

**Zeitschrift:** Cryptogamica Helvetica  
**Herausgeber:** Schweizerische Vereinigung für Bryologie und Lichenologie Bryologisch  
**Band:** 17 (1990)  
  
**Artikel:** Diatomeen aus der Umgebung von Zermatt  
**Autor:** Hintz, G.  
**Kapitel:** Diskussion  
**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:** 05.02.2026

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

## 5. DISKUSSION

### 5.1. ALLGEMEINES

Nachdem die Arbeit vor Erscheinen des 1. Bandes von Pascher's «Süßwasserflora von Mitteleuropa» geschrieben wurde, beruhen mit Ausnahme von Tabelle 1 alle anderen Tabellen auf der Systematik von Hustedt; so bietet sich auch ein besserer Vergleich mit den Angaben von Frau Dr. Wuthrich aus dem Schweizer Nationalpark. Wie aus Tabelle 1 hervorgeht,

TABELLE 1

	Arten	Varietäten	Total
<i>Achnanthes</i> . . . . .	26	8	34
<i>Amphipleura</i> . . . . .	2	—	2
<i>Amphora</i> . . . . .	9	—	9
<i>Anomoeoneis</i> . . . . .	3	1	4
<i>Asterionella</i> . . . . .	1	—	1
<i>Aulacosira</i> . . . . .	2	2	4
<i>Caloneis</i> . . . . .	17	—	17
<i>Ceratoneis</i> . . . . .	1	—	1
<i>Cocconeis</i> . . . . .	5	3	8
<i>Cyclotella</i> . . . . .	8	—	8
<i>Cymbella</i> . . . . .	46	2	48
<i>Denticula</i> . . . . .	2	1	3
<i>Diatoma</i> . . . . .	3	3	6
<i>Diatomella</i> . . . . .	1	—	1
<i>Diploneis</i> . . . . .	6	—	6
<i>Epithemia</i> . . . . .	4	4	8
<i>Eunotia</i> . . . . .	14	7	21
<i>Fragilaria</i> . . . . .	18	7	25
<i>Frustulia</i> . . . . .	2	1	3
<i>Gomphonema</i> . . . . .	14	2	16
<i>Hantzschia</i> . . . . .	1	—	1
<i>Mastogloia</i> . . . . .	1	—	1
<i>Melosira</i> . . . . .	1	—	1
<i>Meridion</i> . . . . .	1	—	1
<i>Navicula</i> . . . . .	94	18	112
<i>Neidium</i> . . . . .	15	2	17
<i>Nitzschia</i> . . . . .	25	1 Forma	26
<i>Opephora</i> . . . . .	1	—	1
<i>Pinnularia</i> . . . . .	23	4	27
<i>Rhopalodia</i> . . . . .	2	1	3
<i>Simonsania</i> . . . . .	1	—	1
<i>Stauroneis</i> . . . . .	15	1	16
<i>Stephanodiscus</i> . . . . .	2	2	4
<i>Surirella</i> . . . . .	6	—	6
<i>Tabellaria</i> . . . . .	1	—	1
<i>Tetracyclus</i> . . . . .	1	—	1
Gattungen 36	374	70	444

wurden im Gebiet von Zermatt 444 Formen aus 36 Gattungen gefunden. Diese Zahlen beruhen auf den neuen systematischen Untersuchungen von Krammer & Lange-Bertalot, deren Ergebnisse im ersten Band des «Süßwasserflora von Mitteleuropa» 1986 veröffentlicht wurden. Nach der Hustedtschen Systematik betrug die Zahl der Formen 545 aus 35 Gattungen. Dieser Rückgang der Formenzahl ist vor allem auf den Wegfall der *formae* sowie der Reduzierung der Varietäten zurückzuführen. Die beiden Autoren sind der Meinung, daß es sich bei den Varietäten oder gar *formae* lediglich um Variationen des natürlichen Formenwechsels innerhalb einer Population handelt, die durch ökologische Differenzen des Milieus verursacht werden oder Teratologien im weitesten Sinne darstellen.

Die Formenzahl ist sehr hoch. Messikommer war in den letzten vier Jahrzehnten der aktivste Algologe der Schweiz. Er hat rund 40 Arbeiten herausgegeben und dabei vor allem die Ostschweiz und die Innerschweiz bis zum Berner Oberland untersucht. Hinzu kommen eine Arbeit über Tessiner Algen und eine über die Westschweiz. Obwohl er teilweise wesentlich mehr Proben untersucht hat, erreichte er nie diese hohe Formenzahl wie im Gebiet von Zermatt. So fand er unter anderem im Kanton Glarus 371 Formen in 61 Proben, in den Seen um Davos 429 Formen in 53 Proben — dies ist die höchste von Messikommer festgestellte Zahl —, im Gotthardgebiet 305 Formen in 51 Proben, im Berner Oberland deren 394 in 77 Proben und im Oberengadin 384 Formen in 68 Proben. Frau Dr. Marguerite Wuthrich fand in rund 10jähriger Arbeit im Schweizer Nationalpark 467 Formen aus 36 Gattungen.

Das pH liegt im Gebiet von Zermatt immer unter dem Neutralpunkt und erreicht nur im Zmuttal diese Schwelle. Viele der als alkaliphil bezeichneten Diatomeen können auch noch — wie meine Untersuchungen im Oberaargebiet ergaben — in leicht sauren Gewässern existieren und teilweise große Individuenzahlen erreichen. Sodaß die Diatomeenassoziation ein größeres pH-Spektrum erreichen kann, als ein eindeutig azidophiles oder alkaliphiles Gewässer. Hinzu kommt, daß die Masse der Diatomeen alkaliphil oder pH-indifferent zu sein scheint, während nur ein kleiner Teil azidophil ist. Ob diese Erklärung für die große Formenzahl zutrifft, ist ungewiß. Es können auch andere Gründe maßgebend sein, wie zum Beispiel der Chemismus, die Temperatur, die Höhenlage oder die Anzahl der Seen und fließenden Gewässer. Es ist auch eine andere Erklärung möglich. In den letzten Jahren wurden viele neue Formen beschrieben, bei denen es sich meistens um sehr kleine handelt, wie zum Beispiel aus den Gattungen *Achnanthes* und *Navicula*, wobei letztere überhaupt die formenreichste aller Gattungen ist. Sobald eine neue Form beschrieben und publiziert wurde, wird sie auch von anderen Forschern gefunden. Dies läßt darauf schließen, daß diese Arten weiter verbreitet sind, aber offenbar übersehen, oder weil sie nicht bestimmt werden konnten, einfach unterschlagen oder mit anderen, ähnlichen Formen verwechselt wurden.

Eine weitere Möglichkeit kann auch die Untersuchungsmethode sein. Viele der älteren Autoren veröffentlichten Diatomeenlisten, die manchmal sehr kurz sind. Untersucht man Materialien aus den gleichen Gewässern, so findet man in der Regel bedeutend höhere Formenzahlen. Daß die Zahl der Formen in den letzten Jahrzehnten sich so stark vermehrt hat, dürfte kaum der einzige Grund sein. Natürlich kann diese Annahme nicht ausgeschlossen werden. Bekannt ist, daß durch eine steigende Eutrophierung die Individuen- sowie auch die Formenzahl zunimmt. Da in unseren Gewässern in der letzten Jahrzehnten durch anthropogene Einflüsse die Eutrophierung sehr stark angestiegen ist, ist dies sicher mit einer der Gründe.

Ein weiterer Grund liegt wahrscheinlich in der mikroskopischen Untersuchung. Brun (1880) schrieb in seinem Werk «Diatomées des Alpes et du Jura», daß zur mikroskopischen Untersuchung eine Vergrößerung von 400- bis 600fach (selten 1000fach) nötig sei. Eine Vergrößerung von 400- bis 600fach ist für die Bestimmung der meisten Diatomeen vollkommen ungenügend, weil dadurch die sehr zarten Strukturen der kleinen Arten schlecht oder garnicht aufgelöst werden können. Sehr oft ist aber der Verlauf und die Zahl der Transapikalstreifen für die Bestimmung der Art maßgebend. Deshalb hat die Untersuchung mit einem Vergrößerungsmaßstab von etwa 1000fach und der Ölimmersion zu erfolgen. Selbst dann finden sich immer wieder Formen, die trotzdem nicht identifiziert werden können, weil sich die Strukturen nicht auflösen lassen. Viele Diatomeen kommen nur in ganz wenigen Exemplaren vor. Manchmal sind es nur 1, 2 oder 3 Stück pro Präparat. Sind es kleine

Formen, so gehen sie einfach verloren, weil sie ohne Ölimmersion nicht gesehen werden. Andererseits ist die Untersuchung eines ganzen Präparates mit der Ölimmersion sehr zeitraubend und dauert viele Stunden, weshalb wohl häufig darauf verzichtet wird.

Von den insgesamt 444 Formen kommen 93 nur in einer Probe vor, 47 nur in 2 Proben und 38 nur in 3 Proben. Zusammen machen diese 178 Formen bereits 39,9% aller vorkommenden Formen aus. Die meisten davon kommen nur in wenigen Exemplaren vor. Dies zeigt, wie leicht sie bei der Untersuchung übersehen werden können. Nur 56 oder 12,5% aller Formen wurden in 20 oder mehr Proben gefunden (siehe Tabelle 2). Nur eine Form, nämlich *Achnanthes minutissima* Kützing kommt in allen 42 Proben vor und *Cymbella minuta* Hilse in deren 40. Auch *Navicula cryptocephala* Kützing ist noch in 40 Proben festgestellt worden. Bei diesen drei Formen handelt es sich um Ubiquisten, die praktisch in keinem Gewässer fehlen. Sie erreichen in der Regel auch hohe bis dominierende Individuenzahlen. So erreicht *Achnanthes minutissima* Kützing im Gebiet bis zu 72,8% der Individuen und *Cymbella minuta* Kützing bis 66,9%. Wesentlich niedrigere Individuenzahlen erreicht dagegen *Navicula cryptocephala* Kützing, die im Gebiet nicht sehr große Anteile an der population aufweist. Ihren höchsten Anteil mit 6,5 Ind.-% erreicht sie in der Probe 39, dem Kopfwollgrassumpf westlich des Stellisees, der durch die großen Massen von Fadenalgen stärker eutrophiert ist.

**TABELLE 2**  
Die häufigsten Diatomeen

<i>Achnanthes bioretii</i> . . . . .	26	<i>Diploneis ovalis</i> . . . . .	22
<i>A. lapponica</i> . . . . .	36	<i>Fragilaria construens</i> var. <i>venter</i> . . . . .	21
<i>A. marginulata</i> . . . . .	24	<i>F. pinnata</i> . . . . .	29
<i>A. minutissima</i> . . . . .	42	<i>F. capucina</i> var. <i>vaucheriae</i> . . . . .	30
– var. <i>jackii</i> . . . . .	20	<i>F. ulna</i> . . . . .	25
<i>A. pusilla</i> var. <i>petersenii</i> . . . . .	21	<i>Gomphonema augustatum</i> . . . . .	37
– var. <i>procera</i> . . . . .	20	<i>G. angustum</i> . . . . .	29
<i>Amphora libyca</i> . . . . .	23	<i>G. gracile</i> . . . . .	25
<i>A. pediculus</i> . . . . .	22	<i>G. parvulum</i> . . . . .	31
<i>Caloneis alpestris</i> . . . . .	24	<i>Hantzschia amphioxys</i> . . . . .	36
<i>C. bacillum</i> . . . . .	35	<i>Meridion circulare</i> . . . . .	34
<i>C. silicula</i> . . . . .	26	<i>Navicula bryophila</i> . . . . .	26
<i>C. tenuis</i> . . . . .	27	<i>N. cryptocephala</i> . . . . .	40
<i>Ceratoneis arcus</i> . . . . .	30	<i>N. gallica</i> var. <i>perpusilla</i> . . . . .	24
<i>Cocconeis placentula</i> . . . . .	20	<i>N. minima</i> . . . . .	25
<i>Cymbella affinis</i> . . . . .	28	<i>N. minuscula</i> . . . . .	26
<i>C. cesatii</i> . . . . .	34	<i>N. mutica</i> . . . . .	29
<i>C. cymbiformis</i> var. <i>non-punctata</i> . . . . .	23	<i>N. pupula</i> . . . . .	23
<i>C. falaisensis</i> . . . . .	34	<i>N. radiosa</i> . . . . .	28
<i>C. laevis</i> . . . . .	22	<i>Nitzschia acidoclinata</i> . . . . .	38
<i>C. mesiana</i> . . . . .	23	<i>N. hantzschiana</i> . . . . .	29
<i>C. microcephala</i> . . . . .	30	<i>N. perminuta</i> . . . . .	26
<i>C. minuta</i> . . . . .	40	<i>Pinnularia borealis</i> . . . . .	33
<i>C. silesiaca</i> . . . . .	34	<i>P. microstauron</i> . . . . .	21
<i>C. subaequalis</i> . . . . .	32	<i>P. rupestris</i> . . . . .	20
<i>Denticula tenuis</i> . . . . .	32	<i>P. subcapitata</i> . . . . .	21
– var. <i>crassula</i> . . . . .	22	<i>P. viridis</i> . . . . .	24
<i>Diatoma hiemale</i> . . . . .	24	<i>Stauroneis anceps</i> . . . . .	21
– var. <i>mesodon</i> . . . . .	31		

Auch eine *Nitzschia*, nämlich *Nitzschia acidoclinata* Lange-Bertalot, ist noch in 38 der 42 Proben vorhanden. Ihren größten Anteil an der Assoziation erreicht sie in Probe 27, dem großen See an der Oberen Kelle in 2913 m Meershöhe mit 8,9%. Diese Art hat ihre Hauptverbreitung in alpinen Gewässern, was mit dem vorliegenden Ergebnis gut übereinstimmt. Von den in Tabelle 2 aufgeführten 56 am häufigsten vorkommenden Formen können nur 18 als alpin bezeichnet werden. Alle anderen sind auch in anderen Gewässern verbreitet.

## 5.2. pH-SYSTEM

In der 2. Auflage der «Diatomeen», die 1956 im Kosmos-Verlag in Stuttgart erscheinen ist, stellte F. Hustedt die Beziehung der Diatomeen zur Wasserstoffionenkonzentration dar. Diese Ergebnisse beruhen auf seine Untersuchungen der Diatomeen von den Sundainseln. Er teilte sie wie folgt ein:

1. Alkalibionte Formen: Lebensbezirk im pH-Bereich über 7,
2. Alkaliphile Formen: Vorkommen um pH 7, mit vorwiegender Verbreitung bei pH > 7,
3. Indifferente Formen: gleichmässige Verbreitung um pH 7,
4. Azidophile Formen: Vorkommen um pH 7 mit vorwiegender Verbreitung bei pH < 7,
5. Azidobionte Formen: Lebensbezirk im pH-Bereich unter 7, optimales Vorkommen bei pH 5,5 unter tiefer.

Diese Einteilung scheint nicht besonders glücklich gewählt zu sein. Bei der statistischen Auswertung der Diatomeenassoziationen eines Fundortes stimmt das Ergebnis höchst selten mit dem gemessenen pH überein. Folglich ist es nach dem heutigen Stand nicht möglich, aufgrund dieser Einteilung das pH eines Gewässers annähernd exakt zu ermitteln. Nur sehr wenige Formen wurde als alkalibiont und noch weniger als azidobiont eingestuft. Viele der alkaliphilen Arten kommen noch massenhaft in den Gewässern um Zermatt vor, obwohl das pH immer unter dem Neutralpunkt zu liegen scheint. Es schwankt zwischen 5,5 im Gebit der Riffelseen und der Oberen Kelle und 7,0 im Zmuttal. Andererseits können auch azidophile Arten, wie zum Beispiel *Cymbella cesatii* (Rabh.) Grunow in alkalischen Gewässern noch mit großen Individuenzahlen angetroffen werden. Um Zermatt werden in den Gewässern mit den tiefsten pH-Werten auch noch als alkalibiont eingestufte Diatomeen gefunden, wie zum Beispiel im Oberen Riffelsee mit pH 5,5-5,6, wo ihr Anteil 21,0% der Individuen beträgt. Den Hauptanteil einer Population machen in der Regel die pH-indifferenten und die alkaliphilen Diatomeen aus, die sowohl über als auch unter dem Neutralpunkt zu existieren vermögen. Infolgedessen ist eine Beurteilung praktisch nicht möglich. Zur Illustration dieses Dilemmas sei hier die Einteilung der insgesamt gefundenen Formen angeführt:

Azidobiont	2 Formen =	0,36%
Azidophil	51 Formen =	9,35%
pH-indifferent	186 Formen =	34,13%
Alkaliphil	192 Formen =	35,23%
Alkalibiont	38 Formen =	6,98%
Unbekannt	76 Formen =	13,95%
<b>Total</b>	<b>545 Formen =</b>	<b>100,00%</b>

Diese Tabelle zeigt die Durchschnittswerte (nach der Systematik von Hustedt), wie sie auch in den einzelnen Proben mit gewissen Schwankungen vorhanden sind. Sie zeigt, daß zwei Drittel und mehr zu den pH-indifferenten und alkaliphilen Diatomeen gehören. Die azidobionten sind nur mit 2 Formen und 0,36% und die azidophilen mit 51 und 9,35% so schwach vertreten, daß aus dieser Tabelle kaum geschlossen werden kann, daß es sich um Proben aus gewässern mit einem pH von 5,5 bis 6,0, in wenigen Fällen bis 7,0 handeln könnte. Wie soll der große Anteil der beiden mittleren Gruppen beurteilt werden, wenn sie in Gewässern über und unter dem Neutralpunkt leben können? Gestützt auf diese Verteilung müßten diese Gewässer als leicht alkaliphil mit kleinen Schwankungen unter dem Neutralpunkt beurteilt werden. Dies kann aber im Gebiet von Zermatt nicht, oder höchstens in den Gewässern des Zmuttales möglich sein, keinesfalls aber im Gebiet der Riffelseen sowie der Seen an der Oberen Kelle, wo das gemessene pH 5,5-5,7 betrug. Es ist ausgeschlossen, daß die Seen in diesem Teile unseres Gebietes Schwankungen dieses Ausmaßes mitmachen. Im

TABELLE 3

	Zermatt		Nationalpark (nach Wüthrich, 1955)	
<i>Achnanthes</i> . . . . .	38	Formen = 6,97%	27	Formen = 5,78%
<i>Amphipleura</i> . . . . .	2	Formen = 0,37%	1	Form = 0,21%
<i>Amphora</i> . . . . .	8	Formen = 1,47%	4	Formen = 0,86%
<i>Anomooneis</i> . . . . .	6	Formen = 1,10%	7	Formen = 1,49%
<i>Asterionella</i> . . . . .	1	Form = 0,18%	fehlt	
<i>Caloneis</i> . . . . .	16	Formen = 2,93%	15	Formen = 3,21%
<i>Ceratoneis</i> . . . . .	3	Formen = 0,55%	2	Formen = 0,43%
<i>Cocconeis</i> . . . . .	7	Formen = 1,28%	8	Formen = 1,71%
<i>Cyclotella</i> . . . . .	8	Formen = 1,47%	7	Formen = 1,49%
<i>Cymatopleura</i> . . . . .	fehlt		1	Form = 0,21%
<i>Cymbella</i> . . . . .	52	Formen = 9,54%	43	Formen = 9,20%
<i>Denticula</i> . . . . .	5	Formen = 0,92%	3	Formen = 0,64%
<i>Diatoma</i> . . . . .	6	Formen = 1,10%	5	Formen = 1,07%
<i>Diatomella</i> . . . . .	1	Form = 0,18%	1	Form = 0,21%
<i>Diploneis</i> . . . . .	6	Formen = 1,10%	7	Formen = 1,49%
<i>Epithemia</i> . . . . .	8	Formen = 1,47%	7	Formen = 1,49%
<i>Eunotia</i> . . . . .	21	Formen = 3,85%	23	Formen = 4,92%
<i>Fragilaria</i> . . . . .	25	Formen = 4,59%	16	Formen = 3,43%
<i>Frustulia</i> . . . . .	3	Formen = 0,55%	3	Formen = 0,64%
<i>Gomphocymbella</i> . . . . .	fehlt		1	Form = 0,21%
<i>Gomphonema</i> . . . . .	34	Formen = 6,24%	21	Formen = 4,50%
<i>Gyrosigma</i> . . . . .	fehlt		1	Form = 0,21%
<i>Hantzschia</i> . . . . .	4	Formen = 0,73%	3	Formen = 0,64%
<i>Mastogloia</i> . . . . .	1	Form = 0,18%	2	Formen = 0,43%
<i>Melosira</i> . . . . .	5	Formen = 0,92%	9	Formen = 1,92%
<i>Meridion</i> . . . . .	2	Formen = 0,37%	2	Formen = 0,43%
<i>Navicula</i> . . . . .	125	Formen = 22,95%	116	Formen = 24,84%
<i>Neidium</i> . . . . .	22	Formen = 4,04%	17	Formen = 3,65%
<i>Nitzschia</i> . . . . .	34	Formen = 6,24%	19	Formen = 4,08%
<i>Opephora</i> . . . . .	1	Form = 0,18%	fehlt	
<i>Pinnularia</i> . . . . .	48	Formen = 8,80%	50	Formen = 10,71%
<i>Rhopalodia</i> . . . . .	3	Formen = 0,55%	3	Formen = 0,64%
<i>Stauroneis</i> . . . . .	21	Formen = 3,85%	15	Formen = 3,22%
<i>Stephanodiscus</i> . . . . .	4	Formen = 0,73%	4	Formen = 0,86%
<i>Surirella</i> . . . . .	7	Formen = 1,28%	9	Formen = 1,92%
<i>Synedra</i> . . . . .	16	Formen = 2,93%	13	Formen = 2,79%
<i>Tabellaria</i> . . . . .	1	Form = 0,18%	1	Form = 0,21%
<i>Tetracyclus</i> . . . . .	1	Form = 0,18%	1	Form = 0,21%
Total	<b>545</b>	Formen = <b>99,97%</b>	<b>467</b>	Formen = <b>99,95%</b>

übrigen können aus der Zahl der Formen der einzelnen Gattungen keine Rückschlüsse auf die Ökologie eines Gewässers gezogen werden, obwohl dies von vielen Algologen praktiziert wurde oder wird. Es gibt kaum eine Gattung, die nicht Arten verschiedener ökologischer Valenz enthält. Selbst unter den Eunotien, die als Gattung zu den azidophilen Diatomeen



gehören, befinden sich Formen, die auch häufig in alkalischen Gewässern angetroffen werden. Hierher gehören zum Beispiel *E. arcus*, *pectinalis*, *lunaris*, *parallela* und *valida*. Zum Vergleich sind in Tabelle 3 die Floren aus Zermatt und aus der Arbeit von Frau Dr. Wuthrich aus dem Schweizer Nationalpark aufgeführt, um den Vergleich zu ermöglichen wurde bei den Zermatter Formen wiederum die Hustedtsche Systematik verwendet.

Ein Vergleich beider Florenlisten zeigt deutlich, daß praktisch kein oder nur ein unwesentlicher Unterschied besteht, obwohl das pH im Gebiet von Zermatt nicht über den Neutralpunkt hinausgeht, während es im Schweizer Nationalpark praktisch immer über dem Neutralpunkt liegt. In Zermatt wurden die Gattungen *Cymatopleura*, *Gomphocymbella* und *Gyrosigma* nicht gefunden. Bei der ersten und dritten Gattung handelt es sich um Grunddiatomeen und bei der zweiten um eine nordisch-alpine Form, die selten vorkommt. Ihr Fehlen sagt aber ökologisch nichts aus. Bei der Untersuchung weiterer Proben wären sie eventuell auch noch gefunden worden. Andererseits fehlten im Nationalpark die Planktondiatomee *Asterionella formosa* Hassall sowie die Litoralform *Opephora martyi* Héribaud, die überhaupt nur selten und dann auch nur in einzelnen Exemplaren in der Schweiz anzutreffen ist. Auch dem Fehlen von *Asterionella* ist kein besonderer Wert beizumessen. Immerhin sind die Planktondiatomeen mit 9 Melosiren, 7 Cytotellen und 4 Stephanodiscen im Schweizer Nationalpark vertreten. *Asterionella formosa* Hassall wird als azidophil eingestuft. Sie kommt in subalpinen und alpinen Seen mit einem pH um oder über dem Neutralpunkt noch häufig vor. Deshalb könnte sie auch im Nationalpark durchaus noch existieren.

Wie sich aus der Gegenüberstellung der beiden Gattungslisten zeigt, ist der Unterschied nicht groß. Der prozentuale Anteil an der Gesamtformenzahl ist bei den meisten Gattungen praktisch gleich hoch. Im Gegenteil, ausgerechnet bei den beiden Gattungen *Eunotia* und *Pinnularia*, die ihre Hauptverbreitung in sauren Gewässern haben, ist der Prozentanteil in Zermatt sogar kleiner als im Nationalpark. Dies zeigt deutlich, daß die Zahl der Arten aus den einzelnen Gattungen für eine Beurteilung der Ökologie: eines Gewässers nicht ausreicht. Zum Vergleich sind auf Tabelle 4 die Fundorte mit der Verteilung der einzelnen pH-Gruppen, gestützt auf die Systematik nach Hustedt, in Individuenprozent zusammengefaßt. Es muß daher von der Autökologie der einzelnen Arten ausgegangen werden, um einigermaßen brauchbare Resultate zu erzielen. Leider ist die Autökologie der meisten Diatomeen noch zu wenig untersucht worden oder überhaupt unbekannt, sodaß die Ergebnisse in vielen Fällen mit dem aktuellen pH nicht übereinstimmen. Deshalb wäre es wünschenswert, wenn diese Untersuchungen vermehrt vorgenommen würden. Allerdings dürfte dies bei vielen Formen schwierig sein, weil sie nur vereinzelt vorkommen und wegen ihrer Kleinheit kaum isoliert werden können. Auch ihre Bestimmung ist ohne vorherige Präparation, das heißt die Entfernung ihres plasmatischen Inhalts meistens nicht möglich. Ihre Vermehrung müßte daher ähnlich wie bei den Bakterien und den niederen Pilzen auf Agarplatten vorgenommen werden.

Eine ähnliche Beurteilung der Diatomeen in bezug auf das pH machten auch Erik G. Jørgensen, Karl Mölder, Jouko Meriläinen und Niels Foged, wenn sie auch hier und da bei der Taxierung einzelner Arten voneinander abgewichen sind. Foged ist eine Zeitlang von dieser Einstufung abgegangen und gab nur noch an, wie oft eine Form in den Gewässern der einzelnen pH-Gruppen gefunden wurde. In seinen neuesten Arbeiten aber wendet er wieder die alte Methode an.

Über den Mechanismus der pH-Wirkung auf die Algen ist noch manches unbekannt. Doch kann aufgrund unserer heutigen Kenntnisse angenommen werden, daß das pH des umgebenden Mediums den Stoffwechsel der Algen beeinflusst. TAYLOR (1950) hat bei *Scenedesmus* Unterschiede in der Aufnahme und Assimilation von Traubenzucker festgestellt. OUELLET & BENSON (1952) kamen aufgrund von Experimenten mit *Scenedesmus* zu dem Schluß, daß die Menge des aufgenommenen Kohlenstoffs und die Verteilung der assimilierten  $C^{14}$ -Atome vom pH der Umgebung abhängig sei. Nach Untersuchungen anderer Forscher soll das pH des Milieus beeinflusst werden. Dies zeigt doch, daß dem pH ein großer Wert beizumessen ist. Auch die anderen ökologischen Faktoren dürften eine große Rolle spielen. Leider ist es für die Biologen schwer, selber exakte Messungen vorzunehmen, weshalb eine engere Zusammenarbeit mit den Hydrologen wirklich wünschenswert wäre.

TABELLE 4 – pH System.

		<i>pH</i>	<i>dH</i> <sup>o</sup>	<i>azb</i> %	<i>azp</i> %	<i>ind</i> %	<i>alp</i> %	<i>alb</i> %	<i>unb</i> %
Probe 1	Brunnen . . . . .	6,5	4	0,0	0,6	95,3	3,0	0,9	0,2
Probe 2	Bach . . . . .	6,5	4	0,0	0,7	51,1	46,8	1,2	0,2
Probe 3	Bach . . . . .	6,2	3	0,0	0,1	66,4	32,5	0,1	0,9
Probe 4	Bach . . . . .	6,2	3	0,0	0,0	9,0	89,7	1,3	0,0
Probe 5	Brunnen . . . . .	6,8	4	0,0	0,4	83,2	14,1	0,8	1,5
Probe 6	Rinnsal . . . . .	6,5	6	0,0	3,2	48,2	40,9	0,9	6,8
Probe 7	Bach . . . . .	7,0	4	0,0	3,9	50,0	41,6	0,0	4,5
Probe 8	Moos . . . . .	–	–	0,0	50,8	28,8	17,1	2,5	0,8
Probe 9	Bach . . . . .	6,2	–	0,0	0,0	4,8	42,2	52,8	0,2
Probe 10	Bach Pfütze . . . . .	6,5	5	0,0	1,6	51,8	31,3	13,1	2,2
Probe 11	Bach . . . . .	7,0	4	0,0	0,0	13,3	71,7	12,4	2,6
Probe 12	Rinnsal . . . . .	7,0	7	0,0	4,8	29,2	55,1	0,4	10,5
Probe 13	Moos . . . . .	7,0	6	0,0	0,0	0,4	15,0	84,6	0,0
Probe 14	Bach . . . . .	6,2	2	0,0	5,7	55,4	28,7	4,3	5,9
Probe 15	Bach . . . . .	6,5	3	0,0	20,0	54,7	16,8	6,6	1,9
Probe 16	See . . . . .	6,0	2	0,0	5,0	70,1	10,8	2,6	5,5
Probe 17	See . . . . .	6,0	2	0,0	4,9	70,9	18,8	1,0	4,6
Probe 18	Tümpel . . . . .	6,0	1	0,4	13,2	37,4	20,0	0,0	29,0
Probe 19	Bach . . . . .	6,5	2	0,0	0,0	72,7	0,0	5,9	21,4
Probe 20	Bach . . . . .	6,5	2	0,0	2,9	49,2	27,1	16,6	4,2
Probe 21	Bach . . . . .	6,5	2	0,0	2,0	60,5	25,4	9,3	2,8
Probe 22	See . . . . .	5,7	1	0,0	5,8	32,3	48,1	3,0	12,2
Probe 23	Bach . . . . .	5,7	1	0,0	5,3	22,1	59,0	0,0	13,6
Probe 24	See . . . . .	5,6	1	0,0	13,8	18,4	43,5	21,0	3,3
Probe 25	See . . . . .	5,5	1	0,2	10,3	19,7	64,5	1,8	3,5
Probe 26	Pfütze . . . . .	5,9	1	0,7	3,3	47,3	19,9	0,2	28,6
Probe 27	See . . . . .	5,6	1	0,0	0,8	72,5	18,3	0,2	8,1
Probe 28	See . . . . .	5,7	1	0,0	1,4	66,5	28,4	0,3	3,4
Probe 29	Abfluss . . . . .	5,6	1	0,1	1,4	70,9	11,1	0,0	16,5
Probe 30	Bach . . . . .	6,5	1	0,0	0,0	58,4	25,4	14,5	1,7
Probe 31	Bach . . . . .	6,5	3	0,0	0,4	12,7	84,2	2,7	0,0
Probe 32	Bach . . . . .	6,2	2	0,0	8,6	25,8	39,8	23,9	1,9
Probe 33	Bach . . . . .	6,2	2	0,0	6,9	35,9	35,6	16,5	5,1
Probe 34	See . . . . .	5,8	2	0,0	0,2	74,8	14,6	0,0	10,4
Probe 35	See . . . . .	5,8	2	0,0	0,4	60,5	26,8	0,0	12,3
Probe 36	Tümpel . . . . .	6,5	5	0,0	16,6	75,9	6,3	0,0	1,2
Probe 37	Bach . . . . .	6,2	2	0,0	10,2	35,1	39,6	12,5	2,6
Probe 38	See . . . . .	6,5	3	0,0	0,4	31,1	50,6	15,6	2,3
Probe 39	Sumpf . . . . .	7,0	5	0,0	5,2	70,5	22,4	0,2	1,7
Probe 40	See . . . . .	6,8	4	0,0	0,0	14,7	80,1	2,5	2,7
Probe 41	See . . . . .	6,8	4	0,0	0,2	30,0	52,7	5,9	11,2
Probe 42	See . . . . .	6,5	3	0,0	0,0	45,4	40,8	5,9	7,9

*azb* = azidobiont, *azp* = azidophil, *ind* = pH -indifferent, *alp* = alkaliphil, *alb* = alkalibiont, *unb* = unbekannt



CHOLNOKY (1968) lehnte die von Hustedt vorgenommene Klassifizierung der Diatomeen ab und fand die Bezeichnungen azidobiont, azidophil, indifferent, alkaliphil und alkalibiont als irreführend und überflüssig. Nach seiner Erfahrung sind die Diatomeen an gewisse Schwankungen des pH sowie der anderen ökologischen Bedingungen angepaßt. Sie haben aber eine bestimmte Spanne des pH, bei der sie optimal gedeihen. Nimmt das pH immer mehr zu oder ab, so werden sie in ihrer Vermehrungs- und Konkurrenzfähigkeit gehemmt und nehmen daher ab. Sie werden dann durch besser an die pH-Verhältnisse angepaßte Formen ersetzt. Deshalb versuchte er durch viele Analysen von Diatomeenassoziationen in Verbindung mit periodischen pH-Messungen das Optimum der einzelnen Arten zu ermitteln. Teilweise kommt er zu ganz anderen Resultaten als Hustedt. Doch wie die Besprechung der Assoziationen der einzelnen Fundorte zeigte, stimmten auch die Ergebnisse nach der Cholnokyschen Bewertung meistens nicht mit dem aktuellen pH überein. Leider war es mir nicht möglich, mehr Messungen zu machen; vielleicht hätten dadurch Schwankungen festgestellt werden können. Meines Erachtens sind beide Methoden, sowohl die von Cholnoky als auch diejenige Hustedts anwendbar. Voraussetzung ist aber, daß die Autökologie der einzelnen Arten besser bekannt ist. Viele Diatomeen wären aber wegen ihres vereinzelt Vorkommens vermutlich nicht einzustufen. Dies dürfte aber bei der Auswertung kaum eine Rolle spielen, da angenommen werden muß, daß die ökologisch besser angepaßten Formen größere Anteile an der Population errichten. Die Auswertung und Interpretation erfolgt nach den häufiger vorkommenden Formen und nicht den seltenen, die nur vereinzelt in einem Präparat angetroffen werden und daher nur niedrige Prozentsätze erreichen oder bei der statistischen Auswertung garnicht in Erscheinung treten. Diese Untersuchungsmethode steht also völlig im Gegensatz zur Pollenanalyse, bei der jedes einzelne Pollenkorn wichtig ist.

### 5.3. SAUERSTOFF

Die Beziehung der Diatomeen zum Sauerstoffgehalt des Wassers wurde besonders von F. Hustedt und B. J. Cholnoky untersucht. Beide Forscher gingen aber auch hier völlig andere Wege. In seiner 1957 erschienenen Arbeit über die Diatomeenflora des Flußsystems der Weser gab Hustedt die Ergebnisse seiner Untersuchungen bekannt. Allerdings verband er die Beziehung der Diatomeen in bezug auf den Sauerstoff mit dem Saprobiensystem, was meines Erachtens nicht ganz korrekt ist. Hustedt ist von der Annahme ausgegangen, daß ein verschmutztes Gewässer auch unter Sauerstoffschwund leiden müsse und je stärker die Verschmutzung, desto weniger Sauerstoff enthalte das Wasser. Diese Annahme mag für stehende Gewässer in der Regel zutreffen, nicht aber für Fließgewässer. Durch die Fließgeschwindigkeit kann das Wasser ständig Sauerstoff aus der Luft aufnehmen. Je schneller das Wasser fließt, desto größer kann die Sauerstoffaufnahme sein. Deshalb ist die Hustedtsche Klassifizierung der Diatomeen nur mit Vorbehalt anzuwenden.

Die Diatomeen sind wie praktisch alle Pflanzen sauerstoffbedürftig, also **oxybiont**. Nachdem durch die Fäulnis Sauerstoff verzehrt wird, wird der Sauerstoffgehalt des Wassers herabgesetzt. Die in stärker verschmutztem Wasser lebenden Diatomeen müssen nach Hustedts Meinung in bezug auf den Sauerstoffgehalt euryplastisch sein, weshalb er sie als **euryoxybiont** bezeichnete. Die Euryoxybionten gehen aber über die  $\alpha$ -mesosaprobe Zone nicht hinaus, mit Ausnahme vielleicht von einigen Nitzschien, die eventuell sogar ohne Sauerstoff gedeihen können, was aber noch nicht bewiesen ist. Die **Mesooxybionten** können dagegen bereits in Zonen fortgeschrittener Reinigung eindringen. Für die Formen, die in nur mäßig verschmutztem Wasser leben, dessen Sauerstoffgehalt nur leicht herabgesetzt ist, verwendete Hustedt den Begriff **oligosaprob**, und diejenigen, die nur in sehr reinen Gewässern mit einem ständig hohen Sauerstoffgehalt leben, bezeichnete er als **saproxen**. Diese beiden Bezeichnungen sind etwas unglücklich gewählt, weil sie an sich dasgleiche bedeuten. Es wäre besser gewesen, wenn Hustedt alle vier Begriffe des gleichen Systems verwendet hätte.

Nur wenige Diatomeen gehören zu den Saproxenen. Sie werden in der Regel in den Bächen unserer Gebirge angetroffen, wie zum Beispiel *Diatoma hiemale* (Lyn.) Heiberg und ihre var. *mesodon* (Ehr.) Grunow, *Ceratoneis arcus* (Ehr.) Kützing oder *Meridion circulare* (Grev.) Agardh. Auch *Diatoma vulgare* Bory wird von Hustedt als saproxen eingestuft, was

meiner Meinung nach nicht zutreffen kann. Diese Diatomee löst *Diatoma hiemale* im unteren Bereich der Fließgewässer ab und ist vorwiegend in unseren Flüssen anzutreffen. Sie kann ökologisch also nicht gleich bewertet werden wie die andere Art. Die Flüsse in Mitteleuropa sind heute mehr oder weniger alle verschmutzt und auch der Sauerstoffgehalt dürfte herabgesetzt sein. Deshalb ist *Diatoma vulgare* Bory eher als oligosaprob wenn nicht gar mesooxybiont einzustufen. Eine weitere Fehleinschätzung scheint auch bei der Planktondiatomee *Stephanodiscus astrea* (Ehr.) Grunow vorzuliegen. Nach Hustedt zeigt sie in Seen eine beginnende Eutrophierung an. Unter diesen Umständen kann diese Art wohl kaum als saproxen einzustufen sein. Auch *Meridion circulare* (Grev.) Agardh habe ich schon in Fließgewässern, das heißt in Gräben, gefunden, die größere Mengen Haushaltsabwässer führten. Sie scheint einen hohen Sauerstoffgehalt zu benötigen, dabei aber eine gewisse Verschmutzung zu ertragen. Die meisten der von Hustedt als saproxen eingestuften Diatomeen werden sehr oft und teilweise auch in großen Individuenzahlen in eutrophen Gewässern mit herabgesetztem Sauerstoffgehalt angetroffen. Deshalb dürften viele dieser saproxenen Arten eher zu den oligosaprobien gehören.

Im Gegensatz zum pH-System konnte Hustedt weniger Arten in ihrer Beziehung zum Sauerstoffgehalt taxieren. Dies zeigt sich auch in der Einteilung der insgesamt im Gebiet von Zermatt vorkommenden Formen:

Saproxen	153 Stück =	28,07%
Oligosaprob	173 Stück =	31,75%
Mesooxybiont	47 Stück =	8,62%
Euryoxybiont	21 Stück =	3,85%
Unbekannt	151 Stück =	27,71%
<b>Total</b>	<b>545 Stück</b>	<b>100,00%</b>

Der Anteil der unbekannten Formen mit 151 Stück oder 27,71% ist wesentlich höher als beim pH-System mit 76 Stück oder 13,95%. Von diesen dürfte der größte Teil sicher auch zu den oligosaprobien Formen zu stellen sein, da die Diatomeen als Pflanzen Sauerstoff zur Atmung benötigen. Die Saproxenen machen zusammen mit den Oligosaprobien 59,82% der gesamten Flora aus. Demnach wären die Sauerstoffverhältnisse nicht die besten. Zählt man aber drei Viertel der unbekannten Formen, wie dies im Verhältnis den bekannten etwa entsprechen dürfte, hinzu, so sieht die Einteilung mit rund 80% der beiden ersten Gruppen schon wesentlich besser aus. Daß die meso- und die euryoxybionten Arten auch in Gebirgsgewässern Existenzmöglichkeiten finden, ging bereits aus der Besprechung der einzelnen Proben hervor. Im Gebirge werden Gewässer durch anthropogene Einflüsse verschmutzt. Auch der Weidebetrieb hinterläßt seine Spuren im Wasser. In vielen seichten Tümpeln können sich bei warmem Wetter innert weniger Tage fädige Algen der Konjugaten, wie *Mougeotia*, *Zygnema* und *Spirogyra* gewaltig vermehren. Bei Nacht verbrauchen die Algen wegen der Atmung viel Sauerstoff, sodaß ein Sauerstoffschwund eintritt. Deshalb können Diatomeen, die einen hohen Sauerstoffgehalt benötigen, in solchen Gewässern nicht existieren und werden durch andere ersetzt, die diesen Sauerstoffverhältnissen besser angepaßt sind. Dennoch muß gesagt werden, daß die Taxierung von Hustedt noch zu wenig genaue Ergebnisse liefert.

CHOLNOKY (1968) ging auch hier wieder andere Wege wie F. Hustedt. Er verbindet den Sauerstoffgehalt eines Gewässers nicht mit dem Verschmutzungsgrad, sondern war der Meinung, daß ein oligotrophes Gewässer ebenso unter Sauerstoffmangel leiden kann, wie ein eutrophes. Deshalb versuchte er einerseits die Beziehung der Diatomeen zum Sauerstoffgehalt und andererseits zur Verschmutzung abzuklären.

Ein wesentlicher Faktor für den Sauerstoffgehalt ist für Cholnoky das Licht in stehenden Gewässern. Wenn in der trophogenen Zone den submersen Pflanzen genügend Licht zu Verfügung steht, so ist auch genügend Sauerstoff vorhanden, um vielen Diatomeenarten die Existenz zu ermöglichen. Durch Wind und Wellengang können Seen ebenfalls Sauerstoff aus der Luft aufnehmen. Dies trifft besonders für die Brandungszone zu, wo häufig dieselben Diatomeenarten wie in Fließgewässern gefunden werden. Dagegen können Bäche und Flüsse durch ihre Bewegung ständig viel Sauerstoff aus der Luft aufnehmen und dennoch ver-

schmutzt sein. Allerdings werden die Diatomeen durch den Sauerstoff in ihrer Existenz gefördert und helfen so, die Schmutzstoffe wieder abzubauen.

Nach diesem Forscher gibt es sowohl Diatomeen, die nur in sauerstoffreichen und reinen Gewässern leben können, während andere einen hohen Sauerstoffbedarf haben und dennoch in verschmutztem Wasser leben, vorausgesetzt, daß genügend Sauerstoff vorhanden ist. Zwei typische Vertreter der zweiten Gruppe sind *Nitzschia palea* (Kütz.) W. Smith und *Gomphonema parvulum* (Kütz.) Kützing. Beide Arten werden von Hustedt zu den euryoxybionten Diatomeen gestellt, was in bezug auf die Verschmutzung, nicht aber auf den Sauerstoffgehalt zutrifft. Cholnoky hat den Stickstoff als den wesentlichen Faktor der Verschmutzung gehalten, im Gegensatz zu den Ergebnissen der neueren Forschung, die den Phosphatgehalt als den wesentlicheren hält. Dies ist darauf zurückzuführen, daß sich Cholnoky in Südafrika mit Gewässern zu befassen hatte, die durch menschliche Einflüsse, wie Haushaltsabwässer und durch Fäkalien verunreinigt wurden. In der gemäßigten Zone spielen aber die Phosphate eine größere Rolle, weil sie durch die Düngung des Kulturlandes und dem Gehalt in den Regen werden die Phosphate aus dem Kulturland ausgewaschen und in unsere Fließgewässer verfrachtet, die sie in den Seen abladen. Cholnoky bezeichnet die vorwiegend in verschmutzten Gewässern lebenden Formen als stickstoffheterotroph. Allerdings gehören zu dieser Gruppe nur wenige Formen, hauptsächlich aus den Gattungen *Navicula* und *Nitzschia*. Aus der Gattung *Navicula* führt er nur 8 Arten als in eutrophen Gewässern gut gedeihend an, während 35 Arten der Gattung *Nitzschia* zu den fakultativ oder obligat stickstoffheterotrophen Diatomeen gehören sollen. Nach meinen bisherigen Erfahrungen ist die Methode von Cholnoky in Fließgewässern des Unterlandes gut brauchbar. Dagegen scheint sie für Gebirgsgewässer noch zu wenig genau zu sein. Nachdem Cholnoky seit Kriegsende in Südafrika gearbeitet hat, sind viele der in Europa gefundenen Formen, die vorwiegend im Gebirge verbreitet sind, nicht von ihm behandelt worden, weil sie von ihm in Südafrika nicht gefunden wurden.

Wichtig ist, daß die Diatomeenassoziationen ausgezählt und der Anteil der einzelnen Formen in Prozenten festgelegt wird. Allerdings sollten 1000 Schalen ausgezählt werden und nicht nur deren 300, wie dies Cholnoky getan hat. 1000 Schalen ergeben eine kleinere Fehlerquote und der Zeitaufwand ist nicht viel größer.

So können in Fließgewässern aufgrund der Verschiebung der Prozentsätze einzelner Formen durchaus Veränderungen in der Qualität des Wassers abgelesen werden. Natürlich eignet sich diese Methode nicht, um Aussagen über die Art der Verschmutzung zu machen. Nachdem die Algen sich rascher als die höheren Pflanzen vermehren, können sie auch rascher auf Veränderungen des umgebenden Milieus reagieren. Chemische Untersuchungen sollten häufig wiederholt werden und zwar zu jeder Tages- und Jahreszeit, weil die Belastung der Gewässer mit Schmutzstoffen großen periodischen Schwankungen unterworfen sein kann, die bei wenigen Messungen übersehen werden können. Deshalb sind chemische Analysen zeitlich sehr aufwendig und kostspielig. Hinzu kommt, daß die meisten Untersuchungen im Labor und nicht vor Ort gemacht werden müssen. Durch den Transport des Wassers können Veränderungen eintreten, die falsche Ergebnisse bringen. Am 6.8.1971 wurde im Grünsee das pH mit 5,8 und die Gesamthärte in deutschen Härtegraden mit 2 gemessen. Im September 1974 betrug das pH 5,5. Von Herrn Viotti von der Abteilung für Wasserversorgung der Gemeinde Zermatt erhielt ich mehrere chemische Analysen des Kantonslabors in Sitten, für deren Überlassung ich Herrn Viotti hiermit nochmals danken möchte. Darunter befindet sich auch eine Analyse des Grünsees. Demnach betrug das pH am 8.2.1973 7,6 und die Gesamthärte in französischen Härtegraden 46,3. Meine Messungen erfolgten mit Spezialindikatorstäbchen der Firma Merck für das pH und die Gesamthärte mit Aquamerck. Die beiden Produkte der Firma Merck, Darmstadt, sind vielleicht nicht 100%ig genau, sicher aber ungenauer als die aufwendigen Bestimmungen in einem Kantonslabor. Dennoch sollte die Differenz, insbesondere der Gesamthärte, die nach der Analyse des Kantonslabors 11,5 Mal höher ist, nicht so groß sein. Es scheint auch beinahe unmöglich, daß die Daten im Jahr zwischen meinen beiden Messungen um so vieles höher liegen konnten. Beim Stellisee ist die Differenz wesentlich kleiner. Meine Messungen ergaben im September 1974 pH 6,0, am 27.7.1975 pH 6,8 und die Gesamthärte betrug dH° 4. Vom Kantonslabor liegen zwei Analysen vom 8.2.1973 mit pH 7,5 und einer Gesamthärte frH° 10,1 und die zweite vom 30.3.1973 mit pH 7,7 und einer Gesamthärte frH° 9,9 vor. Der Unterschied ist nicht besonders groß und könnte auf die



verschiedenen Meßmethoden zurückgeführt werden. Das pH ist um einen Wert höher, während die Gesamthärte annähernd gleich ist. Unverständlich ist die außerordentliche Differenz insbesondere der Gesamthärte im Grünsee. Sie kann auch nicht allein auf die verschiedenen Jahreszeiten — Spätwinter und Sommer — zurückzuführen sein. Herr Theo Lauber vom Geologischen Institut in Bern, machte liebenswürdigerweise im Winter 1976/77 ein paar Vergleichsmessungen des pH an Gewässern, die ihm in dieser Jahreszeit erreichbar waren. Bei sieben Gewässer lag das pH um einen Wert tiefer als bei meinen Sommermessungen, während das pH bei den Proben 3 und 4 mit 6,2 mit den im Sommer gemessenen Werten genau übereinstimmte. Demnach dürfte das pH in den Wintermonaten eher niedriger als höher sein. Deshalb scheint der Fehler eher in einer Veränderung des Wassers während des Transportes in das Kantonslabor nach Sitten zu suchen sein. Die Wasserproben trafen am 8.2.1973 im Labor ein. Der Bericht trägt das Datum vom 20.2.1973. Wieviel Zeit seit der Probenentnahme, die im übrigen nicht bekannt ist, bis zur Untersuchung verstrichen ist, ist unbekannt. Aber es scheint sich um mehrere Tage gehandelt zu haben, die ohne weiteres eine Veränderung herbeiführen konnten. Dies zeigt, wie problematisch Meßergebnisse sein können, die erst nach einiger Zeit in einem Labor ausgewertet werden. Solange keine Methoden bestehen, die unmittelbar vor Ort ausgeführt werden können, werden wir immer wieder mit Fehlresultaten rechnen müssen.

Die Algen dagegen passen sich in den ihnen zusagenden Grenzen den ökologischen Faktoren an. So kann sich eine Art, die ständig einen hohen Sauerstoffbedarf hat oder nur reines Wasser erträgt, auch nur in solchem Milieu vermehren, wo diese Bedingungen ständig gegeben sind. Ist dies nicht immer der Fall, so wird ihre Vermehrungsrate immer mehr zurückgehen bis sie schließlich ganz verschwindet, sodaß sie durch andere, den ökologischen Verhältnissen besser angepaßten, Arten ersetzt wird. Die Qualität des Wassers ließe sich anhand der Algenassoziationen mit viel geringerem zeitlichen und finanziellem Aufwand feststellen, was insbesondere für die ständige Überwachung von mit Abwasser belasteten oder gefährdeten Gewässern nutzbringend wäre. Allerdings muß zugegeben werden, daß die ökologischen Beziehungen der Diatomeen sowie anderer Algen noch nicht genügend geklärt sind. Deshalb gibt es so viele Widersprüche in der Literatur. Zurückgehend auf KOLKWITZ (1950) und Marsson werden heutzutage von praktisch allen Abwasserbiologen bestimmte Leitorganismen aus allen Gruppen des Tier- und Pflanzenreiches für die Bestimmung der Wasserqualität verwendet. Dies bedingt sehr genaue Kenntnisse aller Organismengruppen, die selten ein Biologe haben wird. Die Spezialisten sind dagegen selten und stehen nicht überall zur Verfügung. Was passiert, wenn die bekannten Leitorganismen durch andere, unbekannte ersetzt sind? Dann kann eine Bestimmung keinen Erfolg haben. Es wäre daher besser, wenn einzelne Klassen genauestens untersucht und zur Bestimmung herangezogen würden. Denn in jeder Organismengruppe sind sicher Arten vorhanden, die verschiedenen ökologischen Verhältnissen angepaßt sind. Wenn auch hier und da von Forschern andere Meinungen vertreten werden, wie zum Beispiel von FJERDINGSTAD (1965), der die Diatomeen als für die Abwasserbiologie völlig ungeeignet hielt, weil sie alle viel Sauerstoff benötigen. Trotzdem stellte er ein paar Arten als Indikatoren für verschmutzte Gewässer auf. Es zeigt, daß noch viel getan werden muß, um solche Widersprüche zu klären.

#### 5.4. HÖHENVERTEILUNG

Die tiefstgelegene Probenentnahmestelle ist Probe 1 beim Brunnen in Zermatt mit 1605 m Meereshöhe. Die höchstgelegene Probeentnahmestelle ist Probe 28, aus dem obersten der Seen an der Oberen Kelle nördlich des Gornergrates. Sie liegt auf 2930 m ü.M. Von den 42 Proben entstammen nur sechs aus einer Höhe unter 2000 m. Es handelt sich also um ein typisches hochalpines Gebiet. Trotzdem können die meisten der vorkommenden Arten auch in Gewässern aller anderen Höhenstufen gefunden werden.

Zu den hochgelegenen Entnahmestellen gehören Nr. 18 Gände und 27-29 aus den Seen der Oberen Kelle. Diese vier Proben stimmen insofern überein, weil es sich bei allen um Gewässer handelt, die nur vom Schmelzwasser der umgebenden Schneefelder gespeist werden in sonst vegetationsloser Umgebung. In diesen vier Proben kamen insgesamt 137 Formen vor, das sind 25,13% aller um Zermatt gefundenen Formen. Aber nur 9 Arten und Varietäten wurden nur in diesen vier Proben gefunden:

<i>Achnanthes clevei</i>	Nr. 18
<i>A. plitvicensis</i>	Nr. 18
<i>Cyclotella commensis</i>	Nr. 29
* <i>Eunotia diodon</i>	Nr. 28
<i>Navicula nivalis</i>	Nrn. 18+28
<i>N. fossalis</i> var. <i>obsidialis</i>	Nr. 28
<i>N. pseudoventralis</i>	Nr. 18
* <i>Stauroneis lapponica</i>	Nr. 18
* <i>S. lundii</i>	Nr. 29

Von diesen 9 Diatomeen können höchstens die drei mit \* bezeichneten Formen als alpin bezeichnet werden. *Achnanthes plitvicensis* Hustedt ist neu für die Schweiz. Es dürfte sich aber nicht um eine alpine Art handeln. *Eunotia diodon* Ehrenberg scheint in Gebirgsgewässern unter dem Neutralpunkt zu leben. *Navicula fossalis* var. *obsidialis* (Hustedt) Lange-Bertalot wurde von mir auch im Bleienbachweiher gefunden und ist neu für die Schweiz. *Navicula pseudoventralis* Hustedt wurde bisher fünf Mal im Unterland und dem Gebirge festgestellt. *Stauroneis lapponica* Cleve-Euler wurde von Hustedt bei Davos, von Messikommer im Urner Reusstal und dem östlichen Berner Oberland und vom Autor im Hofwilsee bei Bern gefunden. Sie scheint also auch keine alpine Art zu sein.

Nimmt man die fünf Proben aus dem Gebiet der Riffelseen dazu, weil sie der gleichen Höhe wie Probe 18 entstammen, also aus einer Höhe von rund 2750 m, so steigt die Zahl der insgesamt in dieser Höhe vorkommenden Formen auf 345 an. Dies sind 63,3% aller vorhandenen Diatomeen. Nur in diesen neuen Proben kamen 79 Formen oder 14,5% vor. Die übrigen werden auch in den anderen Höhenlagen gefunden. Bei den meisten handelt es sich um Ubiquisten, die praktisch auf der ganzen Erde verbreitet sind. Im Gegenteil, viele dieser weitverbreiteten Arten sind auch in dieser Höhe mit großen Individuenzahlen vertreten, wie zum Beispiel *Achnanthes minutissima* Kützing, *Cymbella minuta* Hilse, *Fragilaria construens* (Ehr.) Grunow und ihre Varietäten, *Meridion circulare* (Grev.) Agardh. Es zeigt sich einmal mehr, daß diese Formen sehr anpassungsfähig sind, sodaß sie sich überall durchsetzen können.

Von diesen 79 Formen, die nur in den neuen Proben aus über 2750 m Höhe gefunden wurden, können vielleicht, nebst den bereits drei vorher erwähnten, als alpin gelten:

*Achnanthes levanderi* var. *helvetica*  
*A. nana*  
*Eunotia bigibba*  
 \* *E. papilio*  
*E. praerupta* var. *musciicola*  
*Gomphonema lagerheimii*  
*Navicula digitulus*  
 \* *N. dolomitica*  
 \* *N. nivaloides*  
 \* *Neidium perminutum*  
 \* *N. roenningii*  
*Nitzschia alpina*  
*Pinnularia brevicostata*  
*P. divergens* var. *elliptica*  
*P. rhynchocephala*  
*Stauroneis alpina*  
*S. laterostrata*  
*S. obtusa*

Diese 25 Formen wurden bisher nur in Gebirgsgewässern gefunden. Aus dem Unterland liegen, mit Ausnahme vom Neuenburgersee, der von Frau Dr. M. Wuthrich mehrmals untersucht wurde, keine neueren Untersuchungen vor. Vom Autor wurden bereits mehrere hundert Proben, hauptsächlich aus den Gewässern des Kantons Bern, untersucht. Auch darin wurden diese Formen bisher nicht gefunden. Das besagt natürlich nicht, daß die eine oder andere Form nicht doch noch in anderen Gebieten des Unterlandes gefunden werden kann.

Die vier mit \* bezeichneten Diatomeen sind neu für die Schweiz. Deshalb ist es sehr gewagt, aufgrund eines oder weniger Funde eine Form zu taxieren.

Von den älteren Autoren, insbesondere des letzten Jahrhunderts, wurden Arten, die als neu aus alpinen Gebieten beschrieben wurden, als alpin bezeichnet, solche aus arktischen dagegen als boreal. Natürlich wurden viele der alpinen Arten später auch im hohen Norden gefunden und umgekehrt, sodaß man deren Bezeichnung zu boreo-alpin verbunden hat. Viele dieser Formen wurden später auch in Mitteleuropa und anderswo im Flachland gefunden, sodaß sich die Bezeichnung boreo-alpin nicht aufrecht erhalten ließ. Meistens handelt es sich um Arten, die besonders in sauren Gewässern verbreitet sind. Hustedt ließ daher später diese Bezeichnung fallen. Offenbar ist für die Verbreitung der Diatomeen weniger die Höhe als chemische Faktoren maßgebend. Es gibt aber ausgesprochen kaltes Wasser liebende Formen, wie *Diatoma hiemale* (Lyn.) Heiberg und ihre Varietät. Solche Formen kommen aber auch im Oberlauf der Bäche im Mittelgebirge vor und können daher nicht als alpin oder boreo-alpin bezeichnet werden.

Der Charakter der alpinen Gewässer besteht zu allererst in einer sehr kurzen Vegetationszeit. Die meisten Gewässer sind bis zu neun Monate zugefroren, sodaß den darin lebenden Organismen nur eine sehr kurze Zeit zur Fortpflanzung und Erhalten der Art zur Verfügung steht. Ein weiteres Charakteristikum, insbesondere der flachen, stehenden Gewässer, wie Tümpel und kleine Seen, dürfte in deren Temperaturschwankungen zu suchen sein. So können im Hochsommer bei starker Sonneneinstrahlung die Temperaturen auf weit über 20° C ansteigen, während sie bei Nacht bis nahe an den Gefrierpunkt sinken können. Demnach müßte es sich bei den boreo-alpinen Formen, vorausgesetzt, daß es solche gibt, um Diatomeen handeln, die derartig große Temperaturschwankungen ohne Schaden überleben können. Diese Fähigkeit scheinen am ehesten die Ubiquisten zu besitzen, die sich allen Umständen anpassen können, während die Organismen, die an bestimmte Gegebenheiten angepaßt sind, in extremen Fällen zurückgehen und schließlich ganz verschwinden. Es kann natürlich nicht ausgeschlossen werden, daß es Organismen gibt, die den thermischen Verhältnissen der Hochgebirge oder der Arktis angepaßt sind. Unter Umständen gehören hierher mehrere Arten, die von Niels Foged aus Grönland, Island und Spitzbergen neu beschrieben wurden und die von Frau Dr. M. Wuthrich im Schweizer Nationalpark und auch von mir im Gebiet von Zermatt wurden, wie zum Beispiel:

*Achnanthes broenlundensis* Foged  
*Neidium roenningii* Foged

Weitere Untersuchungen werden zeigen, ob dies zutrifft oder nicht. Auf alle Fälle scheinen es wenige Formen zu sein, die an die extremen Bedingungen großer Meereshöhe speziell angepaßt zu sein scheinen. Deshalb scheint eine Verteilung der Diatomeen nach Höhenzonen aussichtslos zu sein.

## 5.5 SELTENE UND NEUE FORMEN

Im Gebiet wurden verschiedene Formen gefunden, die in der Schweiz bisher noch nicht festgestellt wurden:

*Achnanthes cassida* Carter  
*A. kryophila* var. *densestriata* Hustedt  
*A. plitvicensis* Hustedt  
*A. pyropa* Carter  
*A. saxatilis* Bock  
*Amphipleura kriegleriana* (Krasske) Hustedt  
*Amphora aequalis* Krammer  
*A. inariensis* Krammer  
*Caloneis aerophila* Bock  
*C. lauta* Carter & Bailey  
*C. sp.*  
*Cymbella cymbiformis* var. *nonpunctata* Fontell  
*C. descripta* (Hust.) Lange-Bertalot  
*C. elginensis* Krammer



*C. mesiana* Cholnoky  
*C. paucistriata* Cleve-Euler  
*C. reichardtii* Krammer  
*Eunotia papilio* (Gr.) Hustedt  
*Fragilaria oldenburgiana* Hust.  
*Frustulia spicula* Amosse  
*Gomphonema* sp.  
*Navicula absoluta* Hustedt  
*N. atomus* var. *permitis* (Hustedt) Lange-Bertalot  
*N. brekkaensis* Petersen  
*N. confervacea* (Kütz.) Grunow  
*N. difficillima* Hustedt  
*N. dolomitica* Bock  
*N. elginensis* var. *cuneata* (M. Møller) Lange-Bertalot  
*N. fossalis* var. *obsidiales* (Hust.) Lange-Bertalot  
*N. fossaloides* Hustedt  
*N. ignota* Krasske  
*N. indifferens* Hustedt  
*N. lanceolata* var. *denselineolata* Lange-Bertalot  
*N. lapidosa* Krasske  
*N. libonensis* Schoeman  
*N. naumannii* Hustedt  
*N. nivaloides* Bock  
*N. occulta* Krasske  
*N. stankovicii* Hustedt  
*N. striolata* (Grunow) Lange-Bertalot  
*N. subadnata* Hustedt  
*N. subocculta* Hustedt  
*N. variostrata* Krasske  
*Neidium binodeforme* Krammer  
*N. bergii* (Cleve-Euler) Krammer  
*N. minutissimum* Krasske  
*N. septentrionale* Cleve-Euler  
*Nitzschia acidoclinata* Lange-B.  
*N. pura* Hustedt  
*Stauroneis* sp.  
*S. lapidicola* Petersen  
*S. undata* Hustedt