nur einmal
g'schen Methode
gestellt werden.

efenwasser
ngen schwanken
Beziehungen zu
chenwasser
n der oberfläch-
n 0,08 ccm/l bis
sind sie wesent-
ättigung kommt
es Oberflächen-
nd am kleinsten
r Jahreszeit all-
vieder im Spät-

s den einzelnen
öhnlich groß. So
10 cm Tiefe da-
zliche Abnahme
nick in der ent-

erflächenwasser
lich: Im Tiefen-
elcharakter von

*prizontalserien):*

lächenanalysen,
nwankungen im
er Weiherober-
en am 16. 9. 37
cm/l (= 4,55 %)
cm/l (= 135 %).
remste Beispiel
Oberflächenwas-
entsprechenden

**Tab. 10: GPQ I, Quellweiher: Vertikale Sauerstoffserien im Zentrum.**
**(Ser. X bei P. d am Westufer.)**

| | I. P. k | | | II. P. k | | | III. P. k | | | IV. P. k | | | V. P. k | | | VI. P. k | | | VII. P. k | | | VIII. P. k | | | IX. P. k | | | X. P. d | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Datum** | 30. 3. 37. | | | 2. 4. 37. | | | 18. 5. 37. | | | 29. 5. 37. | | | 26. 7. 37. | | | 28. 7. 37. | | | 27. 11. 36. | | | 3. 12. 36. | | | 29. 12. 37. | | | 3. 12. 36. | | |
| **Zeit** | 1430 | | | 1500 | | | 1530 | | | 1600 | | | 1600 | | | 1500 | | | 1500 | | | 1045 | | | 0900 | | | 1100 | | |
| **Bewölkung** | 6 | | | 5 | | | 7 | | | 0 | | | 9 | | | 4 | | | 0 | | | 10 | | | 0 | | | 10 | | |
| **S.; Sch.** | S. | | | S. | | | S. | | | S. | | | Sch. | | | S. | | | Sch. | | | Sch. | | | Sch. | | | Sch. | | |
| **L. T.** | 3° | | | 4° | | | 9,0° | | | 19° | | | 15° | | | 18° | | | - 4° | | | - 2,5° | | | - 23° | | | - 2,5° | | |
| L. T. Min. bei Nacht | - 9,5° | | | - 1° | | | 3° | | | 2° | | | 35° | | | 2° | | | - 15° | | | - 6° | | | - 26° | | | - 6° | | |
| **Niederschlg.** | — | | | — | | | — | | | — | | | Reg.schauer | | | — | | | — | | | — | | | — | | | 12 cm Eis + 50 cm Sch. | | |
| | W.T. | $O_2$ ccm | $O_2$ % | W.T. | $O_2$ ccm | $O_2$ % | W.T. | $O_2$ ccm | $O_2$ % | W.T. | $O_2$ ccm | $O_2$ % | W.T. | $O_2$ ccm | $O_2$ % | W.T. | $O_2$ ccm | $O_2$ % | W.T. | $O_2$ ccm | $O_2$ % | W.T. | $O_2$ ccm | $O_2$ % | W.T. | Da ccm | $O_2$ % | W.T. | $O_2$ ccm | $O_3$ % |
| 2 cm | 7,1 | 0.55 | 8,23 | — | — | — | — | — | — | — | ~ | — | 15,5 | 5,58 | 100,3 | 18,0 | 7,22 | 137,0 | — | — | — | — | — | — | 1,9 | 0,08 | 1,03 | 1,4 | 0,0 | 0,0 |
| 5 cm | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | 10,1 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | 2,1 | — | — | — | — | — |
| 10 cm | 6,5 | 0,55 | 8,12 | 8,2 | 0,73 | 11, 4 | 7,8 | 0,17 | 2,54 | 8,7 | 1,65 | 25,4 | 8,7 | 0,45 | 6,89 | 11,5 | 2,02 | 33,3 | 4,0 | 0,12 | 1,70 | 4,3 | 0,07 | 0,98 | 3,8 | 0,04 | 0,55 | 1,4 | 0,0 | 0,0 |
| 40 cm | — | — | — | — | | — | — | — | — | 7,3 | 0,75 | 11,1 | — | — | — | 8,1 | 0,81 | 12.3 | — | — | — | — | — | — | 5,4 | — | — | — | — | — |
| 100 cm | 6,5 | 0,35 | 5,1 | 6,5 | 0,50 | 7,43 | 6,7 | 0,15 | 2,22 | 6,7 | 0,55 | 8,06 | 6,9 | 0,11 | 1,68 | 6,9 | 0,56 | 8,27 | 5,9 | 0,08 | 1,15 | 5,9 | 0,11 | 1,60 | 5,9 | 0,03 | 0.44 | — | — | — |
| 170 cm | 6.5 | 0,28 | 4,14 | — | | — | 6,5 | 0,15 | 2,21 | — | — | — | 6,9 | 0,08 | 1,18 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | 6,4 | 0,0 | 0,0 | — | — | — |
| 240 cm | 6,5 | 0,19 | 2,93 | 6,5 | 0,19 | 2,78 | 6,5 | 0,14 | 2,06 | 6,5 | 0,24 | 3,49 | 6,5 | 0,04 | 0,53 | 6,5 | 0,12 | 1,82 | 6,5 | 0,08 | 1,13 | 6,5 | 0,09 | 1,33 | 6,5 | | — | — | — | — |
| Quelloch | — | — | — | 6,5 | 0,0 | 0,0 | — | — | — | — | — | — | 6,5 | 0,0 | 0,0 | 6,5 | 0,0 | 0,0 | — | — | — | — | — | — | 6,5 | 0,0 | 0,0 | — | — | — |

Tab. 11: GFQ I, Quellweiher: Horizontale Sauerstoffserien an der Oberfläche.

| Datum | | 30. 3. 37 | | | 2. 4. 37 | | | 23. 7. 37 | | | 10. 9. 37 | | | 16. 9. 37. | | | 29. 12. 37 | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Zeit | | 1430 | | | 1510 | | | 1130 | | | 1130 | | | 1500 | | | 0800 | | |
| Bewölkung | | 6 | | | 5 | | | 2 | | | 10 | | | 10 | | | 0 | | |
| S.; Sch. | | S. | | | S. | | | S. | | | Sch. | | | Sch. | | | Sch. | | |
| L. T. | | 3° | | | 4° | | | 24° | | | 11° | | | 10° | | | -23° | | |
| L. T. Min. bei Nacht | | -9,5° | | | -1° | | | 8° | | | 5° | | | -1° | | | -26° | | |
| Niederschlg. | | — | | | — | | | — | | | Rg.schauer | | | Rg.schauer | | | — | | |
| | | W. T. | $O_2$ ccm | $O_2$ % | W. T. | $O_2$ ccm | $O_2$ % | W. T. | $O_2$ ccm | $O_2$ % | W. T. | $O_2$ ccm | $O_2$ % | W. T. | $O_2$ ccm | $O_2$ % | W. T. | $O_2$ ccm | $O_2$ % |
| Ausfluß | P. 3 | — | — | — | 7,0 | 0,70 | 10,5 | 7,3 | 0,81 | 12,0 | 6,6 | 0,24 | 3,97 | 6,2 | 0,31 | 4,55 | 5,0 | 0,18 | 2,52 |
| | P. 2a | — | — | — | — | — | — | 7,9 | 1,10 | 16,7 | 10,0 | 2,82 | 45,6 | — | — | — | — | — | — |
| | P. 2b | — | — | — | — | — | — | 7,7 | 0,21 | 3,13 | 10,5 | 5,19 | 85,7 | — | — | — | 2.5 | — | — |
| Weiher | P. 1a | — | — | — | — | — | — | 19,3 | 7,15 | 139,1 | 9,6 | 7,85 | 125,2 | 13,4 | 9,04 | 157,0 | 1,7 | — | — |
| | P. 1b | — | — | — | — | — | — | 11,5 | — | — | 9,0 | 5,67 | 89,3 | — | — | — | 1,7 | 0,05 | 0,64 |
| | P. 1d | — | — | — | — | — | — | 12,2 | 6,31 | 105,8 | 11,0 | 7,01 | 116,0 | — | — | — | 1,2 | 0,0 | 0,0 |
| | P. 1e | — | — | — | — | — | — | 12,5 | — | — | 11,0 | 6,05 | 100,0 | 12,3 | 5,68 | 96,1 | 1,0 | 0,0 | 0,0 |
| | P. 1f | — | — | — | — | — | — | 22,0 | — | — | 10,5 | 10,1 | 164,8 | — | — | — | 1,7 | 0,05 | 0,64 |
| | P. 1g | 7,8 | 0,94 | 14,4 | 8,6 | 1,88 | 29,0 | 22,0 | 10,56 | 225,0 | 11,3 | 8,71 | 144,8 | 12,3 | 19,74 | 335 | — | — | — |
| | P. 1h | — | — | — | — | — | — | 15,4 | — | — | 11,0 | 7,22 | 119,4 | — | — | — | — | — | — |
| | P. 1i | — | — | — | — | — | — | — | — | — | 9,0 | 5,82 | 91,7 | — | — | — | — | — | — |
| | P. 1k | 7,1 | 0,55 | 8,23 | 8,2 | 0,73 | 11,4 | 11,4 | 4,43 | 72,9 | 9,0 | 5,45 | 85,8 | 11,5 | 7,21 | 120,0 | 1,9 | 0,08 | 1,03 |

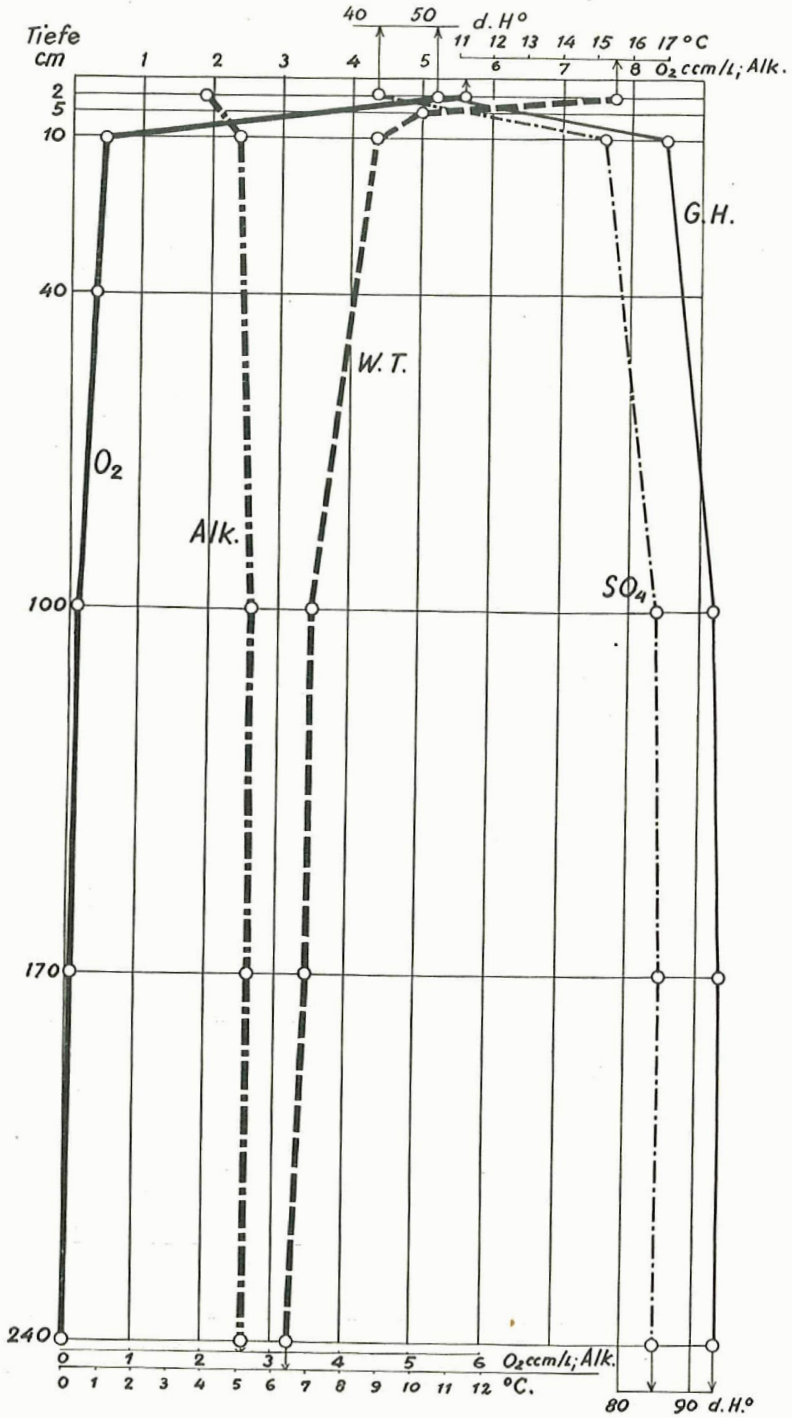
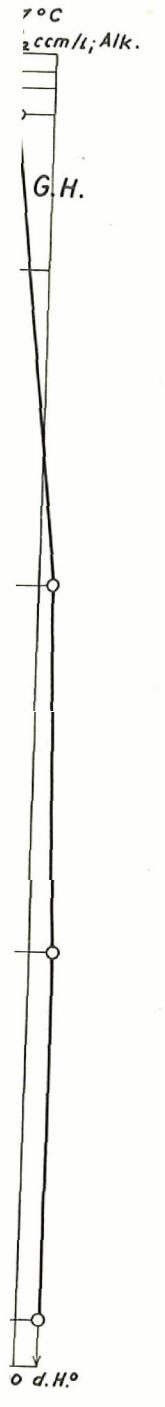



Fig. 11: *GPQ I, Quellweiher: Vertikale Analysenserien im Zentrum am 26. 7. 37.*




*am 26. 7. 37.*

graphischen Darstellungen äußert sich diese Tatsache in ungleichmäßigem, zackigem Verlauf der $O_2$-Kurve (Fig. 13 und 14).

Die Schwankungen sind (wie jene der Temperatur) am kleinsten im Bereich des «Ausflusses» (P. 2b und P. 3), sowie im Weiherzentrum (P. 1i und P. 1k); sie sind am größten am West- (P. 1a) und vor allem am Ostufer (P. 1f und P. 1g), wo Analysen am 23. 7. 37 und 16. 9. 37 die unwahrscheinlich anmutenden Werte von 10,50 ccm/l (= 225 %) und 19,74 ccm/l (= 335 %) ergaben; dem gegenüber bleiben die Sauerstoff-Werte im Frühling, Spätherbst und Winter an den gleichen Stellen weit unter dem Sättigungsgrad. Sie betrugen z. B. bei P. 1f am 29. 12. 37 0,05 ccm/l (= 0,64 %), bei P. 1g am 30. 3. 37 0,94 ccm/l (= 14,4 %). Die Sommermaxima einzelner Punkte äußern sich in den graphischen Darstellungen in einem außerordentlich steilen Anstieg der $O_2$ Kurve (Fig. 14), während die tiefen Winterwerte, die fast vollständig mit jenen anderer Zonen der Weiheroberfläche übereinstimmen, einen ausgeglichenen Kurvenverlauf bedingen. Das Süd- und Nordufer nimmt eine Mittelstellung ein. Etwas abweichend verhält sich in Bezug auf den Sauerstoffgehalt die Stillwasserbucht 2a. Während hier die Maximaltemperaturen jene vom Ostufer noch übertreffen (vergl. S. 308), bleiben die höchsten festgestellten Sauerstoffwerte weit hinter jenen des Ostufers zurück. So ergaben Analysen gleichzeitig geschöpfter Wasserproben am 23. 7. 37:

für P. 2a: 1,10 ccm/l = 16,7 %
für P. 1g: 10,56 ccm/l = 225,0 %.

Die Beziehungen im Verlauf der Sauerstoff-, Temperatur-, pH- und Härtekurven (Fig. 13, 14) sollen an anderer Stelle besprochen werden (vergl. S. 329).

Sowohl die Ergebnisse der Vertikalserien als auch jene der Horizontalserien, die z. T. zu fast unwahrscheinlich anmutenden Feststellungen führten, bedürfen der Erklärung:

### 1. Das völlige Fehlen von Sauerstoff im einströmenden Quellwasser:

Diese Feststellung wirkt nicht überraschend. Es ist allgemein bekannt, daß der Sauerstoffgehalt von Quellwasser häufig unter dem Sättigungsgrad liegt, weil dieses in seinem unterirdischen Lauf keine Gelegenheit hat, mit atmosphärischem Sauerstoff in Kontakt zu kommen. Besonders arm an Sauerstoff sind Wässer, welche reich an oxydierbaren anorganischen oder organischen Substanzen sind (157, 171). GFQ I wird schon äußerlich durch die rostroten Ockerablagerungen im Oberlauf des Quellbaches als Eisenquelle charakterisiert, wenn auch die Analysen ergaben, daß ihr Gehalt an Fe relativ klein ist (vergl. S. 336). In Schöpfproben aus dem Quelltrichter wurde dieses Eisen in Form von $Fe^{''}$ nachgewiesen — eine Feststellung, die zwar allein schon ausreicht, um das gleichzeitige Vorkommen von Sauerstoff auszuschließen — die aber noch keine Erklärung für dessen vollständiges Fehlen gibt. Entscheidend dafür dürfte die Tatsache sein, daß das stark gipshaltige Quellwasser nach dem Austritt aus dem anstehenden Fels (resp. Bergsturzmaterial) eine ca. 2½ m mächtige Schicht von Faulschlamm durchqueren muß, bevor es durch den Quelltrichter in den Weiher einströmt (vergl. Fig. 5) und daß dieser Faulschlamm Schwefelwasserstoff produziert und reich an organischen, oxydierbaren Substanzen ist (vergl. S. 839). Analysen von Wasser, das vorsichtig durch ein Filter aus dem Schlamm gesogen wurde, erbrachten den Beweis, daß dieser schon in geringer Tiefe vollständig sauerstoffrei ist.

## 2. Die Unterschiede im Sauerstoffgehalt des Oberflächenwassers:

Zur Erklärung dieser Unterschiede ist es zunächst notwendig, sich Rechenschaft über die Herkunft des Sauerstoffes im Quellwasser zu geben. Er gelangt auf doppeltem Weg in den Weiher: 1. durch Diffusion von atmosphärischem Sauerstoff an der Oberfläche und 2. durch die Assimilationstätigkeit der im Wasser lebenden Pflanzen. Die durch diesen zweiten Vorgang produzierte Sauerstoffmenge ist im Sonnlier größer als diejenige die durch Diffusion ins Wasser gelangt.

a) *Die täglichen, lokalen Unterschiede* im Sauerstoffgehalt des Oberflächenwassers werden in erster Linie durch die Verbreitung der Wasserpflanzen bedingt. Den Beweis für diese Behauptung erbringen die folgenden Tatsachen:

Der Sauerstoffgehalt ist ganz allgemein in dem mit Moos- und Charabeständen bewachsenen Ufergürtel höher als im pflanzenfreien Zentrum des Weihers (P. 1 i und P. 1 k), und im Ausfluß (P. 2 b und P. 3). Er ist auch höher bei P. 1 a (*Chara*-Bestand!) als bei P. 1 b (keine Pflanzen!), obwohl P. 1 b ebenso nahe am Ufer liegt wie P. 1 a. Gefördert wird die durch Assimilation bedingte Anhäufung von Sauerstoff in der oberflächlichsten Wasserschicht durch die schon bei Behandlung der Temperatur (vergl. S. 309) hervorgehobene Wirkung des dichten Pflanzendaches, das Zirkulationsströmungen erschwert und die Einflußströmung abhält.

Die Maximalwerte (225 % und 335 %) wurden — wie jene der Temperatur — am Ostufer (P. 1 f und 1 g) festgestellt, das dank seiner Lage, am längsten von der Sonne beschienen wird. Auch die Höhe der übrigen Werte ist der Sonnenscheindauer der entsprechenden Stellen proportional. Wie bei der Temperatur (vergl. S. 309) wird auch die Höhe der Sauerstoffwerte am Nordufer (P. 1 h) durch die beschattende Wirkung der Jungkiefern am Ufer herabgesetzt. Die auffallend tiefen Werte in der Stillwasserbucht 2 a (vergl. S. 317) sind darauf zurückzuführen, daß sich hier die $H_2S$-Produktion des Faulschlammes infolge der geringen Tiefe dieser Wasseransammlung (ca. 15 cm) viel intensiver auswirkt als im Weiher.

b) *Die jahreszeitlichen Unterschiede* im Sauerstoffgehalt des Oberflächenwassers sind, wie die lokalen, in erster Linie von der Assimilation der Pflanzen abhängig: Die ermittelten Werte sind — wie gezeigt wurde (vergl. S. 314 und Tab. 11) — am höchsten im Sommer und Herbst, also bei hohem Sonnenstand und folglich längster Sonnenscheindauer; sie sind kleiner im Frühjahr und Spätherbst; sie sinken am ein Minimum im Winter, wenn der Weiher dauernd im Schatten des Munt Ln Schera liegt und die Assimilationstätigkeit der Pflanzen gering ist.

c) *Die hohen Maxima:* Die Tatsache, daß im Oberflächenwasser pflanzenreicher Seen und Kleingewässer nicht selten eine Übersättigung mit Sauerstoff vorkommt, ist bekannt. In der Schweiz hat schon WEITH (175) in einer wenig bekannten Publikation und dann vor allem MINDER in seinen grundlegenden Arbeiten über den Zürichsee auf dieses Phänomen aufmerksam gemacht (100, 101, 102). Starke Übersättigung hat RUTTNER (127) besonders an der Oberfläche javanischer Seen gefunden. So hohe Werte, wie die am Ostufer des Quellweihers GFQ I festgestellten, sind meines Wissens aus dem Alpengebiet bisher noch nicht bekannt geworden. Untersuchungsfehler können nicht vorliegen: Denn an den fraglichen Stellen wurden stets drei Wasserproben geschöpft und nach verschiedenen Methoden analysiert und alle ergaben Werte, die nur in den

Dezimalen voneinander abweichen. Die Intensität der Assimilation geht auch daraus hervor, daß die *Chara*-Bestände zur Zeit der Wasserentnahme mit einem dichten Kleid kleiner, in der Sonne glitzernder Sauerstoffbläschen überzogen waren, welche sich beim Berühren der Zweige loslösten und perlend und sprudelnd an die Wasseroberfläche stiegen.

Die festgestellten ungewöhnlich hohen Sauerstoffwerte lassen sich nur durch das gleichgesinnte Zusammenwirken einer Reihe günstiger Faktoren erklären: den dichten Pflanzenbewuchs (vergl. S. 283), den Chemismus des Wassers (vergl. S. 331), die lange Sonnenscheindauer, das Strahlungsklima des Hochgebirges (vergl, S. 276), die windgeschützte Lage vergl. S. 297), die Unterbindung von Zirkulationsströmungen durch das dichte Dach der Pflanzensprosse (vergl. S. 309). Die eminente Bedeutung des letztgenannten Faktors — auf den RUTTNER (127) besonders hinweist — geht eindrücklich aus den Werten hervor, die eine Vertikalserie am Nachmittag des 23. 7. 37 im Bereich des *Chara*-Gürtels in Ufernähe (bei P. 1 g) lieferte (vergl. Fig. 16):

| | |
|---|---|
| Datum: | 23. 7. 37 |
| Zeit: | 1500 |
| Bewölkung: | 3 |
| S.; Sch.: | S. |
| L. T.: | 25° |
| L. T. Min.: | 8° |

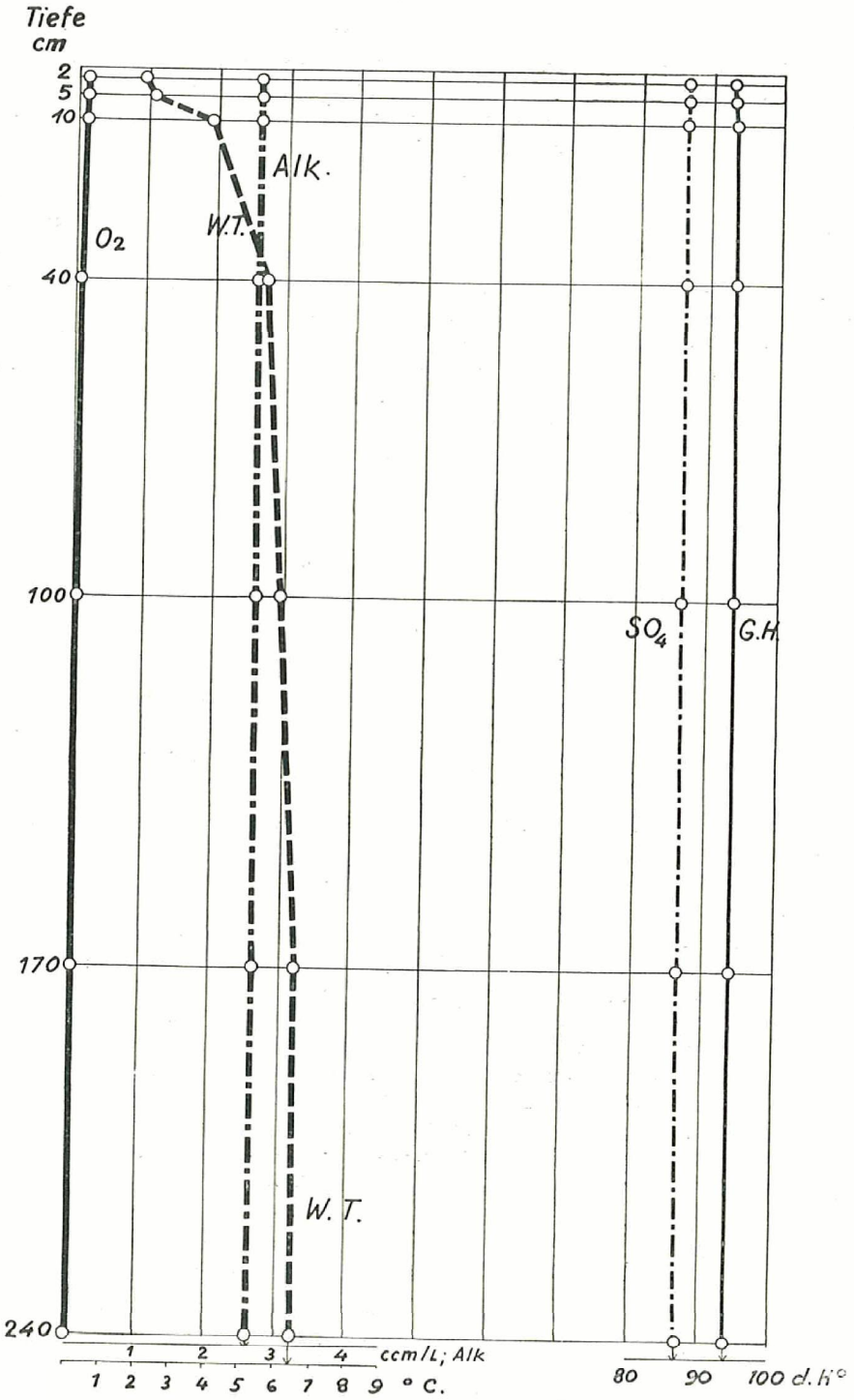
| Tiefe | Wassertemperatur | $O_2$ in ccm | $O_2$ in % |
|---|---|---|---|
| 2 cm | 26 ° | 10,1 | 223,2 % |
| 10 cm | 14,5 ° | 4,38 | 77,2 % |
| 30 cm | 8 ° | 1,25 | 18,95 % |
| 40 cm (Grund) | 7,9 ° | 0,32 | 4,78 % |

Die außerordentlich starke Abnahme der Temperatur und des Sauerstoffgehal-4es zwischen 2 und 10 cm cm Tiefe sind ohne Zweifel in erster Linie auf das dichte, Zirkulationsströmungen erschwerende Pflanzendach, das sich in dieser Tiefenzone ausbreitet, zurückzuführen.

Der Klärung bedarf auch die Tatsache, daß der Sauerstoffgehalt bei P. 1 g am 16. 9. 37 höher (19,74 ccm/l = 335 %) war als am 23. 7. 37 (10,56 ccm/l = 225 %) trotzdem es am 16. 9. bei bedecktem Himmel (Bewölkung = 10) zeitweise leicht regnete, während am 23. 7. das Wetter heiter und sonnig (Bewölkung = 2) war (vergl. Tab. 11). Diese eigenartige Feststellung findet ihre Erklärung in dem Umstand, daß am 16. 9. das Oberflächenwasser des Weihers durch eine Massenentwicklung von Phytoplankton in einem sonst nie festgestellten Maße gelbgrün verfärbt war: Es unterliegt keinem Zweifel, daß der hohe Sauerstaffwert dieses Tages auf einer Summierung des Assimilations-Sauerstoffes der Makrophytenvegetation und des Phytoplanktons beruhte.

### 3. Die vertikale Verteilung des Sauerstoffes:

a) im *Weiherzentrum:* Die Feststellung, daß im Weiherzentrum — normalerweise jahraus jahrein — bis zum Grunde wenigstens Spuren von Sauerstoff vorhanden sind, läßt sich zwanglos mit der Wirkung der Einflußströmung erklären, die — unabhängig von den thermischen Verhältnissen — für eine stete Durchmischung und Beförderung von Oa-hakigem Wasser nach der Tiefe sorgt.




**Pig.** 12: *GFQ I, Quellweiher: Vertikale Analysenserien im Zentrum am 29. 12. 37.*

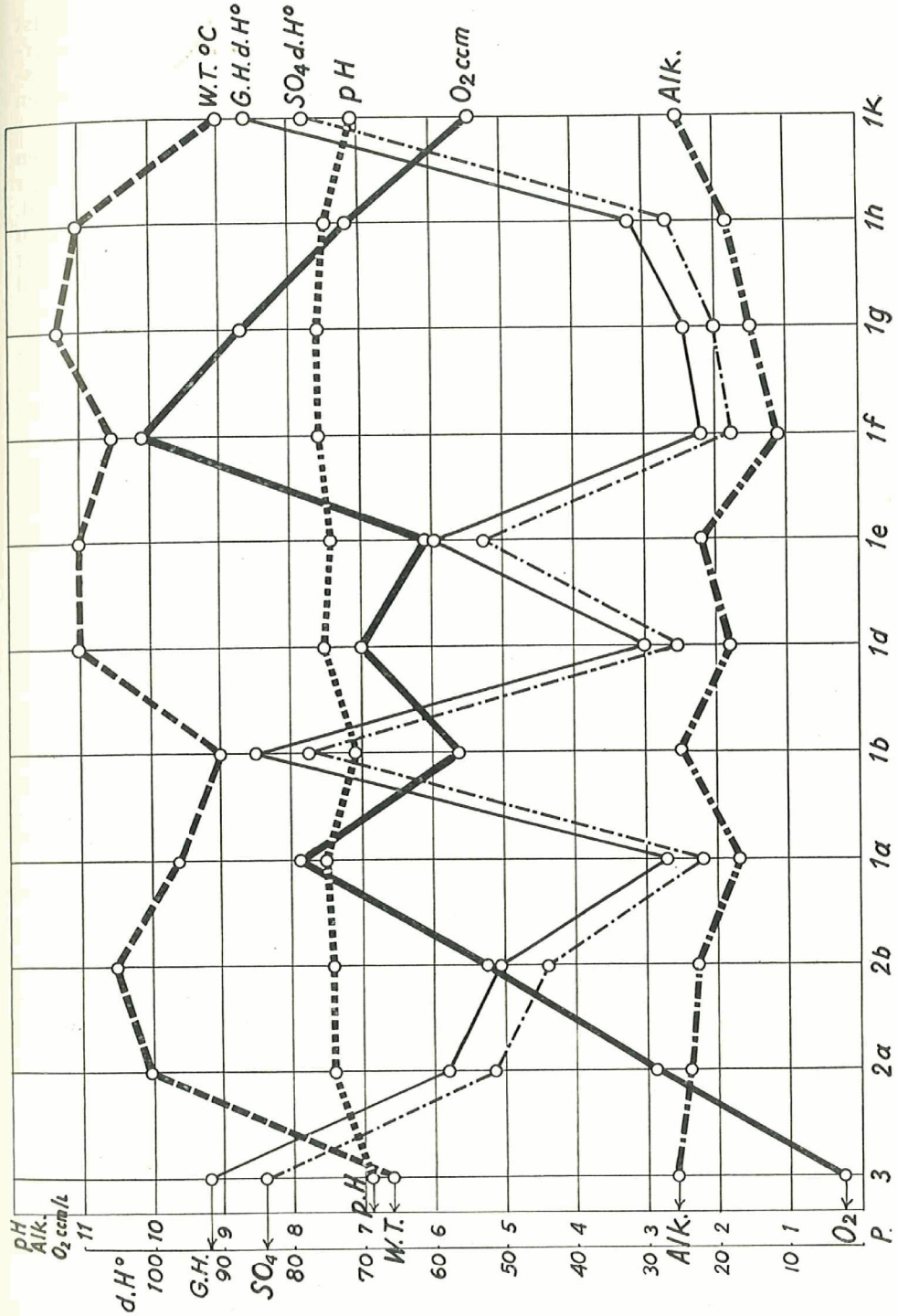



Fig. 13: *GFQ I, Quellweiher: Horizontale Analysenserien vom 10. 9. 37 im Oberflächenwasser.*
(Vergl. Tab. 11 und 15 und bez. der Punkte Fig. 4.)

Eine Anhäufung von stark $H_2S$-haltigem Wasser am Grunde des Weihers ist deshalb ausgeschlossen; der im Tiefenschlamm produzierte Schwefelwasserstoff wird in den obersten Schlamm- und den untersten Wasserschichten sukzessive oxydiert, wobei — wie später gezeigt werden soll — Schwefelbakterien eine wichtige Rolle spielen (vergl. S. 341).

b) *in der Uferregion:* Die Feststellung, daß in der Uferregion auch an jenen Stellen, die der Wirkung der Einflußströmung entzogen sind, im Sommer stets bis auf den Grund hin mindestens Spuren von Sauerstoff vorhanden sind, kann nicht durch thermische Konvektionsströmungen erklärt werden. Da auch Windstauströmungen fehlen, muß angenommen werden, daß dieser Sauerstoff nicht von der Oberfläche nach der Tiefe befördert wurde, sondern an Ort und Stelle durch die in dieser Region wurzelnden Pflanzen und die darauf gedeihenden Algenüberzüge produziert wurde. Im Winter, wenn der flache Südwestteil des Weihers unter einer dicken Eis- und Schneeschicht begraben liegt und sowohl die Assimilation als auch die Aufnahme von Sauerstoff durch Diffusion stark herabgesetzt ist, kann es — wie dargelegt wurde — (nur!) in diesem Teil des Weihers zu völligem Sauerstoffschwund und einer vorübergehenden Anreicherung von Schwefelwasserstoff kommen (vergl. Tab. 10 Ser. X).

## *B. Der Sauerstoff im Quellbach:*

Im Bereich des «Ausflusses», bei P. 2 b und P. 3, wo das Tiefenwasser an die Oberfläche gelangt, ist der Sauerstoffgehalt klein und konstant. Das Wasser ist stark untersättigt. Die in den Jahren 1934—1937 festgestellten Werte schwanken bei P. 3 zwischen 0,18 ccm—1,13 ccm (= 2,53 %—16,13 %).

Im Verlauf des Quellbaches steigt der Sauerstoffgehalt dann aber rasch und bei der Einmündung in die Ova dal Fuorn ist das Wasser annähernd mit Sauerstoff gesättigt. Einmal (29. 8. 35) konnte bei P. 11 und P. 13 sogar eine leichte Übersättigung (103—104 %) festgestellt werden (vergl. Tab. 12 und Fig. 17). Auf einer Strecke von nicht ganz 150 m Länge steigt also der Sauerstoffgehalt vom Nullpunkt (im Quelloch) bis zum Sättigungspunkt (Einmündung in Hauptbach): Biotope mit grundverschiedenen Lebensbedingungen lösen sich auf engstem Raume ab.

Im Gegensatz zum unbewegten Quellweiher, wo die Sauerstoff-Zunahme im Oberflächenwasser in erster Linie der Assimilation der Pflanzen zuzuschreiben ist, beruht die Zunahme im Quellbach fast ausschließlich auf der Aufnahme von atmosphärischem Sauerstoff. Je größer die Kontaktfläche, je intensiver die Durchmischung von Wasser und Luft sind, desto rascher vollzieht sich dieser Prozeß. Wie die Temperatur ist deshalb auch der Gehalt an Sauerstoff von der Gestalt des Bachquerschnittes und im Zusammenhang damit von der Wassertiefe und Strömungsgeschwindigkeit abhängig. Im Bereiche der «Quellausweitung» zwischen P. 4 und P. 5, wo sich das schmächtige Bächlein flächenhaft ausbreitet (vergl. Fig. 7), ist die Zunahme am größten, was sich in den graphischen Darstellungen in einem starken und konstanten Ansteigen der Sauerstoffkurven in diesem Abschnitt zu erkennen gibt (vergl. Fig. 17 und 18). Aber auch schon bei P. 4 erreicht der Gehalt an Sauerstoff bereits etwa 20—25 % des Sättigungswertes, obwohl das Quellbächlein im darüberliegenden Abschnitt (A. II) noch mit geringem Gefälle (3,5 %) und relativ langsam (0,36 m/sec.) geschlossen durch eine leicht eingetiefte Rinne dahinfließt und der Luft eine verhältnismäßig kleine Kontaktfläche bietet. Die wenigen unscheinbaren Strudel, welche dicht unter P. 3 durch einige im Bach-

Tab. 12: GPQ I, Quellbach: Der Sauerstoff (in ccm und % der **Sättigung)** und **die** Temperatur.

| | Datum | 29. 8. 35 | | | 23. 11. 36 | | | 3. 12. 36 | | | 29. 3. 37 | | | 11. 4. 37 | | | 18. 5. 37 | | | 23. 7. 37 | | | 10. 9. 37 | | | 16. 9. 37 | | | 29. 12. 37 | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Zeit | 0930 | | | 1330 | | | 0845 | | | 0930 | | | 1000 | | | 1530 | | | 1130 | | | 1130 | | | 1500 | | | 0900 | | |
| | **Bewölkung** | 10 | | | 0 | | | 10 | | | 7 | | | 10 | | | 7 | | | 2 | | | 10 | | | 10 | | | 0 | | |
| | S., Sch. | Sch. | | | Sch. | | | Sch. | | | Sch. | | | Sch. | | | S. | | | S. | | | Sch. | | | Sch. | | | Sch. | | |
| | L. T. | 7,5° | | | — 2° | | | −2,5° | | | — 2° | | | 6° | | | 9° | | | 24° | | | 11° | | | 10° | | | −23° | | |
| | L. T. Min. bei Nacht | 3,5° | | | −13° | | | — 6° | | | - 1o° | | | — 1° | | | 3° | | | 8° | | | 5° | | | — 1° | | | −26° | | |
| | Niederschg. | — | | | — | | | — | | | — | | | — | | | Rg. bis 1300 | | | — | | | Rg.schauer | | | Rg.schauer | | | — | | |
| | | W.T. | O2 ccm | O2 % | W.T. | O2 ccm | O2 % | W.T. | O2 ccm | O2 % | W.T. | O2 ccm | O2 % | W.T. | O2 ccm | O2 % | W.T. | O2 ccm | O2 % | W.T. | O2 ccm | O2 % | W.T. | O2 ccm | O2 % | W.T. | O2 ccm | O2 % | W.T. | O2 ccm | O2 % |
| Quellbach | P. 2 b | — | — | — | 6,1 | 0,31 | 4,5 | 6,1 | — | — | 6,5 | — | — | 6,6 | 1,09 | 16,2 | 6,7 | 0,45 | 6,6 | 7,7 ? | 0,21 | 3,13 | 10,5 | 5,19 | 85,7 | 6,2 | 0,31 | 4,5 | 5,7 | — | — |
| | P. 3 | — | — | — | 5,7 | 1,13 | 16,1 | 5,9 | — | — | 6,5 | 0,52 | 7,6 | — | — | — | 6,7 | 0,76 | 11,3 | 7,3 | 0,81 | 12,01 | 6,6 | 0,24 | 3,9 | — | — | — | 5,0 | 0,18 | 2,5 |
| | P. 4 | 6,7 | 0,69 | 10,3 | 5,6 | — | — | 5,7 | — | — | — | — | — | 6,9 | 1,34 | 20,1 | 6,7 | 1,3 | 19,3 | 8,3 | — | — | — | — | — | — | — | — | 4,7 | | — |
| | P. 5 | 6,9 | 4,27 | 63,7 | 5,2 | 3,42 | 48,1 | 5,3 | — | — | 6,0 | 4,16 | 60,7 | — | — | — | 6,8 | 4,79 | 71,0 | 9,7 | 4,38 | 69,2 | — | — | — | — | — | — | 3,9 | 3,72 | 51,0 |
| | P. 9 | — | — | — | 4,5 | — | — | 4,9 | — | — | 5,6 | 6,79 | 98,4 | — | — | — | 7,2 | 6,52 | 97,6 | 12,0 | — | — | — | — | — | — | — | — | 3,1 | — | — |
| | P. 11 | 7,5 | 6,49 | 103,5 | 4,2 | 7,03 | 96,1 | 4,5 | 7,07 | 99,3 | 5,4 | 6,84 | 98,0 | — | — | — | 7,6 | 6,57 | 99,3 | 12,5 | 5,75 | 96,7 | — | — | — | — | — | — | 2,4 | 7,18 | 93,6 |
| | P. 13 | 7,7 | 6,83 | 104,1 | 4,0 | — | — | 4,3 | — | — | — | — | — | — | — | — | 7,6 | 6,60 | 99,7 | 12,5 | 5,82 | 97,8 | 8,1 | 6,48 | 99,8 | — | — | — | 2,0 | 7,38 | 95,4 |

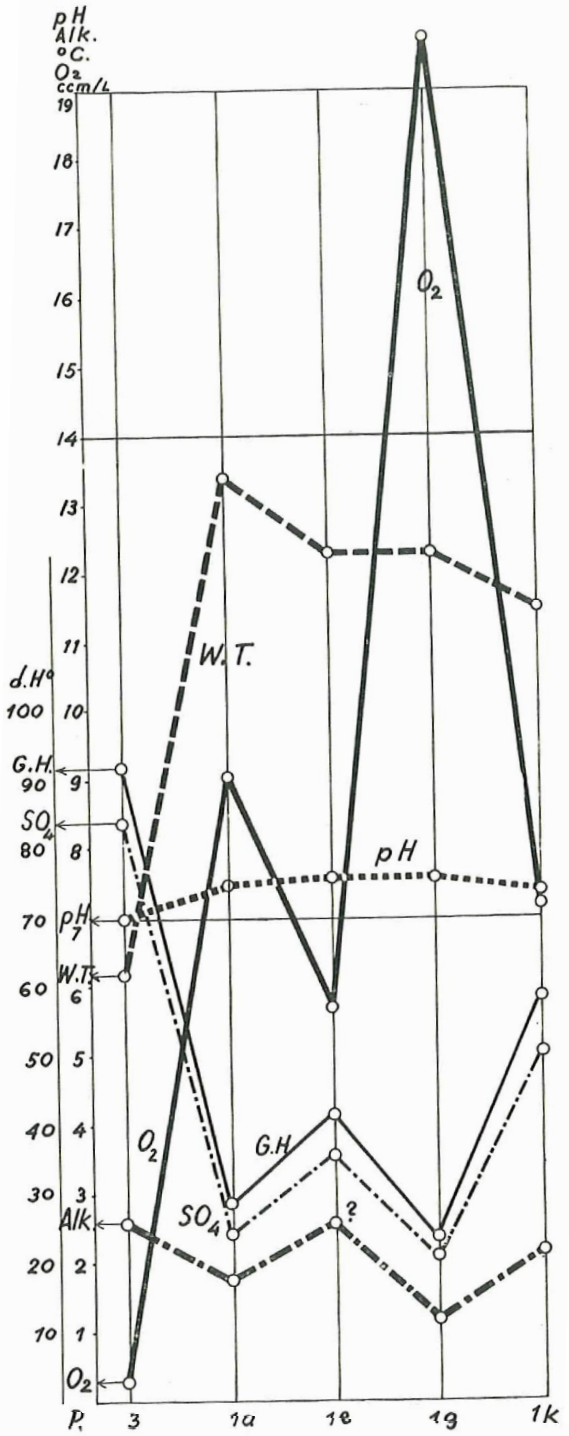



Fig. 14: *GFQ I, Quellweiher: Horizontale Analysenserien vom 16. 9. 37 im Oberflächenwasser.*

(Vergl. Tab. 11 und 15 und bez. der Punkte Fig. 4.)

bett liegende Steine verursacht werden, genügen aber, um dem Wasser bedeutende Mengen von Sauerstoff zuzuführen.

Weil das Wasser untersättigt ist, erfolgt die Sauerstoff-Zunahme im Quellbach unabhängig von der Wassertemperatur und deshalb auch von den Jahreszeiten. Während die Temperaturkurven im Sommer steigen und im Winter fallen, steigen jene des Sauerstoffes jahraus jahrein. Im Sommer verhalten sich also die Sauerstoff- und Temperaturwerte nicht — wie dies in Bächen im allgemeinen üblich ist — reziprok, d. h. ihre Kurven gehen nicht auseinander, sondern sie steigen gemeinsam vom «Ausfluß» bis zur Einmündung in den Hauptbach (vergl. Fig. 18). Einzig im Unterlauf wo das Wasser den Sättigungsgrad erreicht hat, wirkt sich die Höhe der Temperatur naturgemäß auf den Gehalt an Sauerstoff aus, indem hier in der kalten Jahreszeit bei tiefen Wassertemperaturen höhere Sauerstoffwerte festgestellt werden als im Sommer bei hohen Wassertemperaturen. In den graphischen Darstellungen (Fig. 18) tritt das so in Erscheinung, daß zwischen P. 11 und P. 13 im Winter (ausgezogene Linien) die Kurven für den Sauerstoff und die Temperatur divergieren, während sie im Frühling (Punkt-Strich-Linien) und Sommer (gestrichelte Linien) mehr oder weniger konvergieren. Während also der Ober- und auch Mittellauf des Quellbaches in ihrem Verhalten noch deutliche Affinität zum Quellmilieu zeigen, tragt der Unterlauf in Bezug auf Temperatur und Sauerstoff bereits den Charakter eines Hochgebirgsbaches.

Zahlenmäßig äußern sich diese Verhältnisse so, daß im Oberlauf die gefundenen Sauerstoffwerte nur wenig schwanken, die Sättigungsprozente dagegen stark; daß demgegenüber im Unterlauf die gefundenen Werte stärker schwanken, die Sättigungsprozente dagegen beinahe konstant bleiben.

| | ccm $O_2$ pro l Min.—Max. | % der Sättigung Min. — Max. |
|---|---|---|
| P. 2 : | 0,21—1,09—(5,19)[1] | 3,1 % — 16,25 % —(85,7 %)[1] |
| P. 3 : | 0,18—1,13 | 2,53 % — 16,13 % |
| P. 5 : | 3,36—4,79 | 47,3 % — 71,0 % |
| P. 11 : | (5,37)[2]—5,75—7,18 | (77,0 %)[2]—93,6 % —103,5 % |
| P. 13 : | 5,82—7,38 | 95,4 % —104.1 % |

Besonders im Oberlauf wird also jede einzelne Bachstelle durch einen bestimmten trotz bedeutender Temperaturschwankungen nur wenig wechselnden Gehalt an gelöstem Sauerstoff charakterisiert. Im Bereich des «Ausflusses» und besonders bei P. 2b werden die Schwankuugen allerdings wieder etwas größer weil sich hier in der warmen Jahreszeit der Einfluß des übersättigten Oberflächenwassers des Weihers störend bemerkbar macht.

Es muß ausdrücklich darauf hingewiesen werden, daß die Werte in Tabelle 12, die Kurvenbilder (Fig. 17 und Fig. 18) und die bisherigen Ausführungen über den 08-Gehalt im Quellbach sich ausschließlich auf die Hauptwasserader beziehen,

---

[1] Der Wert 5,19 ccm/l (= 85,7 %) vom 10. 9. 37 darf nicht berücksichtigt werden: er ist zu hoch, was darauf zurückzuführen ist, daß diese Wasserprobe nicht wie die andern in 30—40 cm Tiefe geschöpft wurde, sondern an dar Oberfläche, wo das aufsteigende Tiefenwasser bereits mit abfließendem Oberflächenwasser des Weihers vermischt ist.

Der Wert 5,37 ccm/l (= 77 %) vom 29. 3. 37 darf nicht berücksichtigt werden. Er dürfte unrichtig sein, was schon daraus hervorgeht, daß gleichzeitig mit der ALSTERBERG'schen Methode an der gleichen Stelle ein wesentlich höherer Wert gefunden wutde.

daß aber die Verhältnisse der Uferzone und der Nebenrinnen des Quellbaches stellenweise stark von jenen in der Hauptwasserader abweichen. Schon bei Besprechung der Thermik und des Sauerstoffgehaltes des Quellweihers wurde gezeigt, daß im «Ausfluß» die am Nordufer gelegene Stillwasserbucht 2a durch ganz andere chemisch-physikalische Bedingungen ausgezeichnet ist als der auf gleicher Höhe in der Hauptwasserader gelegene P. 2b (vergl. S. 308, 317). Zu ähnlichen — wenn auch nicht übereinstimmenden Ergebnissen führten Analysen von Wasserproben, die an verschiedenen Stellen des Quellbaches gleichzeitig in der Hauptwasserader und der Uferregion geschöpft wurden (vergl. Tab. 13). Sie zeigen, daß der Sauerstoffgehalt in der Uferregion in kleinen, wenige cm tiefen, handgroßen Lachen zwischen Moospolstern und Equisetum-Beständen durchwegs höher ist als an den entsprechenden Stellen in der Hauptwasserader. So finden wir auf der Höhe von P. 4 und sogar P. 3 in der Uferregion Werte, die in der Hauptwasserader erst unterhalb der Quellausweitung in der Gegend von P. 5 erreicht werden.

Der Überschuß an Sauerstoff in der Uferregion ist zur Hauptsache der Assimilation der Pflanzen zuzuschreiben. Das geht daraus hervor, daß Hand in Hand damit stets auch eine Abnahme der Härte (vergl. S. 327) festgestellt werden kann und daß die gefundenen $O_2$-Werte bei längerer Sonnenbestrahlung trotz Erhöhung der Wassertemperatur steigen. Diese Feststellungen sind wichtig: Sie zeigen, daß die Lebensbedingungen auch im Quellbach — wie an der Weiheroberfläche — auf engstem Raume stark wechseln. Sie bilden einen erneuten Beweis dafür, daß nur genaueste Detailuntersuchungen einen befriedigenden Einblick in die Milieubedingungen eines Kleingewässers zu geben vermögen.

## VI. Permanganatverbrauch und Sauerstoffzehrung.[1]

Der Permanganatverbrauch eines Wassers ist bekanntlich ein Maßstab für dessen Gehalt an oxydierbaren Substanzen. Als «rein» wird nach KLUT (75) ein Wasser bezeichnet, dessen Verbrauch an Kalipermanganat 12 mg/l nicht überschreitet.

Der Kaliumpermanganatverbrauch im Quellwasser von GFQI ist auffallend gering. Er schwankt zwischen 3,39 und 3,79 mg/l (vergl. Tab. 18). Diese Werte müssen allerdings mit Vorbehalt wiedergegeben werden: Die Bestimmungen erfolgten nicht unmittelbar nach der Wasserentnahme an Ort und Stelle, sondern die Wasserproben mußten nach dem kantonalen chemischen Laboratorium in Zürich verschickt werden, und trotzdem KLUT (75) der Ansicht ist, die durch solche Verzögerungen entstehenden Fehler seien praktisch von geringer Bedeutung, scheint es nicht ausgeschlossen, daß die gefundenen Werte nicht unerheblich zu klein sind.

**Sauerstoffzehrungsversuche,** die an Ort und Stelle durchgeführt wurden, führten im Tiefenwasser nach einer Zehrungsdauer von 48 Stunden stets zu völligem Sauerstoffschwund. Dabei muß berücksichtigt werden, daß im Tiefenwasser neben organischen Suspensionen auch anorganische Stoffe (Eisenoxydul, Schwefelwasserstoff) sauerstoffzehrend wirken. Im annähernd mit Sauerstoff gesättigten Wasser des Unterlaufes erreicht das Defizit nach 48 Stunden höchstens 2—3 %.

---

**Methodik: vergl. Anmerkung 7, S. 419.**

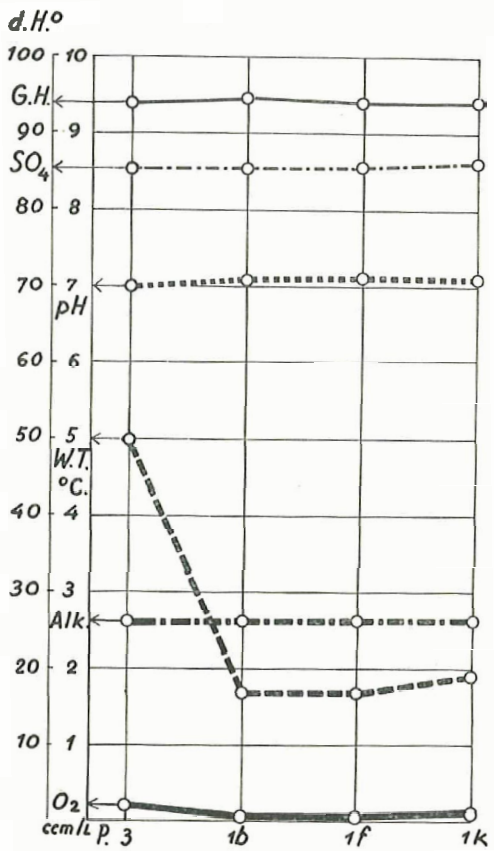



Fig. 15: *GFQ I, Quellweiher; Horizontale Analysenserien vom 29. 12. 37 im Oberflächen-Wasser.*

(Vergl. Tab. 11 und 15 und bez. der Punkte Fig. 4.)

## VII. Die Wasserstoffionenkonzentration, die Karbonat-, Gesamt- und Sulfathärte.[1]

Die Ergebnisse der Messungen und Analysen der ersten Untersuchungsjahre erwiesen sich infolge der Anwendung unzureichender Methoden als ungenau. Sie wurden deshalb in den Tabellen und graphischen Darstellungen, welche den folgenden Ausführungen zu Grunde liegen, nicht berücksichtigt.

### *A. pH; Karbonat-, Gesamt- und Sulfathärte im Quellweiher:*

#### *I. Vertikale Analysenserien:*

In Tabelle 14 sind die Ergebnisse einer Reihe von charakteristischen Analysenserien wiedergegeben, die in den Jahren 1936 und 1937 im Zentrum des Quellweihers durchgeführt wurden. In den Fig. 11, 12, 19 sind einige derselben graphisch dargestellt. Die Ergebnisse zahlreicher Einzelanalysen, die in

Methodik: vergl. Anmerkungen 5. (S. 416), 8. (S. 419), 9. (S. 420).

*im Oberflächen-*

**Gesamt-**

suchungsjahre
s ungenau. Sie
welche den fol-

*veiher:*

stischen Ana-
Zentrum des
ige derselben
lysen, die in

Tab. 13: GFQ I, Quellbach: Analysen an versch. Punkten in der Hauptwasserader und der Uferregion.

(W = nach WINKLER; A = nach ALSTERBERG)

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| P. 3 | Hauptwasserader | | | | | | | | | Nordufer: Kleines (ca. 1 dm²) Tümpelchen mit stehendem Wasser zwischen Polstern von Calliergon und Triglochin. Starke Ablagerungen von flockigem Eisenocker. Wassertiefe: ca. 4 cm. | | | | | | | | |
| | W.T. | pH | Alk. | Ca.H. d.H° | G.H. d.H° | $SO_4$ d.H° | $SO_4$ mg | $O_2$ ccm | $O_2$ % | W.T. | pH | Alk. | Ca.H. d.H° | G.H. d.H° | $SO_4$ d.H° | $SO_4$ mg | $O_2$ ccm | $O_2$ % |
| 2. 4. 37 | 7,0 | 7,1 | 2,6 | 7,28 | 93,8 | 86,4 | 1481 | 0,70 A | 10,5 | 9,0 | 7,3 | 2,3 | 6,65 | 83,5 | 77,4 | 1326 | 2,78 | 43,9 |
| P. 5 | Hauptwasserader | | | | | | | | | Ostteil der Quellausweitung: kleines (ca. 1 dm²) Tümpelchen zwischen Cratoneuron-Polstern und Equisetum. Eisenockerablagerungen. Wassertiefe: ca. 4 cm. | | | | | | | | |
| 9. 4. 37 1200 | 8,1 | 7,0 | 2,6 | 7,28 | 93,0 | 84,4 | 1448 | 3,31 W 3,39 A | 50,4 W 51,6 A | 9,3 | 7,3 | 2,1 | 5,88 | 78,9 | 70,0 | 1202 | 3,72 W 3,62 A | 58,3 W 56,7 A |
| P. 4 | Hauptwasserader | | | | | | | | | Nordostufer: In einer ruhigen, ca. 4 dm² großen Bucht zwischen Calliergon - Cratoneuron - Polstern, die mit der Hauptwasserader in Verbindung steht. Ablagerungen von Eisenocker. Wassertiefe: 5 - 8 cm. | | | | | | | | |
| 15. 5. 37 1100 | 7,2 | 7,0 | 2,6 | 7,28 | 93,2 | 85,2 | 1461 | 1,23 A | 18,35 | 12,8 | 7,4 | 2,1 | 5,88 | 81,0 | 72,2 | 1239 | 3,73 A | 63,7 A |

beiden Jahren, vor allem aber 1936 in verschiedenen Wassertiefen durchgeführt wurden, sind in der Tabelle nicht enthalten. da sie in jeder Beziehung mit den Befunden der wiedergegebenen Serien übereinstimmen.

Das am Grunde des Weihers einströmende Quellwasser zeichnet sich durch sehr hohe und konstante Gesamthärte aus. Die festgestellten Werte schwanken im Laufe des Jahres zwischen 93,4 und 94,2 d. H°. Sie werden in erster Linie durch den hohen Sulfatgehalt des Wassers (85,6—87,1 d. H° = 1470—1496 mg/1 hedingt, während der Karbonatgehalt im Verhältnis dazu einen nur geringen Anteil daran hat (7,28 d. H°). Chloride und Nitrate (vergl. Tab. 18) spielen eine ganz untergeordnete Rolle. Nitrite fehlen. Daß der Gehalt an Karbonat nicht höher sein kann, liegt auf der Hand: $CaSO_4$ und Ca $(HCO_3)_2$ sind Lösungsgenossen und es ist klar, daß durch den Oberschuß an $Ca^{\cdot\cdot}$ die Löslichkeit des als Bodenkörper vorhandenen Kalziumkarbonates herabgesetzt wird. Der $CaSO_4$-Gehalt überschreitet die für normale Trinkwässer gesetzte obere Grenze (nach der von E. HINTZ und L. GRUENHUT zusammengestellten Tabelle) beträchtlich: GFQ I hat also den Charakter einer Mineralquelle und zwar einer Gipsquelle. Quellgeologisch läßt sich dieser Befund leicht durch die Annahme erklären, daß das Wasser in seinem unterirdischen Lauf in Berührung mit Raiblerschichten (Carnien) kommt, welche reich an Mergeln, Rauhwacken und Gips sind (vergl. S. 274).

Die Karbonathärte (7,28 d. H°)und die Wasserstoffionenkonzentration (pH: 7,0—7,1) des einströmenden Wassers sind konstant. Die Reaktion ist neutral.

Im Gegensatz zum Sauerstoffgehalt stimmen in bezug auf pH, Karbonat- und Gesamthärte das durch den Quelltrichter einströmende Quellwasser und das gesamte Tiefenwasser des Weihers in ihrem Verhalten weitgehend überein: Auch im Tiefenwasser ist der Gehalt an Gips hoch und konstant. Noch in 1 m Tiefe betragen die jährlichen Gesamthärteschwankungen nur wenige deutsche Härtegrade.

Ganz anders verhält sich das Oberflächenwasser: in 10 cm Tiefe schwanken die Gesamthärtewerte zwischen 85,0 und 94,0 d. H°, diejenigen der Karbonathärte zwischen 6,72 und 7.28 d. H°; in 2—5 cm Tiefe schwankt die Gesamthärte zwischen 52,0 und 94,0 d. H°, die Karbonathärte zwischen 5,32 und 7,28 d. H°. Hand in Hand mit der Reduktion der Karbonat- und Gesamthärte erfolgt stets eine entsprechende Reduktion des Sulfatgehaltes und in den meisten Fällen ein leichtes Ansteigen des pH. Diese Härteschwankungen des Oberflächenwassers stehen (wie aus Tabelle 14 hervorgeht) in Beziehung zu den Jahreszeiten. Im Winter, Spätherbst und Frühling finden wir auch dicht unter dem Wasserspiegel Werte, die mit jenen des Tiefenwassers ubereinstimmen: Die ganze Wassermasse vom Grund bis zur Oberfläche zeichnet sich dann durch gleichmäßigen, normalen Salzgehalt aus; im Sommer und Herbst kann dagegen die Gesamthärte in der oberflächlichsten 2—5 cm mächtigen Schicht bis auf 55 (also um 45 %) des normalen Wertes sinken. Schon in 10 cm Tiefe erreicht die Reduktion jedoch nur mehr 10 % des normalen Wertes. Das vertikale Gefälle ist also groß.

Graphisch äußert sich dieses Verhalten so, daß die entsprechenden Kurven im Spätherbst, Frühling und Winter vom Grunde bis zur Weiheroberfläche annähernd eine Gerade bilden, während sie in der warmen Jahreszeit im Oberilächenwasser plötzlich und stark nach links abbiegen (Fig. 11, 12, 19). Im Bereich des *Chara*-Gürtels am Ufer macht sich die Reduktion der Härte bis in etwas größere Tiefen bemerkbar: Noch in einer Tiefe von 40 cm beträgt sie

| | I. | | | | | | II. | | | | | | III. | | | | | | IV. | | | | | | V. | | | | | | VI. | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Dat. 30. 3. 37 Zeit 1430 Bew. 6 S. L.T. 3° L.T. Min. bei Nacht — 9,5° | | | | | | Dat. 2. 4. 37 Zeit 1510 Bew. 5 S. L.T. 4° L.T. Min. bei Nacht — 1° | | | | | | Dat. 19. 5. 37 Zeit 0930 Bew. 3 S. L.T. 9° L.T. Min. bei Nacht — 2° | | | | | | Dat. 29. 5. 37 Zeit 1600 Bew. 0 S. L.T. 19° L.T. Min. bei Nacht 2° | | | | | | Dat. 23. 7. 37 Zeit 1130 Bew. 2 S. L.T. 24° L.T. Min. bei Nacht 8° | | | | | | Dat. 26. 7. 37 Zeit 1600 Bew. 9 Sch. L.T. 15° L.T. Min. bei Nacht 3,5° | | | | | |
| | pH | Alk. | Ca.H. d.H° | G.H. d.H° | $SO_4$ d.H° | $SO_4$ mg | pH | Alk. | Ca.H. d.H° | G.H. d.H° | $SO_4$ d.H° | $SO_4$ mg | pH | Alk. | Ca.H. d.H° | G.H. d.H° | $SO_4$ d.H° | $SO_4$ mg | pH | Alk. | Ca.H. d.H° | G.H. d.H° | $SO_4$ d.H° | $SO_4$ mg | pH | Alk. | Ca.H. d.H° | G.H. d.H° | $SO_4$ d.H° | $SO_4$ mg | pH | Alk. | Ca.H. d.H° | G.H. d.H° | $SO_4$ d.H° | $SO_4$ mg |
| 2 | 7,1 | 2,6 | 7,28 | 94,0 | 86,5 | 1484 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | 7,1 | 2,4 | 6,72 | 63,1 | 57,0 | 978 | 7,1 | 1,9 | 5,32 | 52,0 | 43,6 | 747 |
| 10 | 7,1 | 2,6 | 7,28 | 94,0 | 86.5 | 1484 | 7,1 | 2,6 | 7,28 | 92,8 | 84,5 | 1449 | 7,1 | 2,5 | 7,0 | 92,6 | 84,1 | 1441 | 7,1 | 2,6 | 7,28 | 92,9 | 85.0 | 1460 | — | — | — | — | — | — | 7,1 | 2,4 | 6,72 | 85,0 | 76,0 | 1304 |
| 40 | 7,1 | 2,6 | 7,28 | 94,0 | 86,8 | 1490 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | 7,1 | 2,6 | 7,28 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| 100 | 7,1 | 2,6 | 7,28 | 94,0 | 87,0 | 1493 | 7,1 | 2,6 | 7,28 | — | — | — | 7,1 | 2,5 | 7,0 | 92,0 | 84,1 | 1441 | 7,1 | 2,6 | 7,28 | — | — | — | 7,1 | 2,6 | 7,28 | 91,0 | 80,9 | 1388 | 7,1 | 2,6 | 7,28 | 92,5 | 84,0 | 1440 |
| 170 | 7,1 | 2,6 | 7,28 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | 7,1 | 2,5 | 7,0 | 93,4 | 86,0 | 1475 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | 7,1 | 2,6 | 7,28 | 93,4 | 85,0 | 1460 |
| 240 | 7,1 | 2,6 | 7,28 | 93,0 | 87,8 | 1505 | 7,1 | 2,6 | 7,28 | 93,4 | 85,6 | 1470 | 7,1 | 2,5 | 7,0 | 93,5 | 86,0 | 1475 | 7,1 | 2,5 | 7,0 | 99,8 | 85,2 | 1460 | 7,1 | 2,6 | 7,28 | — | — | — | 7,1 | 2,6 | 7,28 | 93,4 | 85,0 | 1460 |
| QL | — | — | — | — | — | — | 7,1 | 2,6 | 7,28 | 93,4 | 85,6 | 1470 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | 7,1 | 2,6 | 7,28 | 94,0 | 87,1 | 1496 | — | — | — | — | — | — |

| | VII. | | | | | | VIII. | | | | | | IX. | | | | | | X. | | | | | | XI. | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Dat. 28. 7. 37 Zeit 1500 Bew. 4 S. L. T. 18° L. T. Min. bei Nacht 2 | | | | | | Dat. 12. 9. 37 Zeit 1130 Bew. 10 Sch. L. T. 2,5° L. T. Min. bei Nacht — 2° | | | | | | Dat. 27. 11. 36 Zeit 1500 Bew. 0 Sch. L.T. — 4° L.T. Min. bei Nacht — 15° | | | | | | Dat. 3.12.36 Zeit 1045 Bew. 10 Sch. L. T. — 2,5° L.T. Min. bei Nacht — 6,0° | | | | | | Dat. 29. 12. 37 Zeit 0900 Bew. 0 Sch. L.T. — 23,0° L.T. Min. b. Nacht — 26,0° | | | | | |
| | pH | Alk. | Ca.H. d. H° | G. H. d. H° | $SO_4$ d. H° | $SO_4$ mg | pH | Alk. | Ca.H. d. H° | G. H. d. H° | $SO_4$ d. H° | $SO_4$ mg | pH | Alk. | Ca.H. d. H° | G. H. d. H° | $SO_4$ d. H° | $SO_4$ mg | pH | Alk. | Ca.H. d. H° | G. H. d. H° | $SO_4$ d. H° | $SO_4$ mg | pH | Alk. | Ca.H. d. H° | G. H. d. H° | $SO_4$ d. H° | $SO_4$ mg |
| 2 | 7,3 | 2,0 | 5,6 | 62,4 | 58,5 | 1003 | 7,2 | 2,4 | 6,72 | 62,5 | 56,8 | 975 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | 7,1 | 2,6 | 7,28 | 93,3 | 86,2 | 1480 |
| 10 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | 7,1 | 2,4 | 6,72 | 85,0 Cl | — | — | 7,1 | 2,5 | 7,0 | 90,4 Cl | — | — | 7,1 | 2,6 | 7,28 | 93,5 | 86,2 | 1480 |
| 40 | — | — | — | — | — | — | 7,1 | 2,6 | 7,28 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| 100 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | 7,1 | 2,5 | 7,0 | 85,0 Cl | — | — | 7,1 | 2,5 | 7,0 | 98,4 Cl | — | — | 7,1 | 2,6 | 7,28 | 93,8 | 86,6 | 1488 |
| 170 | — | — | — | — | — | — | 7,1 | 2,6 | 7,28 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | 2,5 | 7,0 | 98,0 Cl | — | — | 7,1 | 2,6 | 7,28 | 93.5 | 86.5 | 1485 |
| 240 | — | — | — | — | — | — | 7,1 | 2,6 | 7,28 | — | — | — | 7,0 | 2,5 | 7,0 | 85,0 Cl | — | — | 7,1 | 2,5 | 7,0 | 98,4 Cl | — | — | 7,1 | 2,6 | 7,28 | 93,5 | 86,0 | 1477 |
| QL | 7,1 | 2,6 | 7,28 | 93,3 | 85,7 | 1470 | 7,1 | 2,6 | 7,28 | — | — | — | 7.0 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | 7,1 | 2,6 | 7,28 | 94,2 | 87,0 | 1492 |

**Tabelle 14: GFQ I, Quellweiher: pH, Karbonat-, Gesamt- und Sulfathärte (Vertikalserien).**

Cl = nach Clark
QL = Quelloch

am Ostufer (P. 1 f und 1 g) 15—25 % des Normalwertes; das vertikale Gefälle wird dadurch aber nicht kleiner, weil auch die Reduktion in der oberflächlichsten Schicht dementsprechend steigt.

Zusammenfassend kann festgestellt werden, daß der Gegensatz zwischen Tiefen- und Oberflächenwasser, der schon durch den Temperaturgang und den Stauerstoffgehalt bedingt wird (vergl. S. 300 und S. 314), durch das abweichende

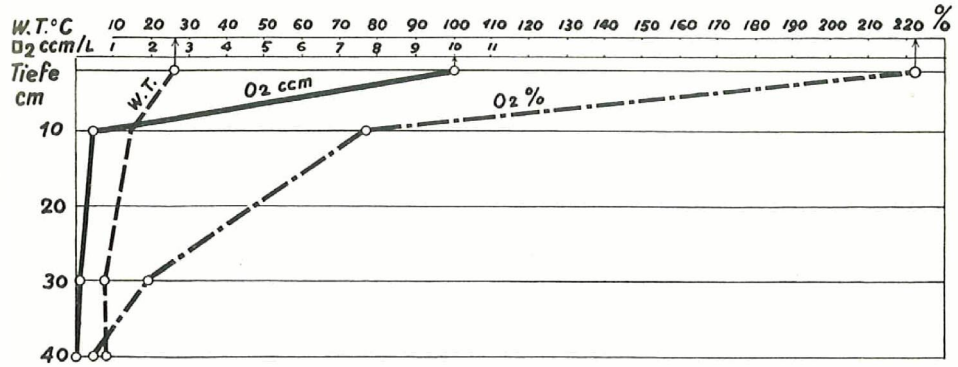



Fig. 16: GFQ I, *Quellweiher: Sauerstoff und Temperatur (Vertikalserie) am 23. 7. 37 bei P. 1 g am Ostufer* (vergl. Fig. 4 und Text, S. 319).

Verhalten in bezug auf die Karbonat- und Gesamthärte noch erhöht wird. Wichtig ist die Feststellung, daß im Oberflächenwasser in der warmen Jahreszeit nicht nur die Karbonat-, sondern stets auch die Gesamthärte und deshalb selbstverständlich auch die Sulfathärte abnimmt und daß die pH-Werte Hand in Hand damit leicht ansteigen, daß das Wasser also alkalischer wird.

### *II. Horizontale Analysenserien im Oberflächenwasser:*

Die Horizontalserien ergeben für das pH, die Karbonat- und Gesamthärte ein ähnliches Bild, wie für die Temperatur und den Sauerstoffgehalt. In der kühlen Jahreszeit (Spätherbst — Winter — Frühling) sind die Härteunterschiede zwischen den einzelnen Entnahmestellen klein: Das Wasser des Weihers zeichnet sich dann nicht nur in vertikaler, sondern auch in horizontaler Richtung durch vollständig oder annähernd gleiche Härte aus; in der warmen Jahreszeit (Sommer — Herbst) sind die Gegensätze dagegen groß. Am wenigsten vom Normalzustand (Härte des einströmenden Wassers) weicht wiederum das Wasser im Ausfluß (P. 3 und P. 2 b) und im Weiherzentrum (P. 1 k) ab; am stärksten ist die Reduktion am West- (P. 1 a) und vor allem am Ostufer (P. 1 f und P. 1 g), wo im Juli, August und September die Gesamthärte bis auf 23 % (also um 77 %) des Normalwertes sinken kann (Tab. 15, Ser. III.—VI.). Das Süd- und das durch Bergkiefern beschattete Nordufer nehmen wiederum eine Zwischenstellung ein. In der Stillwasserbucht 2 a ist trotz der hohen Wassertemperaturen die Abnahme der Härte — wie die Zunahme an Sauerstoff — relativ klein (am 10. 9. 37: Reduktion bis auf 62 % des Normalwertes).

Welches sind die Ursachen dieser Erscheinungen?

Eine erste zur Abklärung der Ursachen wichtige Feststellung ergibt sich eindeutig aus sämtlichen Serien und Kurvenbildern: Die Schwankungen des pH, der Karbonat-, Gesamthärte und des Sauerstoffgehaltes erfolgen nicht unabhängig voneinander; diese Faktoren stehen in bestimmten gesetz-

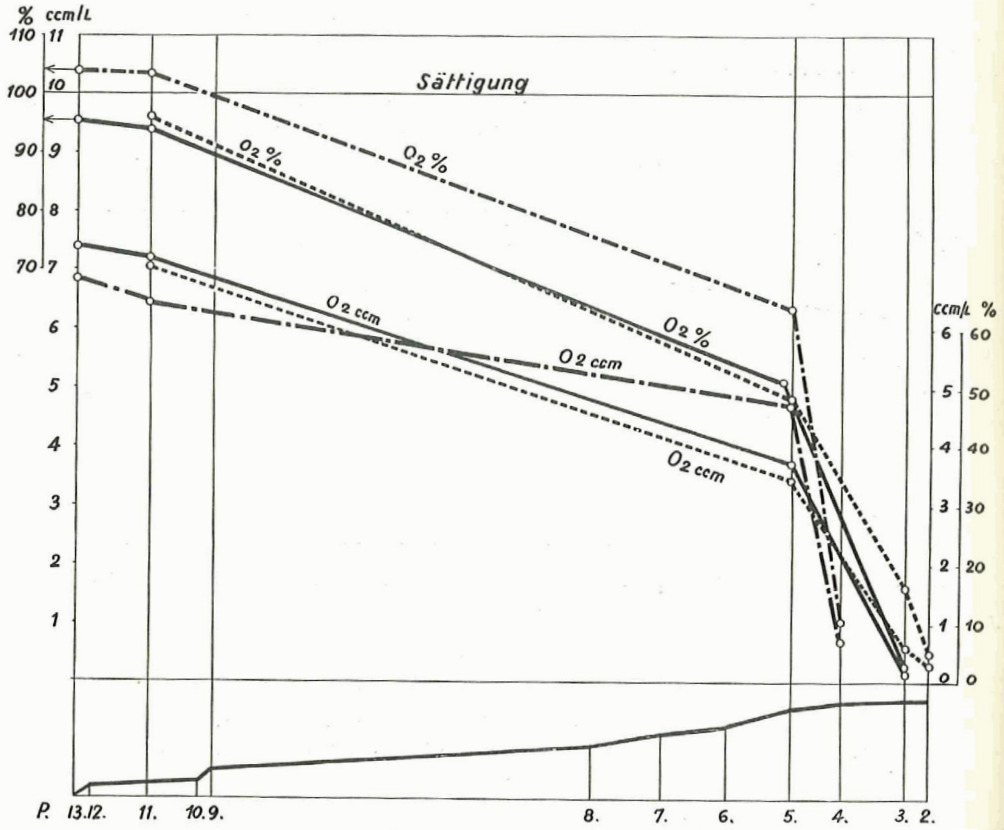



Fig. 17: *GFQ* I, *Quellbach: Sauerstoff (in ccm und % der Sättigung) zu verschiedenen Jahreszeiten* (vergl. Tab. 12).

**Die Punkt-Strichkurven stammen vom 29. 8. 35; die gestrichelten Kurven stammen vom 23. 11. 36; die ausgezogenen Kurven stammen vom 29. 12. 37. Auf der Abszisse sind die Quellbachstrecken im natürlichen Längenverhältnis aufgetragen.**

mäßigen Beziehungen zueinander. Diese Beziehungen äußern sich vor allem in den Figuren 13—15, in welchen für bestimmte Tage und Tageszeiten die an den verschiedenen Weiherpunkten festgestellten Werte graphisch wiedergegeben sind. Diese Figuren zeigen ausnahmslos, daß die Kurven für die Gesamthärte, Sulfathärte und Alkalinität (Karbonathärte) stets gleichgesinnt, jene des Sauerstoffes und des pH dagegen in entgegengesetzter Richtung verlaufen. Die Maxima der Gesamt-, Karbonat- und Sulfathärte fallen also stets mit Minima des Sauerstoffes und des pH zusammen. Unabhängig davon verläuft — was übrigens auch aus den bisherigen Erörterungen (Stillwasserbucht 2 a!) hervorging — die Temperaturkurve.

Eine zweite wichtige Feststellung ermöglichen die Analysen im Quellbach: Sie zeigen, daß vom Ausfluß bis zur Einmündung in die Ova dal Fuorn zwar stets eine starke Zunahme des Sauerstoffes eintritt, daß diese jedoch nie von einer Reduktion der Härte und einer Verschiebung des pH nach der alkalischen Seite hin begleitet wird.

**Tabelle 15: GFQ I, Quellweiher: pH, Karbonat-, Gesamt- und Sulfathärte**

(Horizontale Serien an der Weiheroberfläche).

| | | I. Dat. 30.3.37 Zeit 1430 Bew. 6 S. L. T. 3° L. T. Min. b. Nacht −9,5° | | | | | | II. Dat. 2.4.37 Zeit 1510 Bew. 5 S. L. T. 4° L. T. Min. b. Nacht −1° | | | | | | III. Dat. 23.7.37 Zeit 1130 Bew. 2 S. L. T. 24° L. T. Min. b. Nacht 8° | | | | | | IV. Dat. 10.9.37 Zeit 1130 Bew. 10 Sch. L.T. 11° L. T. Min. b. Nacht 5° Niederschläge Regenschauer | | | | | | V. Dat. 12.9.37 Zeit 1130 Bew. 10 Sch. L.T. 2,5° L.T. Min. b. Nacht −2° | | | | | | VI. Dat. 16.9.37 Zeit 1500 Bew. 10 Sch. L.T. 10° L. T. Min. b. Nacht −1° Niederschläge Regenschauer | | | | | | VII. Dat. 29.12.37 Zeit 0800 Bew. 0 Sch. L. T. −23° L. T. Min. bei Nacht −26° | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | pH | Alk. | Ca. H. d. H° | G. H. d. H° | $SO_4$ d. H° | $SO_4$ mg | pH | Alk. | Ca. H. d. H° | G. H. d. H° | $SO_4$ d. H° | $SO_4$ mg | pH | Alk. | Ca. H. d. H° | G. H. d. H° | $SO_4$ d. H° | $SO_4$ mg | pH | Alk. | Ca. H. d. H° | G. H. d. H° | $SO_4$ d. H° | $SO_4$ mg | pH | Alk. | Ca. H. d. H° | G. H. d. H° | $SO_4$ d. H° | $SO_4$ mg | pH | Alk. | Ca. H. d. H° | G. H. d. H° | $SO_4$ d. H° | $SO_4$ mg | pH | Alk. | Ca. H. d. H° | G. H. d. H° | $SO_4$ d. H° | $SO_4$ mg |
| Ausfluß | P. 3 | — | — | — | — | — | — | — | 2,6 | 7.28 | 93.8 | 86,4 | 1481 | 7,1 | 2,6 | 7,28 | 94,0 | 85,6 | 1469 | 6.9 | 2,6 | 7.28 | 92 | 84 | 1440 | 7,1 | 2,6 | 7,28 | 92,0 | 84.2 | 1442 | 7,0 | 2,6 | 7,28 | 91,7 | 84 | 1440 | 7,0 | 2,6 | 7,28 | 94,0 | 85,3 | 1462 |
| | P. 2a | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | 7,1 | 2,5 | 7,0 | 90,0 | 81,2 | 1393 | 7,4 | 2,4 | 6,72 | 58 | 51,5 | 884 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| | P. 2b | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | 7,1 | 2,6 | 7,28 | 94,6 | 86,0 | 1474 | 7,4 | 2,3 | 6,44 | 51 | 44 | 755 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | 2,6 | — | — | — | — |
| Weiher | P. 1a | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | 7,5 | 1,5 | 4,2 | 25,5 | 21,0 | 360 | 7.5 | 1,7 | 4,76 | 27 | 22 | 378 | 7,3 | 1,9 | 5,32 | 26,2 | 19,9 | 342 | 7,5 | 1.8 | 5,04 | 29,0 | 24.7 | 424 | — | — | — | — | — | — |
| | P. 1b | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | 7,1 | 2,5 | 7,0 | 85 | 78 | 1339 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | 7,1 | 2,6 | 7,28 | 94.4 | 85,3 | 1462 |
| | P. 1d | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | 7,4 | 2,2 | 6,16 | 61,8 | 57,2 | 982 | 7,5 | 1,8 | 5.04 | 30 | 25,5 | 437 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | 7,1 | 2,7 | 7,56 | 95,1 | 87,0 | 1491 |
| | P. 1e | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | 7,4 | 2,2 | 6,16 | 60 | 53 | 910 | — | — | — | — | — | — | 7,6 | 2,6? | 7,28? | 42,2 | 36.2 | 620 | 7.2 | 2,6 | 7,28 | 93,8 | 85,0 | 1459 |
| | P. 1f | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | 7,6 | 1,1 | 3.08 | 22 | 18 | 304 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | 7,1 | 2,6 | 7,28 | 94,0 | 85,4 | 1463 |
| | P. 1g | 7,0 | 2,6 | 7,28 | 93,5 | 86.0 | 1476 | — | 2,5 | 7,0 | 92.0 | 84,2 | 1443 | 7,5 | 1.2 | 3.36 | 23,5 | 19,2 | 329 | 7,6 | 1,5 | 4,2 | 24 | 20 | 342 | 7,5 | 1,1 | 3,08 | 21,6 | 17,9 | 308 | 7,6 | 1,2 | 3,36 | 24,2 | 20,7 | 354 | — | — | — | — | — | — |
| | P. 1h | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | 7,5 | 1,8 | 5,04 | 32 | 27 | 464 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| | P. 1k | 7,1 | 2,6 | 7,28 | 94,0 | 86,5 | 1484 | — | 2,6 | 7,28 | 92,8 | 84,5 | 1449 | 7,1 | 2,4 | 6,72 | 63,1 | 57,0 | 978 | 7,1 | 2,5 | 7,0 | 86 | 78 | 1339 | 7,2 | 2,4 | 6,72 | 62,5 | 56.8 | 975 | 7,4 | 2,2 | 6,16 | 58,8 | 51,0 | 875 | 7,1 | 2,6 | 7.28 | 94,2 | 85,8 | 1471 |

Diese Tatsache gestattet die Schlußfolgerung, daß auch im Quellweiher die starke Sauerstoffzunahme zum mindesten nicht direkt für die Reduktion der Härte und das Alkalischerwerden des Wassers verantwortlich sein kann, sondern, daß diese Faktoren wohl in conditionaler, nicht aber in causaler Beziehung zueinander stehen. Zahlreiche Analysen ergaben, daß sämtliche in Frage kommenden Faktoren von der Lage im Weiher abhängig sind. Diese Feststellung legt die Vermutung nahe, daß nicht nur der Sauerstoff, sondern auch die Gesamt-, Karbonathärte und Reaktion des Wassers zur Assimilationstätigkeit der Pflanzen in Beziehung stehen.

Nachdem in der Schweiz schon LUDWIG, THEOBALD, JAQUELIN[1], sowie W. WEITH (175) u. a. auf die Bedeutung der Assimilation der Wasserpflanzen hingewiesen hatten, erbrachte vor allem L. MINDER in seinen grundlegenden Arbeiten über den Zürichsee (100, 101, 102) den Beweis, daß unter dem Einfluß der Assimilation eine bedeutende Reduktion des Kalkgehaltes des Oberflächenwassers zustande kommen kann. Dieser, in der Fachliteratur als «biogene Entkalkung» bekannte Prozeß beruht darauf, daß durch die Assimilation nicht nur die freie, zugehörige, sondern auch die halbgebundene Kohlensäure verbraucht wird, was zur Ausfällung von unlöslichem Kalziumkarbonat führt (in Form von bis 40 $\mu$ großen Kristallen):

$$Ca(HCO_3)_2 \rightarrow CaCO_3 + CO_2 + H_2O.$$

Während der Kohlenstoff des Kohlendioxydes zum Aufbau des Pflanzenkörpers Verwendung findet, wird der Sauerstoff an das umgebende Milieu, das Wasser, abgegeben, was zu einer starken Übersättigung desselben führen kann. Die Analysen MINDER's im Zürichsee ergaben, daß die Entkalkung maximal 75 % des Normalgehaltes erreichen kann. MINDER kommt zum Schluß, daß je höher der Plankton- und Kalkgehalt des Wassers ist, desto stärker die biogene Entkalkung sein muß. Die Feststellungen MINDER's wurden durch zahlreiche Autoren in den verschiedensten Gegenden der Erde bestätigt (27, 43, 57, 77, 78, 119, 127, 128, 130, 166).

Die Tatsache, daß im Oberflächenwasser im Sommer mit der starken Sauerstoffzunahme stets auch eine Abnahme der Karbonathärte Hand in Hand geht, und daß beide Vorgänge von der Lage (Pfanzenbewuchs, Exposition, Sonnenscheindauer) abhängig sind, läßt sich also durch biogene Entkalkung zwanglos erklären. Ebenso läßt sich das zwar leichte, aber regelmäßige Ansteigen des pH auf den gleichen Prozeß zurückführen, da ja (vergl. bes. die Arbeiten von TILLMANNS & HEUBLEIN, SCHAEPERCLAUS, KOLTHOFF, PIA) der durch die Assimilation verursachte Kohlensäureentzug eine Störung des Gleichgewichtes Calcium-Karbonat-Bikarbonat-Kohlensäure bedingt und nicht nur eine Ausscheidung von Kalziumkarbonat, sondern gleichzeitig auch ein Alkalischerwerden des Wassers zur Folge haben muß.

Unabgeklärt bleibt die durch sämtliche Analysen bestätigte Tatsache, daß mit der Reduktion der Karbonathärte stets auch eine prozentual mindestens ebenso starke Abnahme der Sulfathärte (und Gesamthärte) Hand in Hand geht. Diese Feststellung wirkt um so erstaunlicher, als $Ca(HCO_3)_2$ und $CaSO_4$ Salze mit einem gemeinsamen Ion sind und folglich die Ausscheidung des einen, eine vermehrte Löslichkeit des andern nach sich ziehen müßte.

Thermisch kann diese Abnahme der Sulfathärte nicht bedingt sein, da das Wasser an der Oberfläche in dieser Jahreszeit nicht mit Gips gesättigt ist und die stellenweise zwar starke Erwärmung desselben doch bei weitem nicht

[1] Vergl. W. WEITH, S. 98.

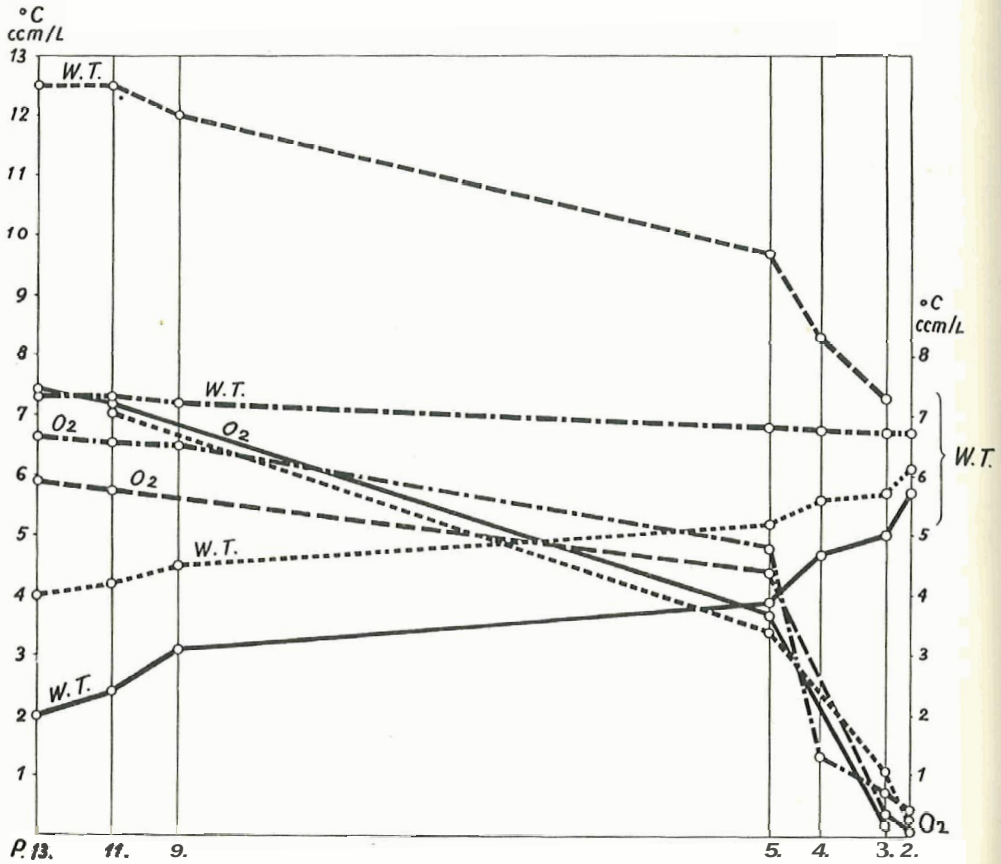
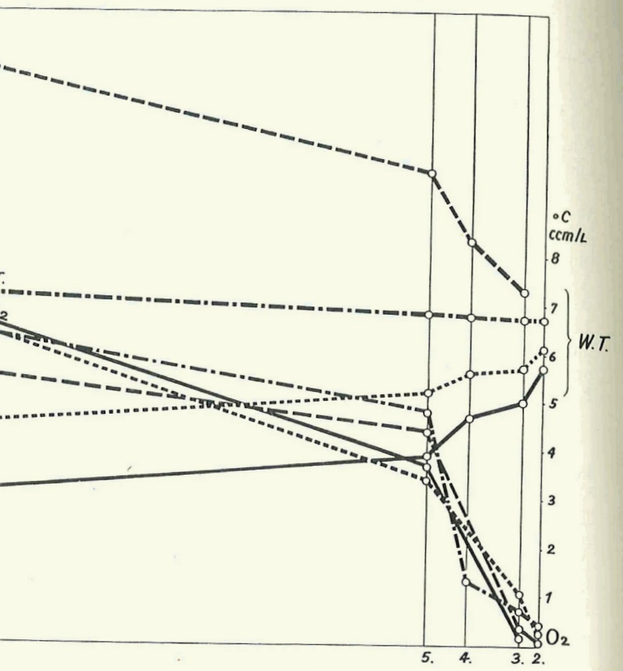



Fig. 18: *GFQ I, Quellbach: Sauerstoffund Wassertemperatur zu verschiedenen Jahreszeiten* (vergl. Tab. *12*).
Die Punkt-Strichkurven stammen vom 18. 5. 37;
die gestrichelten Kurven stammen vom 23. 7. 37;
die punktierten Kurven stammen vom 23. 11. 36;
die ausgezogenen Kurven stammen vom 29. 12. 37.
Auf der Abszisse sind die Quellbachstrecken im natürlichen Längenverhältnis aufgetragen.

ausreichen würde, um durch Herabsetzung der Löslichkeit eine Ausfällung von Gips zu bewirken. Abgesehen von dieser theoretischen Überlegung zeigen auch die Kurvenbilder, daß der Abnahme der Gesamthärte nicht immer (wenn auch häufig!) eine Zunahme der Temperatur entspricht. So sinkt z. B. am 10.9.37 zwischen P. 1 a und 1 b und zwischen P. 1 c und 1 f nicht nur die Härtekurve, sondern gleichzeitig auch jene der Temperatur (Fig. 13). Temperatur und Härte stehen nicht in korrelativer Beziehung zueinander.

Ebenso kann die leichte Verschiebung des pH nach der alkalischen Seite hin als direkte Ursache der Abnahme des Sulfatgehaltes nicht in Frage kommen.

Es erscheint viel wahrscheinlicher, daß auch die Abnahme der Sulfathärte nicht auf einem rein chemischen oder physikalischen Prozeß beruht, sondern — wie die Anreicherung mit Sauerstoff, das Ansteigen der pH-Werte und die




*Quellbach: Sauerstoffund Wassertemperatur zu verschiedenen Jahreszeiten* (vergl. Tab. 12).
e Punkt-Strichkurven stammen vom 18. 5. 37;
e gestrichelten Kurven stammen vom 23. 7. 37;
e punktierten Kurven stammen vom 23. 11. 36;
e ausgezogenen Kurven stammen vom 29. 12. 37.
die Quellbachstrecken im natürlichen Längenverhältnis aufgetragen.

um durch Herabsetzung der Löslichkeit eine Ausfällung von Abgesehen von dieser theoretischen Überlegung zeigen auch laß der Abnahme der Gesamthärte nicht immer (wenn Zunahme der Temperatur entspricht. So sinkt z. B. am P. 1a und 1b und zwischen P. 1c und 1f nicht nur die Härte- ichzeitig auch jene der Temperatur (Fig. 13). Temperatur cht in korrelativer Beziehung zueinander.
leichte Verschiebung des pH nach der alkali- n als direkte Ursache der Abnahme des Sulfatgehaltes nicht

wahrscheinlicher, daß auch die Abnahme der Sulfathärte n chemischen oder physikalischen Prozeß beruht. sondern rung mit Sauerstoff, das Ansteigen der pH-Werte und die

**Tabelle 16: GPQ I, Quellbach: pH, Karbonat-, Gesamt- u**
Cl. = nach CLARK; Bl. = nach BLACHER

| | Datum | 7. 4. 34 | 8. 4. 34 | 18. 9. 34 | 4. 1. 35 | 5. 1. 35 | 6. 1. 35 | 3. 4. 35 | 5. 4. 35 | 8. 4. 35 | 29. 8. 35 | 30. 8. 35 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Zeit | 1100 | 1830 | 1130 | 1145 | 1130 | 1130 | 1500 | 1400 | 1050 | 0930 | 1530 |
| | Bew. | 4 | 9 | ? | 10 | 8 | 6 | 10 | ? | 6 | 10 | 2 |
| | S.; Sch. | ? | Sch. | ? | Sch. | Sch. | ? | Sch. | Sch. | ? | Sch. | S. |
| | L.T. | 0° | 4° | ? | — 6° | — 9° | — 10° | 2° | 3° | 6° | 7,5° | 10° |
| | L.T. Min. bei Nacht | — 7° | — 1,5° | ? | — 18,5° | — 14° | — 13° | — 10° | ? | — 5° | 3,5° | 0° |
| | Nied.schl. | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | Nacht: Regen und Schnee |

| | | Alk. | Ca.H. d. H° | Alk. | Ca.H. d. H° | Alk. | Ca.H. d. H° | Alk. | Ca.H. d. H° | Alk. | Ca.H. d. H° | Alk. | Ca.H. d. H° | Alk. | Ca.H. d. H° | pH | Alk. | Ca.H. d. H° | pH | Alk. | Ca.H. d. H° | pH | Alk. | Ca.H. d. H° | pH | Alk. | Ca.H. d. H° |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Quellbach | P. 2 b | 2.6 | 7.28 | — | — | 2,6 | 7,28 | — | — | 2,6 | 7,28 | 2.6 | 7,28 | — | — | — | — | — | ? | 2.6 | 7,28 | — | — | — | 7,1 | 2,5 | 7,0 |
| | P. 3 | — | — | — | — | — | — | 2,6 | 7,28 | — | — | — | — | — | — | 7,1 | 2.6 | 7,28 | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| | P. 4 | — | — | — | — | 2,7 | 7,56 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | 7,1 | 2,4 | 6,72 | — | — | — |
| | P. 5 | 2.6 | 7.28 | — | — | — | — | 2,6 | 7.28 | — | — | — | — | — | — | 7.1 | 2,6 | 7.28 | — | — | — | 7,2 | 2,5 | 7,0 | 7.1 | — | — |
| | P. 9 | — | — | — | — | 2,5 | 7,0 | — | — | — | — | 2,6 | 7.28 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| | P. 11 | 2.6 | 7.28 | 2.6 | 7.28 | | — | 2.6 | 7,28 | 2,6 | 7.28 | 2,6 | 7,28 | 2,6 | 7,28 | — | — | — | 7.1 | 2,6 | 7,28 | 7,2 | 2,5 | 7,0 | 7.1 | 2.5 | 7.0 |
| | P. 13 | — | — | 2.6 | 7,28 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | 7,2 | 2,5 | 7.0 | — | — | — |

| | Datum | 29. 3. 37 | 2. 4. 37 | 11. 4. 37 | 15. 5. 37 |
|---|---|---|---|---|---|
| | Zeit | 0930 | 1500 | 1000 | 1100 |
| | Bewölkung | 7 | 5 | 10 | 2 |
| | S.; Sch. | Sch. | Scli. | Sch. | S. |
| | L. T. | — 2° | 4° | 6° | 10° |
| | L. T. Min. bei Nacht | — 10° | — 1°. | — 1° | — 0,5° |
| | Nied. schl. | — | — | — | — |

| | | pH | Alk. | Ca.H. d H° | G. H. d. H° Bl. | $SO_4$ d. H° | $SO_4$ mg | pH | Alk. | Ca.H. d. H° | G. H. d. H° Bl. | $SO_4$ d. H° | $SO_4$ mg | pH | Alk. | Ca.H. d. H° | G. H. d. H° Bl. | $SO_4$ d. H° | $SO_4$ mg | pH | Alk. | Ca.H. d. H° | G. H. d. H° Bl. | $SO_4$ d. H° | $SO_4$ mg |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Quellbach | P. 2 b | 7,1 | 2,6 | 7.28 | 93 | 85.5 | 1469 | — | — | — | — | — | — | 7,1 | 2,6 | 7,28 | 93,5 | 86,0 | 1474 | — | — | — | — | — | — |
| | P. 3 | 7.2 | 2,6 | 7.28 | 93 | 85,5 | 1469 | 7,1 | 2,6 | 7.28 | 93.8 | 86.4 | 1481 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| | P. 4 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | 7,1 | 2,6 | 7,28 | 93,0 | 86,0 | 1474 | 7,0 | 2 6 | 7,28 | 93,2 | 85,2 | 1461 |
| | P. 5 | 7,2 | 2.6 | 7,28 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| | P. 9 | 7,2 | 2,6 | 7,28 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| | P. 11 | 7,2 | 2,5 | 7,0 | 92,5 | 85,2 | 1462 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| | P. 13 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | 7,1 | 2,6 | 7,28 | 92.0 | 84.3 | 1445 | — | — | — | — | — | — |

| | Datum | 12.9.37 | 16. 9. 37 |
|---|---|---|---|
| | Zeit | 1130 | 1500 |
| | Bewölkung | 10 | 10 |
| | S.; Sch. | Sch. | Sch. |
| | L. T. | 25° | 10° |
| | L.T. Min. b. Nacht | — 2° | — 1° |
| | Niederschläge | — | Regenschauer |

| | | pH | Alk. | Ca. H. d. H° | G. H. d. H° Bl. | $SO_4$ d. H° | $SO_4$ mg | pH | Alk. | Ca. H. d. H° | G. H. d. H° Bl. | $SO_4$ d. H° |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Quellbach: | P. 2b | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| | P. 3 | 7,1 | 2,6 | 7,28 | 92,0 | 84,2 | 1442 | 7,0 | 2,6 | 7,28 | 91,7 | 84 |
| | P. 4 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| | P. 5 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| | P. 9 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| | P. 11 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| | P. 13 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |

| | Datum | |
|---|---|---|
| | Zeit | |
| | Bew. | |
| | S.; Sch. | |
| | L. T. | |
| | L. T. Mln. bei Nacht | |
| | Nied.sch. | |

| | | p |
|---|---|---|
| Quellbach | P. 2 b | 7 |
| | P. 3 | 7 |
| | P. 4 | 7 |
| | P. 5 | 7 |
| | P. 9 | 7 |
| | P. 11 | — |
| | P. 13 | — |

d Sulfathärte.

| g | 23. 11. 36<br>1330<br>0<br>Sch.<br>— 2°<br>— 13°<br>— | | | | | 3. 12. 36<br>0845<br>10<br>Sch.<br>— 2,5°<br>— 6°<br>— | | | 15. 3. 37<br>1130<br>5<br>Sch.<br>10°<br>— 12.5°<br>— | | | | 16. 3. 37<br>1545<br>0<br>Sch.<br>— 2°<br>— 15°<br>— | | | | | | 24. 3. 37<br>1430<br>10<br>Sch.<br>— 1,5°<br>— 4,5°<br>— | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | pH | Alk. | Ca.H. d. H° | G. H. d. H° Cl. | Alk. | Ca.H. d. H° | Cr. H. d. H° Cl. | pH | Alk. | Ca.H. d. H° | G.H. d. H° Bl. | pH | Alk. | Ca.H. d. H° | G.H. d. H° Bl. | $SO_4$ d. H° | $SO_4$ mg | Alk. | Ca.H. d. H° | G.H. d. H° Bl. | $SO_4$ d. H° | $SO_4$ mg |
| P. 2 b | 6,9 | 2,6 | 7,28 | 86 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| P. 3 | 6.9 | 2,6 | 7,28 | 85 | — | — | — | — | — | — | — | 7,2 | 2,5 | 7,0 | 96,0 | 81.0 | 1390 | 2,6 | 7,28 | 95 | 87 | 1492 |
| P. 4 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | 2.5 | 7,0 | 95,2 | 82.3 | 1411 | — | — | — | — | — |
| P. 5 | 6,9 | 2,6 | 7,28 | 84 | — | — | — | — | — | — | — | 7.1 | 2.5 | 7,0 | — | — | — | 2,6 | 7,0 | 93,2 | 85,9 | 1472 |
| P. 9 | 6.9 | 2,6 | 7,28 | 85 | — | — | — | — | — | — | — | 7,2 | 2.5 | 7,0 | 93,0 | 85.0 | 1458 | — | — | — | — | — |
| P. 11 | 6,9 | 2,6 | 7,28 | 85 | 2,5 | 7.0 | 90,4 | 7,2 | 2,5 | 7,0 | 93,2 | 7.1 | 2,5 | 7,0 | — | — | — | 2.5 | 7,0 | 92,7 | 85,3 | 1463 |
| P. 13 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | 7.2 | 2,5 | 7,0 | 93,0 | 84.5 | 1449 | — | — | — | — | — |

| | 19. 5. 37<br>0930<br>4<br>S.<br>9°<br>— 2°<br>— | | | | | | 23. 7. 37<br>1130<br>2<br>S.<br>24°<br>8°<br>— | | | | | | 24. 7. 37<br>0745<br>0<br>Sch.<br>14°<br>6°<br>— | | | | | | 10. 9. 37<br>1130<br>10<br>Sch.<br>11°<br>5°<br>Rg.schauer | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| H | Alk. | Ca.H. d. H° | G.H. d. H° Bl. | $SO_4$ d. H° | $SO_4$ mg | pH | Alk. | Ca.H. d. H° | G.H. d. H° Bl. | $SO_4$ d. H° | $SO_4$ mg | pH | Alk. | Ca.H. d. H° | G.H. d. H° Bl. | $SO_4$ d. H° | $SO_4$ mg | pH | Alk. | Ca.H. d. H° | G.H. d. H° Bl. | $SO_4$ d. H° | $SO_4$ mg |
| 2 | 2,5 | 7,0 | 79,2 | 69 | 1183 | 7,1 | 2,6 | 7,28 | 94,6 | 86.0 | 1474 | 7.1 | 2,6 | 7,28 | 94,9 | 86,4 | 1481 | 7,4 | 2,3 | 6,44 | 51 | 44 | 755 |
| 2 | 2.5 | 7,0 | 87,5 | 78.2 | 1341 | 7,1 | 2.6 | 7,28 | 94,0 | 85.6 | 1469 | 7,2 | 2 6 | 7.28 | 94,4 | 86,0 | 1474 | 6,9 | 2.6 | 7.28 | 92 | 84 | 1440 |
| 2 | 2,5 | 7,0 | 88,1 | 78.2 | 1341 | 7,1 | — | — | — | — | — | — | 2,6 | 7,28 | 93,4 | 85.5 | 1469 | — | — | — | | — | — |
| 2 | 2,35 | 6,6 | 67,0 | 56.6 | 971 | 7.1 | 2,6 | 7.28 | — | — | — | 7 2 | 2,6 | 7,28 | 93.4 | 84,9 | 1455 | — | — | — | | — | — |
| 2 | 2,35 | 6,6 | 65,1 | 55,2 | 947 | 7,2 | — | — | — | — | — | — | 2,6 | 7.28 | 93,4 | 84,9 | 1455 | — | — | — | — | -- | — |
| - | 2,35 | 6,6 | 64,6 | 54.6 | 936 | 7,1 | 2,6 | 7,28 | — | — | — | — | 2.6 | 7,28 | — | — | — | — | — | — | ~ | — | — |
| - | 2,35 | 6,6 | 64,6 | 54,8 | 940 | 7,2 | 2,6 | 7.28 | 93.1 | 84,5 | 1449 | 7.2 | 2.6 | 7.28 | 93,4 | 84,9 | 1455 | 7,1 | 2.6 | 7.28 | 92 | 8,38 | 1439 |

| | 29. 12.37<br>0900<br>0<br>Sch.<br>— 23°<br>— 26°<br>— | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| $SO_4$ mg | pH | Alk, | Ca. H. d. H° | G. H. d. H° Bl. | $SO_4$ d. H° | $SO_4$ mg |
| — | 7,1 | 2,6 | 7,28 | — | — | — |
| 1440 | 7,0 | 2,6 | 7,28 | 94,0 | 85,3 | 1462 |
| — | — | — | — | — | — | — |
| — | 7,1 | 2,6 | 7,28 | 93,8 | 85,3 | 1462 |
| — | — | — | — | — | — | — |
| — | — | — | — | — | — | — |
| — | 7,1 | 2,6 | 7,28 | 94,1 | 85,5 | 1469 |

Abnahme der Karbonathärte — zur Assimilation der Wasserpflanzen in Beziehung steht. Weitere Detailanalysen an Ort und Stelle und Laboratoriumsversuche werden notwendig sein, um diese vorerst noch unabgeklärte Frage zu beantworten. Es wird sich dabei in erster Linie darum handeln, festzustellen, wohin der ausgeschiedene Gips gelangt. Es erscheint nicht ausgeschlossen, daß die Abnahme desselben durch Katalytwirkung oder Adsorption an der kalkinkrustierten feinverzweigten Oberfläche der Chara-Bestände bedingt wird, daß also daran ähnliche Vorgänge beteiligt sind, wie sie — wenigstens nach der Auffassung gewisser Autoren — bei der Ausbildung von Kalksinterkrusten in Quellbächen wirksam sind. Daß es sich aber nicht ausschließlich um diesen Prozeß handeln kann, geht daraus hervor, daß im Quellbach, wo die Sauerstoffzunahme nicht auf Assimilation, sondern auf Durchlüftung beruht, die Ausfällung trotz der Anwesenheit von Moosen fast völlig unterbleibt. Im Zusammenhang mit diesem Problem ist weiterhin die Frage zu prüfen, weshalb die pH-Werte sich zwar infolge der biogenen Entkalkung stets nach der alkalischen Seite hin verschieben, jedoch nicht in dem Maße, wie man nach dem Grad der Entkalkung erwarten müßte. Die nach der Zusammenstellung von TILLMANNS und SCHAEPERCLAUS (130, 166) berechneten pH-Werte sind durchwegs höher, als die im Weiher festgestellten und dies, obwohl die Zusammenstellungen von TILLMANNS und auch jene von SCHAEPERCLAUS — wie KOLTHOFF (77) mit Recht betont — nur dann richtige Werte liefern, wenn die Calcium- und Bicarbonat-Konzentrationen einander gleich sind, daß aber die berechnete Menge aggressiver Kohlensäure zu groß und das berechnete pH zu tief sind, wenn das Wasser eine bleibende Härte besitzt.

### B. *pH;* Karbonat-, *Gesamt- und Sulfathärte im* Quellbach:

Die Resultate der einzelnen Analysen sind aus Tabelle 16 ersichtlich. Die im Laufe der 4 Untersuchungsjahre festgestellten Minima und Maxima wurden in einer besonderen Tabelle (17) zusammengestellt.

Diese Tabelle zeigt, daß — wie zu erwarten ist — der Salzgehalt im Ausfluß bei P. 3 und P, 2 b weitgehend mit jenem des Tiefenwassers übereinstimmt. Die relativ großen Schwankungen bei P. 2 b sind darauf zurückzuführen, daß das aufsteigende Tiefenwasser an dieser Stelle stets mehr oder weniger mit Oberflächenwasser vermischt wird.

nie Tabelle zeigt weiter, daß auch im Verlauf des Quellbaches sowohl das pH, als auch der Salzgehalt auffallend konstant bleibt. Trotz der starken Durchlüftung und trotz der großen Schwankungen der Wasser-Temperatur (Erwärmung in: Sommer, Abkühlung im Winter) ändern sich die pH-, Karbonathärte- und Gesamthärtewerte vom Ausfluß (P. 3) bis zur Einmündung in die Ova dal Fuorn (P. 13) nur wenig. Die Amplituden zwischen den festgestellten Minima und Maxima bleiben auch im Unterlauf relativ klein. Analysen von Wasserproben, die gleichzeitig an verschiedenen Stellen des Quellbaches geschöpft wurden, ergaben nicht selten vollständig übereinstimmende pH- und Karbonathärte-Werte; demgegenüber läßt sich in allen Fällen eine zwar nur leichte, aber deutliche Abnahme der Gesamt- und Sulfathärte in der Fließrichtung des Quellbaches feststellen (vergl. Tab. 16 und Fig. 20). Die Reduktion der Gesamthärte beträgt durchschnittlich ca. 1,5 d. H°.

Nur einmal, am 19. 5. 37 zeichnete sich das Quellwasser unter P. 5 durch eine wesentlich tiefere Karbonat- und Gesamthärte aus, was sich in den entsprechenden Kurvenbildern (Fig. 20) in einem scharfen Knick an der betreffenden Stelle äußert. Diese außergewöhnliche Abnahme läßt sich zwanglos erklären, wenn

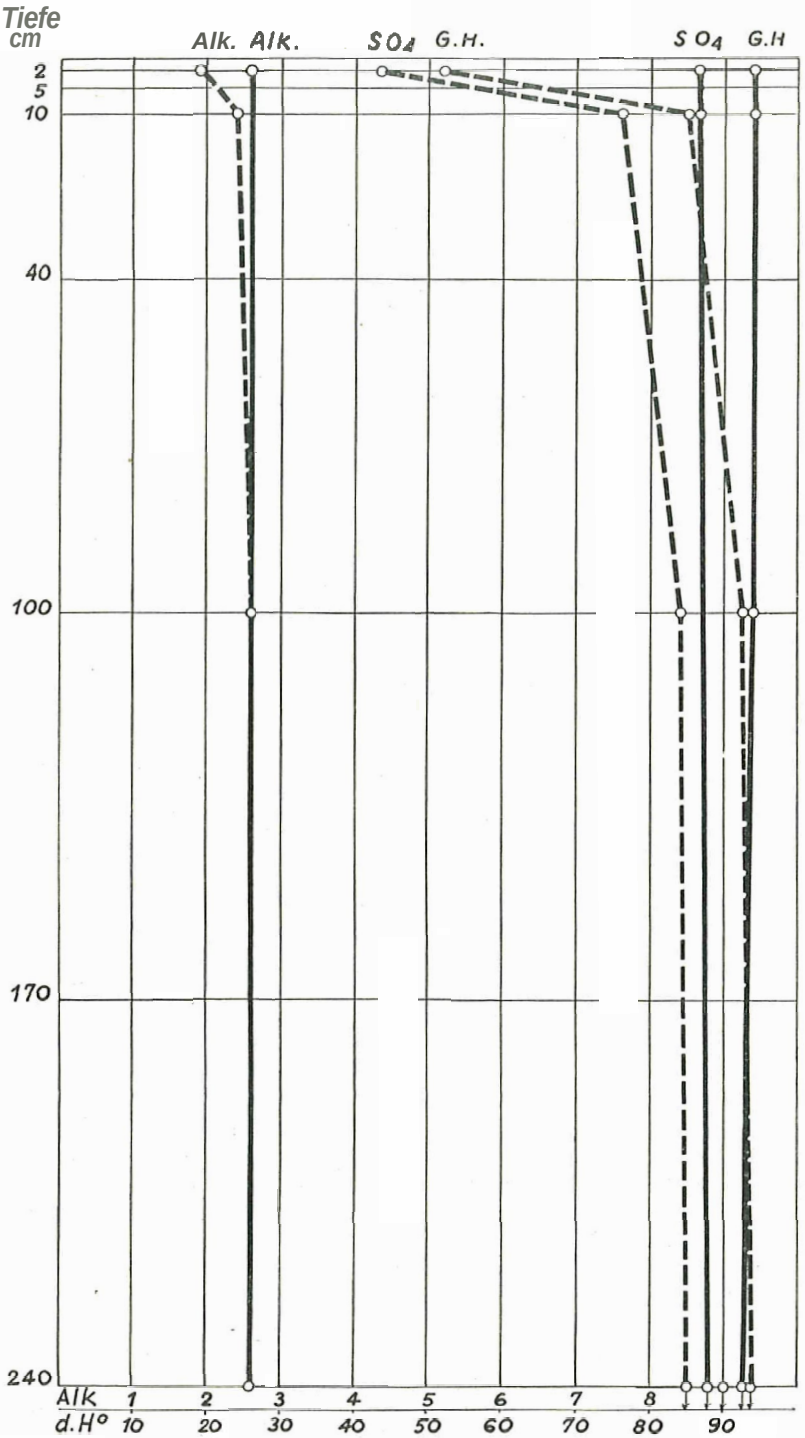



Fig. 19: *GFQ I, Quellweiher: Alkalinität, Gesamt- und Sulfathärte (Vertikalserien) zu verschiedenen Jahreszeiten* (vergl. *Tab. 14*).
**Die ausgezogenen Kurven stammen vom 30. 3. 37; die gestrichelten Kurven stammen vom 26. 7. 37.**

ertikalserien) zu



berücksichtigt wird, daß diese Wasserproben im Mai und zwar um 14 Uhr bei föhnigem Wetter, also zur Zeit der stärksten Schneeschmelze, geschöpft wurden und daß bei P. 5 durch den künstlichen Drainagegraben, der sich bis an den Waldrand hinzieht (vergl. Fig. 1), dem Quellbach plötzlich bedeutende Mengen von weichem Schneewasser zugeführt wurden. Die Abnahme der Karbonat- und Gesamthärte beruht also in diesem Fall nicht auf einer chemisch oder biologisch bedingten Ausfällung, sondern lediglich auf der Verdünnung des Quellwassers mit chemisch beinahe reinem Schmelzwasser. Diese Tatsache muß auch bei der Beurteilung von Tabelle 17 im Auge behalten werden, da sämtliche Minima der Punkte 5, 11 und 13 von diesem Tage stammen, die Schwankungsamplituden im Unterlauf also — wenn von der Verdünnung durch Schneewasser oder Regen abgesehen wird — noch geringer sind, als aus der Tabelle hervorgeht.

Zusammenfassend kann festgestellt werden, daß der Unterlauf des Quellbaches, der in bezug aui Thermik und Sauerstoffgehalt ähnliche Verhältnisse aufweist, wie das Oberflächenwasser des Weihers, in bezug auf den Salzgehalt stark davon abweicht. Dies ist darauf zurückzuführen, daß die Ursachen der Sauerstoffanreicherung im Quellbach und Quellweiher nicht die gleichen sind.

## VIII. Ammoniak, .Nitrite, Nitrate, Chloride, Trockenrückstand, Glühverlust und Glührückstand.

Um neben den an Ort und Stelle serienmäßig durchgeführten Bestimmungen des pH, der Karbonat-Gesamthärte, des Sulfat- und Sauerstoffgehaltes auch Einblick in den übrigen Chemismus des Quellwassers zu gewinnen, wurden einzelne Wasserproben von verschiedenen Stellen dem kantonalen chemischen Laboratorium in Zürich (Direktor: Prof. Dr. E. WASER) zur Untersuchung eingesandt. Die Resultate dieser Analysen sind in Tabelle 18 zusammengestellt. Sie zeigen, daß Ammoniak und Nitrite in keinem Fall nachgewiesen werden konnten, daß dagegen sowohl im Weiher, als auch im Quellbach Spuren von Nitraten vorhanden sind. Der Gehalt an Chloriden ist etwas größer (er schwankt je nach Lage und Zeit zwischen 3,6 und 4,2 mgll), spielt aber im Verhältnis zum hohen Sulfatgehalt eine untergeordnete Rolle (vergl. S. 328). Der Trockenrückstand ist — wie zu erwarten war — sowohl im Tiefenwasser des Weihers, als auch im Quellbach hoch und konstant (2643—2680 mg/l). Er wird etwa zu 75—80 % anorganisch (Glührückstand) und nur etwa zu 20—25 % organisch (Glühverlust) bedingt. Der Glührückstand besteht selbstverständlich zur Hauptsache aus Gips.

## IX. Das Eisen.[1]

GFQ I offenbart sich auf den ersten Blick hin als Eisenquelle. Schon von der Hauptstraße aus fällt im Bachbett der Ova dal Fuorn die zwar leichte aber deutlich sichtbare rostrote Verfärbung der Steine bei der Einmündunasstelle der Quelle auf. Die Eisenausscheidungen nehmen zu, je mehr man sich dem Quellbach folgend dem Weiher nähert. Im Bereich der «Quellausweitung» (A. III) sind die *Cratoneuron*-Polster durch und durch von hellrostroten, flockigen Eisenockerablagerungen durchsetzt. In kleinen Lachen und Pfützen der Uferregion, die der Wirkung der Strömung entzogen sind und nur durch Sickerwasser ge-

[1] Methodik: vergl. Anmerkung 10, S. 420.

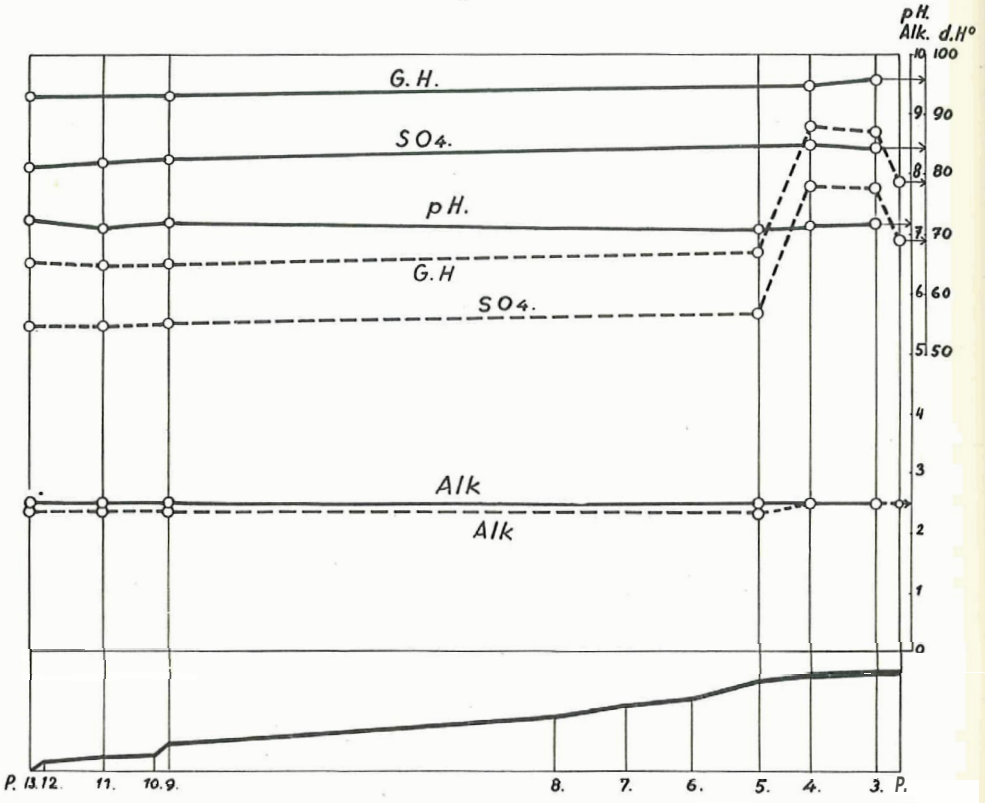
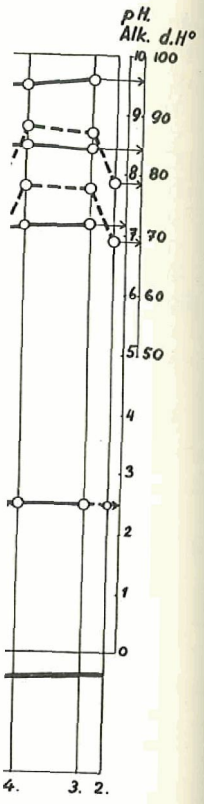



**Fig. 20:** *GFQ* I, *Quellbach: Alkalinität, pH, Sulfat- und Gesamthärte am 16. 3. 37 (ausgezogene Kurven) und am 19. 5. 37 (gestrichelte Kurven)* (vergl. *Tab.* 16).
Auf dar Abszisse sind die Quellbachstreckenim natürlichen Längenverhältnis aufgetragen.

speist werden, erreichen sie stellenweise eine Mächtigkeit von 15—20 cm. Ober der «Moosfläche» verschwinden sie dagegen wieder zusehends; der im A. II noch sandig-kiesige und weiter oben schlammige Untergrund weist alle Farbtone von Rotbraun bis Braunschwarz auf, um endlich im Bereich des «Ausflusses» eine tiefschwarze bis bleigraue Färbung anzunehmen, In der Uferregion reichen die rostroten Ablagerungen weiter gegen den Quellweiher hin (Oxydationsprozesse, vergl. S. 325); sie verschwinden erst auf der Höhe von P. 3. Sie fehlen in der Stillwasserbucht 2a und an den Ufern des Weihers vollständig.

Trotz diesen auffallenden Eisenablagerungen ist der Eisengehalt des Wassers relativ gering. Er beträgt — wie aus einer Reihe von quantitativen Analysen hervorgeht — durchschnittlich nur etwa 0,5 mg/l, während z. B. in den Grundwässern der norddeutschen Tiefebene (KLUT) ein Eisengehalt bis zu 20 mg/l nachgewiesen werden konnte. KLUT betont aber, daß schon bei Wässern mit einem Gehalt von 0,2 mg Fe im l bei Berührung mit der Luft Eisenausscheidangen eintreten können und daß sich solche Wässer aus diesem Grunde nicht für Wasserversorgungen eignen.

Neben den in Tabelle 18 angeführten quantitativen Bestimmungen wurden häufig und zu verschiedenen Jahreszeiten an Ort und Stelle qualitative Eisenanalysen mit Rhodankalium durchgeführt. Durch Vergleich der Farbtöne der




*16. 3. 37 (aus-*
Tab. 16).
ıis aufgetragen.

–20 cm. Über
der im A. II
alle Farbtöne
«Ausflusses»
egion reichen
ɪydationspro-
Sie fehlen in
g.

g e h a l t des
quantitativen
d z. B. in den
ehalt bis zu
bei Wässern
isenausschei-
Grunde nicht

ıgen wurden
tative Eisen-
Farbtöne der

einzelnen Proben war es so möglich, wenigstens den relativen Eisengehalt des Wassers an verschiedenen Punkten festzustellen. Die Ergebnisse beider Methoden zeigen übereinstimmend, daß der Eisengehalt im Quellbach vom Ausfluß bis zur Einmündung in die Ova dal Fuorn zwar wenig, aber stetig abnimmt. So ergaben quantitative Analysen von Wasserproben, die am 29. und 30. 3. 37 geschöpft wurden, folgende Werte:

| | |
|---|---|
| Tiefenwasser (Weihergrund): | 5,56 mg/l |
| Ausfluß P. 3: | 0,49 mg/l |
| Quellbach P. 11: | 0,39 mg/l |

Das entspricht einer Abnahme um 30,4 % zwischen Weihergrund und P. 11 des Quellbaches.

Nur bei starken Niederschlägen und zur Zeit der Schneeschmelze werden im Unterlauf des Quellbaches höhere Werte als im Oberlauf ermittelt, was aber nicht auf einem höheren Gehalt an gelöstem Eisen, sondern auf einer kaum wahrnehmbaren Trübung des Wassers durch mitgerissene Eisenockerpartikel beruht (vergl. Tab. 18, Fußnote).

Im Tiefenwasser und vor allem im Quelltrichter konnten mit Natriumsulfid Ferroionen nachgewiesen werden; im Oberflächenwasser und vor allem im Quellbach wurde diese Reaktion durch eine milchige Trübung gestört, welche darauf beruht, daß bei Zugabe von $Na_2S$ die Ferriverbindungen unter Abspaltung von kolloidalem Schwefel zu Ferroverbindungen reduziert werden.

Das Vorkommen von Eisen im Wasser der GFQ I ist auf Zersetzung von Pyrit in tieferen Erdschichten zurückzuführen. Dieser Prozeß spielt sich bekanntlich so ab, daß kohlensäurehaltiges Sickerwasser unter dem Druck der darüberliegenden Erdschichten den Schwefelkies ($FeS_2$) in Ferrobikarbonat, Schwefelwasserstoff und S spaltet, etwa nach der Gleichung:

$$2\,CO_P + FeS_2 + 2H_2O = Fe(HCO_3)_2 + S + H_2S.$$

Für die Richtigkeit dieser Erklärung spricht der hohe Gehalt des Wassers an Schwefelverbindungen, wenn auch — wie gezeigt werden soll — nicht anzunehmen ist, daß der gesamte im Quellwasser vorhandene Sulfatgehalt durch Pyritzersetzung entsteht (vergl. S. 340).

**Tabelle 17: GFQ I, Quellbach: pH, Karbonat-, Gesamt- und Sulfathärte. Maxima und Minima.**

| | pH | Alk. | Ca. H. d. H° | G. H. d. H° | $SO_4$ d. H° | $SO_4$ mg/l |
|---|---|---|---|---|---|---|
| P. | Min. Max. | Min. Max. | Min. Max. | Min. Max. | Min. Max. | Min. Max. |
| 2 b | 6,9 — 7,2 (7,4) | 2,5 (2,3) — 2,6 | 7,0 (6,44) — 7,28 | 79.2 (51) — 94,9 | 69 (44) — 86,4 | 1183 (755) — 1481[1] |
| 3 | 6,9 — 7.2 | 2,5 — 2,6 | 7,0 — 7.28 | 87,5 — 96,0 | 78.2 — 87,0 | 1341 — 1492 |
| 5 | 6,9 — 7,2 | 2,35 — 2,6 | 6.6 — 7,28 | 67,0 — 93,8 | 56.6 — 85.9 | 971 — 1472 |
| 11 | 6,9 — 7,2 | 2,35 — 2,6 | 6,6 — 7,28 | 64,6 — 93.4 | 54,6 — 85,3 | 936 — 1463 |
| 13 | 7,1 — 7.2 | 2,35 — 2,6 | 6.6 — 7,28 | 64.6 — 94,1 | 54.8 — 85.5 | 940 — 1469 |

[1] **Die bei P. 2 b in Klammer gesetzten Werte stammen ausschließlich vom 10. 9.37. Sie beziehen sich auf eine Wasserprobe, die nicht wie die iibrigen in 30 — 40 cm Tiefe sondern dicht unter der Oberfläche geschöpft wurde und deshalb stark mit entkalktem Oherflächenwasser des Weihers vermischt war.**

Tabelle 18: **GFQ** I, **Quellweiher** und Quellbach: Ergebnisse von **Gesamtanalysen.**

| P. | Weiher (Grund) P. 1. | Weiher 40 cm Tiefe) P. 1 | Ausfluß P. 3 | Viehbrunnen P. 11 | |
|---|---|---|---|---|---|
| Datum | 30. 3. 37 | 4. 6. 37 | 29. 3. 37 | 14. 4. 35 | 29. 3. 37 |
| Zeit | 1430 | 1330 | 0900 | 0930 | 0900 |
| Bewölkung | 6 | 10 | 7 | 4 | 7 |
| Sonne; Schatten | S. | Sch. | Sch. | Sch. | Sch. |
| Lufttemperatur | — 3° | 11° | — 2° | 0,0° | — 2° |
| L. T. Min. bei Nacht | — 9,5° | 5° | — 10° | — 1° | — 10° |
| Wassertemperatur | 6.5° | 6,7° | 6,5° | 5,6° | 5.4° |
| Oe ccm. | 0,19 A | — | 0.52 A | | 684A |
| $O_2$ % | 2.93 % | | 7,6% | — | 98% |
| pH | 7,1 | 7,2 | 7,2 | 7,1 | 7,2 |
| Alkalinität | 2,5 | 2,54 | 2,5 | 2,3 | 2,5 |
| | 2.6 | | 2,6 | | 2,5 |
| Ca. H. d. H° | 7,0 | 7,12 | 7,0 | 6,44 | 7,0 |
| | 7,28 | | 7,28 | | 7,0 |
| G. H. d. H° | 95,0 | 90.2 | 93,0 | 84,8 | 92,5 |
| | 93,0 | | | | |
| $SO_4$ d. H° | 87.8 | — | 85.5 | — | 85.2 |
| $SO_4$ mg/l | 1505 | — | 1469 | — | 1462 |
| Ammoniak | n. n. | — | n. n. | n. n. | n. n. |
| Nitrite | n. n. | — | n. n. | n. n. | n. n. |
| Nitrate ($N_2O_5$) | 0,5 | — | < 0,5 | n. n. | < 0,5 |
| Chloride (als Cl) | 3,6 | — | 3,8 | 4,2 | 3,8 |
| Eisen | 0,56 | — | 0,49 | 2,5[1] | 0,39 |
| Trockenrückstand mg/l | 2643 | 2666 | — | 2680 | — |
| Glühverlust (org.) | 488 | 588 | — | 680 | — |
| Glühverlust in % | 18,5 % | 22,1 % | — | 25,4 % | — |
| Glührückstand (anorg.) | 2155 | 2078 | — | 2000 | — |
| Gliihrückstand in % | 81,5 % | 77,9 % | — | 74,6 % | — |
| Kaliumpermanganatverbrauch mg/l | 3,39 | 3,79 | 3,70 | — | 3,70 |

(Die fettgedruckten Werte stellen die Ergebnisse von Analysen dar, die im kantonalen chemischen Laboratorium, Zürich durchgeführt wurden).

[1] Dieser auffallend hohe Wert ist darauf zurückzuführen, daß das Wasser zur Zeit der Probeentnahme infolge starker Niederschläge leicht durch mitgerissene Eisenockerpartikelchen getrübt war.

Gesamtanalysen.

| | Viehbrunnen P. 11 |
|---|---|
| 1. 4, 35 | 29. 3. 37 |
| 0930 | 0900 |
| 4 | 7 |
| Sch. | Sch. |
| 0,0° | — 2° |
| — 1° | — 10° |
| 5,6° | 5,4° |
| — | 6 84 A |
| — | 98 % |
| 7,1 | 7,2 |
| 2,3 | 2,5 |
| | 2,5 |
| 5,44 | 7,0 |
| | 7,0 |
| 34,8 | 92,5 |
| | 85.2 |
| | 1462 |
| . n. | n. n. |
| . n. | n. n. |
| . n. | < 0,5 |
| 4,2 | 3,8 |
| ,5 | 0,39 |
| 580 | — |
| 580 | — |
| ,4 % | — |
| 000 | — |
| 6 % | — |
| — | 3,70 |

ar, die im kan-

/asser zur Zeit
ne Eisenocker-

## X. Der Schwefelwasserstoff und der Kreislauf des Schwefels.[1]

In der Umgebung des Quelltümpels und besonders in der Nähe des Ausflusses kann ein deutlicher — wenn auch leichter — Geruch nach Schwefelwasserstoff wahrgenommen werden. Im Winter ist dieser Geruch stärker als in den übrigen Jahreszeiten.

Im Wasser von GFQ I konnten sowohl durch qualitative als auch durch quantitative Analysen stets nur Spuren von $H_2S$ nachgewiesen werden und zwar nur an folgenden Stellen:

1. *Im Ausfluß:* in der Hauptwasserader bei P. 3 und in der Stillwasserbucht 2 a.
2. *Im Quellweiher:* im Sommer, Frühjahr und Herbst zeitweise in der tiefsten, schlammnahen Wasserschicht; im Winter im Südwestteil des Weihers vorübergehend auch im Oberflächenwasser.

Im Faulschlamm sind dagegen stets bedeutende Mengen von Schwefelwasserstoff vorhanden und zwar sowohl im Quellweiher als auch im Ausfluß.

### *1. Die Entstehung des Schwefelwasserstoffes in GFQ I:*

Vor der Erörterung der mutmaßlichen Entstehung des Schwefelwasserstoffes in GFQ 1, sollen kurz die Entstehungsmöglichkeiten in der Natur im allgemeinen besprochen werden (vergl. die Arbeiten von: BAVENDAMM [8], DUEGGELI [36, 37], ELLIS [42], KLUT [75], MAUCHA [96], MOLISCH [103], WINOGRADSKY [180, 181]). Zwei Hauptentstehungsmöglichkeiten kommen in Frage:

A. Die Entstehung durch rein chemische Prozesse,
B. Dle Entstehung durch biologische Prozesse.

#### *A. Die Entstehung durch rein chemische Prozesse:*

$CO_2$-haltiges Oberflächenwasser sickert in die Tiefe und zersetzt unter der Mitwirkung des Druckes der darüber lagernden, oft mächtigen Erdschichten den Schwefelkies, mit welchem es in Berührung kommt, wobei Ferrobikarbonat, Schwefelwasserstoff und Schwefel entstehen, nach der Gleichung:

$$2\,CO_2 + FeS_2 + 2\,H_2O = Fe\,(HCO_3)_2 + S + H_2S.$$

#### *B. Die Entstehung durch biologische Vorgänge:*

*1. Durch Hydrogenisation:* d. h. Verbindung von freiem Schwefel mit Wasserstoff unter dem Einfluß bestimmter anaerober Bakterien.

*2. Durch Zersetzung von Proteinkörpern:* Nach ELLIS *(42)* besitzen nicht weniger als 90 % der saprophytischen Bodenbakterien die Fähigkeit, das Eiweiß, welches im Tier- und Pflanzenkörper enthalten ist, unter Bildung von Schwefelwasserstoff zu spalten.

3. *Durch Reduktion anorganischer schwefelhaltiger Verbindungen (Sulfate, Sulfite, Thiosulfate):* Gewisse anaerobe Bakterien, die sulfatreduzierenden Schwefelbakterien (keine echten Schwefelbakterien!) vermögen Sulfate (sowie Sulfite und Thiosulfate) zu Sulfiden und weiter zu Schwefelwasserstoff zu reduzieren. Voraussetzung für diesen Prozeß ist das Vorhandensein organischer Substanzen, die mit dem freiwerdenden Sauerstoff oxydiert werden können, Dieser Prozeß läßt sich durch folgende Gleichungen veranschaulichen (nach BAVENDAMM):

$$CaSO_4 + 8\,H = 4\,H_2O + CaS$$
$$CaS + CO_2 + H_2O = CaCO_3 + H_2S$$

***Welche der geschilderten Möglichkeiten dürfte nun für die $H_2S$-Bildung in GFQ I verantwortlich sein?***

[1] Methodik: vergl. Anmerkung 11, C. 421.

*A. Entstehung durch rein chemische Vorgänge:* Bei Erörterung der Frage, ob diese Entstehungsmöglichkeit in GFQ I in Frage kommt, muß man sich vergegenwärtigen, daß das Quellwasser Eisen enthält, welches im Quellmund als $Fe^{\cdot\cdot}$ nachgewiesen werden kann und besonders in der «Quellausweitung» (A. III) als Ferrihydroxyd zur Ausscheidung gelangt (vergl. S. 337). Dieser Eisengehalt muß auf Pyritzersetzung zurückgeführt werden, weshalb die Annahme, daß wenigstens ein Teil des $H_2S$ durch den gleichen Prozeß gebildet wird, gerechtfertigt erscheint. Daß aber dieser rein chemische Prozeß nicht allein für die Schwefelwasserstoffbildung in GFQ I verantwortlich sein kann, geht aus dem geringen Gehalt an Eisen sowie aus der Tatsache hervor, daß in der benachbarten GFQ IV, die durch den gleichen Chemismus ausgezeichnet ist, und sicher dem gleichen Quellhorizonte entstammt, die aber rheokrenenartig aus dem Boden bricht und deshalb keine Faulschlammablagerungen aufweist, keine $H_2S$-Entwicklung festgestellt werden kann.

*B, 1. Entstehung durch Hydrogenisation:* Hydrogenisation soll nach DUEGGELI dann und wann bei der $H_2S$-Entstehung in Schwefelquellen eine Rolle spielen; keine Beobachtungen sprechen dafür, daß dies in GFQ I der Fall ist.

*B, 2. Entstehung durch Zersetzung von Proteinkörpern:* Die Faulschlammablagerungen am Grunde des Weihers erreichen im Zentrum eine Mächtigkeit von 2,4 m (vergl. Fig. 5). Sie sind reich an organischem Material, das auf den Grund des Weihers niedersinkt und dort in Verwesung übergeht. Es unterliegt keinem Zweifel, daß wenigstens ein Teil des Schwefelwasserstoffes durch Spaltung des in diesem Material enthaltenen Eiweißes gebildet wird.

*B, 3. Entstehung durch Reduktion anorganischer, schwefelhaltiger Verbindungen:* Die Gesamthärte des Wassers von GFQ I ist auffallend hoch (92—95 d. H°): Sie wird in erster Linie durch hohen Sulfatgehalt (bis 1500 mg/l) bedingt. Dieser ausnehmend hohe Gipsgehalt, der durch die Annahme erklärt werden kann, daß das Wasser in seinem unterirdischen Lauf in Berührung mit Raiblerschichten kommt, drängt geradezu zur Annahme, daß ähnlich wie z. B. im Ritomsee (35, 37), die Hauptmenge des auftretenden Schwefelwasserstoffes durch bakterielle Reduktion dieser Sulfate gebildet wird. Diese Annahme wird dadurch bestärkt, daß die übrigen (neben dem Vorkommen von Sulfaten) zur Entwicklung dieser anaeroben Organismen notwendigen Voraussetzungen vorhanden sind: 1. mächtige Ablagerungen faulender organischer Substanzen zur Aufnahme des produzierten Sauerstoffes und 2. vollständiger Sauerstoffschwund in den tieferen Schlammschichten. Der Beweis, daß wenigstens ein Teil des vorhandenen Schwefelwasserstoffes tatsächlich der sulfatreduzierenden Wirkung von Bakterien zuzuschreiben ist, konnte dadurch erbracht werden, daß durch Herrn Prof. DUEGGELI in eingesandten Schlammproben Bakterienformen gefunden wurden, die «morphologisch mit» der von ihm im Ritomsee nachgewiesenen «*Microspira desulfuricans* übereinstimmen».

*Zusammenfassend* kann festgestellt werden, daß für die Schwefelwasserstoffentwicklung in GFQ I nicht eine, sondern mehrere Entstehungsarten verantwortlich sind: Der Eisengehalt des Wassers deutet darauf hin, daß wenigstens ein Teil des $H_2S$ auf Pyritzersetzung zurückzuführen ist; der hohe Sulfatgehalt, die Faulschlammablagerungen und das Vorkommen sulfatreduzierender Bakterien liefern den Beweis, daß biologischen Vorgängen, und zwar in erster Linie der Sulfatreduktion, die größere Bedeutung zukommt.

### *II. Die räumliche und zeitliche Verteilung des $H_2S$:*

Die räumliche und zeitliche Verteilung des $H_2S$ in GFQ I steht in enger Beziehung zu den gesamten physikalisch-chemischen Prozessen, die sich im Weiher abspielen, vor allem zum Sauerstoffgehalt des Wassers. Es wurde betont (vergl. S. 314), daß die gesamte Wassermasse des Weihers wahrend des ganzen Jahres von der Oberfläche bis zum Grund wenigstens Spuren von Sauerstoff enthält und daß nur im flachen Südwestteil vorübergehend sogar im Oberflächenwasser völliger Sauerstoffschwund festgestellt werden konnte. Sauerstoff gelangt durch Diffusion an der Weiheroberfläche, vor allem aber durch die Assimilation in das Wasser. In der warmen Jahreszeit kann es im Oberflächenwasser zu einer starken Sauerstoff-Übersättigung kommen. Thermische Konvektionsströmungen und die Einflußströmung, die sich in Spuren bis an die Ufer hin auswirkt, sorgen dafür, daß dieses Oe-reiche Oberflächenwasser nach der Tiefe befördert wird, weshalb eine Anhäufung von stark $H_2S$-haltigem Wasser am Grund des Weihers ausgeschlossen wird: Der im Faulschlamm produzierte Schwefelwasserstoff wird sukzessive in der obersten Schlamm- und untersten Wasserschicht oxydiert (4, 6). Im Winter, wenn der Quellweiher nicht oder nur für kurze Zeit von der Sonne beschienen ist, wird die Assimilationstätigkeit der Pflanzen auf ein Minimum herabgesetzt. Sie reicht dann nicht aus um der $H_2S$-Produktion, die dank der gleichmäßigen Temperatur des einströmenden Quellwassers konstant bleibt, die Wage zu halten: Das Gleichgewicht wird gestört, und es kann im flachen Süd- und Südwestteil des Weihers, welcher der Wirkung der Einflußströmung entzogen ist, unter dem Eis vorübergehend zu völligem Sauerstoffschwund und einer Anreicherung von Schwefelwasserstoff kommen. Ähnlich liegen die Verhältnisse in der Stillwasserbucht 2 a, welche, von der Hauptwasserader abgeschnürt, im Winter zeitweise von einer dicken Eisschicht bedeckt ist. Im Weiherzentrum, das wie dargelegt wurde, dank der Wirkung der Einflußströmung stets eisfrei bleibt, reicht dagegen die Sauerstoffaufnahme aus, um eine Anhäufung von Schwefelwasserstoff zu verhindern. Die HeS-Anreicherung im Südwestteil und der Ausflußgegend verrät sich in dem im Winter verstärkten Schwefelwasserstoffgeruch in der Umgebung des Weihers, Die Oxydation des $H_2S$ kann rein chemisch bedingt sein, oder aber — wie WINOGRADSKY's grundlegende Untersuchungen ergaben, durch die Einwirkung von $H_2S$ verarbeitenden Bakterien gefördert und beschleunigt werden. Diese Schwefelbakterien (Schwefelbakterien i. e. S. = echte Schwefelbakterien) oxydieren den Schwefelwasserstoff zu Schwefel, den sie im Innern ihrer Zellen aufspeichern, um ihn — bei Bedarf — weiter zu Schwefelsäure zu verarbeiten, welche durch die vorhandenen Karbonate neutralisiert wird. Diese Vorgänge spielen sich etwa nach den folgenden Gleichungen ab:

$$2\,H_2S + O_n = 2\,H_2O + S_2 + 122\ \text{Cal.}$$
$$Se + 3\,O_2 + 2\,H_2O = 2\,H_2SO_4 + 282\ \text{Cal.}$$
$$H_2SO_4 + CaCO_3 = CaSO_4 + CO2 + H_2O \text{ oder:}$$
$$H_2SO_4 + Ca\,(HCO_3)_2 = CaSO_4 + 2\,CO_2 + 2\,H_2O.$$

Die echten Schwefelbakterien wirken also in gerade entgegengesetzter Richtung als die im Tiefenschlamm lebenden $H_2S$-produzierenden *(Microspira)*. Sie sind im Gegensatz zu diesen aerob (mikroaerob) und folglich in ihrem Auftreten an das Vorhandensein nicht nur von Schwefelwasserstoff, sondern gleichzeitig auch von Sauerstoff gebunden. Weitere notwendige Vorbedingung für ihre Entwicklung sind: Kohlensäure (zur Assimilation!), mineralische Nährsubstanzen, Licht und ein genügendes Säurebindungsvermogen des Wassers (zur Neu-

tralisation der gebildeten Schwefelsäure!). Alle diese Bedingungen sind an der Schlammoberfläche des Weihers und Ausflusses erfüllt, sodaß die geschilderte (vergl. S. 287) üppige Entwicklung der Schwefelbakterienflora durchaus verständlich erscheint.

## DIE FISCHWEIHERQUELLEN (FWQ I—IV).

### I. Gliederung des Quellgebietes; topographische, morphologische und botanische Charakterisierung der einzelnen Abschnitte.

Die Fischweiherquellen I—IV (FWQ I—IV) entspringen im Gegensatz zu den God dal Fuornquellen (GFQ I—II) auf der Nordseite des Tales am God sur Il Fuorn. Die Bezeichnung fischw weih er-Quellen» wurde deshalb gewählt, weil ihr Wasser teilweise in einige Fischweiher geleitet wird, welche vor der Gründung des Nationalparkes angelegt wurden, seither aber unbenützt blieben. Der God sur Il Fuorn ist ein etwa um 15—20° nach Süden geneigter Hang, der sich vom Nationalparkhotel «Il Fuorn» nach Westen bis zur Val Ftur erstreckt und von den Felsen des Piz dal Fuorn bis in die Talsohle der Ova dal Fuorn hinabreicht. Er ist fast in seiner ganzen Ausdehnung von Gehängeschutt (Hauptdolomit) bedeckt und locker mit Bergföhren bewachsen (Fig. 26).

Die Fischweiherquellen entspringen im unteren Drittel des God sur Il Fuorn (ca. 1800 m ü. M.), unterhalb des Weges, der von «Il Fuorn» über Champ Löng nach Ova Spin führt. Die Quellöcher liegen in Lawinenzügen und Runsen, welche den Hang in der Fallrichtung durchfurchen. Das Wasser bricht (insofern die Quellen nicht anthropogen beeinflußt sind!) rheokrenenartig aus dem Boden. Die Quellbäche stürzen sich in einem mehr oder weniger ausgeprägten Bett durch steile Runsen zu Tal und treten 25—30 m tiefer auf die flachen Alluvionsterrassen der Ova dal Fuorn aus.

Diese Alluvionsterrassen erreichen eine Breite von 15—50 m. Drei, mehr oder weniger deutlich durch Gefällstufen geschiedene Terrassen lassen sich unterscheiden (Fig. 26). Die älteste liegt etwa 2—3 m höher als die jüngste. Nur diese wird — allerdings auch nur bei abnormalem Hochwasser — überschwemmt. Botanisch entsprechen diese Terrassen verschieden weit fortgeschrittenen Entwicklungsstadien des Mugeto-Ericetum, wobei naturgemäß die unterste Terrasse dem jüngsten, die oberste dem ältesten Stadium entspricht.[1] In flachen Mulden mit Ablagerungen von feinem Bachschlamm wird das *Mugeto-Ericetum* auf kurze Strecken hin durch die *Kobresia bipartita*-Assoziation abgelöst, weiche

---

[1] Die Besiedelung mit Pflanzen dürfte (nach Feststellungen von Dr. BRAUN-BLANQUET an Ort und Stelle) etwa nach folgendem Schema erfolgen:

*Stadium 1: Petasites paradoxus* (Retz.) Baumg. (auf den noch im Bachbett liegenden, regelmäßig überschwemmten Schotterbänken).

*Stadium 2: Dryas octopetala L., Epilobium Fleischeri* (Hochst.) Schinz und Thellung, versch. Alpenpflanzen wie *Gentiana Clusii* Perr. und Song.

*Stadium 3: Pinus mugo* Turra (kann sich auch ansiedeln ohne daß vorher *Dryas* vorhanden war!).

*Stadium 4: Erica carnea L.* (siedelt sich durchwegs unter den kleinen Bergföhren an).

Die drei Alluvionsterrassen entsprechen nicht genau diesen Entwicklungsstadien: schon auf der jüngsten Terrasse treten neben den für Stadium 1 und 2 charakteristischen Pflanzen *Pinus mugo* und *Erica carnea* auf. Beide sind aber noch spärlich vertreten, während auf der relativ schmalen obersten Terrasse am Fuß des God sur Il Fuorn die Bergföhren schon eine Höhe von 8 m erreichen und die Ericabestände mehr als 50 % des Untergrundes bedecken.

durch eine Reihe nordischer Arten charakterisiert wird? Geologisch werden die Alluvionsterrassen durch Geschiebe aus dem ganzen Einzugsgebiet der Ova dal Fuorn gekennzeichnet.

Die Quellbäche ziehen in einem meist wenig eingetieften, mehr oder weniger gewundenen Bett mit schwachem Gefälle über die Alluvionsterrassen dahin und stürzen sich schließlich, die Kante der jüngsten Terrasse durchbrechend, 1—1½ m tief ins Bett des Hauptbaches hinab (vergl. Fig. 26).

Schon durch das Gefälle werden die Quellbäche also in zwei deutlich geschiedene Hauptabschnitte gegliedert:

*A. den Oberlauf:* im Bereich des steilen God sur Il Fuorn,

B. *den Unterlauf:* im Bereich der flachen Alluvionsterrassen der Ova dal Fuorn.

### *Die Fischweiherquelle I (FWQ 1), 1810 m ü M. (Fig. 21 und 22):*

FWQ I entspringt 300 m westlich von «Il Fuorn» im südöstlichsten Zipfel einer kleinen Wiese («Erger»), welche Grundeigentum des Hotels ist und deshalb noch heute bewirtschaftet wird. FWQ I ist gefaßt. Sie dient der Trinkwasserversorgung und der Speisung des Druckstollens des kleinen Elektrizitätswerkes des Nationalparkhoteis. Die Ergiebigkeit der Quelle schwankt wenig; da aber der Wasserverbrauch wechselt, ändert, sich auch die Menge des Überlaufwassers, welches stoßweise durch ein Metallrohr aus dem Wasserschloß herausschießt und ca. 1½ m tief ins ursprüngliche Bett des Quellbaches hinabstürzt.

A. ***Der Oberlauf.*** Der Oberlauf des Quellbaches mißt 102 m. Sein durchschnittliches Gefälle beträgt 25,39 %. Dieses ist jedoch nicht gleichmäßig und rechtfertigt eine Unterteilung in fünf Abschnitte (A. I—A. V) (vergl. Tab. 19 und Fig. 21):

Der oberste Abschnitt A. I ist leicht ausgeweitet und durch das Auftreten von Fragmenten der ***Cratoneuron-Arabis*** bellidifolia-Assoziation (vergl. Anm. 1 S. 347) gekennzeichnet. Er stellt den Rest eines durch menschlichen Eingriff eingeengten Quellrinnsales dar.

Die folgenden Abschnitte A. II—A. V weisen — abgesehen von geringen Gefällsunterschieden — mehr oder weniger einheitliches Gepräge auf. Das Wasser stürzt in einem verhältnismäßig schmalen, künstlich leicht eingetieften Bett über

---

[2] **Kobresia bipartita-Assoziation (det. Dr. BRAUN-BLANQUET):**
***Yobresia bipartita* A. u. G.**
***Eleocharis pauciflora* (Light.) Link.**
***Trichophorum pumilum* (Vahl) Schinz u. Thellung.**
***Carex microglochin* Wahlenb.**
***Selaginella selaginoides* (L.) Link.**
***Equisetum variegatum* Schleicher.**
***Sesleria cærulea* (L.) Ard.**
***Briza media* L.**
***Tofieldia calyculata* (L.) Wahlenb.**
***Potentilla erecta* (L.) Hampe.**
***Primula farinosa* L.**
***Plantago serpentina* All.**
***Bellidiastrum Michelii* Cass.**
***Cirsium acaule* (L.) Weber.**
***Saxifraga caesia* L.**
***Antennaria dioeca* (L.) Gärtner.**
***Dryas octopetala* L.**
***Juniperus nana* (Willd.) Briqu.**
**(angrenzende Vegetation: Initialstadien des *Mugeto-Ericetum*, vergl. S. 342).**

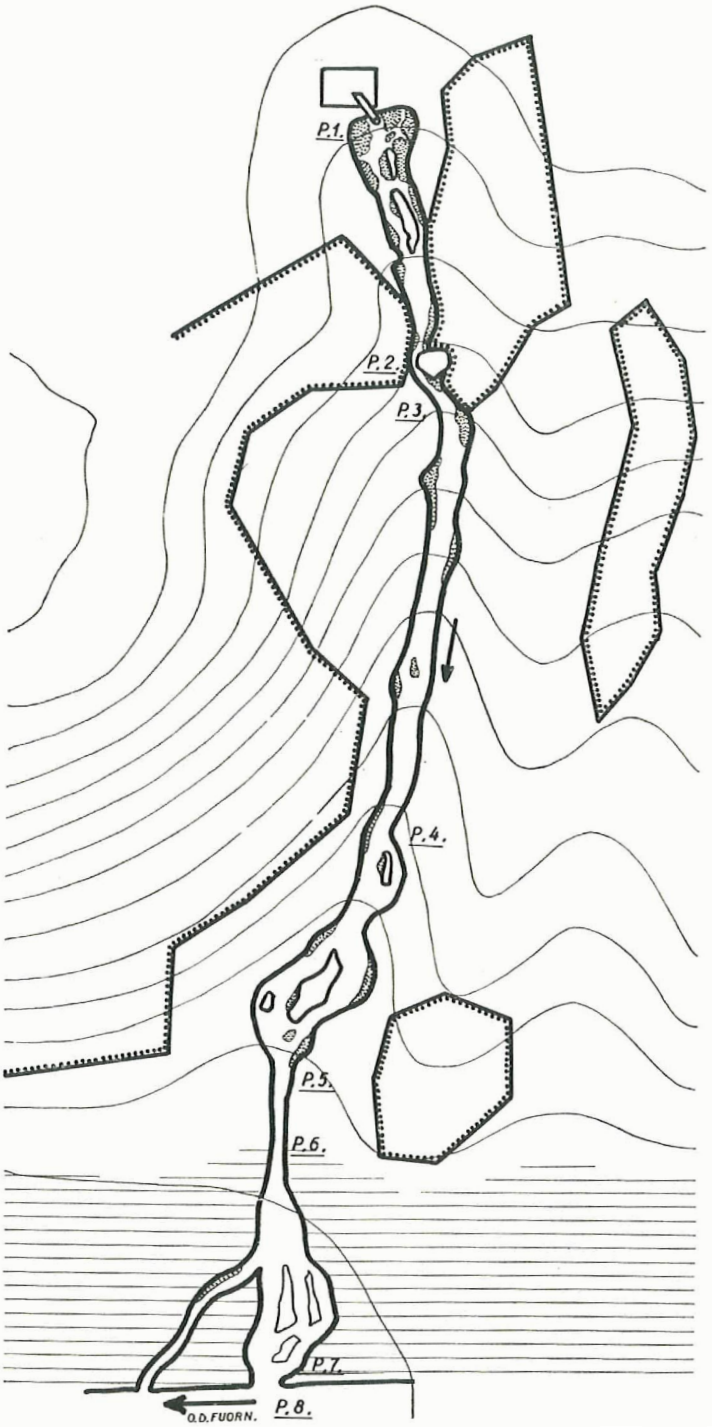



Fig. 21: *FWQ I: Übersichtskroki des Qiiellgebietes.*
*P.* = Punkt; Maßstab: 1: 660; Aequidistanz: ca. 2 m.
Erklärung der Signaturen vergl. Fig. 25.

Dolomit-Trümmer sprudelnd und schäumend zu Tale. Die Breite des Bachbettes schwankt zwischen 0,5 und 1,5 m. Die Wassertiefe überschreitet nirgends 10 cm. In der Spritzzone am Ufer und auf jenen Steinen, die zwar dank ihrer Größe über den Wasserspiegel hinausragen, aber doch ständig vom Gischt feucht gehalten werden, entwickeln sich Polster von ***Cratoneuron*** und ***Bryum.*** Die untergetauchten Steine und die halbvermoderten Holzstücke, die zwischen diesen im Wasser liegen, werden von Algen besiedelt, welche z. T. zusammenhängende Rasen und Lager bilden, z. T. frei im Wasser flottieren.[1] Infolge des schmalen Bachquerschnittes gelangen hygropetrische Stellen höchstens in A. IV (zwischen P. 4 und P. 5), wo sich der Quellbach in zwei Arme teilt (Fig. 21 und Fig. 22), zur Entwicklung. Ruhige Stillwasserbuchten fehlen. A. II.—A. V. wird bezeichnet als «Steilabsturz am God sur II Fuorn».

*B. Der Unterlauf:* Der Unterlauf, zwischen P. 6 und P. 8, mißt nur 20 m.

Bei P. 6 breitet sich der Quellbach flächenhaft nach der Seite hin aus und überrieselt eine 15—20 m² große Fläche («Schuttkegel-Strecke»), deren Untergrund aus feinem bis mittelgrobem Geschiebe besteht. Das Gefälle ist gering (7 %); die Wassertiefe erreicht in kleinen, wenige cm breiten, stärker eingetieften Rinnen höchstens 5 cm. An den sumpfigen Ufern und auf leichten Bodenerhebungen, die inselartig aus der überfluteten Fläche emporragen, gedeihen einige Vertreter der *Cratoneuron-Arabis bellidifolia*-Assoziation: *Cratoneuron, Primula farinosa, Tussilago, Agrostis alba, Parnassia palustris.*

Bei P. 7 ergießt sich der Quellbach, der noch immer in einzelne Adern aufgelöst ist, über die Kante der Alluvionsterrasse ins Bachbett der Ova dal Fuorn hinab. Diese «Mündungsstrecke» (zwischen P. 7 und P. 8), deren Gefälle 57,7 % erreicht, wird bei Hochwasser vollständig von den Fluten des Hauptbaches überschwemmt und ändert deshalb jedes Jahr ihr Aussehen.

### *Die Fischweiherqaelle II (FWQ II), 1800 m ü. M. (Fig. 23 und 24):*

Im Gegensatz zu FWQ I ist die Fischweiherquelle II kaum anthropogen beeinflußt. Sie entspringt 150 m westlich von FWQ I in drei Quellöchern (P. 1 a, b, c) unter einem kleinen Felskopf am Abbruchrand einer Quellnische, an deren Grund — dank der Erosionswirkung des Wassers — der anstellende Fels, Muschelkalk zu Tage tritt (vergl. Tab. 20).

***A. Der Oberlauf:*** Der Oberlauf hat eine Länge von 97 m und ein durchschnittliches Gefälle von 33,7 %.

FWQ II bricht rheokrenenartig aus dem Fels. Das Wasser des Quellmundes a und auch ein Teil desjenigen des Quellmundes b stürzt nach dem Austritt aus dem Boden sofort in kleinen, aber deutlich ausgeprägten, oberflächlichen Wasseradern über niedere Felsstufen und Moospolster zu Tale, um sich schon wenige Meter weiter unten zu einem kräftigen Quellbach zu vereinigen. Demgegenüber fließt das Wasser des östlichsten Quellmundes (c), sowie ein Teil desjenigen des mittleren (b) nicht unmittelbar nach dem rlieokrenenartigen

[1] Die Bestimmung einiger Proben durch Dr. HUBER-PESTALOZZI ergab folgende Gattungen und Arten:
*Hydrurus foetidus*
Diatomeen: *Diatoma* spec., *Meridion* sgec., *Ceratoneis* spec., *Fragilaria*-Bänder, *Cymbella* spec. etc.
*Stigeoclonium flagelliferum* Kützing (?)
*Ulothrix tenerrima* Kützing.
*Vaucheria* spec.

Fig. 22: FWQ I: *Der Quellbach zwischen P.* 3 und P. *8.*
**Der Quellbach fließt in einem künstlich leicht eingetieften Bett schäumend über Hauptdolomitgerölle zu Tal. Auf der schmalen Alluvionsterrasse teilt er sich in verschiedene Arme, die getrennt das Bett der Ova dal Puorn erreichen.**

Austritt aus dem Boden ab, sondern es verliert sich zuerst in üppigen Moaspolstern und den Fugen und Ritzen des stark verwitterten felsigen Untergrundes und verwandelt dadurch den östlichen Teil des obersten Bachabschnittes (A. I) in ein nahezu 200 m² großes «Quellrinnsal». Dieses «Quellrinnsal» ist

nicht nur nach Süden, sondern — der Streichrichtung des Muschelkalkes entsprechend — gleichzeitig leicht nach Westen geneigt (vergl. Verlauf der Höhenkurven in Fig. 23). Botanisch ist das «Quellrinnsal» durch üppige Entwicklung der **Cratoneuron-Arabis *bellidifolia*-Assoziation charakterisiert.**[1] Am Ostufer wird diese Assoziation durch einen schmalen Streifen eines Agrostis-Rasens begrenzt, der infolge einer steilen Böschung unvermittelt durch das trockene Mugeto-Ericetum abgelöst wird. Am flacheren Westrand des «Quellrinnsales» geht die **Cratoneuron-Arabis** bellidifolia-Assoziation dagegen unscharf in das Caricetum Davallianae über. Ein etwa 1—2 m breiter Gürtel auf etwas verfestigtem, aber doch noch wasserzügigem Grund entspricht der ***Heleocharis pauciflora*-Facies** der letztgenannten Pflanzengesellschaft. Auf dem kleinen Felskopf, unter welchem die Quellöcher liegen, bedeckt eine Herde von **Mentha *longifolia*** eine Fläche von 15—20 m², ein hochgelegenes Fragment einer bei Zernez im Inntal verbreiteten Assoziation.

Bei P. 2 verengt sich das «Quellrinnsal» zu einer etwa 7 m breiten Runse, dem «Steilabsturz am God sur Il Fuorn». Das Gefälle bleibt groß (im oberen Teil: 18°; im unteren Teil: 23°); ein eigentliches durch die Erosion des Wassers geschaffenes Bett, wie es für den Oberlauf der FWQ I charakteristisch ist, gelangt aber nicht zur Ausbildung. Der ganze Grund der Runse ist mit lockerem Gehangeschutt aufgefüllt und über und zwischen diesem fließt der Quellbach sprudelnd und schäumend bald in unzählige Rinnen und Adern aufgelöst, bald in zwei oder drei Hauptarme vereinigt, zu Tale. Die Steine werden z. T. nur an ihrer Unterseite befeuchtet; z. T. werden sie von einer dünnen, zusammenhängenden Wasserschicht überrieselt; z. T. sind sie vollständig überflutet. Hygropetrische Stellen sind häufig. Zwischen Steinen und festgeklemmten Asten und Zweigen verfangen sich stellenweise losgerissene Moosbüschel und Algen. Sie wirken gleichsam als Filter, welche die vom Wasser mitgeführten anorganischen und organischen Bestandteile zurückhalten. Sie werden dadurch immer dichter und undurchlässiger und bilden kleine Wehren, hinter welchen das Wasser gestaut wird: So bilden sich trotz dem hohen Durchschnittsgefälle kleine Stillwasserbecken mit sandig-schlammigem Untergrunde. Schon geringe, durch Niederschläge verursachte, Schwankungen im Wasserstande genügen aber, um diese ephemeren Gebilde wieder zum Verschwinden zu bringen. An den Ufern reicht infolge der steileren Böschung das Mugeto-Ericetum bis dicht an die Runse heran. Nur ein schmaler, wenige cm breiter und häufig unterbrochener Streifen zu beiden Seiten des Quellbaches enthält fragmen-

---

[1] *Cratoneuron-Arabis* bellidifolia-Assoziation: (det. Dr. BRAUN-BLANQUET).
*Cratoneuron commutatum* (Hedw.) und *irrigatum* (Zell.).
Bryum *ventricosum* Dicks.
*Philonotis calcarea* Schimp.
*Agrostis alba* L.
Arabis *bellidifolia* Jacq.
*Epilobium alsinifolium* Vill.
*Crepis paludosa* (L.) Möncli.
*Parnassia palustris* L.
*Pinguicula alpina* L.
(angrenzende Vegetation: Menfha-Bestand am Nordufer; *Carex glauca*-Bestand am Westufer; *Agrostis*-Rasen am Ostufer).
*Bryum* gedeiht vorzugsweise halb untergetaucht am Rande det größeren Wasseradern und besonders in der Nähe des Quellmundes; Cratoneuron ist z. T. untergetaucht, z. T. bildet es kräftige Polster, die weit über den Wasserspiegel hinausragen; *Philonotis* zieht etwas trockenere Lagen am Rande des «Quellrinnsales» oder in der Mitte der *Cratoneuron*-Polster vor.

tarische Beste der im Quellrinnsal wohlentwickelten *Cratoneuron-Arabis bellidifolia*-Assoziation.

Bei P. 3 ergießt sich der Quellbach über einen flachen Schuttkegel (=Schuttkegelstrecke), welcher sich an das untere Ende der Runse anschließt und den natürlichen Übergang zwischen dieser und den Alluvlonsterrassen der Ova dal Fuorn bildet. Der Untergrund besteht aus feinem bis mittelgrobem Geschiebe, das durch Sand und Lehm leicht verkittet ist. Der Quellbach breitet sich nach der Seite hin aus. Das Gefälle ist kleiner (10° = 17,6 %); die Wassertiefe erreicht nur wenige cm (vergl. Pig. 24).

B. ***Der Unterlauf:*** Der Unterlauf wird durch den bei P. 4 einmündenden Ausfluß des Fischweihers verstärkt. Er weicht physiographisch stark vom Oberlauf ab und gliedert sich in zwei natürliche Abschnitte:

Die «eingetiefte Quellbachstrecke» (zwischen P. 4 und P. 5) zeichnet sich durch geringes Oefälle (5,9 %) aus. Das Wasser gleitet in einem 2—3 m breiten, gegen die Seiten hin scharf abgegrenzten Bett über sandigen, stellenweise schlammigen Untergrund gemächlich dahin. Die Wassertiefe schwankt zwischen 15—30 cm. Nur stellenweise, wenn das Gefalle etwas steigt, und vereinzelte größere Steine über den Wasserspiegel hinausragen, kommen kleine Wirbel und Strudel zustande. Die Kryptogamenflora ist reich.[2] An den

**Tabelle 19: PWQ I: Die Gliederung des Quellgebietes in Hauptabschnitte, Abschnitte und Punkte.**

a = gemessene Distanz (a' = Distanz der Hauptabschnitte);
b = Horizontalprojektion;
c = Gefalle in Oraden;
d = Gefälle in % (d' = Durchschnittsgefälle der Hauptabschnitte);
e = Höhendifferenzen.

| | | | a | b | c | d | e | | a' | d' |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | P. 1 | | | | | | | | |
| „Quellrinnsal" | A. I | | 22 | 21,2 | 15 | 26,8 | 5,7 | | | |
| | | P. 2 | | | | | | | | |
| | A. II | | 7 | 6,35 | 25 | 46,6 | 2,96 | | | |
| | | P. 3 | | | | | | | | |
| „Steilabsturz am God sur Il Fuarn" | A. III | | 40 | 38,7 | 15 | 26,8 | 10,39 | Deutlich ausgeprägte Runse | 102 | 25,39 |
| | | P. 4 | | | | | | | | |
| | A. IV | | 23 | 22.6 | 12 | 21,22 | 2.08 | | | |
| | | P. 5 | | | | | | | | |
| | A. V | | 10 | 9,8 | 12 | 21,22 | 2,08 | | | |
| | | P. 6 | | | | | | Unterlauf | | |
| „Schuttkegelstrecke" | A. VI | | 18 | 17,98 | 4 | 7,0 | 1,26 | | 18 | 7,0 |
| | | P. 7 | | | | | | | | |
| „Mündungsstrecke" | A. VII | | 2 | 1,77 | 30 | 57,7 | 1,0 | | 2 | 57,7 |
| | | P. 8 | | | | | | | | |
| Total | | | 122 | 118,40 | | | 28,18 | | | |

Die Bestimmung einiger Proben durch Dr. HUBER-PESTALOZZI ergab folgende Gattungen und Arten:
*Chroococcus turgidus* (Kützing) Naegeli.
*Chamaesiphon confervicola* A. Braun.
*Homoeothrix varians* Geitler.
*Calothrix* spec.

Ufern, welche stellenweise leicht überhängend sind, gedeihen üppige Polster von ***Cratoneuron, Carex flava, Arabis bellidifolia*** und ***Primula farinosa.***

Die «Mündungsstrecke» (zwischen P. 5 und P. 6) stimmt insofern mit dem entsprechenden Abschnitt von FWQ I überein, als auch sie streng genommen, im Bachbett der Ova dal Fuorn verläuft und bei Hochwasser von den Fluten des Hauptbaches überschwemmt wird. Im Gegensatz zu FWQ I durchbricht aber der Quellbach FWQ II die Kante der jüngsten Alluvionsterrasse in einem relativ schmalen Bett und stürzt sich geschlossen, mit großer Wucht über das lockere Gerölle ins Bett der Ova dal Fuorn hinab.

### Dia *Fischweiherquelle III (FWQ III), 1830* m *ü. M.:*

FWQ III entspringt 100 m nordwestlich von FWQ II. Messungen, Analysen und faunistische Proben in den Jahren 1934 und 1935 ergaben, daß FWQ III nicht nur in physiographischer, sondern auch inbiologiacher Beziehung vollständig mit der benachbarten PWQ II übereinstimmt. Die regelmäßigen Untersuchungen in FWQ III wurden deshalb im Jahre 1936 eingestellt. Um Wiederholungen zu vermeiden, soll von der Verwertung der Untersuchungsergebnisce der beiden ersten Jahre in dieser Arbeit abgesehen werden.

### *Die Fischweiherquelle IV* (FWQ *IV), 1800* m ü. *M. (Fig. 25—27):*

FWQ IV, die westlichste der vier Fischweiherquellen, nimmt schon ihrer. Lage nach eine Sonderstellung ein. Sie entspringt im unteren Teil eines breiten Lawinenzuges, welcher von den 'Felsen des Piz dal Fuorn (östlich von P. 2143) an der Kuppe 1923 vorbei bis in die Talsohle der Ova dal Fuorn hinabzieht. Dieser Lawinenzug ist heute z. T. wieder mit Jungholz überwachsen (vergl. Tab. 21 und Fig. 25).

FWQ IV nimmt (der relativ geringen Neigung des Untergrundes entsprechend [10°]) eint Mittelstellung zwischen Rheokrene und Helokrene ein. Das Wasser quillt langsam in einer dünnen Ader unter feinem Gehängeschutt hervor und versickert teilweise gleich nach dem Austritt aus dem Boden wieder 'zwischen Moos, Genist und Erde.

***A. Der Oberlauf:*** Der Oberlauf erstreckt sich von P. 1 bis P. 5 und mißt 76 m.

Das «Quellrinnsal» (A. I) ist 2—5 m breit und ca. 20 m lang; es ist im Verhältnis zu jenem der FWQ II nur wenig geneigt (10° = 17,6 %). Der anstehende Fels ist durch Gehängeschutt verdeckt. Die *Cratoneuron-Arabis bellidi*folia-Assoziation tritt nur fragmentarisch auf. Ein mehrere Meter breiter, wohlentwickelter Gürtel des Caricetum Davallianae säumt den Quellbach zu beiden Seiten ein.

---

*Tolypothrix distorta* Kützing.
*Nasfoc sphaericum* Vauch.
*Nostoc, junge,* kugelige Kolonien.
*Oscillatoria* spec.
*Hydrurus foetidus* Kirchner.
Diatomeen: *Diatoma, Cwatoneis arcus* Kg., *Fragilaria* spec., *Synedra spec., Encyonema* spec.
*Pediastrum integrum* Naegeli.
*Oocystis elliptica* W. West fa.
*Oocystis solitaria* Wittroek. fa.
*Cosmarium vexatum* West.
*Zygnema* spec. sterilis.
*Spirogyra* spec. sterilis.
*Vaucheria* spec.

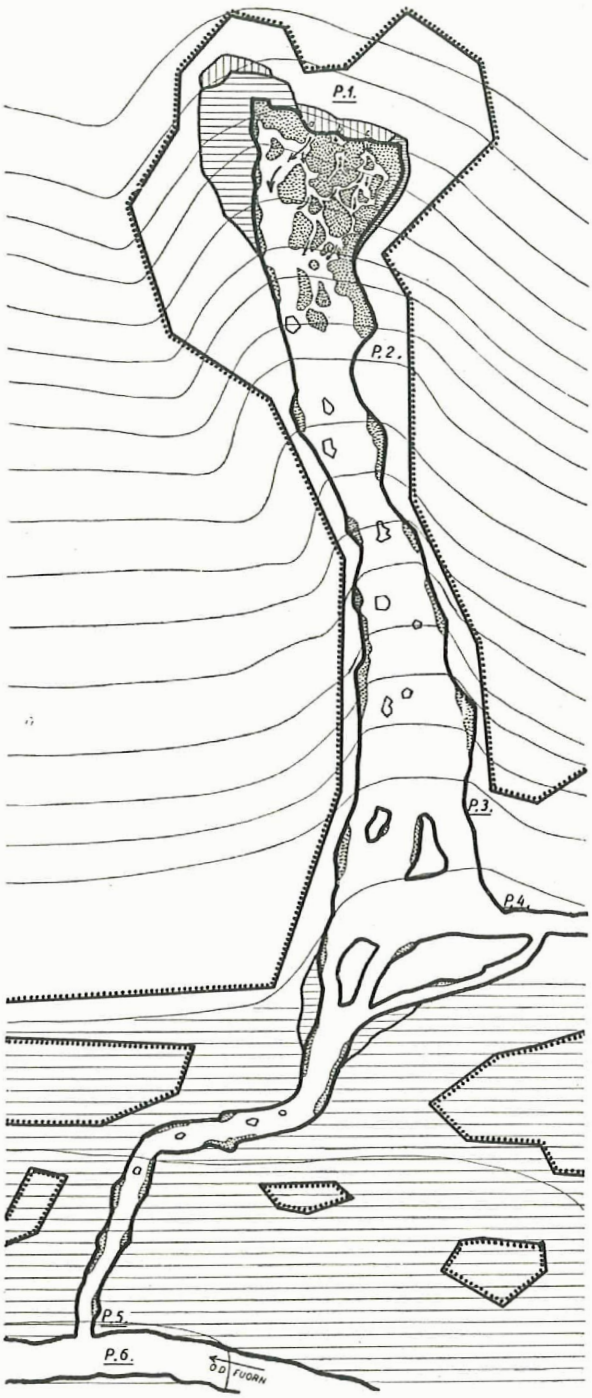



Fig. 23: *FWQ II: Übersichtskroki des Qnellgebietes.* *P.* = *Punkt;* Maßstab : 1: 800; Aesuidistanz: ca. 2 m. Erklärung der Signaturen vergl. Fig. 25.

Bei P. 2 steigt das Gefalle auf ca. 15° (= 26,8 %). Die zahlreichen Wasseradern des «Quellrinnsales» schließen sich zum Quellbach zusammen. Dieser fließt in einem höchstens 1—1½ m breiten und 40—50 cm tiefen gewundenen Bett.

Bei P. 3 erreicht der Quellbach den untersten, auffallend steilen Abschnitt des Lawinenzuges (25° = 46,6 %). Er tritt aus seinem schmalen Bett heraus, breitet sich nach der Seite hin aus und stürzt, zahlreiche kleine Kaskaden und Strudel erzeugend, zwischen losen Gesteinstrümmern und Fallholz gegen die Alluvions-

**Tabelle** 20: **FWQ II:** Die **Gliederung des Quellgebietes in Hauptabschnitte, Abschnitte und Punkte.**

**a = gemessene Distanz (a' = Distanz der Hauptabschnitte);**
**b = Horizontalprojektion;**
**c = Gefälle in Graden;**
**d = Gefälle in % (d' = Durchschnittsgefälle der Hauptabschnitte);**
**e = Höhendifferenzen**

| | | | a | b | c | d | e | | a' | d' |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | P. 1 | | | | | | | | |
| „Quellrinnsal" | A. I | | 33 | 30,4 | 23 | 42,4 | 12,9 | Oberlauf | | |
| | | P. 2 | 20 | 19.1 | '18 | 32,5 | 6,19 | | | |
| „Steilabsturz" | A. II | | 27 | 24,9 | 23 | 42,4 | 10,6 | | 97 | 33,7 |
| | | P. 3 | | | | | | | | |
| „Schuttkegelstrecke" | A. III | | 17 | 16,78 | 10 | 17,6 | 2,96 | | | |
| | | P. 4 | | | | | | | | |
| „Eingetiefte Quellbachstrecke" | A. IV | | 36 | 35.9 | 3 | 5,24 | 1,89 | Unterlauf | | |
| | | | 22 | 21,9 | 4 | 7,0 | 1,58 | | 58 | 5,9 |
| | | P. 5 | | | | | | | | |
| „Mündungsstrecke" | A. V | | 3 | 2,6 | 30 | 57.7 | 1,5 | | 3 | 57,7 |
| | | P. 6 | | | | | | | | |
| Total | | | 158 | 151,58 | | | 37.62 | | | |

terrassen der Ova dal Fuorn hinab.' Dieser Abschnitt stimmt weitgehend mit A. II der FWQ II überein und wird dementsprechend als «Steilabsturz am Godsur Il Fuorn» bezeichnet. Hygropetrische Stellen sind häufig (Fig. 26 und Fig. 27).

A. IV, die «Schuttkegelstrecke», entspricht dem A. III der FWQ II. Er bildet den Übergang zum flachen Unterlauf. Der ganze Oberlauf (A. I—A. IV) von FWQ IV erhält — im Vergleich zu den übrigen Fischweiherquellen — durch ungezählte Äste, Stämme, Baumstrünke, die halbvermodernd als Zeugen des Lawinenganges kreuz und quer durcheinander liegen und dem Wasser häufig den Weg versperren, ein eigenartiges Gepräge.

***B. Der Unterlauf*** stimmt weitgehend mit jenem der FWQ II überein. Er wurde nicht eingehend untersucht.

---

[1] **Die Bestimmung einiger Algen-Proben durch Dr. Huber-Pestalozzi ergab folgende Gattungen und Arten:**
***Nostoc sphaericum*** **Vaucher (?).**
***Oscillatoria tenuis*** **Agardh. fa.**
***Oscillatoria amoena*** **(Kützing) Gomont.**
**Diatomeen:** ***Diatoma*** **spec.,** ***Synedra*** **spec.,** ***Cymbella*** **spec.,** ***Gomphonema*** **spec., etc.**
***Oedogonium*** **spec. sterilis.**
***Spirogyra*** **spec. sterilis.**
***Mougeotia*** **spec. sterilis.**

## II. Lokalklimatische Besonderheiten.

(Vergl. dazu Klima des Untersuchungsgebietes, S. 276).

Der Gefällsunterschied im Ober- und Unterlauf der vier Fischweiherquellen wirkt nicht nur direkt, sondern auch indirekt auf die Lebensbedingungen im Quellwasser ein, durch Beeinflussung der lokalklimatischen Verhältnisse.

Die Exposition ist im Hochgebirge, dank der Intensität der Sonnenstrahlung, von besonderer Bedeutung für das Pflanzen- und Tierleben. Die Strahlungs-Intensität ist in erster Linie vom Winkel abhängig, unter dem die Strahlen auf eine Fläche auftreffen. Es ist klar, daß die Licht- und Wärmemenge, welche der uni etwa 20—30° nach Süden geneigte Hang des God sur Il Fuorn pro Flächen- und Zeiteinheit erhält, wesentlich größer ist als diejenige der flachen Alluvionsterrassen. Aber auch die Dauer der Sonnenbestrahlung ist im Oberlauf wesentlich größer: Der Hang des God sur Il Fuorn wird jahraus jahrein täglich zum mindesten während einigen Stunden (auch im Winter!) von der Sonne beschienen, während die Alluvionsterrassen der Ova dal Fuorn im Winter z. T. dauernd im Schatten liegen. Verstärkt wird dieser Gegensatz durch Nebelbildungen, welche auf der Talsohle häufiger sind als am Hang.

Diese lokalklimatischen Unterschiede äußern sich sinnfällig in der Dauer der Schneebedeckung und in der Vegetation: Im Spätherbst ist der Hang des God sur Il Fuorn länger, im Frühling ist er früher schneefrei als die Alluvionsterrassen der Ova dal Fuorn. *Mentha longifolia* — eine für die Höhenstufe von Zernez typische Art — gedeiht in üppigen Herden am Oberlauf von FWQ II, während die durch verschiedene Glazialrelikte gekennzeichnete *Kobresia bipartita* — Assoziation auf den Alluvionsterrassen ihr Fortkommen findet.

**Tabelle 21: FWQ IV: Die Gliederung des Quellgebietes in Hauptabschnitte, Abschnitte und Punkte.**

**a = gemessene Distanz (a' = Distanz der Hauptabschnitte);**
**b = Horizontalprojektion;**
**c = Gefälle in Graden;**
**d = Gefälle in % (d' = Durchschnittsgefälle der Hauptabschnitte);**
**e = Höhendifferenzen.**

| | | | a | b | c | d | e | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | P. 1 | | | | | | |
| „Quellrinnsal" | A. I | | 25 | 24,46 | 10 | 17,6 | 4,41 | |
| | | P. 2 | | | | | | |
| | A. II | | 20 | 19,6 | 15 | 26,8 | 5.18 | |
| | | P. 3 | | | | | | Oberlauf |
| „Steilabsturz" | A. III | | 26 | 23.6 | 25 | 46.6 | 11.0 | |
| | | P. 4 | | | | | | |
| „Schuttkegelstrecke" | A. IV | | 5 | 4.98 | 5 | 8.75 | 0.45 | |
| | | P. 5 | | | | | | |
| **Total** | | | **76** | **72,64** | | | **21,04** | |

## III. Die Ergiebigkeit und Wasserführung.[1]

Infolge der Einfachheit der zur Anwendung gelangten Methode vermögen die ermittelten Werte nur einen Anhaltspunkt von der Ergiebigkeit der Quellen und der Wasserführung der Quellbäche zu geben.

[1] Methodik: vergl. Anmerkung 3, S. 416.

Es wurden nur zwei Meßserien durchgeführt. Die Resultate sind in der folgenden Tabelle zusammengestellt:

| | | 19.5.37 Sekl. | 15.9.37 Sekl. |
|---|---|---|---|
| FWQ I | P. 1 | 4,5 | 3,5 |
| | P. 3 | 10,0 | 7,5 |
| FWQ II | P. 1 a | 5,5 | 5,0 |
| | P. 2 | 14,5 | 12,5 |
| FWQ IV | P. 1 | 0,5 | 0,5 |
| | P. 3 | 3,5 | 2,5 |

Aus dieser Tabelle ergeben sich folgende Tatsachen:

1. Am größten ist die Ergiebigkeit der FWQ II; am kleinsten ist jene der FWQ IV. FWQ I nimmt eine Zwischenstellung ein, nähert sich aber mehr der FWQ II.
2. Die Ergiebigkeit ist in allen Quellen im Lauf des Jahres nur geringen Schwankungen unterworfen. Die etwas höhere Amplitude bei P. 1 der FWQ I wird (die Quelle ist gefaßt!) durch den wechselnden Verbrauch bedingt. Immerhin sind die festgestellten Werte im Frühjahr, zur Zeit der Schneeschmelze durchwegs höher als im Herbst und es unterliegt keinem Zweifel, daß sie im Winter noch mehr sinken.
3. Die in den Quellbächen ermittelten Werte sind durchwegs wesentlich höher als die in den Quellöchern gemessenen. Die Ursachen dieser Zunahme sind folgende:
   a) Die Zunahme bei FWQ I (im Verhältnis von ca. 1 : 2) beruht darauf, daß bei den Messungen bei P. 1 nur das Überlaufwasser erfaßt wurde, daß aber unter dem Wasserschloß noch reichlich Sickerwasser hervorquillt, und daß bei P. 2 unter dem großen Fels im Bachbett (vergl. Fig. 21) eine Nebenquelle entspringt.
   b) Die Zunahme bei FWQ II (im Verhältnis von ca. 1 : 2,5) beruht darauf, daß sich die Messungen bei P. 1 nur auf das Quelloch a beziehen, nicht aber auf die östlich davon liegenden Quellöcher b und c, die also, wie aus den Zahlen hervorgeht, zusammen etwa 1% Mal so viel Wasser liefern wie der Quellmund a.
   c) Die auffallend hohe Zunahme bei FWQ IV (im Verhältnis von 1 : 5 resp. 1 : 7) deutet auf den Helokrenencharakter dieser Quelle hin: Nur ein Bruchteil des Wassers entspringt im Quellmund; der größte Teil tritt im Bereich des Quellrinnsals als Sickerwasser zu Tage.

Der Unterlauf vom FWQ I und FWQ II zeichnet sich durch bedeutend höhere Wasserführung aus als der Oberlauf, weil die Quellbäche durch einmündende Nebenquellen und -Bäche verstärkt werden.

## IV. Strömungsgeschwindigkeiten.[1]

Auch in den Fischweiherquellen konnten nur einmal, im März 1937, Strömungsmessungen durchgeführt werden. Weil aber ihre Wasserführung wenig schwankt, dürften auch die jahreszeitlichen Unterschiede in der Stromgeschwindigkeit nicht groß sein.

Die festgestellten Durchschnitts- Maximal- und Minimalwerte sind in Tabelle 22 zusammengestellt.

[1] Methodik: vergl. Anmerkung 4, S. 416.

**Fig.** 24: FWQ *II: Die „Schuttkegelstrecke".*
Bei *P.* 3 breitet sich der **Quellbach** flächenhaft nach der Seite hin aus. Das Gefälle wird kleiner. Der Untergrund besteht aus feinem bis mittelgrobem **Geschiebe.**

Der Tabelle seien folgende erläuternde Bemerkungen beigefügt:

1. FWQ I: Die starken Schwankungen bei P. 1 sind **darauf zurückzuführen, daß** das Wasser nicht in regelmäßigem Strahl, sondern stoßweise aus dem **Überlaufsrohr** hervorschießt. Die Werte für P. 1 beziehen sich auf einen Tag (21. 3. 37), an welchem der Wasserverbrauch **durch** das Elektrizitäts-

Fig. 24: FWQ *II*: Die *„Schuttkegelstrecke"* Bei P. 3 breitet sich der Quellbach flächenhaft nach der Seite hin aus. Das Gefälle wird kleiner. Der Untergrund besteht aus feinem bis mittelgrobem Geschiebe.

Tabelle seien folgende erläuternde **Bemerkungen beigefügt:**

VQ I: Die starken Schwankungen bei P. 1 sind **darauf zurückzuführen,** ß das Wasser nicht in regelmäßigem Strahl, sondern stoßweise aus **dem** erlaufsrohr hervorschießt. Die Werte für P. 1 beziehen sich auf **einen** g (21. 3. 37), an welchem der Wasserverbrauch durch das **Elektrizitäts-**

**Tabelle 23: F W Q I: Wassertemperatur, Sauerstoff, pH, Karbonat-, Gesamt- und Sulfathärte.**

| Datum | Zeit | Bew. | S.; Sch. | L. T. | L. T. Min. bei Nacht | Niederschläge | P. | W.T. | $O_2$ ccm | $O_2$ % | pH | Alk. | Ca. H. d. H° | G. H. d. H° | $SO_4$ d. H° | $SO_4$ mg |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 9. 4. 34 | 1400 | 8 | Sch. | 5,5 | — 1,5 | Schnee | 1 | 5,7 | — | — | — | 2,1 | 5,88 | — | — | — |
| | 1410 | | | | | | 6 | 5,6 | — | — | — | 2,1 | 5,88 | — | — | — |
| 10. 4. 34 | 1405 | 10 | S h. | ? | — 1 | | 1 | 6,0 | 6,53 | — | — | 2,1 | 5,88 | — | — | — |
| 6. 1. 35 | 1530 | 7 | S:h. | — 6,5 | — 12 | Nacht | 1 | 6,0 | — | — | — | — | — | — | — | — |
| | 1540 | | | | | Schnee | 6 | 4,1 | — | — | — | 2,2 | 6,16 | — | — | — |
| 9. 4. 35 | 0940 | 9 | Sch. | 14 | — 0,5 | Nacht | 1 | 6,0 | 6,39 | 92,6 | — | 2,1 | 5,88 | — | — | — |
| | 0930 | | | 13,5 | | Schnee | 6 | 6,2 | — | — | — | 2,1 | 5,88 | — | — | — |
| 10. 4. 36 | 1530 | 0 | ? | 12 | — 4 | | 1 | 6,0 | 6,36 | 91,9 | — | 2,1 | 5,88 | — | — | — |
| | 1620 | | | | | | 6 | 6,5 | 7,06 | 102,9 | — | 2,1 | 5,88 | — | — | — |
| 25. 8. 35 | 1200 | 10 | Sch. | 19 | 6 | | 1 | 6,0 | 6,18 | 89,5 | 7,2 | 2,1 | 5,88 | — | — | — |
| | | | | | | | 6 | 6,8 | 6,88 | 101,2 | 7,2 | 2,1 | 5,88 | — | — | — |
| 21. 11. 36 | 1455 | 0 | S. | 4 | — 13 | | 1 | 6,3 | — | — | — | 2,1 | 5,88 | — | — | — |
| | | | | | | | 1 | 6,2 | — | — | — | — | — | — | — | — |
| 22. 11. 36 | 1525 | 0 | S. | 4 | — 14 | | 6 | 5,5 | — | — | — | 2,1 | 5,88 | — | — | — |
| 25. 11. 36 | 1330 | 0 | S. | 0 | — 15 | | 6 | 6,2 | — | — | — | — | — | — | — | — |
| 2. 12. 36 | 0815 | 10 | Sch. | — 4 | — 10 | | 1 | 6,0 | 6,17 | 89,9 | 7,2 | Z,0 | 5,6 | — | — | — |
| | 1030 | | | — 3 | | Schnee | 6 | 4,2 | 7,23 | 100,7 | 7,4 | Z,1 | 5,88 | — | — | — |
| 21. 3. 37 | 1115 | 10 | Sch. | 0 | — 4,5 | Schnee | 1 | 6,2 | 6,36 | 94,7 | 7,2 | Z,0 | 5,6 | 10,4 Bl. | 4,7 | 80,5 |
| | 1030 | | | | | | 6 | 5,0? | 6,88 | ? | 7,3 | Z,0 | 5,6 | 10,4 Bl. | 4,7 | 80,5 |
| 25. 3. 37 | 1630 | 8 | Sch. | — 1 | — 6 | am Vortag | 1 | 6,2 | — | — | — | — | — | — | — | — |
| | | | S. | 1 | | Schnee | 6 | 5,2 | — | — | — | — | — | — | — | — |
| 31. 3. 37 | 1105 | 6 | S. | 4 | — 10 | | 1 | 6,2 | 6,56 | 95,6 | 7,3 | 2,1 | 5,88 | 10,9 | 4,1 | 70,3 |
| | | | | | | | 6 | 6,6 | 6,90 | 101,2 | 7,3 | 2,1 | 5,88 | 10,5 | 4,0 | 68,5 |
| 5. 4. 37 | 1510 | 5 | S. | 6 | — 3 | | 1 | 6,2 | — | — | — | — | — | — | — | — |
| | | | | | | | 6 | 7,4 | — | — | — | — | — | — | — | — |
| 6. 4. 37 | 1300 | 9 | Sch. | 10 | — 8 | | 1 | 6,2 | — | — | — | — | — | — | — | — |
| | 1310 | | | | | | 6 | 6,5 | — | — | — | — | — | — | — | — |
| 25. 5. 37 | 0930 | 0 | ? | 19 | 1 | | 1 | 5,7 | — | — | — | — | — | — | — | — |
| | 0915 | | | 18 | | | 6 | 7,2 | — | — | — | — | — | — | — | — |
| 27. 5. 37 | 0900 | 4 | S ch. | 14 | 2 | | 1 | 5,8 | 6,44 | 92,1 | 7,1 | 2,1 | 5,88 | 9,3 | 2,84 | 48,6 |
| | | | | | | | 6 | 7,0 | 6,8 | 100,0 | 7,3 | 2,2 | 6,16 | 9,7 | 3,08 | 52,8 |
| | | | | | | | 8 | 7,6 | 6,7 | 100,2 | 7,3 | 2,2 | 6,16 | — | — | — |
| 20. 7. 37 | 0940 | 0 | S. | 14 | 5 | | 1 | 6,1 | — | — | — | — | — | — | — | — |
| | | | | | | | 6 | 7,4 | — | — | — | — | — | — | — | — |
| 21. 7. 37 | 1610 | 4 | S. | 19 | 5 | | 1 | 6,2 | 6,29 | 90,8 | 7,2 | 2,1 | 5,88 | 9,8 | 3,7 | 63,5 |
| | | | | | | | 6 | 7,2 | 6,79 | 100,3 | 7,2 | 2,1 | 5,88 | 9,6 | 3,5 | 60,0 |
| | | | | | | | 8 | 7,9 | 6,78 | 102,3 | 7,2 | 2,1 | 5,88 | 9,3 | 3,5 | 60,0 |
| 23. 7. 37 | 1010 | 2 | S. | 21 | 8 | | 1 | 6,2 | — | — | — | — | — | — | — | — |
| | | | | 22 | | | 6 | 7,2 | — | — | — | — | — | — | — | — |
| 27. 7. 37 | 1600 | 0 | S. | 20 | 3 | | 1 | 5,7 | 6,45 | 92,4 | 7,2 | 2,1 | 5,88 | 9,5 | 3,5 | 60,0 |
| | | | | | | | 6 | 6,8 | 6,76 | 99,3 | 7,4 | 2,1 | 5,88 | 9,5 | 3,4 | 58,2 |
| | | | | | | | 8 | 7,5 | 6,72 | 100,3 | 7,3 | 2,1 | 5,88 | 9,5 | 3,4 | 58,2 |
| 11. 9. 37 | 1500 | 10 | Sch. | 3 | —3 | Nacht | 1 | 6,2 | — | — | — | — | — | — | — | — |
| | | | | | | Schnee | 6 | 5,6 | — | — | — | — | — | — | — | — |
| 15. 9. 37 | 1030 | 5 | Sch. | 5,5 | —9 | Nacht | 1 | 6,1 | 6,38 | 92,2 | 7,3 | 2,1 | 5,88 | 9,3 | 3,6 | 61,8 |
| | 1015 | | | | | Schnee | 6 | 5,7 | 7,21 | 103,3 | 7,2 | 2,1 | 5,88 | 9,3 | 3,4 | 58,2 |
| | | | | | | | 1 | 5,7 | 6,52 | 92,9 | 7,2 | 2,1 | 5,88 | 10,2 | 4,1 | 70,4 |
| 29. 12. 37 | 0815 | 0 | Sch. | 24 | —26 | | 6 | 3,8 | 7,4 | 100,2 | 7,3 | 2,1 | 5,88 | 10,2 | 4,1 | 70,4 |
| | | | | | | | 8 | 3,4 | 7,52 | 100,9 | 7,3 | 2,1 | 5,88 | 9,8 | 3,9 | 66,9 |

werk von «Il Fuorn» groß, die Menge des Überlaufwassers deshalb klein war. Es unterliegt keinem Zweifel, daß bei geringerem Wasserverbrauch höhere Strömungswerte ermittelt würden.

2. PWQ III: Ein Vergleich der Werte für P. 1a, 1b und 1c zeigt, daß die Strömungsgeschwindigkeit im Quelloch a (0,24 mlsec.) — trotz der stärkeren Wasserführung (vergl. S. 353) — um mehr als die Hälfte kleiner ist als in den beiden benachbarten Quellöchern b und c (0,57 m/sec.). Das ist darauf zurückzuführen, daß das Wasser im Quelloch a durch einige Steine und Moospolster zu einem höchstens 2 dm² messenden Tümpelchen gestaut wird. An der Überlaufstelle, wo das Wasser, seitlich durch zwei Moospolster eingeengt über eine flache Steinplatte hinwegschießt, steigt die Strömungsgeschwindigkeit unvermittelt auf 1,34 mlsec. Aus der Tabelle ergeben sich folgende Tatsachen:

1. Das höchste Maximum (2,03 m/sec.) und den höchsten Durchschnittswert (1,15 mlsec.) weist die Mündungsstrecke der FWQ II auf; die tiefsten Maxima (0,6 m/sec.) und Durchschnittswerte (0,32 mlsec.) wurden in FWQ IV gemessen. Das zeigt, daß die Strömungsgeschwindigkeit mit zunehmendem Gefälle, zunehmender Wasserführung und Verengung des Bachbettes steigt.

**Tabelle 22: Mit Ott-Flügel ermittelte Strömungsgeschwindigkeiten in den Fischweiherquellen I, II, IV.**

| PWQ I | | Durchschnitt | Max. | Min. | Zahl der Mess. | Durchschnittsgefälle in % | Bemerkungen |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| A. | P. | | | | | | |
| | 1 | 0,88 | 1,79 | 0,39 | 10 | — | Meßungen im Wasserstrahl des Überlaufes. Gefälle ungleichmäßig. |
| I-V | 1-6 | 0.89 | 1,34 | 0,22 | 12 | 25,4 | |
| VI | 6—7 | 0,56 | 1,01 | 0,27 | 12 | 7,0 | |
| **PWQ II** | | | | | | | |
| A. | P. | | | | | | |
| | 1 a | 0,24 | — | — | 3 | — | Messungen im Quelloch |
| | 1 b | 0,57 | — | — | 3 | — | |
| | 1 c | 0,57 | — | — | 3 | — | |
| | 1 a | 1,34 | — | — | 4 | — | Messungen an der Überlaufst. |
| I | 1—2 | 1,02 | 1,70 | 0,47 | 12 | 23 | Messungen im Quellbach (Westteil des „Quellrinnsales") |
| II | 2—3 | 1,02 | 1,65 | 0,50 | 12 | 33,7 | Gefälle ungleichmäßig |
| III | 3—4 | 0,78 | 1,50 | 0,36 | 10 | 17.6 | |
| V | 5—6 | 1,15 | 2.03 | 0,57 | 12 | 55.7 | |
| **FWQ IV** | | | | | | | |
| A. | P. | | | | | | |
| | 1 | 0,16 | — | — | 3 | — | Messung im Quelloch |
| I | 1—2 | 0,32 | 0,60 | 0,13 | 12 | 17,6 | |
| III | 3—4 | 0,57 | 0,69 | 0,37 | 12 | 46,6 | Oefälle ungleichmäßig |

2. Die Beziehungen zwischen Strömungsgeschwindigkeit und Gefälle gehen auch daraus hervor, daß in allen Quellen die Durchschnittswerte und Maxima im Oberlauf höher sind als im Unterlaui. Daß das Gefälle im Oberlauf jedoch ungleichmäßig ist, indem kleine Fälle und Schnellen mit ruhigen Becken und hygropetrischen Stellen abwechseln, zeigt sich in den großen Differenzen zwischen den festgestellten Maxirna und Minima.

3. Der Rheokrenencharakter der Fischweiherquellen tritt in den relativ hohen Durchschnittswerten und Maxima deutlich zu Tage; die Sonderstellung von FWQ IV, die eine Mittelstellung zwischen Rheo- und Helokrene einnimmt, ergibt sich aus dem tiefen Wert fiir P. 1 (0,16 m/sec.).

## V. Thermik.[1]

Die Ergebnisse der Einzelmessungen sind in den allgemeinen Tabellen 23, 24, 25 enthalten. In der Übersichtstabelle 26 wurden die in den vier Untersuchungsjahren festgestellten Maxima, Minima, die Schwankungsamplituden, die Durchschnittswerte und die Zahl der Messungen für verschiedene, einander entsprechende Stellen der Quellen zusammengestellt. Die Durchschnittswerte wurden aus sämtlichen Einzelmessungen berechnet.

### *A. Die Temperatur in den Quellöchern:*

Die Fischweiherquellen sind ausgesprochen homotherme Quellen. Die jährlichen Schwankungsamplituden sind — wie aus Tabelle 26 hervorgeht — außerordentlich klein. Sie sind am kleinsten bei der wasserreichsten Quelle FWQ II (0,3°); sie sind am größten bei der wasserärmsten Quelle FWQ IV (0,6°). Die ausgesprochene Homothermie der Fischweiherquellen zeigt sich besonders beim Vergleich mit den Temperaturen von Quellen anderer Gegenden.

| Quellen: | Umgebung von Basel (BORNHAUSER) | Tafeljura Basel (GEIJSKES) | Holstein (THIENEM.) | Sauerland (THIENEM.) | Vogesen (HUBAULT) |
|---|---|---|---|---|---|
| Schwankungsamplituden | 1,2—10,7 | 1,0—8,5 | 0,3—3,5 | 11 | 0,45—1,95 |
| Durchschnitt | | 7,4 | 1,6 | | 1,2 |

Höchstens gewisse Quellen Holstein's und der Vogesen lassen sich also in Bezug auf ihre Homothermie mit den Quellen des Ofenberggebietes vergleichen.

Diese Konstanz der Temperatur deutet (mit der Konstanz der übrigen Bedingungen) darauf hin, daß die Fischweiherquellen tiefen Erdschichten entstammen, daß sie auf keinen Fall den Charakter oberflächlicher Sickerquellen haben, wenn auch die Austrittsstelle aus dem anstehenden Fels bei FWQ I und FWQ IV durch darüberlagernden Gehängeschutt verschleiert ist. Mit diesem Befund stimmt die geologische Deutung von BOESCH überein, welcher die Fischweiherquellen als tektonisch bedingt betrachtet (vergl. S. 275).

Die Durchschnittstemperaturen, die sich aus den Einzelmessungen ergeben, reichen von 5,7° (FWQ II) bis 6,2° (FWQ IV). Sie liegen um zirka 6° über der mittleren Jahrestemperatur des Qfenberggebistes (vergl. S. 277). Die Fischweiherquellen müssen also — wie die God dal Fuornquelle (vergl. S. 299) — trotz ihrer tiefen, absoluten Wassertemperatur als «warme

[1] Methodik: vergl. Anmerkung 2, S. 415.

**Tabelle 24: FWQ II: Wassertemperatur, Sauerstoff, pH, Karbonat-, Gesamt- und Sulfathärte.**

| Datum | Zeit | Bew. | S.: Sch. | L.T. | L.T. Min. bei Nacht | Niederschläge | P. | W.T. | $O_2$ ccm | $O_2$ % | pH. | Alk. | Ca. H. d. H°. | G. H. d. H° | $SO_4$ d. H° | $SO_4$ mg |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 1430 | | | | | | 1a | 5,5 | — | — | — | 2,4 | 6,72 | — | — | — |
| 10. 4. 34 | 1530 | 10 | Sch. | ? | — 1 | am Vortag Schnee | 3 | 6.5 | — | — | — | — | — | — | — | — |
| | 1540 | | | | | | 4 | 7,0 | — | — | — | — | — | — | — | — |
| 17. 9. 34 | 1700 | 10 | Sch. | ? | ? | Regen | 3 | 6,5 | — | — | — | 2,4 | 6,72 | — | — | — |
| 19. 9. 34 | 1710 | ? | ? | ? | ? | | 3 | 6,5 | 6.89 | — | — | 2,3 | 6,44 | — | — | — |
| | | | | | | | 1a | 5,6 | — | — | — | — | — | — | — | — |
| | | | | | | | 3 | 5,1 | — | — | — | — | — | — | — | — |
| 6. 1. 35 | 1430 | 7 | Sch. | — 5.5 | — 12 | Nacht Schnee | 4 | 5.0 | 7,22 | — | — | 2,3 | 6.44 | — | — | — |
| | | | | | | | 5 | 4.8 | — | — | — | — | — | — | — | — |
| 9. 4. 35 | 1040 | 9 | Sch. | 15 | — 0.5 | Nacht Schnee | 1a | 5,7 | 6,17 | 88.9 | — | 2,3 | 6,44 | — | — | — |
| | | | | | | | 4 | 5.9 | — | — | — | — | — | — | — | — |
| | | | | | | | 1a | 5,8 | — | — | — | — | — | — | — | — |
| 11. 4. 35 | 1115 | 0 | S. | 16 | — 5 | | 3 | 8,2 | 7,06 | 107,5 | — | 2,3 | 6,44 | — | — | — |
| 13. 4. 35 | 1530 | 5 | ? | 8 | — 5 | | 1a | 5.7 | 6.18 | 89.7 | 7,7 | 2,4 | 6,72 | — | — | — |
| | | | | | | | 1a | 5,7 | 6,53 | 93,6 | 7.2 | 2,2 | 6,16 | — | — | — |
| | | | | | | | 3 | 6,3 | 6,90 | 101,7 | 7.2 | 2.2 | 6,16 | — | — | — |
| 25. 8. 35 | 1145 | 10 | Sch. | 19 | 6 | | 4 | 6,6 | — | — | — | — | — | — | — | — |
| | | | | | | | 5 | 7.1 | — | — | — | — | — | — | — | — |
| | 1430 | | | | | | 1a | 5,7 | 6,24 | 89,5 | 7,1 | 2,4 | 6,72 | — | — | — |
| 25. 11. 36 | | 0 | S. | 1 | — 15 | | 2 | 5,9 | 6,95 | 94,2 | — | 2,4 | 6,72 | — | — | — |
| | 1410 | | | | | | 3 | 6,5 | 6,96 | 101,2 | 7.1 | 2,3 | 6,44 | — | — | — |
| | 0910 | | | — 4 | | | 1a | 5,7 | 6.29 | 91,0 | 7.2 | 2,2 | 6.16 | — | — | — |
| 2. 12. 36 | | 10 | Sch. | — 3 | — 10 | Schnee | 3 | 4.2 | 7,21 | 100,0 | 7.1 | 2,1 | 5,88 | — | — | — |
| | 1000 | | | — 3 | | | 5 | 3.6 | 7.50 | 101,2 | 7.3 | 2,2 | 6,16 | — | — | — |
| | | | | | | | 1a | 5,7 | — | — | — | — | — | — | — | — |
| | | | | | | | 2 | 5,0 | — | — | — | — | — | — | — | — |
| 25. 12. 36 | 1030 | 2 | Sch. | — 7 | — 15 | | 3 | 4,0 | — | — | — | — | — | — | — | — |
| | | | | | | | 5 | 3,2 | — | — | — | — | — | — | — | — |
| | | | | | | | 1a | 5.7 | — | — | — | — | — | — | — | — |
| 26. 12. 36 | 1500 | 0 | S. | — 5 | — 16 | | 3 | 5,9 | — | — | — | — | — | — | — | — |
| 17. 3. 37 | ? | 5 | Sch. | 8 | — 15 | | 3 | 6,4 | — | — | 7.2 | — | — | — | — | — |
| | 1115 | | | | | | 1a | 5,7 | 6,10 | 89,4 | 7,1 | 2,3 | 6,44 | 9,46 | 3,0 | 51,4 |
| 22. 3. 37 | 1030 | 10 | Sch. | — 1 | — 17 | | 3 | 5,7 | 6.98 | 102,2 | 7.2 | 2,2 | 6,16 | 9.34 | 3,1 | 53,1 |
| | 1615 | | | | | | 1a | 5,7 | 6,05 | 88.9 | 7,1 | 2,3 | 6,44 | 9,6 | 3,1 | 53,1 |
| 23. 3. 37 | | 4 | S. | 2 | — 7 | | 3 | 6,2 | 6.88 | 102,0 | 7,3 | 2.3 | 6,44 | 9.5 | — | — |
| | 1530 | | | | | | 5 | 6,3 | 6,84 | 101,6 | 7,3 | 2.3 | 6,44 | 9.5 | 3,1 | 53,1 |
| | 1630 | 8 | S. | — 1 | — 6 | | 1a | 5,7 | — | — | — | — | — | — | — | — |
| | 1530 | 8 | S. | 1 | — 6 | | 3 | 6,4 | — | — | — | — | — | — | — | — |
| 25. 3. 37 | 1630 | 8 | Sch. | — 1 | — 6 | am Vortag Schnee | 3 | 5,7 | — | — | — | — | — | — | — | — |
| | 1530 | 8 | S. | 1 | — 6 | | 5 | 6 5 | — | — | — | — | — | — | — | — |
| | 1630 | 8 | Sch. | — 1 | — 6 | | 5 | 5,6 | — | — | — | — | — | — | — | — |
| | 1110 | | | | | | 1a | 5,7 | 6,21 | 89,5 | 7,1 | 2,3 | 6,44 | 9,8 | 3,4 | 59,0 |
| 31. 3. 37 | 1115 | 6 | S. | 4 | — 10 | | 3 | 7.8 | 6,66 | 100.4 | 7.2 | 2,3 | 6.44 | 9.9 | 3.4 | 59,0 |
| | | | | | | | 1a | 5,7 | — | — | — | — | — | — | — | — |
| 5. 4. 37 | 1500 | 5 | S. | 6 | — 3 | | 3 | 8.0 | — | — | — | — | — | — | — | — |
| | | | | | | | 1a | 5.7 | 6,13 | 88,7 | 7,2 | — | — | — | — | — |
| 6. 4. 37 | 1300 | 9 | Sch. | 10 | — 8 | | 3 | 6,2 | 6,93 | 101,1 | 7,4 | — | — | — | — | — |
| | 1320 | | | | | | 1a | 5,7 | — | — | — | — | — | — | — | — |
| 6. 5. 37 | 1330 | 7 | Sch. | 12 | 1 | | 5 | 7.3 | 6,88 | 103,1 | — | 2.3 | 6.44 | 9,8 | — | — |
| | 1520 | | | | | | 1a | 5,8 | — | — | — | — | — | — | — | — |
| 22. 5. 37 | | 4 | S. | 10 | 1 | | 4 | 6,9 | — | — | — | — | — | — | — | — |
| | 1530 | | | | | | 5 | 7,1 | — | — | — | — | — | — | — | — |
| | 1610 | | | | | | 1a | 5,7 | 6,43 | 91,8 | 7.2 | 2,4 | 6,72 | 9,8 | 3,5 | 61,1 |
| | 1610 | | | | | | 2 | 6.0 | — | — | — | — | — | — | — | — |
| 25. 5. 37 | 1610 | 0 | Sch. | 19 | 1 | | 3 | 6,6 | 6,85 | 99,7 | 7,2 | 2,3 | 6,44 | 9,3 | 1,6 | 27,6 |
| | 1605 | | | | | | 4 | 7,2 | — | — | — | — | — | — | — | — |
| | 1600 | | | | | | 5 | 8.0 | 6.73 | 101.3 | 7,2 | 2,3 | 6,44 | 9,3 | 1,6 | 27,6 |
| | 0915 | | | | | | 1a | 5,8 | — | — | — | — | — | — | — | — |
| 20. 7. 37 | 0915 | 0 | S. | 14 | 4,5 | | 3 | 7,8 | — | — | — | — | — | — | — | — |
| | 0930 | | | | | | 5 | 9,0 | — | — | — | — | — | — | — | — |
| | | | | | | | 1a | 5.8 | — | — | — | — | — | — | — | — |
| | | | | | | | 2 | 7,1 | — | — | — | — | — | — | — | — |
| 21. 7. 37 | 1600 | 4 | S. | 20 | 4,5 | | 3 | 7,5 | — | — | — | — | — | — | — | — |
| | | | | | | | 4 | 8,3 | — | — | — | — | — | — | — | — |
| | | | | | | | 5 | 9,1 | — | — | — | — | — | — | — | — |
| | 1000 | 2 | S. | 22 | 8 | | 1a | 5,8 | — | — | — | — | — | — | — | — |
| | 1005 | 2 | S. | 22 | 8 | | 3 | 7,7 | — | — | — | — | — | — | — | — |
| 23. 7. 37 | 1005 | 2 | S. | 22 | 8 | | 4 | 8,6 | — | — | — | — | — | — | — | — |
| | 1005 | 2 | S. | 22 | 8 | | 5 | 9,5 | — | — | — | — | — | — | — | — |
| | | | | | | | 1a | 5,7 | 6,13 | 88.4 | 7,2 | 2,3 | 6,44 | 9,5 | 3,1 | 53,1 |
| | | | | | | | 2 | 6,9 | 6,23 | 92,2 | — | 2,3 | 6,44 | — | — | — |
| 25. 7. 37 | 0900 | 0 | S. | 13 | 6 | | 3 | 7 8 | 6,46 | 97,8 | 7,2 | 2.3 | 6,44 | 9,5 | 3.0 | 51,4 |
| | | | | | | | 5 | 9,5 | 6,45 | 101,4 | 7,2 | 2,3 | 6,44 | 9,0 | 3,1 | 53,1 |
| | | | | | | | 1a | 5,7 | 6,18 | 88,7 | 7,1 | 2,3 | 6,44 | 9,8 | 3.2 | 54,9 |
| | | | | | | | 2 | 5.6 | 6,66 | 95,5 | 7,2 | 2,3 | 6,44 | — | — | — |
| 11. 9. 37 | 1505 | 10 | Sch. | 3 | — 3 | Nacht Schnee | 3 | 5,5 | 7,12 | 101,3 | 7,2 | 2,3 | 6,44 | 9,7 | 3,1 | 53,1 |
| | | | | | | | 4 | 5,4 | 7,13 | 100,9 | — | 2,2 | 6,16 | — | — | — |
| | | | | | | | 5 | 5.6 | 7,12 | 101,5 | 7,3 | 2,3 | 6,44 | 9,8 | 3,1 | 53,1 |
| 15. 9. 37 | 1045 | 5 | S. | — 1 | — 9 | Nacht Schnee | 1a | 5,7 | — | — | — | — | — | — | — | — |
| | | | | | | | 1a | 5,5 | 6,28 | 89,3 | 7,2 | 2.3 | 6,44 | 9,9 | 3.3 | 56,5 |
| | | | | | | | 3 | 2.8 | 7,73 | 102,2 | 7,2 | 2,3 | 6,44 | 9,8 | 3.2 | 54,9 |
| 29. 12. 37 | 0820 | 0 | Sch. | — 24 | — 26 | | 4 | 2,2 | 7.72 | 100,7 | 7,2 | — | — | — | — | — |
| | | | | | | | 5 | 1,9 | 7,79 | 100,5 | 7,2 | 2,3 | 6,44 | 9,8 | 3.2 | 54,9 |

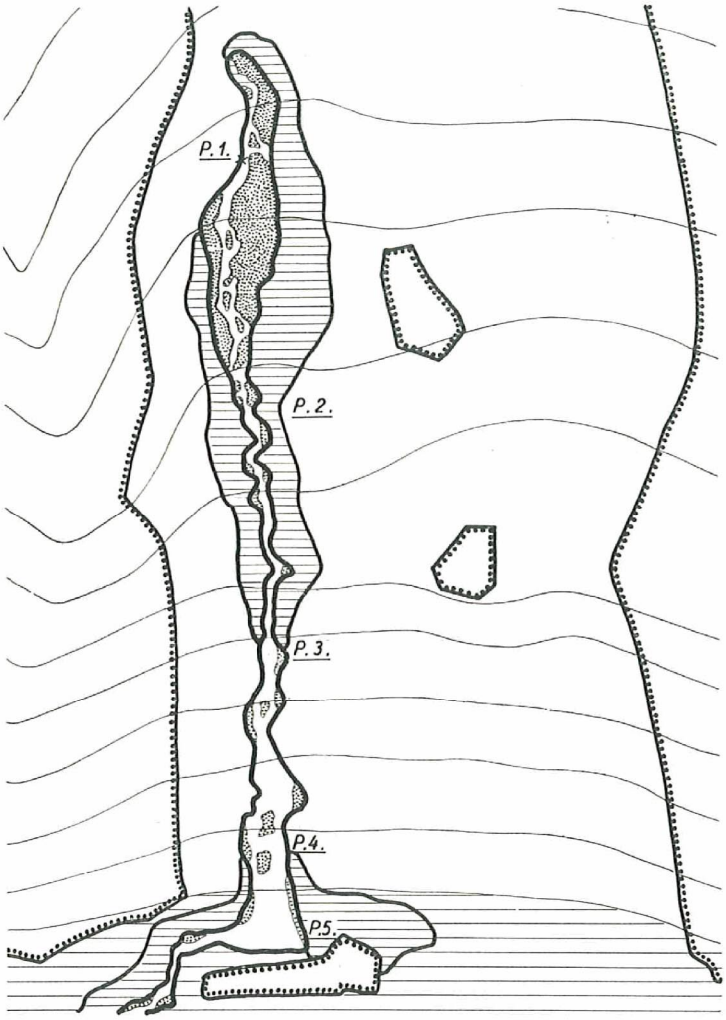



Fig. 25: *FWQ IV: Übersichtskroki des Qiicllgebietes.*
P. = Punkt; Maßstab : 1: 750; Aequidistniiz: ca. 2 m.

Quellen» bezeichnet werden, wenn sie auch ökologisch den Charakter typischer Akratopegen besitzen. Ihre im Vergleich zu den klimatischen Bedingungen relativ hohe Temperatur äußert sich vor allem in der kalten Jahreszeit: Selbst in strengen Wintern bleiben die Quellöcher und zum mindesten die Hauptwasseradern der Quellbäche stets sclinee- und eisfrei. Nach starkem Schneefall tragen die über den Wasserspiegel hinausragenden Steine, die Moospolster und Holzstrünke in den Quellrinnsalen und Quellbächen zwar mächtige Schneehau-

b e n (vergl. Fig. 24 und 27); diese sinken aber bald in sich zusammen und verschwinden, weil der Schnee an der Berührungsstelle mit dem Wasser schmilzt, und nicht — wie in der kälteren Ova dal Fuorn — durch gefrierendes Wasser vereist wird. Die relative Wärme des Quellwassers äußert sich bei tiefer Lufttemperatur auch in intensiverer F r o s t r a u c h - und R a u h r e i f e n t w i c k l u n g. Die Wirkung des Quellmilieus auf die nähere Umgebung wird besonders im Spätherbst und Frühling augenfällig, wenn die Quellgebiete aper liegen, während die weitere Umgebung unter tiefem Schnee begraben ist. Im März und April blühen am Ufer der Quellbäche am God sur Il Fuorn *Erica* und *Tussilago* am Fuße oft über meterhoher Schneewände.

### *B. Die Temperatur in den Quellbächen:*

In den gleichmäßigen Temperaturen der Quellöcher spiegeln sich die thermischen Verhältnisse des Grundwassers (s. 1.) wieder; nach dem Austritt aus dem Boden ist das Quellwasser jedoch den Einflüssen der Außenwelt preisgegeben und diese wirken sich im Ofenberggebiet, infolge seines kontinental-alpinen Klimacharakters (vergl. S. 280), besonders stark aus.

Im Sommer steigt, im Winter sinkt die Wassertemperatur vom Quellmund bis zur Einmündung in den Hauptbach. Die j ä h r l i c h e n S c h w a n k u n g s a m p l i t u d e n (vergl. Fig. 28—30) erreichen schon am Fuß des Steilhanges des God sur Il Fuorn das 6- (FWQ I), 18- (FWQ II) und 20-fache (FWQ IV) der Werte, die für die Quellöcher ermittelt wurden (vergl. Fig. 31); sie steigen im Unterlauf bis auf das 7,5- (FWQ I)und 25-fache (FWQ II). Diese Zahlen, sowie der Verlauf der Kurven in den Fig. 28, 29, 30 zeigen, daß die Zunahme der Amplituden nicht gleichmäßig erfolgt. Schon bei der Besprechung der Thermik des Quellbaches von GFQ I wurde darauf hingewiesen, daß die Zunahme in erster Linie von der Größe der Kontaktfläche zwischen Wasser und Luft und im Zusammenhang damit vom Bachquerschnitt, der Strömungsgeschwindigkeit und der Wasserführung abhängig ist (vergl. S. 311). Dies gilt auch für die Fischweiherquellen: Im Oberlauf, wo sich das Wasser am Steilhang des God sur Il Fuorn mehr oder weniger nach der Seite hin ausbreitet und oft in dünner Schicht große Flächen überrieselt, wirken sich die Temperaturgegensätze der Luft in viel stärkerem Maße aus als im Unterlauf, wo die Quellbäche in einem meist deutlich eingetieften Bett dahinziehen. Auf die gleichen Ursachen sind auch die Unterschiede im Temperaturgang der verschiedenen Quellen zurückzuführen: Der kontinentale Klimacharakter spiegelt sich am deutlichsten im Temperaturgang des Quellbaches FWQ IV wider, welcher sich flächenhaft ausbreitet und durch geringe Wasserführung ausgezeichnet ist (vergl. Fig. 30 und 31); er äußert sich am wenigsten im Temperaturgang des Quellbaches FWQ I, der geschlossen in einer künstlich eingetieften Rinne zu Tale fließt (vergl. Fig. 28 und Fig. 31). Die Bedeutung der Kontaktfläche zwischen Luft und Wasser zeigt sich besonders deutlich in den hohen Temperaturgegensätzen hygropetrischer Stellen. So konnten am 21. 7. 37, 1615 in der Sonne (Schattentemp.: 20,0°) im Quellrinnsal von FWQ II an hygropetrischen Stellen nahe am Ostufer Temperaturen bis 13,5°, im Oberlauf von FWQ IV sogar bis zu 14,8° gemessen werden. Diese Beobachtungen bestätigen jene THIENEMANN's aus Oberbayern (164). Wenn die von mir festgestellten Maximaltemperaturen etwas tiefer liegen (THIENEMANN konnte Maxima bis zu 22,5° messen), hängt dies wohl damit zusammen, daß das Gebiet, auf welches sich die Untersuchungen von THIENEMANN beziehen (Eibsee in Oberbayern), um ca. 800 m tiefer liegt als der Ofenberg. Auf die erwärmende Wirkung von plattigem Gestein haben schon ZSCHOKKE

Fig. 26: ***FWO IV: Der Quellbach.***

FWQ IV entspringt im unteren Teil eines breiten Lawinenzuges. Bei P. 3 breitet sich der Quellbach nach der Seite hin aus und stürzt, zahlreiche kleine Kaskaden und Strudel erzeugend, zwischen losen Gesteinstrümmern und Fallholz gegen die Alluvionsterrassen der Ova dal Puorn hinab. Hygropetrische Stellen sind häufig. Fig.: oben, im flacheren Teil des Lawinenzuges das Quellrinnsal und A II; in der Mitte: der „Steilabsturz am God sur Il Fuorn"; im Vordergrund: die Ova dal Fuorn mit der Abbruchkante der Alluvionsterrnssen.

(183), STEINMANN (138) und vor allem HUBAULT (68) hingewiesen. Neuerdings hat HOEHN (63) die Bedeutung größerer Steine hervorgehoben, die über den Wasserspiegel hinausragen, große Wärmemengen aufnehmen und dann «beinahe als Bettflaschen» wirken, «indem sie die aufgespeicherte Wärme zum großen Teil an das Wasser, das sie umspült, abgeben.»

Die Deutung der Temperaturwerte, die bei gleichzeitigen Messungen an verschiedenen Stellen eines bestimmten Quellbaches gewonnen wurden (vergl. Tab. 23, 24, 25), ist nicht immer leicht. Man muß berücksichtigen, daß die Wassertemperatur nicht ausschließlich von der zur Zeit der Messung herrschenden Lufttemperatur abhängig ist, sondern noch von einer Reihe von anderen Faktoren:

Besonders GEIJSKES (55) hat auf die Bedeutung der Bodentemperatur hingewiesen, die ja ihrerseits wieder von zahlreichen anderen Faktoren, Insolation, Exposition, Zusammensetzung, Pflanzenwuchs usw. abhängig ist.

Verschiedene Serien deuten darauf hin, daß die Minima der Lufttemperatur bei Nacht bedeutungsvoll sind. Dieselben wurden mit einem Extremthermometer — allerdings nicht an der Untersuchungsstelle selbst, sondern beim Hotel «Il Fuorn» — gemessen: Die Resultate sind in den allgemeinen Tabellen eingetragen. Nach kalten Strahlungsnächten steigt die Wassertemperatur in den Morgenstunden, selbst bei relativ hoher Lufttemperatur weniger rasch als nach warmen Nächten.

Entscheidend für den Temperaturgang der Quellbäche ist aber die Intensität der Sonnenbestrahlung. Bei klarem, sichtigem Wetter werden im Unterlauf sämtlicher Quellen viel höhere Wassertemperaturen gemessen als bei trübem oder bedecktem Himmel. Schon der leichte, aber zusammenhängende Dunstschleier, der an Föhntagen das ganze Himmelszelt überzieht, genügt, um die Wassertemperaturen empfindlich herabzudrücken. Nur wenige Beispiele seien erwähnt:

1. Am 5. 4. 37 stieg die Wasserternperatur bei P. 3 in FWQ II auf 8,0°; am 6. 4. 37 dagegen nur auf 6,2°, und dies trotzdem die Lufttemperatur am ersten Tag nur 6° (aber Sonne!), am zweiten Tag dagegen 10° (aber Schatten!) betrug.

2. Am 25. 3. 37 wurde bei P. 4 in FWQ IV eine Wassertemperatur von nur 5,2°, am 31. 3. 37 dagegen eine solche von 8,8° gemessen. Am ersten Tag konnte also vom Quellmund bis P. 4 eine Abnahme, am 2. Tag eine Zunahme der Temperatur festgestellt werden, und dies trotzdem die Lufttemperatur auch am 2. Tag mit 4° unter der Temperatur des Wassers im Quellmund (6,2°) blieb. Entscheidend für diesen Befund ist wiederum die Tatsache, daß das Quellgebiet am 1. Tag im Schatten, am 2. dagegen in der Sonne lag.

3. Am 25. 11. 36 wurde bei strahlendem Wetter (Bewölkung = 0) in den Mittagsstunden in FWQ II trotz einer Lufttemperatur von nur 1,0° eine Erwärmung des Wassers zwischen P. 1 und P. 3 von 5,7° auf 6,5° festgestellt, während die Teniperaturzunahme am 6. 4. 37 bei bedecktem Himmel (Bewölkung = 9) trotz einer Lufttemperatur von 10,0° nur von 5,7°—6,2° reichte. Die Bedeutung der Sonnenbestrahlung für den Temperaturgang der Quellbäche geht auch aus dem Verlauf der Kurven in Fig. 35 deutlich hervor: Die Kurven für die Wassertemperatur und die Lufttemperatur verlaufen am Fuß des Steilhanges des God sur Il Fuorn nicht immer gleichgesinnt, d. h. ihre Maxima und Minima fallen nicht immer zusanimen. So sinkt z. B. die Kurve der Wassertemperatur (FWQ II) zwischen dem 31. 3. 37 und 25. 5. 37 um 1,2°, obwohl die Kurve der Lufttemperatur gleichzeitig um nicht weniger als 15° steigt; wie durch die in

Fig. 27. *FWQ IV: Der „Steilabsturz um God sur il Fuorn".* Viel **Fallholz** liegt vermodernd auf Gehängeschutt. **Hygropetrische** Stellen sind häufig. Nach starkem Schneefall tragen die über den Wasserspiegel hinausragenden Steine und **Holzstrünke** mächtige Schneehauben, die aber unter dem **Einfluß** des relativ warmen Quellwassers rasch zum Schmelzen gebracht werden.

der Fig. 35 eingezeichneten Pfeile angedeutet wird, lag aber das Quellgebiet am 31. 3. 37 in der Sonne, am 25. 5. 37 dagegen im Schatten. Gerade umgekehrt verlaufen die Kurven zwischen dem 25. 5. 37 (Schatten!) und dem 25. 7. 37 (Sonne!): Trotzdem die Lufttemperatur um 6° sinkt, steigt die Wassertemperatur dank der direkten Bestrahlung durch die Sonne um 1,2°.

Hand in Hand mit der Intensität der Sonnenbestrahlung übt auch die Dauer der Sonnenbestrahlung einen Einfluß auf den Temperaturgang des Quellwassers aus. An trüben Tagen, wenn die Sonne nur zeitweise scheint, steigt die Wassertemperatur naturgemäß weniger stark als an heiteren Tagen. Beide Faktoren, Intensität und Dauer der Sonnenbestrahlung stehen in enger Beziehung zueinander und lassen sich in ihren Wirkungen im Einzelfall nur schwer trennen.

Wie im Quellweiher von GFQ I (vergl. S. 309) dürfte ebenfalls bei den Fischweiherquellen der Rückstrahlung durch den Schnee und der dunkeln Farbe des Untergrundes eine gewisse Bedeutung zukommen. Zahlenmäßige Beweise für diese Annahme liegen keine vor.

## VI. Der Sauerstoff.[1]

Die Ergebnisse der einzelnen Analysen sind in den allgemeinen Tabellen 23, 24, 25 enthalten. In der Übersichtstabelle 27 wurden die in den 4 Untersuchungsjahren (1934—1937) festgestellten Maxima und Minima (in ccm und % der Sättigung), die Schwankungsamplituden, die Durchschnittswerte und die Zahl der Analysen zusammengestellt.

### *A. Der Sauerstoffin den Quellöchern:*

Aus der Übersichtstabelle 27 und aus den graphischen Darstellungen (Fig. 28 bis 31) gehen vor allem zwei wichtige Tatsachen hervor:

1. Das Wasser sämtlicher Fischweiherquellen ist im Quelloch untersättigt. Der Grad der Untersättigung ist nicht in allen Quellen der gleiche. Am wenigsten Sauerstoff enthält durchschnittlich FWQ IV (4,97 ccm = 72,3 %); am meisten FWQ I (6,37 ccm = 92,3 %).

2. Der Sauerstoffgehalt im Quelloch jeder einzelnen Quelle bleibt — unabhängig von den Außenbedingungen — auffallend konstant. Die jährlichen Schwankungsamplituden sind gering. Die Maxima und Minima sind nicht an bestimmte Jahreszeiten gebunden. Diese Feststellungen stehen im Einklang mit den Beobachtungen anderer Autoren. Sie bestätigen insbesondere den Satz von THIENEMANN, daß der Sauerstoffgehalt verschiedener Quellen zwar stark variieren kann, daß aber «der Sauerstoffcharakter einer jeden einzelnen Quelle im Lauf des gesamten Jahres der gleiche ist. Irgendwelche gesetzmäßige Temporalvariationen des $O_2$-Gehaltes sind nicht zu beobachten.» (157).

In Tabelle 28 sind die Ergebnisse von Sauerstoffbestimmungen in Quellen anderer Gegenden zusammengestellt: Die Tabelle zeigt, daß der Sauerstoffgehalt der Quellen im allgemeinen klein ist: er liegt in der Regel (allerdings nicht ausnahmslos!) unter dem Sättigungsgrad.

Die Unterschiede im Sauerstoffgehalt der verschiedenen Quellen beruhen auf der Beschaffenheit des Untergrundes, auf dem Grad der Zerklüftung, auf dem petrographischen Charakter der durchflossenen Schichten, auf dem Gehalt an oxydablen Substanzen, auf der Art des Austrittes des Wassers aus dem Boden.

---

[1] Methodik: vergl. Anmerkung 6, S. 417.

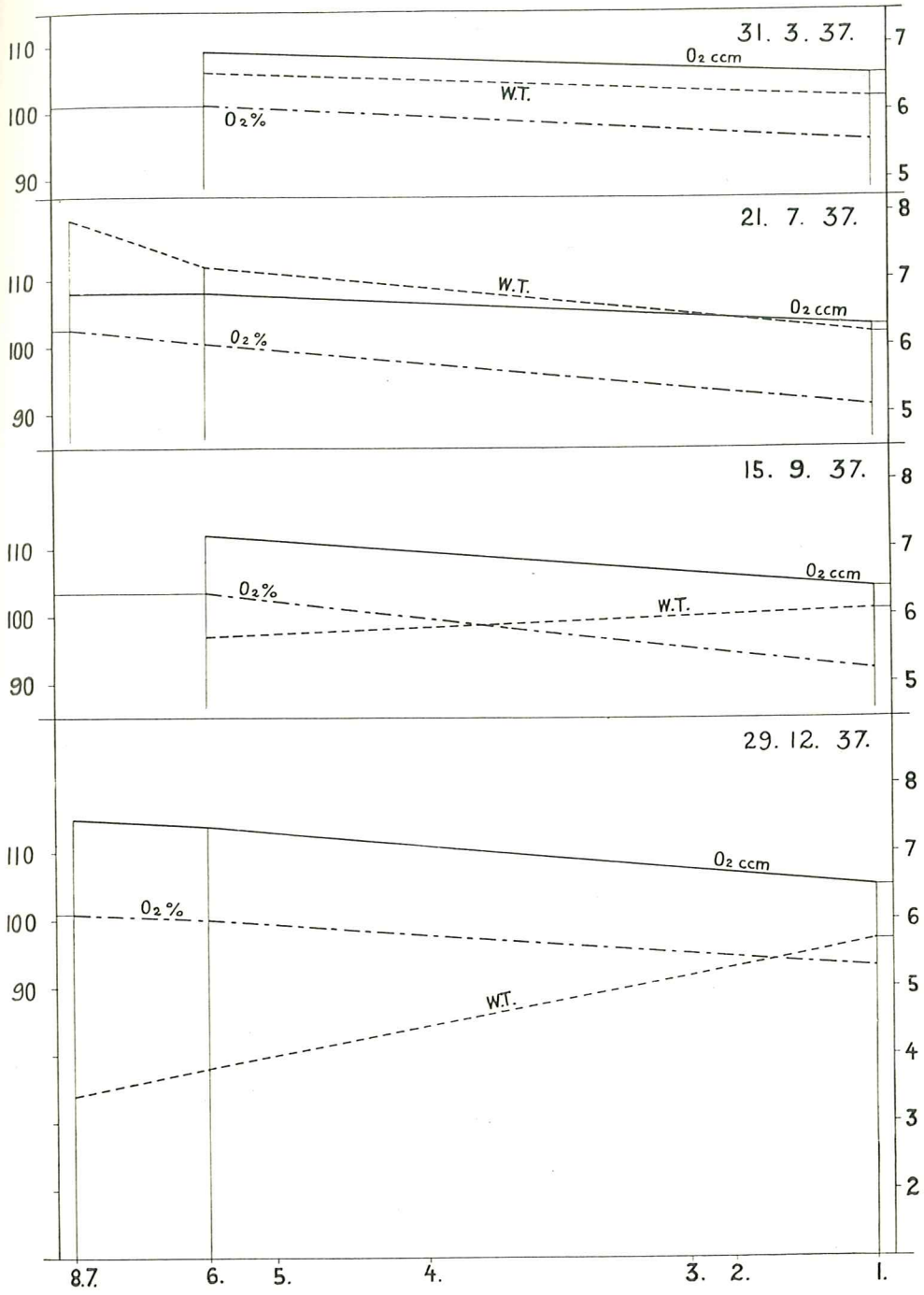



Fig. 28: *FWQ I: Temperatur und Sauerstoff (in ccm/l und % der Sättigung).*
Auf der Abszisse sind die Quellbachstrecken im natürlichen Längenverhältnis (Maßstab 1: 1000) vom Quellmund (P. 1) bis zur Einmündung in die Ova dal Fuorn (P. 8) eingetragen.

Helokrenen sollen in der Regel einen höheren Gehalt an Sauerstoff besitzen als Rheokrenen: Er entspricht bei Rheokrenen, die meist mit starkem Gefälle plötzlich aus dem Boden hervorbrechen, ungefähr jenem des Grundwassers; bei Helokrenen, die zwischen Erde, Genist und Moos auf flachem Horizont hervorsickern, hat das Wasser Zeit, aus dem stark durchlüfteten Erdreich Sauerstoff aufzunehmen, bevor es die Oberfläche erreicht hat (30, 55, 171).

Meines Erachtens ist es nicht ausgeschlossen, daß die abweichenden Ergebnisse der Autoren, wenigstens zum Teil auch auf verschiedenen Schöpfmethoden beruhen. Leider verzichten die meisten Autoren darauf, die Stelle, an welcher die Wasserentnahme erfolgte, genau zu präzisieren. Der Begriff «Quelle» ist weit und schließt Lebensstätten mit sehr verschiedenen Milieubedingungen in sich ein. Das untersättigte Quellwasser nimmt (vergl. S. 369) nach dem Austritt aus dem Boden rasch Sauerstoff aus der Luft auf: Sein Sauerstoffgehalt kann schon wenige Meter unter dem Quellmund um mehrere Sättigungsprozente höher sein als in diesem. Es ist deshalb bei Quellarbeiten unerläßlich, eindeutig festzulegen, ob die Wasserproben im Quelloch selbst oder aber in einer gewissen Entfernung davon geschöpft wurden, wobei selbstverständlich die Wasserentnahme — wie üblich — so zu erfolgen hat, daß eine Durchmischung mit der in der Flasche vorhandenen Luft ausgeschlossen wird.[2]

Die Unterschiede im Sauerstoffgehalt der Fischweiherquellen am God sur Il Fuorn beruhen vor allem auf der Art des Wasseraustrittes aus dem Boden. Die relativ hohen Werte von FWQ I sind darauf zurückzuführen, daß das Wasser im Überlaufsrohr (wo die Proben geschöpft wurden) bereits stark mit Luft durchmischt ist. Schwieriger scheint die Deutung der tiefen Werte von FWQ IV (vergl. Fig. 31). Diese Quelle nimmt — wie mehrfach betont wurde — eine Mittelstellung zwischen Rheo- und Helokrene ein und man müßte folglich erwarten, daß ihr Sauerstoffgehalt eher höher wäre als derjenige der übrigen Fischweiherquellen, welche typische Sturzquellen sind. Bei der Deutung der festgestellten Werte muß aber berücksichtigt werden, daß FWQ IV zwar physiognomisch weitgehend mit einer Sickerquelle übereinstimmt, daß aber ein Teil ihres Wassers doch über dem helokrenenartigen Quellrinnsal unter feinem Gehängeschutt rheokrenenartig zu Tage tritt, und daß sich die fraglichen tiefen Sauerstoffwerte auf diese Stelle beziehen. Zwischen dem Moos und Genist des Quellrinnsals wurden Werte ermittelt, die wesentlich höher sind und sich z. T. bereits dem Sattigungsgrade nähern.

Die Konstanz des Sauerstoffgehaltes in den einzelnen Quellöchern deutet — wie die Homothermie (vergl. S. 356) — darauf hin, daß die Fischweiherquellen nicht durch oberflächliches Sickerwasser gespeist werden, sondern aus tieferen Erdschichten aufsteigen.

### *B. Der Sauerstoff in den Quellbächen:*

Im Verlauf der Quellbäche nimmt das untersättigte Wasser rasch Sauerstoff aus der Luft auf (vergl. Fig. 28—30). Diese Aufnahme wird durch das hohe Gefälle und die flächenhafte Ausbreitung des Wassers im Quellrinnsal und Oberlauf begünstigt.

Schon wenige Meter unter dem Quellmund wurden in allen Quellen wesentlich hßhere Sauerstoffwerte ermittelt als in diesem selbst. In keinem Fall erreichte aber der Sauerstoffgehalt im Bereich des «Quellrinnsales» den Sätti-

[2] Methodik: vergl. Anmerkung *1, S.* 414.

gungsgrad. Selbst an hygropetrischen Stellen im Ostteil des Quellrinnsales von FWQ II überschreiten die festgestellten Maxima niemals 95,5 % der Sättigung.

Erst im Bereich des «Steilabsturzes am God sur Il Fuorn», wo das Quellwasser schäumend und sprudelnd über lose Gerölle zu Tale stürzt, wird dank der innigen Durchmischung des Wassers mit Luft der Sättigungsgrad erreicht. Am Fuß des God sur Il Fuorn wurden zu allen Tages- und Jahreszeiten Sauerstoffwerte gefunden, welche nicht oder höchstens um wenige % vom Sättigungspunkt abweichen (Minimum: 97,8 %; Maximum: 103,3 %; $O_2$ %-Amplitude: 4,7 %); vergl. Fig. 31. Worauf diese leichten Schwankungen zurückzuführen sind, konnte nicht mit Sicherheit ermittelt werden. Es ist möglich, daß sie von der Art der Berechnung der Sättigungsprozente (unter Berücksichtigung der gemessenen Temperatur und des momentanen Luftdruckes!) abhängig sind; es ist aber auch nicht ausgeschlossen, daß die dann und wann festgestellte leichte Übersättigung (maximal bis 103,3 %) phytogen, d. h. durch die Assimilation der Bachalgen bedingt wird.

Im «Unterlauf» und bei der Einmündung in die Ova dal Fuorn ist das Wasser des Quellbaches stets sauerstoffgesättigt. Die Schwankungsamplitude der Sättigungsprozente ist noch geringer als am Fuß des God sur Il Fuorn. Das Maximum beträgt 103,1 %, das Minimum: 100,2 %; die Amplitude: 2,9 %.

Wie in GFQ I (vergl. S. 324) ist der Sauerstoffgehalt des Wassers auch in den Quellbächen der Fischweiherquellen unabhängig von der Wassertemperatur solange der Sättigungsgrad nicht erreicht ist. Die Sauerstoffkurven steigen deshalb im Oberlauf der Quellen während des ganzen Jahres an, trotzdem die Temperaturkurven im Sommer steigen, im Winter dagegen fallen (vergl. Fig. 28—30). Im Übergangsgebiet zwischen Ober- und Unterlauf (FWQ I: P. 6; FWQ II: P. 3; FWQ IV: P. 4) und im Unterlauf, wo das Wasser mehr oder weniger gesättigt ist, treten dagegen die reziproken Beziehungen zwischen Sauerstoffgehalt und Wassertemperatur deutlich in Erscheinung: Der Sauerstoffgehalt des Wassers steigt mit sinkender, er sinkt mit steigender Temperatur (vergl. z. B. Pig. 30 Kurven vom 27. 7, 37 und 29.12. 37; Fig. 28, Kurven vom 21. 7. 37 und 29. 12. 37). Wie in GFQ I äußern sich diese Verhältnisse auch in den Fischweiherquellen zahlenmäßig so, daß im Quellmund und Oberlauf die gefundenen Sauerstoffwerte verhältnismäßig wenig, die Sättigungsprozente dagegen stark schwanken, während im Unterlauf die gefundenen Werte stark, die Sättigungsprozente dagegen schwach schwanken (vergl. Tab. 27). In den graphischen Darstellungen tritt das in der Weise in Erscheinung, daß die Kurven der Sättigungsprozente in den Quellöchern (wo das Wasser untersättigt ist!) getreulich den Schwankungen der Kurven des Sauerstoffgehaltes folgen, daß sie dagegen im unteren Teil des Quellbaches (sobald der Sättigungspunkt erreicht wurde!) fast geradlinig und unabhängig von den Kurven des Sauerstoffgehaltes verlaufen (vergl. Fig. 31).

Im untersten Teil des Oberlaufes — und im Unterlauf sinkt der Sauerstoffgehalt im Sommer; er steigt dagegen im Winter. Da der Sauerstoffgehalt in den Quellöchern annähernd konstant bleibt, äußert sich dieser Wechsel in den Kurvenbildern (Fig. 28—30) in einem mehr oder weniger steilen Anstieg der Sauerstoffkurven. GEIJSKES (55) fand, daß in gewissen Quellen der Umgebung Basels im Sommer unter der Quelle sogar weniger Sauerstoff vorhanden war als im Quelloch selbst. Bei den Fischweiherquellen des Ofenberggebietes wird dieser extreme Fall niemals verwirklicht, weil die Erwärmung des Wassers im Unterlauf nicht ausreicht, um den Gehalt an Sauerstoff unter die Menge des im untersättigten Wasser der Quellöcher gelösten Sauerstoffes herabzusetzen. Die

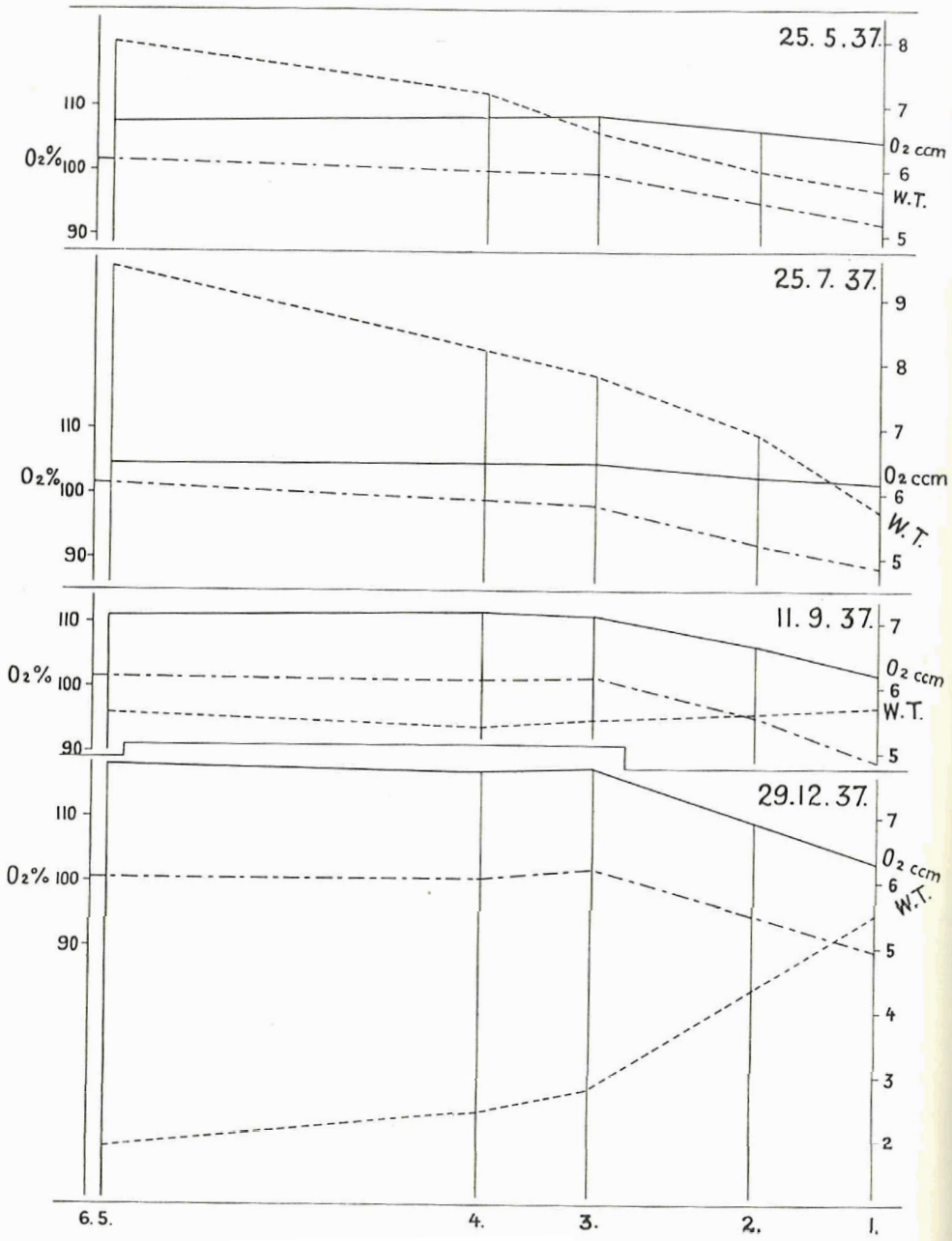



Fig. 29: *FWQ II: Temperatur und Sauerstoff (in ccm/l und % der Sättigung).*

Auf der Abszisse sind die Quellbachstrecken im natürlichen Längenverhältnis (Maßstab 1 : 1400) vom Quellmund (P. 1) bis zur Einmündung in die Ova dal Fuorn (P. 6) aufgezeichnet.

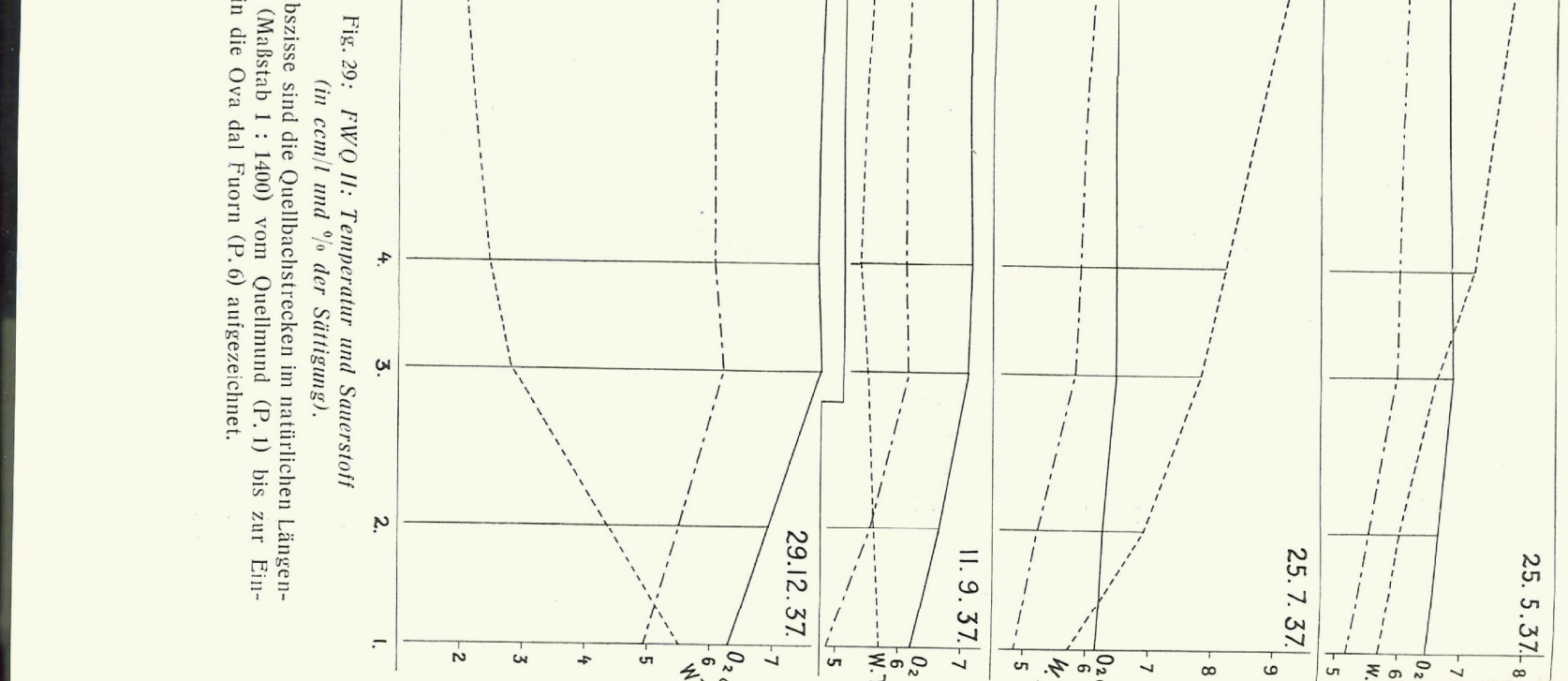



Fig. 29: *FWQ II: Temperatur und Sauerstoff (in ccm/l und % der Sättigung).*

bszisse sind die Quellbachstrecken im natürlichen Längen- (Maßstab 1 : 1400) vom Quellmund (P. 1) bis zur Ein- in die Ova dal Fuorn (P. 6) aufgezeichnet.

**Tabelle 25: FWQ IV: Wassertemperatur, Sauerstoff, pH, Karbonat-, Gesamt- und Sulfathärte.**

| Datum | Zeit | Bew. | S.; Sch. | L.T. | L.T Min. bei Nacht | Niederschläge | P. | W.T. | O2 ccm | % | pH | Alk. | Ca.H. d. H° | G.H. d.H° | SO4 d.H° | SO4 mg |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 10. 4. 34 | 1315 | 0 | Sch. | ? | −1 | am Vortag Schnee | 1 | 6 | — | — | — | — | — | — | — | — |
| | 1230 | 0 | S. | | | | 4 | 9,5 | 6,80 | — | — | 3,2 | 8,96 | — | — | — |
| 10. 4. 34 | 1530 | 10 | Sch. | ? | −1 | | 1 | 6 | — | — | — | — | — | — | — | — |
| | 1540 | | | | | | 4 | 7,5 | — | — | — | — | — | — | — | — |
| 18. 9. 34 | 1600 | ? | ? | ? | ? | | 4 | 8.5 | — | — | — | 3,2 | 8,96 | — | — | — |
| 8. 1. 35 | 1445 | 5 | Sch. | −4 | −14 | Nacht Schnee | 1 | 6,1 | — | — | — | — | — | — | — | — |
| | | | | | | | 4 | 4,7 | 7.28 | — | — | 3,0 | 8,4 | — | — | — |
| 9. 4. 35 | 1200 | 9 | Sch. | 15 | −0,5 | Nacht Schnee | 1 | 6,2 | 4,95 | 71,9 | — | 3,2 | 8,96 | — | — | — |
| | | | | | | | 4 | 9,0 | — | — | — | 3,2 | 8,96 | — | — | — |
| | | | | | | | 5 | 9,5 | — | — | — | 3.2 | 8,96 | — | — | — |
| 11. 4. 35 | 0910 | 0 | ? | 13 | −5 | | 1 | 6,1 | — | — | — | — | — | — | — | — |
| | | | | | | | 4 | 7,0 | 7,04 | 103 3 | — | 3,1 | 8,68 | — | — | — |
| 25. 8. 35 | 1000 | 10 | Sch. | 16 | 6 | | 1 | 6,4 | 4,72 | 68,7 | — | 3,1 | 8,68 | — | — | — |
| | | | | | | | 4 | 6,9 | — | — | — | 3,1 | 8,68 | — | — | — |
| | 1430 | 0 | Sch. | −1 | −15 | | 1 | 6.3 | 5,29 | 76,8 | 7,2 | 3,1 | 8,68 | — | — | — |
| | 1400 | 0 | S. | 1 | −15 | | 4 | 6.5 | 6,92 | 100,2 | 7,2 | 3,1 | 8,68 | — | — | — |
| 26. 11. 36 | 1530 | 0 | Sch. | −3 | −15 | | 4 | 5,5 | — | — | — | — | — | — | — | — |
| | 1400 | 0 | S. | 1 | −15 | | 5 | 6,6 | 6,84 | 100,0 | 7,3 | 3,2 | 8,96 | — | — | — |
| | 1530 | 0 | Sch. | −3 | −15 | | 5 | 5.3 | — | — | — | — | — | — | — | — |
| 17. 3. 37 | ? | 5 | Sch. | 8 | −15 | | 1 | 6,1 | — | — | — | — | — | — | — | — |
| | | | | | | | 4 | 6,6 | — | — | 7.2 | 3,1 | 8,68 | 11,8 | 2,6 | 45,7 |
| | 1600 | 8 | Sch. | 4 | −3 | | 1 | 6,3 | 4.73 | 70,0 | 7,1 | 3,2 | 8,96 | 11,8 | 2.8 | 48.0 |
| 19. 3. 37 | 1430 | 9 | Sch. | 4 | −3 | Schnee | 4 | 5,7 | 6,98 | 101,8 | 7,1 | 3.I | 8,68 | 11,1 | 2,7 | 46,3 |
| | 1430 | 9 | Sch. | 4 | −3 | | 5 | 5,6 | 6.95 | 100,8 | 7,1 | 3,1 | 8,68 | 11,1 | 2,7 | 46,3 |
| 25. 3. 37 | 1630 | 8 | Sch. | −1 | −6 | am Vortag Schnee | 1 | 6,2 | — | — | — | — | — | — | — | — |
| | | | | | | | 4 | 5,2 | — | — | — | — | — | — | — | — |
| | 1130 | | | | | | 1 | 6,3 | — | — | 7,1 | 3,1 | 8,68 | 11,7 | 2,7 | 46,3 |
| 31. 3. 37 | 1120 | 6 | S. | 4 | −10 | | 4 | 8,8 | — | — | 7,2 | 3.1 | 8,68 | 11,5 | 2,7 | 46,3 |
| | 1120 | | | | | | 5 | 9,6 | — | — | 7,2 | — | — | — | — | — |
| | | | | | | | 1 | 6,3 | — | — | — | — | — | — | — | — |
| 5. 4. 37 | 1500 | 5 | S. | 6 | −3 | | 4 | 8.0 | — | — | — | — | — | — | — | — |
| | | | | | | | 5 | 9,0 | — | — | — | — | — | — | — | — |
| | | | | | | | 1 | 6.3 | — | — | 7,1 | — | — | — | — | — |
| 6. 4. 37 | 1305 | 9 | Sch. | 10 | −8 | | 4 | 7,0 | — | — | 7,2 | — | — | — | — | — |
| | | | | | | | 5 | 7,1 | — | — | 7,2 | — | — | — | — | — |
| | | | | | | | 1 | 6,3 | — | — | — | — | — | — | — | — |
| 22. 5. 37 | 1500 | 4 | S. | 11 | 1 | | 4 | 7,8 | — | — | — | — | — | — | — | — |
| | | | | | | | 5 | 8,0 | — | — | — | — | — | — | — | — |
| | | | | | | | 1 | 6,2 | 5,31 | 76.9 | 7,6 | 3.2 | 8,96 | 11,6 | 2,1 | 43,5 |
| 26. 5. 37 | 1600 | 7 | S. | 19 | 1 | | 4 | 8.7 | 6,42 | 98.6 | 7,6 | 3,2 | 8,96 | 11,6 | 2,1 | 43,5 |
| | | | | | | | 5 | 9,2 | 6,39 | 99.5 | — | 3,2 | 8,96 | — | — | — |
| | | | | | | | 1 | 6,4 | — | — | — | — | — | — | — | — |
| 21. 7. 37 | 1605 | 4 | S. | 19 | 4,5 | | 4 | 8,7 | — | — | — | — | — | — | — | — |
| | | | | | | | 5 | 9,1 | — | — | — | — | — | — | — | — |
| | | | | | | | 1 | 6.4 | — | — | — | — | — | — | — | — |
| 23. 7. 37 | 1000 | 2 | S. | 22 | 8 | | 4 | 9,0 | — | — | — | — | — | — | — | — |
| | | | | | | | 5 | 9,4 | — | — | — | — | — | — | — | — |
| | | | | | | | 1 | 6,3 | 4.94 | 71,7 | 7,4 | 3,1 | 8,68 | 11,4 | 3,0 | 51,4 |
| 27. 7. 37 | 1000 | 0 | S. | 18 | 3 | | 4 | 10,5 | 6,19 | 99,6 | 7,4 | 3,1 | 8,68 | 11,3 | 3,2 | 54,8 |
| | | | | | | | 5 | 11,7 | 6,10 | 100.6 | 7,4 | 3,1 | 8,68 | 11.3 | 3,0 | 51,4 |
| | | | | | | | 1 | 6,3 | — | — | — | — | — | — | — | — |
| 11. 9. 37 | 1510 | 10 | Sch. | 3 | −3 | Nacht Schnee | 4 | 6.1 | — | — | — | — | — | — | — | — |
| | | | | | | | 5 | 6,1 | — | — | — | — | — | — | — | — |
| 15. 9. 37 | 1115 | 5 | S. | | 9 | Nacht Schnee | 1 | 6.0 | — | — | — | — | — | — | — | — |
| | | | | | | | 1 | 6,0 | 4,89 | 70,5 | 7,3 | 3,1 | 8,68 | 11,9 | 2,9 | 49,7 |
| 29. 12. 37 | 0840 | 0 | Sch. | −24 | *−26* | | 4 | 2,5 | 7,60 | 99,8 | 7,4 | 3.1 | 8,68 | 11,9 | 3,0 | 51,4 |
| | | | | | | | 5 | 1,9 | 7,84 | 101,2 | 7,4 | 3,1 | 8,68 | 11,7 | 2,9 | 49,7 |

**Tabelle 26: *Übersicht* über die Temperaturverhältnisse der Fischweiherquellen.**

P = Punkt (= Meßstelle); Max. = Maximum während der ganzen Untersuchungszeit (1934—1937); Min. = Minimum während der ganzen Untersuchungszeit (1934—1937); Diff. = Differenzen zwischen Maximum und Minimum; D. = Durchschnittswert; Z. = Zahl der Messungen.

| | FWQ I | | | | | | FWQ II | | | | | | FWQ IV | | | | | | FWQ I, II, IV | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Meßstelle | P. | Max. | Min. | Diff. | D. | Z. | P. | Max. | Min. | Diff. | D. | Z. | P. | Max. | Min. | Diff. | D. | Z. | Max. | Min. | Z. |
| Quelloch | 1 | 6,3 | 5,7 | 0,6 | 6,0 | 23 | 1a | 5,8 | 5,5 | 0,3 | 5,7 | 26 | 1 | 6,4 | 6,0 | 0,4 | 6,2 | 21 | 6,4 | 5,5 | 70 |
| Fuß des „Steilabsturzes am God sur Il Fuorn" | 6 | 7,4 | 3,8 | 3,6 | 6,1 | 22 | 3 | 8,2 | 2,8 | 5,4 | 6,3 | 24 | 4 | 10,5 | 2,5 | 8,0 | 7,3 | 22 | 10,5 | 2,5 | 68 |
| Einmündung in Ova dal Fuorn | 8 | 7,9 | 3,4 | 4,5 | 6,6 | 4 | 5 | 9.5 | 1,9 | 7,6 | 6,5 | 15 | — | — | — | — | — | — | (9,5) | (1,9) | 19 |

Sauerstoffkurven steigen bei allen Fischweiherquellen vom Quelloch bis an den Fuß des Steilabsturzes des God sur Il Fuorn und nur im Übergangsgebiet zwischen Ober- und Unterlauf und im Unterlauf können sie im Sommer leicht fallen, wobei aber das Ende der Kurve auch bei maximalen Temperaturen stets ganz bedeutend höher liegt als der Anfang derselben (vergl. Fig. 29, Kurven vom 25. 5. 37; Fig. 30, Kurven vom 27. 7. 37).

Die täglichen Temperaturschwankungen wirken sich (wie HUBAULT hervorgehoben hat) auf den Sauerstoffgehalt ganz ähnlich aus wie die jährlichen Schwankungen.

Bis vor einem Jahrzehnt herrschte in der einschlägigen Literatur die Meinung vor, das Wasser der Hochgebirgsbäche sei infolge der Strömung in der Regel mit Sauerstoff übersättigt. RUTTNER ist dieser Auffassung im Jahre 1926, gestützt auf zahlreiche Analysen in den Bächen des Lunzerseen-Gebietes entgegengetreten mit der Begründung, eine nennenswerte Übersättigung sei aus physikalischen Gründen gar nicht möglich, weil sich das Wasser «im Gleichgewichtszustande mit dem Partialdruck des Sauerstoffes in der umgebenden Luft» befinden müsse, weil es «für seine Temperatur und den herrschenden Druck gesättigt» sein müsse. «Wasserfälle und Schnellen, in denen rasch bewegtes Wasser in innigste Berührung mit der Luft kommt, sind eben Orte des Ausgleiches, wo das irgendwie gestörte Diffusionsgleichgewicht gegen die Atmosphäre wieder hergestellt und die den herrschenden Temperatur- und Druckverhältnissen entsprechende Sättigung erreicht wird.» (126).

**Meine Feststellung, daß der Sauerstoffgehalt der Quellbäche am Fuß** des Steilhanges des God sur Il Fuorn trotz intensiver Durchlüftung den Sättigungsgrad nicht oder nur unmerklich (Durchschnitt aller Quellbäche: 100,8 %) überschreitet, spricht für die Richtigkeit der Auffassung von RUTTNER. Noch eindringlicher wird dieselbe durch eine Reihe von Einzelanalysen bestätigt, welche

**Tabelle 27: Übersicht über den Sauerstoffgehalt der Fischweiherquellen.**

FWQ I P. 1, FWQ II P. 1a, FWQ IV P. 1 } Quellöcher. FWQ I P. 6, FWQ II P. 3, FWQ IV P. 4 } am Fuß des „Steilabfalles" am God sur Il Fuorn.

FWQ I P. 8, FWQ II P. 5 } Einmündung in die Ova dal Peon.

| | FWQ I | | | FWQ II | | | FWQ IV | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 1 | 6 | 8 | 1 a | 3 | 5 | 1 | 4 |
| Oa - Maximum | 6,56 | 7,40 | 7,52 | 6,53 | 7,73 | 7,79 | 5,31 | 7,60 |
| $O_2$ % - Maximum | 95,6 | 103,3 | 102,3 | 93,6 | 102,2 | 103,1 | 76,9 | 103,3 |
| $O_2$ - Minimum | 6,17 | 6,76 | 6,70 | 6,05 | 6,46 | 6,45 | 4,72 | 6,19 |
| $O_2$ -Minimum | 89,5 | 99,3 | 100,2 | 88,4 | 97,8 | 100,5 | 68,7 | 98,6 |
| $O_2$ - Amplitude | 0,39 | 0,64 | 0,82 | 0,48 | 1,27 | 1,34 | 0,59 | 1,41 |
| $O_2$ % - Amplitude | 6,1 | 4,0 | 2,1 | 5,2 | 4,4 | 2,6 | 8,2 | 4,7 |
| Os - Durchschnitt | 6,37 | 6,99 | 6,93 | 6,22 | 6,97 | 7,04 | 4,97 | 6,86 |
| $O_2$ % - Durchschnitt | 92,3 | 101,0 | 100,9 | 89,6 | 100,8 | 101,5 | 72,3 | 100,5 |
| Zahl der Analysen | 11 | 10 | 4 | 13 | 11 | 7 | 7 | 6 |

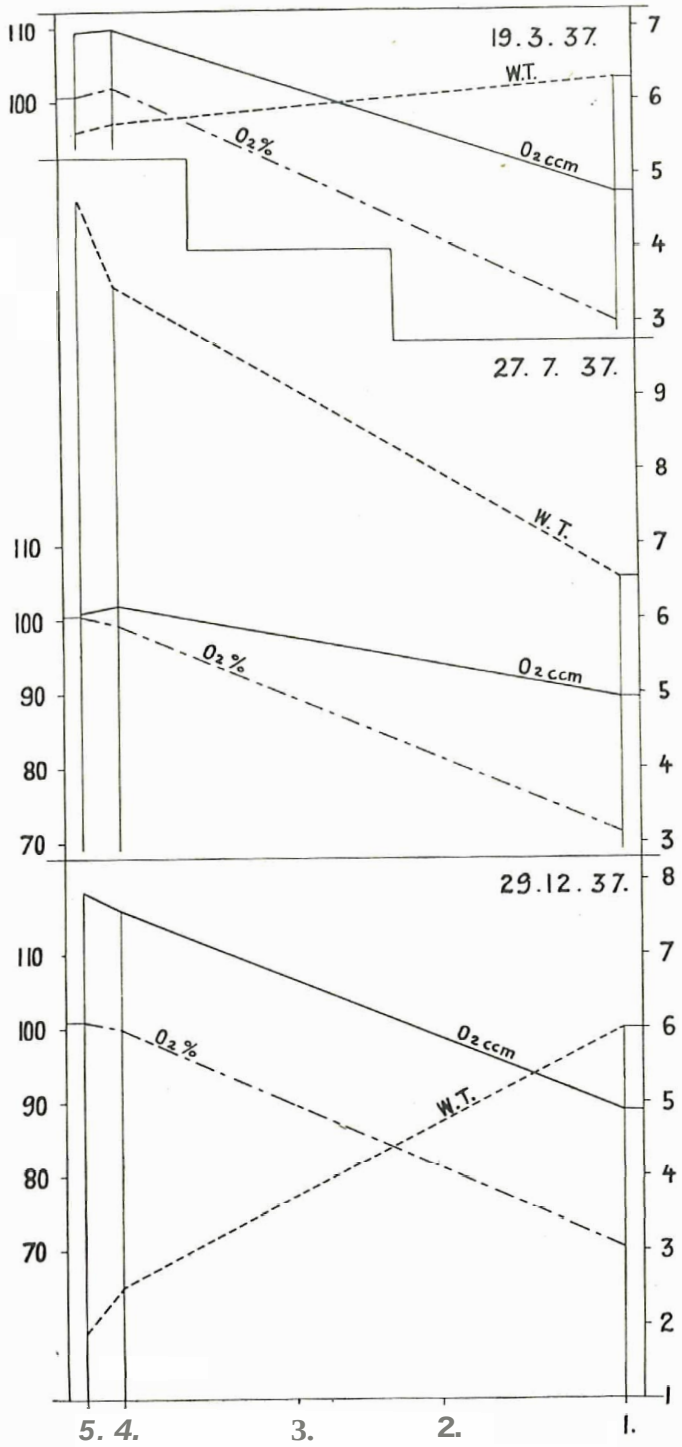



Fig. 30: *FWQ IV: Temperatur und Sauerstoff (in ccm/l und % der Sättigung)*

**Auf der Abszisse sind die Quellbachstrecken im natürlichen Längsnverhältnis (Maßstab 1 : 1000) vom Quellmund (P. 1) bis zum Fuß des „Steilabsturzes" am Cod sur Il Puorn (P. 5) aufgezeichnet.**

an verschiedenen Stellen des Quellbaches von FWQ II durchgeführt wurden (Tab. 29). Aus Tab. 29 gehen folgende Tatsachen hervor:

1. Bei P. 3, am Fuß des «Steilabsturzes am God sur Il Fuorn», ergaben Analysen über, in und unter kleinen, schäumenden Fällen und Schnellen annähernd übereinstimmende Sauerstoffwerte: Das Wasser hat hier den Sättigungsgrad erreicht, und selbst die intensivste Durchlüftung vermag — bei gleichbleibender Temperatur — das einmal erreichte Gleichgewicht mit dem Partialdruck der Atmosphäre nicht mehr zu stören.

2. Im Bereich des Quellrinnsales und im oberen Teil des Steilabsturzes sind die ermittelten Sauerstoffwerte unter kleinen Wasserfällen stets etwas, (wenn auch wenig) höher als über diesen: Das Quellwasser ist hier noch untersättigt und nimmt bei der innigen Durchmischung von Wasser und Luft während des Fallens Sauerstoff aus der Atmosphäre auf.

Zu ähnlichen Ergebnissen führten zahlreiche Analysen, die in verschiedenen Gegenden des Nationalparkes in Hochgebirgsbächen durchgeführt wurden. Sie zeigen übereinstimmend, daß die Auffassung von RUTTNER zu Recht besteht.

## VII. Permanganatverbrauch und Sauerstoffzehrung.[1]

Schon die Tatsache, daß das Wasser der FWQ I der Trinkwasserversorgung des Nationalparkhotels «Il Fuorn» dient (vergl. S. 343), deutet darauf hin, daß dasselbe arm an oxydablen Substanzen sein muß,

**Tabelle 28: Sauerstoffgehalt von Quellen verschiedener Gegenden.**
(nach Geiiskes, erweitert),

| | ccm $O_2$/l | | % d. Sättigung | |
|---|---|---|---|---|
| | Min. | Max. | Min. | Max. |
| *Holstein: Quellen im allgemeinen* (157) | 0,29 | 7,72 | 3,6 | 98,2 |
| *Holstein: Rheokrenen* (157) | 1,20 | 3.52 | 15,1 | 43,7 |
| *Holstein: Helokrenen* (157) | 3,36 | 7,72 | 41,8 | 98,2 |
| *Holstein: Eisenockertümpel* (157) | 0,29 | 1,31 | 3.6 | 16,5 |
| *Baumberge: Quellen* (12) | *4 86* | 6,62 | | |
| *Sauerland: Quellen, kalkarm* (30) | 7,0 | 8,4 | | |
| *Sauerland: Quellen, kalkreich* (30) | *6.4* | | | |
| *Schweden: Quellen* (nach 55) | 0,28 | 7,84 | | |
| *Vogesen: Quellen* (68) | 7,7 | | | |
| *Lunzerseengebiet: Quellen* (24) | 5.95 | *8.24* | | |
| *Tafeljura: Quellen* (Durchschnittszahlen) (55) | 6,38 | 7,85 | 86,3 | 103,9 |
| *Tafeljura: Quellen* (Marima und Minima) (55) | 5.2 | 10,8 | 73,0 | 137.3 |

Sechs Bestimmungen des Kaliumpermanganatverbrauches ergaben in allen Quellen, sowohl im Quellmund als auch im Quellbach Werte, welche sehr tief liegen (von 2,47 mg/l—3,7 mg/l).

Dementsprechend ist auch die Sauerstoffzehrung gering. Zwölf Analysen von Wasserproben, die z. T. im Quellmund, z. T. am Fuß des Steilabfalles des God sur Il Fuorn geschöpft wurden, ergaben in 24 Stunden eine Zehrung von nur 0,7—4,5 % des ursprünglichen Wertes. Diese Schwankungen sind weniger

[1] Methodik: vergl. Anmerkung 7, S. 419.

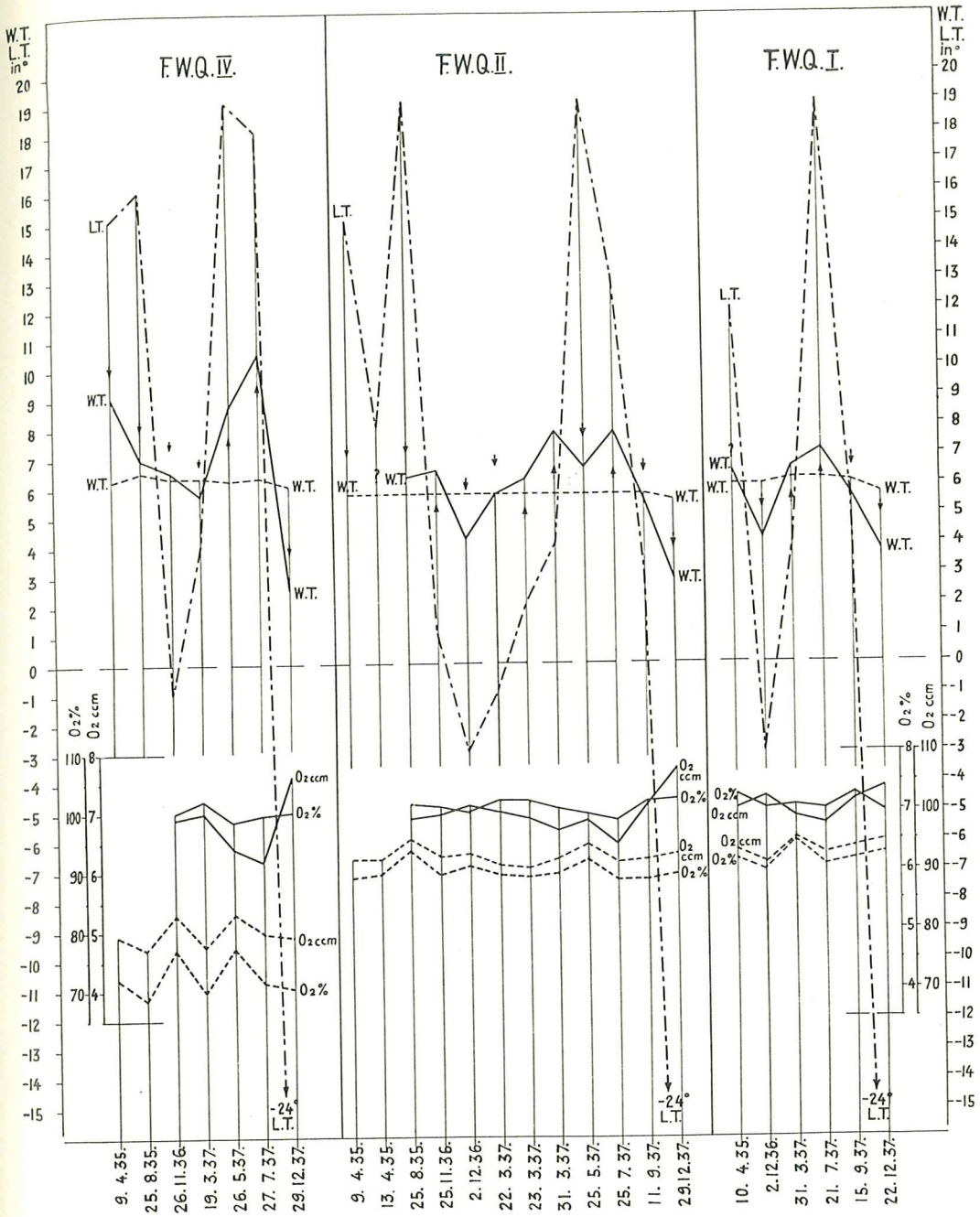



Fig. 31: *FWQ I, II, IV: Luft-, Wassertemperatur und Sauerstoff bei gleichzeitigen Messungen im Quelloch* (gestrichelte Kurven) *und am Fuß des „Steilabsturzes am God sur Il Fuorn"* (ausgezogene Kurven).

Die nach oben gerichteten Pfeile bedeuten Sonne: die Kurve der Wassertemperatur wird hinaufgedrückt; die nach unten gerichteten Pfeile bedeuten Schatten: die Kurven der Wassertemperatur werden hinabgedrückt.

auf wechselnde Verunreinigung als auf Fehler, welche der angewendeten Methode anhaften, zurückzuführen.[3] In Anbetracht der Geringfügigkeit der Schwankungen bestätigen die festgestellten Werte aber doch die Tatsache, daß das Wasser sämtlicher Fischweiherquellen rein ist.

## VIII. Die Wasserstoffionenkonzentration, die Karbonat-, Gesamt- und Sulfathärte.[1]

Die Ergebnisse der Einzelmessungen sind in den allgemeinen Tabellen (Tab. 23–25) enthalten. In der Übersichtstabelle 30 wurden die Maxima, die Minima, und die Schwankungsamplituden (Differenz zwischen Maxima und Minima) für verschiedene Stellen der Quellbäche zusammengestellt. Fig. 32 enthält einige Diagramme, die sich auf die Quellöcher und den Fuß des Steilabsturzes des God sur Il Fuorn beziehen.

### *1. Wasserstoffionenkonzentration:*

Sämtliche Quellwässer (FWQ I–IV) reagieren schwach alkalisch. Der höchste während der ganzen Untersuchungszeit festgestellte pH-Wert ist = 7,7; der tiefste = 7,1. Im allgemeinen sind die Schwankungen aber noch kleiner (ca. 7,1–7,3). Ein Unterschied zwischen den verschiedenen Quellen kann nicht festgestellt werden. Innerhalb der einzelnen Quellen macht sich die Tendenz zu einem leichten Ansteigen der pH-Werte in der Fließrichtung bemerkbar. Ausnahmefälle mit höherem pH im Oberlauf und Quelloch sind aber auch vorhanden. Diese Verhältnisse äußern sich in den Diagrammen (Fig. 32) so, daß die gestrichelten (Quellöcher) und ausgezogenen (Fuß des God sur Il Fuorn) Kurven sich in allen Quellen häufig decken und stellenweise überkreuzen. Von einem gesetzmäßigen Ansteigen des pH im Unterlauf kann nicht gesprochen werden.

### *2. Die Karbonat-,* Gesamt- *und Sulfathärte:*

Im Vergleich zu GFQ I ist die Härte der Fischweiherquellen gering. Die festgestellten Gesamthärtewerte schwanken zwischen 9,0 und 11,9 d H°: Die Wässer sämtlicher Fischweiherquellen sind also nach der Einteilung von KLUT (75) als mittelhart (8–12 d. H°) zu bezeichnen.

Im einzelnen ergeben sich für die Härte im Gegensatz zur Wasserstoffionenkonzentration aber doch deutliche und konstante Unterschiede zwischen den verschiedenen Quellen:

Die Karbonathärte beträgt in den Quellöchern normal:

- in FWQ I: 5,88 d. H°,
- in FWQ II: 6,44 d. H°
- in FWQ IV: 8,68 d. H°.

Die Karbonathärte steigt also von FWQ I bis FWQ IV, d. h. in ost-westlicher Richtung um ca. 3 d. H° an. Das zeigt sich besonders deutlich in den entsprechenden Diagrammen in Fig. 36, die bei FWQ IV wesentlich höher liegen als bei FWQ II und FWQ I.

Weniger klar sind die Unterschiede in der Gesamthärte. Die Durchschnittswerte betragen:

- in FWQ I: 9,9 d. H°,
- in FWQ II: 9,7 d. H°,
- in FWQ IV: 11,7 d. H°.

[3] Methodik: vergl. Anmerkung 7, S. 419.
[1] Methodik: vergl. Anmerkung 5 (S. 416). 8. (S. 419), 9. (S. 420).

Tabelle 29: Der **Sauerstoffgehalt** an verschiedenen Stellen des **Quellbaches** PWQ II.

| | W.T. | Sauerstoff ccm/l | Sauerstoff % |
|---|---|---|---|
| 25. 11. 36, Zeit: 1430; Bew.: 0; S.; L.T.: 1°; L.T. Min. b. Nacht: —15°. | | | |
| P. *1a* (im Quelloch) | 5.7° | 6,24 | 89,50 |
| *1 m darunter* (Höhendifferenz 60 cm) | 5,8° | 6,35 | 91,04 |
| *P. 2* (unteres Ende des Quellrinnsals) | 5,9° | 6,95 | 94,20 |
| *zwischen P. 2 und P. 3 am Steilabsturz:* | | | |
| a) über 35 cm hohem Fall | 6,1° | 6,74 | 97,2 |
| b) unter 35 cm hohem Fall | 6,8° | 6.80 | 98,3 |
| P. 3 (am Fuß des Steilabsturzes des God sur Il Fuorn): | | | |
| a) über 30 cm hohem Fall | 6,5° | 6,96 | 101,02 |
| b) unter 30 cm hohem Fall | 6,5° | 6.92 | 100.40 |
| 23. 3. 37, Zeit: 1530; Bew.: 4; S.; L.T.: 2°; L.T. Min. b. Nacht: — 7°. | | | |
| P. 3 (am Fuß des Steilabsturzes des God sur Il Fuorn): | | | |
| a) an ruhiger Stelle | 6,2° | 6,89 | 102,0 |
| b) an Schäumender Stelle | 6,2° | 6,88 | 101,9 |
| 25. 5. 37, Zeit: 1610; Sch.; L.T.: 19°. | | | |
| *P. 1a* (im Quelloch) | 5,7° | 6 43 | 91,8 |
| *1 m darunter* (Höhendifferenz *60* cm) | 5,8° | 6,41 | 92,0 |
| P. 3 (am Fuß des Steilabsturzes des God sur Il Fuorn): | | | |
| a) über 30 cm hohem Fall (schäumend) | 6,6° | 6,86 | 998 |
| b) mitten in 30 cm hohem Fall (schäumend) | 6,6° | 6,87 | 100,0 |
| c) unter 30 cm hohem Fall (nicht schäumend) | 6,6° | 6,85 | 99,7 |

Die Beziehungen zwischen Karbonat- und Gesamthärte sind also nicht konstant. In FWQ IV ist zwar die Gesamthärte um 2,8 d. H° — also zirka um den gleichen Betrag wie die Karbenathärte — höher als in FWQ I; in FWQ II stimmt die Gesamthärte jedoch mit jener von FWQ I überein," obwohl die Karbonathärte in FWQ II stets etwas höher ist als in FWQ I. Das ist darauf zurückzuführen, daß — wie aus Tab. 30 und den Diagrammen (Fig. 32) hervorgeht — der Sulfatgehalt in FWQ I durchschnittlich um etwa 1 d. H° höher ist als in FWQ II und FWQ N.

Wahrend also der Karbonatgehalt in den Fischweiherquellen am God sur Il Fuorn von Osten nach Westen ansteigt, sinkt der Sulfatgehalt in der gleichen Richtung, allerdings nicht im gleichen Maße. Trotzdem alle Fischweiherquellen tektonisch bedingt sind und auf dem gleichen Quellhorizonte entspringen (vergl. S. 275), weichen sie also in ihrem Salzgehalte doch voneinander ab.

Innerhalb der einzelnen Quellen sind die Schwankungen sowohl der Karbonat-, als auch der Gesamt- und Sulfathärte gering. Dies gilt nicht nur für die Quellöcher, sondern auch für den Unterlauf der Quellbäche. Die Schwankungsamplituden der Karbonathärte erreichen höchstens 0,56 d. H°, jene der

Der Durchschnittswert liegt in FWQ II sogar um 0,2 d. H° tiefer als in FWQ I. Dieser Unterschied liegt aber innerhalb der Fehlergrenzen der Methode und kann deshalb unberücksichtigt bleiben.

**Tabelle 30: Ubersicht über die festgestellten Maxima, Minima und dle Schwankungsamplituden des pH, der Karbonat-, Gesamt- und Sulfathärte aii verschiedenen Stellen der Fischweiherquellen.**

| | | FWQ I | | | FWQ II | | | FWQ IV | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| P. | | 1 | 6 | 8 | 1a | 3 | 5 | 1 | 4 |
| pH | Max. | 7,3 | 7,4 | 7.3 | 7 7 | 7,4 | 7 3 | 7,6 | 7,6 |
| | Min. | 7,1 | 7,2 | 7.2 | 7.1 | 7.1 | 7 2 | 7,1 | 7,1 |
| | Diff. | 0 2 | 0.2 | 0.1 | 0,6 | 0.3 | 0,1 | 0,5 | 0,5 |
| Alk. | Max. | 2,1 | 2.2 | 2.2 | 2.4 | 2 3 | 2,3 | 3 2 | 3 2 |
| | Min. | 2,0 | 2,0 | 2,1 | 2,2 | 2,1 | 2,2 | 3 1 | 3,1 |
| | Diff. | 0,1 | 0 2 | 0.1 | 0.2 | 0 2 | 0.1 | 0,1 | 0,1 |
| Ca. H. d. H° | Mnx. | 588 | 6,16 | 6.16 | 6.72 | 6,44 | 6,44 | 8,96 | 8,96 |
| | Min. | 5,60 | 5.60 | 5.88 | 6.16 | 5,88 | 6,16 | 8,68 | 8.68 |
| | Diff. | 0,28 | 0.56 | 0,28 | 0 56 | 0,56 | 0,28 | 0 28 | 0.28 |
| G. H. d. H° | Max. | 10 9 | 10.5 | 9,8 | 9,9 | 9,9 | 9,8 | 11 9 | 11,9 |
| | Min. | 9,3 | 9,3 | 9,3 | 9.5 | 9,3 | 9,0 | 11,4 | 11,1 |
| | Diff. | 1.6 | 1.2 | 0.5 | 0,4 | 0,6 | 0,8 | 0.5 | 0,8 |
| $SO_4$ d. H° | Mns. | 4,6 | 4.7 | 3,9 | 3,6 | 3,4 | 3,2 | 3,0 | 3,2 |
| | Min. | 2,8 | 3,1 | 3,4 | 3 0 | 1,6? | 1,6? | 2,1 | 2,1 |
| | Diff. | 1,8 | 1.6 | 0,5 | 0,6 | 1 8? | 1.6? | 0.9 | 1,1 |

Gesamt- und Sulfathärte 0,9—1,8 d. H°. Dabei ist die maximale Schwankungsamplitude von 1,8 d. H° ganz abnormal: Sie beruht auf den ausnehmend tiefen (1.6 d. H°) und etwas fragwürdigen Sulfatwerten des 26. 5. 37. Beziehungen zwischen den Maxima, Minima und den Jahreszeiten lassen sich nicht nachweisen.

Auch im Verlauf der Quellbäche ändert sich die Karbonat-, Gesamt- und Sulfathärte kaum merklich. Im allgemeinen macht sich im Unterlauf die Tendenz zu einer leichten Reduktion der Härte bemerkbar. Das äußert sich in den Diagrammen darin, daß die ausgezogenen Kurven (Fuß des Steilhanges des God sur Il Fuorn) normalerweise unter den gestrichelten Kurven (Quellöcher) verlaufen. Diese Reduktion findet aber nicht regelmäßig statt und sie ist so klein, daß sie praktisch vernachlässigt werden kann.

Zusammenfassend kann festgestellt werden, daß die einzelnen Fischweiherquellen in bezug auf das pH, die Karbonat-, Gesamt- und Sulfathärte ausgesprochen eustatischen Charakter besitzen, was wiederum ein Zeichen für ihre Herkunft aus tieferen Erdschichten ist.

## IX. Ammoniak, Nitrite, Nitrate, Chloride, Trockenrückstand, Glühverlust und Glührückstand.

Analysen, welche im kantonalen chemischen Laboratorium in Zürich an sechs eingesandten Wasserproben durchgeführt wurden, geben einen Anhaltspunkt über den Gehalt des Wassers an Ammoniak, Nitriten, Nitraten und Chloriden, sowie

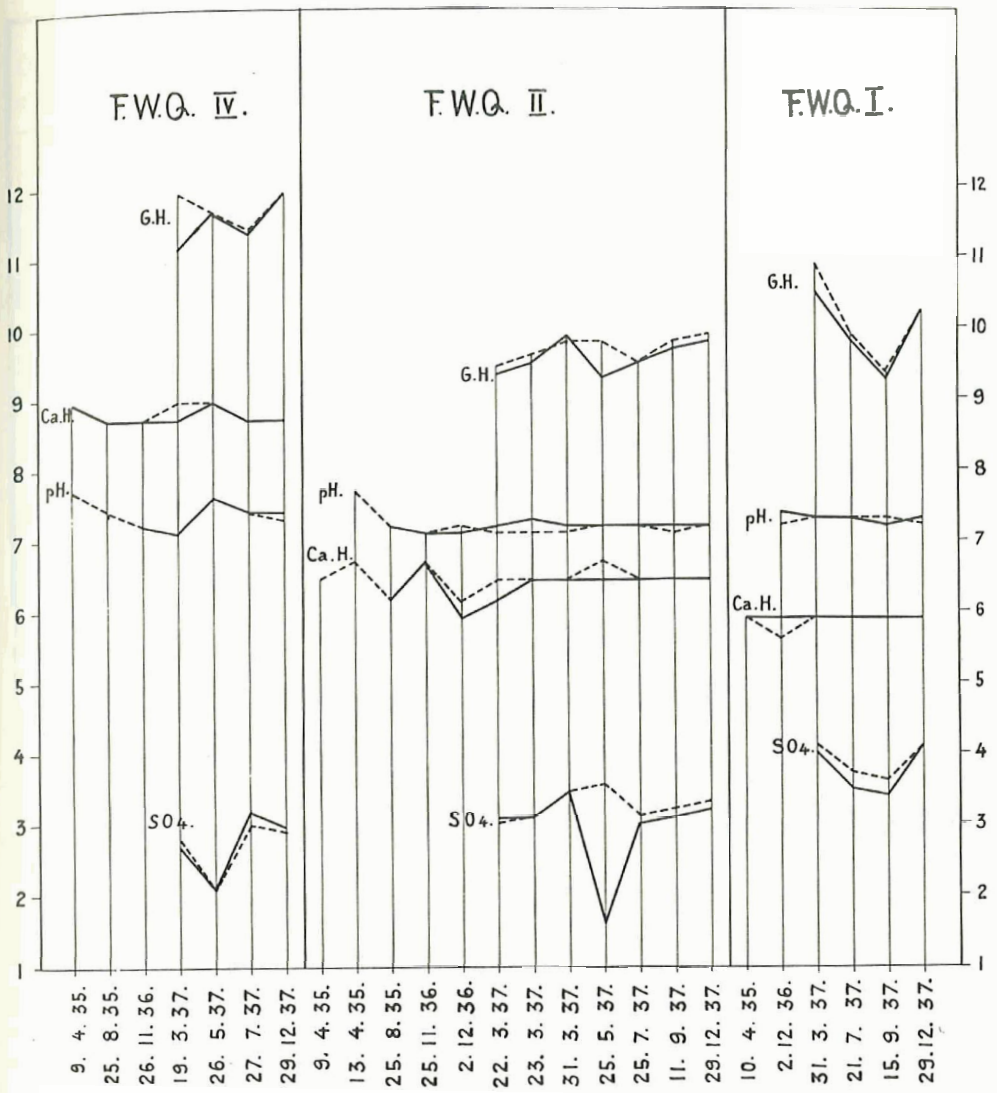



**Fig. 32:** *FWQ I, II, IV: pH, Karbonat-, Gesamt- und Sulfathärte bei gleichzeitigen Messungen im Quelloch* (gestrichelte Kurven) *und am Fuß des „Steilabsturzes am God sur Il Fuorn"* (ausgezogene Kurven).

über den Trockenrückstand, Glühverlust und Glührückstand. Die betreffenden Wasserproben wurden am 31.3.37 in den Quellöchern und am Fuß des God sur Il Fuorn in den Quellbächen geschöpft und unter den notwendigen Vorsichtsmaßregeln verschickt.

Die Ergebnisse dieser Analysen sind mit den an Ort und Stelle gewonnenen Werten in Tab. 31 zusammengestellt.

Ammoniak und Nitrite konnten in keiner Probe nachgewiesen werden.

Nitrate (als $N_2O_5$) sind dagegen in sämtlichen Quellen in Spuren vorhanden. Auffallend ist der relativ hohe Wert (1,8 mg/l) bei P. 6 in FWQ I. Er hängt

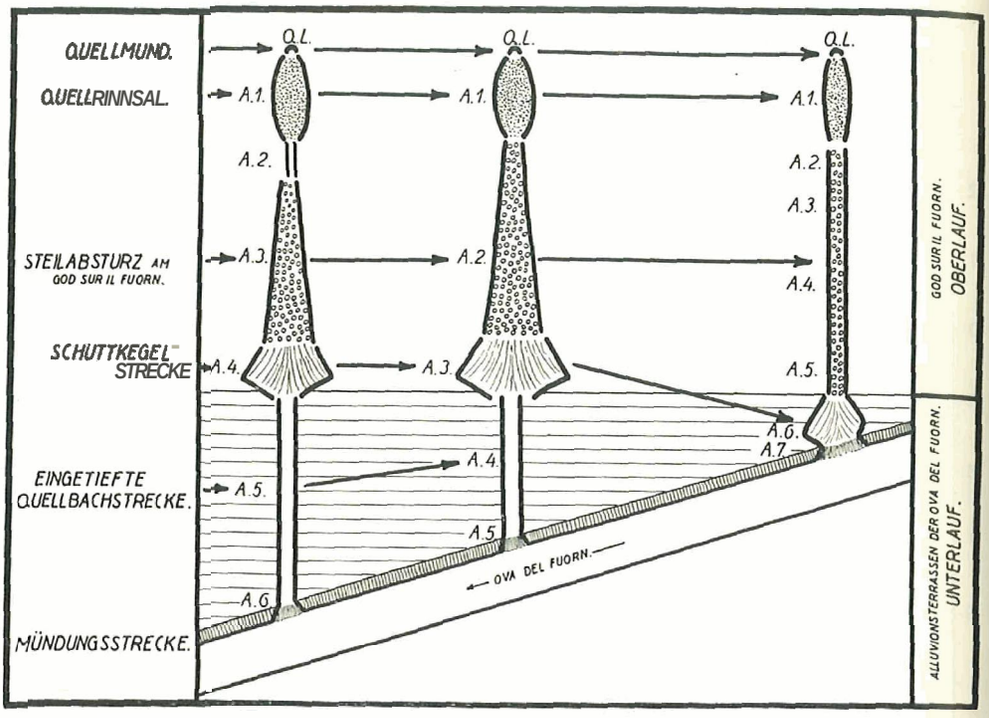



Fig. 33: *Vergleichende schematische Darstellung der Fischweiherquellen* (von rechts nach links: **FWQ I, PWQ II, FWQ IV**).

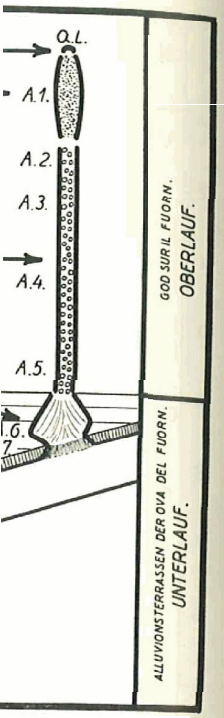
**Q. L. = Quelloch; A. = Abschnitt.**

Einander entsprechende Abschnitte sind durch die gleiche Signatur gekennzeichnet. Bei FWQ I fehlt die „Eingetiefte Quellbachstrecke" weil die Alluvionsterrassen der Ova dal Fuorn schmal sind und die „Schuttkegelstrecke" sich bis zum Hauptbach hin erstreckt.

nicht — wie man zunächst vermuten könnte — mit der anthropogenen Beeinflussung von FWQ I (vergl. S. 343) zusammen, sondern dürfte auf die Ansammlung von Wild und die dadurch bedingte Anhäufung von Kot im Oberlauf des Quellbaches zurückzuführen sein. Es wurde bereits (vergl. S. 352) darauf hingewiesen, daß die Quellrinnsale der Fischweiherquellen, dank der relativ hohen Wassertemperatur, auch im Winter und Frühling schneefrei bleiben: Sie locken deshalb Hirsche, Rehe und Gemsen an, die hier — mitten im verschneiten Gebirgswald — Wasser und karges Futter finden. Gerade am Morgen des 31. 3. 37 wurden kurz vor der Wasserentnahme am Oberlauf von FWQ I zwei äsende Rehe beobachtet und die vorhandene Losung legte Zeugnis dafür ab, daß am frühen Morgen oder in der Nacht auch Hirsche durch das Bett des Quellbaches hinaufgezogen waren. Es unterliegt keinem Zweifel, daß infolge solcher Anhäufung von Losung auch in den anderen Fischweiherquellen der Nitratgehalt zeitweise steigt.

**Der Chloridgehalt schwankt zwischen 2,6 mg/l und 3,6 mg/l.**

**Der Trocken- und Glührückstand ist — der Gesamthärte entsprechend (vergl. S. 372) — in FWQ IV am größten. Der Glühverlust ist in allen Quellen klein.**




*herquellen*

- gekennzeichnet.
onsterrassen der
zum Hauptbach

pogenen Beein-
uf die Ansamm-
n Oberlauf des
?) darauf hinge-
r relativ hohen
ben: Sie locken
erschneiten Ge-
en des 31. 3. 37
I zwei äsend
für ab, daß am
es Quellbaches
solcher Anhäu-
tratgehalt zeit-

mg/l.
tharte entspre-
erlust ist i

Tabelle 31: PWQ **I, II, IV: Ergebnisse** von Gesarntanalysen.

Die **fettgedruckten** Werte stellen die Ergebnisse von Analysen dar, die im kantonaleti chemischen Laboratorium, Zürich, durchgeführt wurden. n. n. = nicht nachweisbar.

| Quelle | **FWQ** I | | **PWQ II** | | **PWQ IV** | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| P. | P. 1 | P. 6 | P. 1a | P. 3 | P. 1 | P. 4 |
| Datum | 31. 3. 37 | 31. 3. 37 | 31. 3. 37 | 31. 3. 37 | 31. 3. 37 | 31. 3. 37 |
| Zeit | 1100 | 1100 | 1115 | 1115 | 1130 | 1130 |
| Bewölkung | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 |
| Sonne; resp. Schatten | S. | S. | S. | S. | S. | S. |
| Lufttemperatur | 4° | 4° | 4° | 4° | 4° | 4° |
| L.T. Min. bei Nacht | — 10° | — 10° | — 10° | — 10° | — 10° | — 10° |
| Wassertemperatur | 6,2° | 6,6° | 5.7° | 7,8° | 6,3° | 8,8° |
| $O_2$ ccm | 6,56 | 6,90 | 6,21 | 6,66 | — | — |
| $O_2$ % | 95,6 | 101,2 | 89,5 | 100,4 | — | — |
| pH | 7,3 | 7,3 | 7,1 | 7,2 | 7,2 | 7,2 |
| Alk. | 2,1 | 2,1 | 2,3 | 2,3 | 3.1 | 3,1 |
| Ca. H. d. H° | 5,88 | 5,88 | 6,44 | 6,44 | 8,68 | 8,68 |
| G. H. d. H° | 10,9 | 10,5 | 9,8 | 9,9 | 11,7 | 11,5 |
| $SO_4$ d. H° | 4,1 | 4,0 | 3,4 | 3,4 | 2,7 | 2,7 |
| $SO_4$ mg/l | 70,3 | 68,5 | 59,0 | 59,0 | 46,3 | 46,3 |
| Ammoniak | n. n. | n. n. | n. n. | n. n. | n. n. | n. n. |
| Nitrite | n. n. | n. n. | n. n. | n. n. | n. n. | n. n. |
| Nitrate ($N_2O_5$) | 0,5 | 1,8 | 0,9 | < 0,5 | 0,5 | n. n. |
| Chloride (als Cl) | 3,4 | 3,2 | 2,8 | 2,6 | 3,6 | 3,0 |
| Eisen | 0,41 | 0,45 | 0,56 | 0,56 | 0,73 | 0,47 |
| Trockenriickstand mg/l | 262 | — | 202 | — | 307 | — |
| Gliihverlust (org.) | 86 | — | 30 | — | 94 | — |
| Glühverlust in % | 32,8 | — | 14,8 | — | 30,6 | — |
| Glührückstand (anorg.) | 176 | — | 172 | — | 213 | — |
| Glührückstand in % | 67,2 | — | 85,2 | — | 69,4 | — |
| Kaliumpermanganat-verbrauch mg/l | 2,78 | 2,78 | 3,39 | 3,70 | 2,47 | 2,78 |

## X. Das Eisen.[1]

Quantitative Eisenbestimmungen, welche im kantonalen chemischen Laboratorium in Zürich durchgeführt wurden, ergaben für die Fischweiherquellen einen Eisengehalt von 0,4—0,7 mg/l (vergl. Tab. 31). Diese Werte sind im Vergleich zu jenen von GFQ I (0,56 mg/l) auffallend hoch. Denn in den Fischweiherquellen

[1] Methodik: vergl. Anmerkung 10, S. 420.

fehlen im ganzen Quellgebiet (selbst in ruhigen Schlenken der Uferregion) die für GFQ I so charakteristischen rostroten Eisenockerablagerungen (vergl. S.335).

## XI. Zusammenfassender Vergleich der physiographischen Verhältnisse der Fischweiherquellen (vergl. Fig. 33).

*1. Lage, Topographie, Botanik:* Alle drei Fischweiherquellen entspringen am steilen, nach Süden exponierten God sur Il Fuorn im lockeren Bergföhrenwald. FWQ II ist eine typische Rheokrene; FWQ IV nimmt eine Mittelstellung zwischen Rheo- und Helokrene ein; das Quelloch von FWQ I ist anthropogen beeinflußt. Die Quellbäche aller drei Quellen lassen sich ungezwungen in zwei Hauptabschnitte gliedern: den steilen Oberlauf (am God sur Il Fuorn) und den flachen Unterlauf (auf den Alluvionsterrassen) der Ova dal Fuorn.

Der Oberlauf zerfällt bei allen Quellen in zwei Abschnitte: das «Quellrinnsal» und den «Steilabsturz am God sur Il Fuorn». Das «Quellrinnsal» wird durch mehr oder weniger üppige Entwicklung der *Cratoneuron-Arabis bellidifolia*-Assoziation und das Vorhandensein hygropetrischer Stellen charakterisiert. Das «Quellrinnsal» von FWQ I ist infolge anthropogener Beeinflussung nicht typisch entwickelt. Der «Steilabsturz am God sur Il Fuorn» weist nicht bei allen drei Quellen gleichen Charakter auf: bei FWQ I fließt das Wasser in einem relativ schmalen, seitlich deutlich abgegrenzten Bett zu Tal; bei FWQ II und besonders bei FWQ IV breitet es sich mehr nach der Seite hin aus, was zur Folge hat, daß die Strömungsgeschwindigkeit und die Wassertiefe abnehmen undzahlreiche hygropetrische Stellen geschaffen werden. Der «Steilabsturz» von FWQ IV erhält durch faulendes Fallholz ein besonderes Gepräge.

Unten an den «Steilabsturz» schließt sich bei allen Fischweiherquellen ein flacher Schuttkegel aus feinem Geschiebe an, der fast in seiner ganzen Ausdehnung von einer dünnen Wasserschicht überspült wird. Bei FWQ II und FWQ IV bildet dieser Schuttkegel den Übergang zwischen dem steilen Oberlauf und der «eingetieften Quellbachstrecken des Unterlaufes; bei FWQ I, wo die Alluvionsterrassen schmal sind, reicht der Schuttkegel dagegen bis zur Ova dal Fuorn hin, sodaß die «eingetiefte Quellbachstrecken nicht zur Entwicklung gelangt.

Der unterste Abschnitt, die «Mündungsstrecke», wird bei allen Quellen besonders dadurch charakterisiert, daß sie bei Hochwasser durch die Fluten des Hauptbaches überschwemmt wird.

2. *Hydrophysik:* Die Ergiebigkeit schwankt bei allen drei Fischweiherquellen nur wenig. Die Quellbäche von FWQ I und besonders von FWQ II werden durch einmündende Nebenquellen und -Bäche verstärkt. Die Wasserführung in der Mündungsstrecke ist deshalb besonders bei FWQ II wesentlich höher als bei FWQ IV. Dementsprechend wurden hier auch die höchsten Strömungsgeschwindigkeiten gemessen. In thermischer Beziehung stimmen die Fischweiherquellen weitgehend miteinander überein: Die jährlichen Schwankungsamplituden in den Quellöchern sind klein. Im Unterlauf sind sie bei FWQ IV infolge geringerer Wasserführung und großer Kontaktfläche zwischen Wasser und Luft höher als bei FWQ II und FWQ I.

*3. Hydrochemie:* Bezüglich des Chemismus weisen die drei Fischweiherquellen fast übereinstimmenden Charakter auf. Geringe Verschiedenheiten ergaben sich nur für den Karbonat- und Sulfatgehalt: Dieser sinkt, jener steigt in ost-westlicher Richtung (also von FWQ J über FWQ II bis FWQ IV).

## B. Biologie

Systematische Verzeichnisse der in den einzelnen Quellen festgestellten **Tierarten** sind in den graphischen **Verbreitungstabellen** (Tab. 32–35) enthalten. In diesen Tabellen wurden die einzelnen Quellbachstrecken in ihrem natürlichen **Längenverhältnis** eingetragen. Die Zeichen bedeuten:

1. ***ein dicker Querstrich:*** die den bisherigen Funden entsprechende Verbreitung der betreffenden Art (unabhängig von der Quantität).
2. ***rechteckige Punkte:*** Einzelfunde von im Wasser lebenden **Entwicklungs**stadien.
3. ***runde Punkte:*** Einzelfunde von luftlebenden Imagines.
4. ***ein dünner Querstrich:*** **Quellbachabschnitte,** aus welchen zwar bisher keine Funde vorliegen, in welchen die betreffende Art aber sehr wahrscheinlich vorhanden ist.
5. ***ein Pfeil mit Fragezeichen:*** **genaue Verbreitung** unbekannt!

Die Tabellen enthalten allein, am und über dem **Wasser** gesammelten Arten. **Für** die **Beurteilung** der Verbreitung und ihrer Beziehungen zu den **Milieubedingungen** kommen aber folgende Arten nicht in Betracht:

1. ***Arten, von welchen keine im Wasser lebenden Entwicklungsstadien,*** sondern nur an der **Luft** lebende Imagines gefunden wurden (runde Punkte!).

Solche Arten wurden in die Tabellen zwar auch nur dann eingetragen, wenn die Imagines dicht über dem Wasser fliegend oder am Ufer ruhend erbeutet **wurden;** dies bietet aber trotzdem keine Gewähr dafür, daß die Entwicklung an den gleichen Stellen vorsichgkht. Mit einer Vermischung der **Imaginalfauna** der verschiedenen Quellbachstrecken und Quellen durch aktive **Wanderung** oder passive Verbreitung durch den Wind **muß gerechnet** werden. **Besonders im** Gebiet der Fischweiherquellen konnte an sonnigen Tagen **häufig** beobachtet werden, wie im Unterlauf **geschlüpfte** Trichopteren sich hoch in die Luft schwingend und von einem **Baumgipfel** zum andern fliegend, den Hang des God sur Il Fuorn hinaufzogen. Wie weit gewisse Arten durch den Wind verbreitet werden können, geht daraus hervor, daß Plecogteren und Trichopteren mehrfach auf den Gletschern des Piz **Quatervals** (3168 m ü. M.) und des Piz **Sesvenna** 3200 m ü. M) angetroffen wurden. Die an sich interessante Frage, **ob** die Imagines an Biotopen, die zur Entwicklung: der Eier und Larven ungünstig sind, überhaupt **zur** Eiablage schreiten oder ob diese unterbleibt, ist in diesem Zusammenhang belanglos.

2. ***Arten, von welchen zwar im Wasser lebende Entwicklungsstadien gefunden wurden, jedoch in so geringer Individuenzahl (häufig nur Einzelfunde!), daß sich daraus nicht mit Sicherheit ein Bild ihrer Verbreitung ableiten läßt.*** Trotzdem die Quellen während vier Jahren zu **allen** Jahreszeiten immer und immer wieder sorgfältig durchsucht wurden, muß selbstverständlich mit der Möglichkeit gerechnet werden, daß seltene Arten vollständig oder doch in einzelnen Abschnitten der Quellen und **Quellbäche übersehen wurden.**

# DIE GOD DAL PUORNQUELLE I (GFQ I).

## I. Die vorkommenden Arten.

Ein systematisches Verzeichnis der in GFQ I festgestellten Arten ist in der graphischen Verbreitungstabelle 32 enthalten. Dieses Verzeichnis umfaßt 115 Tierarten. Sie verteilen sich auf die verschiedenen systematischen Gruppen wie folgt:

| | Zahl der Arten: |
|---|---|
| *Turbellaria:* | 1 |
| *Oligochaeta:* | 9 |
| *Crustacea:* | 5 |
| *Insecta:* | |
| *Ephemeroptera:* | 2 |
| *Odonata:* | 4 |
| *Plecoptera:* | 9 |
| *Rhynchota:* | 1 |
| *Trichoptera:* | 5 |
| *Coleoptera:* | 19 |
| *Diptera:* | 48 |
| *Hydracarina:* | 3 |
| *Mollusca:* | 7 |
| *Amphibia:* | 2 |
| Total | 115 |

## II. Die Verbreitung der vorkommenden Arten im Quellweiher und Quellbach.

(Vergl. graphische Verbreitungstabelle 32).

Von den 115 in GFQ I festgestellten Tierarten kommen für die Beurteilung der Beziehungen zwischen Verbreitung und Milieubedingungen nur 85 in Betracht. Nicht in Betracht kommen 22 Arten, die nur durch Einzelfunde vertreten sind, sowie 8 Arten, von welchen nur luftlebende Imagines gefunden wurden (vergl. S. 379).

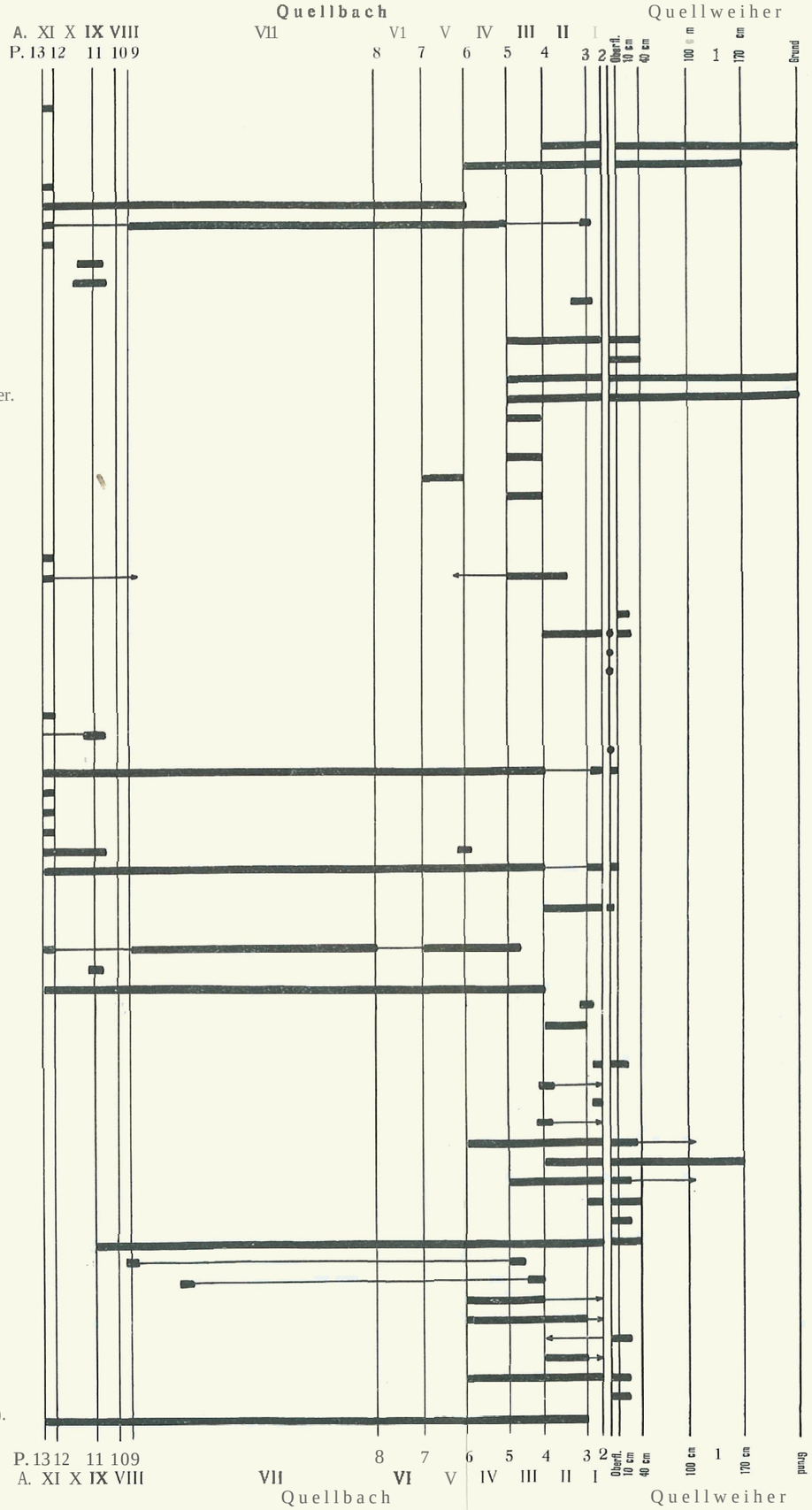
Die Zahl der Arten, die im gesamten Quellgebiet, also sowohl im Quellweiher als auch im Quellbach verbreitet sind (in der Verbreitungstabelle durch einen durchgehenden horizontalen Strich zu erkennen!), ist klein. Es handelt sich lediglich um 3 Arten (= 3,5 %):

1. *Leuctra Braueri,*
2. *Nemurella Picteti,*
3. *Ephelia* spec.

Diese Tatsache entspricht den festgestellten physiographischen Verhältnissen. Es ist klar, daß nur eurytope Tierformen in Biotopen mit derart verschiedenen Milieubedingungen lebens- und entwicklungsfähig sind. Die Sonderstellung der drei oben erwähnten Arten soll an anderer Stelle besprochen werden (vergl. S. 390).

Die Großzahl der vorkommenden Arten ist auf relativ engbegrenzte Abschnitte des Quellweihers und Quellbaches lokalisiert. Die folgende Zusammenstellung enthält für jeden Abschnitt des Quellgebietes das Total der festgestellten Arten (Kolonne 1) mit der Angabe, wie viele davon auf den betreffenden Abschnitt beschränkt sind (Kolonne 2), wie viele dagegen auch in anderen Abschnitten vorkommen (Kolonne 3):

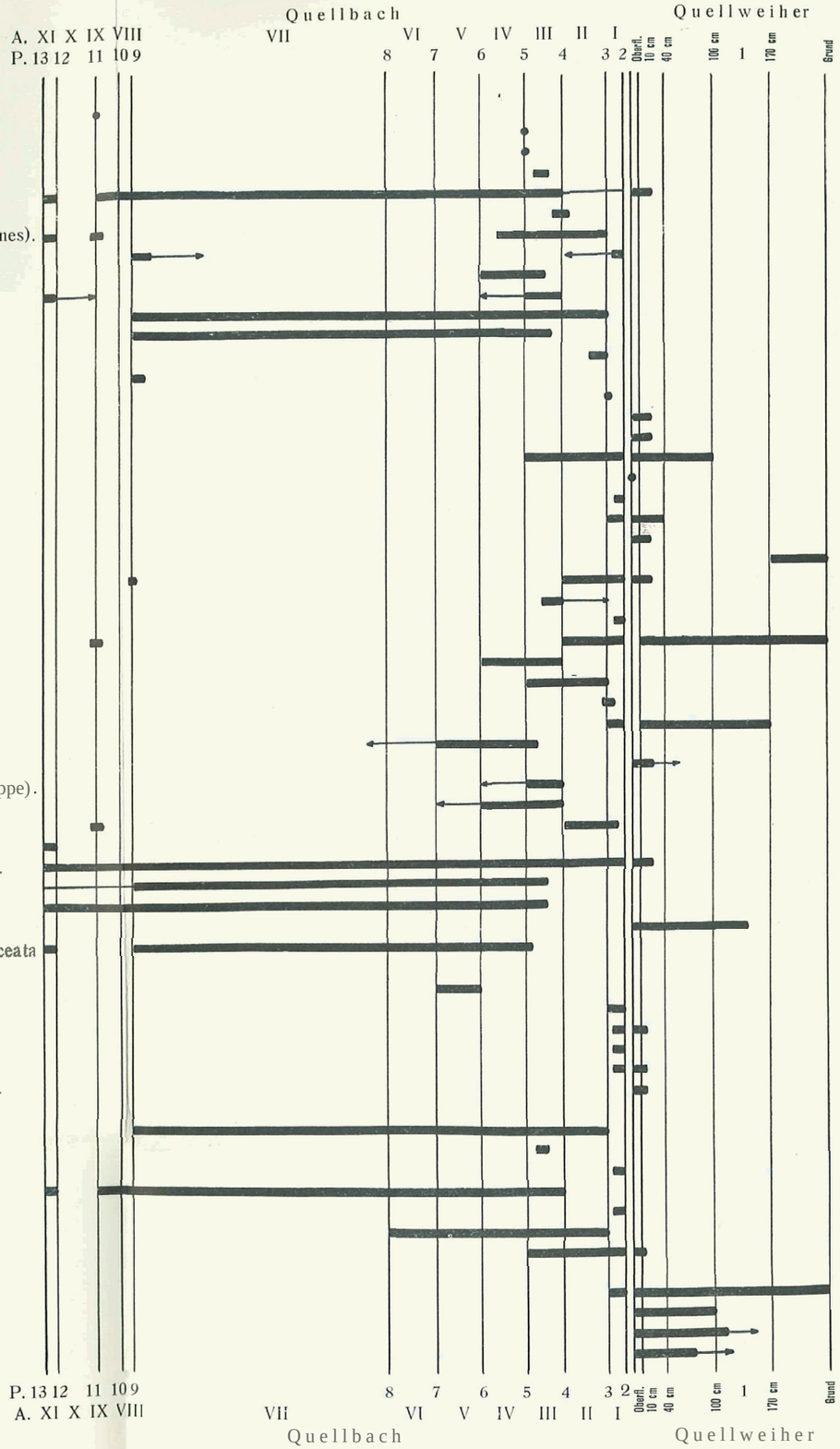
Tab. 32: God dal Fuornquelle I: Graphische Verbreitungstabelle.




LARIA:
alpina Dana.
HAETA:
ubifex (Müller).
lus variegatus (Müller).
eus Buchholzi Vejdovsky.

tetraedra (Sav.).
ena rubida (Sav.).
in lacteum (Oerley).
s rubellus Hoffni.
s spec.
CEA:
ierrulatus Fischer.
vernalis Fischer.
phthalmica (Jurine).
ris ovum (Jurine) G. W. Müller.
us fontinalis J. P. Wolf.
ARINA:
Michaeli Koen.
glandulosus Koen.
mutilus Koen.
:
*ptera:*
us venosus (Fabr.).
ec. (gemellus Eat.?).

spec.
ilora alpestris (Sel.).
ilora arctica (Zett.).
im meridionale (Sel.).
*n:*
ius fontiuni Ris.
rla rivuloruni Pict.
torrentium Pict.
Braueri Keinpny.
iura nitida Pict.
nura spec.?
Mortoni Ris.
sinuata Ris.
a Picteti Klap.
*a:*
pstai H. S.
*ra:*
nila vulgaris Pict.
emia spec. (conspersa?).
einia conspersa Curt.
juv.
iscolor Ramb.
*a:*
ruficollis Dej.
rus iiielanocephalus Gyll.
rus nigrita F.
rus nivalis Heer.
rus memnonius Nic.
ipustulatus L.
uttatus Payk.
Solieri Aubé.
Sturmi Gyll.
pec. spec. (Larven).
iionticola Kiesev.
longelytrata Goeze.
us glacialis Villa.
us nivalis Gir.
globulus Payk.
s minutus L.
s truncatellus Thnb.
s fuscipes L.
spec. (aff. minutus L.) (Larven).




*Diptera:*
Bibio spec. (Imagines).
Limnobia spec. (Imagines).
**Mesocyphona** spec. (Imagines).
Ephelia spec. I. (Larven).
Ephelia spec. II. (Larven).
Limnophila spec. I. (Larven).
**Pedicia rivosa Latr.** (Larven und Imagines).
Dicranota spec. I. (Larven).
Dicranota spec. II. (Larven).
**Tipula spec.** I. (Larven).
Tipula spec. III. (Larven).
Tipula spec. IV. (Larven).
**Tipula** spec. V. (Larven).
**Tipula** sepc. VI. (Larven).
**Ptychoptera albimana** Tal. (Imagines).
**Probezzia** bicolor Mg.
Bezzia annulipes Mg.
Bezzia-Gruppe (Larven).
**Culicoides albicans** Winn.
**Dasyhelea** spec.
Ablabesmyia spec.
Ablabesmyia spec. (tetrasticta-Gruppe).
Procladius spec.
Macropelopia spec.
Macropelopia spec. (adaucta-Gruppe).
**Macropelopia punctata** F.
Chironomus dorsalis Mg.
Eutanytarsus (inermipes Gr. spec. a.).
Eutanytarsus (inermipes Gr. spec. b.).
Eutanytarsus spec.
Paratanytarsus spec.
Trichocladius sylvaticus Goetgh.
Acricotopus lucidulus Staeg.
Dyscamptocladius spec. (acuticornis-Gruppe).
Eukiefferiella bavarica Goetgh.
Prodiamesa olivacea (Mg.).
Corynoneura celeripes Winn.
Orthocladiinae (unbestimmbare Larven).
Simulium latipes Meigen.
Simulium spec. spec.
Aedes pullatus Coq.
Hermione spec. (Larven, Typus wie calceata nach Lenz, 1923).
Hermione cf. Meigeni-Typus, (Larven).
Hermione cf. formosa-Typus, (Larven).
Hoplodonta spec. (Larven).
Hoplodonta viridula (F.) (Imagines).
Stratiomyia spec. (Larven).
Stratiornyia chamaeleon (L.) (Imagines).
MOLLUSCA:
Cochlicopa lubrica (Müller).
Retinella radiatula (Alder).
Retinella nitens (Mich.).
Deroceras reticulatum (Müller).
Helicella candidula (Studer).
Trichia sericea (Drap.).
Galba truncatula (Müller).
AMPHIBIA:
Rana temporaria L. (Ausgewachsene).
Rana temporaria L. (Larven).
Molge alpestris Laur. (Ausgewachsene).
Molge alpestris Laur. (Larven).

| Abschnitt | 1 | 2 | 3 |
|---|---|---|---|
| | Tota der Aiteii | auf deii betreffendeii Abschnitt beschränkt | auch in anderen Abschnitten |
| „Quellweiher" | 39 | 13 | 26 |
| „Ausfluß" | 33 | 5 | 28 |
| „Oberlauf" | 32 | 2 | 30 |
| „Moosfläche" | 41 | 2 | 39 |
| „Wiesengraben" | 25 | 1 | 24 |
| „Unterlauf" | 16 | 0 | 16 |
| „Mündungsstrecke" | 26 | 8 | 18 |

### *A. Der Quellweiher und Ausfluß:*

Obige Zusammenstellung zeigt, daß iiii Quellweiher 39 Arten festgestellt wurden; 13 davon siiid in ihrer Verbreitung auf deii Weiher beschränkt; 26 Arten leben auch iiii «Ausfluß» (davon 19 auch iii tiefer gelegenen Abschnitten des Quellbaches). Von den 33 Artcii des «Ausflusses» siiid fünf auf diesen Abschnitt lokalisiert und nur zwei Arten leben iiii «Ausfluß» und angrenzenden tieferen Abschnitten des Quellbaches, ohne iiii Quellweiher vertreten zu sein.

Diese Zahlen zeigen, daß die Fauna des Quellweihers und «Ausflusses» einheitliches Gepräge bcsitzt: Eine Trennung der beiden Gebiete erscheint nicht nur in physiographischer, sondern auch iii biocoenotischer Hinsicht unnatürlich. Sie bilden zusammen ein wohlumschriebenes, in sich geschlossenes Biotop, das durch zahlreiche gemeinsame physiographische Charakterzüge, iii erster Linie durch das fast vollständige Fehlen der Strömung i. e. S. (vergl. S. 297) gekennzeichnet ist.

Der lenitische Charakter des Quellweihers und «Ausflusses» spiegelt sich iii der Zusammensetzung der Fauna wider: Von den 48 Arten, welche in diesem Gebiet leben, siiid nicht weniger als 41 Stillwasser-Vertreter:

*Oligochaeta:*
*Tubifex tubifex* (Müller)
*Lumbriculus variegatus* (Miiller)

***Crustacea:***
***Cyclops** serrulatus* Fischer
*Cyclops vernalis* Fischer
*Cypria ophthalmica* (Juriiie)
***Cyclocypris** ovum* (Juriiie) ***G.*** W. Miiller

***Insecta:***

***Odonata:***
***Aeschna*** spec.
***Somatochlora alpestris*** (Sel.)

***Hemiptera:***
***Gerris Costai*** H. S.

***Coleoptera:***
***Haliplus ruficollis*** Dej.
***Hydroporus nigrita*** F.
***Hydroporus memnonius*** Nic.
***Agabus bipustulatus*** L.
***Agabus guttatus*** Payk.
***Agabus Solieri*** Aubé

| | |
|---|---|
| | *Agabus Sturmi* Gyll. |
| | Anacaena *globulus* Payk. |
| | *Limnebius truncatellus* Thnb. |
| | *Hydrobius fuscipes* L. |
| *Diptera:* | *Probezzia* bicolor Mg. |
| | *Bezzia* annulipes Mg. |
| | *Bezzia* spee. spec., Larven |
| | *Dasyhelea* spec. |
| | *Ablabesmyia* spec. |
| | Ablabesmyia spec. *(tetrasticta*-Gruppe) |
| | *Procladius* spec. |
| | *Macropelopia* spec. |
| | *Macropelopia punctata* P. |
| | *Chironomus dorsalis* Mg. |
| | *Eutanytarsus* spec. |
| | *Paratanytarsus* spec. |
| | *Acricotopus lucidulus* Staeg. |
| | *Prodiamesa olivacea* (Mg.) |
| | Aedes *pullatus* Coq. |
| | *Hermione cf.* formosa |
| | *Hoplodonta* spec. |
| | *Hoplodonta viridula* (F.) |
| | *Stratiomyia* spec. |
| | *Stratiomyia chamaeleon* (L.) |
| *Amphibia:* | *Rana temporaria* L. |
| | *Molge alpestris* Laur. |

Wenn auch Quellweiher und «Ausfluß» — wie dargestellt wurde — zusammen ein in sich geschlossenes Biotop bilden, so umfassen sie doch, wie aus dem physiographischen Teil dieser Arbeit hervorgeht, eine Reihe von Lebensstätten oder Biotopen zweiter Ordnung, welche zwar nicht selbständig, aber durch besondere Milieubedingungen und Lebensvereine gekennzeichnet sind. Die Milieubedingungen im Quellweiher und «Ausfluß» wechseln selbst auf engem Raum derart einschneidend, daß man geneigt ist, jedes Ufer, jeden *Chara*-Busch und jeden *Carex*-Horst als eigenen Lebensbezirk zu betrachten. Da aber die Milieubedingungen, welche diese einzelnen Standorte kennzeichnen, sich in komplizierter Weise gegenseitig beeinflussen, und da die Abgrenzung derart enger Lebensstätten unnatürlich ist, sollen im folgenden nur zwei Biotope mit zwei Biocönosen zweiter Ordnung unterschieden werden:

1. Die Lebensgemeinschaft des Schlammgrundes;
2. Die Lebensgemeinschaft des untergetauchten Bewuchses.

### 1. *Die* Lebensgemeinschaft das *Schlammgrundes:*

Dieses Biotop wird durch die oberste Schicht der im Weiherzentrurn über 2 m mächtigen Faulschlammablagerungen dargestellt. Es ist nicht auf das Weiherzentrum beschränkt, sondern erstreckt sich — der Ausdehnung der Schlammablagerungen entsprechend — bis gegen die Ufer des Weihers hin und auch in den «Ausfluß». In ihrer reinsten Form bietet sich diese Lebensgemeinschaft dem Untersucher aber im pflanzenfreien Zentrum und zwar deshalb, weil hier die Lebensgemeinschaft des Schlammgrundes von jener des untergetauchten Bewuchses scharf geschieden und auch eine Vermischung beim Schöpfen der Schlammproben ausgeschlossen ist.

Dieses Biotop ist dem Profundal größerer stehender Wasseransammlungen vergleichbar.

Die Milieubedingungen dieses Biotopes lassen sich stichwortartig wie folgt charakterisieren:

*A.* ***Tiefenschlamm:*** Faulschlamm, Gyttja. Reich an organischen Substanzen, $H_2S$ produzierend. Gegen das freie Wasser hin Oxydationsschicht. Der Schlamm selbst ist frei von $O_2$.

*B.* Wasser, über der Schlammoberfläche:

Temperatur: annähernd konstant (6,5—6,7°) (vergl. S. 300);

Sauerstoff: jahraus jahrein Spuren vorhanden (abgesehen vom Quelloch). Maximum: 0,24 ccm/l (vergl. S. 313);

Gesamthärte: hoch und konstant (93 bis 94 d. H°) bedingt durch hohen Sulfatgehalt (vergl. S. 328);

***Karbonathärte:*** konstant (7,28 d, H°) (vergl. S. 328);

Pflanzenbewachs: Im Schlamm: ***Microspira*** desulfuricans; an der Schlammoberfläche: ***Beggiatoa*** spec., ***Schizophyceen***; am Quelloch: Ulothrix ***subtilissima*** (vergl. S. 287); in Ufernähe: ***Chromatium Oekenii*** (vergl. S. 287).

Dieses Biotop hat also ausgesprochen eustatischen Charakter.

Die Biocönose dieses Lebensbezirkes umfaßt folgende 6 Arten:[1]

1. Tubifex tabifex,
2. ***Cypria ophthalmica,***
3. ***Cyclocypris ovum,***
4. ***Procladius*** spec.
5. ***Chironomus*** dorsalis,
6. Rana temporaria.

Die Liste ist klein: zudem ist es nicht sicher — wenn auch wahrscheinlich — ob die beiden Ostracoden-Arten auch lebend dieses Biotop bevölkern, oder ob nur ihre Schalen im Schlamm vorhanden sind. Bei Rana temporaria handelt es sich selbstverständlich um ausgewachsene Tiere; wenn sie am Ufer erschreckt werden, flüchten sie sich vereinzelt bis auf den Grund des Quellweihers. Mehrmals wurden dicht neben dem Quelloch tote, stark aufgeblähte Frösche vorgefunden. Diese Beobachtung scheint darauf hinzudeuten, daß ihnen die Milieubedingungen am Grund des Weihers nicht zuträglich sind, wobei allerdings die Frage nach der eigentlichen Todesursache nicht abgeklärt wurde.

Leitformen dieser Biocönose sind Tubifex ***tubifex*** und ***Chironomus dorsalis*** und wie es scheint auch ***Procladius*** spec. Überraschend wirkt die Tatsache, daß auch diese Arten nur in geringer Individuenzahl vertreten sind. Sie liefern aber biologisch den bereits chemisch erbrachten Beweis, daß der Quellweiher GFQ I ausgesprochen eutrophen, «baltischen» Charakter besitzt.

2. Die ***Lebensgemeinschaft*** des untergetauchten Bewuchses:

Dieses Biotop umfaßt:

a) im ***Quellweiher:*** den zusammenhängenden Chara-Gürtel, sowie die vom Ufer gegen diesen vordringenden ***Calliergon***-Polster;

b) ***im*** «*Ausfluß*»***:*** das «*Calliergon-Triglochin*-Polster», die ***Chara***-Rasen in der Stillwasserbucht 2a und den schmalen dem Sidufer folgenden ***Calliergon-Equisetum***-Streifen.

---

[1] Es sei an dieser Stelle nochmals darauf hingewiesen, daß die Protozoen, Rotatorien, Nematoden nicht berücksichtigt wurden.

In vertikaler Richtung erstreckt sich dieses Biotop von der Wasseroberfläche bis in die Tiefenzone, in welcher die *Chara*-Bestände wurzeln, d. h.

a) im *Quellweiher:* bis zu einer Tiefe von 1,5 bis maximal 1,8 m,
b) im «*Ausfluß*»*:* bis zu einer Tiefe von 25-40 cm.

Dieses Biotop weist Beziehungen zum Litoral größerer, stehender Wasseransammlungen auf, wobei die tiefergelegenen, bereits abgestorbenen Teile der Chara-Bestande mit der Übergangszone des Sublitoral's vergleichbar sind.

Die Milieubedingungen dieses Lebensbezirkes lassen sich kurz wie folgt charakterisieren:

Temperatur: tägliche und jährliche Amplituden je nach der Lage verschieden, stellenweise groß. Absolute Maxima bis 26,4°. Im Winter z. T. Eisbildung. Vertikales Temperaturgefälle groß (vergl. S. 300).

Sauerstoff: starke Schwankungen. Im Sommer unter dem Einfluß der Assimilation in den *Chara*-Beständen zeitweise starke Übersättigung. Im Winter selten und nur lokal völliger Sauerstoffschwund (vergl. S. 312).

*Gesamthärte:* sehr hoch (52—94 d. H[a]). Annähernd gesättigtes Gipswasser. Im Sommer durch Assimilation Abnahme der Härte im Oberflächenwasser (vergl. S. 326).

*Karbonathärte:* gering (5,3—7,2 d. H°). Schwankungen ebenfalls unter dem Einfluß der Assimilation.

*Strömung:* fehlt im Weiher; im «Ausfluß» in der Hauptwasserader kaum wahrnehmbar (vergl. S. 297).

*Pflanzenbewuchs:* Kryptogamenflora reich (vergl. S. 283).

Im Gegensatz zum «Schlammgrund» weist dieser Lebensbezirk ausgesprochen astatischen Charakter auf: Die Milieubedingungen sind in zeitlicher und räumlicher (horizontal und vertikal!) Beziehung starken Schwankungen unterworfen, Diese Feststellung ist ökologisch bedeutungsvoll.

Die Lebensgemeinschaft dieses Biotopes umfaßt die folgenden 47 Tierarten:

| | |
|---|---|
| *Oligochaeta:* | Tubifex tubifex (Müller) |
| | *Lumbriculus variegatus* (Müller) |
| | *Eiseniella tetraedra* (Sav.) |
| Crustacea: | *Cyclops serrulatus* (Fischer) |
| | *Cyclops vernalis* (Fischer) |
| | *Cypria ophthalmica* (Jurine) |
| | *Cyclocypris ovum* (Jurine) G. W. Müller |
| *Insecta:* | |
| Odonata: | *Aeschna* spec. |
| | *Somatochlora alpestris (Sel.).* |
| Plecoptera: | *Leuctra Braueri* Kempny |
| | *Nemurella Picteti* Klap. |
| *Hemiptera:* | *Gerris Costai* H. S. |
| Coleoptera: | *Haliplus ruficollis* Dej. |
| | *Hydroporus nigrita* F. |
| | *Hydroporus* memnonius Nic. |
| | *Agabus bipustulatus* L. |
| | *Agabus guttatus* Payk. |
| | *Agabus Solieri* Aubé |

| | |
|---|---|
| | Agabus Sturmi Gyll. |
| | Agabus spec. spec., Larven |
| | Anacaena globulus Payk. |
| | ***Limnebius*** fruncatellus Thnb. |
| | ***Hydrobius*** fuscipes L. |
| *Diptera:* | Ephelia spec. II |
| | ***Probezzia bicolor*** Mg. |
| | Bezzia ***annulipes*** Mg. |
| | Bezzia spec. spec., Larven |
| | ***Dasyhelea*** spec. |
| | Ablabesmyia spec. |
| | Ablabesmyia spec. (tetrasticfa-Gruppe) |
| | Macropelopia spec. |
| | Macropelopia ***punctata*** F. |
| | Chironomus dorsalis Mg. |
| | ***Eutanytarsus*** spec. |
| | Paratanytarsus spec. |
| | Acricotopus ***lucidulus*** Staeg. |
| | Prodiamesa olivacea (Mg). |
| | ***Orthocladiinae,*** Larven |
| | ***Aedes*** pullatus Coq. |
| | Hermione ***cf.*** formosa |
| | Hoplodonta spec. |
| | Hoplodonta viridula (F.) |
| | Stratiomyia spec. |
| | Stratiomyia ***chamaeleon*** (L.) |
| *Mollusca:* | Galba truncatula (Müller) |
| *Amphibia:* | ***Rana*** temporaria L. |
| | ***Molge alpestris*** Laur. |

Von diesen Arten sind — wie aus der graphischen Verbreitungstabelle hervorgeht — die meisten an das Oberflächenwasser gebunden; nur wenige leben auch im halb oder ganz verfaulten Chara-Bewuchs tieferer Wasserschichten. Ihre optimale Entwicklung erreichen aber fast alle Arten im Oberflächenwasser: Gegen die Tiefe hin tritt nicht nur in qualitativer, sondern auch in quantitativer Beziehung rasch eine Verarmung der Fauna ein.

Bis zur Tiefe von **150—180** cm wurden im Netzwerk der halbverfaulten Chara-Stenge1 und den blaugrünen Phormidium-Lagern vereinzelt noch folgende Arten angetroffen:

1. Lumbriculus variegatus
2. Cypria ophthalmica
3. ***Cyclocypris ovum***
4. Agabus bipustulatus
5. Chironomus dorsalis
6. Paratanytarsus spec.

Nur Chironomus dorsalis gelangt nicht im Oberflächenwasser, sondern in den tieferen Regionen der Chara-Bestände zu optimaler Entwicklung.

Eine Reihe von Arten ist in ihrem Auftreten auf bestimmte Stellen des Weihers und «Ausflusses» lokalisiert:

**1. Die** Larven von ***Stratiomyia*** und Hoplodonta wurden ausschließlich im Moos des «*Calliergon-Triglochin*-Polsters» im **«Ausfluß»** gefunden, dort aber in großer

Individuenzahl. Daß sie in diesem halbverfestigten Polster günstige Nahrungs- und Aimungsbedingungen finden, liegt auf der Hand; überraschend wirkt aber der Umstand, daß sie in den ausgedehnten *Calliergon*-Rasen am Südufer des Weihers fehlen. Die Vermutung liegt nahe, daß die Dauer der Sonnenbestrahlung und damit im Zusammenhang die höhere Wassertemperatur im Bereich des «*Calliergon-Triglochin*-Polsters» von ausschlaggebender Bedeutung sind. Vielleicht sind für diese eigenartige Lokalisation auch weniger die Anforderungen der Larven, als jene der Imagines verantwortlich: Diese halten sich nämlich mit Vorliebe auf Blüten und Blättern an dem nach Süden exponierten sonnigen Nordufer auf, während sie das schattige, feuchte Südufer meiden. Im «*Calliergon-Triglochin-Polster** finden auch *Lumbriculus* variegatus und Ephe*lia* — als weitere Vertreter der fauna liminaria — besonders günstige Entwicklungsmöglichkeiten. Diese beiden Arten fehlen aber auch in anderen Weiherregionen nicht.

2. Die Larven der Odonaten bevorzugen die verschlammten Chara-Bestände an der Grenze zwischen Quellweiher und «Ausfluß». Von Aeschna konnte ein einziges Exemplar gefunden werden; die Larven von Somatochlora sind an dieser Stelle dagegen zahlreich; vereinzelt halten sie sich aber auch an anderen Stellen des Weihers, besonders am sonnigen Ostufer auf. Ihre starren Borsten wirken als Detritus-Fänger, sodaß diese Larven häufig durch Schlamm und Algen getarnt sind und sich unvermutet als awandelnde Dreckklümpchen» in Bewegung setzen. Interessant ist die Feststellung, daß sich an ihrer Körperoberfläche zuweilen Chironorniden-Larven ansiedeln, welche besonders an den Segmenträndern des Wirtes ihre Detritusröhren bauen (wahrscheinlich *Paratanytarsus!).* Die Frage, inwieweit es sich dabei um eine zufällige Erscheinung oder eventuell um einen Fall von Symbiose handelt, steht offen.

3. Eine Sonderstellung nimmt selbstverständlich auch Gerris Costai als einziger, aber charakteristischer Vertreter des Pleuston oder «Supranekton» im Sinne von FRIEDERICHS (53) ein. Diese Wanze belebt die Weiheroberfläche in großer Individuenzahl; vereinzelt wandert sie bis in kleinste Tümpelchen und Stillwasserbuchten des «Oberlaufes» hinab.

Bei Berücksichtigung des astatischen Charakters und der extremen Lebensbedingungen dieses Biotopes, wirkt die relativ große Zahl der vorkommenden Tierarten überraschend. Denn man müßte vermuten, daß nur ausgesprochen eurytope Arten mit großer Reaktionsbreite für Temperatur, Sauerstoffgehalt und Härte in diesem Biotop ihr Fortkommen finden. Diese Vermutung besteht aber nicht in vollem Umfange zu recht: Entscheidend wirkt sich nämlich die Tatsache aus, daß sich die Milieubedingungen in diesem Biotop nicht nur in zeitlicher, sondern auch in räumlicher Hinsicht rasch ändern: Tiere, welche nicht seßhaft, sondern freibeweglich sind, haben die Möglichkeit, von einer Region des Weihers in eine andere überzusiedeln, sobald sich die Milieubedingungen in der ersten verschlechtern und der unteren Grenze der Reaktionsbreite nähern.

Daß diese Überlegung nicht nur theoretischer Natur ist, sondern daß ähnliche Wanderungen innerhalb des Biotopes tatsächlich vorkommen, beweist folgendes Beispiel: Im Juni 1937 in den Morgenstunden, als die Südwesthälfte des Weihers noch im Schatten lag, während die *Chara*-Bestände an Nord- und Ostufer schon mehrere Stunden von der Sonne beschienen waren, konnte beobachtet werden, wie zahlreiche mittelgroße Kaulquappen (von Rana *temporaria)* quer durch den pflanzenfreien mittleren Teil des Weihers dem wärmeren und sauerstoffreicheren Nordostufcr zuschwammen. In 30 Minuten wurden 22 Kaul-

quappen gezählt, die sich alle (ausnahmslos!) in der gleichen Richtung bewegten. Diese Beobachtung konnte in späteren Jahren wiederholt werden. Auch die Larven von ***Molge alpestris,*** die in den oberen Wasserschichten zeitweise an allen Ufern des Weihers angetroffen werden, sammeln sich nach längerer Sonnenbestrahlung mit Vorliebe im wärmeren und sauerstoffreichen Wasser am Ostufer an. Inwieweit ähnliche Wanderungen auch für Insektenlarven in Frage kommen, steht nicht fest. Auffallend ist aber der große Prozentsatz freibeweglicher Formen: Das Vorkommen einer Reihe kaltstenothermer Käfer (wie ***Hydroporus memnonius,*** Agabus ***guttatus, Anacaena globulus, Limnebius truncatellus)*** in diesem durch große Temperaturschwankungen und Maxima bis zu 26° gekennzeichneten Biotop läßt sich nur mit ihrer Fähigkeit, rasch in Zonen kälteren Wassers zu dislozieren, erklären. Auch die beiden *Cyclops*-Arten, die karnivoren Tanypodinen- und Ceratopogoniden-Larven, sowie die Larven und Puppen von ***Aedes,*** sind frei beweglich. Letztere bewohnen vorzugsweise die pflanzenfreien Regionen des Weihers. Durch mehr oder weniger seßhafte Lebensweise an den Standort gebunden und darum weitgehend den Schwankungen der Milieubedingungen ausgesetzt, sind eigentlich nur die röhrenbauenden Chironomiden. Unter diesen finden wir denn aber auch ausgesprochen eurytherme Formen (***Paratanytarsus*** wurde z. B. von THIENEMANN [164] in Tümpeln mit Temperaturen bis zu 30° festgestellt!).

## B. Der *Quellbach i. e. S. (excl. «Ausfluß»):*

### *1.* Der ***«Oberlauf»*** *(A. II,* zwischen P. 3 und P. 4):

Dieser oberste Abschnitt des Quellbaches i. e. S. unterscheidet sich vom Quellweiher und «Ausfluß» in erster Linie durch erhöhtes Gefälle und damit durch das Einsetzen stärkerer Strömung. Zwischen den Moospolstern der Uferregion sind zwar noch verschlammte Stillwasserbuchten und Tümpelchen vorhanden; die Hauptwasserader trägt aber bereits ausgesprochen den Charakter eines lotischen Lebensbezirkes (vergl. S. 292).

Diesen Milieubedingungen entsprechend, weist dieser Quellbachabschnitt eine Mischfauna auf: Neben lenitischen Arten, welche aus dem Gebiet des Quellweihers und «Ausflusses» bis in die obersten Abschnitte des Quellbaches vordringen, treten torrenticole Formen (***Baetis*** spec. verschiedene Orthocladiinen-Larven), sowie einige Moosformen auf, als Vertreter der für den nächsten Abschnitt charakteristischen Tiergesellschaft (z. B. ***Pedicia rivosa).***

Die Zahl der Arten, die auf diesen Abschnitt beschränkt sind, ist klein: Das lokaiisierte Auftreten von ***Drusus discolor,*** dürfte damit zusammenhängen, daß diese Art zwar bewegtes, aber nicht zu stark reißendes Wasser beansprucht (72, 80, 169); die Vermutung liegt nahe, daß sie in den tiefer gelegenen Quellbachabschnitten trotz ihrer Fixationsorgane durch die stärkere Strömung mit fortgerissen würde. Das Vorkommen dieser immerhin torrenticolen Art im %Oberlauf~liefert den Beweis, daß es nicht angängig ist, den Begriff «rheophil» oder «torrenticol» (68) durch «oxyphil» zu ersetzen (33, 43). BREHM, RUTTNER, KRAWANY u. a. weisen mit Recht darauf hin, daß adie günstigere Wirkung dieser [Strömungs-]Biotope auf die Entwicklung des Lebens doch in spezifischen Eigenschaften der Strömung selbst zu suchen ist» (24). ***Prodiamesa olivacea*** wurde zwar auch im «Ausfluß» gefunden; zu optimaler Entwicklung gelangt sie aber im «Oberlauf» und zwar in den Schlammablagerungen in Ufernähe. Sie fehlt bereits im folgenden Quellbachabschnitt. Es liegt nahe, diese Lokalisation mit einem bestimmten, eng be-

grenzten Sauerstoffbedürfnis der Art in Beziehung zu bringen (Oe-Schwankungen im «Oberlauf»: ca. 0,7 ccm/l bis 1,5 ccm/l).

2. Die «*Quellausweitung*» oder «*Moosfläche*» (A. *III,* zwischen P. *4* und P. 5):

Dieser Quellbachabschnitt unterscheidet sich von den vorhergehenden vor allem dadurch, daß sich hier der Quellbach in eine große Zahl von Rinnen und Adern auflöst und ein zirka 15 m² großes, bemoostes «Quellrinnsal» bildet (vergl. S. 292). Inniges Ineinandergreifen von Wasser und Land sind das Hauptmerkmal dieses Abschnittes. Die Temperaturamplituden sind größer (P. 4: 3,6°; P. 5: 5,8°), der Sauerstoffgehalt ist höher (P. 4: 0,69 ccm/l [= 10,3 %] bis 1,34 ccm/l [= 20,1 %]; P. 5: 3,36 ccm/l [= 47,3 %] bis 4,79 ccm/l [= 71,0 %]), die Gesamthärte bleibt unverändert. Die *Cratoneuron-Arabis bellidifolia*-Assoziation ist gut entwickelt.

Die Biocönose dieses Abschnittes umfaßt 41 Tierarten:

| | |
|---|---|
| Oligochaeta: | ***Lumbriculus*** variegatus (Müller) |
| | ***Eiseniella*** tetraeclra (Sav.). |
| Crustacea: | ***Cyclops*** serrulatus Fischer |
| | ***Cypria*** ophthalmica (Jurine) |
| | ***Cyclocypris ovum*** (Jurine) G. W. Müller |
| | ***Ilyodromus fontinalis*** J. P. Wolf. |
| *Insecta:* | |
| Ephemeroptera: | Baetis spec. *(gemellus?)* |
| Plecoptera: | ***Leuctra*** Braueri Kempny |
| | ***Nemurella*** Picteti Klap. |
| Trichoptera: | ***Rhyacophila vulgaris*** Pict. |
| *Coleoptera:* | Hydroporus ***melanocephalus*** Gyll. |
| | Hydroporus nivalis Heer |
| | Hydroporus ***memnonius*** Nic. |
| | ***Agabus guttatus*** Payk. |
| | Gen. spec. Larven |
| | Lesteva monitcola Kieser |
| | Lesteva longelytrata Goeze |
| | ***Helophorus glacialis*** Villa |
| | Helophorus nivalis Gir. |
| | Limnebius ***truncatellus*** Thnb. |
| | ***Helodes*** spec. (aff. minutus) L. |
| *Diptera:* | Ephelia spec. ***II*** |
| | Pedicia rivosa Latr. |
| | Dicranota spec. II |
| | ***Tipula*** spec. I |
| | Tipula spec. III |
| | ***Tipula*** spec. IV |
| | ***Simulium*** latipes Meig. |
| | Simzalium spec. spec. |
| | ***Macropelopia*** spec. *(adaucta*-Gruppe) |
| | Ezztanytarsus (inermipes-Gruppe, spec. a) |
| | Trichocladius ***sylvaticus*** Goetgh. |
| | Dyscamptocladius spec. *(acuticornis*-Gruppe) |
| | ***Eukiefferiella*** bavarica Goetgh. |
| | Orthocladiinae, Larven |

*Bezzia,* Larven
*Hermione* spec. (Larven, Typus wie calceata nach Lenz, 1923)

*Mollusca:*
Cochlicopa *lubrica* (Müller)
Deroceras *reticulatum* (Müller)
Galba truncatula (Müller).

Von diesen 41 Arten sind nur zwei auf diesen Abschnitt lokalisiert: die Ostracoden-Art: *Ilyodromus* fontinalis und die Chironomiden-Larve: *Macropelo*pia spec. (*adaucta*-Gruppe). Die Ostracoden-Art ist krenobiont; ihr Fehlen im eutrophen Quellweiher ist deshalb erklärlich. Schwieriger zu erklären ist das lokalisierte Auftreten der Chironomiden-Art. Nach THIENEMANN (159, 164) enthält die *adaucta*-Gruppe ausschließlich limnokrenobionte Formen. Es erhebt sich die Frage, weshalb diese Art im Quellweiher und «Ausfluß», wo andere Arten, der Gruppe festgestellt wurden, fehlt, während sie im Bereich der «Moosfläche», einem nicht limno-, sondern viel eher helo- oder rheokrenenartigen Biotop, auftritt. Zu berücksichtigen ist die Tatsache, daß die Art im Quellbach nicht in der Hauptwasserader, sondern in kleinen, von Eisenockerablagerungen erfüllten, Lachen in Ufernähe gefangen wurde, also an Stellen, die annähernd lenitischen Charakter haben und in gewissem Sinne als Limnokrenen kleinsten Maßstabes bezeichnet werden könnten.

Zahlreiche andere Arten sind zwar in ihrer Verbreitung in FWQ I nicht auf die «Moosfläche» beschränkt, finden in diesem Abschnitt aber optimale Entwicklungsmöglichkeiten:

*Insecta:*

*Plecoptera:*
Lezactra Braueri Kempny
*Nemurella* Picteti Klap.

*Trichoptera:*
*Rhyacophila* vulgaris Pict.
Plectrocnemia *conspersa* Curt.

*Coleoptera:*
Lesteva *monticola* Kieser.
Lesteva *longelytrata* Goeze.

*Diptera:*
Ephelia spec. II
Pedicia rivosa Latr.
*Dicranota* spec. II
Tipula spec. I
Tipula spec. III
Tipula spec. IV
*Eutanytarsus* (inermipes-Gruppe spec. a)
Trichocladius *sylvaticus* Goetgh.
*Dyscamptocladius* spec. (acuticornis-Gruppe)
*Eukiefferiella bavarica* Goetgh.
*Hermione* spec. (Larven, Typus wie calceata nach Lenz, 1923)

*Mollusca:*
Galba trzrncatula (Müller).

Die meisten dieser Arten sind — wie aus Tab. 32 hervorgeht — im Quellbach über relativ weite Strecken verbreitet. Drei Arten (*Leuctra Braueri,* Nernurella *Picteti,* Ephelia spec. II) finden nicht nur im gesamten Quellbach, sondern gleichzeitig auch im Quellweiher ausreichende Lebensbedingungen.

Bereits an anderer Stelle (vergl. S. 380) wurde darauf hingewiesen, daß nur

eurytope Tierformen in Biotopen mit derart wechselnden Milieubedingungen lebensfähig sein .können. Nicht weniger als 10 der fraglichen Arten gehören allerdings der Fauna Iiminaria an: Sie leben an der Grenze zwischen Wasser und Land, in Moos, Schlamm und angeschwemmten faulenden Substanzen; sie sind auf die Atmung atmosphärischer Luft angewiesen und nur durch ein mehr oder weniger ausgeprägtes Feuchtigkeitsbedürfnis an das Wasser gebunden. Es ist klar, daß diese Arten im Bereich der «Moosfläche» dank dem intensiven Ineinandergreifen von Wasser und Land optimale Entwicklungsbedingungen vorfinden, daß sie aber auch in andern Quellbachabschnitten lebensfähig sind, indem die chemisch-physikalischen Eigenschaften des Wassers keinen entscheidenden Einfluß auf ihre Verbreitung ausüben. Acht Arten sind dagegen ausgesprochen aquatisch und deshalb für die Beurteilung der Beziehungen zwischen Milieubedingungen und Verbreitung von größerem Interesse:

Leuctra Braueri
Nemurella Picteti
*Rhyacophila vulgaris*
Plectrocnemia conspersa
*Eutanytarsus (inermipes*-Gruppe spec. a)
Trichocladius *sylvaticus*
*Dyscamptocladius* spec. (acuticornis-Gruppe)
*Eukiefferiella bavarica.*

Bei Berücksichtigung der chemisch-physikalischen Bedingungen wirkt vor allem die Tatsache überraschend, daß zwei Plecopteren-Arten: Nemurella *Pic*teti und *Leuctra Braueri* nicht nur in sämtlichen Abschnitten des Quellbaches, sondern auch im Quellweiher selbst nachgewiesen werden konnten. Die Plecopteren gelten im allgemeinen als besonders empfindlich gegen Schwankungen im Sauerstoffgehalt des Wassers (133). KUEHTREIBER (83) weist allerdings darauf hin, daß Nemurella *Picteti* auch an Orten vorkommt, die wegen Temperatur- und Wasserstandschwankungen, sowie Sauerstoffmangel von anderen Plecopteren gemieden werden. Der eurytope Charakter dieser Art ergibt sich auch aus den Beobachtungen anderer Autoren. In GFQ I gelangen beide Arten in den verschlammten *Cratoneuron*-Polstern der «Quellausweitung» und zwar sowohl im Bereich der Hauptwasserader, als auch in ruhigen Tümpeln der Uferregion zu optimaler Entwicklung. Quantitative Fänge ergaben in Moospolstern von zirka 1 $dm^3$ Größe bis zu 85 Larven von Nemurella und bis zu 22 Larven von Leuctra. Nernurella überwiegt also zahlenmäßig stark: Sie ist die eigentliche Leitform dieses Quellbachabschnittes. Im «Wiesengraben», «Unterlauf» und der «Mündungsstrecke» treten beide Arten nur vereinzelt auf. Nach oben, gegen den Quellweiher hin, nimmt ihre Zahl ebenfalls rasch ab. Interessant ist dabei die Feststellung, daß sie in der Hauptwasserader bereits über P. 4 fehlen, daß sie sich dagegen in den Moospolstern der Uferregion bis in die Gegend des «Ausflusses» ausbreiten und daß sie, allerdings vereinzelt und selten, auch im Quellweiher selbst, stets aber nur auf *Calliergon*- und Chara-Beständen dicht unter der Wasseroberfläche gefunden werden. Entscheidend für diese Verbreitung ist der Sauerstoffgehalt des Wassers: Beide Arten sind nur dort lebensfähig, wo der Sauerstoffgehalt des Wassers entweder durch Aufnahme von atmosphärischem Sauerstoff (in der Hauptwasserader), oder durch die Assimilation der Pflanzen (in der Uferregion des Quellbaches und an der Weiheroberfläche) mindestens 3 ccm/l (= ca. 50 %) erreicht (vergl. S. 325). Die Reaktionsbreite von *Nemurella Picteti* und Leuctra *Braueri* gegenüber

Sauerstoff ist also im Vergleich zu anderen Plecopteren groß; die Feststellung, daß die beiden Arten im «Oberlauf» nur in der Uferzone leben, in der Hauptwasserrinne dagegen fehlen, zeigt aber, daß sie nicht so weit reicht, wie es bei oberflächlicher Betrachtung scheint.

Ein ähnliches Verbreitungsbild wie die erwähnten zwei Plecopteren-Larven zeigt Plectrocnemia ***conspersa.*** Auch sie erreicht im Moos der «Quellausweitung» ihre optimale Entwicklung, wenn sie auch stets in geringerer Individuenzahl auftritt als Nemurella und auch als ***Leuctra Braueri.*** In tiefer liegenden Quellbachstrecken lebt sie vereinzelt. Im Gegensatz zu den beiden Plecopteren fehlt sie aber im «Oberlauf» des Quellbaches vollständig. Entscheidend für das Fehlen in der Hauptwasserader dürfte, wie bei den beiden Plecopteren, der zu tiefe Sauerstoffgehalt dieses Abschnittes sein; das Fehlen im Moosgürtel der Uferzone, wo der Sauerstoffgehalt in ruhigen Tümpelchen ebenso hoch steigt, wie im Bereich der «Quellausweitung» und Nemurella und ***Leuctra*** Braueri deshalb noch zur Entwicklung gelangen, dürfte mit der Ernährungsweise der Plectrocnemia-Larve in Beziehung stehen: Sie ernährt sich von organischem Material, das durch die Strömung herbeigestrudelt und in ihren Gespinsten aufgefangen wird. Im Gegensatz zu den Plecopteren wird die Verbreitung von ***Plectrocnemia conspersa*** folglich zum mindesten durch zwei Faktoren geregelt: Sauerstoffgehalt und Strömung.

Etwas weniger weit gegen den Quellweiher als die erwähnten Arten dringt ***Rhyacophila*** *vulgaris* vor. Immerhin ist diese Art bei P. 5, also dort, wo das in der «Quellausweitung» verteilte Wasser sich wieder in einem geschlossenen Bächlein sammelt, nicht selten. Ihre Reaktionsbreite für Sauerstoff ist folglich noch ansehnlich (festgestelltes Minimum: 3,36 ccm; 47,3 %). Erwähnenswert erscheint ferner die Tatsache, daß ***Rhyacophila vulgaris*** (ebenso wie Plectrocnemia) auch in der «Mündungsstrecke» ausreichende Lebensbedingungen finden, obwohl hier die Wassertemperatur bis zu 12,5° steigen kann. Nach KRAWANY (79) ist ***Rhyacophila*** vulgaris kaltstenotherm (Maximaltemperatur wenig über 10°!).

Unabgeklärt bleibt — wie in der graphischen Verbreitungstabelle mit einem talwärts gerichteten Pfeil angedeutet wurde — die Verbreitung der verschiedenen Orthocladiinen-Larven. Es erscheint wahrscheinlich, daß sie nicht nur auf die «Quellausweitung» und die benachbarten Quellbachabschnitte lokalisiert sind, sondern zum mindesten vereinzelt auch in tieferen Strecken des Quellbaches vorkommen.

Neben den erwähnten 18 Arten, welche im Bereich der «Quellausweitung» zu optimaler Entwicklung gelangen (vergl. S. 389), treffen wir in diesem Quellbachabschnitt noch eine größere Zahl von mehr oder weniger ausgesprochen lenitischen Formen, deren Hauptverbreitungsgebiet im Quellweiher und «Ausfluß» zu suchen ist. Dies gilt für die übrigen Ostracoden, die Larven von ***Bezzia*** und die meisten Käfer, zum mindesten für die Dytisciden, während es bei den Hydrophiliden fraglich erscheint, ob die lenitischen Lebensbezirke des Quellweihers und «Ausflusses», oder die lotischen des obersten Quellbachabschnittes als ihr Hauptverbreitungsgebiet zu bezeichnen sind.

Zusammenfassend kann festgestellt werden: Die Zahl der auf die «Quellausweitung» oder «Moosfläche» lokalisierten Arten ist klein; quantitative Untersuchungen zeigen aber, daß zahlreiche Arten, die vereinzelt auch in anderen Quellbachabschnitten ihr Fortkommen finden, im Bereich der «Quellausweitung» zu optimaler Entwicklung gelangen. Den Milieubedingungen entsprechend

handelt es sich dabei in der Mehrzahl um krenobionte bis krenophile Vertreter von Moos- und Sickerquellen. Als mehr oder weniger fremde Elemente dringen daneben aus dem Gebiet des Quellweihers lenitische, aus dem «Unterlauf» des Quellbaches torrenticole Formen in diesen Abschnitt vor. Die relativ kleine Gesamtzahl der vorkommenden Arten (41) ist auf die extremen chemischen Bedingungen des Wassers zurückzuführen: die hohe Sulfathärte und vor allem den auch im unteren Teil der «Quellausweitung» noch tiefen Sauerstoffgehalt des Wassers (bei P. 5: 3,36 ccm/l [ = 47,3 %] bis 4,79 ccm/l [= 71,0 %]). Alle hier lebenden Arten, die ihren Sauerstoffbedarf durch den im Wasser gelösten Sauerstoff decken, müssen folglich als Meso- bis Oligooxybionten bezeichnet werden.

Diese Feststellungen lassen es als gerechtfertigt erscheinen, die «Quellausweitung» als selbständiges Biotop zu bewerten, das durch bestimmte Milieubedingungen und eine bestimmte Tiergesellschaft charakterisiert wird. Ähnlich wie die ihr entsprechende Cratoneuron-Arabis bellidifolia-Assoziation ist auch diese Tiergesellschaft in Fragmenten im gesamten Quellbach verbreitet; wie jene, gelangt aber auch diese im Bereich der «Quellausweitung» — wo die Milieubedingungen besonders günstig erscheinen — zu optimaler Entwicklung, und ähnlich wie im Reich der Pflanzen im «Oberlauf» successive das Charaktermoos des Quellweihers, Calliergon, durch jenes der «Quellausweitung», *Cratoneuron,* abgelöst wird, gehen auch im Tierreich im «Oberlauf» die limnokrenophile Fauna des Quellweihers und die rheo- bis helokrenophile Fauna der «Quellausweitung» allmählich ineinander über.

3. Der «*Wiesengraben*» (A. IV—A. *VII,* zwischen P. *5* und P. 9) *und* der «*Unterlauf*» *(A.* VIII—A. X, zwischen P. *9,* zind P. *12):*

Beide Abschnitte sind weitgehend anthropogen beeinflußt (vergl. S. 294) und bieten deshalb nur geringes biologisches Interesse. Die Zusammenstellung auf S. 381 zeigt, daß mit Ausnahme einer Stratiomyiden-Larve keine Art auf diese Abschnitte lokalisiert ist. Auch die Gesamtzahl der vorkommenden Arten ist relativ klein. Nicht nur in botanischer, sondern auch in zoologischer Hinsicht fehlt diesen Abschnitten jedes originelle Gepräge. Sie sind hydrobiologisch nur als Einwanderungswege von der «Mündungsstrecke» nach höher gelegenen Quellbachstrecken bedeutungsvoll.

Einzig der «Viehbrunnen» (A. IX) bietet ein gewisses Interesse, weil sich in seinen Trögen, die hintereinander angeordnet sind, die verschiedensten Tierarten ansammeln, die in höher gelegenen Quellbachabschnitten durch die Strömung mitfortgerissen wurden.

4. Die «*Mündungsstrecke*» (A. XI, zwischen P. *12* und P. *13):*

Physiognomisch weist dieser unterste Quellbachabschnitt Beziehungen zur «Moosfläche» auf: Das Wasser breitet sich nach der Seite hin aus; die *Cratoneuron-Arabis* bellidifolia-Assoziation ist fragmentarisch entwickelt. Im Temperaturgang und Chemisinus des Wassers treten allerdings bedeutende Unterschiede gegenüber der «Moosfläche» auf: Die täglichen und jährlichen Temperaturamplituden sind höher (Min.: 2,0°; Max.: 12,5°), der Sauerstoffgehalt erreicht annähernd den Sättigungsgrad. Die Gesamthärte bleibt dagegen nach wie vor hoch.

Die Zusammenstellung auf S. 381 zeigt, daß von den 26 festgestellten Tierartenacht auf diesen Abschnitt lokalisiert sind:

***Planaria alpina***
Enchytraeus buchholzi
***Ecdyonurus venosus***
***Dictyogenus fontium***
***Protonemura nitida***
***Amphinemura*** spec.
Nemura Mortoni
Corynoneura celeripes.

Sechs weitere Arten kommen zwar nicht nur im untersten, sondern auch in höher gelegenen Abschnitten des Quellbaches vor; aus der Häufigkeit ihres Auftretens kann aber geschlossen werden, daß ihr Hauptverbreitungsgebiet die «Mündungsstrecke» ist, und daß sie aus diesem Abschnitt in die höher gelegenen eingewandert sind:

*Baetis* spec. ***(gemellus?)***
***Chloroperla rivulorum***
Nemura ***sinuata***[1]
Helodes spec. (aff. ***minutus)***
***Simulium latipes***
***Simulium*** spec. spec.

Die Ursache der Sonderstellung der «Mündungsstrecke» ergibt sich aus den hydrographischen Verhältnissen: Es wurde darauf hingewiesen, daß dieser unterste Quellbachabschnitt streng genommen im Bachbett der Ova dal Fuorn verläuft und daß er zur Zeit der Schneeschmelze wenigstens teilweise von den hochgehenden Fluten des Hauptbaches überschwemmt wird. Enge Beziehungen zur Fauna der Ova dal Fuorn sind deshalb zu erwarten. Tatsächlich sind die auf die «Mündungsstrecke» lokalisierten Arten in überwiegender Zahl kaltstenotherme, torrenticole Bergbachbewohner und als solche typische Vertreter der für die Ova dal Fuorn charakteristischen Biocönose. Dies gilt in besonderem Maße für *Planaria alpina,* die Plecopteren (außer *Amphinemura* und *Nemura Mortoni), Baetis* und die *Simulium* Arten.

Keine typischen Bergbachbewohner sind die folgenden Arten:
Enchytraeus ***buchholzi***
Amphinemura spec.
Nemura Mortoni
Helodes spec. ***(aff. minutus)***
***Corynoneura*** celeripes.

Das lokalisierte Auftreten von ***Enchytraeus*** bleibt unabgeklärt. Von ***Amphinemura*** liegt ein einziger Fund vor. Corynoneura ***celeripes*** scheint eine eurytope Art zu sein, welche auch in lenitischen Biotopen vorkommt, und die Frage bleibt offen, weshalb sie in GFQ I auf den untersten Teil des **Quellbaches** lokalisiert ist. Nemura Mortoni und Helodes sind krenophile Arten, welche in den **Moos-** und **Sickerquellen** des **Nationalparkgebietes** fast überall verbreitet sind. Um so überraschender wirkt die Lokalisation von Nemura Mortoni in GPQ I. Sie deutet **darauf** hin, daß diese Art gegen Sauerstoffmangel empfindlicher ist, als die Larven von Helodes, welche im Quellbach GPQ I noch bei P. 3, und zwar in der Hauptwasserader, auf Steinen des Untergrundes ausreichende Lebensbedingungen finden. Es ist bekannt, daß die Helodes-Arten in bezug auf die **Beschaffenheit** des **Untergrundes** (12) wenig wählerisch und gegen **Temperaturschwankungen** widerstandsfähig sind (11, **12,** 19). BENICK (11) vertritt die Auffassung,

[1] Ein **Einzelfund von P. *6* erscheint fragwürdig.**

daß «das Lebensnotwendige für die Larve vielmehr die lebhafte Wasserbewegung und der damit verbundene Sauerstoffreichtumw sei. Dies erkläre auch ihr Fehlen in Limnokrenen. Die Verbreitung in QFQ I stimmt mit diesen Beobachtungen teilweise überein: Funde aus dem Quellweiher und «Ausfluß» liegen keine vor; die obersten Exemplare stammen von P. 3, also gerade von der Stelle, an welcher das im «Ausfluß» gestaute Wasser infolge des steigenden Gefälles plätschernd und leichte Strudel erzeugend, über sandig kiesigen Untergrund zu Tale fließt. Es scheint also tatsächlich, daß die einsetzende W a s s e r b e w e g u n g für das Auftreten der Larven entscheidend wirkt. Die Auffassung von BENICK, daß diese Wasserbewegung sich aber nur sekundär durch den «damit verbundenen Sauerstoffreichtum» auswirkt, steht in Widerspruch zu den bei P, 3 festgestellten $O_2$-Werten. Diese schwanken zwischen 0,18 ccm/l bis 1,13 ccm/l (= 2,53 %—16,13 %) und beweisen, daß die Larven von Helodes sich a u c h i n s a u e r s t o f f a r m e m W a s s e r zu halten vermögen; das häufigere Auftreten im Bereich der «Mündungsstrecke», deren Wasser im allgemeinen mit $O_2$ gesättigt ist, deutet allerdings darauf hin, daß Biotope mit s a u e r s t o f f r e i c h e m , f l i e ß e n d e t n Wasser bevorzugt werden. Die *Helodes*-Larven dürfen aber auf keinen Fall als Polyoxybionten bezeichnet werden, sondern viel eher als r h e o p h i l e E u r y o x y b i o n t e n.

Neben diesen Arten, die auf die «Mündungsstrecke» Iokalisiert sind, oder doch in diesem untersten Abschnitt zu optimaler Entwicklung gelangen, finden wir verschiedene V e r t r e t e r d e r f ü r d i e « Q u e l l a u s w e i t u n g » c h a r a k t e r i s t i s c h e n T i e r g e s e l l s c h a f t :

Leuctra *Braueri*
*Nemurella Picteti*
*Rhyacophila vulgaris*
*Plectrocnemia conspersa*
*Ephelia* spec. II
*Pedicia rivosa*
*Tipula* spec. I
Hermions spec, (Typus wie *calceata,* nach Lenz, 1923).

Die «Mündungsstrecke» und «Quellausweitung» weisen also nicht nur in botanischer Hinsicht durch die Entwicklung der *Cratoneuron-Arabis bellidifolia*-Assoziation, sondern auch in zoologischer Hinsicht durch das Auftreten verwandter Tiergesellschaften Beziehungen auf; während aber die Biocönose der «Quellausweitung» vor allem durch die Einwanderung lenitischer Elemente aus dem Quellweiher beeinflußt wird, kommen in der «Mündungsstrecke» torrenticole Vertreter der Bergbachbiocönose hinzu.

Da der Chemismus des Quellwassers stark von jenem der Ova dal Fuorn abweicht, liefert die Natur im Bereich der «Mündungsstrecke» ein ökologisches Experiment, welches interessante Rückschlüsse auf die Reaktionsbreite jener Arten gestattet, die in beiden Gewässern ausreichende Lebensbedingungen finden. Die Frage, ob diese Arten aus der Ova dal Fuorn in die untersten Abschnitte des Quellbaches aktiv einwanderten, oder ob sie sich aus Eiern entwickelten, die in das Quellwasser selbst abgelegt wurden, ist in diesem Zusammenhang belanglos. Entscheidend ist lediglich die Tatsache, daß diese Arten sowohl im Wasser der Ova dal Fuorn, als auch in jenem der QFQ I lebensfähig sind und auch zur Metamorphose schreiten. Ihre Reaktionsbreite (oder ökologische Valenz) muß zum mindesten zwischen den in beiden Gewässern festgestellten Extremen liegen, d. h.

| | zwischen Min. des Wassers der Ova dal Fuorn: | | Max. des Wassers von GFQ I: |
|---|---|---|---|
| a) in bezug auf die Temperatur | 0,8° | und | 12,5° |
| b) in bezug auf die Karbonathärte | 6,16 d. H° | und | 7,28 d. H° |
| c) in bezug auf die Gesamthärte | 8,0 d. H° | und | 94,1 d. H° |

Die Unterschiede der Karbonathärte und Temperatur sind klein: Die festgestellten Werte dürften innerhalb der Grenzen der Reaktionsbreite der vorkommenden Arten liegen. Die Maximaltemperatur von 12,5° zeigt immerhin, daß auch kaltstenotherme Arten, wie ***Planaria alpina, Rhyacophila vulgaris, Plectrocnemia conspersa*** relativ hohe Temperaturen ertragen (THIENEMANN konnte ***Planaria alpina*** sogar an hygropetrischen Stellen mit Maximaltemperaturen bis zu 22,5° feststellen). Interessant sind vor allem die großen Unterschiede in der Gesamthärte der beiden Gewässer. Sie beweisen, daß die Reaktionsbreite der in Frage kommenden Arten in bezug auf Gesamthärte und Sulfatgehalt außerordentlich groß ist.

Für das Fehlen einzelner Arten in höher gelegenen Quellbachabschnitten können die erwähnten Faktoren nicht verantwortlich sein: Denn die Karbonat- und Gesamthärte bleibt im Verlauf des Quellbaches annähernd konstant und die täglichen und jährlichen Temperaturamplituden werden gegen den Quellweiher hin sukzessive kleiner. Auch das pH, der Eisen- und Schwefelwasserstoffgehalt, sowie die Strömungsgeschwindigkeit ändern sich im Verlauf des Quellbaches nicht in entscheidender Weise. Als verbreitungsregulierender Faktor kommt deshalb nur der Sauerstoffgehalt des Wassers in Betracht, der — wie gezeigt wurde — gegen den Quellweiher hin rasch abnimmt. Durch den Mangel an gelöstem Sauerstoff werden den Arten, die aus der Ova dal Fuorn und der «Mündungsstrecke» den Quellbach hinauf vordringen, je nach ihrer Reaktionsbreite, früher oder später Schranken gesetzt:

| *Es dringen vor:* | *bis:* | *Sauerstoffamplituden in ccm/l und %; W.T.* |
|---|---|---|
| *Planaria alpina*<br>*Ecdyonurus venosus*<br>*Dictyogenus fontium*<br>*Nemura Mortoni* | in die «Mündungsstrecke» (bis P. 12) | 5,8 ccm (bei 12,5°) bis 7,3 ccm (bei 2,0°) (95%—104%) |
| *Chloroperla rivulorum*<br>*Nemura sinuata* | in den «Unterlauf» (bis P. 11) | 5,7 ccm (bei 12,5°) bis 7,1 ccm (bei 2,4°) (94%—104%) |
| *Simzzliurn-Arten* | zur «Moosfläche» (über P. 5) | 3,4 ccm (bei 5,2°) bis 4,8 ccm (bei 6,8°) (48%—71%) |
| *Baetis* spec. *(gemellus?)* | in den «Oberlauf» (über P. 4) | 0,7 ccm (bei 6,7°) bis 1,4 ccm (bei 6,9°) (10%—20%) |
| *Helodes* spec. *(aff.minutus)* | in den «Oberlauf» (bis P. 3) | 0,18 ccrn (bei 5,0°) bis 1,13 ccm (bei 5,7°) (3%—16%) |

# DIE FISCHWEIHERQUELLE I (FWQ I).

## I. Die vorkommenden Arten.

In der Fischweiherquelle I wurden im ganzen 72 Tierarten festgestellt. Sie verteilen sich auf die verschiedenen systematischen Gruppen wie folgt:

| | Zahl der Arten: |
|---|---|
| *Turbellaria:* | 1 |
| *Oligochaeta:* | 2 |
| *Hydracarina:* | 3 |
| *Insecta:* | |
| *Ephemeroptera:* | 2 |
| *Plecoptera:* | 15 |
| *Trichoptera:* | 15 |
| *Coleoptera:* | 5 |
| *Diptera:* | 24 |
| *Hemiptera:* | 1 |
| *Mollusca:* | 3 |
| *Amphibia:* | 1 |
| Total | 72 |

Ein systematisches Verzeichnis der Arten ist in der graphischen Verbreitungstabelle 33 enthalten.

### II. Die Verbreitung der vorkommenden Arten in FWQ I.

(Vergl. graphische Verbreitungstabelle 33.)

Von den 72 in FWQ I festgestellten Tierarten kommen für die Beurteilung der Beziehungen zwischen Verbreitung und Milieubedingungen nur 55 Arten in Betracht; 17 Arten, von welchen nur vereinzelte Exemplare oder nur luftlebende Imagines gefunden wurden, können nicht berücksichtigt werden (vergl. S. 379).

Im gesamten Quellgebiet, also vom Quelloch bis zur Einmündung in die Ova dal Fuorn, sind die folgenden Arten verbreitet:

| | |
|---|---|
| *Turbellaria:* | *Planaria alpina* Dana |
| *Insecta:* | |
| *Ephemeroptera:* | *Rhithrogena semicolorata* (Curt.) |
| | *Baetis* spec. |
| *Plecoptera:* | *Dictyogenus fontium* Ris. |
| | *Leuctra Braueri* Kempny. |
| | *Leuctra Rosinae* Kempny. |
| | *Leuctra armata* Kempny. |
| | *Leuctra inermis* Kempny. |
| | *Protonemura nitida* Pict. |
| | *Protonemura lateralis* Pict. |
| | *Nemura Mortoni* Ris. |
| | *Nemura sinuata* Ris. |
| *Trichoptera:* | *Rhyacophila vulgaris* Pict. |
| | *Rhyacophila tristis* Pict. |

Tabelle 33: Fischweiherquelle I: Graphische Verbreitungstabelle.

TURBELLARIA:

Planaria alpina Dana.

OLIGOCHAETA:

Eiseniella tetraedra (Sav.).
Lumbricus rubellus Hoffm.

HYDRACARINA:

Protzia alpina Walter.
Partnuiiia Steinmanni Walter.
Sperchon violaceus Walter.

INSECTA:

*Ephemeroptera:*

Rhithrogena seniicolorata (Curt.).
Baetis spec. (gemellus Eat.?).

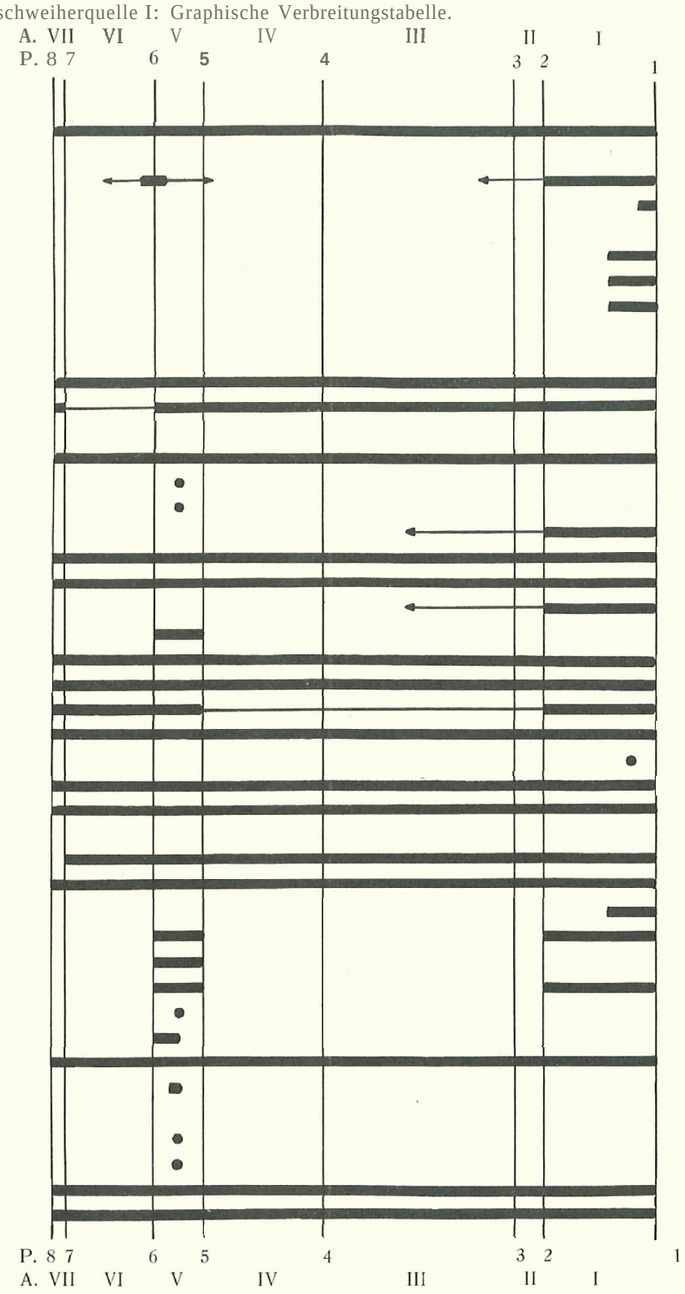
*Plecoptera:*

Dictyogenus fontium Ris.
Chloroperla rivulorum Pict.
Rhabdiopteryx neglecta Alb.
Leuctra cylindrica De Geer.
Leuctra Braueri Kempny.
Leuctra Rosinae Kempny.
Leuctra alpina Kuehtreiber.
Leuctra spec. (Mortoni?).
Leuctra arinata Keiiipny.
Leuctra inermis Kempny.
Protonemura nitida Pict.
Protonemura lateralis Pict.
Protonemura nimborum Ris.
Neinura Mortoni Ris.
Neinura sinuata Ris.

*Trichoptera:*

Rhyacophila vulgaris Pict.
Rhyacophila tristis Pict.
Rhyacophila intermedia Mc. Lach.
Rhyacophila spec. spec.
Rhyacophila spec. (Gruppe tristis).
Philopotamus ludificatus Mc. Lach.
Tinodes dives Pict.
Stenophylax latipennis Curt.
Drusus discolor Ramb.
Drusus chrysotus Ramb.

Drusus inonticola Mc. L.
Potaniorites biguttatus Pict.
Apatania muliebris Mc. L.
Lithax niger Hag.
Micraseiiia tristellum Mc. L.




*Coleoptera:*

Lesteva pubescens Mnnh.
Lesteva longelytrata Goeze.
Helophorus glacialis Villa.
Helophorus nivalis Gir.
Helodes spec. (aff. minutus L.) (Larven).

*Diptera:*

Dicranota spec. I. (Larven).
Dicranota spec. II. (Larven).
Dicranota spec. III (Imagines).
Dicranota spec. IV. (Imagines).
Amalopis spec. II. (Imagines).
Tipula spec. I. (Larven).
Tipula spec. 11. (Larven).
Tipula spec. VIII. (Larven).
Simulium tredecimatum.
Simulium spec. spec. (Larven).
Eutanytarsus (gregarius-Gruppe) niit auffallend hohem Herzbuckel.
Euorthocladius rivicola K.
Eukiefferiella lobulifera Goetgh.
Eukiefferiella minor (Edw.)
Syndiamesa spec. cfr. hygropetrica K.
«Syndiamesa» pubitarsis Zett. (= Branickii Now.).
Orthocladiinae: uribestimnibare Larven.
Hermione spec. (Larven, Typus wie calceata nach Lenz, 1923).
Hermione cf. Meigeni-Typus. (Larven).
Hermione amoena (Lw.).
Herinione locuples (Lw.).
Hoplodonta viridula (F.).
Leptididae: Gen.? spec.? (juvenile Larven).
Orphnephila testacea Macq.

*Hemiptera:*

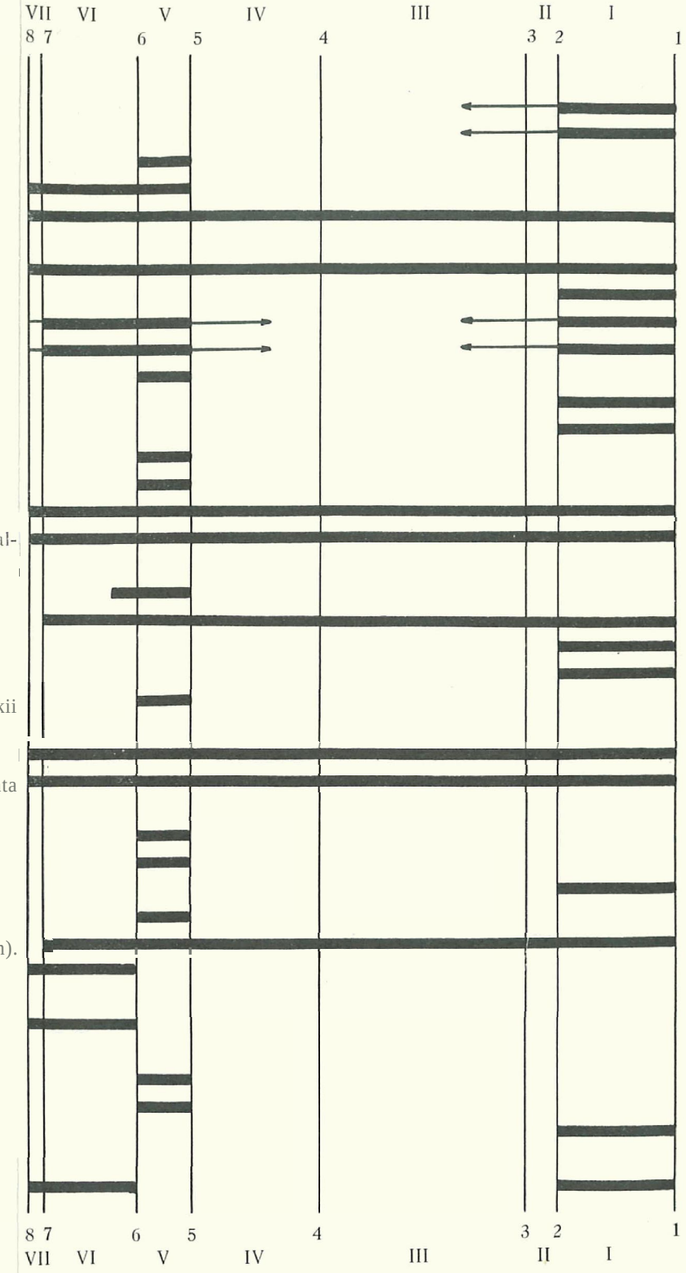
Saldula C-albuiii Fieb.

MOLLUSCA:

Succinea oblonga (Drap.).
Jaminia quadridens (Müller).
Galba truncatula (Müller).

AMPHIBIA:

Rana teniporaria L. (Ausgewachsene).



*Drusus discolor* Ramb.
*Lithax niger* Hag.
*Micrasema tristellum* Mc. L.

*Coleoptera:* *Helodes* spec. *(aff. minutus* L.)

*Diptera:* *Dicranota* spec. *I*
*Dicranota* spec. III
*Dicranota* spec. *IV*
*Simulium* spec.
*Eutanytarsus* (gregarius-Gruppe) mit auffallend hohem Herzbuckel.
*Eukiefferiella lobulifera* Goetgh.
*Orthocladiinae*-Larven
*Hermione* spec. (Typus wie *calceata* nach Lenz, 19231.
*Leptididae.*

Es handelt sich um 27 Arten, also um rund 50 % aller Arten, die für die Beurteilung der Verbreitung überhaupt in Frage kommen. Dieser hohe Prozentsatz entspricht den physiographischen Verhältnissen. FWQ I hat eustatischen Charakter: Das pH, die Karbonat- und Gesamthärte bleiben praktisch konstant; die Temperaturamplituden sind selbstverständlich im «Unterlauf» etwas größer (3,4°—7,93 als im Quelloch (5,7°—6,3°); der Sauerstoffgehalt erreicht im «Unterlauf» den Sättigungswert, ist aber auch im obersten Teil des Quellbaches noch relativ hoch (6,56 ccm/l—6,17 ccm/l [= 95,6 %—89,5 %]).

Selbst stenotope Arten finden in sämtlichen Quellbachabschnitten ausreichende Lebensbedingungen.

Relativ wenige Arten sind auf bestimmte Abschnitte des Quellbaches lokalisiert.

Die meisten derselben gehören der Fauna Iiminaria an und sind deshalb weitgehend von den chemisch-physikalischen Bedingungen des Wassers unabhängig.

Einige ausgesprochen aquatische Arten wurden nur im obersten Abschnitt A. I oder im untersten Abschnitt des «Oberlaufes» A. V nachgewiesen. Es handelt sich zum Teil um eurytope Arten, die im Nationalparkgebiet in Gewässern mit viel extremeren Bedingungen festgestellt wurden. Ihre Lokalisierung in FWQ I dürfte damit zusammenhängen, daß in den beiden fraglichen Abschnitten die *Cratoneuron-Arabis bellidifolia*-Assoziation mit ihren Moospolstern besser entwickelt ist, als in den übrigen Abschnitten. Dies gilt für *Leuctra cylindrica* und *alpina, 2* Plecopteren, die in anderen Quellen auch im «Unterlauf» nachgewiesen wurden und selbst am Ufer von Hauptbächen nicht fehlen, sowie für die beiden *Helophorus*-Arten, *Rhyacophila* spec. *(tristis), Galba truncatula* u. a. Leichter erklärlich ist das lokalisierte Auftreten von *Orphnephila testacea:* Diese euhygropetrische Art findet nur im «Unterlauf», wo das Wasser sich flächenhaft ausbreitet. einigermaßen zusagende Lebensbedingungen.

## DIE FISCHWEIHERQUELLE II (FWQ II).

### I. Die vorkommenden Arten.

In der Fischweiherquelle II wurden im ganzen 103 Tierarten festgestellt. Sie verteilen sich auf die verschiedenen systematischen Gruppen wie folgt:

| | Zahl der Arten: |
|---|---|
| *Turbellaria* | **1** |
| *Oligochaeta:* | *3* |
| *Hydracarina:* | *5* |
| *Insecta:* | |
| *Ephemeroptera:* | *5* |
| *Plecoptern:* | *19* |
| *Trichoptera:* | *16* |
| *Coleoptera:* | *7* |
| *Diptera:* | *38* |
| *Hemiptera:* | *2* |
| *Mollusca* | *5* |
| *Pisces* | *1* |
| *Amphibia* | *1* |
| Total | **103** |

Ein systematisches Verzeichnis der festgestellten Arten ist in der graphischen Verbreitungstabelle **34** enthalten. Dieses Verzeichnis zeigt, daß krenobionte bis krenophile Formen vorherrschen, die wie üblich verschiedenen Biotopen zweiter Ordnung angehören: Neben kaltstenothermen, mehr oder weniger rheophilen Angehörigen der Stein- und Moosfauna (z. B. *Planaria alpina,* sämtliche *Hydracarina,* die meisten *Ephemeroptera, Plecoptera, Trichoptera,* die *Orthocladiinen),* treten hygrophile Arten (die *Oligochaeta,* die beiden *Lestcvu-Arten,* die *Limnobiiden* und *Tipuliden, Retinella nitens, Euconulus fulvus),* hygropetrische Arten *(Tinodes, Dixa, Orphnephila, Hermione),* sowie einige Vertreter lenitischer Biotope *(Gerris Costai,* die beiden ***Pisidium-Arten)*** auf. Grundwassertiere fehlen.

## II. Die Verbreitung der vorkommenden Arten in PWQ II.

(Vergl. Verbreitungstabelle 34).

Von den 103 in FWQ II festgestellten Tierarten kommen für die Beurteilung der Beziehungen zwischen Verbreitung und Milieubedingungen nur 77 Arten in Betracht; von 26 Arten wurden nur vereinzelte Individuen oder luftlebende Imagines gefunden, welche keinen klaren Einblick in die Verbreitung der betreffenden Arten gewähren (vergl. S. 379).

Von diesen 77 Arten sind 29 (= 38 %) über das ganze Quellgebiet, vom Quellmund bis zur Einmündung des Quellbaches in die Ova dal Fuorn verbreitet:

| | |
|---|---|
| ***Turbellaria:*** | ***Planaria alpina*** Dana. |
| ***Oligochaeta:*** | ***Eiseniella tetraedra*** (Sav.). |
| *Insecta:* | |
| ***Ephemeroptera:*** | ***Rhithrogena semicolorata*** (Curt.). |
| | ***Baetis*** spec. ***(gemellus?)*** |
| ***Plecoptera:*** | ***Dictyogenus fontium*** Ris. |
| | ***Chloroperla rivulorum*** Pict. |
| | *Leuctra* ***Braueri*** Kempny |
| | *Leucka* spec. ***(Mortoni?)*** |
| | ***Leuctra armata*** Kempny |

Zahl der Arten:

| | |
|---|---|
| | 1 |
| | 3 |
| | 5 |
| *ra:* | 5 |
| | 19 |
| | 16 |
| | 7 |
| | 38 |
| | 2 |
| | 5 |
| | 1 |
| | 1 |
| Total | **103** |

estgestellten Arten ist in der graphischen
ses Verzeichnis zeigt, daß krenobionte
die wie üblich verschiedenen Biotopen
kaltstenothermen, mehr oder
gen der Stein- und Moosfauna
*carina,* die meisten *Ephemeroptera, Ple-*
*en),* treten hygrophile Arten (die
n, die *Limnobiiden* und *Tipuliden, Re-*
opetrische Arten *(Tinodes, Dixa,*
Vertreter lenitischer Biotope
en) auf. Grundwassertiere fehlen.

**ommenden Arten in FWQ II.**

ungstabelle **34).**

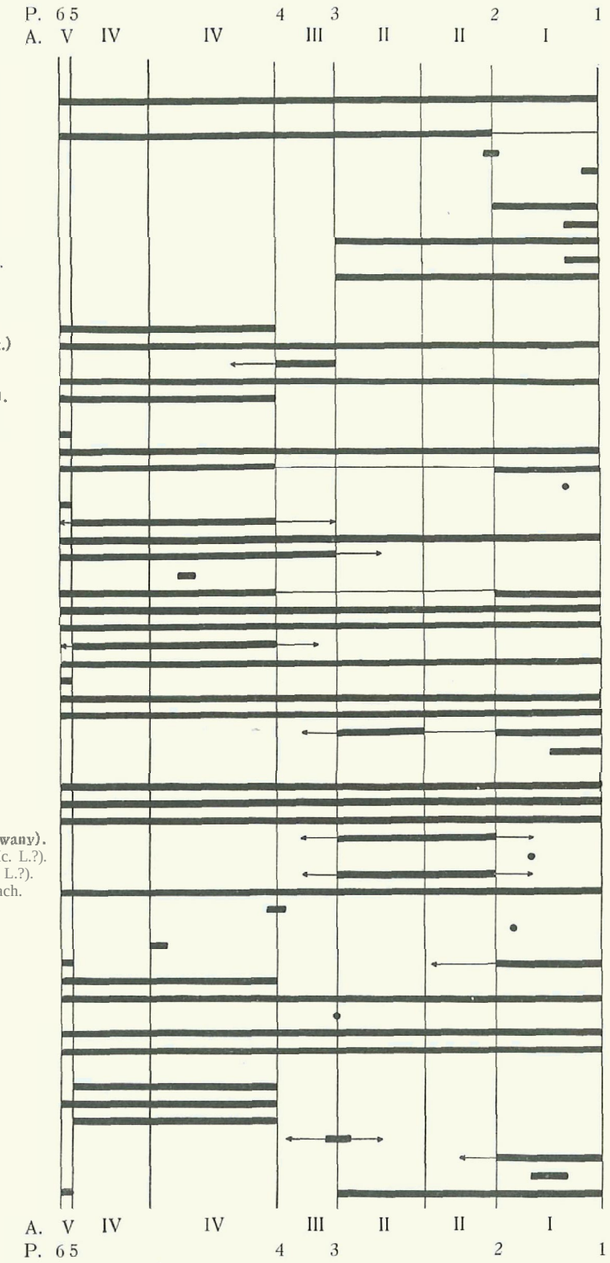
Tierarten kommen für die Beurteilung
und Milieubedingungen nur 77 Arten in
vereinzelte Individuen oder luftlebende
Einblick in die Verbreitung der betref-

über das ganze Quellgebiet,
es Quellbaches in die Ova dal Fuorn

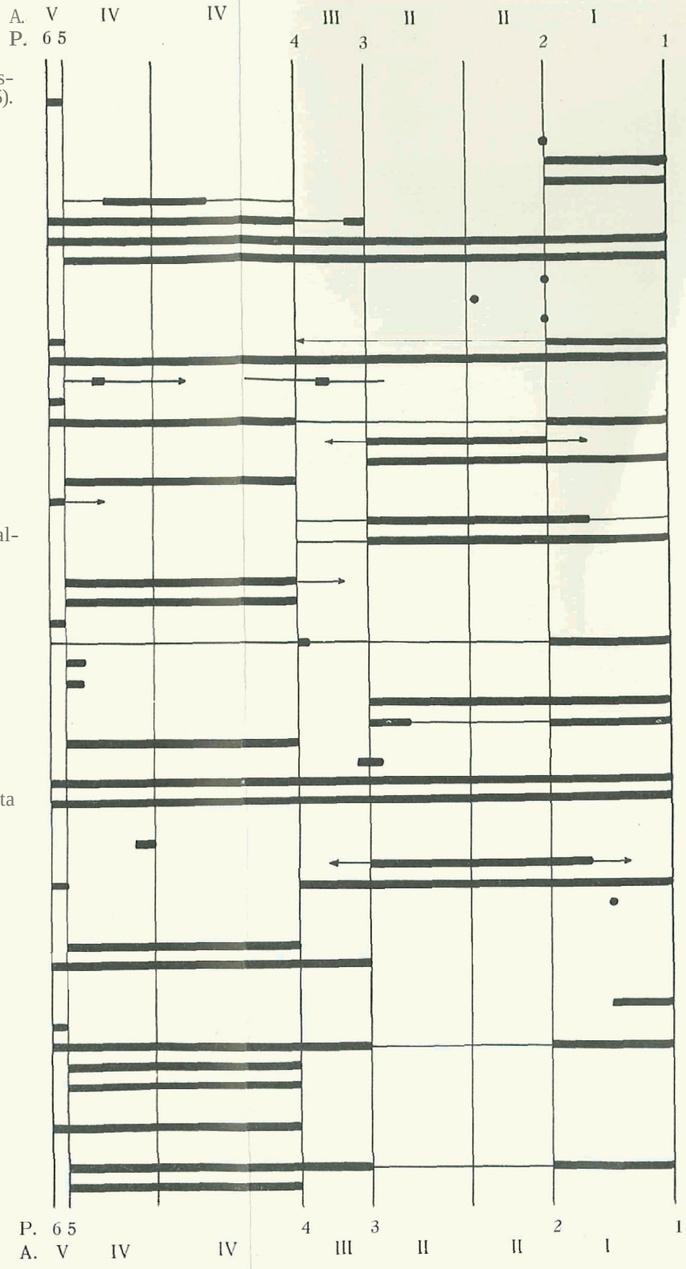
ana.
*a* (Sav.).

*olorata* (Curt.).
*llus?)*
*um* Ris.
*rum* Pict.
empny
*rtoni?)*
empny

Tabelle 34: **Fischweiherquelle II:** Graphische Verbreitungstabelle.




TURBELLARIA:
Planaria alpina Dana.
OLIGOCHAETA:
Eiseniella tetraedra (Sav.).
Lumbricus rubellus Hoffm.
Lumbricus terrestris L.
HYDRACARINA:
Protzia alpina Walter.
Partnunia Steinmanni Walter.
Sperchon violaceus Walter.
Lebertia (Ps.) Zschokkei Koen.
Feltria rubra Piersig.
INSECTA:
*Ephemeroptera:*
Ecdyonurus venosus (Fabr.).
Rhithrogena semicolorata (Curt.)
Rhithrogena alpestris Eat. (?).
Baetis spec. (gemellus Eat.?).
Centroptilum luteolum (Müller).
*Plecoptera:*
Perlodes intricata Pict.
Dictyogenus fontium Ris.
Chloroperla rivulorum Pict.
Isopteryx torrentium Pict.
Capnia vidua Klap.
Leuctra cylindrica De Geer.
Leuctra Braueri Kempny.
Leuctra Rosinae Kempny.
Leuctra prima Kempny.
Leuctra spec. (Mortoni?).
Leuctra armnta Kempny.
Leuctra inermis Kempny.
Protonemura nitida Pict.
Protonemura lateralis Pict.
Protonemura nimboriim Ris.
Nemura Mortonl Ris.
Nemura sinuata Ris.
Nemura obtusa Ris.
Nemura spec. (Larven).
*Trichoptera:*
Rhyacophila vulgaris Pict.
Rhyacophila tristis Pict.
Rhyacophila spec. spec.
Rhyacophila spec. (y nach Krawany).
Rhyacophila spec. (Albardana Mc. L.?).
Rhyacophila spec. (Meyeri Mc. L.?).
Philopotamus ludificatus Mc. Lach.
Plectrocnemia conspersa Curt.
Plectrocnemia brevis Mc. L.
Plectrocnemia spec.
Tinodes dives Pict.
Stenophylax latipennis Curt.
Drusus discolor Ramb.
Drusus chrysotus Ramb.
Lithax niger Hag.
Micraseina tristellum Mc. L.
Coleoptera:
Haliplus ruficollis Deg.
Agabus guttatus Payk.
Asabus spec. spec. (Larven).
Lesteva monticola Kiesev.
Lesteva longelytrata Goeze.
Helophorus nivalis Gir.
Helodes spec. (aff. minutus L.).




*Diptera:*
Liponeura minor Bischoff 1922 (= cinerascens minor Bischoff 1922, Mannheims 1935).
Mycetophilidae: Gen.? spec.? (Imagines).
Dicranomyia spec. (Puppen).
Dicranomyia spec. (Imagines).
Ephelia spec. I. (Larven).
Pedicia rivosa Latr.
Dicranota spec. I. (Larven).
Dicranota spec. II. (Larven).
Dicranota spec. III. (Imagines).
Dicranota spec. IV. (Imagines).
Amalopis spec. I. (Imagines).
Tipula spec. I. (Larven).
Dixa obsoleta Peus.
Dixa sobrina Peus.
Simulium latipes Meigen.
Simulium tredecimatum Edwards.
Simulium spec. spec.
Bezzia-Gruppe (Larven).
Macropelopia spec. (adaucta-Gruppe).
Eutanytarsus (inermipes-Gruppe: spec. a).
Eutanytarsus (inermipes-Gruppe: spec. b).
Eutanytarsus (gregarius-Gruppe) mit auffallend hohem Herzbuckel).
Trichocladius sylvaticus Goetgh.
Trichocladius Nadigi nov. spec. Goetgh.
Euorthocladius rivicola K.
Eukiefferiella lobulifera Goetgh.
Parametriocnemus stylatus (K.).
Diamesa Thienemanni Kieff.
Diamesa spec. spec.
Syndiamesa spec. spec.
„Synd." pubitarsis Zett. (= Branickii Nov.)
Corynoneura spec.
Orthocladiinae: unbestimmbare Larven.
Hermione spec. (Larven, Typus wie calceata nach Lenz, 1923).
Hermione engadinica kenn.
Leptididae: Gen.? spec.? (Larven juvenil).
Orphnephila testacea Macq.
Androprosopa larvata Mik.
*Hemiptera:*
Gerris Costai H. S.
Saldula c-album Fieb.
MOLLUSCA:
Retinella nitens (Mich.).
Euconulus fulvus (Müller).
Galba truncatula (Müller).
Pisidium personatum (Malm.).
Pisidium casertanum (Poli.).
PISCES:
Salmo trutta L.
AMPHIBIA:
Rana temporaria L. (Ausgewachsene).
Rana temporaria L. (Larven).

| | |
|---|---|
| | ***Leuctra inermis*** Kempny |
| | ***Protonemura lateralis*** Pict. |
| | ***Nemura Mortoni*** Ris. |
| | ***Nemura sinuata*** Ris. |
| *Trichoptera:* | ***Rhyacophila vulgaris*** Pict. |
| | ***Rhyacophila tristis*** Pict. |
| | ***Rhyacophila*** spec. spec. |
| | ***Philopotamus ludificatus*** Mc. Lach |
| | ***Drusus discolor*** Ramb. |
| | ***Lithax niger*** Hag. |
| | ***Micrasema tristellum*** Mc. *L.* |
| *Diptera:* | ***Dicranota*** spec. I |
| | ***Dicranota*** spec. II |
| | ***Dixa obsoleta*** Peus. |
| | ***Simulium tredecimatum*** Edwards |
| | ***Eukiefferiella lobulifera*** Goetgh. |
| | ***Orthocladiinae***-Larven |
| | ***Hermione spec.*** (Typus wie ***calceata*** nach Lenz, *1923)* |
| *Mollusca:* | ***Galba truncatztla*** (Müller) |
| *Amphibia:* | ***Rana temporaria L.*** |

Mit diesem Verbreitungsbild stimmt die festgestellte Einheitlichkeit der physiographischen Verhältnisse überein: Die zeitlichen und örtlichen Schwankungen des pH und Salzgehaltes sind gering; die Amplitude zwischen der festgestellten Maximal- (9,5°) und Minimaltemperatur (1,9°) bleibt auch im «Unterlauf» relativ klein (7,6°); der Sauerstoffgehalt erreicht fast überall den Sättigungsgrad; nur in der engbegrenzten Zone der Quellöcher ist er etwas tiefer (Durchschnitt: 89,6%). Überall gedeiht zum mindesten fragmentarisch an den Ufern die ***Cratoneuron-Arabis bellidifolia***-Assoziation.

Diesen Milieubedingungen entsprechend, herrschen kaltstenotherme, z. T. rhenphile, z. T. lenitische Reinwasserformen mit nicht zu hohem Sauerstoffbedürfnis vor.

Die Zahl der Tierarten, welche auf bestimmte Abschnitte des Quellbaches beschränkt sind, ist verhältnismäßig klein. Die dadurch bedingten Unterschiede in der Zusammensetzung der Fauna der einzelnen Quellbachstrecken dürften direkt oder indirekt, vor allem mit dem wechselnden Gefälle, in Beziehung stehen, welches — wie dargelegt wurde — dem Quellbach nicht nur äußerlich sein Gepräge verleiht, sondern auch in entscheidender Weise eine Reihe ökologisch wichtiger, innerer Faktoren beeinflußt.

Auf das Gebiet des «Quellrinnsales» (A. I) scheinen nur drei Arten beschränkt zu sein: ***Helephorus nivalis*** und *2* ***Dicranomyia-Arten*** (wobei die Frage. ob es sich bei letzteren nicht eventuell nur um verschiedene Entwicklungsstadieii der gleichen Art handelt, noch offen steht).

Zwei Arten *(****Tinodes dives*** und die einzige festgestellte ***Tipula***-Art) leben gleichzeitig im «Quellrinnsal» und der «Mündungsstrecke», also im obersten und untersten Abschnitt des Quellbaches, während sie iin dazwischen liegenden Teil fehlen. Beide Abschnitte stimmen durch relativ hohes Gefälle und das Vorhandensein hygropetrischer Stellen miteinander überein; unabgeklärt bleibt die Frage, weshalb die beiden Arten nicht auch — wie ***Orphnephila festacea*** und ***Helodes*** spec. ***(aff. minutus)*** — in A. II und A. III des Quellbaches zu finden sind. Besonders ***Orphnephila testacea***

gehört zu den Charakterformen des ganzen «Oberlaufes». Sie findet — allerdings nur vereinzelt — auch ihr Fortkommen im Bereich der «Mündungsstrecke» (A. V), fehit dagegen naturgemäß in der «eingetieften Quellbachstrecke», wo keine hygropetrischen Stellen vorhanden sind. Im Gegensatz zu *Orphnephila* konnte ***Dixa obsoleta*** auch in diesem Abschnitt — allerdings nur selten — nachgewiesen werden, eine Beobachtung, welche mit der Feststellung anderer Autoren, daß ***Dixa*** selbst am Ufer von ausgesprochenen Gebirgsbächen zur Entwicklung gelangt, übereinstimmt.

An Stelle der fiir die hygropetrischen Quellbachabschnitte charakteristischen *Orphnephila* treten in der ueingetieften Quellbachstrecke» A. IV vier andere Arten auf, welche naturgemäß im übrigen Quellbach fehlen:

*Macropelopia* spec. (*adaucta*-Gruppe)
*Gerris Costai*
***Pisidium personatum***
***Pisidium casertanum***

Alle vier Arten sind auf bestimmte, engbegrenzte Stellen lokalisiert: ***Gerris Costai*** schwimmt an der Wasseroberfläche kleiner, durch Uferpolster gestauter Stillwasserbuchten; die drei anderen Arten leben in Detritus und Schlamm, der, in diesem Abschnitt des Quellbaches dank dem schwachen Gefälle und der damit im Zusammenhang stehenden geringen Stromgeschwindigkeit stellenweise reichlich zur Ablagerung gelangt. Zu diesen vier Arten gesellen sich stellenweise und stets nur vorübergehend noch vereinzelte Larven von *Rana temporaria*. Diese gelangen nie zur Metamorphose, da der ihnen zur Verfügung stehende Lebensraum zu klein ist, indem sie, sobald sie sich vom Ufer entfernen, von der Strömung mitfortgerissen werden. Als weiteres Charaktertier der «eingetieften Quellbachstrecke» kann ***Centroptilum luteolum*** angesprochen werden. Diese Art ist im «Unterlauf» von FWQ II recht häufig, nicht nur am Ufer, sondern auch unter Steinen in der Mitte des Baches. Sie fehlt in der Ova dal Fuorn und wurde auch im untersten Abschnitt des Quellbaches (A. V) nur einmal gefunden. Anscheinend beansprucht sie klares, sauetstoffreiches, bewegtes aber doch nicht reißendes Wasser.

Sieben Arten sind in ihrem Vorkommen auf die Mündungsstrecke», also den untersten, wenige Meter messenden Abschnitt des Quellbaches beschränkt:

***Perlodes intricata***
***Capnia vidua***
***Protonemura nimborum***
***Liponeura minor***
***Simulium latipes***
***Euorthocladius rivicola***
***Parametriocnemus stylatus.***

Die Ursachen dieser Lokalisation sind die gleichen wie bei GFQ I: Dieser unterste Quellbachabschnitt liegt bereits im Bett des Hauptbaches und wird bei Hochwasser von den Fluten der Ova dal Fuorn überschwemmt. Wie in GFQ I erweisen sich auch in FWQ II die auf die «Mündungsstrecke» lokalisierten Arten als Charakterformen der Hochgebirgsbache des Gebietes. Die Annahme, daß sich die Larven dieser Arten aus Eiern entwickelten, die an Ort und Stelle abgelegt wurden, erscheint unwahrscheinlich, weil dann ihr Fehlen in höher gelegenen, ähnlich charakterisierten Quellbachabschnitten kaum erklärlich wäre; es muß vielmehr angenommen werden, daß die Besiedelung durch

aktive Einwanderung aus dem Hauptbach erfolgt. Die Eingliederung dieser Arten in die Fauna des Quellbaches FWQ II erscheint aber trotzdem gerechtfertigt, weil sie sich im untersten Abschnitt des Quellbaches auch bei Niederwasser trotz der veränderten chemisch-physikalischen Bedingungen zu halten vermögen und zur Metamorphose schreiten. Das Fehlen dieser sieben Arten im «Oberlauf» des Quellbaches ist darauf zurückzuführen, daß bereits A. IV verbreitungshemmend wirkt, indem die Milieubedingungen dieser, durch geringes Gefälle, schwache Strömung und schlammigen Untergrund ausgezeichneten Quellbachstrecke den Anforderungen rheophiler Formen nicht mehr genügen. Weniger stenotope Tierarten dringen dagegen im Quellbach weiter nach oben vor: Dies gilt in erster Linie von *Salmo trutta,* der Bachforelle, welche in kleineren Exemplaren regelmäßig im «Unterlauf» FWQ II anzutreffen ist; zur Zeit der Schneeschmelze, wenn das Wasser der Ova dal Fuorn durch Geschiebe getrübt ist und die Fluten mit dumpfem Rollen mächtige Felsblöcke mit sich zu Tal reißen, flüchten sich regelmäßig auch ausgewachsene, bis 35 cm große Forellen in das klar bleibende Wasser des Quellbaches hinauf. Die Frage, ob auch *Ecdyonurus venosus,* eine Art, welche ihre optimalen Lebensbedingungen ebenfalls in Gebirgsbächen findet und in FWQ II nur gelegentlich, jedoch im ganzen «Unterlauf» gefunden wurde, durch aktive Einwanderung in diesen gelangt, kann nicht mit Sicherheit beantwortet werden. Feststellungen in anderen Quellen und die Befunde der Autoren deuten darauf hin, daß diese Art ihre ganze Entwicklung im Quellbach durchläuft. Anscheinend bevorzugt sie aber Strecken mit stärkerer Wasserführung.

Zusammenfassend kann festgestellt werden:

FWQ II wird vor allem durch die weitgehende Ähnlichkeit der Fauna sämtlicher Quellbachabschnitte charakterisiert. Neben krenobionten und krenophilen, treten hygropetrische Arten auf. Der Einheitlichkeit der Fauna entspricht die Einheitlichkeit der physiographischen, insbesondere der hydrochemischen Verhältnisse.

Faunistisch nehmen nur zwei Abschnitte des Quellbaches durch das Auftreten für sie charakteristischer Tierarten eine Sonderstellung ein:

1. die «eingetiefte Quellbachstrecke» (A. IV),
2. die «Mündungsstrecke» (A. V).

Die Ursachen dieser Sonderstellung sind nicht in beiden Fällen die gleichen:

1. Im Bereich der «eingetieften Quellbachstrecke» wirkt sich vor allem das geringe Gefälle und die dadurch herabgesetzte Strömungsgeschwindigkeit des Wassers aus: Es werden Lebensbedingungen geschaffen, welche die Ansiedelung und Entwicklung hygropetrischer Formen erschweren, dagegen jene von Stillwasser- und schlammbewohnenden Arten ermöglichen.

2. Im Bereich der «Mündungsstrecke» wirkt sich die Tatsache aus, daß dieser unterste Abschnitt des Quellbaches in direkter Verbindung mit dem Hauptbach steht und zeitweise von diesem überschwemmt wird. Diese Tatsache erklärt das Vorkommen rheophiler Bachformen.

## DIE FISCHWEIHERQUELLE IV (FWQ IV).

### I. Die vorkommenden Arten.

In der Fischweiherquelle IV wurden im ganzen 66 Tierarten festgestellt. Sie gehören folgenden systematischen Gruppen an:

| | Zahl der Arten: |
|---|---|
| *Turbellaria:* | 1 |
| *Oligochaeta:* | 2 |
| *Crustacea:* | 1 |
| ***Hydracarina:*** | 4 |
| ***Insecta:*** | |
| *Ephemeroptera:* | 5 |
| *Plecoptera:* | 8 |
| *Trichoptera:* | 14 |
| *Coleoptera:* | 5 |
| *Diptera:* | 21 |
| *Hemiptera:* | 1 |
| ***Mollusca:*** | 3 |
| *Amphibia:* | 1 |
| **Total** | **66** |

## II. Die Verbreitung der vorkommenden Arten in FWQ IV.

(Vergl. graphische Verbreitungstabelle 35).

Von den 66 in FWQ IV festgestellten Arten kommen für die Beurteilung der Beziehungen zwischen Milieubedingungen und Verbreitung 50 Arten in Betracht; 16 Arten kommen nicht in Betracht, weil davon nur einzelne Individuen oder luftlebende Imagines gefunden wurden (vergl. S. 379).

Von den 55 Arten, die in Betracht kommen, sind nicht weniger als 29 (= 58 %) in allen untersuchten Abschnitten der Quelle vorhanden:

| | |
|---|---|
| *Turbellaria:* | ***Planaria alpina* Dana.** |
| *Insecta:* | |
| *Ephemeroptera:* | ***Ecdyonurus venosus* (Fabr.).** |
| | ***Rhithrogena semicolorata* (Curt.).** |
| | *Baetis* **spec.** ***(gemellus?)*** |
| *Plecoptera:* | ***Dictyogenus fontium* Ris.** |
| | ***Leuctra Braueri* Kempny** |
| | ***Leuctra armata* Kempny** |
| | *Proionemura* ***lateralis* Pict.** |
| | *Nemura Mortoni* **Kis.** |
| | *Nernura sinuata* Ris. |
| | *Nemura* **spec.** |
| *Trichoptera:* | ***Rhyacophila vulgaris* Pict.** |
| | *Rhyacophila spec.* **(Meyeri?)** |
| | ***Philopotamus ludificatus* Mc.** *Lach.* |
| | ***Stenophylax latipennis* Curt.** |
| | ***Drusus chrysotus*** Ramb. |
| | *Lithax* ***niger*** *Hag.* |
| | *Micrasema* ***tristellum*** *Mc. L.* |
| *Coleoptera:* | *Lesteva* ***pubescens* Mnnh.** |
| | ***Helodes* spec.** *(aff.* ***minutus* L.)** |

| | Zahl der Arten: |
|---|---|
| *Turbellaria:* | 1 |
| *Oligochaeta:* | 2 |
| *Crustacea:* | 1 |
| *Hydracarina:* | 4 |
| *Insecta:* | |
| *Ephemeroptera:* | 5 |
| *Plecoptera:* | 8 |
| *Trichoptera:* | 14 |
| *Coleoptera:* | 5 |
| *Diptera:* | 21 |
| *Hemiptera:* | 1 |
| *Mollusca:* | 3 |
| *Amphibia:* | 1 |
| Total | **66** |

## e Verbreitung der vorkommenden Arten in FWQ IV.

(Vergl. graphische Verbreitungstabelle 35).

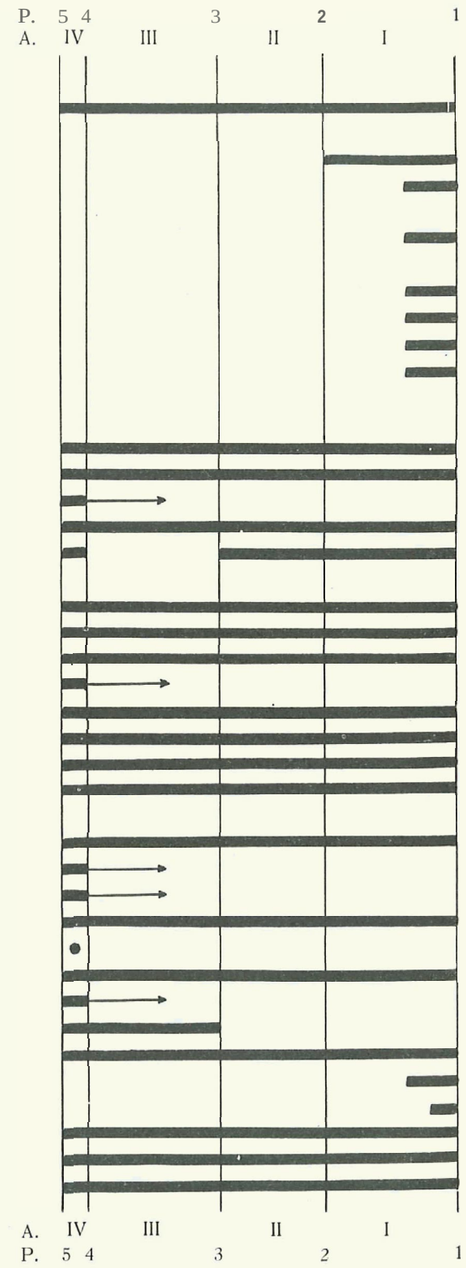
in FWQ IV festgestellten Arten kommen für die Beurteilung der wischen Milieubedingungen und Verbreitung 50 Arten in Betracht; men nicht in Betracht, weil davon nur einzelne Individuen oder nagines gefunden wurden (vergl. S. 379).

5 Arten, die in Betracht kommen, sind nicht weniger als 29 llen untersuchten Abschnitten der Quelle vor-

*Planaria alpina* Dana.

ra: *Ecdyonurus venosus* (Fabr.).
*Rhithrogena semicolorata* (Curt.).
*Baetis* spec. *(gemellus?)*
*Dictyogenus fontium* Ris.
*Leuctra Braueri* Kempny
*Leuctra armata* Kempny
*Protonemura lateralis* Pict.
*Nemura Mortoni* Ris.
*Nemura sinuata* Ris.
*Nemura* spec.
*Rhyacophila vulgaris* Pict.
*Rhyacophila* spec. (Meyeri?)
*Philopotamus ludificatus* Mc. Lach.
*Stenophylax latipennis* Curt.
*Drusus chrysotus* Ramb.
*Lithax niger* Hag.
*Micrasema tristellum* Mc. L.
*Lesteva pubescens* Mnnh.
*Helodes* spec. (*aff. minutus* L.)

Tabelle 35: Fischweiherquelle IV: Graphische Verbreitungstabelle.




TURBELLARIA:
Planaria alpina Dana.

OLIGOCHAETA:
Eiseniella tetraedra (Sav.).
Lumbricus rubellus Hoffm.

CRUSTACEA:
Ilydromus fontinalis J. P. Wolf.

HYDRACARINA:
Protzia alpina Walter.
Partnunia Steinmanni Walter.
Sperchon mutilus Koen.
Sperchon violaceus Walter.

INSECTA:
*Ephemeroptera:*
Ecdyonurus venosus (Fabr.).
Rhithrogena semicolorata (Curt.).
Rhithrogena alpestris (Eat.).
Baetis spec. (gemellus Eat.?).
Centroptilum luteolum (Müller).

*Plecoptera:*
Dictyogenus fontium Ris.
Leuctra Braueri Kempny.
Leuctra armata Kempny.
Leuctra inermis Kempny.
Protonemura lateralis Pict.
Nemura Mortoni Ris.
Nemura sinuata Ris.
Nemura spec. (Larven).

*Trichoptera:*
Rhyacophila vulgaris Pict.
Rhyacophila tristis Pict.
Rhyacophila spec. (y nach Krawany).
Rhyacophila spec. (Meyeri Mc. L.?).
Rhyacophila Meyeri Mc. L.
Philopotamus ludificatus Mc. Lach.
Plectrocnemia conspersa Curt.
Plectrocnemia spec. (brevis Mc. L.?).
Stenophylax latipennis Curt.
Halesus (?) spec.
Metanoea flavipennis Pict.
Drusus chrysotus Ramb.
Lithax niger Hag.
Micrasema tristellum Mc. L.

*Coleoptera:*
Pterostichus multipunctatus Dej.
Stenus glacialis Heer.
Lesteva pubescens Mnnh.
Hydrobius fuscipes L.
Helodes spec. (aff. minutus L.).

*Diptera:*
Dicranomyia spec. (Larven).
Dicranota spec. I. (Larven).
Dicranota spec. IV (subtilis?) (Imagines).
Amalopis spec. II. (Imagines).
Aiiialopis spec. III. (Imagines).
Tipula spec. I. (Larven).
Tipula spec. II. (Larven).
Dixa obsoleta Peus.
Dixa sobrina Peus.
Simulium latipes Meigen.
Simulium costatuin Friedericlis.
Simulium spec. spec.
Bezzia-Gruppe (Larven).
Eutanytarsus (gregarius-Gruppe) mit auffallend hohem Herzbuckel.
Paratanytarsus spec.
Rheorthocladius saxicola K.
Ortliocladiinae: unbestimmbare Larven.
Hermione spec. (Larven, Typus wie calceata nach Lenz, 1923).
Leptididae: Gen.? spec.? (Larven, juvenil).
Orphnephila testacea Macq.
Aiidroprosopa larvata Mik.

*Hemiptera:*
Saldula c-album Fieb.

MOLLUSCA:
Chondrina avenacea (Brug.).
Pupilla muscorum (L.) var. cupa Ian.
Galba truncatula (Müller).

AMPHIBIA:
Rana temporaria L. (Ausgewachsene).

| | |
|---|---|
| *Diptera:* | ***Dicranomyia*** spec. |
| | Dicranota spec. I |
| | ***Dixa*** obsoleta Peus. |
| | ***Simulium*** spec. spec. |
| | Eutanytarsus (gregarius-Gruppe) mit auffallend hohem Herzbuckel |
| | Orthocladiinae-Larven |
| | Hermione spec. (Typus wie calceata nach Lenz, 1923). |
| | Orphnephila testacea Macq. |
| *Mollusca:* | Galba ***truncatula*** (Müller). |

Dieser hohe Prozentsatz erklärt sich auch in FWQ IV — wie in den übrigen Fischweiherquellen — aus dem eustatischen Charakter dieses Gewässers: Die Differenz zwischen der festgestellten Maximal- (10,5°) und Minimaltemperatur (2,5°) beträgt auch am Fuß des Steilhanges des God sur Il Fuorn erst 8,0°; der Sauerstoffgehalt erreicht fast überall den Sättigungsgrad, nur im Quelloch selbst ist er relativ tief (Durchschnitt: 72,3 %); das pH, die Karbonat- und Gesamthärte bleiben annähernd konstant. Die Cratonewon-Arabis ***bellidifolia***-Assoziation ist fragmentarisch überall entwickelt.

Diesen Milieubedingungen entsprechend leben auch in FWQ IV krenobionte, krenophile und einzelne hygropetrische Arten.

Die Zahl der Arten, welche auf einzelne Quellbachabschnitte lokalisiert sind, ist verhältnismäßig klein.

Einzelne Arten sind an den obersten Abschnitt A. I gebunden. Es handelt sich dabei mehrheitlich um hygrophile Farmen, welche in den üppig entwickelten Moospolstern des «Quellrinnsales» günstigere Lebensbedingungen finden, als in tiefer liegenden Quellbachstrecken (z. B. ***Oligochaeta,*** Stenus ***glacialis, Hydro***bius ***fuscipes, Tipula,*** Bezzia).

Andere Arten scheinen — nach den bisherigen Funden zu schließen — auf A. IV beschränkt zu sein; ihre Verbreitung ist allerdings nicht in allen Fällen abgeklärt. Rhithrogena ***alpestris*** und ***Leuctra inermis*** bevorzugen zwar Bergbäche; ihre Lokalisierung im untersten Abschnitt von FWQ IV erscheint aber dennoch unabgeklärt, weil besonders die zweite Art in anderen Quellen (auch FWQ I und II) bis zum Quellmund emporsteigt. Ebenso steht die Ursache der Lokalisierung der beiden ***Rhyacophila***- und Pleetrocnemia-Arten nicht fest.

Das Fehlen von ***Centroptilum luteolum*** in A. III dürfte auf das an dieser Stelle zu hohe Gefälle und den hygropetrischen Charakter des Abschnittes zurückzuführen sein (vergl. S. 351).

## VERGLEICH DER BIOCÖNOSEN DER UNTERSUCHTEN QUELLEN.

### I. Vergleich der Biocönosen der Fischweiherquellen.

Ein Vergleich der Milieubedingungen und der Biocönosen der Fischweiherquellen[1] zeigt, daß diese nicht nur in physiographischer, sondern auch in biologischer Beziehung weitgehend miteinander übereinstimmen. Physiographiscli werden sie durch hohes Gefälle, das Vorhandensein hygropetrischer Stellen, tiefe, konstante Wassertemperatur, relativ hohen Sauerstoffgehalt, reines Wasser charakterisiert; biologisch werden sie durch die ***Cratoneuron-Arabis*** bel-

1 Dies gilt auch für Fischweiherquelle III, die im Rahmen dieser Arbeit nicht näher behandelt wurde!

*lidifolia*-Assoziation und eine bestimmte Tiergesellschaft mit vorherrschend1 krenobionten und krenophilen Arten charakterisiert. Dazu gesellen sich als krenoxene Elemente eine Reihe typischer Bachformen, die meist auf die «Mündungsstrecke» beschränkt bleiben, vereinzelt aber auch mehr oder weniger weit gegen den Quellmund hin vordringen. Alles in allem entsprechen sämtliche Fischweiherquellen dem Typus der Rheokrenen der Dolomitregion des Schweizerischen Nationalparkes.

Geringfügige Unterschiede in der Zusammensetzung der Fauna der einzelnen Fischweiherquellen werden weniger durch den Chemismus und den Temperaturgang des Wassers, als durch Unterschiede im Gefälle und in der Wasserführung bedingt, welche allerdings — wie dargelegt wurde — sekundär auch die meisten übrigen ökologisch wichtigen Faktoren beeinflussen. Es fällt auf, daß in FWQ II die Gesamtzahl der festgestellten Arten (103 Arten) wesentlich großer, daß dagegen der Prozentsatz der im ganzen Quellgebiet vorkoinmenden Arten (38 %) kleiner ist, als in FWQ I (72 Arten: 50 %) und FWQ IV (66 Arten: 58 %). Diese Unterschiede sind in erster Linie darauf zurückzuführen, daß in FWQ I die aeingetiefte Quellbachstrecke» fehlt,' weil hier die Alluvionsterrassen schmal sind und der Quellbach mit der «Schuttkegelstrecke» bis zur Ova dal Fuorn hin reicht (vergl. Fig. 37), und daß in FWQ IV die zwar vorhandene «eingetiefte Quellbachstrecke» bei den Untersuchungen nicht berücksichtigt wurde. Gerade die ueingetiefte Quellbachstreckea, die durch schwaches Gefälle und höhere Wasserführung ein besonderes Gepräge erhält, weist aber eine Reihe charakteristischer Tierarten auf, die in den anderen Abschnitten der Quellbäche fehlen (z. B. *Macropelopia* spec. [*adaucta*-Gruppe], Gerris *Costai,* Pisidium *personatum* und *casertanum,* Larven von Rana *temporaria, Salmo trutta).*

Weniger leicht zu deuten sind Unterschiede, die sich auf die Fauna von Quellbachstrecken beziehen, die in allen Fischweiherquellen vorhanden sind. Der Vergleich der graphischen Verbreitungstabellen von FWQ I und FWQ II zeigt, daß in der «Mündungsstrecke» von FWQ II verschiedene Arten leben, die in der entsprechenden Strecke von FWQ I fehlen: *Ecdyonurus* venosus, *Perlodes intricata, Capnia vidua,* Profonemura nimborum, Liponeura minor. Der ökologische Charakter dieser Arten gibt einen Hinweis auf die mutmaßliche Ursache dieses Unterschiedes: Es handelt sich durchwegs um ausgesprochen rheophile, z. T. rheobionte Bachtiere. Strömungsmessungen (vergl. S. 355) ergaben für die «Mündungsstrecke» von FWQ I einen Durchschnittswert von 0,56 m/sec. und einen Maximalwert von 1,01 m/sec.; für die «Mündungsstrecke» von FWQ II einen Durchschnittswert von 1,15 m/sec. und einen Maximalwert von 2,03 mlsec. Die Strömungsgesehwindigkeit in der «Mündungsstrecke» von FWQ II ist also infolge der stärkeren Wasserführung und des engeren Bachquerschnittes annähernd doppelt so groß, wie in der entsprechenden Strecke von FWQ I. Die in FWQ I1 festgestellten Maximalwerte entsprechen jenen von mittleren und größeren Gebirgsbächen, während die in FWQ I ermittelten Werte wesentlich tiefer bleiben. Die wichtigste Voraussetzung für die Einwanderung und Entwicklung ausgesprochen rheophiler Bachformen ist somit wohl in der «Mündungsstrecke» PWQ II, nicht aber in jener von FWQ I erfüllt. Da die beiden entsprechenden Abschnitte in bezug auf die übrigen Milieubedingungen, besonders auch den Gehalt an Sauerstoff, miteinander übereinstimmen, zeigen diese Feststellungen erneut (vergl. S. 387), daß es nicht angängig ist, die Begriffe «rheophil» und «oxyphil» einander gleichzusetzen.

Besondere Beachtung verdient die Verbreitung von 3 Trichopteren-Arten: *Philopotamus ludificatus, Tinodes dives* und *Drusus chrysotus.*

*Philopotamus ludificatus* gehört zu jenen Arten, welche in FWQ II und FWQ IV im gesamten Quellgebiet verbreitet sind. Zu optimaler Entwicklung gelangt sie im «Quellrinnsal» und im «Steilabsturz am God sur Il Fuorn». Unter Steinen und in Spalten des Felsuntergrundes liegt stellenweise Netz an Netz, und die hübschen, goldgefleckten Imagines beleben an sonnigen Tagen den «Steilabsturz am God sur Il Fuorn» zu einer Zeit, wo die Ufer der Quellbäche noch von meterhohen Schneemauern eingerahmt sind. *Philopotamus ludificatus* gehört zu den Charaktertieren von FWQ II und FWQ IV. Um so merkwürdiger erscheint die Feststellung, daß diese Art in FWQ I ein einziges Mal gefunden wurde, obwohl alle Abschnitte des Quellbaches systematisch nach ihr abgesucht wurden. Dieses vereinzelte Vorkommen in FWQ I konnte nicht restlos geklärt werden; es ist aber wahrscheinlich, daß es mit der Lebensweise der Larve in Beziehung steht: Diese ernährt sich von allerhand Detritusmaterial und kleinen Insektenlarven, die von der Strömung herbeigespült und in trichterförmigen Netzen aufgefangen werden. Die Beobachtung der Wohnstätten in FWQ II und FWQ IV legt die Vermutung nahe, da5 in FWQ I einerseits die Wucht der Strömung zu groß ist, anderseits Mangel an organischem Detritusmaterial herrscht, beides Erscheinungen, die darauf zurückzuführen sind, daß das «Quellrinnsal» und der Quellbach von PWQ I künstlich eingeengt und vertieft wurden. In FWQ II und FWQ IV sind hygropetrische Stellen zahlreicher und die *Cratoneuron-Arabis* bellidifolia-Assoziation mit ihren Moospolstern, in denen die Jugendstadien vieler Bachtiere leben und reichlich organisches Detritusmaterial gebildet wird, ist im natürlichen «Quellrinnsal» dieser Quellen üppiger entwickelt, als in FWQ I.

*Tinodes dives* wurde im «Quellrinnsal» und in der «Mündungsstrecke» voii FWQ II festgestellt; in FWQ I und FWQ IV konnte die Art nicht nachgewiesen werden (2 Imagines, die am Ufer des Quellbaches FWQ I gefangen wurden, dürften sich dorthin verflogen haben!). Ihr Fehlen in FWQ I erscheint verständlich: Die Larven von *Tinodes* leben in gewundenen Gängen, die aus Sekretmasse und Sandkörnchen an der Oberseite von Steinen gebaut werden, an hygropetrischen Stellen; schwieriger zu erklären ist ihr Fehlen in FWQ IV, wo besonders am «Steilabsturz am God sur Il Fuorn» Stellen mit hygropetrischem Charakter und dementsprechend auch euhygropetrische Tierformen *(Orphnephila testacea!)* vorkommen.

In FWQ II gelangt die Art im «Quellrinnsal» zu optimaler Entwicklung; in der «Mündungsstrecke» wurden nur wenige Exemplare gefunden; am «Steilabsturz arn God sur Il Fuorn» fehlt sie auch in dieser Quelle. Diese Tatsache deutet darauf hin, daß die Verbreitung der Art nicht nur vom Vorhandensein hygropetrischer Stellen, sondern in zweiter Linie auch noch von anderen Faktoren abhängig ist. Im «Quellrinnsal» FWQ II bauen die Larven von *Tinodes* ihre Gänge mit Vorliebe an der Oberfläche des hier durch die Wassererosion zu Tage geförderten Muschelkalkes, also auf anstehendem Fels, der von einer diinnen Wasserschicht überrieselt wird. Die in der Definition von THIENEMANN (147)[2] gestellten Bedingungen sind also hier in «klassischer» Weise erfüllt, was in den übrigen Abschnitten von FWQ II und den anderen Fischweiherquellen nicht der Fall ist: Kleinere und größere Steine, die z. T. über das

[2] «Die hygropetrische Fauna ist die Tierwelt der von dünner Wasserschicht überspülten Felsen» (147).

Wasser hinausragen, z. T. vollständig überspült werden, sind zwar besonders am «Steilabsturz am God sur Il Fuorn» in allen Quellen vorhanden; ausgedehnte Platten oder anstehender Fels fehlen aber. Diese Feststellungen deuten darauf hin, daß die Larven von ***Tinodes dives*** noch weitgehender stenotop sind, als die Larven von *Orphnephila testacea:* Sie sind in ihrem Vorkommen an echt hygropetrische Stellen gebunden, während sich diese auch in Biotopen mit weniger ausgesprochenen Milieubedingungen entwickeln. Dieser Feststellung widersprechen allerdings die Beobachtungen anderer Autoren: So berichtet GEIJSKES (55), daß sich *Tinodes dives* nicht nur an hygropetrischen Stellen, sondern auch «an fast oder ganz über das Wasser hinausragenden Steinen» im Röserenbach entwickelt. Dieser Widerspruch läßt sich vielleicht klären, wenn nach dem Grund der Lokalisierung der Art in FWQ II geforscht wird: Am «Steilabsturz am God sur Il Fuorn» liegen die Steine im steilen Bachbett lose aufeinander; schon geringfügige Änderungen des Wasserstandes (bei starken Niederschlägen!) oder Erschütterungen durch Wild (vergl. S. 376) genügen, um sie ins Rutschen zu bringen. Es ist denkbar, daß die leicht beweglichen Larven von *Orphnephila* sich diesen wenig stabilen Verhältnissen durch Wechsel ihres Standortes anpassen können, daß dagegen die Larven von *Tinodes,* die in ihren Gängen weitgehend ortsgebunden sind, diese Möglichkeit nicht besitzen und sich deshalb in diesem Abschnitt nicht halten können. Nicht das Vorhandensein von anstehendem, sondern das Vorhandensein von feststehendem Stein und Fels wäre somit die entscheidende Voraussetzung für das Vorkommen. von ***Tinodes dives.***

*Drusus discolor* und *Drusus chrysotus* haben in den Fischweiherquellen folgende Verbreitung: Die erste Art ist in FWQ I und FWQ II in sämtlichen Quellbachabschnitten häufig, sie fehlt dagegen in FWQ IV; die zweite Art ist in FWQ IV nicht selten, scheint dagegen in FWQ I und FWQ II zu fehlen oder doch nur ganz vereinzelt vorzukommen (in FWQ I wurde ein einziges leeres Puppengehäuse gefunden, in FWQ II ein am Ufer ruhendes Weibchen!). Die beiden Arten vikarieren also gewissermaßen, wobei sie sich allerdings nicht restlos ausschließen. Die Ursache dieser eigentümlichen Feststellung ist unabgeklärt. Weil beide Arten in «ihren» Quellen in sämtlichen Abschnitten, vom Quellmund bis zur Einmündung in den Hauptbach, ausreichende Lebensbedingungen finden, scheinen sie hinsichtlich des Substrates, der Strömungsgeschwindigkeit, Wassertiefe, Temperatur relativ große ökologische Valenz zu besitzen; es liegt nahe, die Ursache ihrer Beschränkung auf einzelne Quellen in konstanten Unterschieden des Chemismus zu suchen. FWQ IV zeichnet sich gegenüber den beiden anderen Fischweiherquellen durch höhere Karbonathärte und etwas tiefere Sulfathärte aus (vergl. S. 373). Die Frage, ob dieser Unterschied im Chemismus als Ursache des eigentümlichen Verbreitungsbildes der beiden *Drusus*-Arten in Betracht kommt, bleibt aber vorerst offen.

## II. Die Biocönosen der God dal Fuornquelle und der Fischweiherquellen.

Um Einblick in die Beziehungen der Fauna der God dal Fuornquelle und der Fisehweiherquellen zu gewinnen, sollen die festgestellten Arten nach ihrer Verbreitung in drei Gruppen geteilt werden:

1. ***Arten, die sowohl in der God dal Fuornquelle, als auch in den Fischweiherquellen vorkommen,***
2. ***Arten, die in der God dal Fuornquelle vorkommen, aber in den Fischweiherquellen fehlen,***

### 3. *Arten, die in den Fischweiherquellen vorkommen, aber in der God dal Fuornquelle fehlen.*

#### 1. *Die Arten, die sowohl in der God dal Fuornquelle, als auch in den Fischweiherquellen vorkommen:*

Es sind 43 Arten, d. h. 45 % aller Arten von GFQ I und 3% aller Arten der Fischweiherquellen. Diese Zahl ist verhältnismäßig groß, wenn man berücksichtigt, wie stark die Milieubedingungen dieser Gewässer voneinander abweichen.

Nicht alle 43 Arten sind aber eurytop:

13 Arten gehören der Fauna liminaria an: Sie sind in ihrer Verbreitung weitgehend von den chemisch-physikalischen Bedingungen der Gewässer unabhängig und werden nur durch ein bestimmtes Feuchtigkeitsbedürfnis an das Wasser gebunden. Es ist klar, daß diese Arten sowohl in den sauerstoffreichen Rheokrenen am God sur Il Fuorn, als auch im Quellbach der sauerstoffarmen Limnokrene am God dal Fuorn im Moos der Uferregion ausreichende Lebensbedingungen finden:

| | |
|---|---|
| *Oligochaeta:* | ***Eiseniella tetraedra*** |
| | ***Lumbricus rubellus*** |
| | ***Lumbricus terrestris*** |
| *Insecta:* | |
| *Coleoptera:* | ***Lesteva monticola*** |
| | ***Lesteva longelytrata*** |
| *Diptera:* | ***Ephelia*** spec. I |
| | ***Pedicia rivosa*** |
| | ***Dicranota*** spec. I und II |
| | ***Tipula*** spec. I |
| | ***Hermione*** spec. (Larven, Typus wie ***calceata*** nach Lenz, 1923). |
| | ***Hermione cf.*** Meigeni-Typus |
| | ***Hoplodonta viridula*** |
| *Mollusca:* | ***Galba truncatula.*** |

Interessanter für die Beurteilung der Beziehungen zwischen Milieubedingungen und Verbreitung der Fauna sind die ausgesprochen aquatischen Formen. Von diesen leben aber 7 Arten in GFQ I ausschließlich in der «Mündungsstrecke» und im «Unterlauf», also in jenen Abschnitten des Quellbaches, deren Milieubedingungen weitgehend mit jenen der Fischweiherquellen übereinstimmen. Diese Arten sind nur in bezug auf die Gesamthärte und den Sulfatgehalt des Wassers eurytop:

| | |
|---|---|
| *Turbellaria:* | ***Planaria alpina*** |
| *Insecta:* | |
| *Ephemeroptera:* | ***Ecdyonurus venoszzs*** |
| *Plecoptera:* | ***Dictyogenus fontium*** |
| | ***Chloroperla rivulorum*** |
| | ***Protonernura nitida*** |
| | ***Nemura sinuata*** |
| | ***Nemura Mortoni*** |

Vier aquatische Formen sind in beiden Quellgebieten auf bestimmte engbegrenzte Abschnitte lokalisiert: Sie sind stenotop:

*Insecta:*

| | |
|---|---|
| *Hemiptera:* | ***Gerris** Costai* |
| *Coleoptera:* | ***Haliplus ruficollis*** |
| ***Diptera:*** | *Macropelopia* spec. (adaucta-Gruppe) |
| ***Amphibia:*** | ***Rana** temporaria* (Larven). |

Es handelt sich um lenitische Formen, welche in GFQ I nur im «Quellweiher» und oberen Teil des Quellbaches, in den Fischweiherquellen nur in der «eingetieften Quellbachstrecken von FWQ II leben.

Von den 43 Arten, die sowohl in der God dal Fuornquelle, als auch in den Fischweiherquellen nachgewiesen wurden, leben nur wenige nicht nur im «Unterlauf», sondern auch im «Oberlauf» von GFQ I:

*Insecta:*

| | |
|---|---|
| ***Ephemeroptera:*** | ***Baetis*** spec. |
| ***Plecoptera:*** | *Leuctra **Braueri*** |
| *Trichoptera:* | ***Rhyacophila vulgaris*** |
| | ***Plectrocnemia conspersa*** |
| | ***Drusus discolor*** |
| *Coleoptera:* | ***Helodes*** spec. ***(aff. minutus)*** |
| *Diptera:* | ***Simulium latipes*** |
| | ***Eutanytarsus inermipes*-Gruppe** |
| | ***Trichocladius sylvaticus.*** |

Nur diese Arten sind ausgesprochen eurytop, indem ihre Reaktionsbreite in bezug auf Gesamthärte und Sauerstoffgehalt groß ist.

2. *Die Arten, die in der God **dal Fuornquelle** vorkommen, aber in den **Fischweiherquellen** fehlen:*

53 Arten sind in ihrer Verbreitung auf die God dal Fuornquelle beschränkt. Mehr als die Hälfte (55%) aller Arten, die in der GFQ I festgestellt wurden, fehlen also in den gegenüberliegenden Fischweiherquellen. Dieser hohe Prozentsatz erklärt sich ohne weiteres aus dem Lirnnokrenen-Charakter von GFQ I. Tatsächlich erweisen sich die meisten der in Frage kommenden Arten als limnokrenobiont oder limnokrenophil. Nicht der Unterschied des Chemismus, sondern die Art des Austrittes des Wassers aus dem Boden, bedingt somit das Fehlen zahlreicher Arten in den Fischweiherquellen:

| | |
|---|---|
| ***Oligochaeta:*** | ***Tubifex tubifex*** |
| | ***Lumbriculus variegatus*** |
| *Crustacea:* | ***Cyclops serrulatus*** |
| | ***Cyclops vernalis*** |
| | ***Cypria ophthalmica*** |
| | ***Cyclocypris ovum*** |
| *Insecta:* | |
| *Odonata:* | ***Aeschna*** spec. |
| | *Somatochlora **alpestris*** |

| | |
|---|---|
| *Coleoptera:* | ***Hydroporus melanocephalus*** |
| | ***Hydroporus nigrita*** |
| | ***Hydroporus nivalis*** |
| | ***Hydroporus memnonius*** |
| | ***Agabus bipustulatus*** |
| | ***Agabus Solieri*** |
| | ***Agabus Sturmi*** |
| | ***Anacaena globulus*** |
| | ***Laccobius minutus*** |
| | ***Limnebius truncatellus*** |
| *Diptera:* | ***Aedes pullatus*** |
| | ***Ablabesmyia*** spec. |
| | ***Ablabesmyia*** spec. *(tetrasticta*-Gruppe) |
| | ***Procladius*** spec, |
| | ***Macropelopia*** spec. |
| | ***Macropelopia punctata*** |
| | ***Chironomus dorsalis*** |
| | ***Paratanytarsus*** spec, |
| | ***Prodiamesa olivacea*** |
| | ***Probezzia bicolor*** |
| | ***Bezzia annulipes*** |
| | ***Culicoides albicans*** |
| | ***Dasyhelea*** spec. |
| | ***Stratiomyia*** spec. |
| | ***Stratiomyia chamaeleon*** |
| *Amphibia:* | ***Molge alpestris.*** |

Der Lininokrenen-Charakter von GFQ I spiegelt sich vor allem in der Verbreitung der ***Chironomiden*** wider: Alle[3] Arten der ***Tanypodinae und Chiromoninae-Chironomariae*** sind auf die God dal Fuornquelle lokalisiert; Vertreter der ***Chironominae Tanytarsariae*** finden wir sowohl in GFQ I, als auch in den Fischweiherquellen; die ***Orthocladiinae*** sind im Quellweiher GFQ I selten, sie werden im Quellbach GFQ I etwas zahlreicher und gelangen in den Fischweiherquellen und ihren Quellbächen zu optimaler Entwicklung.

Der ökologische Charakter der in GFQ I lebenden ***Chironomiden*** zeigt aber auch, daß der Limnokrenen-Charakter von GFQ I als solcher nicht ausreicht, um die tiefgreifenden Unterschiede in den Biocönosen der God dal Fuornquelle und der Fischweiherquellen zu schaffen, sondern daß der eutrophe Charakter des Quellweihers, neben dem Fehlen der Strömung, von ausschlaggebender Bedeutung ist.

Nur wenige Arten, die in der GFQ I vorkommen, aber in den Fischweiherquellen fehlen, sind keine Stillwasserformen. Auffallend ist die Beobachtung, daß das Charaktertier des Quellbaches GFQ I, ***Nemurella Picteti,*** in keiner Fischweiherquelle nachgewiesen werden konnte. Der Grund dieser eigentümlichen Verbreitung steht nicht fest. Die Unterschiede im Chemismus dürften keine entscheidende Rolle spielen; eher dürfte sich das Fehlen von Schlammablagerungeri in den «Quellrinnsalen» der Rheokrenen am God sur Il Fuorn negativ auswirken.

[3] Einzig eine *Macropelopia*-Art der *adaucta*-Gruppe wurde auch in PWQ II nachgewiesen (vergl. S. 400).

*3. Die Arten, die in den* ***Fischweiherquellen*** *vorkommen, aber in der God dal Fuornquelle fehlen:*

**67 Tierarten konnten nur in den Fischweiherquellen nachgewiesen werden; mehr als die Hälfte (62 %) aller Arten, die in diesen Quellen festgestellt wurden, fehlen also in der God dal Fuornquelle und in ihrem Quellbach. Es handelt sich um die folgenden Arten:**

| | |
|---|---|
| ***Oligochaeta:*** | *Lumbricus* ***terrestris*** |
| ***Hydracarina:*** | *Protzia alpina* |
| | *Sperchon violaceus* |
| | *Lebertia* ***(Ps.)*** *Zschokkei* |
| | ***Feltria rubra*** |
| *Insecta:* | |
| ***Ephemeroptera:*** | *Rhithrogena semicolorata* |
| | *Rhithrogena alpestris* |
| | ***Centroptilum*** *luteolum* |
| *Plecoptera:* | ***Perlodes*** *intricata* |
| | ***Capnia*** *vidua* |
| | *Leuctra* ***cylindrica*** |
| | *Leuctra* ***Rosinae*** |
| | *Leuctra prima* |
| | *Leuctra alpina* |
| | *Leuctra* **spec.** |
| | *Leuctra* ***armata*** |
| | *Leuctra inermis* |
| | *Protonernura lateralis* |
| | *Protonemura* ***nimborum*** |
| | *Nemura obtusa* |
| ***Hemiptera:*** | *Saldula* ***c-album*** |
| *Trichoptera:* | *Rhyacophila tristis* |
| | *Rhyacophila* ***intermedia*** |
| | *Rhyacophila* **spec. spec.** |
| | ***Rhyacophila*** **spec. (Gruppe** *tristis)* |
| | *Rhyacophila* **spec. (y nach** *Yrawany)* |
| | *Rhyacophila* **spec.** *(Albardana?)* |
| | ***Rhyacophila*** **spec.** *(Meyeri?)* |
| | *Rhyacophila Meyeri* |
| | ***Philopotamus*** *ludificatus* |
| | *Plectrocnemia* **spec.** |
| | ***Tinodes*** *dives* |
| | *Stenophylax* ***latipennis*** |
| | *Halesus* **(?) spec.** |
| | *Metanoea* ***flavipennis*** |
| | *Drusus chrysotus* |
| | *Drusus monticola* |
| | *Lithax* ***niger*** |
| | *Micrasema tristellum* |
| *Coleoptera:* | *Stenus glacialis* |
| | *Lesteva* ***pubescens*** |

| | |
|---|---|
| *Diptera:* | ***Liponeura*** *minor* |
| | ***Dicranomyia*** spec. |
| | *Tipula* spec. II |
| | *Dixa obsoleta* |
| | *Dixa* ***sobrina*** |
| | *Simulium costatum* |
| | *Simulium tredecimatum* |
| | *Eutanytarsus* ***gregarius***-Gruppe, mit auffallend hohem Herzbuckel |
| | ***Trichocladius Nadigi*** |
| | ***Rheorthocladius saxicola*** |
| | *Euorthocladius* ***rivicola*** |
| | *Eukie****feriella*** *lobulifera* |
| | *Eukiefferiella****minor*** |
| | *Parametriocnemus* ***stylatus*** |
| | *Diamesa* ***Thienemanni*** |
| | ***Syndiamesa*** spec. spec. |
| | *Syndiamesa* sp. ***cfr. hygropetrica*** |
| | ***«Syndiamesa»*** *pubitarsis (= Branickii)* |
| | *Hermione amoena* |
| | *Hermione* ***engadina*** |
| | *Hermione* ***locuples*** |
| | Gen. spec. |
| | ***Orphnephila*** *testacea* |
| *Pisces:* | *Salmo trufta.* |

Für das Fehlen einer Art an irgend einem Biotop gibt es nach **HEROLD** (61)[4] vier Gründe:

1. *der historische* ***Grund,***
2. *der* ***chorologische*** *Grund,*
3. *der topographische Grund,*
4. *der ökologische* ***Grund.***

Für das Fehlen der aufgezählten 67 Arten in GFQ I fallen der historische und chorologische Grund von vornherein außer Betracht. Denn die God dal Fuornquelle liegt im gleichen Gebiet und auf gleicher Meereshöhe, wie die Fischweiherquellen (Entfernung in der Luftlinie gemessen: 500—800 m!) und die in Frage kommenden Arten sind weit über das Gebiet des Nationalparkes hinaus verbreitet. Auch der dritte Grund kommt für das Fehlen dieser Arten nicht in Betracht: topographische Hindernisse, welche verbreitungshemmend wirken könnten, fehlen; rheophile Formen können aus der Ova dal Fuorn durch die «Mündungsstrecke» in den Quellbach einwandern, und die heterocänen Insekten haben die Möglichkeit, die sich bietenden Geländehindernisse im Imaginalzustand fliegend zu überwinden. Als Ursache für das Fehlen der 67 Arten in GFQ I kommt deshalb nur der ökologische Grund in Betracht.

Diese Feststellung wirkt nicht überraschend, wenn wir die extremen Milieubedingungen von GFQ I berücksichtigen. Die Frage, welche dieser Bedingungen für das Fehlen einer Art entscheidend wirkt, ist aber im Einzelfall schwer zu beantworten, um so mehr als in manchen Fällen nicht einzelne Faktoren,

[4] Vergl. BREHM, Limnologie, S. 109.

sondern Faktorenkomplexe dafür verantwortlich sein dürften. Erschwerend wirkt ferner der Umstand, daß bei den heterocönen Insekten nicht nur die Lebensbedingungen im Quellbach, sondern auch diejenigen des Lebensraumes der Imagines eine Rolle spielen und berücksichtigt werden müssen. Es erscheint nicht ausgeschlossen, daß gewisse Unterschiede in der Zusammensetzung der Biocönosen der God dal Fuorn- und Fischweiherquellen darauf zurückzuführen sind, daß die Imagines gewisser Arten nur an dem nach Süden exponierten God sur Il Fuorn die zum Leben und zur Fortpflanzung notwendigen Bedingungen finden, nicht aber am schattigen, feuchten God dal Fuorn. Daß zum mindesten zwischen den lokalklimatischen Verhältnissen und der Periodizität Beziehungen bestehen, geht daraus hervor, daß z. B. *Philopotamus ludificatus* und einige Plecopteren am God sur Il Fuorn bereits im April zur Metamorphose schreiten, zu einer Zeit, wo der Hang des God dal Fuorn samt der «Wiesenstrecke» des Quellbaches GFQ I unter tiefem Schnee begraben liegt.

Wichtig ist bei der Prüfung dieses ganzen Fragenkomplexes das LIEBIG'sche Gesetz vom Minimum, das von THIENEMANN als «Wirkungsgesetz der Umweltsfaktoren» in die folgende Form gefaßt wurde: «Diejenigen Umweltsfaktoren bestimmen die Entwicklung eines Organismus in einem Biotop (von 0 bis zur maximalen Entfaltung), die dem Entwicklungsstadium eines Organismus, das die kleinste ökologische Valenz besitzt in der am meisten vom Optimum abweichenden Quantität oder Intensität zur Verfügung stehen».

Welche Faktoren weichen in GFQ I derart vom Optimum ab, daß sie jenseits der Grenzen der ökologischen Valenz von 67 Arten liegen und deshalb die Einwanderung und Entwicklung dieser Arten in GFQ I verunmöglichen?

Die Temperatur des Wassers kommt als verbreitungshemmender Faktor nicht in Betracht: Die täglichen und jährlichen Temperaturschwankungen sind zwar in der «Mündungsstrecke» etwas höher als in den Fischweiherquellen; die festgestellte Maximaltemperatur von 12,5° liegt aber noch unter der oberen Grenze der ökologischen Valenz kaltstenothermer Arten (THIENEMANN konnte z. B. *Planaria alpina* noch bei Temperaturen von 22,5° feststellen!).

Auch die Strömungsverhältnisse und die Wasserführung kommen als Ursache für das Fehlen dieser Arten nicht in Frage, da sie in ähnlichen Grenzen variieren, wie in den Fischweiherquellen. Einzig das Fehlen von *Liponeura, Perlodes* und anderen rheobionten Arten, die auch in den Fischweiherquellen nur in der «Mündungsstrecke» von FWQ II ihr Fortkommen finden, könnte mit der zu schwachen Stromgeschwindigkeit in der «Mündungsstrecke» von GFQ I in Beziehung stehen. Die Frage, ob dieser Faktor aber entscheidend wirkt, oder ob diese rheobionten Arten durch andere Faktoren, die noch stärker vom Optimum abweichen, von der Besiedelung des Quellbaches GFQ I ausgeschlossen werden (z. B. die hohe Gesamthärte!), wurde nicht abgeklärt.

Die Wasserstoffionenkonzentration, die Karbonathärte, der Gehalt an Eisen, Nitraten, Chloriden stimmen in GFQ I und den Fischweiherquellen annähernd überein. Auch diese Faktoren können für das Fehlen der fraglichen Arten nicht verantwortlich sein.

Eine Sonderstellung nimmt die God dal Fuornquelle gegenüber den Fischweiherquellen in bezug auf ihren Sauerstoffgehalt ein. An anderer Stelle wurde gezeigt, daß dieser Sauerstoffgehalt auch tatsächlich für die Verbreitung der Organismen innerhalb der Quelle selbst von ausschlaggebender Bedeutung ist; als Ursache für das vollständige Fehlen von 67 Arten,

kommt dieser Faktor aber ebenfalls nicht in Betracht. Denn der Sauerstoffgehalt ist nur im Tiefenwasser und «Oberlauf» des Quellbaches klein; in der «Mündungsstrecke» erreicht er aber den Sättigungsgrad, ohne daß deshalb die fraglichen Arten auftreten würden.

Botanisch sind sowohl die Fischweiherquellen, als auch die God dal Fuornquelle durch das Auftreten der *Cratoneuron-Arabis bellidifolia*-Assoziation gekennzeichnet. Diese Assoziation ist zwar in den sonnigen Fischweiherquellen üppiger entwickelt; die *Cratoneuron*-Polster, die als Lebensstätte zahlreicher Moosformen und vieler Jugendstadien der Steinfauna bedeutungsvoll sind, fehlen aber auch im Quellbach von GFQ I nicht.

Unterschiede zwischen der God dal' Fuornquelle und den Fischweiherquellen ergeben sich hinsichtlich des Substrates und der Gestalt des Bachbettes: Hygropetrische Stellen fehlen in GFQ I; zwar breitet sich der Quellbach GFQ I im Bereich der «Quellausweitung» auch flächenhaft nach der Seite hin aus, da aber das Gefälle in diesem Abschnitt noch verhältnismäßig klein ist, hat die «Quellausweitung» den Charakter eines schlammigen Quellsumpfes, der sich wohl zur Ansiedelung von Vertretern der Fauna liminaria, aber nicht zur Entwicklung der Fauna hygropetrica eignet. Das Fehlen zahlreicher Vertreter dieser Tiergesellschaft scheint mit dieser Feststellung erklärt zu sein. Wie bei der Strömungsgeschwindigkeit, muß aber auch hier noch abgeklärt werden, ob der Mangel an hygropetrischen Stellen entscheidend wirkt, d. h. ob die übrigen Bedingungen zur Entwicklung der fraglichen Arten ausreichen würden, oder ob andere Faktoren derart vom Optimum abweichen, daß diese Arten auch beim Vorhandensein hygropetrischer Stellen, von der Besiedelung des Quellbaches ausgeschlossen würden.

Der einzige wirklich entscheidende Unterschied in den Milieubedingungen kommt durch die ungewöhnlich hohe Gesamthärte und den hohen Sulfatgehalt von GFQ I zustande. Dieser Unterschied bezieht sich nicht nur auf den Quellweiher und «Ausfluß», sondern auch auf den gesamten Quellbach bis zu seiner Einmündung in die Ova dal Fuorn. Unsere Kentnisse über die Beziehungen zwischen den Organismen und der Gesamthärte (Sulfathärte) des Wassers sind spärlich. Im vorliegenden Fall ist man geneigt, diesen Faktoren entscheidende Bedeutung beizumessen. Der Beweis, für die Richtigkeit der Annahme, daß die hohe Gesamthärte und der hohe Sulfatgehalt entscheidend für das Fehlen zahlreicher Arten wirken, ist aber nicht erbracht. Dieses Problem soll durch künftige Untersuchungen abgeklärt werden. Durch Aussetzen von Larven in geräumigen Drahtkäfigen an verschiedenen Stellen des Quellbaches, sollen die einzelnen Faktoren auf ihre ökologische Bedeutung hin und die einzelnen Arten auf ihre Reaktionsbreite in bezug auf Sauerstoff- und Sulfatgehalt des Wassers geprüft werden. Die Abklärung der Frage, wie die einzelnen Faktoren auf die Organismen einwirken, gehört dagegen bereits in den Aufgabenkreis des Physiologen und nicht mehr des Hydrobiologen.

## Methodik.

1. *Wasserentnahme:* Das Schöpfen von Wasser, das zur Bestimmung des Gehaltes an gelösten Gasen verwendet werden soll, hat bekanntlich so zu erfolgen, daß eine Vermischung des Wassers mit der in der Schöpfflasche vorhandeneri Luft ausgeschlossen wird.

a) In den Fischweiherquellen und im Quellbach von GFQ I wurde bei der Wasserentnahrne die folgende, einfache Apparatur angewendet: Eine WINKLER'sche Flasche vorl ca. 250 ccm wird mit einem zweimal durchbohrten, neuen Gummistopfen verschlossen. Durch die beiden Löcher werden Glasröhren eingeführt, welche am oberen Ende rechtwinklig umgebogen sind. Die eine Röhre reiclit bis auf den Boden der Flasche, die andere nur bis zum unteren Rand des Gummistopfens. An der längeren Röhre wird ein ca. 30—50 crn langer Gummischlauch befestigt, der in einem kurzen U-förmig gebogenen Glasrohr endigt; an der kurzen Röhre wird ein mehrere Meter langer Gummischlauch befestigt. In das Ende dieses Schlauches wird ein Saugmundstiick gesteckt. Beide Schläuche werden in der Nähe der Flasche mit Quetschhähnen verseheri. Bei der Probeentnahme verfährt man folgendermaßen: Die Flasche wird iri der Nähe des Entnahmeortes aufgestellt. Beide Quetschhähne werden geöffnet. Der kiirzere Schlauch mit dem U-förmigen Rohr (dieses verhindert das Ansaugen von Detritus usw.!) wird in die gewünschte Tiefe ins Wasser eingetaucht. Der lange Schlauch wird so hingelegt, daß sein Ende mit dem Mundstück an einer tieferen Stelle des Quellbaches liegt. Nun wird durch den kurzen Schlauch so lange Wasser in die Flasche gesaugt, bis diese vollständig gefüllt ist und das Wasser durch den langen Schlauch abfließt. Sobald die ganze Apparatur mit Wasser gefüllt ist, wird die Flasche nach dein Prinzip eines Saughebers selbsttätig durchgespült, wobei das Wasser die Flasche langsam von unten nach oben durchfließt und dabei die darüberliegenden Wasserschichten verdrängt. Nach 10 Min. werden beide Quetschhähne verschlossen: dann wird der Stopfen aus dem Flaschenhals gelöst, das an Stelle des Stopfens fehlende Wasser wird ersetzt, indem der kurze Schlauch hochgehalten und dann der Quetschhahn an diesem Schlauch geöffnet wird. Hierauf wird der Stopfen mit Glasröhren und Schläuchen entfernt, und das Wasser wird iri der Entnahmeflasche selbst mit den WINKLER'schen Reagenzien versetzt.

Diese einfache Methode lieferte durchaus befriedigende Resiiltate. Kontrollversuche im Laboratorium ergaben, daß auch bei geringer Fließgeschwindigkeit schon nach 5 Miii. von einer Beeinflussung des gescliöpften Wassers durch die anfänglich in der Flasclie vorhandene Luft keine Rede mehr sein kann. Diese Methode hat zudem den Vorteil, daß das Wasser genau von der gewünschten Stelle stammt, was besonders bei kleineren Quellen bedeutungsvoll ist, wo der Saiierstoffgehalt schon wenige Meter unter dem Quelloch höher sein kann als in diesem selbst. Diese Methode hat den Nachteil, daß sie nur dann angewendet werden kann, wenn das Gefälle nicht zu klein ist.

b) Im Weiher und Ausfluß der God dal Fuornquelle wurde zu Beginn der Untersuchungen die MEYER'sche Schöpfflasche verwendet. Sie ergab — wie zu erwarten war — zu hohe Sauerstoffwerte.

Da mir einer der bekannten Schöpfapparate nicht zur Verfügung stand, baute ich mir selbst die folgende einfache Apparatur: Auf eiiiern Hartholzteller

werden nebeneinander 3 WINKLER'sche Flaschen (von 250 ccm) mit Hilfe von Schrauben und Gummischlaufen befestigt. Jede dieser Flaschen wird wie die auf S. 414 beschriebene Flasche mit einem Gummistopfen, in welchem zwei Glasröhren stecken verschlossen. Die Flaschen werden durch kurze Gummischläuche derart verbunden, daß die kurze Röhre der ersten Flasche mit der langen der zweiten und die kurze der zweiten mit der langen der dritten Flasche kommuniziert. Die lange Glasröhre der ersten Flasche wird über dem Gummistopfen nach unten umgebogen und mit einem ca. 40 cm langen Schlauchstück verbunden, das neben dem Holzteller frei ins Wasser hinabhängt. Das nicht umgebogene obere Ende der kurzen Glasröhre der dritten Flasche wird mit einem ca. 3% m langen Gummischlauch verbunden. Dieser Schlauch trägt an seinem distalen Ende einen Quetschhahn. Die ganze Apparatur wird mit einer Bleiplatte beschwert.

Bei der Probeentnahme verfährt man folgendermaßen: Die Apparatur wird an einem Seil mit einer Haspel in den Weiher versenkt. Dabei wird das freie Ende des langen Schlauches, der durch den Quetschhahn geschlossen ist, über dem Wasserspiegel festgehalten. Wenn die Apparatur die gewünschte Tiefe erreicht hat, wird der Quetschhahn am langen Schlauch vorsichtig geöffnet: Das Wasser wird nun langsam in die WINKLER'schen Flaschen gepreßt und die Luft entweicht durch den langen Schlauch. Da drei Flaschen hintereinander angeordnet sind, wird das Wasser in der ersten Flasche zweimal erneuert. Kontrollversuche mit sauerstoffreiem Wasser ergaben, daß bei dieser Anordnung das Wasser in der ersten Flasche zuletzt vollständig rein ist.

Bei der Wasserentnahme in geringen Tiefen oder an der Oberfläche reicht der Druck nicht aus, um die Luft aus den Flaschen zu verdrängen. Es erwies sich als notwendig, das Wasser durch die drei Flaschen hindurchzusaugen. Um eine Verwischung der an der Oberfläche im Sommer scharf ausgeprägten Schichtung zu verhindern, wurde dabei der Holzteller mit den Flaschen gar nicht ins Wasser versenkt; in den von der ersten Flasche frei herabhängenden Schlauch wurde eine ca. 50 cm lange, dickwandige Glasröhre gesteckt, und nur diese wurde bis zur gewünschten Tiefe (d. h. bis zu einer bestimmten Marke!) in das Wasser getaucht.

Mit dieser Apparatur wurden — wie die langjährige Erfahrung lehrte — zuverlässige Resultate erzielt. Sie beruht auf dem Prinzip des Pseudobathometers von CERNY (176) hat aber den Vorteil, daß das Wasser in der gleichen Flasche, in welcher nachher die Sauerstoffbestirnmung erfolgt, gefaßt und daß es vor der Verwendung zweimal erneuert wird.

2. Temperatur: Die Luft- und Wassertemperaturen wurden unter Beachtung der notwendigen Vorsichtsmaßregeln mit Präzisionsthermometern bestimmt. Zur Bestimmung der täglichen Temperaturschwankungen diente ein Extremthermometer.

Die Wassertemperatur in den verschiedenen Tiefen des Quellweihers GFQ I wurde auf einem kleinen Stabthermometer abgelesen, das in einer der Schöpfflaschen eingebaut wurde. Die Erfahrung und Kontrollmessungen mit Maximum- und Minimumthermometern zeigten, daß die so abgelesenen Werte bis auf 0,1° genau sind.

Die in den Tabellen eingetragenen Lufttemperaturen (L. T.) beruhen auf Messungen, die an Ort und Stelle zur Zeit der Wasserentnahme am Schatten durchgeführt wurden. Die in den Tabellen enthaltenen Minima für die vorangegangene Nacht (L. T. Min. b. Nacht) beruhen auf Messungen, welche beim Hotel «Il Fuorn» erfolgten. Kontrollmessungen ergaben, daß die Minima im Gebiet der untersuchten Quellen in der Regel etwas tiefer liegen.

3. *Ergiebigkeit:* Die angewendete Methode ist primitiv und vermag nur einen Anhaltspunkt von der Ergiebigkeit der Quellen und der Wasserführung der Quellbäche zu geben: An geeigneten Stellen wurde das Wasser möglichst gesamthaft durch ein weites Rohr (Ofenrohr) geleitet und in einem 20 l fassenden Gefäß aufgefangen. Mit einer Stoppuhr wurde die zum Füllen des Gefäßes notwendige Zeit bestimmt. Aus zahlreichen Einzelmessungen wurden Durchschnittswerte berechnet.

4. ***Strörnirng:*** Die Strömungsmessungen wurden mit einem Ott-Flügel von 6 cm Durchmesser durchgeführt. Dieses Instrument wurde mir in zuvorkommender Weise von Herrn Prof. Dr. MEYER-PETER, dem Direktor des Wasserbaulaboratoriums der Eidg. Techn. Hochschule in Zürich, zur Verfügung gestellt. Bei den Messungen waren mir Grenzwächter des Grenzwachtpostens «La Drossa» behilflich. Um brauchbare Vergleichswerte zu erhalten, wurden in den verschiedenen Quellbachabschnitten jeweilen an den Stellen stärkster, mittlerer und schwächster Strömung gleich viele Messungen durchgeführt. Aus den Ergebnissen dieser Einzelmessungen wurden dann die Maximal- und Minimalwerte ausgeschieden und die Durchschnittswerte berechnet. Ich bin mir bewußt, daß dieser Methode Mängel anhaften. Besonders die Minimal- und Durchschnittswerte erscheinen problematisch. Denn es gibt in jedem Bach Stellen, an denen die Strömungsgeschwindigkeit gleich Null, oder sogar negativ ist. Geschwindigkeiten, die unter einer bestimmten Grenze liegen, lassen sich aber mit dem Ott-Flügel aus technischen Gründen (Reibung, Eigenhöhe des Instrumentes) überhaupt nicht also in keinem Fall erfassen. Den festgestellten Werten kommt deshalb zwar keine absolute, aber doch eine relative Bedeutung zu: Sie ermöglichen Vergleiche zwischen den einzelnen Quellbachstrecken und Quellen. Biologisch wichtiger sind die Maximalwerte. Gerade in Quellbächen mit stark wechselndem Gefälle reichen diese aber zur Charakterisierung der Strömungsverhältnisse nicht aus. Denn sie können sich auf die Hauptwasserader beziehen, während in der Uferregion oder in seitlichen Rinnen die Strömungsgeschwindigkeit klein ist. In solchen Fällen spiegeln sich die tatsächlichen Verhältnisse in den Unterschieden zwischen den festgestellten Maximal- und Minimalwerten deutlicher wider: Hohe Maxima und tiefe Minima deuten auf stark wechselnde Milieubedingungen; tiefe Maxima und tiefe Minima sprechen für einheitlichen Charakter des Biotopes.

Weitere Untersuchungen sind notwendig, um entscheiden zu können, in wie weit die mit Ott-Flügeln bestimmten Strömungswerte zur Charakterisierung der verschiedenen Gewässertypen verwendet werden können. Der Beweis, daß die Beziehungen zwischen der Verbreitung einzelner Arten und der Strömungsgeschwindigkeit in den mit dem Ott-Flügel ermittelten Werten zahlenmäßig zum Ausdruck gelangen, wurde durch die Feststellung erbracht, daß in der «Mündungsstrecke» von FWQ II die höchsten Strömungswerte ermittelt wurden, und daß ausgesprochen rheobionte Arten wie *Liponeura* tatsächlich nur in diesem Abschnitt ausreichende Lebensbedingungen finden, während sie in Abschnitten mit tieferen Maximalwerten fehlen.

5. *Wasserstoffionenkonzentration:* In den beiden ersten Untersuchungsjahren wurden die pH-Messungen mit einem Folienkolorimeter nach Wulff durchgeführt. Trotz Verwendung von Spezial-Indikatorfolien für schlecht gepufferte Lösungen und den entsprechenden Vergleichs-Skalen wurden mit dieser Methode unbefriedigende Resultate erzielt. Diese Resultate wurden in der vorliegenden Arbeit nicht berücksichtigt oder aber besonders gekennzeichnet.

In späteren Jahren wurden die pH-Bestimmungen sowohl potentiometrisch als auch kolorimetrisch durchgeführt und zwar

a) *potentiometrisch:* mit einem «Ionometer» der Firma Lautenschlager in München. Dieses Instrument wurde mir in zuvorkommender Weise von Dr. BRAUN-BLANQUET zur Verfügung gestellt.

b) kolorimetrisch: nach der Methode von BRESSLAU (26).

Die potentiometrische Methode hat den Nachteil, daß sie nicht an Ort und Stelle durchgeführt werden kann. Um eine Beeinflussung des pH durch Alkaliabgabe des Glases zu verhindern wurden die Glastuben mit dem Untersuchungswasser nach dem Beispiel von SUCHLANDT (128) auf der Innenseite paraffiniert.

6. Sauerstoff: Im ersten Untersuchungsjahr wurden alle Sauerstoffbestimmungen nach dem ursprünglichen Winkler'schen Verfahren durchgeführt Dieses Verfahren liefert aber bekanntlich nur dann genaue Werte, wenn keine leicht oxydierbaren Substanzen im Wasser vorhanden sind. Störend wirken Schwefelwasserstoff, salpetrige Säure und ihre Verbindungen, Eisen und organische Stoffe, Die Erfahrungen des ersten Untersuchungsjahres zeigen denn auch, daß das WINKLER'sche Verfahren in den Fischweiherquellen genaue, im Wasser des Quellweihers GFQ I aber zu tiefe Sauerstoffwerte lieferte,

Von den zahlreichen Korrektionsverfahren wurde die Brom-Salicylsäuremethode von ALSTERBERG angewendet. Um Vergleichswerte zu erhalten wurden an allen Entnahmestellen stets zwei Wasserproben geschöpft und nach beiden Methoden untersucht. Es zeigte sich dabei, daß die Methode von ALSTERBERG Werte ergibt, welche bis zu 0,12 ccm höher liegen als die mit dem WINKLER'schen Verfahren gewonnenen Werte. Wie wichtig ähnliche Unterschiede für die ökologische Beurteilung eines Gewässers sind, geht daraus hervor, daß die WINKLER'sche Methode zur irrigen Auffassung führte, das Tiefenwasser des Quellweihers GFQ I sei vollständig sauerstoffrei, während es tatsächlich jahraus jahrein wenigstens Spuren von Sauerstoff enthält.

MAUCHA (96) und OHLE (110) weisen darauf hin, daß die Methode von ALSTERBERG brauchbare Werte liefert, wenn das Wasser nicht allzustark mit organischen Substanzen verunreinigt ist; in Abwässern reicht das Brom zur Oxydation der vorhandenen organischen Substanzen nicht aus und die Oe-Werte sind stets um einige Prozente zu klein, «wenn auch der Fehler gegenüber dem Originalverfahren von WINKLER verringert wird» (110). Aber selbst in Wässern, die wenig organische Substanzen enthalten, sind — nach OHLE — die mit dem Bromierungsverfahren von ALSTERBERG gewonnenen Werte nicht genau. Sie fallen etwas zu hoch aus und zwar aus folgenden Gründen:

a) Wenn im Wasser Mangano-Ionen vorhanden sind, werden diese durch die Bromierung in Mangani-Ionen übergeführt und diese wirken oxydierend auf das KJ. Die der Manganmenge äquivalente Sauerstoffmenge wird als Korrektionswert ß bezeichnet.

b) Das zugefügte Brom bildet besonders unter der Einwirkung von Licht mit dem Wasser Bromwasserstoff und unterbromige Säure. Diese zerfällt leicht in HBr und $O_2$. Die durch diesen Prozeß entstehende 08-Menge wird als Korrektionswert γ bezeichnet,

c) Als Korrektionswert δ wird der Sauerstoffgehalt der WINKLER'schen Reagenzien bezeichnet.

Zur Ermittlung und Ausscheidung dieser drei Korrektionswerte schlägt OHLE sein «Bromierungsverfahren mit Differenzbeotimmung (= Brom-Differenzver-

fahren)» vor. Dieses Verfahren beruht darauf, daß zwei Flaschen mit Probewasser gefüllt werden; während aber die erste in normaler Weise nach der Methode von ALSTERBERG weiterbehandelt wird, wird die zweite zwar mit Br, Salicylsäure, KJ (in fester Form) und Phosphorsäure, nicht aber mit den WINKLER'schen Reagenzien versetzt. Beide Proben werden mit Natriumthiosulfat titriert. Die Differenz der Titrationsergebnisse entspricht nach OHLE dem Sauerstoffgehalt des Wassers, indem das Titrationsergebnis der zweiten Probe die Summe der Korrektionswerte darstellen soll.

Eine einfache Überlegung zeigt, daß diese Erwägung von OHLE nur teilweise richtig ist: Mit dem vorgeschlagenen Differenzverfahren werden wohl die Korrektionswerte $\beta$ und $\gamma$, nicht aber der Korrektionswert $\delta$ erfaßt und zwar aus dem einfachen Grund, weil die WINKLER'schen Reagenzien in der zweiten Probe überhaupt nicht enthalten sind. Die von OHLE angeführte Gleichung ist folgendermaßen abzuändern:

$$a + (\beta + \gamma + \delta) - (\beta + \gamma) = a + \delta$$

Die praktische Bedeutung des von OHLE vorgeschlagenen Differenzverfahrens bleibt aber trotz diesem Einwand bestehen. Denn der Korrektionswert $\delta$ ist im Vergleich zu den Korrektionswerten $\beta$ und $\gamma$ unbedeutend. Er kann besonders, wenn die Reagenslösungen möglichst konzentriert hergestellt und das Manganochlorür in ausgekochtem Wasser gelöst wird, praktisch vernachlässigt werden (96).

Da $\beta$ und $\gamma$ nach OHLE hohe Werte annehmen können, und da in Wässern mit tiefem Sauerstoffgehalt sich selbst kleine Analysenfehler prozentual stark auswirken, wurden bei der Bestimmung des Sauerstoffes im Quellweiher und Ausfluß GFQ I häufig Kontrollversuche mit dem Brom-Differenzverfahren durchgeführt. Sie ergaben aber fast ausnahmslos die gleichen Werte, wie das ALSTERBERG'sche Verfahren selbst. Mangano-Ionen dürften im Wasser von GFQ I fehlen. Eine Bläuung des Wassers bei Zugabe von Stärkelösung konnte bei Anwendung des Differenzverfahrens nur dann beobachtet werden, wenn die Probe nach der Zugabe von Brom n i c h t i m D u n k e l n aufbewahrt wurde. Diese Feststellung wurde durch Kontrollversuche, bei welchen einzelne Proben am Licht andere im Dunkeln aufbewahrt wurden, bestätigt. Sie ist darauf zurückzuführen, daß der Zerfall der unterbromigen Säure in HBr und O bei Einwirkung von Licht intensiver und rascher erfolgt als im Dunkeln. Aus diesem Grund wurden bei den Sauerstoffbestimmungen in GFQ I die Flaschen nach der Zugabe von Brom sofort in Stoffsäcken verstaut und nach der Rückkehr ins «Hotel Il Fuorn» im Dunkeln in einem mit Wasser gefüllten, großen Gefäß aufbewahrt.

Das Aufbewahren der Proben unter Wasser erwies sich aus folgenden Gründen als notwendig: Das Wasser zwischen Stöpsel und Flaschenhals verdunstet bei warmem Wetter rasch; es wird durch die Kapillarität durch Wasser aus dem Innern der Flasche ersetzt. Dadurch entsteht in der Flasche ein Vakuum, das atmosphärische Luft ansaugt (96). Beim Aufbewahren an der Luft können durch diesen Vorgang Fehler entstehen, die das Mehrfache des effektiven Sauerstoffgehaltes ausmachen. Ähnliche Fehler ergeben sich auch im Winter «durch die durch Abkühlung verursachte Zusammenziehung des Wassers» (96). Aus diesem Grunde dürfen die Wasserproben auch nicht — wie dies zu Beginn der Untersuchungen geschah — in Schneewasser aufbewahrt werden.

Zusammenfassend kann festgestellt werden, daß die Einwände von OHLE zwar zu Recht bestehen, daß aber die B r o m - S a l i c y l s ä u r e m e t h o d e v o n ALSTERBERG zum mindesten unter den in GFQ I herrschenden Bedingungen

durchaus brauchbare Werte liefert, vorausgesetzt, daß die Wasserproben nach der Versetzung mit Brom der Einwirkung von Licht und Luft entzogen werden.

Die festgestellte Sauerstoffmenge wird in der vorliegenden Arbeit in ccm/l und in Prozenten (0%) der Normalmenge wiedergegeben (vergl. SCHAEPERCLAUS [130], THIENEMANN [162]).

Bei der Berechnung der Sättigungsprozente wurde die Tabelle von L. W. WINKLER verwendet und zwar in der von SPLITTGERBER und NOLTE (135) wiedergegebenen Darstellung, in welcher auch die Sättigungsgehalte für die Zehntelsgrade enthalten sind. Die Werte der WINKLER'schen Tabelle liegen zwischen den Werten der Tabellen 1911 und 1914 von BIRGE-JUDAY (13, 14). Der Entscheid, welche Werte den tatsächlichen am ehesten gerecht werden, kann — wie THIENEMANN (162) betont — heute noch nicht gefällt werden. Bei der Berechnung der Sättigungsprozente wurde ferner der zur Zeit der Wasserentnahme herrschende Barometerstand berücksichtigt und nicht der Durchschnittsatmosphärendruck des Gebietes. Es ist nicht ausgeschlossen, daß eine leichte Übersättigung die manchmal im Unterlauf der Quellbäche festgestellt wurde, dieser Berechnungsweise zuzuschreiben ist.

*7. Sauerstoffzehrung:* Da sich bekanntlich die Werte, die bei kürzerer oder längerer Zehrungsdauer gewonnen werden, nicht auf die Stundeneinheit umrechnen lassen, muß die Sauerstoffbestimmung regelmäßig nach einer festgesetzten Zeit erfolgen. Die 48stündige Zehrung ist am gebräuchlichsten. Die Flaschen wurden nach der Wasserentnahme gut verschlossen und stets 48 Stunden im Dunkeln unter Wasser aufbewahrt. Diese Vorsichtsmaßregel ist aus den bereits erwähnten Gründen (vergl. S. 418) unerläßlich. Besonders bei sauerstoffarmen Wässern wirkt sich der Fehler, der beim Aufbewahren der Flaschen an der Luft entstehen kann, stark aus.

*8. Härte:* MAUCHA *(96)* definiert den Begriff «Härte» als «das Maß des $Ca^{''}$-$Mg^{''}$-Gehaltes» des Wassers.

Er unterscheidet:

1. *Karbonathärte:* das ist der den vorhandenen $HCO_3'$ aequivalente Gehalt an $Ca^{''}$ und $Mg^{''}$
2. *Gesamthärte:* das ist der gesamte Gehalt an $Ca^{''}$ und $Mg^{''}$,
3. *Resthärte:* das ist der «überschüssige» Teil der Gesamthärte.

Die «Resthärte» entspricht der Nichtkarbonat- oder Mineralsäurehärte anderer Autoren (75) d. h. sie stellt jenen Teil der $Ca^{''}$ und $Mg^{''}$ dar, die den Säureresten der Mineralsäuren äquivalent sind.

Häufig werden die Begriffe «temporäre = vorübergehende = transitorische Härte» dem Begriff «Karbonathärte» und der Begriff «bleibende = permanente Härte* dem Begriff «Gesamthärte» gleichgesetzt. MAUCHA betont mit Recht, daß diese Begriffe strenggenommen nicht gleichwertig sind: Die «temporäre» Härte ist jene, welche beim Erhitzen des Wassers in Form von $CaCO_3$ ausfällt; da aber dadurch nicht der gesamte Gehalt an Ca- und Mg-Hydrokarbonat ausgeschieden wird und da ferner die Karbonate des Calciums und Magnesiums nicht vollkommen unlöslich sind, deckensich die Begriffe «Karbonathärte» und «Temporäre Härte» nicht.

Der von WINKLER vorgeschlagene Begriff «scheinbare Härte» trägt folgender Tatsache Rechnung: Die aus der Alkalinität berechnete Karbonathärte ist nur dann dem Gehalt an $Ca^{''}$ und $Mg^{''}$ aequivalent, wenn nicht neben den $Ca^{''}$ und $Mg^{''}$ auch Alkalien gelöst sind; andernfalls ergeben sich bei dieser

Bestimmungsmethode zu hohe Karbonathärte-Werte. Das kann zur Folge haben, daß die Karbonathärte scheinbar höher ist als die Gesamthärte, was selbstverständlich nicht möglich ist. Meine Untersuchungen im Nationalpark ergaben in den ersten Untersuchungsjahren tatsächlich mehrfach Karbonathärtewerte, die höher waren als die Gesamthärtewerte. Diese Feststellung beruht aber — wie spätere Analysen ergaben — nicht auf dem Vorhandensein von Alkalien, sondern auf der Anwendung einer unzureichenden Methode zur Bestimmung der Gesamthärte (vergl. unten!)

*a) Die Bestimmung der Alkalinität und Karbonathärte:* Die Alkalinität wurde durch Titration mit $^1/_{10}$ normaler Salzsäure und Methylorange als Indikator bestimmt. Die Karbonathärte wurde aus der Alkalinität berechnet. Sie wurde — der Darstellung in den meisten neueren hydrobiologischen Arbeiten entsprechend — in deutschen Härtegraden (d. H°) angegeben. Ein d. H° entspricht 10 mg CaO/l.

*b) Die Bestimmung der Gesamthärte:* Die Bestimmung der Gesamthärte erfolgte in den beiden ersten Untersuchungsjahren mit Seifenlösung nach CLARK. Diese Methode lieferte für das Wasser der Fischweiherquellen ungenaue, stark variierende Werte; sie versagte für GFQ I infolge des hohen Sulfatgehaltes des Wassers zuerst vollständig und ergab erst annähernd richtige Werte als statt der üblichen 50—100 ccm höchstens 5 ccm Untersuchungswasser verwendet wurden. Die in den ersten Jahren ermittelten Gesamthärtewerte wurden deshalb in den Tabellen, welche der vorliegenden Arbeit zu Grunde liegen, nicht berücksichtigt oder besonders gekennzeichnet.

In späteren Jahren erfolgte die Bestimmung der Gesamthärte nach dem Verfahren von BLACHER (41, 96, 135). Der verhältnismäßig tiefe Eisengehalt der untersuchten Gewässer konnte dabei vernachlässigt werden. Dieses Verfahren erwies sich — besonders im Feld — als umständlicher und zeitraubender als die Seifenmethode, liefert aber bei genauer Durchführung zuverlässige Werte und hat zudem den Vorteil, daß im Zusammenhang damit auch der Sulfatgehalt des Wassers bestimmt werden kann. Ungenau, weil subjektiv, ist auch beim BLACHER'schen Verfahren, (ähnlich wie bei der Bestimmung der Alkalinität) der Grad der Rotfärbung bis zu welchem titriert werden soll. Dieser Nachteil wird aber weitgehend behoben, wenn folgende Vorschrift im «Einheitsverfahren der physikalischen und chemischen Wasseruntersuchung» befolgt wird:

> «Es wird mit n/10 Kaliumpalmitätlösung titriert, bis eine kräftige Phenolphthalein-Rotfärbung bleibt. Diese Rotfärbung muß durch Zusatz von 0,3 ccm n/10 Salzsäure verschwinden, andernfalls ist der Mehrverbrauch an n/10 Salzsäure von der zur Titration verbrauchten Menge n/10 Kaliumpalmitatlösung abzuziehen».

*9. Sulfatgehalt:* Das Zeitverfahren von WINKLER (135) liefert nur annähernde Werte, welche wohl ausreichen, um einen Begriff des Sulfatgehaltes zu vermitteln, aber keinen klaren Einblick in die Schwankungen des Sulfatgehaltes geben.

Zuverlässige Werte ergab dagegen die Palmitatmethode von BLACHER. Sie wurde nach den Vorschriften im «Einheitsverfahren der physikalischen und chemischen Wasseruntersuchung» (41) im Zusammenhang mit der Gesamthärtebestimmung angewendet. Alle in der vorliegenden Arbeit enthaltenen Werte wurden mit dieser Methode ermittelt. Die Angabe der Werte erfolgte in deutschen Härtengraden (d. H°) und in mg. $SO_4$/l.

10. *Eisen:* Zum Nachweis von $Fe^{\cdot\cdot}$ wurde eine 10 %ige Natriumsulfidlösung verwendet, welche mit chemisch reinem Glyzerin versetzt worden war. Die Prü-

fung erfolgte in einem «Schaurohr» nach den Angaben von KLUT (75). Wenn $Fe^{...}$ im Untersuchungswasser vorhanden sind, versagt diese Methode, weil bei Zugabe von $Na_2S$ die Ferriverbindungen unter Abspaltung von kolloidalem Schwefel zu Ferroverbindungen reduziert werden, wobei eine milchige Trübung entsteht.

Zum Nachweis von $Fe^{...}$ wurde Ammoniumrhodanid in saurer Lösung verwendet.

Um Einblick in den relativen Eisengehalt verschiedener Quellbachstrecken zu gewinnen, wurden die verschiedenen Wasserproben in Reagensgläsern mit flachem Boden und gleichem Durchmesser nach der Zugabe von Ammoniumrhodanid auf ihren Farbton hin verglichen, wobei sie von oben durch die ganze Schicht hindurch gegen ein weißes Papier betrachtet wurden. Zur Oxydation eventuell vorhandener Ferroverbindungen wurde dabei nicht Wasserstoffsuperoxyd, sondern Bromwasser verwendet und zwar nach einer Anweisung, welche mir in freundlicher Weise von Dr. HOEGL (Kantonschemiker, Chur) zur Verfügung gestellt wurde:

> «10 ccm des unbehandelten Wassers werden in einem weiten Reagensglas mit etwa 0,5 ccm HCl (doppelt normal) und Bromwasser bis zur kräftigen Gelbfärbung versetzt. Man kocht auf und erhält unter starkem Schwenken so lange im Sieden, bis die Gelbfärbung vollkommen verschwunden ist. Nach dem Abkühlen bringt man die Lösung in ein gewöhnliches Reagensglas, gibt 1 ccm HCl und 5 ccm Rhodanammonlösung (10 %ig) hinzu.»

11. ***Schwefelwasserstoff:*** Qualitativ: mit Bleiacetat (vergl. 165); quantitativ: jodometrisch nach DUPASQUIER-FRESENIUS, unter Berücksichtigung der von BRUNCK (vergl. 127) vorgeschlagenen Korrektur.

12. ***Sammel- und Transportmethoden:*** Die Steinfauna wurde in der üblichen einfachen Weise durch vorsichtiges Herausheben der Steine und Ablesen der Tiere gesammelt. Dabei leistete eine Uhrfederpincette, mit welcher selbst zarteste Larven erfaßt werden können, ohne daß sie verletzt werden, gute Dienste. Auch in den Ritzen und Fugen von Fallholz, das im Wasser liegt, verkriechen sich zahlreiche Arten. Zum Einbringen von schlüpfreifen Plecopteren eignen sich besonders alte Sand-, Zement-, Mehlsäcke usw. Diese werden an verschiedenen Stellen der Quellbäche über Steine, die wenig aus dem Wasser ragen, oder am Ufer ausgelegt, so, daß sie teilweise im Wasser und teilweise auf dem Lande liegen. Sie saugen Wasser auf und in ihren Maschen sammelt sich bald Detritus und Schlamm an. Unter ihnen und in den Falten des Sacktuches vereinigen sich oft Scharen von schlüpfreifen Nemuriden und Leuctriden.

Beim Sammeln der Schlamm- und Moosfauna sowie der Fauna von totem Laub und Genist bewahrte sich das THIENEMANN'sche «Universalsammelgerät» (156). Das Durchspülen erfolgte entweder an Stellen starker Strömung in den Quellbächen selbst oder in der benachbarten Ova dal Fuorn. Das in den Sieben und im Netzbeutel zurückbleibende Material wurde — wenn immer möglich — schon an Ort und Stelle auf seinen Inhalt geprüft, aber zu Hause in großen, weißen Schüsseln nochmals auf kleinere Arten durchsucht. Dabei leistete eine Zeiß-Binokularlupe gute Dienste. Zum Herausheben der einzelnen Tiere wurden Pincetten und Saugpipetten verwendet.

Zum Sammeln der freischwimmenden Arten und zum Abstreifen von Wasserpflanzen (z. B. Käfer, *Culex* usw.) diente eines der üblichen Wassernetze.

Zum Transport lebender Tiere wurden Thermos-Flaschen verwendet. Selbst rheophile Arten können darin längere Zeit am Leben erhalten

werden. Es ist aber darauf zu achten, daß in den Flaschen wenig Wasser, dafür aber etwas Moos vorhanden ist. Besonders günstige Ergebnisse wurden mit der folgenden, einfachen Einrichtung erzielt: Aus feinmaschigem, nicht rostendem Drahtgeflecht wurden kleine cylindrische Käfige gebaut. Diese Käfige haben einen festen Boden mit einem ca. 1½cm hohen Rand. Der Durchmesser der Käfige wird so gewählt, daß sie in sog. «Thermos-Speisetöpfe» (Gefäße nach dem Prinzip der Thermosflaschen gebaut, aber ohne Hals, verschlossen mit großem Kork!) hineinpassen, daß aber zwischen dem Drahtgeflecht und der Wand des «Thermos-Topfes» noch ein Spielraum von 1—2 cm frei bleibt. Die Drahtkäfige können mit einem Blechdeckel verschlossen werden. Beim Sammeln werden die Drahtkäfige aus den «Thermos-Töpfen» herausgehoben und bis zur Hälfte im Wasser des Quellbaches eingetaucht; die gesammelten Tiere werden direkt in die offenen Käfige gebracht und bleiben dort im gewohnten Milieu bis alle Arbeiten an der betreffenden Stelle beendet sind. Dann wird der «Thermos-Topf» etwa zu ⅓ mit Wasser gefüllt, die Käfige werden geschlossen, aus dem Quellbach herausgehoben und in die «Thermos-Töpfe» gestellt. Diese werden verkorkt, in einem Stoffsack verstaut und können nun ohne Gefahr im Rucksack mitgetragen werden. Diese Einrichtung bietet verschiedene Vorteile: Dank der Isolierung bleibt die Temperatur des Wassers tief; die Larven können sich am Drahtgefleeht festklammern und werden beim Transport nicht herumgeschüttelt; weil die Töpfe nur zu einem Drittel mit Wasser gefüllt sind, befindet sich dieses in steter Bewegung, und weil zwischen Käfig und Topfwand ein freier Raum vorhanden ist, fließt das Wasser durch die Maschen des Drahtgeflechtes, an welchem die Larven festgeklammert sind. Diese Einrichtung eignet sich vor allem dann, wenn der Transport lange dauert, z. B. beim Durchführen mehrtägiger Touren: Bei jeder sich bietenden Gelegenheit kann das Wasser in den «Thermos-Töpfen» leicht erneuert werden, indem die Käfige mit den Larven rasch herausgehoben werden. Dabei nehmen auch ausgesprochen aquatische Formen keinen Schaden, weil dank dem erhöhten Rand, etwas Wasser im Käfig zurückbleibt. In der Nacht und bei längeren Marschpausen (z. B. beim Untersuchen neuer Gewässer) werden die Käfige aus den Töpfen herausgenommen und in irgend einem passenden Gewässer ausgesetzt.

13. ***Die Aufzucht von Insektenlarven:***

a) Die meisten Dipterenlarven ***(Chironomidae, Ceratopogonidae, Limnobiidae, Tipulidae, Stratiomyidae, Orphnephila)*** wurden nach den Angaben von THIENEMANN (164) in kleinen, niedrigen Glascylindern mit sehr wenig Wasser gezüchtet.

b) Einige lenitische Arten wurden in kleinen Aquarien gehalten und aufgezogen (z. B. ***Culex,*** Odonaten).

c) Die torrenticolen Larven der ***Ephemeroptera, Plecoptera, Trichoptera*** wurden in Drahtkäfigen verschiedener Größe in den Wohngewässern selbst aufgezogen. Dabei bestätigten sich die Erfahrungen von KUEHTREIBER. Die Drahtgeflechte werden rasch durch Schlamm, Detritus, Algen verschmutzt und müssen häufig mit einer Bürste gereinigt werden, weil sonst das Wasser nicht mehr durch die verstopften Maschen hindurchströmen kann und rheophile Formen zugrunde gehen. Verheerend wirkte zuweilen *Planaria alpina:* Sie dringt auch durch engmaschiges Drahtgeflecht in die Käfige ein und ganze Zuchten können ihr zum Opfer fallen. Zum Fernhalten dieser gefährlichen Eindringlinge brachte in einzelnen Fällen die folgende Methode überraschenden Erfolg. In der Nähe des Zuchtkäfigs wurde ein zweiter Käfig mit etwas rohem Fleisch ausgesetzt; dieses erwies sich als ausgezeichnetes Lockmittel, durch das die Planarien vom Zuchtkäfig ferngehalten wurden. In FWQ II wurden in einem solchen

Köderkäfig einmal weit über 100 Exemplare von ***Planaria alpina*** gezählt, während in einigen benachbarten Käfigen die Zuchten unbehelligt blieben.

Wichtig ist — wie KUEHTREIBER hervorhebt — die Versorgung der Larven mit Nahrung. Nicht nur die größeren Larven der Plecopteren, sondern auch die im Zimmer gezüchteten karnivoren Tanypodinen und Ceratopogoniden sind gefräßig. Als Futter eignen sich für die ersteren kleinere Vertreter der eigenen Ordnung sowie Ephemeridenlarven, für die zweiten phytophage Chironomiden. Die Larven von ***Dictyogenus, Perlodes, Pedicia rivosa*** nehmen auch Lumbriciden an.

## Verzeichnis der Figuren und Tabellen.

### I. Figuren.


Fig. 1: GFQ I: Übersiclitskroki des Quellweihers und Quellbaches.
Fig. la: GFQ I: Quellweiher, Oberlauf und Quellausweitung: die Pflanzengesellschaften.
Fig. 2: GFQ I: Der Oberlauf des Quellbaches im Sommer.
Fig. 3: GFQ I: Der Quellweiher und Ausfluß im Winter (März).
Fig. 4: GFQ I: Die Untersuchungsstellen an der Oberfläche von Quellweiher und Ausfluß.
Fig. 5: GFQ I: Profile durch den Quellweiher.
Fig. 6: GPQ I: Der Oberlauf des Quellbaches im Winter (März).
Fig. 7: GFQ I: Die Quellausweitung im Sommer.
Fig. 8: GFQ I, Quellbach: Längsprofil.
Fig. 9: GFQ I, Quellbach: Quersclinitte durch die «Wiesenstrecke» und die darauf lastende Schneeschicht.
Fig. 10: GPQ I, Quellweiher: Sauerstoff und Temperatur (Vertikalserien).
Fig. 11: GFQ I, Quellweiher: Vertikale Analysenserien im Zentrum am 26. 7. 37.
Fig. 12: GFQ I, Quellweiher: Vertikale Analysenserien im Zentrum am 29. 12. 37.
Fig. 13: GFQ I, Quellweiher: Horizontale Analysenserien vom 10. 9. 37 im Oberflächenwasser.
Fig. 14: GFQ I, Quellweiher: Horizontale Analysenserien vom 16. 9. 37 im Oberflächenwasser.
Fig. 15: GFQ I, Quellweiher: Horizontale Analysenserien vom 29. 12. 37 im Oberflächenwasser.
Fig. 16: GFQ I, Quellweiher: Sauerstoff und Temperatur (Vertikalserie) am 23. 7. 37 bei P. 1 g am Ostufer.
Fig. 17: GFQ I, Quellbach: Sauerstoff (in ccm und in % der Sättigung) zu verschiedenen Jahreszeiten.
Fig. 18: GFQ I, Quellbach: Sauerstoff und Wassertemperatur zu verschiedenen Jahreszeiten.
Fig. 19: GFQ I, Quellweiher: Alkalinität, Gesamt- und Sulfathärte (Vertikalserien) zu verschiedenen Jahreszeiten.
Fig. 20: GFQ I, Quellbach: Alkalinität, pH, Sulfat- und Gesamthärte am 16. 3. 37 (ausgezogene Kurven) und aiii 19. 5. 37 (gestrichelte Kurven).
Fig. 21: FWQ I: Übersichtskroki des Quellgebietes.
Fig. 22: FWQ I: Der Quellbach zwischen P. 3 und P. 8.
Fig. 23: PWQ II: Übersichtskroki des Quellgebietes.

Fig. 24: FWQ II: Die «Schuttkegelstrecke».
Fig. 25: FWQ IV: Übersichtskroki des Quellgebietes.
Fig. 26: FWQ IV: Der Quellbach.
Fig. 27: FWQ IV: Der «Steilabsturz am God sur Il Fuorn».
Fig. 28: FWQ I: Temperatur und Sauerstoff (in ccm/l und % der Sättigung)
Fig. 29: FWQ II: Temperatur und Sauerstoff (in ccm/l und % der Sättigung).
Fig. 30: FWQ IV: Temperatur und Sauerstoff (in ccm/l und % der Sättigung).
Fig. 31: FWQ I, II, IV: Luft-, Wassertemperatur und Sauerstoff bei gleichzeitigen Messungen im Quelloch (gestrichelte Kurven) und am Fuß des «Steilabsturzes am God sur Il Fuorn» (ausgezogene Kurven).
Fig. 32: FWQ I, II, IV: pH, Karbonat-, Gesamt- und Sulfathärte bei gleichzeitigen Messungen im Quelloch (gestrichelte Kurven) und am Fuß des «Steilabsturzes am God sur Il Fuorn» (ausgezogene Kurven).
Pig. 33: Vergleichende scliematische Darstellung der Fischweiherquellen. (Von rechts nach links: FWQ I, FWQ II, FWQ IV).

## II. Tabellen

Tab. 1: Mittlere Bewölkung (m. B.), Zahl der heiteren (h) und Zahl der trüben (t) Tage in den Jahren 1934—1937.
Tab. 2: Mittlere Monats- und Jahrestemperaturen; Maxirna und Minima in den Jahren 1934—1937.
Tab. 3: Summe der Niederschläge (S.) und tägliche (24 Stunden) Maxirna (M.) in den Jahren 1934—1937.
Tab. 4: Zahl der Tage mit Schneefall in den Jahren 1934—1937.
Tab. 5: GFQ I: Die Gliederung des Quellbaches in Hauptabschnitte, Abschnitte und Punkte.
Tab. 6: Strömungsgeschwindigkeiten iiii Quellbach GFQ I.
Tab. 7: GFQ I, Quellweiher: Vertikale Temperaturserien.
Tab. 8: GFQ I, Quellweiher: Horizontale Temperaturserien an der Oberfläche.
Tab. 9: GFQ I: Temperaturen im Quellbach.
Tab. 10: GFQ I, Quellweiher: Vertikale Sauerstoffserien im Zentrum.
Tab. 11: GFQ I, Quellweiher: Horizontale Sauerstoffserien an der Oberfläche.
Tab. 12: GFQ I, Quellbach: Der Sauerstoff (in ccm und % der Sättigung) und die Temperatur.
Tab. 13: GFQ I, Quellbach: Analysen an verschiedenen Punkten in der Hauptwasserader und der Uferregion.
Tab. 14: GFQ I, Quellweiher: pH, Karbonat-, Gesamt- und Sulfathärte (Vertikalserien).
Tab. 15: GFQ I, Quellweiher: pH, Karbonat-, Gesamt- und Sulfathärte (horizontale Serien an der Weiheroberfläche).
Tab. 16: GFQ I, Quellbach: pH, Karbonat-, Gesamt- urid Sulfathärte.
Tab. 17: GFQ I, Quellbach: pH, Karbonat-, Gesamt- und Sulfathärte. Maxima und Minima.
Tab. 18: GFQ I, Quellweiher und Quellbach: Ergebnisse von Gesamtanalysen.
Tab. 19: FWQ I: Die Gliederung des Quellgebietes in Hauptabschnitte, Abschnitte uiid Punkte.
Tab. 20; FWQ II: Die Gliederung des Quellgebietes in Hauptabschnitte, Abschnitte und Punkte.
Tab. 21: FWQ IV: Die Gliederung des Quellgebietes in Hauptabschnitte, Abschnitte und Punkte.

Tab. 22: Mit Ott-Flügel ermittelte Strömungsgeschwindigkeiten in den Fischweiherquellen I, II, IV.
Tab. 23: FWQ I: Wassertemperatur, Sauerstoff, pH, Karbonat-, Gesamt- und Sulfathärte.
Tab. 24: FWQ II: Wassertemperatur, Sauerstoff, pH, Karbonat-, Gesamt- und Sulfathärte.
Tab. 25: FWQ IV: Wassertemperatur, Sauerstoff, pH, Karbonat-, Gesamt- und Sulfathärte.
Tab. 26: Übersicht über die Temperaturverhältnisse der Fischweiherquellen.
Tab. 27: Übersicht über den Sauerstoffgehalt der Fischweiherquellen.
Tab. 28: Sauerstoffgehalt von Quellen verschiedener Gegenden.
Tab. 29: Der Sauerstoffgehalt an verschiedenen Stellen des Quellbaches FWQ II.
Tab. 30: Übersicht über die festgestellten Maxima, Minima und die Schwankungsamplituden des pH, der Karbonat-. Gesamt- und Sulfathärte an verschiedenen Stellen der Fischweiherquellen.
Tab. 31: FWQ I, II, IV: Ergebnisse von Gesamtanalysen.
Tab. 32: GFQ I: Graphische Verbreitungstabelle.
Tab. 33: FWQ I: Graphische Verbreitungstabelle.
Tab. 34: FWQ II: Graphische Verbreitungstabelle.
Tab. 35: FWQ IV: Graphische Verbreitungstabelle.

## Literaturverzeichnis.

(Arbeiten mit ausschließlich systematisch-morphologischem Inhalt wurden in diesem Verzeichnis nicht berücksichtigt [vergl. S. 270]).

1. ABDERHALDEN. Handbuch der biologischen Arbeitsmethoden. Abt. IX. Methoden zur Erforschung der Leistungen des tierischen Organismus, Teil 2, erste und zweite Hälfte. Methode der Süßwasserbiologie. — Berlin und Wien.
2. ALM, G. Beiträge zur Kenntnis der netzspinnenden Trichopteren-Larven in Schweden. — Int. Rev. d. ges. Hydrobiol. u. Hydrogr., 14, *1926.*
3. ALM, G. Notizen über Uferwassertemperaturen der Seen im Frühling. — Archiv f. Hydrobiol., 17, *1926.*
4. ALSTERBERG, G. Die respiratorischen Mechanismen der Tubificiden. Eine experimentell-physiologische Untersuchung auf ökologischer Grundlage. — Acta Universitatis Lundensis, Nova Series, 18, *1922.*
5. ALSTERBERG, G. Die Winkler'sche Bestimmungsmethode für im Wasser gelösten elementaren Sauerstoff, sowie ihre Anwendbarkeit bei Anwesenheit oxydierbarer Substanzen. — Biochem. Zs., 170, H. 1/3, *1926.*
6. ALSTERBERG, G. Über das aktuelle und absolute Oe-Defizit der Seen im Sommer. — Botan. Notiser, *1929.*
7. ANNALEN der Schweiz. Meteorologischen Zentralanstalt.
8. BAVENDAMM, W. Die farblosen und roten Schwefelbakterien des Süß- und Salzwassers. — Jena, *1924.*
9. BENICK, L. Beiträge zur Kenntnis der Tierwelt norddeutscher Quellgebiete. II. Coleoptera. — Archiv f. Naturgesch. Abt. A, 85, *1919.*
10. BENICK, L. Zur Kenntnis der Tierwelt norddeutscher Quellgebiete. Über Pachycoleus rufescens J. — Zs. f. wiss. Insektenbiol., 16, *1920.*
11. BENICK, L. Beiträge zur Kenntnis norddeutscher Quellgebiete. III. Die Entwicklung der Elodes minuta L. — Entomologische Blätter, 21, *1925.*

12. BEYER, H. Die Tierwelt der Quellen und Bäche des Baumbergegebietes. — Abhandlg. aus dem Westfäl. Prov.-Mus. f. Naturkunde, *1932.*
13. BIRGE, E. A. und JUDAY, Ch. The Inland lakes of Wisconsin. The dissolved Gases of the water and their biological significance. — Wisconsin Geological and Natural History Survey. Bull, N. 22. Scientific Series N. 7 Madison, Wisc. *1911.*
14. BIRGE, E. A. und JUDAY, Ch. A limnological Study of the Finger Lakes of New York. Bull. of the Bureau of Fisheries. Vol. 32, *1912,* Doc. 791, *1914.*
15. BOESCH, *H.* Geologie der zentralen Unterengadiner Dolomiten zwischen Ofenpaßhöhe und V. Laschadura. (Stratigraphie, Tektonik, Morphologie). — Zürich, *1937.*
16. BORNER, L. Faunistische Notizen vom Statzersee im Oberengadin. — Jahresb, d. Naturf. Ges. Graub., *1917.*
17. BORNER, *L.* Die Bodenfauna des St. Moritzer-Sees. Eine monographische Studie. — Archiv f. Hydrobiol., 13, *192111922.*
18. BORNER, L. Die Bodenfauna des Ritomsees und seines Deltagebietes vor der Absenkung *(1916).* — Zs. f. Hydrolog. Jg. IV. H. 1 u. 2; H. 3 u. 4, *1928.*
19. BORNHAUSER, K. Die Tierwelt der Quellen der Umgebung Basels. — Int. Rev. d. ges. Hydrobiol. u. Hydrogr., Biol. Suppl. 4, *1912.*
20. BRAUN-BLANQUET, J. unter Mitwirkung von JENNY, H. Vegetations-Entwicklung und Bodenbildung in der alpinen Stufe der Zentralalpen. Mit besonderer Berücksichtigung der Verhältnisse im schweiz. Nationalpark. — Denkschr. d. Schw. Naturf. Ges., 63, *1926.*
21. BRAUN-BLANQUET, J, Vegetationsentwicklung im schweiz. Nationalpark. Dokum. zur Erforschung des schweiz. Nationalparkes. — Chur, *1931.*
22. BREHM, V. Zur Biologie des Baches. — Mikrokosmus, 20, *1926/1927.*
23. BREHM, V. Einführung in die Limnologie. Biol. Studienbücher, herausgegeben von Walter Schoenichen, Berlin. — Berlin, *1930.*
24. BREHM, V. und RUTTNER, F. Die Biocönosen der Lunzer Gewässer. — Int. Rev. d. ges. Hydrobiol. u. Hydrogr., 16, *1926.*
25. BRESSLAU, *E.* Die Bedeutung der Wasserstoffionenkonzentration für zoolog. Versuche. — Verh. Deutsch. Zool. Ges., *27,* 81, *1922.*
26. BRESSLAU, E. Einfacher für hydrobiologische etc. Zwecke geeigneter Apparat zur Messung der Wasserstoffionenkonzentration. — Archiv f. Hydrobiol., *1925.*
27. BRESSLAU, E. Die Bedeutung der Wasserstoffionenkonzentration f. d. Hydrobiologie. Referat, gehalten am 3. internationalen limnologischen Kongreß in Leningrad, Moskau, Saratow, Astrachan. — Int. Rev. d. ges. Hydrobiol. u. Hydrogr., *14, 1926.*
28. BROENSTED, J. N. et WESENBERG-LUND, C. Chemisch-physikalische Untersuchungen der dänischen Gewässer. — Int. Rev. d. ges. Hydrobiol. u. Hydrogr., 4, *1912.*
29. BRUNIES, S. Der schweiz. Nationalpark. — 3. Aufl., Basel, *1920.*
30. BUDDE, H. Die Algen der Bäche des Sauerlandes. — Verh. Naturhist. Ver. preuß. Reinl. u. Westf., 84, Bonn, *1928.*
31. CHAPMAN, R. *N.* Animal ecology with especial reference to insects. — Mc. Graw-Hill, London, *1931.*
32. DAHL, Fr. Grundsätze und Grundbegriffe der biocönotischen Forschung. — Zool. Anz., 33, *1908.*
33. DAHL, Fr. Grundlagen einer ökologischen Tiergeographie. — Jena, *1921* und *1923.*
34. DORIER, A. Un Chironomide à larve commensale d'une nymphe d'Ephéméride. — Trav. du Lab. Pisciculture Univ. Grenoble, Jg. 18, *1926.*
35. DEPARTEMENT SUISSE DE L'INTERIEUR, Commission du service des Eaux. — N. 13, *1908, Il lago Ritom.*
36. DUEGGELI, M. Die Schwefelbakterien. — Neuiahrsblatt der Naturf. Ges. Zürich, *1919* (121. Stück).

37. DUEGGELI, M Bakteriologische Studien am **Ritomsee.** — Zs. f. **Hydrolog.,** 2. **Jg.,** ***1924.***

38. **EATON,** A. E. A revisional **monograph** of recent Ephemeridoe or **Mayflies.** — Trans. of **the** Linn. **Soc.** of **London, 2e série,** III **(Zoology),** 1888.

39. **EDER,** J. Chemische Untersuchungen am **Ritomsee** vor und nach der **Absenkung.** — **Zs. f. Hydrolog.,** 2. **Jg., *1924.***

40. **EIDEI,** K. Beiträge zur Biologie **einiger Bäche** des **Schwarzwaldes** mit besonderer Berücksichtigung der **Insektenfauna** der Elz und **Kinzig.** — **Archiv** für Hydrobiol., 25, ***1933.***

41. EINHEITSVERFAHREN DER **PHYSIKALISCHEN** UND CHEMISCHEN **WASSERUNTERSUCHUNG** Herausgegeben von der **Fachgruppe** f. **Wasserchemie** des Vereins deutscher Chemiker E. V. (Obmann: Prof. Dr. H. **Stooff.)** — Verl. Chemie G. M. B. H. **Berlin** W. 35, ***1936.***

42. **ELLIS,** D. **Sulphur** Bacteria. — Longmans. Green and Co., ***1932.***

43. **FEHLMANN,** ***I.*** W. Die Bedeutung des Sauerstoffs für die **aquatile** Fauna. — **Vierteljahresschrift** d. Naturf. **Ges.** Zürich, 62, ***1917.***

44. **FELBER,** J. **Die** Trichopteren von Basel und Umgebung **mit** Berücksichtigung der **Trichopterenfauna** der Schweiz. — **Archiv** f. **Naturgesch.,** 74, ***1908.***

45. **FEUERBORN,** H. J. **Die Larven** der **Psychodiden** oder Schmetterlingsmücken. Ein Beitrag **zur** Ökologie des **«Feuchten».** — Verh, d. Int. Ver. f. angewandte und **theoret.** Limnologie, Kiel, 1923.

46. **FLEISCHER. Über** ein massenhaftes Auftreten von Protocaccus **roseopersicinus** Ktz, — Hedwigia, ***1860, 2,*** Nr. ***7.***

47. **FOERSTER,** F. **Über** eine merkwürdige **Erscheinung** bei Chromatium **Okenii.** — Cbl. f. **Bakt.,** 11, ***1892.***

48. **FOREL,** ***F.*** A. Faune **profonde** du lac **Léman.** — **Soc.** helv. Sc. nat., **Actes** de Coira, ***1874.***

49. **FOREL,** P. A. Le **Léman; monographie limnologique,** II et **III.** — Lausanne, ***1895*** und ***1904.***

50. **FRANZ,** ***H.*** **Über die** Bedeutung des Mikroklimas **für** die **Faunenzusammensetzung** auf **kleinem** Raume. — Zs. f. wiss. Biol., Abt. A, 22, ***1931.***

51. **FRIEDERICHS,** K. **Untersuchungen** über **Simuliiden,** I, II. — **Zs.** f. **angewandte** Entomologie, 6, 8, ***1919, 1921.***

52. **FRIEDERICHS,** K. **Grundsätzliches** über **die Lebenseinheiten höherer Ordnung** und den **ökologischen Einheitsfaktor.** — Die **Naturwissenschaften,** 15, ***1927.***

53. **FRIEDERICHS,** K. Die **Grundlagen** und **Gesetzmäßigkeiten** der **land-** und **forstwirtschaftlichen Zoologie,** insbesondere der Entomologie. — **1** und 2, Berlin, ***1930.***

54. **FRUEH,** J. Geographie der Schweiz. St. Gallen, 1. Bd, ***1930;*** 2. Bd., ***1932;*** 3. **Bd., *1937.***

55. GEIJSKES, D. G. **Faunistisch-ökologische** Untersuchungen am **Röserenbach** bei **Liestal** im' Basler **Tafeljura.** — **Tijdschrift** voor Entomologie, 68, H. 3 **u.** 4, ***1935.***

56. **GONZENBACH,** W. **Wissenschaftliche** Erforschung des Ziirichsees in den Jahren ***1929*** bis ***1933.*** — Selbstverlag der Wasserversorgung der **Stadt** Ziirich, ***1936.***

57. GROTE, A. Der **Sauerstoffgehalt** der Seen. — Die Binnengewässer, 14, ***1934.***

58. **HARNISCH,** O. Die Biologie der Moore, — Binnengewässer, **7, *1929.***

59. **HENTSCHEL,** E. Das Leben des Süßwassers. — München, ***1909.***

60. **HENTSCHEL,** ***E.*** **Grundzüge** der **Hydrobiologie.** — Jena, ***1923.***

61. **HEROLD,** ***W.*** Untersuchungen zur **Oekologie** und Morphologie einiger **Landasseln.** — **Zs.** f. wiss. Biol. **(A),** ***1925.***

62. MESSE, R. Tiergeographie auf **ökologischer** Grundlage, Jena, ***1924.***

63. HOEHN-OCHSNER, W. Die Pflanzen- und Tierwelt unserer Heimat. — Neujahrsblatt der Leseges. Wädenswil, 8, *1937.*
64. HOFMAN, K. A. Lehrbuch der anorganischen Chemie, 5. Aufl., Braunschweig, *1924.*
65. HORA, S. L. Ecology, Bionomics and Evolution of the torrential fauna, with special reference to the organs of attachment. — Philos. Trans. R. Soc. London, (B), 218, *1930.*
66. HUBAULT, E. Sur la présence de Liponeura cinerascens Lw., et de Liponeura brevirostris Lw. dans la haute vallée de la Meurthe. Adaptation de ces Diptères Blépharocérides à la vie torrenticole. — C. R. Ac. Sc., 179, *1924.*
67. HUBAULT, E. Recherches sur la structure intime des étuis des larves de certains Trichoptères. — Ann. Biol. lac. 13, *1924.*
68. HUBAULT, E. Contribution à l'étude des Invertébrés Torrenticoles. — Suppl. au Bulletin Biologiaue de Prance et de Belgique, Suppl. 9, Paris, *1927.*
69. HUBER-PESTALOZZI, G. Die Schweheflora der alpinen und nivalen Stufe. — In: Schröter, Pflanzenleben der Alpen, Zürich, *1926.*
70. IMHOF, O. E. Studien über die Fauna hochalpiner Seen, insbesondere des Kantons Graubünden. — Jahresb. der Naturf. Ges. Graub., *1930.*
71. INTERNATIONAL CRITICAL TABLES; herausgegeben von: National Research Council of the U. S. A. — Mc. Graw-Hill Book Company, Inc. New York, *192611933.*
72. KARNY, H. H. Biologie der Wasserinsekten. — Wien, *1934.*
73. KEILHACK, K. Lehrbuch der Grundwasser- und Quellenkunde. — Berlin, *1912,* (2. Aufl. *1917*).
74. KLAUSENER, C. Jahrescyklus der Fauna eines hochgelegenen Alpensees. — Int. Rev. d. ges. Hydrobiol. u. Hydrogr., 1, *1908.*
75. KLUT, H. Untersuchungen des Wassers an Ort und Stelle, 6. Aufl. — Berlin, *1931.*
76. KOHLRAUSCH. Lehrbuch der Praktischen Physik.
77. KOLTHOFF, J. M. Bestimmung, Berechnung und Bedeutung der Wasserstoffionenkonzentration bei der Trinkwasseruntersuchung. — Zs. f. Untersuchung der Nahrungs- und Genußmittel, 112, *1921.*
78. KOLTHOFF, J. M. Berechnung und Bestimmung des Gehaltes an aggressiver Kohlensäure in Trinkwasser. — Zs. f. Untersuchung der Nahrungs- und Genußmittel, 97, *1921.*
79. KRAWANY, H. Trichopterenstudien im Gebiete der Lunzer-Seen. I. Die Verbreitung einiger Bachformen und ihre Abhängigkeit von der Temperatur. — Int. Rev. d. ges. Hydrobiol. u. Hydrogr., 20, *1928.*
80. KRAWANY, H. Trichopterenstudien im Qebiete der Lunzer-Seen, II und III. — Int. Rev. d. ges. Hydrobiol. u. Hydrogr., 23, *1930.*
81. KRAWANY, H. Trichopterenstudien im Gebiete der Lunzer-Seen. IV, V, VI. — Int. Rev. d. ges. Hydrobiol. u. Hydrogr., 26, *1931.*
82. KRAWANY, H. Trichopterenstudien im Gebiete der Lunzer-Seen. VII. — Int. Rev. d. ges. Hydrobiol. u. Hydrogr., 27, *1932.*
83. KUEHTREIBER, J. Die Plekopterenfauna Nordtirols. — Ber. des. Naturw. Med. Vereins in Innsbruck, 43 u. 44, *1934.*
84. LAMPERT, K. Das Leben der Binnengewässer. — 2. verm. verb. Aufl., Leipzig, *1907/1909.*
85. LANDOLT-BOERNSTEIN. Physikalisch-chemische Tabellen. — Berlin, *192311936.*
86. LAUTERBORN, R. Süßwasserfauna. — In: Handwörterbuch d. Naturw., 9, *1913.*
87. LAUTERBORN, R. Die sapropelische Lebewelt. Ein Beitrag zur Biologie des Faulschlammes natürlicher Gewässer. — Verh. d. Naturhist. Med. Vereins zu Heidelberg, 13, *1914.*

88. LAUTERBORN, R. Die geographische und biologische Gliederung des Rheinstroms. — Sitzber. d. Heidelberger Akademie der Wiss. Math.-Naturw. Klasse, Abt. B, Teil I—III, *1916—1918.*

89. LENZ, Fr. Stratiomyidenlarven aus Quellen. Ei Beitrag zur Metamorphose der Stratiomyiden. — Archiv f. Naturg., Abt. *A, 89, 1923.*

90. LENZ, Pr.. Die Vertikalverteilung der Chironomiden im eutrophen See. — Verh, Int. Ver. Limnologie, Kiel, *1923.*

91. LENZ, Fr. Chironomiden und Seetypenlehre. — Die Naturwissenschaften 13, *1925.*

92. LENZ, Fr. Biologie der Süßwasserseen. -- Biol. Studienbücher, 9, *1928.*

93. LENZ, Fr. Ökologische Chironomiden-Typen. — Biol. Listy, 14. *1928/1929.*

94. LEUTELT-KIPKE, S. Hydrochemische Beobachtungen an einigen Südtiroler Mittelgebirgs- und Alpenrandseen. — Ber. d. Naturw. Med. Vereins in Innsbruck, 43 u. 44, *1934.*

95. MANNHEIMS, B. J. Beiträge zur Biologie und Morphologie der Blepharoceriden (Dipt.). Leipzig, *1935.*

96. MAUCHA, R. Hydrochemische Methoden in der Limnologie. — Die Binnengewässer, 12, *1932.*

97. MAURER, J. Berichte in den jährlichen Rapporten der Kommission für die wissenschaftliche Erforschung des Nationalparkes. — Verh. d. Schw. Naturf. Ges.

98. MERZ, A. Die Oberflächentemperatur der Gewässer, Methoden und Ergebnisse. — Veröffentl. d. Inst. f. Meereskunde. N. F. A. Geogr. Naturw. Reihe, H. 5, *1920.*

99. MIALL, L. C. The natural history of aquatic Insects. — London, *1912.*

100. MINDER, L. Über biogene Entkalkung im Zürichsee. — Verh, d. Int. Vereinig. f. theoret. und angewandte Limnologie, Kiel, *1922,* Stuttgart, *1923.*

101. MINDER, L. Studien über den Sauerstoffgehalt des Zürichsees, — Archiv f. Hydrobiol., Suppl., 3, *1922.*

102. MINDER, L. Biologisch-chemische Untersuchungen im Zürichsee. — Zs. f. Hydrolog., 3. Jg., H. *3-4, 1926.*

103. MOLISCH, *H.* Die Purpurbakterien nach neuen Untersuchungen. — Jena, *1907.*

104. MOLISCH, *H.* Die Eisenbakterien. — Jena, *1910.*

105. NAUMANN, E. Limnologische Terminologie. — In: Abderhalden, Handbuch d. biol. Arbeitsmethoden, Abt. 9, T. 8.

106. NAUMANN, E. Die Eisenorganismen, Einige Grundlinien der limnologischen Fragestellung. — Int. Rev. d. ges. Hydrobiol. u. Hydrogr., 24, 1. 2-, *1930.*

107. NAUMANN, E. Grundzüge der regionalen Limnologie. — Die Binnengewässer, 11, *1932.*

108. NEERACHER, P. Die Insektenfauna des Rheins und seiner Zuflusse bei Basel. — Rev. suisse de Zool., 18, *1910.*

109. NUSSBERGER, G. Beitrag zur Kenntnis der Quellenverhältnisse Graubündens und zur Beurteilung der Trinkwasser. — Jahresb. d. Naturf. Ges. Graub., 57, *191611917.*

110. OHLE, *W.* Zur Vervollkommnung der hydrochemischen Analyse II. — Angewandte Chemie, 49, *1936.*

111. OHLMUELLER, *W.* und SPITTA, O. Die Untersuchung und Beurteilung des Wassers und des Abwassers. — Berlin, *1931.*

112. PERCIVAL, *E.* und WHITEHEAD, H. A quantitiv Study of the Fauna of some Types of Stream-Bed. — The Journal of Ecologie, 17, *1929.*

113. PESTA, O. Hydrobiologische Untersuchungen über Hochgebirgsseen der Ostalpen. — Zs. d. Deutschen u. Österr. Alpenver. *1927.*

114. PESTA, O. Der Hochgebirgssee der Alpen. — Die Binnengewässer, 8, *1929.*

115. PESTA, O. Limnologische Beobachtungen an ostalpinen Kleingewässern. — Archiv f. Hydrobiol., 23, *3, 1931.*

116. PESTA, O. Das Leben in Seen und Tümpeln des Großglocknergebietes. — Zs. d. Deutschen u. Österr. Alpenver., 64, *1933.*
117. PESTA, O Beiträge zur Kenntnis der limnologischen Beschaffenheit ostalpiner Tümpelgewässer. — Archiv f. Hydrobiol., 25, *1933.*
118. PESTA, O. Kleingewässerstudien in den Ostalpen. — Archiv f. Hydrobiol., 29, *1935.*
119. PIA, J. Kohlensäure und Kalk. — Die Binnengewässer, 13, *1933.*
120. POPOVICI-BAZNOSANU, A. Sur la prétendue adaptation morphologique des larves à la vie rheophile. — Bull. Biol. de Prance et de Belgique, 62, *1928.*
121. PRELL, H. Die Vereinheitlichung der Bezeichnungsweise für die verschiedenen Generationsfolgen von Insekten mit mehrjähriger Generation. — Zool. Anz., 81, H. 7/10, *1929.*
122. PRELL, H. Über die Entwicklung der Bezeichnungsweise für die Flugstämme periodisch auftretender Insekten. — Zs. f. angewandte Entomologie, 1929.
123. PRINZ, E. Handbuch der Hydrologie, 2 Aufl. — Berlin, *1923.*
124. RUTTNER, P. Das elektrolytische Leitvermögen des Wassers der Lunzer-Seen. — Int. Rev. d. ges. Hydrobiol. u. Hydrogr., *1915.*
125. RUTTNER, P. Das elektrolytische Leitvermögen verdünnter Lösungen unter dem Einflusse submerser Gewächse. — Akademie der Wiss. in Wien, Mathemat.-Naturw. Klasse. Sitzungsber., Abt. I., 130, Wien, *1921.*
126. RUTTNER, P. Bemerkungen über den Sauerstoffgehalt der Gewässer und dessen respiratorischen Wert. — Die Naturwissenschaften, 14, *1926.*
127. RUTTNER, P. Hydrographische und hydrochemische Beobachtungen auf Java, Sumatra und Bali. — Archiv f. Hydrobiol., Suppl., 8, *1930/1931.*
128. SUCHLANDT, O. und SCHMASSMANN, W. Limnologische Beobachtungen an acht Hochgebirgsseen der Landschaft Davos. — Zs. f. Hydrolog., 7, H. 1 und 2, *1936.*
129. SZAFER, *W.* Zur Kenntnis der Schwefelflora in der Umgebung von Lemberg. — Anzeiger der Akademie in Krakau, Serie B, *1910,* II.
130. SCHAEPERCLAUS, *W.* Die örtlichen Schwankungen der Alkalinität und des pH's, ihre Ursachen, ihre Beziehungen zueinander und ihre Bedeutung. — Zs. f. Fischerei und deren Hilfswissenschaften, 24, *1926.*
131. SCHMASSMANN, *W.* Die Bodenfauna hochalpiner Seen. — Archiv f. Hydrobiol., Suppl., 3, H. 1. *1924.*
132. SCHOENEMUND, E. Plecoptera. — In: Schulze, Die Biologie der Tiere Deutschlands, *1924.*
133. SCHOENEMUND, E. Beiträge zur Biologie der Plecopteren-Larven. — Archiv f. Hydrobiol. 15, *1925.*
134. SPITZ, A. und DYHRENFURTH, G. Monographie der Engadiner Dolomiten zwischen Schuls, Scanfs und dem Stilfserjoch. — Beitrag z. Geol. K. d. Schw. NF., 44, Bern, *1915.*
135. SPLITTGERBER, A. und NOLTE, E. Untersuchung des Wassers. — In: Abderhalden, Handbuch der biol. Arbeitsmethoden, Abt. IV, Teil 15, *1931.*
136. STEINBOECK, O. Die Tierwelt der Gletschergewässer. — Zs. d. Deutschen u. Oesterr. Alpenver., *1934.*
137. STEINER, G. Untersuchungsverfahren und Hilfsmittel zur Erforschung der Lebewelt der Qewässer. — Handbuch der mikroskopischen Technik, *1919.*
138. STEINMANN, P. Die Tierwelt der Gebirgsbäche. Eine faunistisch-biologische Studie. (Inauguraldissertation). — Ann. Biol. lac. II, Bruxelles, *1907.*
139. STEINMANN, P. Über Rheotaxis bei Tieren des fließenden Wassers. — Verh. d. Naturf. Ges. In Basel, 24, *1913.*
140. STEINMANN, P. Praktikum der Süßwasserbiologie, I. Teil: Die Organismen des fließenden Wassers. — Berlin, *1915.*

141. STEINMANN, P. und SURBECK, G. Die Wirkung organischer Verunreinigungen auf die Fauna schweiz. fließender Gewässer. — Bern, *1918.*

142. STEINMANN, P. und SURBECK, G. Untersuchungen über das Zooplankton des Potsees bei Luzern. — Zs. f. Hydrolog., 6, H. 3 u. 4, *1934.*

143. STEMPELL, *W.* Zur Physiologie und Ökologie der Dixalarve. — Archiv f. Hydrobiol., 16, *1926.*

144. STRZESZEWSKI, B. Beitrag zur Kenntnis der Schwefelflora in der Umgebung von Krakau. — Bull. de l'Académie d. Sc. d. Cracovie, Serie B., *1913.*

145. THIENEMANN, A. Die Tierwelt der kalten Bäche und Quellen auf Rügen (nebst einem Beitrag zur Fauna von Bornholm), — Mitt. naturw. Ver. f. Neuvorpommern und Rügen, 38, *1906.*

146. THIENEMANN, A. Trichopteren Studien IV. Die Fangnetze der Larven von Philopotamus ludificatus Mc. Lachl. — Zs. f. wiss. Insektenbiol., IV, *1908.*

147. THIENEMANN, A. Orphnephila testacea Macq. Ein Beitrag zur Kenntnis der Fauna hygropetrica. — Ann. Biol. lac., 4, *1909/1910.*

148. THIENEMANN, A. Der Bergbach des Sauerlandes. Faunistisch-biologische Untersuchungen. — Int Rev. d. ges. Hydrobiol. u. Hydrogr., Biol. Suppl. 4, *1912.*

149. THIENEMANN, A. Die Faktoren, welche die Verbreitung der Süßwasserorganismen regeln. — Archiv f. Hydrobiol., 8, *1913.*

150. THIENEMANN, A. Der Zusammenhang zwischen dem Sauerstoffgehalt des Tiefenwassera und der Zusammensetzung der Tiefenfauna unserer Seen. — Int. Rev. d. ges. Hydrobiol. u. Hydrogr., 6, *1913.*

151. THIENEMANN, A. Physikalische und chemische Untersuchungen in den Maaren der Eifel. Teil I und II. — Verh. Naturhist. Ver. d. preuß. Rheinlande und Westf., 70 und 71, *1913* und *1914.*

152. THIENEMANN, A. Die Chironomidenfauna der Eifelmaare. — Verh. Naturhist. Ver. d. preuß. Rheinlande und Westf., 72, *1915.*

153. THIENEMANN, A. Untersuchungen über die Beziehungen zwischen dem Sauerstoffgehalt des Wassers und der Zusammensetzung der Fauna in norddeutschen Seen. Zweite Mitteilung. Prodiamesa bathyphila Kieff., eine Chironomide aus der Tiefe norddeutscher Seen. — Zs. f. wiss. Insektenbiol., 14, *1918.*

154. THIENEMANN, A. Die Meyer'sche Schöpfflasche und die Bestimmung des im Wasser gelösten Sauerstoffes. — Allg. Fischereizeitung, 45, *1920.*

155. THIENEMANN, A. Untersuchungen über die Beziehungen zwischen dem Sauerstoffgehalt des Wassers und der Zusammensetzung der Fauna in norddeutschen Seen. — Archiv f. Hydrobiol., 12, *1920.*

156. THIENEMANN, A. Der hydrobiologische Lehrausflug. I. — Binnengewässer. In: Schoenichen, Der biologische Lehrausflug, Jena, *1922.*

157. THIENEMANN, *A.* Hydrobiologische Untersuchungen an Quellen. — Archiv f. Hydrobiol., 14, *1922/1924.*

158 THIENEMANN, A. Hydrobiologische Untersuchungen an Quellen V. Die Trichopterenfauna der Quellen Holsteins. (Mit einem Anhang über die Metamorphose der Beraeinen). — Zs. f. wiss, Insektenbiol., 18, *1923.*

159. THIENEMANN, A. Die Binnengewässer Mitteleuropas. — Die Binnengewässer, 1, *1925.*

160. THIENEMANN, *A.* Hydrobiologische Untersuchungen an den kalten Quellen und Bächen der Halbinsel Jasmund auf Rügen. — Archiv f. Hydrobiol., 17. *1926.*

161. THIENEMANN, A. Hydrobiologische Untersuchungen an Quellen, VII. Insekten aus norddeutschen Quellen mit besonderer Berücksichtigung der Dipteren. — Deutsche entomolog. Zs., 1926.

162. THIENEMANN, A. Der Sauerstoff im eutrophen und oligotrophen See. — Die Binnengewässer, 4, *1928.*

163. THIENEMANN, A. Neue Beobachtungen an Quellen und Bächen auf Rügen. — Archiv f. Hydrobiol. *23, 1931.*
164. THIENEMANN, A. Alpine Chironomiden. — Archiv f. Hydrobiolol., *30, 1936.*
165. TILLMANS, J. Die chemische Untersuchung von Wasser und Abwasser. — Halle a. d. S., *1915.*
166. TILLMANS, J. Über die quantitative Bestimmung der Reaktion in natürlichen Wässern. — Zs. f. Untersuchung der Nahrungs- und Genußmittel, 38, *1919.*
167. TOMASZEWSKI, W. Beitrag zur Kenntnis der Tierwelt schlesischer Bergbäche. — Abhandlg. d. Naturf. Ges. zu Görlitz, 31, H, *3, 1932.*
168. TREADWELL, F. P. Kurzes Lehrbuch der analytischen Chemie, II. Bd. Quantitative Analyse. — Leipzig und Wien, *1913.*
169. ULMEQ, G. Ephemeroptera. — In: Schulze, Biologie der Tiere Deutschlands, *1924.*
170. ULMER, G. Trichoptera. — In: Schulze, Biologie der Tiere Deutschlands, *1925.*
171. VON DEM BORNE, M. Das Wasser für Fischerei und Fischzucht. — 2. Aufl. bearb. von Halbfaß, Neudamm, *1914.*
172. WALTER, C. Die Hydracarinen der Alpengewässer. — Denkschr. schweiz. Naturf. Ges., *58,* 2, *1922.*
173. WASER, E., HUSMAN, W. und BLOECHLIGER, G. Die Glatt. Eine systematische, praktischen Zwecken dienende Flußuntersuchung in chemischer, bakteriologischer und biologischer Richtung. — Bern, *1934.*
174. WEBER, H. Lehrbuch der Entomologie. — Jena, *1933.*
175. WEITH, W. Chemische Untersuchungen schweizerischer Gewässer mit Rücksicht auf deren Fauna. — Int. Fischereiausstellung zu Berlin, *1880.*
176. WERESCAGIN, J. G. Methoden der hydrochemischen Analyse in der limnologischen Praxis. — Int. Vereinig. für theoret. und angewandte Limnologie. Arbeiten der Standardisations-Kommission, Nr. 1, *1931.*
177. WESENBERG-LUND, C. Biologische Studien über netzspinnende campodeoide Trichopterenlarven. — Int. Rev. d. ges. Hydrobiol. u. Hydrogr., 3, *1911/1912.*
178. WESENBERG-LUND, C. Über einige eigentümliche Temperaturverhältnisse in der Litoralregion der baltischen Seen und deren Bedeutung. — Int. Rev. d. ges. Hydrobiol. u. Hydrogr., 5, *1912.*
178 a. WESENBERG-LUND, C. Biologie der Süßwassertiere. — Berlin *1939,817* S., *1138* Abb., *24* Taf. [mit Ausnahme der Protozoen und Insekten].
179. WINKLER, L. W. Die Bestimmung des im Wasser gelösten Sauerstoffes. — Ber. d. deutsch. chem. Ges., Jg. 21, 2, *1888.*
180. WINOGRADSKY, S. Über Schwefelbakterien. — Bot. Ztg., *1887,* Jg. 45, Nr. *31-37.*
181. WINOGRADSKY, S. Beiträge zur Morphologie und Physiologie der Bakterien. H. 1, Zur Morphologie und Physiologie der Schwefelbakterien. — Leipzig, *1888.*
182. ZEMP, P. J. Hydrobiologische Studien am Schwarzsee (Lac Noir, Kanton Freiburg). — Preiburg, *1933.*
183. ZSCHOKKE, Fr. Die Tierwelt der Hochgebirgsseen. — Neue Denkschr. d. allgem. schweiz. Ges. f. die gesamten Naturw., 37, *1900.*
184. ZSCHOKKE, Pr. Die Tiefenfauna der mitteleuropäischen Seen. — Verh. d. Naturf. Ges. in Basel, 22, *1911.*
185. ZSCHOKKE, Fr. Die Tierwelt der Umgebung von Basel nach neueren Forschungen. — Verh. d. Naturw. Ges. Basel, 28, *1916.*