

Ergänzungen zur Rekonstruktion der Trophiegeschichte und des Gesamtphosphors des Lauerzersees mittels im Sediment eingelagerten Kieselalgen

*Rekonstruktion anhand des Langkernes,
entnommen durch die Limnogeologie der ETH Zürich*



AquaPlus

Elber Hürlimann Niederberger

Bundesstrasse 6 · CH-6300 Zug
Fon +41 41 729 30 00 · Fax +41 41 729 30 01
admin@aquaplus.ch

Zug, 18. Januar 2006

Titelbild

Hintergrund: Lauerzersee, aufgenommen am 7. November 2001, Aufnahme AquaPlus,

Unten rechts: Floss mit Dreibeinstütze zur Kernentnahme, ETH ZH, Aufnahme von R. Hofmann,

Unten Mitte: Kernentnahme, Prof. F. Anselmetti (rechts), F. Bussmann (links), Aufnahme R. Hofmann,

Unten links: Ausschnitt des entnommenen Kerns, Ende Goldauer Bergsturz, Aufnahme U. Gerber.

INHALTSVERZEICHNIS

BERICHT

1.	Einleitung	3
2.	Auftragserteilung	3
3.	Wichtigste bisherige Erkenntnisse im Rahmen der ersten Sedimentuntersuchung (AquaPlus 2002)	3
4.	Grundlagen und verwendete Methoden	4
4.1	Sedimentkern LZ04-1 (Limnogeologie der ETH Zürich)	4
4.2	Kieselalgen	4
5.	Resultate	7
5.1	Kieselalgen-Stratigraphie und Korrosions- und Auflösungserscheinungen	7
5.2	Taxazahl und Hinweise bezüglich der Kieselalgen-Lebensgemeinschaften	8
5.3	Gesamtphosphor-Rekonstruktion und Hinweise zum Trophiegrad	8
6.	Zusammenfassung und Schlussfolgerungen	10
7.	Literaturverzeichnis	11

ANHANG 12

A	Probenentnahmeplan (Langkern, Sektionen LZ04-1-1A, -1B und -1C)	13
	Relative Kieselalgenschalendichte pro 1-cm-Sedimentschicht	14
	Grafische Darstellung der dominierenden Kieselalgentaxa	15
	Kieselalgen-Zählresultate (Schnellzählung)	16

1. Einleitung

Die Rekonstruktion der Trophiegeschichte und des Gesamtphosphors des Lauerzersees wurde mittels eines kurzen Sedimentkernes, welcher am 7. November 2001 durch die EAWAG entnommen wurde, bereits einmal aufgearbeitet. Es erwies sich in Zusammenhang mit dieser Arbeit, dass der Lauerzersee zumindest in den letzten Jahrzehnten auch an der tiefsten Stelle eine hohe Sedimentationsrate von rund 1 cm pro Jahr aufweist. Die Rekonstruktion des Gesamtphosphors am 74 cm langen Sedimentkern konnte daher und aufgrund von zahlreichen Turbiditeinlagerungen nur bis ca. 1968 zurück verfolgt werden. Das Ziel, die Entwicklung der Trophiegeschichte und des Gesamtphosphors bis ins 19. Jahrhundert zu beschreiben, konnte somit nicht erreicht werden. Dazu müsste mit deutlich grösserem Aufwand ein Langkern entnommen werden. Da ein solcher Langkern im Rahmen eines Forschungsprojektes der Limnogeologie der ETH Zürich zum Studium der limnologischen Auswirkungen des Goldauer Bergsturzes auf den Lauerzersee am 5. Oktober 2004 entnommen wurde, nutzte das Amt für Umweltschutz des Kantons Schwyz die Gelegenheit, diesen Kern ebenfalls zu untersuchen. Die vorliegende Studie hat das Ziel, basierend auf den im Sediment eingelagerten Kieselalgen den Gesamtphosphor des Lauerzersees zeitlich bis vor den Goldauer Bergsturz (2. September 1806) zu eruieren.

2. Auftragserteilung

Der Auftrag 'Ergänzungen zur Rekonstruktion der Trophiegeschichte und des Gesamtphosphors des Lauerzersees mittels im Sediment eingelagerten Kieselalgen' wurde am 7. Juli 2005 an die Firma AquaPlus in Zug erteilt. Als Auftraggeber zeichnet das Amt für Umweltschutz des Kantons Schwyz. Die Arbeiten erfolgten in Zusammenarbeit mit der Limnogeologie der ETH Zürich (Prof. Dr. Flavio Anselmetti und Herr Felix Bussmann, Kernentnahme, -aufbereitung, -fotographie). Die restlichen Arbeiten (Probenentnahme, Präparation, Bestimmung und Zählung der Kieselalgen, Berichterstattung) erfolgte durch AquaPlus.

3. Wichtigste bisherige Erkenntnisse im Rahmen der ersten Sedimentuntersuchung (AquaPlus 2002)

Im Rahmen der ersten Sedimentuntersuchung (AquaPlus 2002) wurden zusammenfassend folgende Schlussfolgerungen aufgeführt:

- Hohe Sedimentationsrate der letzten 30-35 Jahre von rund 1 cm pro Jahr.
- Unterhalb einer Sedimenttiefe von 30 cm etliche Turbiditablagerungen (Trübstoffe der Steineraa).
- Rekonstruktion des Gesamtphosphors seit ca. 1968:
 - Ende der 1960er Jahre: eutroph, 30-50 µg P/l
 - 1970er Jahre: starke Zunahme des Gesamtphosphors, hocheutropher Zustand im Bereich von 100 bis 160 µg P/l,
 - ab 1980er Jahre: stetige Abnahme des Gesamtphosphors infolge Gewässerschutzmassnahmen (v.a. Kläranlagenbau), Jahr 2001: Mittelwert 28 µg P/l.

4. Grundlagen und verwendete Methoden

4.1 Sedimentkern LZ04-1 (Limnogeologie der ETH Zürich)

Die Entnahme des Langkernes wurde am 5. Oktober 2004 mit dem UWITEC Niederreiter System (Piston corer, siehe <http://www.uwitec.at/html/frame.html>) durch die Abteilung der Limnogeologie der ETH Zürich unter Anleitung von Prof. Flavio Anselmetti entnommen. Die beprobte Stelle und der entnommene Kern wies folgende Koordinaten und Kennwerte auf:

Kern LZ04-1: 688 808 / 209 452, totale Kernlänge 10.85 m. Es gilt zu beachten, dass die gekernte Tiefe etwa 1.5 m weniger war, da gesamthaft 4 Sektionen à 3 m mit einem Overlap von jeweils 0.5 m entnommen wurden (Angaben von Felix Bussmann, Diplomand an der Limnogeologie der ETH Zürich). Die erste (jüngste) Sektion LZ04-1-1 wurde in drei Subsektionen unterteilt, nämlich: LZ04-1-1A, LZ04-1-1B und LZ04-1-1C. Die Kerne werden bei der Limnogeologie der ETH Zürich im Kühlraum im Dunkeln und mit Folie abgedeckt aufbewahrt.

Der Langkern wurde im Sedimentlabor der ETH Zürich der Länge nach aufgeschnitten und fotografiert (Abb. 1). Die Ablagerungen des Goldauer Bergsturzes im Sediment konnten durch Felix Bussmann in einer Sedimenttiefe von 1.64 - 1.73 m (1.62 - 1.72 m) (in der Subsektion LZ04-1-1B) festgestellt werden (Klammerwerte gemäss Metrierung AquaPlus bei der Beprobung des Kernes, siehe Anhang A). Eine weitergehende Charakterisierung dieses Langkernes liegt noch nicht vor. Diese wird im Rahmen der Forschungsarbeiten der Limnogeologie der ETH Zürich vorgenommen.

4.2 Kieselalgen

Für die Untersuchung der Kieselalgen wurde die Sektion LZ04-1-1 mit den Subsektionen 1A, 1B und 1C beprobt. In Anhang A befindet sich der Probenahmeentnahmeplan. In diesem Plan ist ersichtlich, welche Sedimenttiefen durch AquaPlus beprobt wurden. Insgesamt wurden 105 Sedimentproben entnommen. In Anhang A ist zudem ersichtlich, in welchen Tiefen wir Turbiditablagerungen erkannten und in welcher Sedimenttiefe heute die Ablagerungen des Goldauer Bergsturzes sich befinden. Die Turbiditangaben im Probenahmeplan (Anhang A) und diejenigen in Abbildung 1 stimmen in der Metrierung, Ausdehnung und Zahl nicht genau überein. Dies daher, weil in Abbildung 1 die Metrierung links der Sektion A1 nicht bei Null beginnt und die Metrierung links der beiden weiteren Sektionen 1B und 1C jeweils wieder bei Null beginnen. Bei der Beprobung durch AquaPlus wurden die drei Sektionen lückenlos metriert und auf Turbidite kartiert, d.h. von 0 - 265 cm. Die totale Länge der drei Sektionen betrug 283 cm. Zudem dürften die Fotos in Abbildung 1 vermutlich unmittelbar nach der Kernöffnung erfolgt sein. Damit dürften die Farbunterschiede auf den Fotos noch besser erkennbar sein, als am Tag der Probenentnahme (23. August 2005). Innerhalb des beprobten Kernes (265 cm) erreichten alle festgestellten Turbidite zusammen eine Sedimentmächtigkeit von 58 cm ein (inkl. Gol-

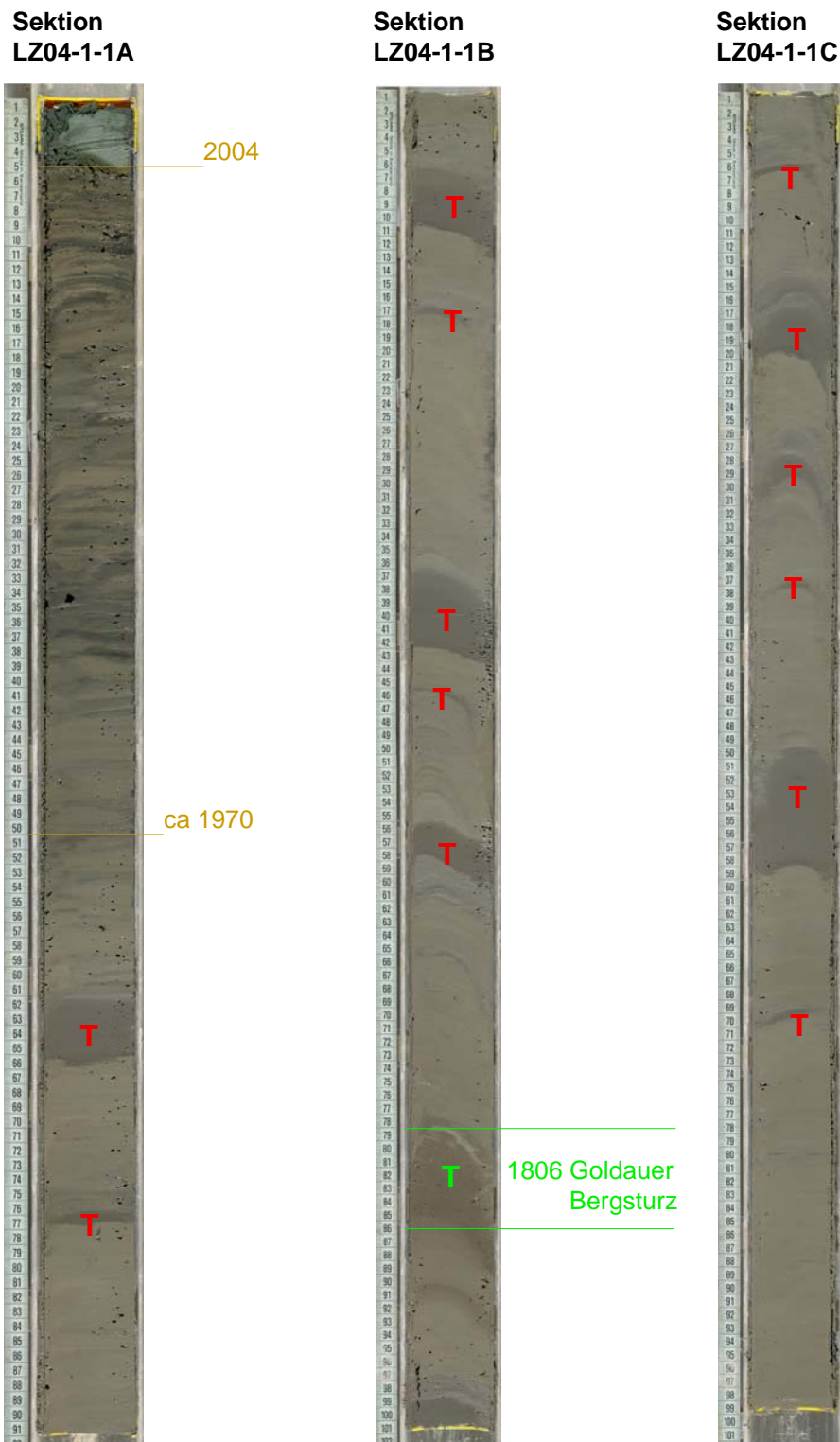


Abb. 1. Fotografische Darstellung des aufgeschnittenen Lauerzersee-Sedimentkernes der obersten (jüngsten) Subsektionen LZ04-1-1A, -1B und -1C. Kernentnahme am 5. Oktober 2004 durch die Abteilung der Limnogeologie der ETH Zürich. Die Datierung von ca. 1970 stammt aus AquaPlus (2002), die Lokalisierung der Ablagerungen des Goldauer Bergsturzes stammen von Felix Bussmann und die Sedimentfotos erstellte Urs Gerber (beide Limnogeologie der ETH ZH).

Kernaufbereitung: Felix Bussmann, Limnogeologie ETH Zürich. T = Turbidite. Turbidite entstehen durch Hochwasserereignisse und sind Sedimentstrukturen bestehend aus Sand, Silt und/oder Ton. Turbiditangaben in Abbildung 1 aufgrund der Fotos.

dauer Bergsturz). Bei der Probenentnahme wurden Turbiditablagerungen wie auch ungestörte Sedimente beprobt. Damit bestand die Absicht zu prüfen, ob innerhalb der Turbiditablagerungen weniger Kieselalgen vorhanden sind und ob die Artenzusammensetzung gegenüber dem ungestörten Sediment verschieden ist.

Die anschliessende Präparation der Kieselalgen in den 105 Sedimentproben wurde durch das Kantonale Amt für Lebensmittelkontrolle Zug unter Anleitung von AquaPlus durchgeführt. Sie erfolgte indem die Proben mittels Salzsäure entkalkt und anschliessend mit Hilfe von Schwefelsäure und Kaliumnitrat oxidiert wurden. Nach der Entkalkung und der Heissoxidation wurde das Material mit destilliertem Wasser gewaschen. Die präparierten Kieselalgen wurden dann in das Kunstharz Naphrax eingebettet. Der für die Präparation nicht verwendete Anteil der Rohproben wurde an der EAWAG in Kastanienbaum durch Alois Zwysig gefriergetrocknet. Alle für die Kieselalgen aufbereiteten Sedimentproben, Präparate sowie allenfalls noch vorhandenes Rohmaterial werden bei AquaPlus archiviert.

Basierend auf einer Schnellzählung (= Anzahl Schalen pro Gesichtsfeld), mit welcher die 105 Sedimentproben betrachtet wurden, wurde festgestellt, dass ab einer Sedimenttiefe von rund 50 cm fast keine Kieselalgen mehr vorhanden waren (siehe Anhang A, relative Dichte der Kieselalgenschalen pro mikroskopisches Gesichtsfeld und Probe). Basierend auf dieser Erkenntnis wurde in Absprache mit dem Auftraggeber auf eine weitergehende Auszählung der Kieselalgen verzichtet. Die in Zusammenhang mit der Schnellzählung gemachten Beobachtungen, Erkenntnisse und Schlussfolgerungen werden in den Kapiteln Resultate und Schlussfolgerung aufgeführt.

5. Resultate

5.1 Kieselalgen-Stratigraphie und Korrosions- und Auflösungserscheinungen

Im Langkern LZ04-1 konnten unterhalb einer Sedimenttiefe von ca. 50 cm fast keine Kieselalgen mehr gefunden werden. Die im Rahmen der Schnellzählung festgestellten relativen Individuendichten sind in Anhang A grafisch und tabellarisch dargestellt. Trotz zeitintensiver Suche pro Präparat konnten in den Proben unterhalb 50 cm Sedimenttiefe bloss 67 Kieselalgen gefunden werden, wobei mit zunehmender Sedimenttiefe die Kieselalgendichte rasch abnahm. Ab einer Sedimenttiefe von rund 75 cm traten die Kieselalgen fast nicht mehr auf. Diese Gegebenheit erstaunte, da die Kieselalgen zu damaliger Zeit (vor ca. 1970 bis vor 1800) sicher im See lebend vorhanden waren. Es erstaunte auch, da der Lauerzersee mit einer maximalen Tiefe von rund 13 m nicht tief ist und damit Auflösungsprozesse mit grosser Sicherheit nicht beim damaligen Absinken (Sedimentieren) der toten Schalen erfolgen konnten. Das Fehlen der Kieselalgenschalen in älteren Sedimentschichten muss daher durch ein Auflösungsprozess im Sediment zustande gekommen sein.

Aufgrund einer kurzen Umfrage bei Personen, die ebenfalls mit Seesedimenten im geografischen Umfeld der Schweiz arbeiten, zeigte sich, dass im Bodensee-Obersee sich nach rund 50 Jahren Auflösungserscheinungen zeigen und nach rund 80-100 Jahren keine Kieselalgenschalen mehr vorhanden sind. Im Bodensee-Untersee sind die Kieselalgenschalen aber viel länger erhalten. Der Grund der Auflösung ist bis heute nicht bekannt (Angaben Dr. Reiner Kümmerlin, Institut für Seenforschung, Langenargen, Deutschland). Ähnliches konnte im Schliersee (Bayern, Deutschland) gefunden werden. Dort fehlen die Kieselalgenschalen ab einer Sedimenttiefe von 35 cm (Angaben Rolf Klee, Bayerisches Landesamt für Wasserwirtschaft, Wielenbach, Deutschland). Der Grund für die Auflösung der Kieselalgen im Sediment des Schliersees ist nicht bekannt.

Das Auflösen der siliziumhaltigen Kieselalgenschalen ist ein nicht unbekanntes Phänomen. In den jüngeren Sedimenten unserer Seen tritt es aber nur selten auf. Wir beobachteten dies vermutlich in einem ähnlichen Umfang erst einmal im Hallwilersee. In Sedimentschichten älter als 100 Jahren waren die Kieselalgenschalen auch nicht mehr vorhanden. Die ursächlichen Prozesse und die wichtigsten Faktoren, welche für das Auflösen der Schalen verantwortlich sein können, sind aber selten bekannt. In Frage kommen:

- Mechanische Beschädigungen der Schalen (z. B. Frass durch Zooplankton oder Benthosorganismen oder methodisch bedingt bei der Präparation),
- die Sedimenttiefe (Alter),
- die artspezifische Art und Weise und Dicke der Verkieselung der Schalen,
- die Auflösung der Schalen in sehr alkalischem Milieu (bei sehr hohen pH-Werten, $>> 9.5?$),
- die Rücklösung von gelöstem Silizium aus dem Sediment in die Wassersäule (je nach Siliziumgradient) und
- chemische Prozesse bei Grundwasser gespiesenen und dadurch ständig durchflossenen (gestörten) Sedimenten.

Im Lauerzersee könnte unserer Einschätzung nach vor allem der letztgenannte Prozess von Bedeutung sein. Dies daher, weil im Lauerzersee zumindest entlang einer Rippe (von der Insel Schwanau in Richtung Nordosten) fossiles Methan ausperlt (Büchi & Amberg 1983, Schwyzerische Naturforschende Gesellschaft 2003). Damit dürften gewisse Sedimentflächen und -bereiche von unten stän-

dig durchströmt werden. Dieser ständige Stofffluss könnte bewirken, dass chemische Gradienten aufrechterhalten bleiben oder verändert werden. Damit könnte allenfalls auch die Rücklösung von Kieselsäure beeinflusst werden. Diese Annahme ist spekulativ und keineswegs wissenschaftlich geprüft oder fundiert recherchiert. Auch Prof. B. Wehrli (Institut für Gewässerschutz/Wassertechnologie, ETH Zürich und Oberflächengewässer / SURF, EAWAG Kastanienbaum) hatte nach Erläuterung des Phänomens keine eindeutige und offensichtliche Erklärung für das Auflösen der Kieselalgenschalen im Lauerzersee.

5.2 Taxazahl und Hinweise bezüglich der Kieselalgen-Lebensgemeinschaften

Die Taxazahl kann aufgrund der kaum noch vorhandenen Kieselalgenschalen nicht eruiert werden. In den oberen rund 50 bis 75 cm Sediment traten noch etliche Taxa auf (bis 5 Taxa pro Probe), wobei in diesen Sedimentschichten auch planktische Taxa (v.a. Gattung *Cyclotella*) auftraten. Unterhalb 75 cm Sedimenttiefe waren die Proben praktisch ohne jegliche Schalen und planktische Arten waren auch nur vereinzelt vorhanden (v.a. Gattung *Cyclotella*). Die noch vorhandenen Kieselalgenschalen der Sedimentiefen 50 - 265 cm sind zu einem grossen Teil Aufwuchsarten. Das heisst diese Arten besiedelten damals das Ufer und mit Licht versehene ufernahe Sedimentoberflächen oder wurden über Fliessgewässer, z. B. während Hochwasserereignissen, eingeschwemmt.

In den beprobten Turbiditschichten konnten nie planktische Arten festgestellt werden. Es waren, wenn überhaupt, durchwegs Arten des Ufers oder Fliessgewässerarten.

5.3 Gesamtphosphor-Rekonstruktion und Hinweise zum Trophiegrad

Die Gesamtphosphor-Rekonstruktion konnte aufgrund der kaum vorhandenen Kieselalgenschalen nicht durchgeführt werden. Dazu müssten pro Probe oder über mehrere Proben hinweg mindestens 300 Kieselalgenschalen vorhanden sein. Aufgrund der heute im Sediment noch vorhandenen Schalen lassen sich aber wenige Hinweise zum Trophiegrad ableiten. So entsprach die Zusammensetzung der Kieselalgen im jüngsten Oberflächensediment, also im Bereich 0 bis 5 cm, aufgrund der Schnellzählung derjenigen im Oberflächensediment des im Jahre 2001 entnommenen Kerns (Aqua-Plus 2002). Es dominierten wiederum *Cyclotella ocellata* und *C. cyclopuncta* zusammen mit der für bis in hyperheutrophe Verhältnisse typische *Stephanodiscus parvus*. Zudem traten ebenfalls gehäuft *Asterionella formosa* und weitere *Cyclotella*-Arten auf. Diese Artenzusammensetzung ist typisch für einen eutrophen aber nicht mehr hypereutrophen See. Die im Sediment unterhalb 50 cm Tiefe vorhandenen planktischen Arten gehören dann ausnahmslos zur Gattung *Cyclotella* (v.a. *C. ocellata*, *C. radiosa*, *C. cyclopuncta*, *C. comensis*). Das im Oberflächensediment noch vorhandene Taxon *Stephanodiscus parvus* fehlte hier, wie dies bereits im Kern des Jahres 2001 beobachtet wurde (Aqua-Plus 2002). Die festgestellten *Cyclotella*-Arten kommen in oligo- bis mesotrophen oder leicht eutrophen Seen vor. Alle erwähnten Arten sind typisch für den Lauerzersee, wobei *Cyclotella comensis* nach AquaPlus (2002) im Lauerzersee-Sediment fast ausschliesslich nur unterhalb rund 40 cm Sedimenttiefe häufig war. *C. cyclopuncta*, *C. ocellata* und *C. radiosa* traten gehäuft in jüngeren Sedimentiefen und in Zusammenhang mit der stetigen Verbesserung des Trophiegrades auf (Oligotrophierung).

Die im Sediment unterhalb 50 cm Sedimenttiefe noch vorhandenen Aufwuchsarten sind typisch für nährstoffarme bis höchstens nährstoffreiche Verhältnisse. Keine der noch vorhandenen Arten toleriert aber erhöhte organische Belastungen. Es handelt sich um Arten, die an Seeufern und aber auch in Fließgewässern vorkommen können.

Aufgrund der heute noch im Sediment unterhalb 50 cm Sedimenttiefe vorhandenen Kieselalgenarten kann davon ausgegangen werden, dass der Lauerzersee im Zeitraum von ca. 1800 bis zur Eutrophierung in den 1960er und 1970er Jahren eher mesotrophe bis allenfalls schwach eutrophe Verhältnisse aufwies. Deutlich eutrophe und hocheutrophe Verhältnisse dürften gänzlich gefehlt haben.

6. Zusammenfassung und Schlussfolgerungen

Die vorliegende Studie hatte zum Ziel, die Trophiegrad- und die Gesamtphosphor-Entwicklung des Lauerzersees während der Zeitspanne von ca. 1800 bis ca. 1960 zu ermitteln. Diese Untersuchung ist von Interesse, weil der Lauerzersee im 20. Jahrhundert anthropogen bedingt eine bezüglich des Trophiegrades starke Veränderung durchgemacht hat und heute mittels externen Sanierungsmaßnahmen versucht wird, den Trophiegrad zu verbessern. Neben diesem reinen Rekonstruktionsaspekt sollen mit den Untersuchungen künftige chemische und biologische Sanierungsziele abgeleitet werden.

Da in den untersuchten Sedimentschichten praktisch keine Kieselalgen vorhanden waren, konnte dieses Ziel der Studie jedoch nicht erreicht werden. Es können aber für den Lauerzersee trotzdem einige wenige Schlussfolgerungen gemacht werden:

- In Sedimenttiefen von mehr als 50 cm bis 265 cm sind im Lauerzersee (tiefste Stelle) praktisch keine Kieselalgen vorhanden. Tiefere Sedimentschichten wurden nicht beprobt, so dass nicht bekannt ist, ob unterhalb 265 cm Kieselalgenschalen besser erhalten sind als oberhalb. Die Kieselalgenschalen dürften durch chemische Auflösungsprozesse innert kurzer Zeit (Jahre bis Jahrzehnte) aufgelöst werden. Wir können uns vorstellen, dass im Lauerzersee das Sediment aufgrund des fossilen Methanvorkommens (Ausperlen) von der Tiefe her ständig durchströmt und damit chemisch beeinflusst wird (Aufrechterhalten oder Verändern von Stoffgradienten, Rücklösung von biogener Kieselsäure). Das Methanvorkommen ist nach Büchi & Amberg (1983) und der Schwyzerischen Naturforschenden Gesellschaft (2003) belegt. Unsere Annahme, dass mit dem Aufsteigen des Methans chemische Prozesse zur Auflösung der biogenen Kieselsäure beitragen, ist aber spekulativ und keineswegs wissenschaftlich geprüft oder fundiert recherchiert.
- Im Oberflächensediment der Tiefen von 0 bis 5 cm dominierten dieselben Kieselalgentaxa wie dies bereits im Kern des Jahres 2001 festgestellt wurde, nämlich *Cyclotella ocellata*, *C. cyclopuncta* und *Stephanodiscus parvus*. Diese Artenzusammensetzung ist typisch für einen eutrophen aber nicht mehr hypereutrophen See.
- Unterhalb von 50 cm Sedimenttiefe traten an planktischen Arten nur noch Vertreter der Gattung *Cyclotella* auf. Es sind Arten wie sie zum Teil in den 1960er Jahren oder heute wieder lebend im Plankton des Lauerzersees vorkommen. Die festgestellten Arten kommen in oligo- bis mesotrophen und leicht eutrophen Seen vor. Arten für hocheutrophes Milieu fehlten gänzlich.
- An Aufwuchsarten wurden nur Taxa festgestellt, die nährstoffarmes bis nährstoffreiches Milieus bevorzugen. Arten, welche organische Belastungen tolerieren waren nicht vorhanden.
- Aufgrund der heute noch im Sediment unterhalb 50 cm Sedimenttiefe vorhandenen Kieselalgenarten kann davon ausgegangen werden, dass der Lauerzersee im Zeitraum von ca. 1800 bis zur Eutrophierung in den 1960er und 1970er Jahren eher mesotrophe bis allenfalls schwach eutrophe Verhältnisse aufwies. Deutlich eutrophe und hocheutrophe Verhältnisse dürften gänzlich gefehlt haben. Mit grosser Wahrscheinlichkeit war der Gesamtphosphorgehalt tiefer als 30 µg P/l.

7. Literaturverzeichnis

- AquaPlus (2002): Entwicklung des Gesamtphosphors im Lauerzersee anhand der im Sediment eingelagerten Kieselalgen. Rekonstruktion seit ca. 1968. Amt für Umweltschutz des Kantons Schwyz, 50 Seiten, unveröffentlicht.
- Büchi, U.P. & Amberg, R. (1983): Erdgasindikationen des schweizerischen Alpennordrandes. Bull. Vere. schweiz. Petroleum-Geol. u. -Ing., Vol 49, Nr. 177, Seiten 69-94.
- Schwyzerische Naturforschende Gesellschaft (2003): Geologie und Geotope im Kanton Schwyz. Berichte der Schwyzerischen Naturforschenden Gesellschaft, Heft 14. 1-130.

Anhang A

- **Probenentnahmeplan (Langkern, Sektionen LZ04-1-1A, -1B und -1C)**
- **Relative Kieselalgenschalendichte pro 1-cm-Sedimentschicht**
- **Grafische Darstellung der dominierenden Kieselalgentaxa**
- **Kieselalgen-Zählresultate (Schnellzählung)**

Langkern Lauerzersee / Probenentnahmeplan für Kieselalgen
 Sektion 1A: 0-84 cm; Sektion 1B: 85-184 cm, Sektion 1C: 185-283 cm
 Kernentnahme am 5.10.2004 durch Limnogeologie ETH Zürich

Legende

Turbiditerkennung anlässlich der Beprobung vom 23.8.2005:

Turbiditablagerungen

Goldauer Bergsturz

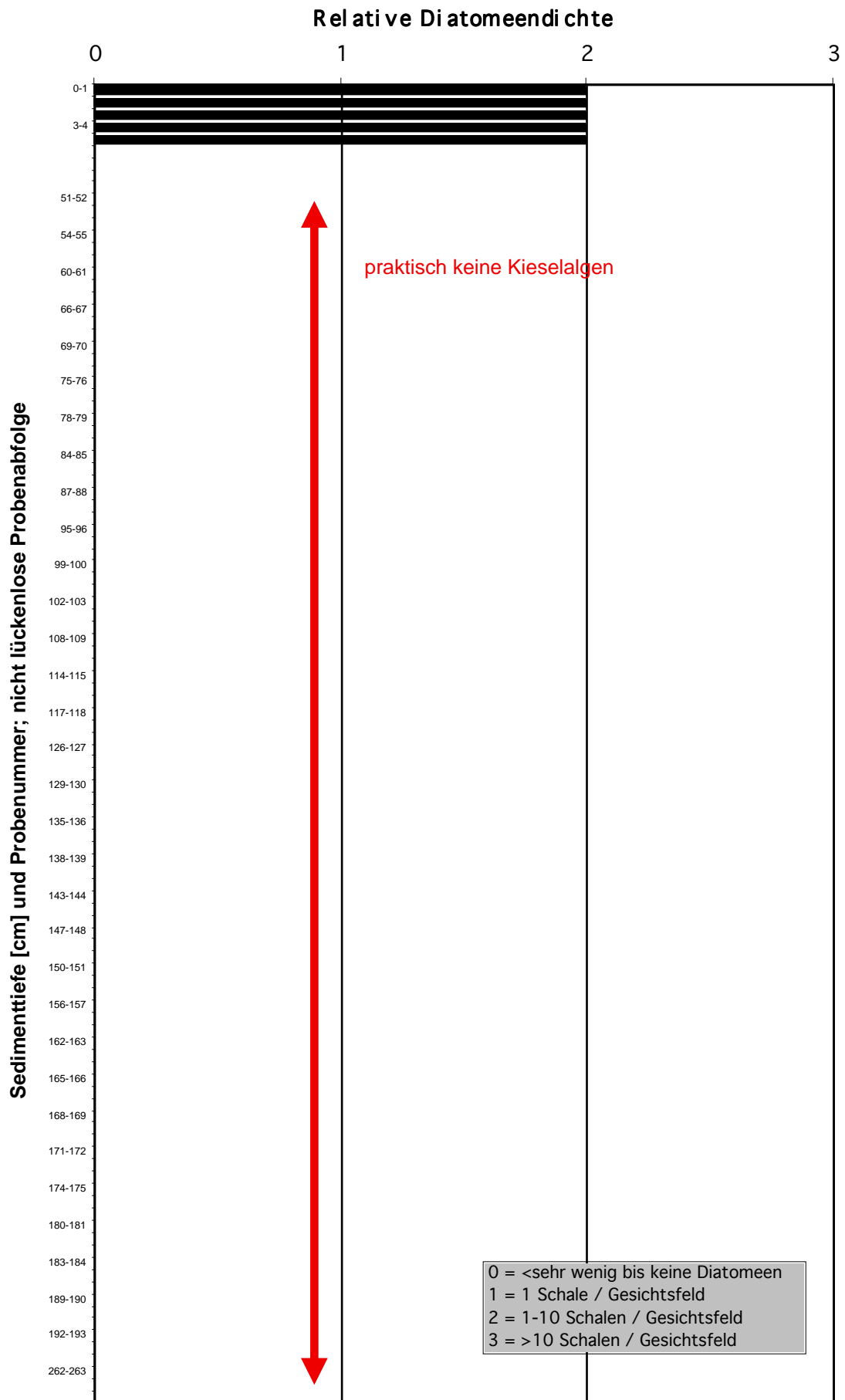
Rote Zahlen = Kieselalgenproben

Metrierung in Zentimeter durch AquaPlus. Diese Metrierung stimmt nicht mit derjenigen in Abbildung 1 überein.

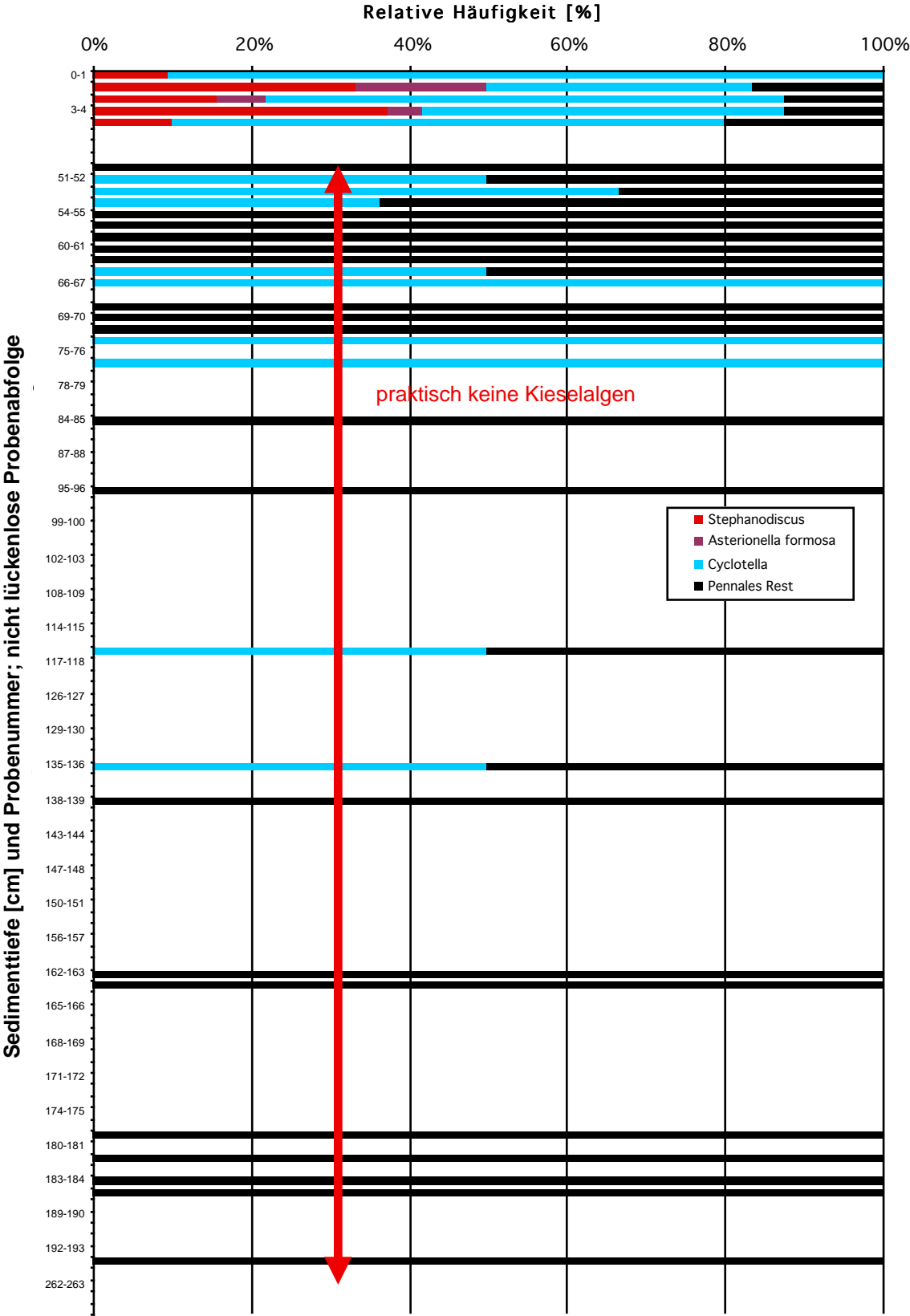
Sed.tiefe in cm			Sed.tiefe in cm			Sed.tiefe in cm			Sed.tiefe in cm			Sed.tiefe in cm			Sed.tiefe in cm		
von	bis	Nr.	von	bis	Nr.	von	bis	Nr.	von	bis	Nr.	von	bis	Nr.	von	bis	Nr.
0	1	1	50	51	51	100	101	101	150	151	151	200	201		250	251	
1	2	2	51	52	52	101	102	102	151	152		201	202		251	252	
2	3	3	52	53	53	102	103	103	152	153		202	203		252	253	
3	4	4	53	54	54	103	104		153	154		203	204		253	254	
4	5	5	54	55	55	104	105		154	155	155	204	205		254	255	
5	6		55	56		105	106		155	156	156	205	206		255	256	
6	7		56	57		106	107	107	156	157	157	206	207		256	257	
7	8		57	58		107	108	108	157	158	158	207	208		257	258	
8	9		58	59	59	108	109	109	158	159	159	208	209		258	259	
9	10		59	60	60	109	110	110	159	160		209	210		259	260	
10	11		60	61	61	110	111	111	160	161		210	211		260	261	
11	12		61	62	62	111	112		161	162		211	212		261	262	
12	13		62	63	63	112	113		162	163	163	212	213		262	263	
13	14		63	64		113	114		163	164	164	213	214		263	264	
14	15		64	65		114	115	115	164	165	165	214	215		264	265	
15	16		65	66		115	116	116	165	166	166	215	216				
16	17		66	67	67	116	117	117	166	167	167	216	217				
17	18		67	68	68	117	118	118	167	168	168	217	218				
18	19		68	69	69	118	119	119	168	169	169	218	219				
19	20		69	70	70	119	120		169	170	170	219	220				
20	21		70	71	71	120	121		170	171	171	220	221				
21	22		71	72		121	122		171	172	172	221	222				
22	23		72	73		122	123		172	173	173	222	223				
23	24		73	74		123	124		173	174	174	223	224				
24	25		74	75	75	124	125		174	175	175	224	225				
25	26		75	76	76	125	126	126	175	176	176	225	226				
26	27		76	77	77	126	127	127	176	177	177	226	227				
27	28		77	78	78	127	128	128	177	178		227	228				
28	29		78	79	79	128	129	129	178	179		228	229				
29	30		79	80		129	130	130	179	180		229	230				
30	31		80	81		130	131		180	181	181	230	231				
31	32		81	82		131	132		181	182	182	231	232				
32	33		82	83	83	132	133		182	183	183	232	233				
33	34		83	84	84	133	134	134	183	184	184	233	234				
34	35		84	85	85	134	135	135	184	185	185	234	235				
35	36		85	86	86	135	136	136	185	186		235	236				
36	37		86	87	87	136	137	137	186	187		236	237				
37	38		87	88	88	137	138	138	187	188		237	238				
38	39		88	89	89	138	139	139	188	189	189	238	239				
39	40		89	90		139	140	140	189	190	190	239	240				
40	41		90	91		140	141	141	190	191	191	240	241				
41	42		91	92		141	142		191	192	192	241	242				
42	43		92	93		142	143		192	193	193	242	243				
43	44		93	94		143	144	144	193	194		243	244				
44	45		94	95	95	144	145	145	194	195		244	245				
45	46		95	96	96	145	146		195	196		245	246				
46	47		96	97	97	146	147	147	196	197		246	247				
47	48		97	98		147	148	148	197	198		247	248				
48	49		98	99	99	148	149	149	198	199		248	249				
49	50		99	100	100	149	150	150	199	200		249	250				
5 Proben			32 Proben			32 Proben			31 Proben			0 Proben			5 Proben		

Total 105 Proben

Lauerzerseekern LZ04-1



Lauerzerseekern LZ04-1



Schnellzählung Lauerzersee

	0-1 cm / Probe 001	1-2 cm / Probe 002	2-3 cm / Probe 003	3-4 cm / Probe 004	4-5 cm / Probe 005	50-51 cm / Probe 051	51-52 cm / Probe 052	52-53 cm / Probe 053	53-54 cm / Probe 054	54-55 cm / Probe 055	58-59 cm / Probe 059	59-60 cm / Probe 060	60-61 cm / Probe 061	61-62 cm / Probe 062	62-63 cm / Probe 063	66-67 cm / Probe 067	67-68 cm / Probe 068	68-69 cm / Probe 069	69-70 cm / Probe 070	70-71 cm / Probe 071	74-75 cm / Probe 075	75-76 cm / Probe 076	76-77 cm / Probe 077	77-78 cm / Probe 078	78-79 cm / Probe 079	82-83 cm / Probe 083	
<i>Asterionella formosa</i>	1	2	1																								
<i>Cyclotella comensis</i>		3	2	4	1				4					1													
<i>Cyclotella cycloponcta</i>		14	15	8	14	1	2								2												
<i>Cyclotella pseudostelligera</i>		2		2																							
<i>Cyclotella sp.</i>																							2				
<i>Stephanodiscus hantzschii</i> < 12 µm	2	2	3	9	1																						
<i>Stephanodiscus parvus</i>	2	2	3	9	1																						
Pennales	1	4	3	4		1	1	1	7	2	1	1	5	1	1	4	2	4	2	5							
Zusammenfassung nach Gruppen	0-1	1-2	2-3	3-4	4-5	50-51	51-52	52-53	53-54	54-55	58-59	59-60	60-61	61-62	62-63	66-67	67-68	68-69	69-70	70-71	74-75	75-76	76-77	77-78	78-79	82-83	
<i>Cyclotella</i>	19	2	21	11	14	0	1	2	4	0	0	0	0	0	1	2	0	0	0	0	2	0	2	0	0	0	
<i>Asterionella formosa</i>	0	1	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
<i>Stephanodiscus</i>	2	2	5	9	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Pennales	0	1	4	3	4	1	1	1	7	2	1	1	5	1	1	0	0	4	2	5	0	0	0	0	0	0	
Total Anzahl gefundene Schalen	21	6	32	24	20	1	2	3	11	2	1	1	5	1	2	2	0	4	2	5	2	0	2	0	0	0	
Taxaliste der Pennales und Chrysophyceen-Schuppen																											
<i>Achnanthes biasolettiana</i>									2																		
<i>Achnanthes minutissima</i>									2																		
<i>Amphora pediculus</i>					4								2														
Chrysophyceen-Schuppen					1	1																					
<i>Fragilaria acus</i> (Bruchstück)																											
<i>Fragilaria tenera</i>					1																						
<i>Fragilaria ulna</i> (Bruchstück)																											
<i>Fragilaria ulna</i> var. <i>acus</i>					1																						
<i>Gomphonema micropus</i>																											
<i>Gomphonema olivaceum</i>																											
<i>Gomphonema olivaceoides</i>						1																					
<i>Gyrosigma acuminatum</i> (Bruchstück)																											
<i>Navicula concentrica</i>																											
<i>Navicula lanceolata</i>																											
<i>Navicula subhamulata</i>																											
<i>Navicula tripunctata</i>																											
<i>Neidium ampliatum</i>																											
Nicht bestimmte Pennales																											
<i>Nitzschia dissipata</i>																											
<i>Nitzschia sociabilis</i>																											
<i>Nitzschia sp.</i>																											
<i>Surirella gracilis</i>																											

Schnellzählung Lauerzersee

	83-84 cm / Probe 084	84-85 cm / Probe 085	85-86 cm / Probe 086	86-87 cm / Probe 087	87-88 cm / Probe 088	88-89 cm / Probe 089	94-95 cm / Probe 095	95-96 cm / Probe 096	96-97 cm / Probe 097	98-99 cm / Probe 099	99-100 cm / Probe 100	100-101 cm / Probe 101	101-102 cm / Probe 102	102-103 cm / Probe 103	106-107 cm / Probe 107	107-108 cm / Probe 108	108-109 cm / Probe 109	109-110 cm / Probe 110	110-111 cm / Probe 111	114-115 cm / Probe 115	115-116 cm / Probe 116	116-117 cm / Probe 117	
<i>Asterionella formosa</i>																							
<i>Cyclotella comensis</i>																							
<i>Cyclotella cyclopuncta</i>																							
<i>Cyclotella ocellata</i>																							
<i>Cyclotella pseudostelligera</i>																							
<i>Cyclotella radiosa</i>																							
<i>Cyclotella</i> sp.																							
<i>Stephanodiscus hantzschii</i> < 12 µm																							
<i>Stephanodiscus parvus</i>																							
Pennales	1							1															2
Zusammenfassung nach Gruppen	83-84	84-85	85-86	86-87	87-88	88-89	94-95	95-96	96-97	98-99	99-100	100-101	101-102	102-103	106-107	107-108	108-109	109-110	110-111	114-115	115-116	116-117	
<i>Cyclotella</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
<i>Asterionella formosa</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
<i>Stephanodiscus</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Pennales	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	
Total Anzahl gefundene Schalen	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	
Taxaliste der Pennales																							
<i>Nitzschia recta</i>																							
<i>Navicula cryptotenella</i>																							

Schnellzählung Lauerzersee

147-148 cm / Probe 148	148-149	149-150	150-151 cm / Probe 151	154-155 cm / Probe 155	155-156 cm / Probe 156	156-157	157-158	158-159	162-163	163-164	164-165	165-166 cm / Probe 166	166-167 cm / Probe 167	167-168	168-169	169-170 cm / Probe 170	170-171 cm / Probe 171	171-172 cm / Probe 172
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Asterionella formosa	2	1																
Cyclotella comensis																		
Cyclotella cycloponcia																		
Cyclotella ocellata																		
Cyclotella pseudostelligera																		
Cyclotella radiosa																		
Cyclotella sp.																		
Stephanodiscus hantzschii < 12 µm																		
Stephanodiscus parvus																		
Pennales																		

Zusammenfassung nach Gruppen	147-148	148-149	149-150	150-151	154-155	155-156	156-157	157-158	158-159	162-163	163-164	164-165	165-166	166-167	167-168	168-169	169-170	170-171	171-172
Cyclotella	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Asterionella formosa	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Stephanodiscus	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Pennales	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Total Anzahl gefundene Schalen	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0

Taxaliste der Pennales																			
Cymbella ehrenbergii																			
Gyrosigma acuminatum (Bruchstück)										2									

