

**Zeitschrift:** Cryptogamica Helvetica  
**Herausgeber:** Schweizerische Vereinigung für Bryologie und Lichenologie Bryolich  
**Band:** 17 (1990)

**Artikel:** Diatomeen aus der Umgebung von Zermatt  
**Autor:** Hintz, G.  
**Kapitel:** Katalog der untersuchten Proben  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-821150>

### **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

### **Conditions d'utilisation**

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

### **Terms of use**

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

**Download PDF:** 24.07.2025

**ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>**

### 3. KATALOG DER UNTERSUCHTEN PROBEN

#### 3.1. ALLGEMEINES

Das Material wurde in 30%iger Salzsäure gekocht und dann sedimentiert, um die Säure zu entfernen. Anschließend wurde es noch während 15 Minuten in konzentrierter Schwefelsäure gekocht und dann mit Kaliumnitrat neutralisiert. Nach dem Entfernen der Säure und Auswaschen in destilliertem Wasser wurden Streupräparate hergestellt. Der Einschluß erfolgte in *Naphrax*, das einen Brechungsindex von 1:1,7 hat und somit eine gute Identifizierung auch kleiner und zarter Formen erlaubt.

Zur Untersuchung der Präparate wurde ein Mikroskop der Marke «Dia-Lux» der Firma Ernst Leitz, Wetzlar, verwendet. Die Ölimmersion hat eine numerische Apertur von 1:1,4.

Da die Diatomeenflora dieses Gebietes noch vollkommen unbekannt ist, und die Proben viele kleine Formen enthielten, wurde mindestens ein Präparat pro Fundort mit der Ölimmersion untersucht. Die Proben waren in der Regel sehr reich an Formen und Individuen. In einem Präparat wurden 100 000 und mehr Individuen gefunden. Möglicherweise wären bei der Untersuchung weiterer Präparate mit der Ölimmersion noch die eine oder andere Form zum Vorschein gekommen, weil dies aber sehr zeitraubend war, wurde jedoch darauf verzichtet.

Es wurden keine subjektiven Häufigkeitsangaben gemacht, weil sie keinen Vergleich mit anderen Fundorten und auch keine ökologischen Schlüsse zulassen. In Anlehnung an CHOLNOKY (1968) wurde deshalb die Zählmethode nach THOMASSON (1925) verwendet. Natürlich eignet sich diese Methode nicht um produktionsbiologische Aussagen zu machen, sie gibt aber ein deutliches Bild über die Zusammensetzung der Assoziation und gestattet einen Vergleich mit anderen Fundorten und eine statistische Auswertung insbesondere bei verschiedenen Proben des gleichen Gewässers, wie sie besonders für ökologische Untersuchungen fließender Gewässer notwendig sind. Es wurden pro Präparat 1000 Schalen ausgezählt. Dies dauert wohl etwas länger, als das Auszählen von nur 300 bis 400 Schalen, wie es Cholnoky getan hat. Aber 1000 Schalen sind repräsentativer als nur 300 bis 400 und die Fehlergrenze ist kleiner. Außerdem ist diese Zahl praktischer, weil eine Schale 0,1% entspricht.

#### 3.2. UNTERSUCHTE PROBEN

##### **Probe 1**

**Zermatt**, Brunnen neben dem Friedhof, schleimiger Bewuchs auf der Innenseite des Troges, der aus Arvenholz besteht. pH 6,5 am 5.8.1971 und 5,5 im Januar 1977. Gesamthärte in deutschen Härtegraden 4.

Die am häufigsten vorkommenden Diatomeen waren:

<i>Achnanthes minutissima</i> . . . . .	81,2%
<i>Cymbella minuta</i> . . . . .	8,2%
<i>Cymbella silesiaca</i> . . . . .	4,0%

Insgesamt enthielt diese Probe 67 Formen. *Achnanthes minutissima* Kützing erreicht mit 81,2 Ind.-% absolute Dominanz. Ihre Hauptverbreitung hat sie in sauerstoffreichem Wasser, dessen pH um den Neutralpunkt schwankt. *Cymbella minuta* Hilse ex Rabenhorst ist mit 8,2% ebenfalls stark vertreten. Nach HUSTEDT (1957) ist sie als mesooxybiont zu bezeichnen. CHOLNOKY (1968) stellt sie zu den Arten mit hohem Sauerstoffbedarf. Sie scheint eine gewisse Verschmutzung zu ertragen, sofern das Wasser genügend Sauerstoff enthält. *Cymbella silesiaca* Bleisch ist eine Form, die bisher unter dem Namen *Cymbella ventricosa* Agardh zusammen mit *Cymbella minuta* Hilse ex Rabenhorst geführt wurde. Nach KRAMMER in KRAMMER & LANGE-BERTALOT (1986) kommt diese Art häufig in stehenden und fließenden oligotrophen bis eutrophen Gewässern bis zum schwach  $\alpha$ -mesosaprobien Verschmutzungsgrad vor. In dieser Probe kommen auch drei stickstoffheterotrophe Nitzschien vor. Ihr Anteil ist

aber so gering, daß diesem Vorkommen kaum eine ökologische Bedeutung beizumessen ist. Nach Hustedt sind 22 Formen oder 3,5% saproxen, sowie 26 Formen mit 82,7% oligosaprob. Es sind 6 mesooxybionte Formen mit 9,1% vorhanden, während die 2 euryoxybionten Diatomeen bei der Auszählung nicht vorkamen.

pH-Spektrum nach Hustedt	azidophil	5 Formen	0,6%
	pH-indifferent	22 Formen	91,6%
	alkaliphil	36 Formen	3,3%
	unbekannt	4 Formen	4,5%

### Probe 2

Bach am Wege von Zermatt in Richtung Zmuttal, zirka 200 m hinter dem Dorfausgang, brauner fädiger Bewuchs auf Steinen, schnellfließend. pH 6,5 und Gesamthärte dH° 4 gemessen am 7.8.1971.

Häufigste Formen waren:

<i>Achnanthes minutissima</i> inkl. var. . . . . .	26,2%
<i>Ceratoneis arcus</i> . . . . .	17,6%
<i>Cymbella silesiaca</i> . . . . .	8,2%
<i>C. minuta</i> . . . . .	10,9%
<i>Fragilaria capucina</i> . . . . .	4,0%
– var. <i>austriaca</i> . . . . .	11,9%
– var. <i>vaucheriae</i> . . . . .	4,5%
<i>Nitzschia dissipata</i> . . . . .	4,4%

In dieser Probe wurden insgesamt 61 Formen festgestellt.

pH-Spektrum	azidophil	2 Formen	0,7%
	pH-indifferent	22 Formen	40,6%
	alkaliphil	34 Formen	50,3%
	unbekannt	3 Formen	8,4%

Dieses Bächlein zeigte das gleiche pH von 6,5 und die gleiche Gesamthärte wie der Brunnen in Zermatt an. Nachdem es sich um ein schnellfließendes Gewässer handelt, zeigt es in der Zusammensetzung der Diatomeenflora doch einige Unterschiede. Die *Achnanthes*-Arten haben abgenommen. Dies wird jedoch durch die vorkommenden bänderbildenden *Fragilarien* teilweise ausgeglichen. Auch *Ceratoneis arcus* (Ehr.) Kützing ist mit 17,6% der Individuen stark vertreten. Die stickstoffheterotrophen Nitzschien erreichen hier 6,3%. An saproxenen Formen kommen 19 mit 19,8%, 24 oligosaprobe mit 52,4% und 5 mesooxybionte mit 15,6% vor. *Cymbella silesiaca* Bleisch erreicht 8,2%. Offenbar scheint dieses Gewässer leicht verschmutzt zu sein. Weiter oben befinden sich noch mehrere Häuser, die vermutlich ihre Abwässer in dieses Bächlein laufen lassen. Auch die Beweidung der Alpen durch das Vieh könnte einen negativen Einfluß auf die Qualität des Wassers haben.

Vier Arten erreichen in dieser Probe größere Individuenzahlen und zwar *Achnanthes minutissima* Kützing mit 42,2%, *Ceratoneis arcus* (Ehr.) Kützing mit 17,6%, *Cymbella minuta* Hilse 26,2% und *Fragilaria capucina* Desmazières inklusive var. 20,4%. Nach Cholnoky haben alle vier Arten ein pH-Optimum über 7. Demnach müßte das DurchschnittspH über dem Neutralpunkt, das heißt etwa bei pH 7,5 liegen. Die einzige Messung, die aber gegen Abend vorgenommen wurde, zeigt ein pH von 6,5 an. Das Bächlein enthält nur wenig submersen Pflanzenbewuchs. Geht man von der These aus, daß durch die CO<sub>2</sub>-Zehrung das pH im Laufe des Tages höher wird, so müßte diese Messung den höchsten Wert anzeigen. Dies steht aber im Widerspruch zu den Angaben, die Cholnoky über das pH-Optimum dieser vier Arten macht.

Verwendet man die pH-Angaben HUSTEDT'S (1957) in Verbindung mit der Assoziationsanalyse (siehe pH-Spektrum), so kommt man zu dem Schluß, daß das pH etwas über dem Neutralpunkt liegt, mit Schwankungen gegen den Neutralpunkt hin. Demnach müßte die pH-Messung mit 6,5 den tiefsten Punkt anzeigen.

**Probe 3**

**Zmuttbach** oberhalb der Brücke bei der Abzweigung nach «Zum See», grüner Algenbewuchs auf Stein, direkt im Wasser. pH gemessen am 7.8.1971 6,2 und im Januar 1977 ebenfalls 6,2. Gesamthärte dH° 3.

Häufiger kamen folgende Formen vor:

<i>Achnanthes minutissima</i> . . . . .	16,3%
<i>Ceratoneis arcus</i> . . . . .	18,8%
<i>Cymbella minuta</i> . . . . .	20,9%
<i>Nitzschia dissipata</i> . . . . .	6,8%
<i>N. palea</i> . . . . .	3,0%
<i>N. paleacea</i> . . . . .	25,9%

Insgesamt kamen in dieser Probe 65 Arten und Varietäten vor.

pH-Spektrum:	azidophil	4 Formen	0,1%
	pH-indifferent	20 Formen	68,0%
	alkaliphil	36 Formen	31,9%
	unbekannt	5 Formen	0,0%

In dieser Probe kommen fünf Nitzschien vor, die stickstoffheterotroph sind. Ihr Anteil beträgt 37,6% und zeigt, daß der Zmuttbach einen hohen Gehalt an organischen Stickstoffverbindungen mit sich führen muß. Zermatt besitzt bis heute (1971) keine Abwasserkanalisation, sodaß die Abwässer von Winkelmatten, Blatten, Zum See und Zmutt in den Zmuttbach eingelassen werden. Die Beweidung der Alpen in diesem Gebiet dürfte ebenfalls einen Einfluß auf die ziemlich hohe Stickstoffbelastung des Zmuttbaches haben. Der Bach kann als  $\beta$ -mesosaprob bezeichnet werden.

Die Formen, die einen hohen Sauerstoffgehalt anzeigen, sind dagegen nicht besonders häufig. *Achnanthes minutissima* Kützing mit 16,3% und *Cymbella minuta* Hilse mit 20,9%. Es finden sich 19 saproxene Formen mit 21,0%, 25 oligosaprobe mit 19,1%, dagegen 5 mesosaprobe mit 30,0% und 6 euryoxybionte mit 29,3%. Die anderen Cymbellen und die Fragilarien sind nur mit wenigen Exemplaren vertreten. Nach Cholnoky ist an dieser Fundstelle, bei der es sich um eine stille Bucht handelt, mit einem zeitweiligen Sauerstoffschwund zu rechnen.

In bezug auf das pH bestehen hier die gleichen Unklarheiten, wie in den beiden vorausgegangenen Proben. Drei der fünf Hauptvertreter dieser Assoziation, die ein pH-Optimum über 7 haben, sind wiederum: *Achnanthes minutissima* Kützing mit 16,3%, *Ceratoneis arcus* (Ehr.) Kützing mit 18,8% und *Cymbella minuta* Hilse mit 20,9%, zusammen also 56,0% der Individuen. Demgegenüber hat *Nitzschia paleacea* Grunow, deren pH-Optimum unter 7 liegen soll, 25,9%. Daraus ließe sich schließen, daß das pH um etwa 7,5 liegt, mit leichten Schwankungen unter den Neutralpunkt. Dem widerspricht aber die gemessene Gesamthärte, die mit dH° 3 weiches Wasser anzeigt und damit eher auf ein leicht saures Wasser hindeutet. Das pH-Spektrum, das auf der Hustedtschen Taxierung beruht, läßt auf ein pH um den Neutralpunkt schließen, mit leichten Schwankungen in den alkalischen Bereich. Sie ist der nach Cholnoky gegebenen Bewertung also genau konträr.

**Probe 4**

Gleiche Stelle, zirka 3 m weiter oben im Bereich schnellfließenden Wassers entnommen. Es handelte sich um braunen, schleimigen Bewuchs auf einem Brett, das im Wasser lag. pH und Gesamthärte sind mit Probe 3 identisch.

Häufigere Formen:

<i>Achnanthes minutissima</i> . . . . .	2,5%
<i>Ceratoneis arcus</i> . . . . .	86,2%
<i>Cymbella minuta</i> . . . . .	4,2%

Das Total der gefundenen Formen betrug 43.

pH-Spektrum:	azidophil	2 Formen	0,0%
	pH-indifferent	12 Formen	8,4%
	alkaliphil	25 Formen	90,7%
	unbekannt	4 Formen	0,9%

Absolute Dominanz erreichte *Ceratoneis arcus* (Ehr.) Kützing mit 86,2%, eine Diatomee schnellströmender Gebirgsgewässer. *Achnanthes minutissima* Kützing ist auf 2,5% und *Cymbella minuta* Hilse auf 4,2% zurückgegangen. Der Anteil dieser drei Arten beträgt zusammen 92,9% und zeigt, daß das Wasser infolge der starken Strömung sehr sauerstoffreich ist. Die stickstoffheterotrophen Nitzschien erreichten hier nur 2,2% der Individuen. Die saproxenen Formen mit 87,6% und 19 oligosaproxen mit 4,3%, zusammen 93,2% der Individuen, bestätigen, daß das Wasser sehr sauerstoffreich ist. Deshalb sind die sauerstoffliebenden rheophilen Diatomeen dominant und verdrängen die heterotrophen Nitzschien.

Auch hier, wie in der vorangegangenen Probe 3, müßte nach Cholnoky das pH etwas über dem Neutralpunkt liegen, hier jedoch übereinstimmend mit Hustedt, *Ceratoneis arcus* (Ehr.) Kützing erreicht hier absolute Dominanz und dürfte somit die ihr zusagenden Verhältnisse finden. Nach Cholnoky hat diese Art ihr pH-Optimum bei 7,2-7,3. 10,8% der anderen Formen haben ebenfalls ein pH über 7.

### Probe 5

**Zmutt**, Moos auf der Innenseite des hölzernen Brunnenrandes. pH 6,8 und Gesamthärte dH° 4, gemessen am 7.8.1971 morgens um 9 Uhr.

Häufig wurden gefunden:

<i>Achnanthes minutissima</i> . . . . .	60,6%
<i>Cymbella minuta</i> . . . . .	21,5%
<i>Nitzschia acidoclinata</i> . . . . .	4,4%

Diese Probe enthielt insgesamt 59 Formen.

pH-Spektrum:	azidophil	2 Formen	0,4%
	pH-indifferent	20 Formen	88,4%
	alkaliphil	34 Formen	11,2%
	unbekannt	3 Formen	0,0%

In dieser Probe erreicht *Achnanthes minutissima* Kützing mit 60,6% Dominanz. Hinzu kommt *Cymbella minuta* Hilse mit 21,5%. Beide benötigen einen hohen Sauerstoffgehalt und ihr Anteil von zusammen 82,1% läßt darauf schließen, daß das Wasser sehr sauerstoffreich sein muß. Es sind 21 saproxene Formen vorhanden, die aber nur 4,4% erreichen. Die 23 oligosaproxen Diatomeen kommen auf 70,2%. 5 mesooxybionte Formen erreichen 23,1%. Hierin ist aber *Cymbella minuta* Hilse mit 21,5% enthalten. Ob diese *Cymbella* tatsächlich zu den mesooxybionten Diatomeen zu zählen ist, dürfte nach der Abtrennung von *Cymbella silesiaca* Bleisch noch abzuklären sein.

Nach Cholnoky haben 89,7% der Individuen ihr Optimum bei einem pH über 7, ja ein großer Teil sogar über 7,5. Demnach müßte das pH normalerweise um etwa 7,5 schwanken. Nach Hustedt sind 88,4% der Individuen pH-indifferent und nur 11,2% alkaliphil. Dies kommt dem gemessenen Wert von 6,8 schon näher. Natürlich ist nicht auszuschließen, daß das pH im Laufe des Tages etwas ansteigen kann. Allerdings scheint dies bei einem Brunnen, dessen Wasser aus der Erde kommt und dessen Temperatur durch die Sonneneinstrahlung kaum ansteigen dürfte, etwas unwahrscheinlich.

### Probe 6

**Bodmen**, am Weg zur Schönbielhütte im Zmuttal, kleines Rinnsal gegenüber dem Stausee auf zirka 2000 m ü.M. Es enthielt viel Fadenalgen. pH 6,5 und Gesamthärte dH° 6, gemessen bei der Probenentnahme am Vormittag gegen 10 Uhr des 7.8.1971.

Häufig waren:

<i>Achnanthes minutissima</i> . . . . .	42,0%
<i>Caloneis bacillum</i> . . . . .	9,4%
<i>Diploneis ovalis</i> . . . . .	4,5%
<i>Navicula cryptocephala</i> . . . . .	7,0%
<i>N. soehrensii</i> f. <i>capitata</i> . . . . .	6,2%

Diese Probe enthielt insgesamt 87 Formen.

pH-Spektrum:	azidophil	3 Formen	2,6%
	pH-indifferent	31 Formen	52,1%
	alkaliphil	45 Formen	41,4%
	unbekannt	8 Formen	3,9%

Vier der fünf häufigsten Diatomeen, die zusammen 62,1% repräsentieren, benötigen einen hohen Sauerstoffgehalt. Nur *Navicula cryptocephala* Kützing fällt aus diesem Rahmen. Immerhin erreichen die saproxenen Diatomeen mit 27 Formen 30,5% und 35 oligosaprobe 53,5%, zusammen also 84,0% gegenüber 0,6% der mesooxybionten und 7,1% der euryoxybionten Formen. Das Rinnsal fließt sehr schnell und nur in einem dünnen Film über die Steine hinweg. Dadurch kann es immer viel O<sub>2</sub> aus der Luft aufnehmen. Folglich zeigt diese Zusammensetzung eine gute Übereinstimmung.

Von einer Eutrophierung kann bei diesem Gewässer keine Rede sein, und die stickstoffheterotrophen Nitzschien erreichen nur 0,2% der Individuen. Dazu kommt allerdings *Navicula cryptocephala* Kützing mit 7,0%. Allerdings ist diese Art infolge Verwechslungen mit *Navicula gregaria* Donkin und *N. phyllepta* Kützing in der Vergangenheit in ihrer ökologischen Einstufung kritisch.

Nach Cholnoky haben 72,3% der Individuen ein pH-Optimum über 7. Der Hauptanteil sogar zwischen 7,5 und 8. Der Anteil der Formen mit einem pH-Optimum unter 7 beträgt nur 15,9%. Unbekannt nach der Beurteilung von Cholnoky ist das pH-Optimum der restlichen 11,8%. Von den mit einem pH-Optimum unter 7 erreichen nur die beiden Varietäten von *Navicula soehrensii* Krasske mit zusammen 6,6% einen wesentlichen Anteil an der Assoziation. Die sonst häufiger vorkommenden Formen haben alle ein pH-Optimum von über 7. Daraus könnte der Schluß gezogen werden, daß das pH im Mittel um 7,5 liegt mit Schwankungen nach unten und oben. Das Rinnsal ist schnellfließend und enthält außer Moosen und Fadenalgen wenig submersen Pflanzenbewuchs. Es scheint wenig wahrscheinlich, daß ein alpinen Bächlein durch die CO<sub>2</sub>-Zehrung der Assimilation der Moose während des Tages pH-Schwankungen dieses Ausmaßes mitmacht. Das pH wird wohl im Laufe des Tages nur wenig ansteigen.

Die Ergebnisse nach Hustedt sind für das gemessene pH von 6,5 auch nicht viel günstiger. Das pH würde danach um den Neutralpunkt, hauptsächlich in den alkalischen Bereich tendieren. Allerdings ist diese Tendenz weniger stark ausgeprägt als nach dem System von Cholnoky. Die floristische Methode ist wohl etwas günstiger als die Auszählung nach den pH-Angaben Cholnokys. Sie kommt aber dem aktuellen pH auch nicht näher. Diese Methode ist trotzdem nicht empfehlenswert. Entscheidend ist nicht, wieviele Arten der einzelnen ökologischen Stufen vorkommen, sondern deren Anteil an der Population. *Achnanthes minutissima* Kützing mit einem Anteil von 42,0% kann einer Form, die nur einmal oder sogar nur außerhalb der Auszählung von 1000 Schalen festgestellt wurde, nicht gleichgesetzt werden. In dieser Beziehung muß Cholnoky beiegepflichtet werden, der sagte, daß eine Form in dem ihr am besten zusagenden Milieu eine hohe bis sehr hohe Vermehrungsrate hat und deshalb einen großen Anteil an der Population erreichen wird. Dagegen werden die Formen, die an dem betreffenden Ort nicht die ihnen zusagenden Verhältnisse finden, ihre Vermehrung verlangsamen, einstellen und schließlich absterben, je weiter die ökologischen Verhältnisse von den ihnen zusagenden abweichen. Eher ist anzunehmen, daß die ökologischen Verhältnisse der Diatomeen bis heute zu wenig bekannt sind.

### Probe 7

Bach vor Kalbermatten im Zmuttal, auf dem Wege zur Schönbielhütte, Höhe 2100 m ü.M., schnellfließend. Gesammelt am 7.8.1971 zirka 10.30 Uhr, pH 7,0 und Gesamthärte dH° 4, Detritus.

Häufiger vorkommende Formen waren:

<i>Achnanthes minutissima</i> . . . . .	30,1%
<i>Diploneis oblongella</i> . . . . .	4,0%
<i>Fragilaria brevistriata</i> . . . . .	19,3%
<i>F. nana</i> . . . . .	11,0%
<i>Gomphonema angustatum</i> . . . . .	3,6%

Diese Probe war sehr formenreich, denn sie enthielt 114 Formen.

pH-Spektrum:	azidophil	9 Formen	2,8%
	pH-indifferent	40 Formen	52,8%
	alkaliphil	47 Formen	38,5%
	unbekannt	18 Formen	5,9%

Daß es sich um eine Detritusprobe handelt, wird aus dem Rückgang der *Achnanthes*-Arten ersichtlich, die zusammen nur 33,9% der Assoziation erreichen. Ein Sauerstoffschwund macht sich im Detritus eines Baches, in dem das Wasser langsamer fließt, eher bemerkbar. Im schnellströmenden Wasser dagegen werden die Organismen immer mit ausreichend Sauerstoff versorgt. Die Gomphonemen, die ebenfalls einen hohen Sauerstoffbedarf haben, sind hier nur sehr spärlich vertreten. Vermutlich gedeiht auch *Fragilaria nana* (Meister) Lange-Bertalot in sauerstoffreichen Gewässern am besten, die hier doch immerhin 11,0% der Assoziation für sich beansprucht, 31 saproxene Formen sind mit 11,6% und 49 oligosaprobe mit 77,6% vertreten. Die 6 mesooxybionten Diatomeen ergeben 2,3% und 3 euryoxybionte erreichen 1,9% der Individuen. Vermutlich bleibt der Sauerstoffgehalt hier nicht immer nahe der Sättigungsgrenze.

Die Auswertung der Assoziation nach der pH-Bewertung von Cholnoky ergibt, daß 72,9% der Individuen ihr pH-Optimum über 7, zum Teil sogar bis über 8 haben. 21,3% der Individuen haben ein pH-Optimum unter 7 und von 5,8% ist die ökologische Valenz noch unbekannt. Auch hier müßte das pH deutlich über dem Neutralpunkt liegen. Nach der Hustedtschen Beurteilung, wie sie im pH-Spektrum angegeben wurde, weist die Verteilung der Diatomeen auf ein Gewässer mit einem pH um den Neutralpunkt hin, das leichte Schwankungen in den alkalischen Bereich hat und folglich dürfte hier Hustedts Bewertung eher zutreffen. Es ist wirklich bedauerlich, daß nicht die Zeit aufgebracht werden konnte, um die Messungen des öfteren zu wiederholen, wodurch eventuelle Schwankungen hätten festgestellt werden können.

### Probe 8

Vor der Stirnmoräne des Zmuttgletschers, ausgedrückte Moospolster von *Polytrichum* sp. Höhe 2100 m ü.M. Keine pH- und Härtebestimmung. 7.8.1971.

Häufig wurden gefunden:

<i>Caloneis tenuis</i> . . . . .	22,7%
<i>Cymbella cesatii</i> . . . . .	49,6%
<i>Hantzschia amphioxys</i> . . . . .	3,3%
<i>Rhopalodia parallela</i> . . . . .	6,4%

Das Total der gefundenen Formen betrug 46.

pH-Spektrum:	azidophil	3 Formen	49,6%
	pH-indifferent	18 Formen	31,2%
	alkaliphil	20 Formen	16,4%
	unbekannt	5 Formen	2,8%

Dominant ist in dieser Probe *Cymbella cesatii* (Rabh.) Grunow mit 49,6%. Sie ist nach Hustedt azidophil und saproxen. Sehr häufig ist auch *Caloneis tenuis* (Greg.) Krammer mit 22,7%. Diese Diatomee war bisher unter dem Namen *Pinnularia gracillima* Gregory bekannt und wurde von Hustedt als pH-indifferent und saproxen bewertet.

Diese Probe enthält für ein Moospolster eine erstaunlich große Anzahl an Formen. Der Moosrasen hat eine Fläche von mehr als 10 Quadratmeter und wird ständig von einer dünnen Wasserschicht durchflossen, jedoch so, daß die Oberfläche des zirka 15 cm hohen Moosra-

sens ständig über dem Wasser bleibt. Dadurch werden wahrscheinlich ein großer Teil der gefundenen Formen eingeschwemmt. Auffallend ist das häufige Vorkommen der Epithemien und *Rhopalodia parallela* (Grunow) O. Müller. BEGER (1928) erwähnt *Epithemia argus* Kützing aus einem Moosrasen auf nassem Gestein von Arosa. Bei Salzburg fand er *Epithemia argus* und *Epithemia turgida* (Ehr.) Kützing in *Platygyrium repens*-Rasen auf Schindel- und Strohdächern. In *Meesia longiseta* eines Wasserfalles bei Salzburg kam *Epithemia zebra* (Ehr.) Kützing vor. Auf Granit im Grimselgebiet stellte BEGER auch *Rhopalodia gibba* (Ehr.) O. Müller fest. KRASSKE (1948) fand in Sphagnumpolstern in Brasilien *Epithemia zebra* (Ehr.) Kützing und *Rhopalodia gibberula* (Ehr.) O. Müller selten sowie sonst in Südamerika auch noch *Rhopalodia musculus* (Kütz.) O. Müller. PETERSEN (1928) erwähnt von Ost-Island auf Moosen *Rhopalodia gibberula* (Ehr.) O. Müller und *R. ventricosa* Ehrenberg. Die meisten Arten dieser beiden Gattungen gehören zu den alkalibionten oder alkaliphilen Formen. Auffallend ist, daß sie auch in Urgestein vorkommen. Sicher gehören diese Arten daher nicht zur Moosflora, sondern sind von anderen Biotopen eingeschleppt, denn ihr Hauptverbreitungsgebiet ist das tiefere Litoral der Seen. Auffallend ist auch das Fehlen der *Achnanthes*-Arten, was kaum auf einen niedrigen Sauerstoffgehalt deutet, sondern eher darauf zurückzuführen ist, daß in diesem dichten Moosrasen sehr viel Licht absorbiert wird.

Die dominierende Form *Cymbella cesatii* (Rabh.) Grunow erreicht 49,6% der Assoziation. Nach Cholnoky liegt das pH-Optimum dieser Art um 6. Demnach müßte daraus geschlossen werden, daß diese Art hier nahe ihrem Optimum lebt. Hinzu kommen noch *Nitzschia acidoclinata* Lange-Bertalot mit 0,4% und *Pinnularia rupestris* Hantzsch mit 0,3%, die ebenfalls ein pH-Optimum unter 7 haben. Es ist dies der bisher höchste Anteil der Diatomeen mit einem Optimum unter pH 7. Von 24,5% der Individuen ist das pH-Optimum nach Cholnoky unbekannt. Daran ist auch *Caloneis tenuis* (Greg.) Krammer mit 22,7% beteiligt. Diese Form ist in alpinen und skandinavischen Gewässern weit verbreitet und dürfte höchstwahrscheinlich ebenfalls ein pH-Optimum unter dem Neutralpunkt haben.

Nach Hustedt sind 49,6% der Individuen azidophil und 30,0% pH-indifferent. Dies stimmt mit den Zahlen nach Cholnoky im großen und ganzen überein.

Gestützt auf die große Häufigkeit erreichen hier die saproxenen Diatomeen 78,2%, die oligosaproxenen 8,0%, aber die 5 meso- und euryoxybionten Formen kommen in der Auszählung nicht vor. Was auf eine gut durchlüftetes Biotop hindeutet.

### Probe 9

Ein schnellfließender Seitenarm des Zmuttbaches vor der Stirnmoräne, goldbrauner Steinbewuchs. pH 6,2, Gesamthärte dH° 2 am 26.7.1975.

Häufigste Formen:

<i>Ceratoneis arcus</i> . . . . .	3,6%
<i>Diatoma hiemale</i> var. <i>mesodon</i> . . . . .	52,8%
<i>Gomphonema angustatum</i> . . . . .	8,2%
<i>Navicula minuscula</i> . . . . .	21,0%

Unter diesen Formen befinden sich allein 73,6% an rheobionten Diatomeen. Die Gesamtzahl der Formen beträgt 37.

pH-Spektrum:	azidophil	2 Formen	0,0%
	pH-indifferent	17 Formen	4,8%
	alkaliphil	17 Formen	95,0%
	unbekannt	1 Formen	0,2%

Auch in dieser Probe sind die *Achnanthes*-Arten mit nur vier Formen und 2,4 Ind.-% nur schwach vertreten. Das soll jedoch nicht heißen, daß das Wasser wenig Sauerstoff enthielt. Die Probe wurde von glatten Steinen im schnellströmenden Wasser abgekratzt. Die *Achnanthes*-Arten haben keine Möglichkeit sich darauf anzusiedeln. Deshalb kommen hier koloniebildende Arten wie *Ceratoneis arcus* (Ehr.) Kützing, *Diatoma hiemale* var. *mesodon* (Ehr.) Grunow, *Gomphonema angustatum* (Kütz.) Rabenhorst, *Meridion circulare* (Grev.) Agardh und *Navicula minuscula* Grunow (in Bändern) hauptsächlich vor. Es handelt sich um eine typische Gesellschaft schnellströmenden Wassers. Dominierend ist *Diatoma hiemale* var. *mesodon* (Ehr.) Grunow mit 52,8% und als nächsthäufigste *Navicula minuscula* Grunow mit

21,0%. Auch *Meridion circulare* (Grev.) Agardh mit 9,0% zählt zu den Arten mit hohem Sauerstoffbedarf. Diese Assoziation zeigt ein sehr sauerstoffreiches Gewässer an. Dies zeigt auch das dominierende Vorkommen der saproxenen Diatomeen mit 86,6% und der oligosaproxenen mit 12,4%. Die mesooxybionten Formen sind mit 0,8% nur sehr schwach und die euryoxybionten gar nicht vertreten.

Nach Cholnoky haben 75,4% der Individuen ein pH-Optimum unter 7. Dennoch ist *Meridion circulare* (Grev.) Agardh, deren pH-Optimum um 8 liegt, mit 9,0% relativ stark vertreten. Der gemessene Wert von pH 6,2 stimmt gut mit diesen Angaben überein.

Im Sinne Hustedts sind 95,0% alkaliphil, während nur 4,8% pH-indifferent und wohl zwei Diatomeen azidophil sind, aber bei der Auszählung nicht in Erscheinung traten. Diese Diskrepanz ist auf die völlig konträre Beurteilung von *Diatoma hiemale* var. *mesodon* (Ehr.) Grunow zurückzuführen. In diesem Falle stimmen die ökologischen Angaben Cholnokys eher mit dem aktuell gemessenen pH überein. Hier zeigt sich wieder einmal, daß in ökologischer Hinsicht auf dem Gebiete der Diatomeen noch vieles im argen liegt.

### Probe 10

Kleine Pfütze am Wege vor dem Kraftwerk Staffelalp. Dichte Algenwatten von *Mougeotia* sp., viele Cosmarien und *Merismopedia* sp. 2200 m ü.M. pH 6,5, Gesamthärte dH° 5, gemessen mittags um zirka 13 Uhr des 7.8.1971.

Am häufigsten waren folgende Formen vertreten:

<i>Achnanthes minutissima</i> . . . . .	46,2%
<i>Cymbella cistula</i> . . . . .	4,1%
<i>C. delicatula</i> . . . . .	7,7%
<i>C. laevis</i> . . . . .	3,7%
<i>Denticula tenuis</i> . . . . .	4,7%
— var. <i>crassula</i> . . . . .	7,8%
<i>Nitzschia acidoclinata</i> . . . . .	6,7%

Insgesamt kamen in dieser Probe 64 Formen vor.

pH-Spektrum:	azidophil	4 Formen	1,4%
	pH-indifferent	30 Formen	63,7%
	alkaliphil	24 Formen	33,8%
	unbekannt	6 Formen	1,1%

Das starke Algenwachstum läßt darauf schließen, daß nachts infolge der Atmung ein gewisser Sauerstoffmangel eintreten könnte. Dem widerspricht aber der große Anteil der *Achnanthes*-Arten mit 50,6%, wovon *Achnanthes minutissima* Kützing allein 46,2% *saproxiphila*, die bis in die polysaproxene Stufe vordringt. Diese Form ist mir leider nicht bekannt. Ob sie in dieser Probe vorkommt, kann deshalb nicht festgestellt werden. Die saproxenen Diatomeen erreichen 24,1%, oligosaproxene 63,9%, mesooxybionte 1,6% und die euryoxybionten 3,6% der Individuen. Folglich dürfte diese Pfütze auch nachts relativ hohe Sauerstoffwerte aufweisen.

67,8% der Individuen haben ein pH-Optimum über 7 im Sinne Cholnokys. Von 16,2% beträgt das pH-Optimum sogar 8 und darüber. Das aktuelle pH, gemessen um 13 Uhr, betrug 6,5. Ob die von Cholnoky angegebenen pH-Optima wirklich exakt sind, oder nicht doch noch weiterer Untersuchungen bedürfen, bis sie geklärt sind und genau festgelegt werden können. Cholnoky machte seine Untersuchungen in südafrikanischen Gewässern. Es ist nicht anzunehmen, daß die gleichen Diatomeen in Europa oder andernorts anders reagieren. Dieser Meinung war bereits Cholnoky. Doch fällt immer wieder bei den Proben aus der Umgebung die Unstimmigkeit der pH-Optima der Diatomeen zu dem gemessenen pH-Wert auf. Es ist auch nicht anzunehmen, daß die Spezialindikatorstäbchen der Firma Merck, Darmstadt, ungenaue Werte liefern. Die Stäbchen wurden in der Regel mindestens während 3 Minuten im Wasser gelassen bis sich keine Veränderung der Farbe mehr zeigte.

Etwas günstiger fallen die Ergebnisse nach den ökologischen Angaben von Hustedt aus. Demnach wären 63,7% der Individuen pH-indifferent, 33,8% alkaliphil, 1,4% azidophil und 1,1% unbekannt. Dieses Ergebnis entspricht dem gemessenen pH von 6,5 schon eher. Dem hohen Anteil der alkaliphilen Formen entsprechend, muß geschlossen werden, daß das Wasser

eher Schwankungen in den alkalischen, denn in den sauren Bereich hat. Es zeigt sich wieder einmal, daß eine einmalige Messung ungenügend ist.

### Probe 11

**Staffelalp**, Bach mit Moosbewuchs, ca. 2000 m, schnellströmend. pH 7,0, Gesamthärte dH° 4, gemessen am 7.8.1971.

Häufigere Formen waren:

<i>Cymbella minuta</i> . . . . .	5,0%
<i>Diatoma hiemale</i> var. <i>mesodon</i> . . . . .	12,2%
<i>Gomphonema angustatum</i> . . . . .	17,6%
<i>Meridion circulare</i> . . . . .	32,0%

Das Total der festgestellten Formen betrug 100.

pH-Spektrum:	azidophil	5 Formen	0,0%
	pH-indifferent	34 Formen	14,7%
	alkaliphil	46 Formen	80,1%
	unbekannt	15 Formen	5,2%

Auch diese Probe ist für einen Bach sehr formenreich. Vermutlich werden häufig Formen aus andern Biotopen eingeschwemmt, die dann in den Moosrasen hängenbleiben. Die Proben wurden eigentlich nur zum Zwecke der floristischen Auswertung gesammelt und daher einer größeren Fläche entnommen. Deshalb kommen wahrscheinlich verhältnismäßig viele Formen vor.

Die *Achnanthes*-Arten sind mit 4,0% der Individuen schwach vertreten. Häufig sind *Diatoma hiemale* var. *mesodon* (Ehr.) Grunow, *Gomphonema angustatum* (Kütz.) Rabenhorst, *G. tergestinum* Fricke und *Meridion circulare* (Grev.) Agardh mit zusammen 64,8%. Diese rheobionten Formen lassen daher auf einen ziemlich hohen Sauerstoffgehalt schließen, was auch durch das häufige Vorkommen der saproxenen Diatomeen mit 52,1% und der oligosaproxenen mit 32,9% bestätigt wird. Die mesooxybionten Formen erreichen 6,1% und die euryoxybionten nur 3,0%.

Den Hauptanteil bilden wiederum die Diatomeen mit einem pH-Optimum über 7, und zwar sind es 72,2% während 16,4% ein Optimum unter pH 7 haben. In Anbetracht des aktuellen Wertes von pH 7,0, der gegen 13 Uhr gemessen wurde, besteht eine gewisse Übereinstimmung.

Auch nach Hustedt deutet die Assoziation eher auf den alkalischen Bereich hin. 14,7% der Individuen sind pH-indifferent und 80,1% alkaliphil. Es sind wohl fünf azidophile Diatomeen in dieser Probe gefunden worden, sie traten aber bei der Auszählung nicht in Erscheinung. Beide Systeme zeigen in der Bewertung der alkaliphilen Diatomeen gute Übereinstimmung. Sie widersprechen sich aber in den andern Formen. Während nach Cholnoky 16,4% der Individuen ein pH-Optimum unter 7 haben, zeigt das Hustedtsche System 12,4% alkalibionte Formen und die azidophilen sind nur sehr spärlich vorhanden.

### Probe 12

**Innere Wälder**, kleines Rinnsal, Detritus aus stillem Abschnitt. pH 7,0 und Gesamthärte dH° 7, gemessen um zirka 13,30 Uhr am 26.7.1971.

Am häufigsten kamen darin vor:

<i>Achnanthes minutissima</i> . . . . .	16,6%
<i>Caloneis bacillum</i> . . . . .	4,7%
<i>Cymbella cesatii</i> . . . . .	3,8%
<i>Fragilaria capucina</i> var. <i>vaucheriae</i> . . . . .	13,5%
<i>F. nana</i> . . . . .	3,5%
<i>F. pinnata</i> . . . . .	3,8%
<i>Navicula indifferens</i> . . . . .	3,2%
<i>Nitzschia perminuta</i> . . . . .	3,2%

Die Probe enthielt insgesamt 114 Formen und war damit sehr formenreich.

pH-Spektrum:	azidophil	5 Formen	4,0%
	pH-indifferent	44 Formen	36,3%
	alkaliphil	52 Formen	52,3%
	unbekannt	13 Formen	7,4%

Die Diatomeen schnellströmenden Wassers sind nur spärlich vertreten. Es handelt sich um eine typische Detritusprobe, die aber viele eingeschwemmte Formen aufweist. Das Wasser hat das gleiche pH von 7,0 wie die vorangegangene Probe. Lediglich die Gesamthärte ist mit  $dH^{\circ}$  7 etwas höher. Obwohl die beiden Fundorte gut 1 km auseinanderliegen, haben sie viele Formen gemeinsam, das heißt 60 Stück. 36 Formen der Probe 11 fehlen in der Probe 12. Umgekehrt kommen 54 Formen in Probe 12 vor, die in der vorangegangenen Probe fehlen. Insbesondere kommen die koloniebildenden Formen schnellströmenden Wassers der Probe 11 in der Probe 12 nicht oder nur sehr selten vor. Während andererseits die größeren Formen des Litorals, wie *Stauroneis* und *Surirella*, in Probe 12 häufiger vertreten sind. Auch *Achnanthes minutissima* Kützing erreicht hier mit 16,2% eine größere Abundanz. Es sind 35 saproxene Formen mit 24,3% und 42 oligosaprobe mit 56,8% vorhanden. Die pH-unbekannten erreichen 10,7%.

Der Anteil der Diatomeen mit einem pH-Optimum über 7 ist hier wesentlich niedriger und erreicht 52,9%. Dagegen steigen die Formen, deren Optimum unter pH 7 liegt, bis auf 30,7% an. Obwohl das pH in beiden Fundstellen gleich hoch ist.

Nach Hustedt sind 36,3% der Individuen pH-indifferent, 52,3% alkaliphil und nur 4,0% azidophil. Beide Ergebnisse können in etwa gleich interpretiert werden. Die Tendenz zeigt in den alkalischen Bereich. Trotzdem fällt auf, daß nach Cholnoky der Anteil der Formen mit einem pH-Optimum unter 7, also den azidophilen, bedeutend größer ist. Cholnoky verwendet den Begriff der indifferenten Formen nicht. Ganz wenige der von ihm eingestufteten Arten haben ihre Hauptverbreitung um pH 7.

### Probe 13

**Innere Wälder**, Zmuttal, großer Moosrasen von mehreren Quadratmetern, darin befand sich ein zirka 10 cm<sup>2</sup> großer Stein mit schleimigem Bewuchs, der von einem dünnen Wasserfilm überflossen wurde. pH 7,0, Gesamthärte  $dH^{\circ}$  6 am 26.7.1975.

Häufiger kamen auf diesem Stein folgende Formen vor:

<i>Diatoma hiemale</i> var. <i>mesodon</i> . . . . .	84,6%
<i>Meridion circulare</i> . . . . .	11,2%

Diese Probe enthielt insgesamt 43 Formen.

pH-Spektrum:	azidophil	2 Formen	0,0%
	pH-indifferent	13 Formen	0,4%
	alkaliphil	26 Formen	99,6%
	unbekannt	2 Formen	0,0%

Dominanz erreicht in dieser Probe *Diatoma hiemale* var. *mesodon* (Ehr.) Grunow mit 84,6% und auch *Meridion circulare* (Grev.) Agardh ist mit 11,2% stark vertreten. Das Wasser sickert nur langsam über den frei im Moosrasen liegenden Stein, dennoch sind hier die beiden koloniebildenden Formen mit absoluter Dominanz vertreten. Durch den sehr dünnen Wasserfilm kann das Wasser Sauerstoff bis zur Sättigung aufnehmen, deshalb finden hier beide Formen mit ihrem hohen Sauerstoffbedarf ihnen besonders zusagende Lebensbedingungen. Dagegen sind aber die *Achnanthes*-Arten als Bewuchs auf anderen Wasserpflanzen nur sehr schwach vertreten, weil diese Pflanzen fehlen. Die saproxenen Diatomeen mit 96,2% und die oligosapoben mit 3,8%, zusammen also 100%, bestätigen den hohen Sauerstoffgehalt.

85,2% der Individuen haben ein Optimum unter pH 7, 14,4% über pH 7. Cholnokys Angaben weisen eindeutig in den aziden Bereich. Ganz anders sieht die Situation aus, wenn man die Hustedtschen Angaben verwendet. Demnach sind 99,6% alkaliphil, wovon 84,6% sogar alkalibiont. Das durchschnittliche pH müßte eindeutig über dem Neutralpunkt liegen. Dies beruht auf der völlig anderen Beurteilung von *Diatoma hiemale* var. *mesodon*. Es ist unmöglich, daß sie nach Cholnoky ein pH-Optimum unter 7 haben kann und von Hustedt als

alkalibiont taxiert wird. Meines Erachtens kann diese Diatomee nicht zu den alkalibionten Formen gehören. Nach ihrem Vorkommen sowohl in sauren als auch in alkalischen Gewässern dürfte sie deshalb besser als pH-indifferent bezeichnet werden. Ihre Verbreitung hat sie in schnellströmenden Gewässern unserer Gebirge und Mittelgebirge. Bestimmend dürfte daher der hohe Sauerstoffgehalt und nicht das pH sein.

#### Probe 14

**Hermettji**, kleiner schnellfließender Bach auf dem Wege zum Schwarzsee, Höhe zirka 2200 m ü.M., Detritus auf abgestorbenem Wurzelfilz, völlig ausgetrocknet. pH 6,2 und Gesamthärte dH° 2 gemessen am 4.8.1971 und pH 5,4 im Januar 1977.

Häufiger vorkommende Formen waren:

<i>Achnanthes lapponica</i> . . . . .	3,3%
<i>A. minutissima</i> . . . . .	45,4%
— var. <i>jackii</i> . . . . .	1,3%
<i>Fragilaria capucina</i> var. <i>vaucheriae</i> . . . . .	7,0%
<i>Navicula cryptotenella</i> . . . . .	3,3%
pH-Spektrum:	
azidophil	21 Formen      2,4%
pH-indifferent	63 Formen      66,0%
alkaliphil	60 Formen      26,3%
unbekannt	23 Formen      5,3%

Diese Probe ist für einen Gebirgsbach erstaunlich formenreich. Sie enthielt 167 Arten, Varietäten und formae. Ein Teil ist sicher eingeschleppt, denn der feine Wurzelfilz wirkte wie ein Filter. Sehr stark vertreten sind die *Achnanthes*-Arten mit 16 Formen und 54,5% der Individuen. Die saproxenen Diatomeen waren mit 17,8%, die oligosaproxenen mit 71,9% gegenüber 1,7% mesooxybionte und 2,6% euryoxybionte Formen. Demnach ist der Bach sehr sauerstoffreich, was von einem schnellfließenden Gebirgsbach auch zu erwarten ist.

67,6% der Individuen haben nach Cholnoky ein pH-Optimum über 7. 21,3% haben ihr Optimum unter pH 7, während die Zugehörigkeit von 11,1% Cholnoky nicht bekannt war, weil es sich um Formen handelt, die in Südafrika nicht gefunden wurden. Diese Bewertung steht in krassem Widerspruch zum gemessenen pH-Wert von 6,2 und 5,4 im Januar 1977. Eine bessere Übereinstimmung ist mit dem Hustedtschen System festzustellen. Allerdings stört auch hier der sehr niedrige Anteil der azidophilen Diatomeen mit nur 2,4%, wobei doch immerhin 4,3% alkalibionte zu verzeichnen sind.

#### Probe 15

**Hermettji**, zweiter Bach, zirka 1 km weiter oben am Wege zum Schwarzsee, etwa 2400 m ü.M., schnellfließend, Steinbewuchs. pH 6,5 und Gesamthärte dH° 3, gemessen am 4.8.1971.

Häufiger kamen in dieser Probe folgende Formen vor:

<i>Achnanthes minutissima</i> . . . . .	13,2%
<i>Cymbella microcephala</i> . . . . .	14,3%
<i>Denticula tenuis</i> inkl. var. . . . .	5,7%
<i>Diatomella balfouriana</i> . . . . .	38,5%
<i>Pinnularia balfouriana</i> . . . . .	17,7%

Insgesamt wurden in dieser Probe 81 Formen registriert.

pH-Spektrum:	
azidophil	12 Formen      20,0%
pH-indifferent	32 Formen      17,2%
alkaliphil	33 Formen      62,1%
unbekannt	5 Formen      0,7%

Cholnoky ist der Meinung, daß *Diatomella balfouriana* Greville nicht zu den Arten mit hohem Sauerstoffbedarf gehöre. Dem kann nicht zugestimmt werden, denn ihre Hauptverbreitung hat diese Art in Gebirgsgewässern, woraus geschlossen werden muss, daß sie hohe Ansprüche an den Sauerstoffgehalt stellt. Häufig kommen hier auch *Achnanthes minutissima*

Kützing mit 13,2%, *Cymbella microcephala* Grunow mit 14,3%, *Diatomella balfouriana* Greville mit 38,5% und *Pinnularia balfouriana* Grunow mit 17,7%, total 82,9% vor. Daraus ist zu schließen, daß dieser schnellfließende Gebirgsbach ständig einen sehr hohen Sauerstoffgehalt hat. Auch das häufige Vorkommen der saproxenen Diatomeen mit 48,7% und der oligosaproben mit 30,5% bestätigen dies. Die vier mesooxybionten Formen haben einen Anteil von nur 0,8% und die einzige euryoxybionte Diatomee wurde bei der Auszählung nicht festgestellt. 20% der Individuen konnten nicht klassifiziert werden.

35,6% der Individuen haben nach Cholnoky ein pH-Optimum über 7. Darin ist *Cymbella microcephala* Grunow enthalten, deren Optimum etwa bei pH 7,2 liegt. 61,7% der Individuen haben ihr Optimum unter pH 7, wovon 58,9% sogar bei pH 6 und tiefer. Diese Angaben lassen auf ein saures Milieu schließen und stimmen mit dem gemessenen Wert von pH 6,5 ziemlich gut überein. In völligem Widerspruch dagegen stehen die ökologischen Angaben nach Hustedt. 17,2% sind pH-indifferent, 62,1% alkaliphil und nur 20,0% azidophil. Dieses Ergebnis kann unmöglich den Verhältnissen entsprechen und ist zur Hauptsache auf die völlig andere Bewertung von *Diatomella balfouriana* Greville zurückzuführen. Während diese Art gemäß Cholnoky ihr Optimum um pH 6 hat, hält sie Hustedt für alkalibiont. Wenn dies zuträfe, so dürfte sie kaum bei pH 6,5 in so großen Individuenzahlen anzutreffen sein. Auch Niels Foged taxiert diese Diatomee als azidophil bis pH-indifferent.

### Probe 16

**Schwarzsee**, Ostufer, Aufwuchs auf *Chara* sp. und Detritus. Höhe 2589 m ü.M. Das pH betrug am 4.8.1971 6,0 und im September 1974 6,5. Die Gesamthärte wurde mit  $\text{dH}^\circ$  2 bestimmt.

Häufiger kamen in dieser Probe folgende Diatomeen vor:

<i>Achnanthes minutissima</i> . . . . .	61,2%
<i>Cymbella minuta</i> . . . . .	4,6%
<i>Nitzschia acidoclinata</i> . . . . .	5,1%
<i>N. flexa</i> . . . . .	4,2%

Das Total der vorkommenden Formen dieser Probe betrug 118.

pH-Spektrum:	azidophil	13 Formen	3,8%
	pH-indifferent	41 Formen	87,8%
	alkaliphil	51 Formen	8,0%
	unbekannt	13 Formen	0,4%

*Achnanthes minutissima* Kützing erreicht allein 61,2% der Individuen. Dies läßt auf einen hohen Sauerstoffgehalt schließen. Die saproxenen Diatomeen sind mit 8,3% der Population schwach vertreten, was aber durch die oligosaproben mit 79,5% wieder ausgeglichen wird. Mesooxybionte Formen sind mit 4,7% und die euryoxybionten mit 5,9% stärker präsent und ein Zeichen für eine mäßige Eutrophierung. Der See wird von vielen Touristen besucht, die leider von dem Gedanken des Naturschutzes noch nicht überzeugt sind und daher die Picknicküberreste gedankenlos wegwerfen, wodurch viele Abfälle in den See gelangen.

Der Anteil der Diatomeen mit einem pH-Optimum über 7 beträgt 76,6%. Ein darunter liegendes Optimum haben 17,2%. Von 6,2% ist die Zugehörigkeit unbekannt. Die Zahl der Formen mit pH-Optimum über 7 ist in Anbetracht der beiden Messungen von pH 6,0 und 6,5 sehr hoch. Dies ist auf den großen Anteil von *Achnanthes minutissima* Kützing zurückzuführen. Im vorliegenden Falle passen die pH-Angaben nach Hustedt besser als diejenigen Cholnokys, wie aus dem pH-Spektrum hervorgeht.

### Probe 17

**Schwarzsee**, Südufer, Aufwuchs auf *Chara* sp. und Detritus. pH 6,0 gemessen am 4.8.1971, 6,5 im September 1974, Gesamthärte  $\text{dH}^\circ$  2.

Die häufigsten Formen waren:

<i>Achnanthes minutissima</i> . . . . .	36,5%
<i>Cymbella minuta</i> . . . . .	5,5%
<i>Eunotia tenella</i> . . . . .	2,7%
<i>Gomphonema gracile</i> . . . . .	2,2%
<i>Nitzschia acidoclinata</i> . . . . .	7,8%
<i>N. palea</i> . . . . .	2,8%
<i>Pinnularia appendiculata</i> . . . . .	7,0%
<i>P. microstauron</i> . . . . .	4,1%

Ingesamt enthielt diese Probe 107 Formen.

pH-Spektrum:	azidophil	10 Formen	4,7%
	pH-indifferent	51 Formen	78,7%
	alkaliphil	34 Formen	12,6%
	unbekannt	12 Formen	4,0%

Für diese Assoziation kann ähnliches wie für die vorangegangene gesagt werden. Sie setzt sich aus den gleichen Formen zusammen. *Achnanthes minutissima* Kützing ist hier nur mit 36,3% vertreten. Neu ist in dieser Probe *Pinnularia appendiculata* (Ag.) Cleve mit 7,0% der Individuen. Die Pinnularien haben in dieser Probe einen Anteil von 15,6% gegenüber nur 3,3% am Ostufer des Sees. Auch hier am Südufer scheinen die Sauerstoffverhältnisse noch gut zu sein, allerdings deutet die Abnahme von *Achnanthes minutissima* um rund die Hälfte auf eine Verschlechterung gegenüber dem Ostufer hin. Teilweise wird dies aber durch die starke Zunahme der Pinnularien ausgeglichen. Die saproxenen sind mit 21,5% häufiger als auf der anderen Seite des Sees, dies geht auf Kosten der oligosaproxenen, die auf 60,4% zurückgegangen sind. Mesooxybionten sind 6,9% und euryoxybionten 6,1%.

Der Anteil der bei einem pH-Optimum über 7 lebenden Formen ist von 76,6 auf 63,2% zurückgegangen. Dagegen nahmen die Formen mit einem Optimum unter pH 7 von 17,2 auf 32,7% zu. Die unbekanntes Diatomeen machen 4,1% der Individuen aus. Bei gleichem pH findet doch eine gewisse Verschiebung statt.

Obwohl Hustedt und Cholnoky *Achnanthes minutissima* Kützing völlig anders in bezug auf das pH bewerten, zeigt die Berechnung nach dem Hustedtschen System gegenüber der Probe des Ostufers keine großen Unterschiede. Die pH-indifferenten Formen gehen nur von 87,2 auf 78,7% zurück. Dagegen nehmen die alkaliphilen von 8,0 auf 12,6% zu. Die azidophilen sind von 3,8 auf 4,7% leicht angestiegen.

### Probe 18

Tümpel zwischen Gander und Hirli, auf dem Wege zur Hörnlühütte, 2750 m ü.M. Schmelzwasser des Schnees, das in einer Geröllmulde stehen blieb. Es enthielt keinen submersen Pflanzenbewuchs. Grundprobe pH 6,0, Gesamthärte dH° 1 am 4.8.1971.

Die am häufigsten vorkommenden Diatomeen waren:

<i>Achnanthes broenlundensis</i> . . . . .	13,2%
<i>A. kryophila</i> . . . . .	7,5%
<i>A. minutissima</i> . . . . .	3,6%
<i>Ceratoneis arcus</i> . . . . .	5,3%
<i>Cymbella minuta</i> . . . . .	5,2%
<i>Hantzschia amphioxys</i> . . . . .	10,9%
<i>Navicula cryptocephala</i> . . . . .	3,9%
<i>N. cryptotenella</i> . . . . .	4,0%
<i>N. gibbula</i> . . . . .	4,6%
<i>N. insociabilis</i> . . . . .	3,3%
<i>Nitzschia acidoclinata</i> . . . . .	3,2%
<i>N. pura</i> . . . . .	3,6%
<i>Pinnularia obscura</i> . . . . .	3,3%
<i>Stauroneis thermicola</i> . . . . .	3,3%

Diese Probe enthielt 54 Formen.

pH-Spektrum:	azidophil	2 Formen	0,6%
	pH-indifferent	20 Formen	51,2%
	alkaliphil	17 Formen	21,2%
	unbekannt	14 Formen	27,0%

Die Lebensbedingungen sind in dieser Umgebung sehr unwirtlich. Weder Baum noch Strauch, nichts als Geröll und Schnee. Trotzdem ist diese Probe noch verhältnismäßig reich an Formen, die immerhin noch deren 54 enthält. Die Temperaturunterschiede zwischen Tag und Nacht müssen infolge der Sonneneinstrahlung sehr groß sein, denn der Tümpel hat nur eine Tiefe von etwa 20-25 cm und wird tagsüber sehr stark erwärmt, während er nachts wieder abkühlt. Diese extremen Lebensbedingungen zeigen sich besonders durch die geringe Individuenzahl. Während in anderen Proben 100 000 und mehr Schalen pro Präparat gefunden wurden, so waren es in dieser Probe knapp 700, der Rest war Detritus.

14 Formen konnten in bezug auf den Sauerstoffgehalt nicht eingestuft werden. Ihr Anteil ist mit 29,2% sehr hoch. Die anderen Gruppen verteilen sich wie folgt: 15 saproxene mit 18,9%, 17 oligosaprobe mit 39,0%, 3 mesooxybionte mit 7,6% und 4 euryoxybionte mit 5,3% der Individuen.

Besonders interessant ist das Vorkommen von *Achnanthes broenlundensis* Foged. FOGED (1955) beschrieb diese Form von Peary Land in Nord-Grönland. Später hat er sie auch in West-Grönland und auf Spitzbergen gefunden. Offenbar herrschen in diesem Schmelzwassertümpel bei Zermatt ähnliche Verhältnisse wie auf Grönland und Spitzbergen. Sie wurde auch noch in sechs weiteren Proben um Zermatt gefunden, kam dort aber nur in wenigen Exemplaren vor. Die Fundorte lagen immer in relativ großer Höhe. Ebenfalls neu für die Schweiz dürfte *Neidium bergii* (Cleve-Euler) Krammer sein. Diese Art wurde vom Autor in einem einzigen Exemplar auch subfossil im Bielersee gefunden. Diese Probe enthält mehrere bisher nur selten gefundene Arten.

Nach Cholnoky haben 18,2% der Individuen ein pH-Optimum unter 7, 47,7% über 7 von 34,4% ist es unbekannt. Dieses Ergebnis steht völlig im Widerspruch zum gemessenen pH 6,0. Nach Hustedt sind 21,2% der Individuen alkaliphil, 51,2% pH-indifferent und 0,6% azidophil. Der hohe Anteil der unbekanntenen Formen mit 27,0% ist auf den großen Anteil neuer oder seltener Arten zurückzuführen, über deren Verbreitung und Autökologie noch nichts bekannt ist. Es scheint aber, als wenn die meisten *Achnanthes*-Arten mit unbekanntem pH eher zu den azidophilen oder wenigstens pH-indifferenten, denn zu den alkaliphilen Formen zu rechnen sind. Der Sauerstoffgehalt scheint in diesem Tümpel nicht besonders hoch zu sein.

### Probe 19

**Riffelalp**, Augstkumme, 2200 m ü.M., schnellfließender Bach, Steinbewuchs, pH 6,5 und Gesamthärte dH° 2 gemessen am 5.8.1971.

Häufiger vorkommenden Arten waren:

<i>Achnanthes minutissima</i> . . . . .	72,7%
<i>Diatoma hiemale</i> var. <i>mesodon</i> . . . . .	5,8%
<i>Fragilaria alpestris</i> . . . . .	21,4%

Diese Probe war die artenärmste des ganzen Materials, denn sie enthielt nur 11 verschiedene Formen, aber eine große Individuenzahl.

pH-Spektrum:	pH-indifferent	42 Formen	94,1%
	alkaliphil	2 Formen	5,9%

Es handelt sich um eine typische Probe schnellfließenden Wassers.

Der Sauerstoffgehalt ist sehr hoch. Die Dominanz von *Achnanthes minutissima* Kützing ist der Beweis. Auch *Diatoma hiemale* var. *mesodon* (Ehr.) Grunow mit 5,8% liebt sauerstoffreiche Gewässer. Dies dürfte auch von *Fragilaria alpestris* Krasske anzunehmen sein, die häufiger nur in fließenden Gewässern der Gebirge vorkommt. Die 5 saproxenen Formen erreichen 5,9% und 4 oligosaprobe sind mit 94,1% vertreten.

27,3% der Individuen haben nach Cholnoky ein pH-Optimum unter 7. *Achnanthes minutissima* Kützing mit 72,7% der Individuen hat ihr Optimum zwischen pH 7,5 und 7,8, ebenfalls im Widerspruch zum aktuellen pH-Wert. Nach Hustedt ist die Zugehörigkeit von *Fragilaria alpestris* Krasske unbekannt. Aufgrund ihres Vorkommens scheint sie aber zu mindest pH-indifferent und oligosaprob zu sein. Die alkalibionte *Diatoma hiemale* und ihre var. *mesodon* erreichen zusammen 5,9%. Die pH-indifferente *Achnanthes minutissima* entspricht mit ihrer Häufigkeit eher dem gemessenen pH-Wert.

### Probe 20

**Riffelalp**, gleicher Bach, etwa 5 m weiter oben, Moosbewuchs auf Stein, ebenfalls schnellfließend. pH 6,5 und Gesamthärte dH° 2 gemessen am 5.8.1971.

Folgende Formen kamen häufiger vor:

<i>Achnanthes minutissima</i> inkl. var. . . . . .	34,1%
<i>Ceratoneis arcus</i> . . . . .	3,1%
<i>Cymbella minuta</i> . . . . .	4,6%
<i>Diatoma hiemale</i> inkl. var. . . . . .	14,7%
<i>Meridion circulare</i> . . . . .	4,8%

Diese Probe enthielt insgesamt 151 Formen.

pH-Spektrum:	azidophil	11 Formen	1,2%
	pH-indifferent	56 Formen	54,5%
	alkaliphil	67 Formen	39,2%
	unbekannt	17 Formen	5,1%

Diese Probe ist mit 151 Formen sehr viel reichhaltiger als die des gleichen Baches nur 5 m weiter unten. Dies ist wohl auf das Substrat zurückzuführen, denn in den Moosrasen können sich die Diatomeen viel besser anheften als auf den glatten Steinen und deshalb auch nicht vom schnellströmenden Wasser fortgeschwemmt werden. Der große Anteil der Gattung *Achnanthes* mit 38,0% sowie *Diatoma hiemale* und ihre Varietät mit 14,7% lassen auf einen hohen Sauerstoffgehalt schließen. Die 47 saproxenen Diatomeen sind mit 31,7% und die 53 oligosaprobien mit 52,7% vertreten. 16 mesooxybionte Diatomeen erreichen 6,6% und 8 euryoxybionte 3,1%. Durch diesen Bach werden die Abwässer verschiedener Hotels und anderer Häuser abgeführt. Eine leichte Eutrophierung kann daher angenommen werden. Jedoch ist dieser Einfluß nicht besonders groß, sodaß die Nitzschien auch keinen nennenswerten Anteil an der Population erreichen konnten.

Obwohl *Achnanthes minutissima* Kützing mit ihrem hohen pH-Optimum von 72,7% auf 34,1% zurückgegangen ist und durch viele andere Formen ersetzt wurde, hat sich der Anteil der Diatomeen mit einem pH-Optimum über 7 nicht wesentlich verändert. Er beträgt in dieser Probe immer noch 63,2% gegenüber 30,9% der Formen, deren Optimum unter dem Neutralpunkt liegt. Die Formen mit einem Optimum unter 7 haben nur um 3,6% zugenommen. Die pH-unbekannten Formen erreichen 5,9%, die zum größten Teil ebenfalls ein Optimum unter pH 7 haben dürften. Auch die Berechnung nach Hustedt ändert nicht viel zugunsten der azidophilen Diatomeen. Demnach haben die Alkaliphilen einen Anteil von 16,6%, bedingt durch *Denticula* und *Diatoma*, die Alkaliphilen erreichen 22,6%, die pH-indifferenten 54,5% und die Azidophilen haben nur 1,2%. Auch hier ist das Überwiegen der zu höherem pH tendierenden Diatomeen festzustellen.

### Probe 21

**Riffelalp**, ca. 2400 m ü.M. schnellfließender Bach mit schleimigem Bewuchs und Oscillatorienwatten. pH 6,5 und Gesamthärte dH° 2, gemessen am 5.8.1971.

Häufiger kamen in dieser Probe vor:

<i>Achnanthes minutissima</i> inkl. var. . . . . .	39,6%
<i>Ceratoneis arcus</i> . . . . .	3,3%
<i>Cymbella minuta</i> . . . . .	8,0%
<i>Diatoma hiemale</i> inkl. var. . . . . .	8,6%
<i>Fragilaria capucina</i> var. <i>vaucheriae</i> . . . . .	5,3%

Insgesamt enthielt diese Probe 141 Formen.

pH-Spektrum:	azidophil	12 Formen	0,4%
	pH-indifferent	50 Formen	63,1%
	alkaliphil	58 Formen	30,9%
	unbekannt	21 Formen	5,6%

Die Achnantheen ergeben 43,6% der Assoziation, zusammen mit anderen, einen hohen Sauerstoffgehalt benötigenden Formen wie *Ceratoneis arcus* (Ehr.) Kützing und *Diatoma hiemale* (Lyn.) Heiberg mit ihrer Varietät erreichen diese Formen insgesamt 55,5%, also mehr als die Hälfte der anderen Diatomeen. Die 40 saproxenen Diatomeen erreichen 21,6% und die 44 oligosaproxenen 60,2%, zusammen 81,8%, gegenüber 16 mesooxybionten mit 10,1% und 8 euryoxybionten mit nur 1,9%. Dies zeigt, daß der Bach einen hohen Sauerstoffgehalt hat. Das Wasser kommt über eine zirka 100 m hohe Steilwand herab und kann dabei viel Sauerstoff aus der Luft aufnehmen. Die stickstoffheterotrophen Nitzschien sind ebenfalls vertreten, allerdings nur mit 4,0%. Auf eine leichte Eutrophierung deuten ebenfalls die Oscillatorienwatzen hin.

Nach Cholnoky haben 70,2% der Individuen ein pH-Optimum über 7 gegenüber 24,4%, deren Optimum darunter liegt, hinzu kommen 5,4% mit unbekannter Zugehörigkeit. Auch hier besteht keine Übereinstimmung mit dem aktuellen pH von 6,5. Noch stärker in den alkalischen Bereich weisen die ökologischen Berechnungen nach den Angaben Hustedts. 9,3% der Individuen gehören zu den alkalibionten Formen. 21,6% sind zu den alkaliphilen Diatomeen zu zählen und 63,1% sind pH-indifferent, wogegen nur 0,4% zu den azidophilen gehören. Gestützt darauf wäre anzunehmen, daß das pH sich ständig über den Neutralpunkt hält, was die Messung aber nicht bestätigt. Dieses Ergebnis zeigt wiederum die Unklarheiten in der Beurteilung der Autökologie noch mancher Diatomeen auf, die nur durch exakte Untersuchungen mit genauen chemischen und physikalischen Angaben geklärt werden können.

### Probe 22

**Unterer Riffelsee**, 2780 m ü.M. Algenbewuchs, pH 5,7 und Gesamthärte dH° 1 gesammelt und gemessen am 5.8.1971.

Am häufigsten kamen folgende Diatomeen vor:

<i>Achnanthes minutissima</i> . . . . .	5,8%
<i>Cymbella affinis</i> . . . . .	4,5%
<i>C. delicatula</i> . . . . .	3,8%
<i>C. falaisensis</i> . . . . .	3,5%
<i>C. microcephala</i> . . . . .	6,6%
<i>C. minuta</i> . . . . .	7,4%
<i>C. perpusilla</i> . . . . .	3,8%
<i>Fragilaria construens</i> var. <i>yenter</i> . . . . .	4,7%
<i>F. pinnata</i> . . . . .	4,6%
<i>Navicula cryptotenella</i> . . . . .	3,7%
<i>N. gallica</i> var. <i>perpusilla</i> . . . . .	7,4%
<i>N. minima</i> . . . . .	7,6%
<i>Nitzschia acidoclinata</i> . . . . .	4,0%

Insgesamt enthielt diese Probe 183 Arten, Varietäten und Formae. Dieser Formenreichtum ist in Anbetracht der Höhenlage erstaunlich. Viele Formen waren nur in einzelnen Schalen vorhanden und wurden nur gefunden, weil das Präparat Zeile für Zeile mit der Ölimmersion untersucht wurde. Verglichen mit den Fundlisten anderer Autoren kommt der Autor zum Schluß, daß in den Proben wesentlich mehr Formen enthalten sind, wenn minutiös mit der Ölimmersion untersucht wird. Immer wieder erscheinen Arbeiten, deren Proben 30, 40 oder auch einmal 50 bis 60 Formen enthalten. Bei Untersuchung Schweizer Diatomeenproben mußte immer wieder festgestellt werden, daß der Formenreichtum viel größer ist, als allgemein angenommen. Dies soll nicht heißen, die Schweizer Flora sei artenreicher als andernorts, sondern dürfte auf die Untersuchungsmethoden zurückzuführen sein. Die Untersuchung mit der Ölimmersion ist natürlich viel zeitraubender. Entscheidend ist natürlich auch,

ob die Untersuchung floristischen oder ökologischen Zwecken dienen soll. Bei der ökologischen Untersuchung ist das Vorhandensein seltener Formen unwichtig, denn maßgebend ist das ökologische Spektrum der häufiger vorkommenden Formen. Geht es jedoch um floristische Untersuchungen, so ist das Erfassen auch der seltenen Arten maßgebend, weil nur dadurch die Flora eines Gebietes möglichst vollständig erfaßt und die Verbreitung der seltenen Arten festgestellt werden kann. Da von vielen, insbesondere der seltenen, Arten die Verbreitung noch nicht näher bekannt ist, wäre die minutiöse Untersuchung doch sehr empfehlenswert.

pH-Spektrum:	azidophil	15 Formen	3,0%
	pH-indifferent	70 Formen	43,8%
	alkaliphil	74 Formen	46,9%
	unbekannt	24 Formen	6,3%

Die Gewässer dieses Gebietes haben die tiefsten pH-Werte der Region und das Wasser ist auch sehr weich. Wie dem pH-Spektrum entnommen werden kann, wirkt sich dies auf die Diatomeenassoziation aber nicht aus. Im Gegenteil, der Anteil der azidophilen und der pH-indifferenten Diatomeen ist eher kleiner als in den vorangegangenen Proben. Die azidobionten Formen, die erwartungsgemäß zunehmen sollten, fehlen dagegen ganz.

Legt man die Beurteilung der pH-Zugehörigkeit von Cholnoky zugrunde, so sieht es etwas besser aus:

pH über 8 . . . . .	6,5%
pH über 7 . . . . .	54,7%
pH unter 7 . . . . .	22,5%
pH unter 6 . . . . .	15,0%
unbekannt . . . . .	2,7%

Aber auch nach diesem System haben 62,6% der Diatomeen ihr pH-Optimum über 7. Dagegen sind diejenigen mit einem Optimum unter pH 7 mit 36,1% der Individuen stärker vertreten als nach den Angaben von Hustedt, bei dem diese Diatomeen nur 3,0% erreichen. Diese Verschiebung geht aber auf Kosten der nach Hustedt als pH-indifferenten Formen, die 40,3% der Individuen ausmachen. Nach beiden Systemen sollte das pH im Durchschnitt über dem Neutralpunkt liegen.

Zwei weitere Versuche wurde unternommen und die Zugehörigkeit der Diatomeen zum pH nach den Bewertungen von JØRGENSEN (1948) und den verschiedenen Veröffentlichungen Niels Foged berechnet. Sie brachten folgendes Ergebnis:

- **Jørgensen:** azidobiont 4,0%, azidophil 1,8%, pH-indifferent 20,4%, alkaliphil 35,4%, alkalibiont 4,7% und unbekannt 33,7%.
- **Foged:** azidobiont 0,0%, azidophil 4,0%, pH-indifferent 39,9%, alkaliphil 47,8%, alkalibiont 2,4% und pH-unbekannt 5,9%.

Auch nach diesen beiden Systemen ist der Widerspruch zwischen dem tiefen pH von 5,7 und dem Überwiegen der alkaliphilen und alkalibionten Diatomeen nicht gelöst. Jørgensen war einer der ersten Diatomisten, die ökologische Angaben über die Diatomeen machten. Deshalb sind in seiner Arbeit noch viele Formen enthalten, deren Zugehörigkeit zum pH unbekannt ist. Seine Werte stimmen mit denen Hustedts mit geringen Abweichungen überein, mit einer wichtigen Ausnahme. So wird *Anomoeoneis vitrea* (Grun.) Ross, bisher als *A. exilis* bekannt, von Hustedt als alkalibiont bewertet, das heißt, sie sollte ihren Lebensbereich immer über dem Neutralpunkt haben. Tatsächlich wird diese Art aber auch hie und da in größeren Individuenzahlen in Gewässern gefunden, deren pH unter dem Neutralpunkt liegt, deshalb scheint die Beurteilung von Jørgensen mit pH-indifferent eher der Wirklichkeit zu entsprechen. Cholnoky sieht das pH-Optimum dieser Diatomee bei 6,7. Foged bezeichnet diese Art in Anlehnung an Jørgensen ursprünglich ebenfalls als pH-indifferent. Im Laufe der Jahre hat er sich immer mehr der Beurteilung von Hustedt angenähert und bezeichnet nun diese Art ebenfalls als alkalibiont.

In dieser Probe finden sich erstmals Formen aus den Gattungen *Anomoeoneis*, *Cymbella*, *Eunotia* und *Pinnularia*, die in der Regel nur in Gewässern saurer Reaktion zu finden sind. Dies ist der einzige Hinweis, daß das pH tiefer ist als in den vorangegangenen Proben. Allerdings kommen diese Diatomeen nur vereinzelt vor und werden bei der Auszählung von

1000 Schalen nicht erfaßt. Es ist keine Diatomee in dieser Probe vorhanden, die eine Dominanz erreicht und daher als Leitform dienen könnte.

19,5% der Individuen sind nach Hustedt saproxen, zu denen noch 57,0% oligosaprobe gehören, zusammen also 76,5%, die verschmutzte Gewässer ablehnen. Mesooxybionte, und damit eine leichte Verschmutzung ertragende, Diatomeen sind mit 9,2% vertreten. Die euryoxybionten, die einen stärkeren Sauerstoffschwund ertragen können, haben einen Anteil von 4,0%. Von 10,3% ist die Zugehörigkeit unbekannt. Demnach kann auf eine leichte Eutrophierung geschlossen werden.

Völlig ausgeschlossen ist eine Beurteilung nach Cholnoky, weil er über viele Formen keine Aussagen machen konnte, da sie ihm in Südafrika nicht oder nur selten begegnet waren. Sauerstoffreiche Gewässer zu optimalem Gedeihen brauchen nach ihm 52,5% der Individuen und 7,2% gedeihen gut im sauerstoffarmen Wasser. 40,3% sind nach den Angaben dieses Autors nicht einzustufen. Im Gegensatz zu Hustedt bringt Cholnoky den Gehalt an Sauerstoff nicht in Verbindung mit dem Verschmutzungsgrad eines Gewässers. Dies gilt insbesondere für fließende Gewässer, die infolge der Strömung viel Sauerstoff aufnehmen können und dennoch hohe Konzentrationen an Abwässern mit sich führen können. So beurteilt er *Gomphonema parvulum* (Kütz.) Kützing als eine Diatomee, die eine hohe Sauerstoffsättigung verlangt, aber trotzdem höhere Abwasserkonzentrationen verträgt und daher als Indikator für Verunreinigungen dienen kann. Von den 183 im unteren Riffelsee vorkommenden Diatomeen können 20 oder 15,6% der Individuen als stickstoffheterotroph gelten.

### Probe 23

Graben zwischen den beiden Riffelseen. Er enthielt viele Algenwatten, in denen die Konjugatengattung *Zygnema* dominierte, sowie Moose. pH ebenfalls 5,7 und Gesamthärte dH° 1, beides gesammelt und gemessen am 5.8.1971.

Hauptsächlich kamen darin folgende Diatomeen vor:

<i>Achnanthes bioretii</i> .....	5,9%
<i>A. lapponica</i> .....	4,5%
<i>A. pusilla</i> var. <i>petersenii</i> .....	12,5%
<i>Ceratoneis arcus</i> .....	28,0%
<i>Cymbella minuta</i> .....	5,4%
<i>Gomphonema angustatum</i> .....	3,9%
<i>G. parvulum</i> .....	4,3%
<i>Meridion circulare</i> .....	24,0%

Insgesamt wurden in dieser Probe 64 verschiedene Formen gefunden.

pH-Spektrum:	azidophil	6 Formen	0,8%
	pH-indifferent	33 Formen	38,2%
	alkaliphil	15 Formen	57,9%
	unbekannt	10 Formen	3,1%

Auch in dieser Probe ergibt sich keine Übereinstimmung zwischen dem aktuellen pH von 5,7 und der Einteilung der Diatomeen nach dem System Hustedts. Die 6 azidophilen Diatomeen erreichen nur 0,8%. Die pH-indifferenten Formen mit 38,2% sind ebenfalls untervertreten im Vergleich zu den alkaliphilen mit 57,9%. Allerdings befindet sich unter den alkaliphilen Formen *Ceratoneis arcus* (Ehr.) Kützing mit 28,0%, die eher zu den pH-indifferenten Diatomeen zu gehören scheint.

Legt man den Berechnungen die pH-Zugehörigkeit nach Cholnoky zugrunde, so sieht es nicht wesentlich anders aus. Nach ihm haben 69,8% der Individuen ihr pH-Optimum über dem Neutralpunkt und 24,4% unter dem Neutralpunkt, wovon deren 8,3% ihr Optimum zwischen pH 5 und 6 haben. Von 5,8% der Individuen ist die pH-Zugehörigkeit unbekannt.

Nach Hustedt sind 63,6% der Individuen saproxen, zu denen noch 23,5% oligosaprobe Formen hinzukommen. Die mesooxybionten Diatomeen erreichen 5,4% und die euryoxybionten 4,3%. Von 3,3% ist die Bewertung unbekannt.

Nach Cholnoky deuten die *Achnanthes*-Arten mit 23,4%, *Ceratoneis* mit 28,0% und *Meridion* mit 24,1% auf einen hohen Sauerstoffgehalt. Total gehören zu den sauerstoffliebenden Formen 30 Stück mit 75,4% der Individuen, während sich 14 Stück oder 1,6% auch mit

einem niedrigeren Sauerstoffgehalt begnügen. Von 34 Formen mit 23,0% war Cholnoky die Beziehung zum Sauerstoff unbekannt. Stickstoffheterotroph oder wenigstens fakultativ sind nach Cholnoky 8 Formen mit 5,7% der Individuen.

#### Probe 24

**Oberer Riffelsee**, Westufer, Detritus und Pflanzenbewuchs, pH 5,6 und Gesamthärte dH° 1, gesammelt und gemessen am 5.8.1971. Im September 1974 betrug das pH 5,5. 2781 m ü.M.

Häufiger kamen darin folgende Formen vor:

<i>Achnanthes minutissima</i> . . . . .	8,6%
<i>Anomoeoneis vitrea</i> . . . . .	5,0%
<i>A. brachysira</i> var. <i>zellensis</i> . . . . .	5,0%
<i>C. cesatii</i> . . . . .	6,0%
<i>C. microcephala</i> . . . . .	23,3%
<i>Denticula tenuis</i> . . . . .	3,1%
<i>Fragilaria construens</i> var. <i>venter</i> . . . . .	3,3%
<i>Nitzschia hantzschiana</i> . . . . .	3,0%
<i>N. romana</i> . . . . .	9,1%

Insgesamt enthielt diese Probe 170 Arten und Varietäten.

pH-Spektrum:	azidophil	19 Formen	12,5%
	pH-indifferent	59 Formen	20,1%
	alkaliphil	60 Formen	63,5%
	unbekannt	32 Formen	3,9%

Auch diese Probe ist sehr formenreich. Wie es in solchen Fällen fast die Regel ist, keine der vorkommenden Diatomeen erreicht hier Dominanz. *Cymbella microcephala* Grunow ist mit 23,2% der Individuen vertreten. Es folgen vier Formen mit 9,1, 8,6 und zwei mit je 5,0%. Diese fünf Formen gehören aber zu verschiedenen ökologischen Gruppen, sodaß gestützt auf ihr häufigeres Vorkommen keine ökologischen Schlüsse gezogen werden können. Die alkaliphilen und alkalibionten Diatomeen haben zusammen 63,5% der Individuen mit 60 Formen, 17 Formen oder 12,5% sind azidophil und nur 2 Formen, die in der Auszählung aber nicht erfaßt wurden, sind azidobiont. Von relativ vielen Formen ist die pH-Zugehörigkeit noch nicht bekannt, doch fällt dies ökologisch nicht ins Gewicht, denn diese 32 Formen erreichen nur 3,9% der Individuen.

Cholnokys pH-Beurteilung sieht etwas günstiger aus. 31,5% der Formen haben ihr pH-Optimum bis 7, doch ist die Zahl der Formen mit einem höher liegenden pH-Optimum immer noch nicht den Realitäten entsprechend, sie beträgt 64,4%, wovon immerhin noch 14,8% ein Optimum über pH 8 haben. Bei einem pH von 5,5-5,7 sollten wesentlich mehr Diatomeen ein pH-Optimum unter dem Neutralpunkt haben. Es zeigt sich also wieder, daß beide Systeme noch zu verbessern sind, um anhand einer Assoziation genauer bestimmen zu können.

30,2% der Individuen sind saproxen im Sinne Hustedts, daß heißt, sie benötigen ständig einen hohen Sauerstoffgehalt und können deshalb in verschmutzten Gewässern nicht leben. Hinzu kommen 62,8% oligosaprobe Formen, die in mäßig eutrophen Gewässern existieren und sich noch vermehren können. Die mesooxybionten Formen sind mit 2,4% nur schwach vertreten und die euryoxybionten, die auch in stärker verschmutzten Gewässern zu existieren vermögen, treten mit 0,4% praktisch überhaupt nicht in Erscheinung. Demnach müßte das Wasser immer sehr sauerstoffreich und höchstens leicht eutroph sein.

Einen hohen Gehalt an Sauerstoff benötigen nach Cholnoky 57,2% der Individuen und nur 1,4% kommen mit weniger Sauerstoff aus. Nicht klassifiziert werden können 41,4% der Individuen oder 109 Formen, das sind 56,7% aller gefundener Formen. Es ist aber anzunehmen, daß die meisten Diatomeen, wie alle Pflanzen, auf einen hohen Sauerstoffgehalt angewiesen sind, sodaß der größte Teil der unbekanntenen Formen ebenfalls zu ersten Gruppe gehören dürfte.

Obwohl Cholnoky nur wenige Diatomeen in bezug auf den Verschmutzungsgrad taxiert hat, erreichen diese immerhin 13,8% der Individuen, was auf eine gewisse Eutrophierung

schließen läßt. Dieser Anteil wird aber nur von 12 der 170 Formen repräsentiert. Über die restlichen 158 Formen kann keine genaue Aussage gemacht werden. Vermutlich dürften aber nur wenige der übrigen Formen eine stärkere Eutrophierung ertragen.

### Probe 25

**Oberer Riffelsee**, Ostufer, mit dem Netz abgestreifte submerse Pflanzen. pH 5,5 und Gesamthärte dH° 1, gemessen am 5.8.1971, pH 5,6 im September 1974. 2781 m ü.M.

Häufigste Formen waren:

<i>Cymbella affinis</i> . . . . .	3,8%
<i>C. cesatii</i> . . . . .	3,8%
<i>C. gracilis</i> . . . . .	3,1%
<i>C. naviculiformis</i> . . . . .	2,6%
<i>Fragilaria brevistriata</i> . . . . .	2,8%
<i>F. construens</i> und var. . . . .	44,3%
<i>F. pinnata</i> . . . . .	3,0%

In dieser Probe kamen insgesamt 151 Formen vor.

pH-Spektrum:	azidophil	15 Formen	10,1%
	pH-indifferent	65 Formen	22,1%
	alkaliphil	51 Formen	64,7%
	unbekannt	20 Formen	3,1%

Diese Probe enthielt 19 Formen weniger als die vom Westufer dieses Sees. Obwohl beide Proben aus dem gleichen See stammen, der nicht besonders groß ist, denn seine Länge beträgt zirka 150 m, und auch die beiden Biotope große Ähnlichkeit haben, bestehen doch beträchtliche Unterschiede in den Assoziationen. In Probe 25 fehlen 56 Formen, die in Probe 24 enthalten sind. Umgekehrt kamen in Probe 25 37 Formen vor, die nicht am Westufer gefunden wurden. Gemeinsam kommen in beiden Proben 114 Formen vor. Besonders auffallend ist, daß die häufigeren Diatomeen nicht die gleichen sind. So tritt in Nr. 24 *Cymbella microcephala* Grunow mit 23,2% und in Nr. 25 *Fragilaria construens* var. *venter* (Ehr.) Grunow mit 43,9% als Massenform auf. Beider Formen sind aber in ökologischer Hinsicht ziemlich ähnlich. Nr. 24 enthält viele Achnantheen sowie alkalibionte Arten der Gattungen *Anomoeoneis* und *Denticula* sowie die ebenfalls alkalibionte *Nitzschia romana* Grunow mit 9,1% der Individuen. Deshalb ist der Anteil der alkalibionten Diatomeen in Probe 24 mit 21,0% gegenüber 1,8% in Probe 25 wesentlich höher. Die Differenz geht aber zulasten der alkaliphilen Formen. Probe 24 enthält 32,6% azidophile und pH-indifferente Formen und Probe 25 deren 32,2%. Im Sinne Hustedts würde demnach das pH in Probe 24 etwas höher sein.

Legt man die Werte Cholnokys zugrunde, so ergibt sich ein völliger Widerspruch. Einerseits sind die Diatomeen mit einem Optimum über pH 8 von 14,8 auf 2,8% zurückgegangen, während andererseits diejenigen mit einem Optimum zwischen pH 7,1 und 8 von 49,6 auf 69,0% zugenommen haben, sodaß die Formen mit Optimum über dem Neutralpunkt statt 64,4 jetzt 71,8% erreichen, wogegen diejenigen mit Optimum unter dem Neutralpunkt von 31,5 auf 22,6% zurückgegangen sind.

Der Anteil der saproxenen Formen im Sinne Hustedts ist von 30,2% auf 18,7% gefallen, was aber durch die Zunahme der oligosaproxen von 62,8 auf 73,2% ausgeglichen wird. Eine ähnliche Verschiebung hat auch zwischen mesooxybionten und euryoxybionten Diatomeen stattgefunden, denn die mesooxybionten gingen von 2,4 auf 0,5% zurück und die euryoxybionten sind von 0,4 auf 1,8% angestiegen. Somit kann angenommen werden, daß in bezug auf den Sauerstoffgehalt und der Eutrophierung nach Hustedt beide Proben annähernd das gleiche Ergebnis zeigen.

Dagegen haben die einen hohen Sauerstoffgehalt benötigenden Diatomeen, soweit sie Cholnokys bekannt waren, von 57,6 auf 67,6% zugenommen. Die verschmutzte Gewässer bevorzugenden oder besser ertragenden Formen sind wesentlich von 13,8 auf 5,4% zurückgegangen. Folgt man Cholnokys ökologischer Taxierung, so kann auf eine leichte Besserung der Wasserqualität geschlossen werden. Der See ist sehr sauerstoffreich und zeigt nur eine leichte Eutrophierung, die auf die O<sub>2</sub>-Zehrung der submersen Pflanzen zurückzuführen sein dürfte.

HUSTEDT 1943 erwähnt in seiner Arbeit über die Diatomeenflora einiger Hochgebirgsseen der Landschaft Davos eine vorläufige Diatomeenliste einer Probe, des Riffelsees, die er von Fritz Meister erhalten hatte. Darin waren folgende Diatomeen enthalten (h = häufig, sh = sehr häufig):

<i>Achnanthes levanderii</i> . . . . .	(+)
<i>A. minutissima</i> . . . . .	(8,0%)
<i>Anomoeoneis zellensis</i> . . . . .	(0,6%)
<i>Cyclotella comta</i> . . . . .	(0,6%)
<i>Cymbella cesatii</i> . . . . .	h (5,6%)
<i>C. cistula</i> . . . . .	(0,5%)
<i>C. delicatula</i> . . . . .	h (0,7%)
* <i>C. ehrenbergii</i> . . . . .	sh
<i>C. incerta</i> . . . . .	h (1,5%)
<i>C. laevis</i> . . . . .	h (0,2%)
<i>C. leptoceros</i> . . . . .	(0,6%)
<i>C. microcephala</i> . . . . .	sh (23,2%)
<i>C. obtusa</i> . . . . .	h (1,0%)
<i>C. norvegica</i> . . . . .	h (0,4%)
* <i>C. parva</i> . . . . .	
<i>C. prostrata</i> . . . . .	(1,1%)
* <i>C. stauroneiformis</i> . . . . .	
<i>C. ventricosa</i> . . . . .	h (2,1%)
<i>Denticula tenuis</i> . . . . .	h (0,3%)
<i>Diploneis parva</i> . . . . .	(+)
<i>Eunotia arcus</i> . . . . .	(0,7%)
<i>Epithemia sorex</i> . . . . .	h (1,4%)
— f. <i>gracilis</i> . . . . .	sh (0,2%)
<i>Fragilaria construens</i> var. <i>binodis</i> . . . . .	(0,5%)
— var. <i>venter</i> . . . . .	(43,8%)
<i>Gomphonema constrictum</i> . . . . .	(0,2%)
<i>G. parvulum</i> . . . . .	(0,8%)
<i>Navicula bacilliformis</i> . . . . .	sh (0,2%)
<i>N. bacillum</i> . . . . .	(+)
<i>N. bryophila</i> . . . . .	(0,3%)
<i>N. jaagii</i> . . . . .	sh (0,5%)
<i>N. pupula</i> . . . . .	(0,2%)
<i>N. radiosa</i> . . . . .	sh (0,8%)
<i>N. vulpina</i> . . . . .	sh (0,2%)
<i>Neidium iridis</i> . . . . .	h (0,3%)
— f. <i>vernalis</i> . . . . .	(+)
<i>Nitzschia angustata</i> var. <i>acuta</i> . . . . .	(0,1%)
<i>N. fonticola</i> . . . . .	sh (8,5%)
<i>Pinnularia gracillima</i> . . . . .	(0,4%)
<i>P. mesolepta</i> . . . . .	h (0,3%)
<i>P. microstauron</i> var. <i>brebissonii</i> . . . . .	(+)
<i>Stauroneis phoenicenteron</i> . . . . .	(0,2%)

Die mit einem \* bezeichneten Diatomeen wurden in den beiden Proben von 1971 nicht gefunden. Bei den gefundenen Formen wurde zum Vergleich die Individuen-Prozente der Probe mit dem größeren Anteil aus dem Jahre 1971 in Klammern angegeben.

Hustedt haben keine chemischen Analysen des Sees vorgelegen. Aufgrund der vorkommenden Diatomeen vermutete er, daß der See einen beträchtlichen Karbonatgehalt aufweisen dürfte. Die von ihm sehr häufig gefundene alkalibionte *Cymbella ehrenbergii* Kützing wurde 1971 nicht gesehen. Die ebenfalls alkalibionte *Denticula tenuis* Kützing ist 1971 mit 0,3% der Individuen nur sehr spärlich vorhanden, desgleichen *Epithemia sorex* Kützing und ihre var. *gracilis* Hustedt, sowie *Navicula radiosa* Kützing und *Navicula vulpina* Kützing. Aufgrund seiner Liste mußte Hustedt annehmen, daß es sich um ein karbonatreiches Gewässer handelt. Weshalb hat aber der See zirka 40 Jahre später eine Gesamthärte von nur dH° 1? Dass dies

nicht eine Fehlmessung sein kann, beweist das niedrige pH und die Diatomeenflora. Es sind wohl noch die meisten der von Hustedt festgestellten Formen vorhanden. Jedoch erreichen sie ganz andere Anteil an der Population, sodaß die alkalibionten sehr stark zurückgegangen sind. Oder kann dies auf die sehr leicht falsch zu interpretierenden subjektiven Häufigkeitsangaben zurückgeführt werden? Hinzu kommt, daß Hustedt viel weniger Formen angibt, als 1971 gefunden wurden. Er gibt nur 42 Stück an, während 1971 deren 170 und 151 pro Probe gefunden wurden. Hustedt gab zwar an, daß die Analyse der Probe nicht vollständig war, aber er sollte doch bei seiner großen Erfahrung wesentlich mehr Formen gefunden haben, selbst wenn er sich nur eine oder zwei Stunden mit der Untersuchung des Präparates befaßt hätte. Möglich ist natürlich, daß bei der Präparation viele der klein Formen verloren gegangen waren. Damit ist dieser Widerspruch aber nicht gelöst.

### Probe 26

Pfütze 2 m neben dem Ostufer des großen Riffelsees, Schneetälchenflora. pH 5,9 und Gesamthärte dH° 1 gesammelt und gemessen am 29.7.1975. 2781 m ü.M.

Häufigste Formen in dieser Probe waren:

<i>Caloneis tenuis</i> . . . . .	5,8%
<i>Fragilaria construens</i> var. <i>venter</i> . . . . .	8,7%
<i>Gomphonema parvulum</i> . . . . .	5,4%
<i>Nitzschia perminuta</i> . . . . .	19,7%
<i>Pinnularia appendiculata</i> . . . . .	5,1%
<i>P. intermedia</i> . . . . .	3,7%
<i>P. interrupta</i> . . . . .	5,3%
<i>P. microstauron</i> . . . . .	3,8%
<i>P. subcapitata</i> . . . . .	7,4%

Diese Probe enthielt 108 Formen. Sie ist für eine Pfütze sehr formenreich. *Nitzschia perminuta* Grunow (bisher *N. hiemalis* Hustedt genannt) ist die einzige sehr häufige Diatomee mit 19,7%.

Über ihre Autökologie ist noch nichts bekannt. Aufgrund ihres Vorkommens handelt es sich um eine alpine Form, die vermutlich pH-indifferent und oligosaprob sein dürfte.

pH-Spektrum:	azidophil	17 Formen	3,8%
	pH-indifferent	49 Formen	53,4%
	alkaliphil	24 Formen	18,2%
	unbekannt	18 Formen	24,6%

Das pH dieser Pfütze liegt etwas über demjenigen des großen Riffelsees. Dennoch sind in dieser Probe nur 18,2% der Individuen alkaliphile oder alkalibionte gegenüber 63,5 und 64,7% im See. Zählt man *Nitzschia perminuta* Grunow mit 19,7% ebenfalls zu den pH-indifferenten Formen, so kommt das pH-Spektrum dem aktuellen pH ziemlich nahe.

Cholnokys Bewertung ergibt ein ähnliches Ergebnis. 28,2% der Individuen haben ihr pH-Optimum über dem Neutralpunkt und 54,8% darunter. Hinzu kommen 17,9%, deren Zugehörigkeit nicht bekannt ist. Beinahe ein Viertel, nämlich 23,2% haben ihr Optimum unter pH 6,0, während nur 1,9% das ihre über pH 8 haben. Mit diesem Ergebnis liegen wir in der Nähe des aktuellen pH von 5,9.

Die saproxenen Diatomeen sind mit 33,9% und die oligosaprobten mit 26,4%, total 60,3% vertreten. Einen Anteil von 1,9% erreichen die mesooxybionten Formen und die euryoxybionten 7,7%. Die in bezug auf der Sauerstoffbedarf unbekanntenen Diatomeen sind mit 30,1% stark vertreten, was in erster Linie auf das häufige Vorkommen von *Nitzschia perminuta* Grunow mit 19,7% zurückzuführen ist. Ob der Anteil der saproxenen und oligosaprobten Diatomeen den tatsächlichen Verhältnissen entspricht, kann ohne Messungen leider nicht bewiesen werden. Daß der Sauerstoffschwund infolge der O<sub>2</sub>-Zehrung der Organismen, die in der Pfütze häufiger sind, sicher größer ist als im unmittelbar daneben liegenden großen Riffelsee, kann schon aus der stärkeren Erwärmung der Pfütze geschlossen werden. Auf einen niedrigeren Sauerstoffgehalt der Pfütze gegenüber dem daneben liegenden See zeigen auch die Angaben nach Cholnoky: 19,5% der Individuen benötigen für ihre Existenz einen hohen Sauerstoffgehalt, gegenüber 46,4%, die sich mit weniger begnügen. Keine Angaben konnten

von 34,1% gemacht werden. Die Formen, die nach Cholnoky als Indikatoren für eutrophe Gewässer gelten, sind mit 9,5% vertreten. Am Westufer des Sees machte ihr Anteil 13,8 und am Ostufer 5,4% der Individuen aus.

### Probe 27

**Obere Kelle**, am Nordfuß des Gornergrates, großer See, 2930 m ü.M. Detritus, pH 5,6, Gesamthärte dH° 1, gemessen und gesammelt am 5.8.1971.

Häufig kamen darin folgende Diatomeen vor:

<i>Cymbella gaeumannii</i> . . . . .	3,3%
<i>C. minuta</i> . . . . .	66,9%
<i>Navicula cryptocephala</i> . . . . .	2,9%
<i>Nitzschia acidoclinata</i> . . . . .	8,9%

Diese Probe enthielt 64 Formen. Die klimatischen und örtlichen Verhältnisse sind denen des Fundortes Nr. 18 sehr ähnlich. Dieser See wird von den Schmelzwässern der Schneefelder an der Nordflanke des Gornergrates gespeist und nimmt auch noch das Wasser des etwa 100 m westlich liegenden kleinen Sees auf. Er ist in einer Mulde kahlen Gesteins und von Gesteinsschutt umgeben. Der See hat einen Durchmesser von zirka 100 m und ist etwa 1,5 m tief. Er enthält ebenfalls keinen Pflanzenbewuchs, sodaß das Nahrungsangebot sehr niedrig ist, was schon aus der niedrigen Formenzahl hervorgeht. Auch die Individuenzahl ist stark zurückgegangen.

Trotz der Ähnlichkeit der Umgebung, sowie des pH-Wertes (Nr. 18 pH 6,0 und Nr. 27 pH 5,7) und der gleichen Gesamthärte von dH° 1, sind die Assoziationen beider Gewässer verschieden. Nur 26 Formen sind beiden Gewässern gemeinsam. 27 der in Nr. 18 vorkommenden Formen sind nicht in Nr. 27 vertreten und 38 Formen der Nr. 27 fehlen in Nr. 18. Es besteht auch ein Unterschied in den häufiger vorkommenden Diatomeen. So erreicht *Cymbella minuta* Hilse, eine Alge, die in praktisch keinem Gewässer fehlt, mit 66,9% der Individuen in Nr. 27 Dominanz. Sie ist zwar auch in Nr. 18 vertreten, erreicht aber nur 5,2%. *Ceratoneis arcus* (Ehr.) Kützing erreicht in Nr. 27 1,4 anstatt 5,3%, dagegen *Nitzschia acidoclinata* Lange-Bertalot 8,9 anstelle von 3,2%.

pH-Spektrum:	azidophil	3 Formen	0,5%
	pH-indifferent	26 Formen	80,9%
	alkaliphil	20 Formen	9,5%
	unbekannt	15 Formen	9,1%

Dank der dominierenden *Cymbella minuta* Hilse ist das pH-Spektrum für das gemessene pH von 5,7 einigermaßen günstig, denn die 26 pH-indifferenten Formen haben 80,9% der Individuen erreicht, während die 20 alkaliphilen Diatomeen nur auf 9,5% kommen. Der Anteil der alkalibionten und azidophilen ist sehr klein und kann deshalb vernachlässigt werden. Zu einem anderen Ergebnis kommt man mit der Bewertung nach Cholnoky. 1,8% der Formen haben ihr pH-Optimum über 8 und 78,5% zwischen 7,1 und 8. Dagegen haben nur 2,4% der Individuen ihr Optimum unter dem Neutralpunkt und von 17,3% war Cholnoky die pH-Zugehörigkeit unbekannt. Dieser Widerspruch beruht auf der ganz anderen Beurteilung der *Cymbella minuta* Hilse, die von Hustedt als pH-indifferent bezeichnet wird und ihre Verbreitung somit um den Neutralpunkt hat, während Cholnoky ihr pH-Optimum mit 7,7 angibt, sodaß sie also als alkaliphil zu bezeichnen wäre.

In bezug auf den Sauerstoffgehalt und einer eventuellen Verschmutzung bewertet Hustedt die Diatomeen wie folgt: saproxen 2,7%, oligosaprob 17,3%, mesooxybiont 68,8%, euryoxybiont 3,3% und unbekannt 9,2% der Individuen. Daraus kann geschlossen werden, daß das Wasser sauerstoffarm und vielleicht eutroph ist. Vermutlich ist der Sauerstoffgehalt nicht sehr hoch, dagegen dürfte es kaum zutreffen, daß das Gewässer eutroph ist, denn außer wenigen Mikroorganismen wurden in diesem See keine submersen Pflanzen gefunden. Nach Cholnoky benötigen aber 75,6% der Individuen zu ihrem optimalen Gedeihen einen hohen Sauerstoffgehalt. Auch hier macht sich die völlig gegenteilige Bewertung der oben erwähnten *Cymbella* bemerkbar. Die nach Cholnoky als stickstoffheterotrophen Formen sind mit 12,4% vertreten.

Auch von diesem See hat F. Hustedt eine von F. Meister erhaltene Diatomeenprobe untersucht. Seine vorläufige Liste enthielt folgende Diatomeen (ss = sehr selten, h = häufig, zh = ziemlich häufig):

<i>Achnanthes depressa</i> . . . . .	
<i>A. linearis</i> . . . . .	(+)
<i>A. minutissima</i> . . . . .	(0,6%)
<i>Amphora ovalis</i> . . . . .	(1,3%)
<i>Anomoeoneis exilis</i> . . . . .	
<i>A. serians</i> var. <i>brachysira</i> . . . . .	
<i>Caloneis silicula</i> var. <i>truncatula</i> . . . . .	
<i>Cocconeis placentula</i> . . . . .	ss
<i>Cymbella cesatii</i> . . . . .	
<i>C. cymbiformis</i> . . . . .	
<i>C. gaeumannii</i> . . . . .	(3,3%)
<i>C. hybrida</i> . . . . .	(+)
<i>C. turgida</i> . . . . .	(0,2%)
<i>C. ventricosa</i> . . . . .	(69,8%)
<i>Denticula tenuis</i> . . . . .	(0,1%)
<i>Frustulia rhomboides</i> var. <i>saxonica</i> . . . . .	
<i>Gomphonema angustatum</i> . . . . .	(0,9%)
<i>Hantzschia amphioxys</i> . . . . .	(0,2%)
<i>Melosira roeseana</i> . . . . .	
<i>Navicula cryptocephala</i> . . . . .	(2,9%)
<i>N. gibbula</i> . . . . .	(0,1%)
<i>N. perpusilla</i> . . . . .	(+)
<i>N. pupula</i> . . . . .	
— var. <i>capitata</i> . . . . .	
<i>N. radiosa</i> . . . . .	
<i>Neidium affine</i> var. <i>amphirhynchus</i> . . . . .	(0,2%)
<i>N. irridis</i> . . . . .	(+)
<i>N. meisterii</i> sp. nov. . . . .	h (0,5%)
<i>Nitzschia frustulum</i> var. . . . .	zh
<i>Pinnularia borealis</i> . . . . .	(0,1%)
<i>P. gracillima</i> . . . . .	
<i>P. microstauron</i> var. <i>brebissonni</i> . . . . .	h
<i>Stauroneis anceps</i> . . . . .	(0,4%)
<i>Tabellaria flocculosa</i> . . . . .	

Die Formen, die auch in der Probe Nr. 27 gefunden wurden, sind durch ihre Häufigkeitsangabe in Klammern gekennzeichnet.

Hustedt führt 15 Formen auf, die in Probe 27 nicht gefunden wurden. In Probe 27 befinden sich 45 Formen, die Hustedt wiederum nicht in seiner Liste angegeben hat. Er erwähnt eine *Neidium meisterii* spec. nov., deren Diagnose und Abbildung später erscheinen sollte. Leider kam es nicht mehr dazu. In Probe 27 wurde aber *Neidium bergii* (Cleve-Euler) Krammer gefunden. Herr Krammer teilte mir mit, daß es sich um die von Hustedt erwähnte *Neidium*-Art handelt.

### Probe 28

**Obere Kelle**, kleiner See, Höhe zirka 2930 m ü.M., Detritus, pH 5,7 und Gesamthärte dH° 1, gesammelt und gemessen am 5.8.1971.

Häufiger sind in dieser Probe folgende Diatomeen:

<i>Achnanthes minutissima</i> . . . . .	8,0%
<i>Cymbella affinis</i> . . . . .	22,0%
<i>C. minuta</i> . . . . .	35,3%
<i>C. silesiaca</i> . . . . .	19,6%
<i>Nitzschia acidoclinata</i> . . . . .	3,3%

Der kleine See liegt rund 50 m westlich des großen Sees. Sein Durchmesser ist zirka 50 m und sein Wasser läuft durch einen kleinen Graben in den großen See. Er wird ebenfalls von den an der Nordflanke des Gornergrates liegenden Schneefeldern gespeist und ist auch von Gesteinsschutt umgeben, sodaß für ihn die gleichen klimatischen und ökologischen Bedingungen gelten wie für seinen größeren Nachbarn. In ihm wurden 82 Formen gefunden.

pH-Spektrum:	azidophil	6 Formen	0,6%
	pH-indifferent	25 Formen	50,6%
	alkaliphil	32 Formen	26,0%
	unbekannt	18 Formen	22,8%

Das pH und die Gesamthärte der beiden Seen stimmen praktisch überein. Doch zeigt das pH-Spektrum in der Zusammensetzung der ökologischen Gruppen Unterschiede. Der Anteil der pH-indifferenten Diatomeen ist auf 50,6% gesunken, während die alkaliphilen mit 9,5 auf 26,0% angestiegen sind. Zu den pH-unbekannten Diatomeen hören 22,8% der Individuen. Diese Verschiebung beruht auf dem Rückgang von *Cymbella minuta* Hilse von 66,9 auf 35,3% und der Zunahme von *C. silesiaca* Bleisch von 1,6 auf 19,6% der Individuen. *Nitzschia acidoclinata* Lange-Bertalot hat ihren Anteil von 8,9 auf 3,3% verringert. Dafür kommen *Cymbella affinis* Kützing mit 22,0% und *Achnanthes minutissima* Kützing mit 8,0% hinzu. Alle diese Diatomeen haben einen hohen Sauerstoffgehalt nötig. 44 Formen kommen in beiden Seen vor. Im großen See befanden sich 30 Formen, die im kleinen nicht gefunden wurden. Umgekehrt fanden sich im kleinen See 38 Formen, die wiederum im großen nicht festgestellt wurden.

Nach dem System von Cholnoky haben 0,7 anstatt 1,8% der Diatomeen ihr Optimum über pH 8. Diejenigen mit einem Optimum zwischen pH 7,1 und 8 sind nochmals stark angestiegen und erreichen nun 88,4% der Individuen, während die Diatomeen mit einem Optimum unter dem Neutralpunkt nun 3,4 anstatt 2,4% betragen. Die Zunahme der Formen mit Optimum von pH 7,1-8 geht praktisch zulasten der unbekannt Formen. Den Hauptanteil der Diatomeen zwischen pH 7,1 und 8 machen *Achnanthes minutissima* Kützing, *Cymbella affinis* Kützing und *C. minuta* Hilse aus. Diese Bewertung stimmt mit dem gemessenen pH-Wert überhaupt nicht überein.

Nachdem der Anteil von *Cymbella minuta* Hilse in diesem See mit 35,3% kleiner ist und *Achnanthes minutissima* Kützing und *Cymbella affinis* Kützing ziemlich häufig sind, hat sich die Gruppierung in bezug auf den Sauerstoffgehalt etwas gebessert. Die saproxenen Diatomeen sind leicht auf 2,5% zurückgegangen. Die oligosaproxenen Formen stiegen von 17,2 auf 36,3% an, während die mesooxybionten, bedingt durch den Rückgang der erwähnten *Cymbella* nur noch 36,0% der Individuen erreichen. Auch der Anteil der euryoxybionten Formen verminderte sich von 3,3 auf 1,1% und die pH-unbekannten sind von 9,2 auf 24,1% angestiegen. Welche der beiden Assoziationen den tatsächlichen ökologischen Verhältnissen näher kommt, muß leider offengelassen werden.

Die Diatomeen, die nach den Untersuchungen Cholnokys einen hohen Sauerstoffgehalt benötigen, sind in diesem See gegenüber seinem größeren Nachbarn ebenfalls von 75,6 auf 66,6% zurückgegangen. Dieser Rückgang beruht zur Hauptsache auch auf das weniger häufige Vorkommen von *Cymbella minuta* Hilse. In erfreulicherer Richtung entwickelte sich dagegen das Vorkommen der stickstoffheterotrophen Diatomeen. Es nicht nur *Navicula cryptocephala* Kützing mit 1,1% anstelle von drei Arten mit 3,3% vorhanden. Gestützt auf Cholnoky wäre der Sauerstoffgehalt etwas geringer, aber der Gehalt an gelösten Stoffen etwas niedriger als im großen See.

### Probe 29

**Obere Kelle**, Abfluß zirka 2 m unterhalb des großen Sees, Steinbewuchs, pH 5,6 und Gesamthärte dH° 1 am 29.7.1975.

Am häufigsten kamen in Abfluß vor:

<i>Cymbella affinis</i> . . . . .	8,3%
<i>C. minuta</i> . . . . .	25,9%
<i>Hantzschia amphioxys</i> . . . . .	3,2%
<i>Navicula gibbula</i> . . . . .	8,7%

<i>Navicula mutica</i> . . . . .	15,1%
<i>Pinnularia borealis</i> . . . . .	13,4%
<i>P. intermedia</i> . . . . .	7,9%

Diese Probe enthielt 58 Formen, aber die Zahl der Individuen war sehr klein, weil nur wenig Aufwuchs vorhanden war. 41 Formen, die im großen See vorkamen, fehlen. Dagegen kamen im Abfluß 34 Formen vor, die wiederum im großen See nicht angetroffen wurden. Das heißt, daß fast zwei Drittel aller Diatomeen verschieden waren. So waren im Abfluß die Achnanthes-Arten mit nur 4 Formen und 0,6% der Individuen vertreten, während sie im großen See mit 9 Formen und 2,2% vorkamen. Noch größer war der Unterschied bei den Cymbellen: im großen See waren 13 Formen mit 76,6% und im Abfluß nur deren 6 mit 36,6%. Auch die häufiger vorkommenden Diatomeen sind sehr verschieden. Nur eine aus dem großen See war ebenfalls im Abfluß häufiger und zwar handelt es sich um *Cymbella minuta* Hilse mit 25,9 anstatt 66,9%. Bemerkenswert ist die Häufigkeit der anderen Formen, die sonst nur vereinzelt in diesem Gebiet vorkamen. Es sind dies Formen, die sonst häufig in feuchten Moosrasen zuhause sind.

pH-Spektrum:	azidophil	6 Formen	1,1%
	pH-indifferent	21 Formen	78,5%
	alkaliphil	14 Formen	13,0%
	unbekannt	17 Formen	7,4%

Der große See und sein Abfluß stimmen im pH und der Gesamthärte genau überein. Dies widerspiegelt sich auch im pH-Spektrum, denn der Anteil der verschiedenen ökologischen Gruppen ist fast gleich.

Völlig verschieden ist dagegen die Bewertung nach Cholnoky. Der Anteil der Formen mit einem Optimum über pH 8 hat sich von 1,8 auf 18,3% verzehnfacht. Die Diatomeen mit einem pH-Optimum von 7,1-8 sind dagegen sehr stark auf 37,9% zurückgegangen. 1,0% der Diatomeen haben ihr Optimum zwischen 6,1 und 7. Sehr stark angestiegen sind die Formen mit einem Optimum unter pH 6. 18,4% anstatt 2,4% der Individuen haben ein pH-Optimum unter dem Neutralpunkt, gegenüber 56,2% dem Neutralpunkt.

Wesentlich besser scheinen die Sauerstoffverhältnisse im Abfluß zu sein, wie es auch nicht anders zu erwarten ist, da ein fließendes Gewässer rascher Sauerstoff aus der Luft aufnehmen kann. Die saproxenen Diatomeen stiegen von 2,7 auf 4,8%, die oligosaproxen von 17,0 auf 37,6%. Die mesooxybionten gingen von 68,8 auf 41,8% und die euryoxybionten von 3,3 auf 0,5% zurück. Die Individuenzahl der unbekanntenen Formen hat sich 9,5 auf 15,7% erhöht. Trotz dieser wesentlichen Verschiebung kann das Ergebnis nicht als ideal bezeichnet werden. Der Sauerstoffgehalt hat demnach noch längst nicht die Sättigungsgrenze erreicht. Dagegen kann das Vorkommen der mesooxybionten Diatomeen nicht als Ausdruck eines verschmutzten Gewässers betrachtet werden. Die Umgebung ist so unwirtlich, daß hierher nur selten ein Mensch kommt. Es weidet auch kein Vieh in dieser Höhe mehr, deshalb ist eine Verschmutzung durch anthropogenen Einfluß ausgeschlossen. Desgleichen muß eine Eutrophierung infolge natürlicher Ursachen verneint werden, weil die beiden Seen und ihr Abfluß keinen oder nur sehr spärlichen Pflanzenbewuchs haben. Die Verteilung der Diatomeen auf die einzelnen Gruppen nach dem Hustedtschen System zeigt einzig und alleine den nicht sehr hohen Sauerstoffgehalt an. Dies wird durch den Ergebnisse der ökologischen Angaben nach Cholnoky bestätigt. Der Anteil der einen hohen Sauerstoffgehalt benötigenden Formen ist zwar auf 42,0 Ind.-% zurückgegangen, dennoch nahmen die stickstoffheterotrophen Formen bis auf 0,5% ab.

### Probe 30

**Ze Gassen**, kleiner Graben, Moosbewuchs und Detritus, schnellfließend, Abwasser führend? pH 6,5 und Gesamthärte dH° 5, gemessen und gesammelt am 6.8.1971. Höhe zirka 2050 m ü.M.

Häufig kamen in dieser Probe vor:

<i>Achnanthes minutissima</i> . . . . .	48,7%
— var. <i>jackii</i> . . . . .	6,1%

<i>Cymbella affinis</i> . . . . .	5,0%
<i>Diatoma hiemale</i> . . . . .	1,4%
— var. <i>mesodon</i> . . . . .	12,5%
<i>Navicula tripunctata</i> . . . . .	3,2%

Insgesamt enthielt diese Probe 150 Formen. Der Graben ist nur zirka 30 cm breit und 20 cm tief, fließt mit großer Geschwindigkeit. Er kommt von Weiler Findeln und mündet in den Findelnbach. Die Wasserpflanzen sind voller grauer Zotten, wie sie in fließenden Gewässern, die Haushaltsabwässer führen, typisch sind. Demnach führt das Bächlein die Abwässer des Weilers Findeln und höher gelegener Häuser in den Findelnbach. Die pH-Werte dieses Gebietes östlich von Zermatt liegen wieder höher und nähern sich dem Neutralpunkt, ebenso erreicht die Gesamthärte wieder höhere Werte als im Gebiet der Riffelseen und des Gornergrates. Das Gebiet liegt in der Ophiolith-Zone, die als Ursache des höheren pH und der Karbonathärte betrachtet werden muß.

pH-Spektrum:	azidophil	5 Formen	0,2%
	pH-indifferent	46 Formen	64,0%
	alkaliphil	80 Formen	35,1%
	unbekannt	19 Formen	0,7%

Der Anstieg des pH zeigt sich bereits im pH-Spektrum. Die azidobionten Formen sind verschwunden und die fünf azidophilen wurden bei der Auszählung von 1000 Schalen nur zweimal registriert. Die 46 pH-indifferenten Formen erreichen mit 64,0% den Hauptanteil an der Assoziation, doch das ganze Spektrum ist zugunsten der alkalibionten verschoben. Es sind wohl nur 9 Alkalibionten vorhanden, die immerhin 14,2% der Individuen erreichen. Demnach haben die alkaliphilen und alkalibionten Diatomeen bessere Existenzbedingungen als die azidophilen oder azidobionten.

Nicht so eindeutig ist das Ergebnis, wenn man die pH-Bewertung nach Cholnoky zugrunde legt. 55,1% der Individuen haben ihr Optimum zwischen pH 6,1 und 7. Über dem Neutralpunkt haben 31,1% ihr Optimum zwischen pH 6,1 und 7. Über dem Neutralpunkt haben 31,1% ihr Optimum, von denen 4,4% ihre über pH 8 haben. 2,3% finden ihr maximalen Existenzbedingungen unter pH 6. Bei den Gewässern der Riffelseen, deren pH bei 5,5 lag, hatten mehr als die Hälfte der Individuen ihr Optimum über dem Neutralpunkt, dagegen überwiegen in Probe 30 die Diatomeen mit einem Optimum unter dem Neutralpunkt, obwohl das pH 6,5 beträgt. Allerdings erreichen die Diatomeen mit einem Optimum zwischen pH 6,1 und 7 immerhin 55,1% der Individuen. Somit entsprechen mehr als die Hälfte der Individuen dem gemessenen pH dieses Grabens.

Der Graben fließt über mehrere 100 Meter einen steilen Hang hinab. Bei dieser großen Strömungsgeschwindigkeit hat er die Möglichkeit, viel Sauerstoff aus der Luft aufzunehmen. Trotzdem ist der Anteil der saproxenen Diatomeen mit 18,8% nicht besonders hoch. Nach Hustedts These steht der Sauerstoffgehalt in enger Beziehung zur Fäulnisbildung und der Verschmutzung eines Gewässers. Nachdem das Wasser durch die hohe Strömungsgeschwindigkeit viel Sauerstoff aus der Luft aufnehmen kann, können die saproxenen Diatomeen doch noch gut existieren. Dominanz erreichen die oligosaproxenen Formen mit 70,8%. Sie benötigen wohl einen hohen Sauerstoffgehalt, tolerieren aber eine Verschmutzung, die in gewissen Grenzen bleibt. Die 16 mesooxybionten Diatomeen, die bereits einen höheren Verschmutzungsgrad ertragen, erreichen nur 5,9% der Individuen und die euryoxybionten sogar nur 2,0%. Der hohe Sauerstoffgehalt drängt die beiden letzten Gruppen zugunsten der saproxenen und oligosaproxenen Diatomeen zurück. Unbekannte im Sinne Hustedts waren 2,5% vorhanden.

Einen hohen Sauerstoffgehalt im Sinne Cholnokys benötigen 79,6% der Individuen. Dieser Anteil ist besonders hoch und sicher die Folge der Aufnahme von Sauerstoff durch die hohe Strömungsgeschwindigkeit. Bei der Auswertung derjenigen Formen, die einen höheren Verschmutzungsgrad tolerieren oder sogar zu ihrer Existenz benötigen, macht sich wiederum bemerkbar, daß wir noch viel zu darüber wissen. Nur 7,4% der Individuen gehören nach Cholnoky zu diesen Formen. Sicher gehören noch andere Diatomeen zu dieser Gruppe.

**Probe 31**

**Findelnbach**, 10 m oberhalb der Brücke am Wege nach Börter. Lange braune Zotten auf Steinen, schnellfließend, Höhe zirka 1950 m ü.M. pH 6,5 und Gesamthärte dH° 3 am 6.8.1971.

Häufigste Formen waren darin:

<i>Achnanthes minutissima</i> inkl. var. . . . . .	7,0%
<i>Ceratoneis arcus</i> . . . . .	7,6%
<i>Cymbella minuta</i> . . . . .	3,2%
<i>Fragilaria capucina</i> inkl. var. . . . . .	3,2%
<i>Gomphonema angustatum</i> . . . . .	3,1%

In dieser Probe kamen 50 Diatomeen vor. Es handelt sich um eine typische Assoziation schnellströmender Gewässer, in der die rheobionten und rheophilen Diatomeen die Hauptmasse ausmachen.

pH-Spektrum:	azidophil	4 Formen	0,4%
	pH-indifferent	12 Formen	11,1%
	alkaliphil	30 Formen	87,2%
	unbekannt	4 Formen	1,3%

Bedingt durch den hohen Anteil der rheobionten *Ceratoneis arcus* (Ehr.) Kützing mit 76,1% machen die alkaliphilen Diatomeen mit 87,2% die Hauptmasse aus. Die pH-indifferenten Formen ergeben dank dem häufigen Vorkommen von *Achnanthes minutissima* Kützing und *Cymbella minuta* Hilse beinahe den Rest der verbleibenden Formen aus. Das Überwiegen der alkaliphilen Formen entspricht nicht dem gemessenen pH.

Nach Cholnokys System sieht es nicht besser aus. 1,8% der Individuen haben ihr Optimum über pH 8. 93,6% erreichen ihre optimalen Existenzbedingungen zwischen pH 7,1 und 8. Allerdings ist in dieser Gruppe die *Ceratoneis* enthalten, deren Optimum nach Cholnoky um pH 7,2 liegen soll. Vermutlich ist aber der hohe Sauerstoffgehalt der entscheidende Faktor für diese Diatomee und nicht der pH-Wert. 1,3% haben ihr Optimum bei pH 6,1-7 und nur 0,2% unter pH 6.

Die saproxenen Diatomeen erreichen 78,3%, die oligosaproxen 17,0% und die mesoxybionten 3,4% der Individuen. Es wurden nur zwei euryoxybionte Diatomeen festgestellt, die bei der Auszählung aber nicht registriert wurden, und zwar handelt es sich um *Gomphonema parvulum* (Kütz.) Kützing und *Navicula cryptocephala* Kützing. Nach Hustedts Angaben über die Autökologie der gefundenen Diatomeen ist das Wasser sauerstoffreich und katharob.

Auch Cholnokys Bewertung der Autökologie der Diatomeen läßt den Schluß zu, daß das Wasser sauerstoffreich sein muß, denn 94,3% der Individuen benötigen zu ihrem maximalen Gedeihen einen hohen Sauerstoffgehalt, während 3,9% mit einer niedrigeren Konzentration auskommen können. Die Probe enthält 6 Formen, die stickstoffheterotroph sind, ihr Anteil beträgt aber nur 2,1%. Somit stimmt die Analyse der Assoziation, abgesehen von einigen kleineren Widersprüchen, gut mit den vorgefundenen Verhältnissen überein.

**Probe 32**

**Börter**, Bach rechts vom Weg aufwärts nach Ze Seewjinen, Höhe zirka 2100 m ü.M., Detritus und Moosbewuchs, pH 6,2 und Gesamthärte dH° 2, gemessen und gesammelt am 6.8.1971.

Häufig kamen in dieser Probe folgende Diatomeen vor:

<i>Achnanthes lapponica</i> . . . . .	3,8%
<i>A. marginulata</i> . . . . .	4,4%
<i>A. minutissima</i> . . . . .	16,9%
— var. <i>jackii</i> . . . . .	4,3%
<i>Amphora pediculus</i> . . . . .	6,5%
<i>Cymbella minuta</i> . . . . .	4,7%
<i>Diatoma hiemale</i> . . . . .	2,6%

<i>Diatoma hiemale</i> var. <i>mesodon</i> . . . . .	13,9%
<i>Fragilaria pinnata</i> . . . . .	7,6%
<i>Meridion circulare</i> . . . . .	6,0%
<i>Nitzschia romana</i> . . . . .	6,8%

Insgesamt enthielt diese Probe 110 Formen. Der Anstieg der Formenzahl geht auf die völlig anderen Existenzbedingungen gegenüber Probe 31 zurück. Im Detritus und in den Moosrasen können sich auch freilebende Diatomeen ansiedeln, sodaß sie von der Strömung nicht fortgeschwemmt werden können.

pH-Spektrum:	azidophil	9 Formen	4,8%
	pH-indifferent	42 Formen	35,3%
	alkaliphil	47 Formen	56,5%
	unbekannt	12 Formen	3,4%

Das pH ist mit 6,2 wieder etwas tiefer als bei den beiden vorangegangenen Proben und auch die Gesamthärte ist auf dH° 2 zurückgegangen. Trotzdem ist das pH-Spektrum gegenüber den beiden Proben mehr nach der alkalischen Seite verschoben. Die pH-indifferenten Formen sind auf 35,3% zurückgegangen und die alkaliphilen auf 56,5% angestiegen. Die alkalibionten Diatomeen nahmen sogar auf 24,1% zu, bedingt durch den relativ hohen Anteil von *Diatoma hiemale* (Lyn.) Heiberg und ihrer Varietät mit 16,5%. Wie bereits weiter vorne ausgeführt, scheint diese Art kaum alkalibiont, sondern eher pH-indifferent zu sein. Nach Cholnoky hat sie denn auch ihr Optimum unter pH 7. Dagegen hat die ebenfalls mit 6,8% relativ häufige alkalibionte *Nitzschia romana* Grunow nach Cholnoky ihr Optimum bei pH 8,2-8,6.

Die Berechnung nach dem System von Cholnoky sieht nicht besser aus als diejenige nach Hustedt. Obwohl Cholnoky die Autökologie einiger Arten ganz anders beurteilt, so sind die Ergebnisse dennoch ziemlich ähnlich:

pH-Optimum über 8 . . . . .	12,4%
pH-Optimum von 7,1-8 . . . . .	47,9%
pH-Optimum von 6,1-7 . . . . .	23,4%
pH-Optimum bis 6 . . . . .	1,3%
unbekannt . . . . .	15,0%

Bei Hustedt machen die alkalibionten und die alkaliphilen Formen 56,5% aus und bei Cholnoky betragen die Formen, deren Optimum über pH 7 liegt, 60,3%. Hustedt bezeichnet 35,3% der vorkommenden Individuen als pH-indifferent. Nach Cholnoky haben 23,4% ihr Optimum zwischen pH 6,1 und 7. In dieser Gruppe sowie in derjenigen mit einem Optimum von 7,1-8 sind die von Hustedt als pH-indifferent bezeichneten Diatomeen enthalten. Es besteht im großen und ganzen eine ziemlich gute Übereinstimmung zwischen beiden Systemen für diese Probe.

Bedingt durch das völlig andere Substrat, nämlich Detritus und Moose, wodurch die Fließgeschwindigkeit des Wassers abgebremst wird, können sich auch andere Diatomeen ansiedeln als in Probe 31, die neben vereinzelt eingeschleppten Formen praktisch nur rheobionte und rheophile Diatomeen enthielt, die einen hohen Sauerstoffbedarf haben. In den durchfluteten Moosrasen und dem Detritus ist der Sauerstoffgehalt sicher weniger hoch, als auf dem von schnellströmendem Wasser überfluteten Felsen der Probe 31. Dies macht sich auch im Spektrum des Sauerstoffbedarfs bemerkbar. Die saproxenen Diatomeen sind von 78,3 auf 32,4% zurückgegangen. Dagegen stiegen die oligosaproxenen von 17,0 auf 58,0% an. Die 8 mesooxybionten Formen sind mit 5,2% etwas stärker vertreten und die 2 euryoxybionten erreichen 0,5%, während die 2 der Probe 31 bei der Auszählung nicht vertreten waren. Die Sauerstoffkonzentration scheint hier etwas weniger hoch zu sein, doch ist die Eutrophierung nur sehr minim.

Auch im Sinne Cholnokys sind die sauerstoffliebenden Diatomeen zurückgegangen und zwar von 94,3 auf 77,0%. Stark zugenommen haben dafür die stickstoffheterotrophen Formen von 2,1 auf 7,5%, obwohl es ebenfalls nur 6 Stück sind. So erreicht allein *Nitzschia romana* Grunow 6,6% der Individuen.

**Probe 33**

Gleiche Stelle, aber links von Weg, da der Bach unter dem Weg hindurchfließt, goldbraune Gallertschläuche auf Steinen, schnellfließend. pH 6,2 und Gesamthärte dH° 2 am 6.8.1971.

Häufigste Formen waren in dieser Probe:

<i>Achnanthes lapponica</i> . . . . .	4,0%
<i>A. minutissima</i> . . . . .	18,9%
— var. <i>jackii</i> . . . . .	5,8%
<i>Amphora pediculus</i> . . . . .	5,6%
<i>Cymbella minuta</i> . . . . .	5,8%
<i>C. silesiaca</i> . . . . .	4,8%
<i>Diatoma hiemale</i> . . . . .	2,2%
— var. <i>mesodon</i> . . . . .	10,5%
<i>Fragilaria pinnata</i> . . . . .	5,4%
<i>Meridion circulare</i> . . . . .	5,0%
<i>Nitzschia romana</i> . . . . .	3,7%

Diese Probe enthielt insgesamt 133 Arten, Varietäten und formae. Sie ist in bezug auf die Assoziation der Probe von der andern Seite des Weges sehr ähnlich, insbesondere was die häufiger vorkommenden Formen betrifft. Lediglich ein paar Arten der Gattung *Navicula* kommen hinzu. Beide Proben haben 86 Formen gemeinsam. Probe 32 enthält 24 Formen, die in Nr. 33 fehlen. In Nr. 33 befinden sich 47 Formen, die in Nr. 32 fehlen. Leider konnte nicht mehr festgestellt werden, woraus die goldfarbenen Gallertschläuche bestanden haben, weil diese sich bis zur Heimkehr bereits aufgelöst hatten. Ursprünglich wurde angenommen, daß es sich um schlauchbildende Arten der Gattung *Cymbella* handelt. Allerdings sind solche Formen nicht so häufig in dieser Probe enthalten, daß man annehmen könnte, die vielen Gallertschläuche seien von ihnen gebildet worden. Es muß sich vermutlich um eine Alge einer anderen Abteilung gehandelt haben.

pH-Spektrum:	azidophil	8 Formen	3,1%
	pH-indifferent	48 Formen	42,4%
	alkaliphil	62 Formen	44,6%
	unbekannt	15 Formen	9,9%

Das pH-Spektrum ist dem vorangegangenen Probe sehr ähnlich. Die azidophilen Diatomeen sind von 4,8 auf 3,1% zurückgegangen. Auch die alkalibionten Formen haben um 7,4% zugunsten der alkaliphilen und hauptsächlich der pH-indifferenten abgenommen. Die alkaliphilen und alkalibionten Diatomeen machen zusammen noch 44,6 anstatt 56,5 aus, während die pH-indifferenten von 35,3 auf 42,4% angestiegen sind. Würden die 12,7% der angeblich alkalibionten *Diatoma hiemale* (Lyn.) Heiberg und ihrer Varietät zu den pH-indifferenten gestellt, wo sie höchstwahrscheinlich hingehört, so käme das Ergebnis den örtlichen Verhältnissen ziemlich nahe.

Keine wesentliche Änderung ergab die Beurteilung der pH-Zugehörigkeit nach Cholnoky. Aufgrund seiner Taxierung ergab sich folgendes Bild:

pH-Optimum über 8 . . . . .	9,6%
pH-Optimum von 7,1-8 . . . . .	46,4%
pH-Optimum von 6,1-7 . . . . .	23,7%
pH-Optimum bis 6 . . . . .	4,9%
unbekannt . . . . .	15,4%

Die Formen mit einem pH-Optimum über 7 haben um 4,3% zugunsten derjenigen mit einem Optimum bis pH 6 abgenommen, die nun 4,9 anstatt 1,3% der Individuen ausmachen. Cholnokys Angaben sind bei beiden Proben ziemlich identisch.

In dieser Probe betragen die saproxenen Diatomeen noch etwas weniger als auf der andern Seite des Weges, nämlich 26,0 anstatt 32,4%. Die oligosaproxenen sind gleich häufig mit 58,0%. Die mesooxybionten Formen haben, mit 6,6% der Individuen einen nur leicht um 1,4% höheren Anteil und in dieser Probe sind 4 euryoxybionte Diatomeen mit 0,9% anstelle

von 2 mit 0,5% vorhanden. Beide Proben sind in bezug auf den Sauerstoffgehalt und einer möglichen Verschmutzung nach Hustedt praktisch gleich zu bewerten.

Die Diatomeen, die nach Cholnoky für ihre Existenz einen hohen Sauerstoffgehalt benötigen, sind nochmals um 3,4 auf 73,6% zurückgegangen. Dafür enthielt diese Probe wieder weniger stickstoffheterotrophe Diatomeen. Sie erreichten nur 6,1 anstatt von 10,2%. Es ist kaum anzunehmen, daß auf einer Strecke von nur 5 m eine wesentliche Veränderung in den Eutrophieverhältnissen des Baches eintritt. Eher kann geschlossen werden, daß Differenzen dieser Größenordnung eher mehr auf Zufall oder anderen Faktoren ökologischer Art beruhen. Wenn die Diatomeen aber tatsächlich in den Gallertschläuchen gelebt haben, so dürfte der Sauerstoffgehalt darin sicher niedriger gewesen sein.

### Probe 34

**Grünsee**, Westufer, 2300 m ü.M. Netz und Detritus, pH 5,8 und Gesamthärte dH° 2 gemessen und gesammelt am 6.8.1971. pH im September 1974 5,5. Länge des Sees zirka 130 m und Breite zirka 40 m. Größte Tiefe rund 1,5 m.

Häufigste Formen in dieser Probe waren:

<i>Achnanthes minutissima</i> . . . . .	63,8%
<i>Cyclotella stelligera</i> . . . . .	4,9%
<i>Cymbella microcephala</i> . . . . .	4,8%
<i>C. minuta</i> . . . . .	8,2%
<i>Fragilaria crotonensis</i> . . . . .	4,4%
<i>Navicula indifferens</i> . . . . .	4,4%
<i>Nitzschia acidoclinata</i> . . . . .	2,7%

Insgesamt enthielt diese Probe 77 Formen, was für einen See dieser Größe ziemlich wenig ist. Aber auch diese Gewässer enthielt fast keinen submersen Pflanzenbewuchs, sodaß der Gehalt an gelösten Stoffen sehr beschränkt ist. Praktisch zum ersten Mal in diesem Gebiet machen sich pelagische Diatomeen bemerkbar. So kommt *Fragilaria crotonensis* Kitton mit 4,4% sowie *Cyclotella comta* (Ehr.) Kützing mit 0,3% und *Cyclotella stelligera* Cleve & Grunow mit 4,9% vor.

Dieser See ist ein typisches Beispiel für Temperaturschwankungen alpiner Gewässer. Trotz seiner Höhenlage von 2300 m ü.M. ist das Wasser tagsüber infolge der geringen Tiefe so warm, daß die Touristen darin baden können. Die Temperatur muß zirka 25 °C betragen haben. Leider konnte die Temperatur nicht gemessen werden, weil kein Thermometer vorhanden war. Aber bei der Probenentnahme war es lauwarm. Somit kann die Theorie der älteren Diatomisten, die Diatomeen, die aus arktischen oder alpinen Gebieten beschrieben, als nordisch-alpin bezeichneten und meinten, es handle sich um sogenannte kälteliebende Formen, nicht aufrecht erhalten werden.

pH-Spektrum:	azidophil	6 Formen	0,2%
	pH-indifferent	27 Formen	82,7%
	alkaliphil	30 Formen	11,9%
	unbekannt	14 Formen	5,2%

Den Hauptanteil dieser Assoziation machen die pH-indifferenten Formen mit 82,7% oder rund 4/5 aus. Mit nur 0,2% waren die azidophilen Diatomeen vertreten, obwohl es sich immerhin um 6 Formen, das heißt rund 8% der Formen gehandelt hat. Ihre Existenzbedingungen scheinen daher alles andere als optimal. Die 30 Alkaliphilen erreichen, obwohl sie rund 40% aller Formen vertreten, nur 11,9% der Individuen und gute 20% der Formen mit 5,2% der Individuen können keiner ökologischen Gruppe zugeordnet werden. Der Verteilung nach müßte das pH des Grünsees im Durchschnitt um den Neutralpunkt mit leichten Schwankungen darüber liegen. Eine so große Schwankung scheint aber bei einem alpinen Gewässer ausgeschlossen, denn das aktuelle pH betrug nur 5,8 und 5,5 und auch die Gesamthärte läßt keinen andern Schluß zu.

Ungünstiger wird das Ergebnis, wenn man die Beurteilung Cholnokys zugrundelegt. 1,6% der Individuen haben ihr Optimum über pH 8, 83,2% zwischen pH 7,1 und 8, 3,3% von pH 6,1-7 und 5,6% bis pH 6. 6,3% konnten nicht klassifiziert werden. Auch hier spielt wieder

andere Bewertung von *Achnanthes minutissima* Kützing eine Rolle, die nach Hustedt pH-indifferent sein soll und deren pH-Optimum mit 7,5-7,8 angegeben wurde.

Die saproxenen Diatomeen sind mit 11,4% der Individuen vertreten. Den Hauptanteil machen die oligosaproxenen mit 77,0% aus. Die mesooxybionten Formen haben 9,2% und die euryoxybionten 1,8% der Individuen. Der See scheint demnach genügend Sauerstoff zu enthalten. Er wird an schönen Tagen von vielen Touristen besucht, die an seinen Ufern picknicken und auch im See baden. Auf eine leichte Eutrophierung kann daher geschlossen werden.

Nach Cholnoky gehören 82,3% der Individuen zu den Formen, welche einen hohen Sauerstoffgehalt zu ihrem optimalen Gedeihen benötigen. Dieses hohe Ergebnis beruht auf der Dominanz von *Achnanthes minutissima* Kützing. Andere Autoren, insbesondere F. Hustedt, vertreten aber die Auffassung, daß diese Art auch mit weniger hohen Sauerstoffkonzentrationen vorlieb nimmt und dennoch häufig auftreten kann. Auf jedem Fall scheint der Grünsee nicht zu den Gewässern mit maximalem Sauerstoffgehalt zu gehören. Auch in bezug auf die Eutrophierung ist das Ergebnis nach Cholnoky günstig. Es kamen in dieser Probe 6 Diatomeen vor, die fakultativ oder obligat stickstoffheterotroph sind. Ihr Anteil an den Individuen betrug 5,3% und war daher in mäßigen Grenzen.

### Probe 35

**Grünsee**, Ostufer, pH 5,8 und Gesamthärte dH° 2 am 6.8.1971. pH 5,5 im September 1974. Netzfang und Detritus.

Häufig kamen in dieser Probe folgende Formen vor:

<i>Achnanthes minutissima</i> . . . . .	39,0%
<i>Cymbella microcephala</i> . . . . .	6,4%
<i>C. minuta</i> . . . . .	7,2%
<i>Fragilaria crotonensis</i> . . . . .	7,5%
<i>Gomphonema parvulum</i> . . . . .	3,9%
<i>Nitzschia acidoclinata</i> . . . . .	5,5%
<i>N. perminuta</i> . . . . .	3,2%
<i>Pinnularia microstauron</i> . . . . .	2,8%

Insgesamt enthielt diese Probe 83 Formen. Die beiden Assoziationen des Grünsees weisen gewisse Unterschiede auf. 50 Formen sind beiden Proben gemeinsam, 27 der in Probe 34 vorkommenden fehlen in Nr. 35. In Probe 34 fehlen dagegen 33 Formen, die in Probe 35 vorhanden waren. *Achnanthes minutissima* Kützing hat ihre dominierende Rolle verloren und ist von 63,8 auf 39,0% zurückgegangen. Die Zunahme der Pinnularien zeigt an, daß es sich um ein Gewässer mit niedrigem pH handelt. Weshalb die Pinnularien auf der Westseite des Sees seltener sind, ist unbekannt. Weniger günstig ist dagegen die Zunahme der stickstoffheterotrophen Nitzschien sowie *Gomphonema parvulum* (Kütz.) Kützing und *Navicula cryptocephala* Kützing. Die pelagischen Diatomeen sind mit etwa gleichem Anteil in dieser Probe vertreten.

pH-Spektrum:	azidophil	4 Formen	0,2%
	pH-indifferent	32 Formen	70,1%
	alkaliphil	31 Formen	21,5%
	unbekannt	16 Formen	8,2%

Wie das pH-Spektrum zeigt, ist eine leichte Verschiebung von den pH-indifferenten zu den alkaliphilen Diatomeen eingetreten. Die pH-indifferenten Formen haben um 12,6% ab und die alkaliphilen um 9,6% zugenommen. Die anderen Gruppen sind praktisch gleich geblieben. Der Rückgang von *Achnanthes minutissima* Kützing bedingt diese Verschiebung.

Auch nach der Bewertung Cholnokys bezüglich der pH-Zugehörigkeit gab es eine Verschiebung. Sie ging aber genau in die entgegengesetzte Richtung. Der Anteil der Formen mit einem Optimum über pH 8 blieb mit 1,5% praktisch gleich. Die Formen, die ihre optimalen Lebensbedingungen im Bereich von pH 7,1-8 haben, gingen um 13,0 auf 70,2% der Individuen zurück und diejenigen zwischen pH 6,1 und 7 nahmen um 9,6 auf 12,9% zu. Die Formen, deren Optimum in Bereich bis pH 6 liegt, haben ebenfalls leicht von 5,6 auf 7,7% zugenommen. Beide Systeme zeigen nicht das aktuelle pH an. Die saproxenen

Diatomeen sind auf der Ostseite des Grünsees mit 7,1 anstatt 11,4% etwas weniger häufig als auf der Westseite, und die oligosaprobien haben um 6,0 auf 71,0 abgenommen. Die Mesooxybionten blieben mit 7,5 nur um 1,7% unter dem Anteil des Westufers. Eine relativ starke Zunahme verzeichneten die Euryoxybionten, denn sie stiegen von 1,8 auf 7,2% an. Daran sind *Gomphonema parvulum* (Kütz.) Kützing, *Navicula cryptocephala* Kützing, *Nitzschia palea* (Kütz.) W. Smith und ihre Varietäten maßgeblich beteiligt. Demnach scheint eine gewisse Eutrophierung vorzuliegen, die wahrscheinlich auf die Anwesenheit der vielen Touristen zurückzuführen sein dürfte.

Nach Cholnoky sind 67,5% der Individuen Diatomeen, die zu ihrem optimalen Gedeihen einen hohen Sauerstoffgehalt benötigen. Dieser Anteil ist um 14,8% niedriger als am Westufer des Sees. Die stickstoffheterotrophen Formen haben um 7,8 auf 13,1% zugenommen. Somit weisen die Ergebnisse nach dem System von Cholnoky ebenfalls auf eine Abnahme des Sauerstoffgehalts und einer leicht angestiegenen Eutrophierung hin.

### Probe 36

Tümpel 50 m nördlich vom Grünsee, in einer Mulde, die etwa 30 m Durchmesser hatte. Starke Präsenz von Algenwatten, die praktisch nur aus *Tribonema* sp. bestanden. pH 6,5 und Gesamthärte dH° 5. 6.8.1971.

Darin kamen häufig vor:

<i>Achnanthes minutissima</i> . . . . .	72,8%
<i>Caloneis tenuis</i> . . . . .	3,4%
<i>Cymbella falaisensis</i> . . . . .	11,2%
<i>Fragilaria capucina</i> . . . . .	2,8%

Insgesamt enthielt diese Probe 38 Formen.

pH-Spektrum:	azidophil	2 Formen	2,2%
	pH-indifferent	18 Formen	91,0%
	alkaliphil	15 Formen	5,8%
	unbekannt	3 Formen	1,0%

Es handelt sich um einen Schmelzwassertümpel ohne Abfluß. Die Mulde bestand aus Rasen und war zirka 30 cm tief. Infolge der geringen Tiefe entstehen durch die Sonneneinstrahlung große Temperaturschwankungen. Der Tümpel enthielt massenhaft eine Heterokonte der Gattung *Tribonema*. Offenbar hatten diese Verhältnisse einen ökologischen Einfluß, denn das pH ist mit 6,5 etwas höher als im benachbarten See, bei dem es durch den steinigen Untergrund vermutlich gesenkt wurde. Gestützt auf die Dominanz von *Achnanthes minutissima* Kützing mit 72,8% erreichen hier die pH-indifferenten Formen 91,0% der Individuen. Aber auch *Cymbella falaisensis* (Grunow) Krammer & Lange-Bertalot ist mit 11,2% relativ häufig. Aufgrund ihres Vorkommens dürfte sie zumindest als pH-indifferent und oligosaprob einzustufen sein.

Bedingt durch die andere Einstufung von *Achnanthes minutissima* Kützing durch Cholnoky, der ihr pH-Optimum mit 7,5-7,8 angibt, sieht das Ergebnis wieder einmal wesentlich anders aus als das von Hustedt. Die Diatomeen mit einem pH-Optimum über dem Neutralpunkt betragen 78,4% gegen 18,0% unter dem Neutralpunkt. Das Ergebnis deutet folglich auf ein Gewässer, dessen pH eher auf die alkalische Seite neigt. Die Messung erfolgte vormittags. In Anbetracht der großen Algenmenge kann das pH gegen Abend infolge der Photosynthese noch ansteigen und eventuell Werte über dem Neutralpunkt erreichen.

Die saproxenen und die oligosaprobien Diatomeen sind hier häufiger als im danebenliegenden See. Sie erreichen 5,8 beziehungsweise 91,0% der Individuen. Die mesooxybionten Formen haben einen Anteil von 0,7% und die euryoxybionten 2,2%. Der Anteil der einzelnen ökologischen Gruppen läßt auf ein Gewässer mit einem hohen O<sub>2</sub>-Gehalt schließen. Die mesooxybionten und euryoxybionten Formen sind nur mit so wenigen Individuen vertreten, daß von einer Eutrophierung kaum die Rede sein kann.

Auch die Auswertung der Assoziation nach dem System von Cholnoky zielt in die gleiche Richtung wie dasjenige nach Hustedt. 89,0% der Individuen benötigen zu ihrem optimalen Gedeihen einen hohen Sauerstoffgehalt. Dieser Anteil ist sehr hoch, sodaß sicher nicht von einem Sauerstoffmangel gesprochen werden kann, da beinahe 9/10 der Individuen

einen solchen nicht ertragen könnten. 2,9% der Individuen sind obligat oder fakultativ stickstoffheterotroph, sodaß aufgrund dieses kleinen Anteiles auch kein Beweis für eine Eutrophierung vorliegt. Dagegen muß mit einem Anstieg der Eutrophierung gerechnet werden, sobald die Algenmassen, die zum Zeitpunkt der Probenentnahme noch ziemlich frisch waren, abzusterben beginnen oder das Wasser infolge Verdunstung abzunehmen beginnt.

### Probe 37

**Ze Sewjinen**, Bach beim Restaurant Findelngletscher, Moosbewuchs und Detritus, 2295 m ü.M. pH 6,2 und Gesamthärte dH° 2 am 6.8.1971, pH 5,4 gemessen im Januar 1977.

Häufig waren in dieser Probe:

<i>Achnanthes marginulata</i> . . . . .	9,2%
<i>A. minutissima</i> und var. . . . .	6,0%
<i>Amphora pediculus</i> . . . . .	12,3%
<i>Cymbella minuta</i> . . . . .	18,5%
<i>Diatoma hiemale</i> . . . . .	1,6%
— var. <i>mesodon</i> . . . . .	4,1%
<i>Fragilaria pinnata</i> . . . . .	9,4%
<i>Meridion circulare</i> . . . . .	3,4%
<i>Nitzschia acidoclinata</i> . . . . .	5,8%
<i>N. romana</i> . . . . .	5,7%

Das Total der in dieser Probe gefundenen Formen betrug 87. Der Bach wird im Bereich der Probenentnahmestelle gestaut und weitet sich zu einem kleinen Tümpel von etwa 3 m Breite aus. Dadurch haben viele Epiphyten und freilebenden Formen gute Existenzbedingungen, sodaß die Formenzahl relativ hoch ist.

pH-Spektrum:	azidophil	9 Formen	9,2%
	pH-indifferent	30 Formen	43,1%
	alkaliphil	44 Formen	47,5%
	unbekannt	4 Formen	0,2%

Auch in dieser Probe stimmt das pH-Spektrum mit dem gemessenen pH 6,2 und 5,4 nicht überein. Die azidophilen sind wohl mit 9,2% und die pH-indifferenten Formen mit 43,1% vertreten, dennoch überwiegen die alkaliphilen mit 47,5%, worin immerhin 12,5% alkalibionte enthalten sind, während von den azidobionten nur eine Art vorhanden war, die aber bei der Auszählung nicht vorkam. Unter den alkalibionten Formen befindet sich einmal mehr *Diatoma hiemale* (Lyn.) Heiberg und ihre Varietät mit 5,7%, deren Einstufung in dieser Gruppe umstritten ist.

Trotz teilweise anderer Beurteilung der Autökologie durch Cholnoky kommt man zu einem Urteil, das mit demjenigen nach Hustedt ziemlich genau übereinstimmt. Auch hier überwiegen die Formen, deren Optimum über dem Neutralpunkt liegt, indem sie 63,3% der Individuen erreichen. Davon haben 15,7% ihr Optimum sogar über pH 8. 14,9% haben ein Optimum zwischen pH 6,1 und 7 und 5,0% unter pH 6. Der Anteil der unbekanntenen Formen ist mit 16,8% hoch. Darin ist *Achnanthes marginulata* Grunow mit 8,9% enthalten, eine Form, die Cholnoky offenbar in Afrika nicht gefunden hat, deren Lebensbereich sicher auch um pH 6 liegen dürfte.

Die saproxenen Diatomeen erreichen 25,2% und die oligosaproxen 51,9%, zusammen 77,1% der Individuen. Die Euryoxybionten haben einen Anteil von nur 0,2%. Gestützt auf diese Zahlen dürfte das Gewässer sauerstoffreich und nicht eutroph sein. Dem widerspricht aber der relativ hohe Anteil der mesooxybionten Formen mit 20,1%. Den Hauptanteil dieser Gruppe macht aber *Cymbella minuta* Hilse mit 18,5% aus, die nach Cholnoky als Indikator für einen hohen O<sub>2</sub>-Gehalt gilt.

Gemäß Cholnoky benötigen 66,6% der Individuen zu ihrem optimalen Gedeihen einen hohen Sauerstoffgehalt. 12,0% der Individuen sind fakultativ oder obligat stickstoffheterotroph. Diese Gruppe setzt sich praktisch aus vier Nitzschien zusammen. In beiden Fällen deutet das Ergebnis nicht auf völlig ideale Verhältnisse hin. Auf den Matten in der Umgebung des Restaurants weidet Vieh, das zum Trinken den Bach benutzt. Vermutlich wird dadurch die Qualität des Wassers beeinflusst.

**Probe 38**

**Grindji-See.** Der See liegt am unteren Ende des Findelen-Gletschers, in der Nordflanke zur Findelenalp in einer Talmulde auf 2334 m ü.M. Seine größte Länge beträgt zirka 130 m und die größte Breite zirka 40 m. pH 6,5 und Gesamthärte dH° 3. Die Probe wurde am südlichen Ufer entnommen. Dort befanden sich Äste unter dem Wasserspiegel, die mit langen, braunen Zotten besetzt waren, die praktisch aus reinen Diatomeen, hauptsächlich koloniebildender Gattungen wie *Diatoma*, *Fragilaria* und *Meridion* bestanden. Probenentnahme am 27.7.1975.

Häufig kamen in dieser Probe folgende Formen vor:

<i>Achnanthes minutissima</i> . . . . .	6,2%
<i>Ceratoneis arcus</i> . . . . .	3,2%
<i>Cymbella affinis</i> . . . . .	3,3%
<i>C. minuta</i> . . . . .	16,5%
<i>Diatoma hiemale</i> var. <i>mesodon</i> . . . . .	9,5%
<i>Fragilaria construens</i> var. <i>binodis</i> . . . . .	9,1%
— var. <i>venter</i> . . . . .	5,9%
<i>F. pinnata</i> . . . . .	5,4%
<i>Meridion circulare</i> . . . . .	7,5%

Diese Probe enthielt insgesamt 124 Arten, Varietäten und formae. Es handelte sich um eine Assoziation, wie sie häufig in der Brandungszone von Seen angetroffen werden kann.

pH-Spektrum:	azidophil	3 Formen	0,2%
	pH-indifferent	37 Formen	32,9%
	alkaliphil	68 Formen	61,5%
	unbekannt	16 Formen	5,4%

Auch hier beträgt der Anteil der alkaliphilen Formen mit 61,5% knapp zwei Drittel, obwohl das aktuelle pH einen Wert unter dem Neutralpunkt anzeigt. Nimmt man die umstrittene *Diatoma hiemale* (Lyn.) Heiberg und ihre Varietät von den Alkalibionten weg und zählt sie zu den pH-indifferenten, so ergibt die Verschiebung um 9,7% schon ein wesentlich günstigeres Bild.

Aber auch nach dem System von Cholnoky sieht das Ergebnis nicht besser aus. Der Anteil der Formen mit einem Optimum über pH 8 beträgt hier wohl nur noch 1,6%, aber dafür haben die Formen mit einem Optimum von pH 7,1-8 sehr stark zugenommen und machen 74,3% oder rund drei Viertel der Individuen aus. Die Formen mit einem Optimum unter dem Neutralpunkt betragen 17,8%, davon leben aber nur 1,0% unter pH 6 optimal. Auch diese Bewertung läßt eher auf ein Gewässer schließen, dessen pH zwischen 7,0 und 8,0 liegt.

Wesentlich günstiger ist die Aussage über den Sauerstoffgehalt. Die saproxenen Formen sind mit 27,5% vertreten und die oligosaproxenen machen 48,7% der Individuen aus. Obwohl die mesooxybionten 18,0% der Individuen betragen, ist diese Zahl nicht unbedingt maßgebend, denn hierin ist wieder einmal *Cymbella minuta* Hilse mit 16,5% enthalten. Zieht man deren Anteil ab, so verbleiben nur noch 1,5%. Daß von einem niedrigen Sauerstoffgehalt oder einer Eutrophie kaum die Rede sein kann, zeigt auch der Anteil der euryoxybionten Formen. Es sind 4 vertreten und ihr Anteil an der Assoziation beträgt nur 0,4%.

Cholnokys Bewertung in bezug auf den Sauerstoffgehalt ist dagegen eindeutiger. 79,2% der Individuen benötigen zu ihrem optimalen Gedeihen hohe O<sub>2</sub>-Konzentrationen. Die Formen, die fakultativ stickstoffheterotroph sind, sind dagegen nur mit 5,0% der Individuen vertreten. Der See liegt ziemlich abgelegen, allerdings befinden sich östlich davon Alpen, auf denen Vieh weidet, wenn dadurch eine leichte Eutrophierung verursacht wird, so ist sie aber nur gering. Die Qualität des Seewassers scheint im großen und ganzen gut zu sein.

**Probe 39**

Kopfwollgrassumpf, 50 m westlich des Stellisees. Zottiger Bewuchs auf Pflanzen. Das Wasser war gebräunt von Ferrooxyd. pH 7,0 und Gesamthärte dH° 5, gemessen und gesammelt am 27.7.1975. Höhe zirka 2520 m ü.M.

Die häufigsten Formen waren in dieser Probe:

<i>Achnanthes minutissima</i> . . . . .	13,7%
<i>Cymbella minuta</i> . . . . .	3,9%
<i>Fragilaria ulna</i> . . . . .	44,5%
<i>Meridion circulare</i> . . . . .	3,3%
<i>Navicula cryptocephala</i> . . . . .	6,5%

Insgesamt kamen in dieser Probe 86 Formen vor. Der Sumpf ist durch einen kleinen Graben mit dem Stellisee verbunden, in den er abfließt.

pH-Spektrum:	azidophil	3 Formen	2,5%
	pH-indifferent	33 Formen	72,3%
	alkaliphil	37 Formen	20,3%
	unbekannt	13 Formen	4,9%

Hier wird in einem der seltenen Fälle dieses Gebietes eine ziemliche Annäherung des pH-Spektrums an das gemessene pH erreicht. Das pH liegt mit 6,8 ziemlich nahe beim Neutralpunkt. Die Hauptmasse machen daher auch die pH-indifferenten Formen aus, die ihre Verbreitung um den Neutralpunkt haben. Die alkaliphilen Diatomeen sind mit 20,3% noch stark vertreten, doch sie können auch noch in Bereichen, die leicht unter dem Neutralpunkt liegen, gut existieren, wenn sie sich vielleicht auch nicht mehr optimal vermehren.

Cholnokys Bewertung ergibt ein völlig anderes Ergebnis. Obwohl nur 0,2% der Individuen ihr Optimum über pH 8 haben, sind doch 87,2% Formen, deren pH-Optimum bei 7,1-8 liegt. Nur 4,1% leben bei pH 6,1-7 optimal und 6,3% unter pH 6. Demnach müßte das pH im Durchschnitt etwas über dem Neutralpunkt, bei etwa pH 7,5 liegen. Die Messung erfolgte kurz vor Mittag, sodaß angenommen werden kann, daß das pH im Laufe des Nachmittags wegen der Photosynthese noch etwas ansteigen könnte.

Die saproxenen Diatomeen sind mit 13,2 Ind.-% vertreten. Der Anteil der oligosaproxenen Formen ist mit 25,1% sehr klein. Beide Gruppen haben zusammen nur 38,3% der Individuen. Den dominierenden Anteil erreichen mit 48,6% die mesooxybionten Formen, während die euryoxybionten 7,4% der Individuen betragen. Dies zeigt, daß der Sumpf nicht sehr gute Sauerstoffverhältnisse hat. Vermutlich tritt infolge der O<sub>2</sub>-Atmung in der Nacht ein starker Sauerstoffschwund ein. Ebenso dürfte eine Eutrophierung durch den Pflanzenbewuchs nicht auszuschließen sein.

Auch nach Cholnoky ist der Anteil der Formen, die zu ihrem optimalen Gedeihen einen hohen Sauerstoffgehalt benötigen, nur klein. Sie erreichen nur 36,2% der Individuen. Der Anteil der stickstoffheterotrophen Diatomeen liegt mit 9,9% etwa gleich hoch wie die von Hustedt als euryoxybiont taxierten Formen, die ökologisch etwa als gleichwertig zu betrachten sind. Somit ist auch nach Cholnoky mit einem starken Sauerstoffschwund und einer Eutrophierung zu rechnen.

#### Probe 40

**Stellisee** Westufer, Höhe zirka 2536 m ü.M. Größte Länge etwa 200 m und die Breite rund 50 m. Am Westufer nur wenige schwimmende Algenwatten mit *Cladophora* sp. Keine submersen Phanerogamen. pH 6,8 und Gesamthärte dH° 4 am 27.7.1975. pH 6,0 im September 1974. Algenbewuchs.

Häufig waren in dieser Probe:

<i>Achnanthes minutissima</i> . . . . .	7,2%
<i>Cymbella minuta</i> . . . . .	4,7%
<i>Fragilaria capucina</i> var. <i>vaucheriae</i> . . . . .	66,9%

Das Total der Formen in dieser Probe betrug 105. Daß es sich um ein großer Gewässer handelt, zeigt sich an dem Auftreten der größeren Litoralformen aus den Gattungen *Navicula*

und *Surirella*. Das Gewässer war am Westufer sehr seicht, deshalb fehlen hier die Planktonformen. Lediglich *Stephanodiscus astrea* (Ehr.) Grunow wurde einmal gefunden.

pH-Spektrum:	azidophil	1 Form	0,0%
	pH-indifferent	37 Formen	17,4%
	alkaliphil	56 Formen	80,2%
	unbekannt	11 Formen	2,4%

In dieser Probe spielen die azidophilen Diatomeen keine Rolle. Es wurde nur 1 Form gefunden, die aber bei der Auszählung nicht registriert wurde. Den Hauptanteil bilden hier die alkaliphilen Diatomeen mit rund vier Fünftel aller Individuen. Diese Gruppe kann in Gewässern kurz unter dem Neutralpunkt auch noch gedeihen.

Ziemlich übereinstimmend sind die Ergebnisse nach dem System von Cholnoky. Auch hier haben 93,7% der Individuen ihr pH-Optimum über dem Neutralpunkt, während nur 5,5% das ihre unter pH 7 haben. In der Gruppe zwischen 7,1 und 8 wird auch *Synedra vaucheriae* Kützing unter dem Namen *Fragilaria intermedia* Grunow von Cholnoky eingestuft, die neuerdings zu *Fragilaria capucina* als Varietät gestellt wird. Allerdings ist seine Bewertung ziemlich ungenau. Nach ihm hat sie ein pH-Optimum über dem Neutralpunkt, aber kaum über pH 8.

Die saproxenen Diatomeen sind mit 4,1% nur sehr spärlich. Die Hauptmasse machen die oligosaproxenen Formen mit 88,4% aus. Auch die mesooxybionten Formen sind mit 4,9% nicht besonders häufig während die euryoxybionten wohl mit 6 Arten vertreten sind, die aber nur 0,2% der Individuen erreichen. Demnach scheint das Wasser wohl einen relativ hohen O<sub>2</sub>-Gehalt zu haben, der aber nicht nahe der Sättigungsgrenze liegen kann. Für eine Eutrophierung sind aber keine Anzeichen vorhanden.

Nach Cholnoky scheint das Wasser sogar sehr sauerstoffreich zu sein, denn 91,6% der Individuen benötigen zu ihrem optimalen Gedeihen einen sehr hohen Sauerstoffgehalt. Aber übereinstimmend mit Hustedt sind keine Anzeichen für eine Eutrophierung zu finden. Die Probe enthält wohl 11 stickstoffheterotrophe Diatomeen, doch beträgt ihr Anteil nur 0,8 Ind.-%.

#### Probe 41

**Stellisee**, Südwestufer neben Abfluß. Detritus und Wurzelfilz, pH 6,8 und Gesamthärte dH° 4 am 27.7.1975.

Häufigste Formen waren in dieser Probe:

<i>Achnanthes minutissima</i> . . . . .	12,2%
<i>Cymbella affinis</i> . . . . .	12,8%
<i>C. minuta</i> . . . . .	8,2%
<i>Fragilaria capucina</i> var. <i>vaucheriae</i> . . . . .	6,6%
<i>F. construens</i> var. <i>binodis</i> . . . . .	7,5%
<i>F. tabulata</i> . . . . .	4,6%

In dieser Probe wurden insgesamt 127 Formen gefunden. Die Zusammensetzung der Formen stimmt im großen und ganzen mit der Probe Nr. 40 überein, mit dem Unterschied, daß hier die Nitzschien einen größeren Anteil an der Individuenzahl erreichen. Auch *Fragilaria capucina* var. *vaucheriae* (Kütz.) Lange-Bertalot ist von 66,9 auf 8,2% zurückgegangen.

pH-Spektrum:	azidophil	5 Formen	0,2%
	pH-indifferent	45 Formen	34,0%
	alkaliphil	65 Formen	56,9%
	unbekannt	12 Formen	8,9%

Anders ist dagegen der Anteil der einzelnen ökologischen Gruppen. Nachdem *Fragilaria capucina* var. *vaucheriae* (Kütz.) Lange-Bertalot so stark zurückgegangen ist, hat auch der Anteil der alkaliphilen Diatomeen von 80,2 auf 56,9% abgenommen. Dafür sind die pH-Indifferenten von 17,4 auf 34,0% angestiegen. Auch die unbekannt Formen haben eine Zunahme von 2,4 auf 8,9% zu verzeichnen. Obwohl bei beiden Fundorten, die nur etwa 30 m auseinanderliegen, das pH und die Gesamthärte übereinstimmen, tendiert diese Probe zu

einem etwas niedrigeren pH. Offenbar scheinen hier andere ökologische Faktoren einen Einfluß zu haben, der sich auch in der Zunahme der Nitzschien bemerkbar macht.

Nicht ganz so ausgeprägt ist die Verschiebung der ökologischen Gruppen nach Cholnoky. Wohl haben auch hier die Diatomeen mit einem pH-Optimum von 1,7-8 von 93,3 auf 71,9% abgenommen, dafür ist aber ein leichter Anstieg der Formen mit einem Optimum über pH 8 von 0,4 auf 3,6% zu verzeichnen. Die Formen, deren Optimum zwischen pH 6,1 und 7 liegt, sind relativ stark von 3,1 auf 19,5% angestiegen und diejenigen mit Optimum unter pH 5 von 2,4 auf 3,7%.

Eine Veränderung zeigt sich auch in der Zusammensetzung der Gruppen in bezug auf den Sauerstoffbedarf und der Eutrophie nach der Bewertung von Hustedt. Die saproxenen Diatomeen haben leicht von 4,1 auf 8,6% zugenommen. Dagegen sind die oligosaproxenen um 18,5% von 88,4 auf 69,9% zurückgegangen, während die mesooxybionten von 4,9 auf 8,5% und die euryoxybionten von 0,2 auf 1,9 Ind.-% zugenommen haben. Dies zeigt, daß entweder der Sauerstoffgehalt weniger hoch war als am Fundort Nr. 40 oder daß eine leichte Eutrophierung eingetreten war.

Auch nach der Bewertung von Cholnoky kann der gleiche Schluß gezogen werden. Die Diatomeen, die optimal in sauerstoffreichen Gewässern gedeihen, haben sich sehr stark von 91,6 auf 54,9% der Individuen vermindert. Die stickstoffheterotrophen Formen sind jetzt mit 14 anstatt 11 Formen vertreten, und ihr Anteil ist von 0,8 auf 7,6% der Individuen angestiegen. Nach beiden Systemen muß man also von einer Verschlechterung der ökologischen Verhältnisse ausgehen.

#### Probe 42

**Leisee**, Südufer, Detritus, Höhe 2200 m ü.M. pH 6,5 und Gesamthärte dH° 3 am 27.7.1975.

Dieser Probe kamen folgende Diatomeen häufig vor:

<i>Achnanthes minutissima</i> . . . . .	25,3%
<i>Fragilaria capucina</i> . . . . .	3,1%
<i>F. pinnata</i> . . . . .	8,4%
<i>Navicula cryptotenella</i> . . . . .	3,6%
<i>Nitzschia gracilis</i> . . . . .	3,4%
<i>N. perminuta</i> . . . . .	5,2%
<i>N. romana</i> . . . . .	6,8%

Diese Probe enthielt insgesamt 124 Formen. Allerdings waren die Verhältnisse nicht normal. Der See hatte sehr viel Wasser und war einige Meter über seine Ufer getreten. Die Probe wurde an einer Stelle entnommen, wo das Gras sehr weit ins Wasser hineinreichte.

pH-Spektrum:	azidophil	3 Formen	0,0%
	pH-indifferent	47 Formen	43,9%
	alkaliphil	60 Formen	44,2%
	unbekannt	14 Formen	11,9%

Knapp die Hälfte aller Individuen sind pH-indifferent. Sie halten sich mit den alkaliphilen die Waage. Obwohl das gemessene pH mit 6,5 unter dem Neutralpunkt liegt, sind die azidophilen mit nur 3 Formen und 0,0% untervertreten. Inwieweit das pH durch die Überschwemmung und dadurch dem Kontakt der Alpweide beeinflußt wurde, konnte leider nicht geprüft werden.

Nach Cholnoky haben 2,85% der Individuen ihr Optimum über pH 8 und 71,4% zwischen pH 7,1 und 8. Somit leben auch hier rund drei Viertel aller Diatomeen über dem Neutralpunkt optimal. Allerdings sind 21,6% der Individuen Formen, die ihr Optimum unter dem Neutralpunkt haben, wovon immerhin noch 9,0% sogar bis pH 6 und darunter. Dieses Ergebnis kommt dem gemessenen Wert von pH 6,5 doch etwas näher, als dasjenige nach Hustedt.

Die saproxenen Diatomeen sind mit 4,9% und die oligosaproxenen mit 66,5% der Individuen vertreten. Die mesooxybionten Formen erreichen 4,7 und die euryoxybionten 8,2% der Individuen. Der See liegt unmittelbar unter der Sesselliftstation Sunnegga und wird von vielen Touristen besucht, die am See auch gerne picknicken. Vermutlich laufen auch die

Abwässer des Restaurants der Sesselliftstation in diesen See, sodaß doch mit einer Eutrophierung zu rechnen ist.

In die gleiche Richtung weisen die Ergebnisse nach Cholnoky. Die Formen, die zu optimalen Gedeihen einen hohen Sauerstoffgehalt benötigen, betragen 50,7% der Individuen. Ihr Anteil ist nicht besonders hoch, sodaß daraus auf einen nicht sehr hohen Sauerstoffgehalt geschlossen werden kann. Auch der Anteil der stickstoffheterotrophen Diatomeen ist relativ hoch, sie erreichen immerhin 22,7%. Sowohl nach Hustedt wie auch Cholnoky scheint der Sauerstoffgehalt unter der Sättigungsgrenze zu liegen und auch eine Eutrophie eingetreten zu sein.

