© Basler Botanische Gesellschaft; download https://botges.ch/ und www.zobodat.at

Bauhinia *10* (1992) 209–226

Der Tuetensee, Kt. Luzern

Zur Problematik kleiner Naturschutzgebiete in Regionen mit intensiver landwirtschaftlicher Nutzung

Meinrad Küttel, Bern

Manuskript eingegangen am 19. November 1991

Abstract

In lake Tueten, a nature reserve in the Canton of Lucerne, all submerse aquatic plants have disappeared, a sign of eutrophic conditions. Hydrochemical analysis of the water of the lake and its tributaries shows that the main cause of this eutrophy is agriculture. Other problems as geomorphologicals are also discussed and solutions proposed.

Einleitung

In den vergangenen Jahren wurden von der Öffentlichkeit zunehmend mehr Gelder für den Naturschutz aufgewendet. Die für den Natur- und Landschaftsschutz zuständige Hauptabteilung des Bundesamtes für Umwelt, Wald und Landschaft (BUWAL), wie auch verschiedene kantonale Ämter wurden personell aufgestockt. Die gesetzlichen Rahmenbedingungen wurden auf Bundesebene und ebenso in manchen Kantonen verbessert oder gar erst geschaffen. Die Zahl der internationalen Übereinkommen, die den Schutz der wildlebenden Organismen bezwecken, nimmt zu. Neue, reich illustrierte Naturbücher und Broschüren auf Hochglanzpapier erschienen.

Das wäre an sich eine ganz erfreuliche Entwicklungstendenz, stände ihr nicht eine andere gegenüber. Die Zahl der in der Schweiz ausgerotteten oder hochgradig gefährdeten Pflanzen- und Tierarten steigt beachtlich, kenntlich auch an der zunehmenden Zahl der Roten Listen (z. B. LANDOLT 1991). Im Umweltbericht 1990 (BUWAL 1991) wurden die Fakten klar und unbeschönigt dargestellt. Gemessen an der Zahl und dem Inhalt der gesetzlichen Regelungen ist heute ein Zustand erreicht, den es gar nicht geben dürfte. Es ist anscheinend wirklich so, wie RUOSS (1990) festgestellt hat, dass der Vollzug der Gesetze der Paragraphenproduktion hinterherhinkt und zudem eine rasche Besserung nicht zu erwarten ist. Wegen der schleichenden Umweltvergiftung ist es sogar schon so weit, dass in der Schweiz ausgerottete Arten trotz geeigneter Biotope nicht wieder eingebürgert werden können, wie das Beispiel des Fischotters zeigt (BUWAL 1990).

Hinter den abstrakten Zahlen – z. B. 39% der Schmetterlinge sind gefährdet (BUWAL 1991) – finden sich konkrete Biotope, die beeinträchtigt, isoliert, beschädigt oder gar irreparabel zerstört wurden. Dahinter verbergen sich als Akteure in den allermeisten Fällen nicht irgendwelche Naturgewalten, sondern ganz konkrete Menschen, die aus welchen Gründen auch immer, mit ihren Taten oder auch den unter-

© Basler Botanische Gesellschaft; download https://botges.ch/ und www.zobodat.at

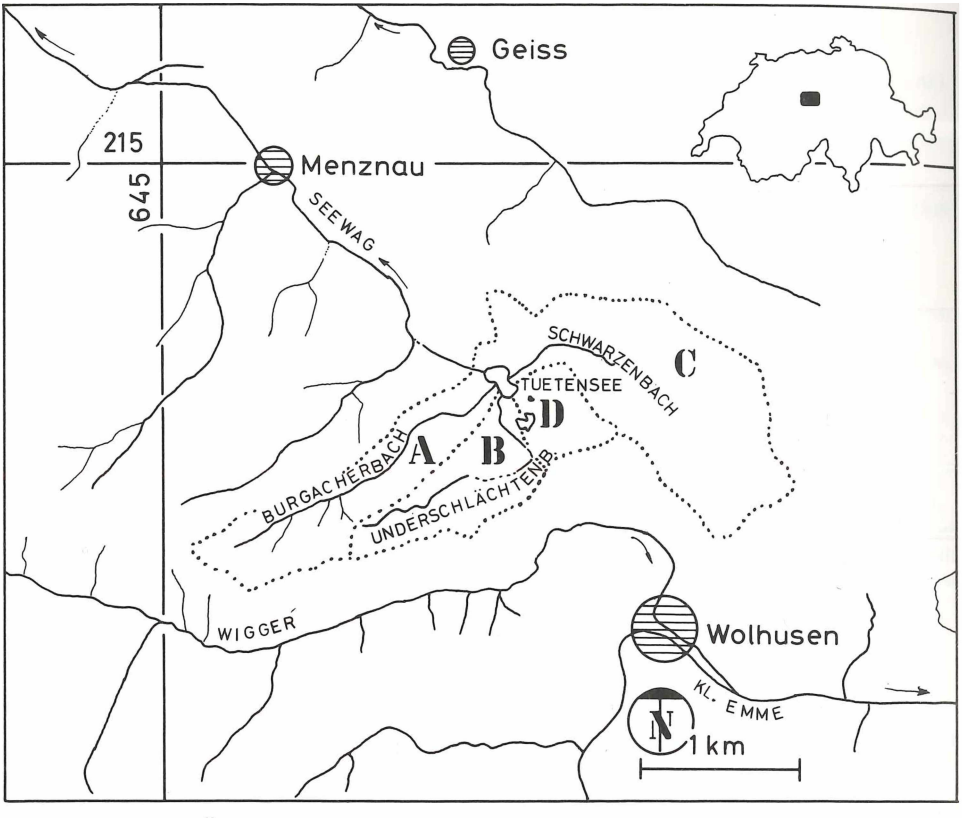


Abb. 1 Geographische Übersicht. Die hydrologischen Einzugsgebiete A, B, C und D sind punktiert umgrenzt.

lassenen Handlungen zur Situation beitrugen. Es geht nun aber primär nicht darum, Schuldige zu finden, sondern die sozialen, ökonomischen oder auch ökologischen Mechanismen aufzudecken, die richtigen Schlüsse zu ziehen und entsprechend zu handeln.

Das folgende Beispiel soll dazu beitragen. Die Untersuchungen wurden im Rahmen eines Sanierungsprojektes des Amtes für Natur- und Landschaftsschutz Luzern durchgeführt. Die Kosten für die wasserchemischen Analysen übernahm verdankenswerterweise das Amt für Umweltschutz des Kantons Luzern.

Die dargestellten Probleme sind nicht allein für die Zentralschweiz typisch. Die Erfahrungen im praktischen Naturschutz zeigen nämlich, dass vergleichbare Fälle in sehr vielen in- und ausländischen Gebieten mit intensiver Landwirtschaft zu finden sind.

Naturräumliche Ausgangssituation

Zwischen Wolhusen und Willisau verläuft das relativ breite Tal der Seewag. Von Wolhusen herkommend, trifft man nach Überwindung einer Schwelle auf den kleinen Tuetensee, der in die Seewag entwässert (Abb. 1).

© Basler Botanische Gesellschaft; download https://botges.ch/ und www.zobodat.at

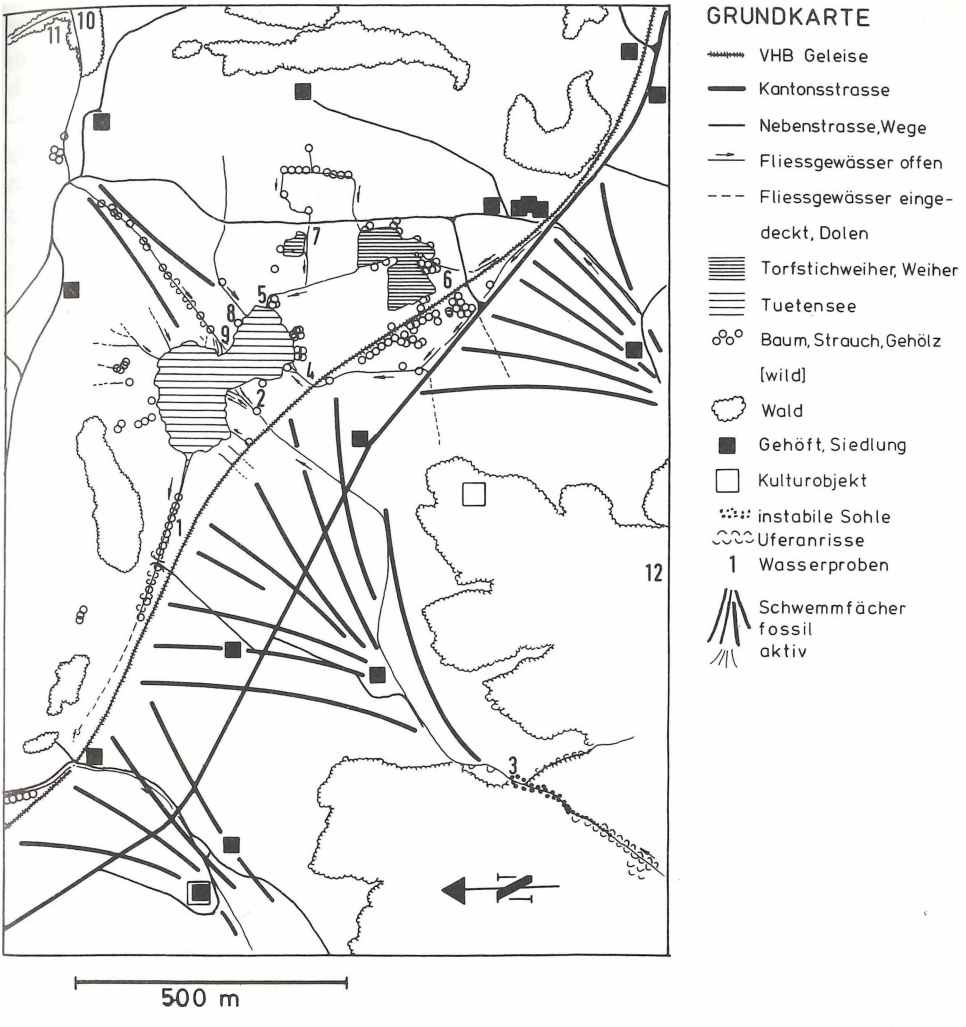


Abb. 2 Grundkarte der Tuetenseeumgebung.

Die Erklärung, wieso sich hier ein derart breites Tal gebildet hat, das typische Flusswindungen aufweist und in die Molasse eingeschnitten ist, liegt in den geologischen Voraussetzungen sowie der Formenbildung im Laufe der Eiszeiten. Die Menznauer Talung liegt am Übergang der Konglomeratfazies (Napfschuttfächer) zur Sandstein-Mergelfazies der Oberen Süsswassermolasse. Während des Hochwürms drang der Wolhuser Arm des Aare-Reuss-Gletschers von Luzern gegen Wolhusen und weiter nördlich vor. Dadurch wurde die Kleine Emme immer mehr gegen NW abgedrängt. Als westliche Leitlinie dienten die Napfvorberge, an deren Rand sich eine randglaziale Entwässerungsrinne, eben die heutige Menznauer Talung, entwickelte, welche nach dem Rückzug des Eises im Spätwürm, als der Durchfluss der Kleinen Emme über Wolhusen-Werthenstein-Malters zur Reuss hin wieder offen war, trocken fiel (s. z. B. HANTKE 1968).

© Basler Botanische Gesellschaft; download https://botges.ch/ und www.zobodat.at

Die Untergliederung des Tales geht auf Schuttfächer zurück, die vor allem die Napfbäche produziert haben. Zu den bedeutenderen gehören im Bereich der Geländekammer Tuetensee derjenige der Wigger (Zufluss zur Kleinen Emme), der sich mit demjenigen des Underschlächtenbaches vereinigt hat. Dieser fliesst jedoch bereits in den Tuetensee. Der nächstfolgende Schwemmfächer ist derjenige des Burgacherbaches. Ihm direkt gegenüber hat der Schwarzenbach einen flacheren Schwemmkegel geschüttet (Abb. 2). Die Korrekturen an den verschiedenen Bächen hatten zur Folge, dass sich am See selber kleinere Schuttfächer 2. Ordnung gebildet haben (aktive Delten), von denen insbesondere diejenigen des Burgacherbaches und des Schwarzenbaches sehr ausgeprägt sind.

Angaben über die klimatischen Verhältnisse sind den Daten der Station Werthenstein (594 m ü. M.) zu entnehmen. Danach beträgt im langjährigen Mittel die Jahresdurchschnittstemperatur 7,3°C und der Jahresniederschlag 1220 mm. Das Niederschlagsmaximum liegt im Juni, das Temperaturmaximum im Juli. Die Vegetationsdauer beträgt ca. 7 Monate (aus KÜTTEL 1989).

Das Einzugsgebiet des Tuetensees besteht im wesentlichen aus 4 Teilgebieten (s. Abb. 1). Es sind A Burgacherbach (höchster Punkt 860 m ü. M.), B Underschlächtenbach (835 m ü. M.), C Schwarzenbach (697 m ü. M.) und D Merzhubel (697 m

Tabelle 1. Hydrographische Daten des Tuetensees

Koordinaten (Zentrum)	647 070 / 213 640
Höhe ü. M.	607 m
Oberfläche nach Plan aus dem Jahre 1888	265,6 a
nach Grundbuchplan 1956	251,81 a
nach LK 1:25 000 Bl. Wolhusen	250 a
= 94% der Fläche von 1888	
Mittlere Tiefe bei einem Wasserspiegel von 25,5 cm	156 cm
im Südbecken	123 cm
im Nordbecken	169 cm
Maximale Tiefe	239 cm
Volumen	39 000 m^3
Mittlere Aufenthaltszeit des Wassers	9,18 Tage

Tabelle 2. Grösse der Einzugsgebiete

A Burgacherbach		79,81 ha	
bewaldet	58,24 ha = 73%		
B Underschlächten		47,96 ha	
bewaldet	26,02 ha = 54%		
Subtotal			127,77 ha
bewaldet	84,26 ha = 66%		
C Schwarzenbach		155,83 ha	
bewaldet	1,17 ha = 0,7%		
D Merzhubel		24,17 ha	
bewaldet	1,92 ha = 2,2%		
Subtotal			180 ha
bewaldet	3,09 ha = 1,7%		
Gesamttotal			307,77 ha
bewaldet	87,35 ha = 28%		

© Basler Botanische Gesellschaft; download https://botges.ch/ und www.zobodat.at

ü. M.). Die hydrographischen Daten des Tuetensees, hier erstmals erhoben, können den Tabellen 1 und 2 entnommen werden.

Die Wasserführung, insbesondere auch der Hauptzuflüsse, hängt vor allem von der momentanen Witterung ab. Um die Grössenordnung der Wasserführung der Hauptzuflüsse im Verhältnis zueinander abschätzen zu können, wurden Flügelmessungen durchgeführt. In der Tab. 3 sind die Daten der Messungen vom 19. Juni 1990 dargestellt.

Tabelle 3. Wasserführung verschiedener Bäche am 19. Juni 1990

Schwarzenbach	2,3 $m^3 \times min^{-1}$
Burgacherbach	0,6 $m^3 \times min^{-1}$
Underschlächtenbach	0,24 $m^3 \times min^{-1}$

Für den Tuetensee waren keine Tiefenangaben bekannt, resp. die vorhandenen erschienen unglaubwürdig. Deshalb wurden vom Eis aus eine Reihe von Lotungen durchgeführt, die auch für die Berechnung der mittleren Tiefe verwendet wurden. Die Tiefenangaben sind bezogen auf einen Seespiegel von +25,5 cm eines bestimmten, frei definierten Pegels. Für das Süd-Becken wurde aus 62 Lotungen eine mittlere Tiefe von 123 cm errechnet. Für das Nord-Becken ergeben sich aus 102 Lotungen 169 cm. Für den See insgesamt bedeutet dies aufgrund von 153 Lotungen eine mittlere Tiefe von 156,45 cm. Das Süd-Becken ist also seichter als das Nordbecken, in dem sich die grössten Tiefen befinden (Maximum 239 cm, im östlichen Teil).

In den Transekten (Abb. 4) zeigen sich klar die steilen Ufer, mit Ausnahme der Deltabereiche des Schwarzenbaches und des Burgacherbaches.

Der Tuetensee wird ringsum von Flachmooren begleitet (Abb. 3), die im Rahmen dieser Arbeit nicht näher behandelt werden können. Es handelt sich nach BOLZERN et al. (1988) zum grössern Teil um Gesellschaften des Caricions davallianae, des Filipendulions und des Molinions, wobei typische Ausbildungen des Molinions nicht vorkommen. Alle Flachmoore werden randlich durch Nährstoffzufuhr aus den intensiv gedüngten Fettwiesen und von der Seeseite wahrscheinlich auch durch das nährstoffreiche Seewasser (s. unten) beeinflusst. Zumindest eine Parzelle ist seit der Unterschutzstellung im Jahre 1970 widerrechtlich in eine nasse Fettwiese umgewandelt worden. Die Flachmoore sind im Inventar der Flachmoore von nationaler Bedeutung (unpubl.) aufgeführt. Das heisst, sie müssen erhalten bleiben. Darüberhinaus ist im nördlichen Teil ein Zwischenmoorkomplex ausgebildet, der eine Reihe selten gewordener Arten beherbergt (z. B. *Drosera rotundifolia, D. anglica, D. intermedia, Oxycoccus quadripetalus, Andromeda polifolia, Salix repens, Menyanthes trifoliata*). Dieses Zwischenmoor ist ebenfalls von nationaler Bedeutung (s. Hochmoorverordnung 1991).

LACHAVANNE et al. (1986) haben im Rahmen der Bestandesaufnahmen über die Wasserpflanzen der Schweizer Seen auch den Tuetensee untersucht. Submerse Arten wurden keine gefunden. Leider sind keine umfassenden Angaben über die früheren Verhältnisse vorhanden. Die Suche in STEIGER (1860) war erfolglos. Nach der neuen Flora des Kantons Luzern (1985) müssen Laichkräuter früher jedoch vorgekommen sein. Nachgewiesen sind *Potamogeton nodosus* (1969) sowie *Potamogeton crispus*

© Basler Botanische Gesellschaft; download https://botges.ch/ und www.zobodat.at

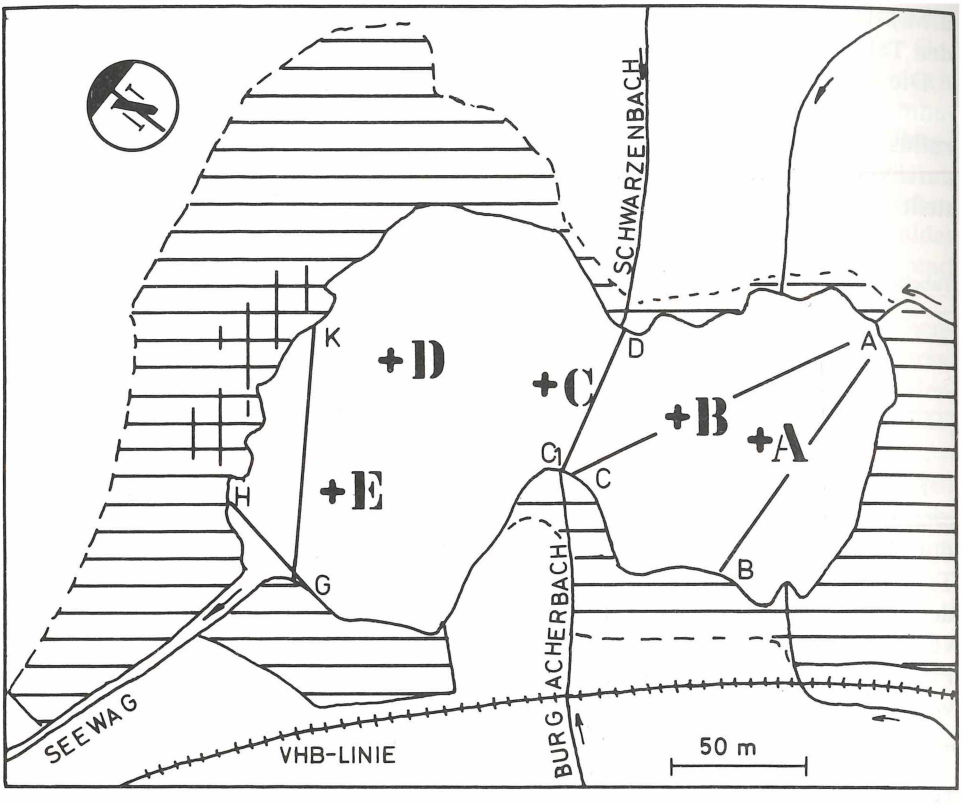


Abb. 3 Tuetensee: Horizontal schraffiert: angrenzende Flachmoore; vertikal schraffiert: Zwischenmoorkomplex; Kreuze: Seeprofile; im See: Lage der Transekte der Abb. 4.

(1938). Noch um 1980 war *Nymphaea alba* vorhanden. LACHAVANNE et al. nennen sie bereits nicht mehr. Jetzt wuchert allein *Nuphar luteum.*

Seit ein paar Jahren werden im Rahmen des Programms «Regelmässige Untersuchung von Oberflächengewässern» durch das Amt für Umweltschutz in Luzern am Auslauf des Tuetensees im Prinzip jährlich einmal Wasserproben entnommen und daran verschiedene Parameter gemessen. Diese Analysen zeigen, dass sowohl die Gehalte an Gesamtphosphor als auch an anorganischem Stickstoff erhöht sind und auf ein nährstoffreiches Gewässer hinweisen. Diese Daten, sowie das Fehlen der submersen Wasserpflanzen, waren der Anstoss dafür, näher abzuklären, aus welchen Quellen und über welche Zuflüsse die Nährstoffe stammen.

Wasseranalysen

Eine Vorbemerkung: Es ist klar, dass aufgrund der geringen Datendichte kaum statistisch abgesicherte Schlüsse gezogen werden dürfen. Vielmehr geht es darum, Auffälligkeiten zu erkennen. Zu den einzelnen Messstellen ist folgendes zu bemerken:

© Basler Botanische Gesellschaft; download https://botges.ch/ und www.zobodat.at

TUETENSEE TRANSEKTE

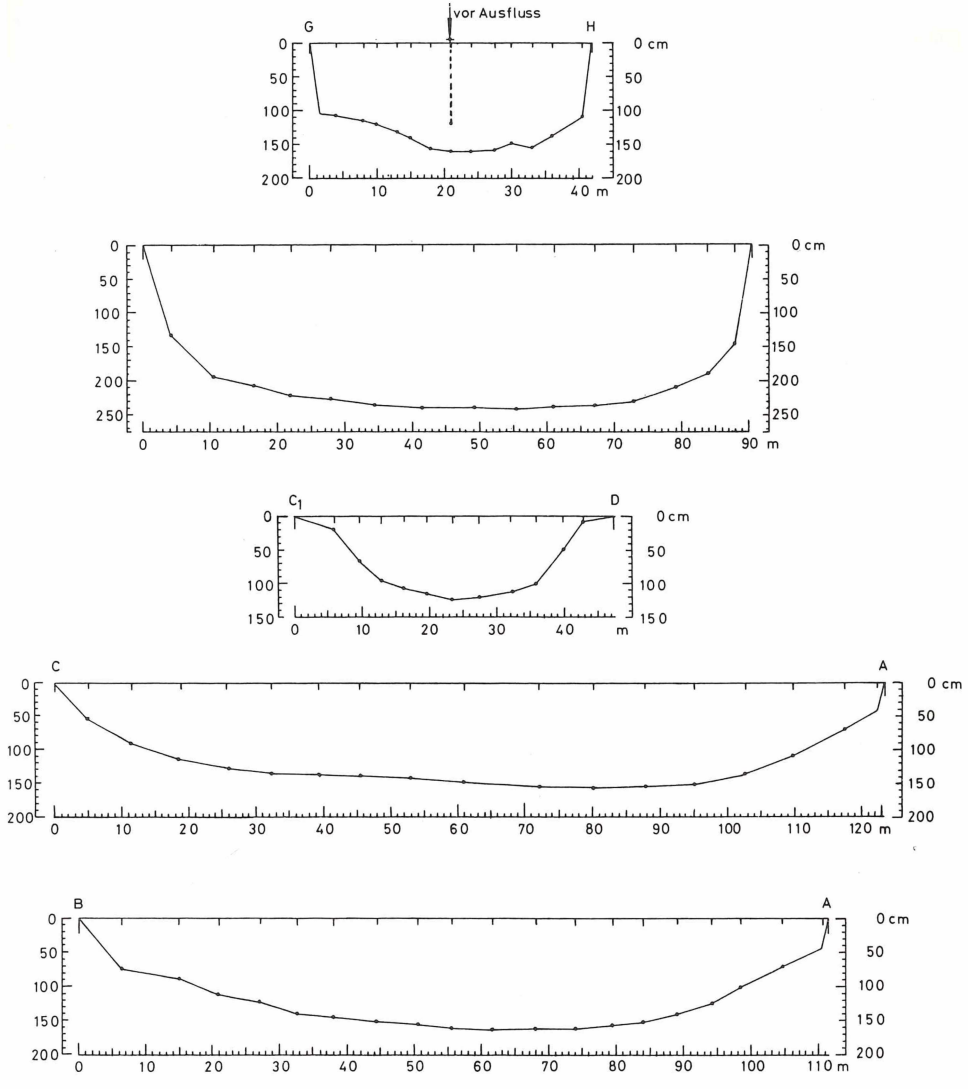


Abb. 4 Tuetensee-Transekte. Lage: s. Abb. 3.

1 Tuetenseeausfluss, identisch mit der Messstelle des Programmes zur regelmässigen Untersuchung von Oberflächengewässern.
2 Burgacherbach vor Eintritt in den See.
3 Burgacherbach beim Austritt aus dem Äbnetwald. Da sein Quellgebiet fast vollständig bewaldet ist, dient dieser Punkt insbesondere zur Messung der Hintergrundbelastung.
4 Underschlächtenbach vor Eintritt in den See.
5 Graben vor Eintritt in den See. Er entwässert die beiden Torfstichweiher.
6 Dieses namenlose Bächlein fliesst nur in seinem untersten Teil frei. Der Rest ist eingedolt. Er entwässert das Gebiet Merzhubel und muss (s. unten) in Verbindung stehen mit Klärgruben der Siedlung Seeblick.

© Basler Botanische Gesellschaft; download https://botges.ch/ und www.zobodat.at

7 Graben, der einen mit Müll nicht eindeutiger Herkunft verfüllten Torfstich nördlich der Zufahrt zur Liegenschaft Seeburg entwässert.
8 Namenloser Zufluss, im obern Teil eingedolt. Er entwässert einen Grossteil der Liegenschaft Unterberg.
9 Schwarzenbach vor Eintritt in den See.
10 Schwarzenbach beim Austritt aus der Sammelröhre. Der gesamte obere Abschnitt des Schwarzenbaches, der ein relativ grosses Gebiet entwässert, ist leider eingedolt und sammelt Dolen- und Meteorwasser.
11 Kleiner Zufluss zum Schwarzenbach.
12 Diese Probestelle im Äbnetwald kam erst ab der zweiten Messserie hinzu. Hier kann ebenfalls die Hintergrundbelastung festgestellt werden.

Die Lage der Mess-Profile im Tuetensee (A bis E) ist auf der Abb. 3 festgehalten. Die gemessenen Parameter sind in der Tabelle 4 dargestellt. Die erste Messreihe (19.2.1990) diente der Orientierung. Das weitere Programm (Messungen am 19.5. und 19.9.1990) wurde je nach Bedürfnis abgeändert. Daraus ergab sich folgendes Programm (Tab. 4):

Tabelle 4. Gemessene Parameter

Parameter	Messstelle																
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	A	B	C	D	E
Temp.	×	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
O_2	×	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
el. Leitf.	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	●	●	●	●	●	●
pH	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	●					
Chlorid	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	●					
Sulfat	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	●					
PO_4-P	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	●					
P_{ges}	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	●					
NH_4-N	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	●					
NO_3-N	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	●					
NO_2-N	×		◆			●	●			○●		●					
DOC	×					×	×	*	●			●					

Erläuterungen: × ab 19.2.1990: ● ab 19.6.1990; ○ 9.5.1990; * nur 19.9.1990; ◆ nur 19.6.1990; DOC gelöster organischer Kohlenstoff (Dissolved Organic Carbon).

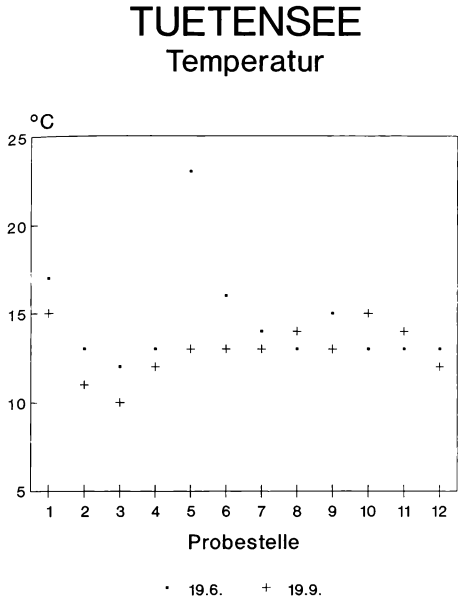
Zur Beurteilung wurden auch die Daten der Messreihe «Regelmässige Untersuchung von Oberflächengewässern», die allerdings inhomogen ist, beigezogen. Vom Ansatz her sollten die Werte eigentlich typisch sein für den Zustand gegen das Ende der Winterstagnation bei offenem Wasser. Doch wurden die Daten für 1979 Ende Dezember 1978 erhoben, und für 1985 fehlen sie.

Ergebnisse der physikalischen und chemischen Wasseranalysen

Hier werden nur die wichtigsten Parameter dargelegt.

Temperaturreihen (Abb. 5) liegen vom 19. Juni und 29. September 1990 vor. Bemerkenswert ist, dass der Messpunkt 3 (Burgacherbach) je die tiefsten Werte aufweist. Dies deutet auf einen hohen Anteil von Quellwasser hin. Eine Rolle spielen aber

© Basler Botanische Gesellschaft; download https://botges.ch/ und www.zobodat.at



19.6.1990, 19.9.1990

Abb. 5 Temperaturen der Tuetenseezuflüsse und des Abflusses.

sicher auch die Verhältnisse entlang der Laufstrecke (schattiges Tobel im Wald). Bemerkenswert ist ferner, dass die Septemberwerte der Messpunkte 8, 10 und 11 höher sind als die Juniwerte. Dies kann dahingehend gedeutet werden, dass hier Wasser aus Böden (Drainage-Wasser) beteiligt ist. Die Begründung für diese Deutung liegt in der Verzögerung des Jahreswärmeganges im Boden gegen die Lufttemperatur, die ab ca. 1 m Bodentiefe schon deutlich erkennbar ist (s. MÜCKENHAUSEN 1985).

pH: Die pH-Werte (Abb. 6) liegen alle im schwach basischen Bereich mit Ausnahme des Septemberwertes von Nr. 7 und zeigen keine auffälligen Abnormitäten.

Elektrische Leitfähigkeit: Die elektrische Leitfähigkeit (Abb. 6) setzt sich physikalisch betrachtet aus der Summe der Leitfähigkeit der einzelnen Ionen von Elementen zusammen, die teils geogenen, teils zivilisatorischen Ursprungs sind. Zu den letzteren gehören insbesondere Na und Cl. Nimmt man die Daten der Messpunkte 3 und 12 als Referenz, so sind die Werte der Punkte 6 bis 11 erhöht, und zwar zu allen Messzeitpunkten. Zum Vergleich: Die elektr. Leitfähigkeit der Reuss bei Luzern liegt zwischen 140–223 μs/cm (LEUPI 1991). Eine gewisse Belastung ist hier somit nachzuweisen. Problematisch ist aber natürlich nicht die erhöhte elektrische Leitfähigkeit im vorliegenden Rahmen an sich, sondern was sich dahinter verbirgt, nämlich die Konzentrationserhöhung verschiedener, teils pflanzenphysiologisch hochwirksamer Ionen (s. unten).

Ammonium- und Nitrat-Stickstoff (Abb. 7): Ammonium entsteht durch den Abbau stickstoffhaltigen organischen Materials und wird unter aeroben Bedingungen durch Oxidation zu Nitrat eliminiert. Bei abnehmenden Wassertemperaturen wird der Oxidationsprozess stärker verlangsamt, als die Freisetzung durch den Abbau. Aus der

© Basler Botanische Gesellschaft; download https://botges.ch/ und www.zobodat.at

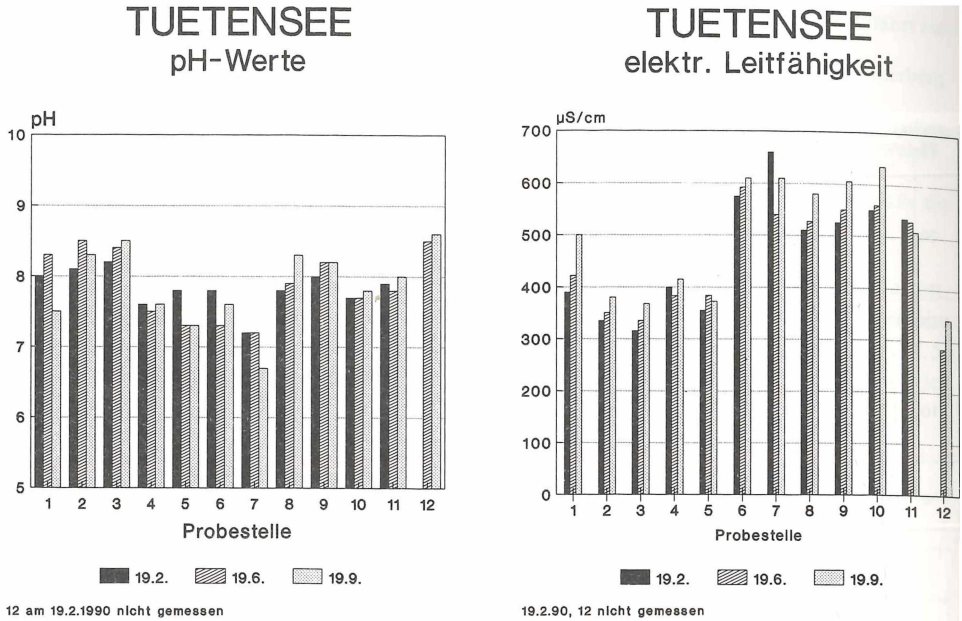


Abb. 6 pH-Werte und elektrische Leitfähigkeit der Tuetenseezuflüsse und der Abflusses.

Abb. 7 geht klar hervor, dass die niedrigsten Ammonium-Werte in den Referenzproben 3 und 12 gefunden wurden. Demgegenüber sind die Werte aller andern Proben zu allen Messzeitpunkten erhöht. Stark erhöht sind sie bei den Proben 6, 7 und am 9. Mai bei 10. Das Qualitätsziel der Verordnung über Abwassereinleitungen vom 8. Dezember 1975 (SR 814.225.21, im folgenden als VO Abwassereinleit. zitiert), nämlich $<0{,}5$ mg NH_4-N/l, wird hier bei weitem nicht erreicht. Wiederum zum Vergleich: Der Ammonium-N-Gehalt des Reusswassers bei Luzern schwankt zwischen 0,02 und 0,06 mg N/l (Leupi 1991).

Bezüglich des Nitratstickstoffes ist folgendes bemerkenswert. Ausser bestimmten Details (meist abnehmende NO_3-Gehalte im Laufe des Jahres) können drei Gruppen mit je ähnlich hohen Werten ausgeschieden werden. Das sind 1. die Nr. 7 mit extrem tiefen Werten, 2. die Nr. 1 bis 6 und 12, 5 ausgenommen, mit mittleren Werten und 3. die Nr. 8 bis 11 mit den höchsten Werten. Die Nr. 5 vermittelt zwischen der ersten und der zweiten Gruppe. Angesichts des eingangs dargestellten Ammonium-Nitrat-Mechanismus ist der tiefe Nitrat-N-Wert der Messstelle Nr. 7 verständlich und überdies ein Hinweis auf anoxische Bedingungen. Das Qualitätsziel der zitierten VO Abwassereinleit., $<5{,}6$ mg Nitrat-N/l, wird von der Gruppe mit den höchsten Werten nur knapp und nicht stets erreicht.

Die verschiedenen N-Konzentrationen des Tuetenseeabflusses (Abb. 9) zeigen zwar ein uneinheitliches Bild, jedoch auch, dass die Messwerte von 1990 im mehrjährigen Rahmen liegen.

o-Phosphat- und Gesamtphosphor (Abb. 8): Der Phosphor spielt im Nährstoffhaushalt der Gewässer eine ganz bedeutende Rolle, liegt er doch meist im Minimum und begrenzt somit das Pflanzenwachstum. Das ist der Grund, wieso nach der VO Ab-

© Basler Botanische Gesellschaft; download https://botges.ch/ und www.zobodat.at

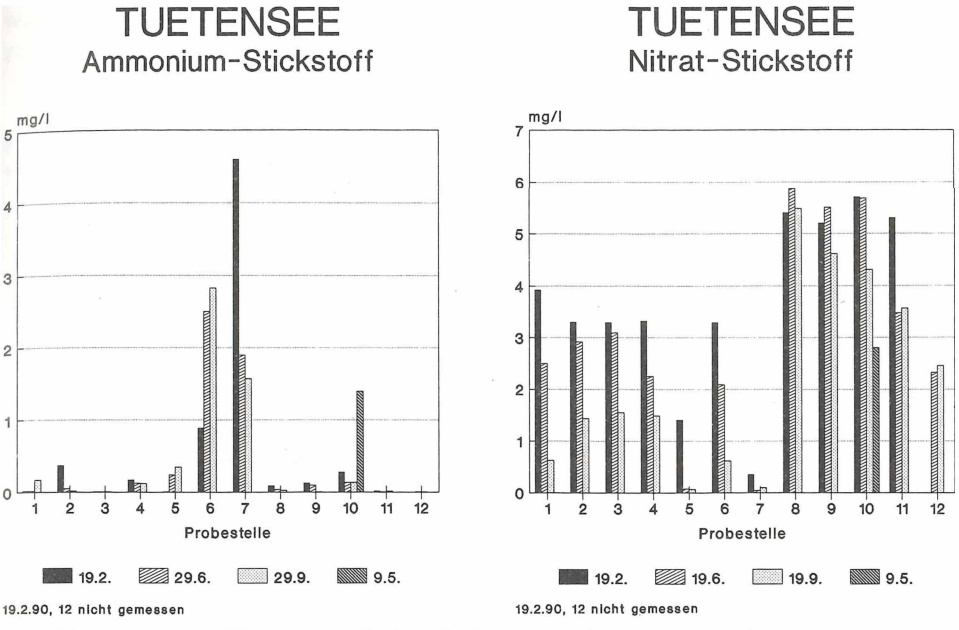


Abb. 7 Ammonium- und Nitratstickstoff-Werte der Tuetenseezuflüsse und des Abflusses.

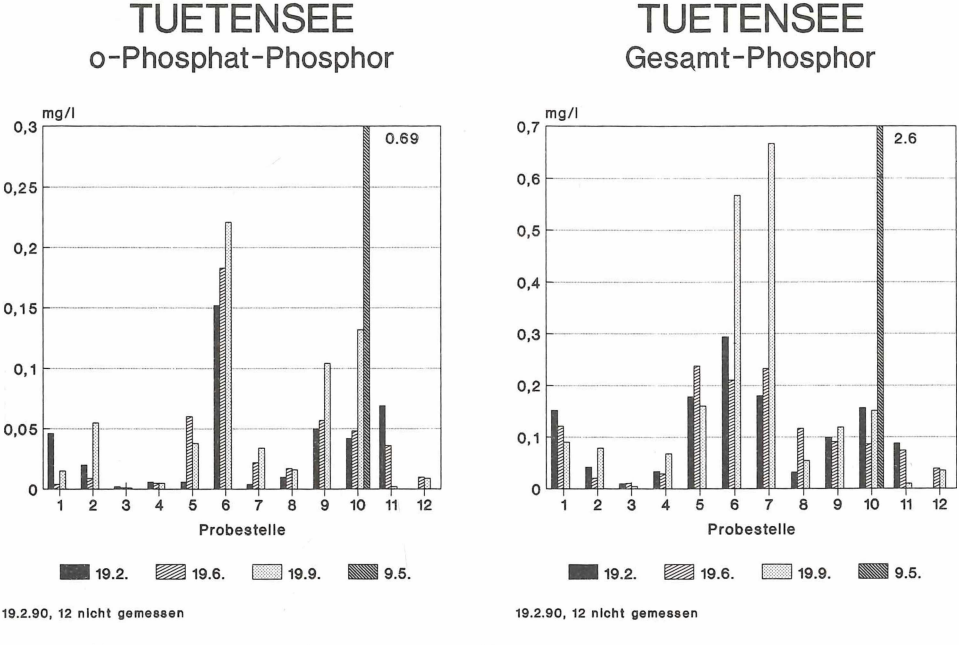


Abb. 8 o-Phosphat- und Gesamtphosphor-Werte der Tuetenseezuflüsse und des Abflusses.

© Basler Botanische Gesellschaft; download https://botges.ch/ und www.zobodat.at

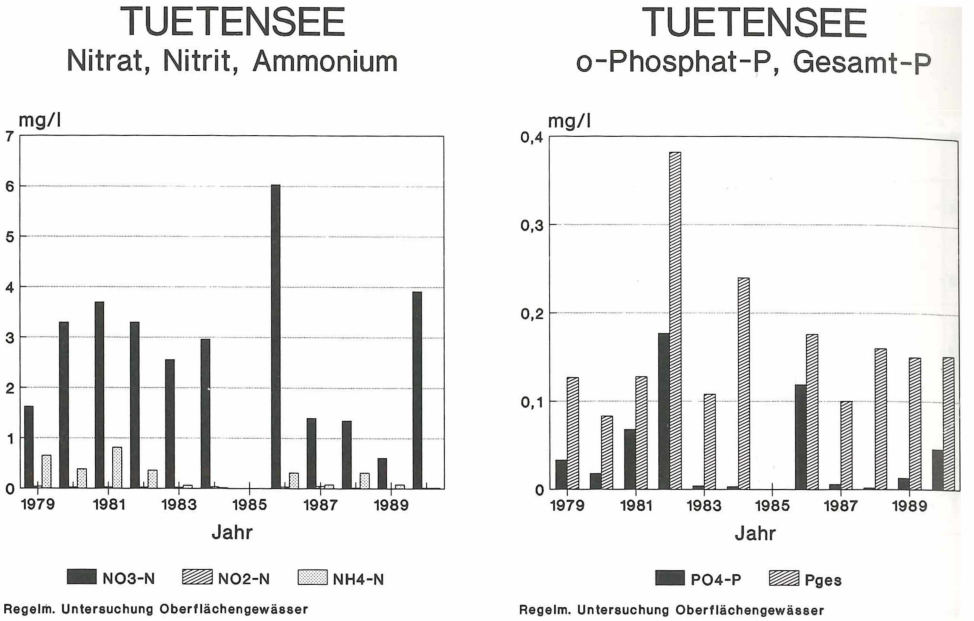


Abb. 9 Mehrjährige Messreihen am Tuetenseeabfluss.

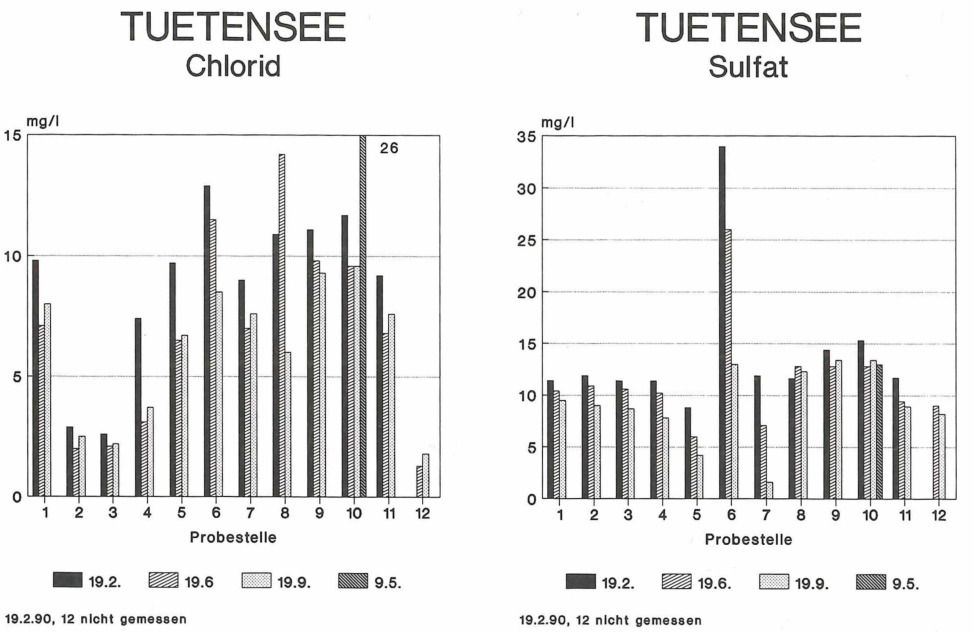


Abb. 10 Chlorid- und Sulfat-Werte der Tuetenseezuflüsse und des Abflusses.

© Basler Botanische Gesellschaft; download https://botges.ch/ und www.zobodat.at

wassereinleit. im Einzugsgebiet von Seen die Phosphor-Werte so gering wie möglich zu halten sind.

Nehmen wir wiederum die Daten der Nr. 3 und 12 als Referenzwerte, so müssen mit Ausnahme des Messpt. 4 die Phosphat- und Gesamtphosphor-Werte aller andern Punkte als erhöht bis massiv erhöht bezeichnet werden. Dies gilt beim Phosphat-Phosphor insbesondere für die Nr. 1, 2, 5, 11 und speziell 6, 9, und 10. Beim Gesamtphosphor sind es 1, 5 und 10, speziell aber 6 und 7. Besonders bemerkenswert sind auch die Daten von Pt. 7 am 9. Mai 1990, sowie der Vergleich zwischen 3 und 2. Beide liegen am Burgacherbach durch eine Laufstrecke in Landwirtschaftsland (Dauerwiese, Maisacker) von ungefähr 1 km voneinander getrennt. Die Phosphor-Konzentration steigt um ein Mehrfaches an.

Wie bereits beim Stickstoff erwähnt, sind auch die Phosphor-Werte im Vergleich zur mehrjährigen Reihe (Abb. 9) durchaus im Rahmen.

Chlorid und Sulfat (Abb. 10): Sowohl beim Chlorid als auch beim Sulfat ist im Vergleich zum geochemischen der zivilisatorische Eintrag wesentlich bedeutender (LEUPI 1991). Das Qualitätsziel der VO Abwassereinleit. ist für beide < 100 mg/l. Es wird stets erreicht. Trotzdem ist beim Chlorid auffallend, dass im Vergleich zu den Daten der Nr. 3 und 12 alle andern Werte, 2 ausgenommen, erhöht sind. Anders ist es beim Sulfat. Hier fallen der Februar- und der Juni-Wert des Messpunktes 6 regelrecht aus dem Rahmen. Beide sind wesentlich erhöht.

Seeprofile

Es ist klar, dass die Nährstofffrachten von Bächen, die in einen See fliessen, dort Folgen haben. Wegen der mangelnden apparativen Einrichtung war es nicht möglich, im Tuetensee Nährstoffprofile zu messen. Als Indikator-Parameter bot sich der Sauerstoff an, wobei gleichzeitig auch noch die Temperatur und die elektrische Leitfähigkeit erfasst werden konnten. Mit diesen Parametern können zwei Fragen geklärt werden, nämlich ob es sich zum Zeitpunkt der Messung um einen nicht homogen durchmischten Wasserkörper handelt und ob Zonen der Sauerstoffzehrung, resp. der Übersättigung vorhanden sind.

Elektrische Leitfähigkeit (Abb. 11): Die Grössenordnung der Werte sind an beiden Messterminen vergleichbar. Der tiefenabhängige Verlauf der Werte ist, mit wenigen Ausnahmen, bei allen Profilen recht ähnlich. Die Leitfähigkeit nimmt mit zunehmender Tiefe ab. Wichtiger scheint mir aber, dass eine Differenzierung in der Längsachse des Sees festzustellen ist. Das südlichste Profil (A) hat tiefere Werte als die andern. Das deutet, insbesondere auch bei Berücksichtigung der Daten des Profils B, auf spezielle Durchströmungsverhältnisse hin, was angesichts der Lage der Hauptzuflüsse auch zu erwarten ist. Vermutlich wird das Süd-Becken weniger durchströmt als das Nord-Becken.

Die *Temperaturprofile* (Abb. 12) zeigen kein abnormes Verhalten.

Die *Sauerstoffprofile* (Abb. 13) weisen klare Tendenzen auf. Sowohl im Juni als auch im September nimmt der Sauerstoffgehalt mit der Tiefe ab. An sich ist das in Seen während des Sommers kein ungewöhnliches Phänomen. Allerdings handelt es sich hier um einen ausserordentlich seichten Kleinsee. Die September-Profile sind einander ähnlicher als die Juni-Profile. Die Spannbreite der Daten ist geringer.

© Basler Botanische Gesellschaft; download https://botges.ch/ und www.zobodat.at

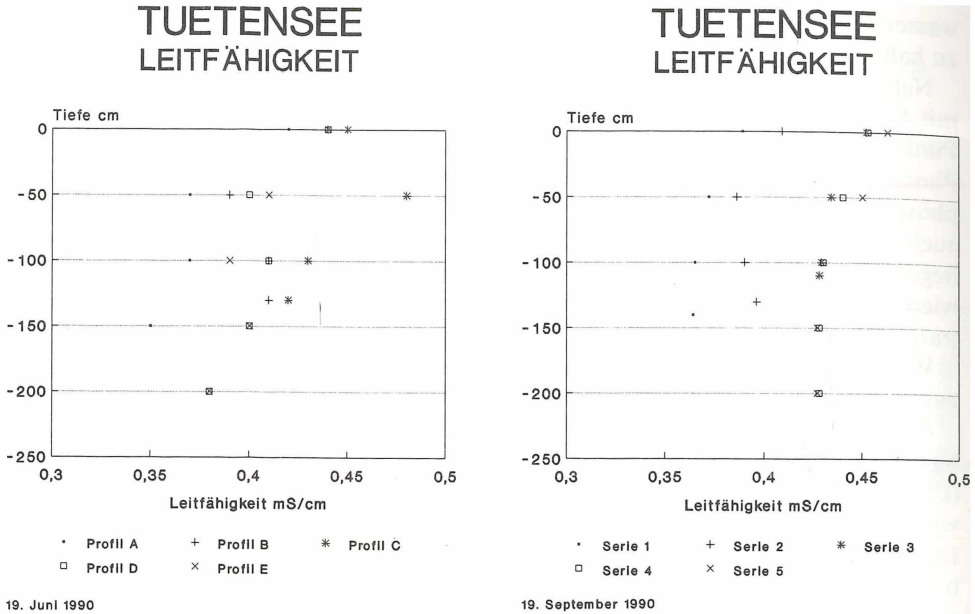


Abb. 11 Tuetensee: Elektrische Leitfähigkeitsprofile.

Die Sauerstoffkonzentrationen können zur Sauerstoffsättigung, die bei gegebenem Partialdruck wesentlich durch die Temperatur gesteuert wird, in Beziehung gesetzt werden. Auf diese Weise sind Zonen der Sauerstoffübersättigung von Zonen mit Sauerstoffzehrung zu unterscheiden. Beispielsweise beträgt der Sauerstoffsättigungswert bei einer Temperatur von 18°C unter Normaldruck bei der vorliegenden Höhenlage (rund 705 Torr) 8,77 ppm. Es braucht keine weiteren Erläuterungen, um zu erkennen, dass die Juni-Konzentrationen der Profile im Nordbecken bis in 100 cm Tiefe übersättigte Werte aufweisen, unterhalb von 150 cm jedoch Sauerstoffschwund herrscht. An den tiefsten gemessenen Stellen sind die Bedingungen sogar dergestalt (<1 ppm O_2), dass Schwefelwasserstoff gebildet wird. In den September-Profilen ist keine Sauerstoffübersättigung mehr festzustellen. Im Gegenteil, es herrscht Sauerstoffzehrung von oben bis unten, wobei das Sauerstoffdefizit verständlicherweise an der Oberfläche nicht sehr bedeutend ist, nach unten aber zunimmt. Allerdings wurden derart geringe Konzentrationen wie in den Juni-Profilen nicht mehr erreicht.

Die Sauerstoffprofile zeigen entsprechend den vorhandenen hypertrophen Bedingungen (LACHAVANNE et al. 1986) normale Verhältnisse mit überhöhten Konzentrationen zu Zeiten hoher photosynthetischer Aktivität in den obersten Schichten, in den tiefern Schichten jedoch Sauerstoffzehrung bis zur Bildung von Schwefelwasserstoff, und das bereits in 2 m Tiefe! Mit andern Worten, die Bedingungen sind alles andere als normal. Somit ist es auch verständlich, dass die submersen Wasserpflanzen verschwunden sind.

© Basler Botanische Gesellschaft; download https://botges.ch/ und www.zobodat.at

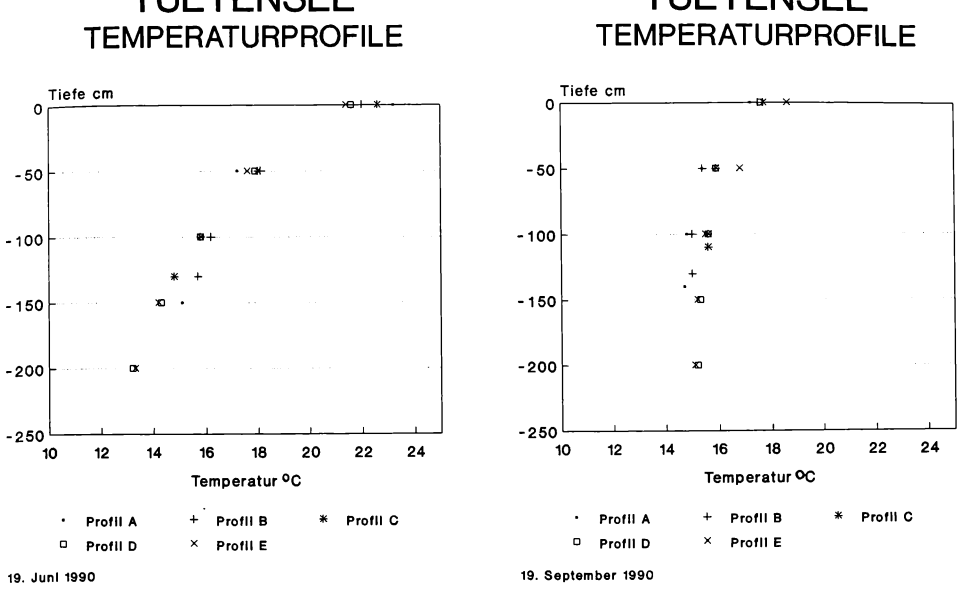


Abb. 12 Tuetensee: Temperaturprofile.

Diskussion

Die wenigen Analysen haben gezeigt, dass das Schutzgebiet Tuetensee zwei Hauptprobleme hat, nämlich ein geomorphologisches und eines, welches den Nährstoffhaushalt betrifft. Das geomorphologische Problem, d. h. die zunehmende Einschnürung, kann hier nicht ausführlich diskutiert werden. Es ist durch wasserbauliche Massnahmen lösbar. Dazu gehören ein Kiessammler beim Austritt des Burgacherbaches aus dem Äbnetwald und eine Neuberechnung der zulässigen Abflussmenge des Schwarzenbaches, begrenzt nicht durch den Querschnitt des Gerinnes, sondern durch die Minimierung der Erosionsleistung. Es ist nicht vertretbar, dass die Bodenverdichtung und -versiegelung im Einzugsgebiet und namentlich auch im Spitalgebiet von Wolhusen auf Kosten des Schutzgebietes geht.

Demgegenüber ist der Nährstoffhaushalt im Schutzgebiet das grössere Problem. Einerseits gibt die Beeinflussung der Flach- und Zwischenmoorkomplexe durch direkte oder indirekte Düngung, was hier nicht ausführlich behandelt wurde, zu denken; anderseits stimmt aber auch das Ausmass der Nährstoffe, die über die Zuflüsse in den See und weiter in die Seewag gelangen, bedenklich. Hier konnten die Analysen auf eine Reihe von Probestellen hinweisen, die im chemischen Aspekt Auffälligkeiten zeigen.

1. Nr. 7: Die stark erhöhten Ammonium- und niedrigen Nitrat-Werte machen wahrscheinlich, dass hier Sickerwasser aus der stillgelegten Kleindeponie austritt und zudem in der Deponie anoxische Verhältnisse herrschen.

2. Nr. 6: Überdurchschnittlich hoch sind ausser der Sulfat- auch die Phosphat- und Ammonium-Konzentration. Genauere Abklärungen haben in der Folge ergeben, dass

© Basler Botanische Gesellschaft; download https://botges.ch/ und www.zobodat.at

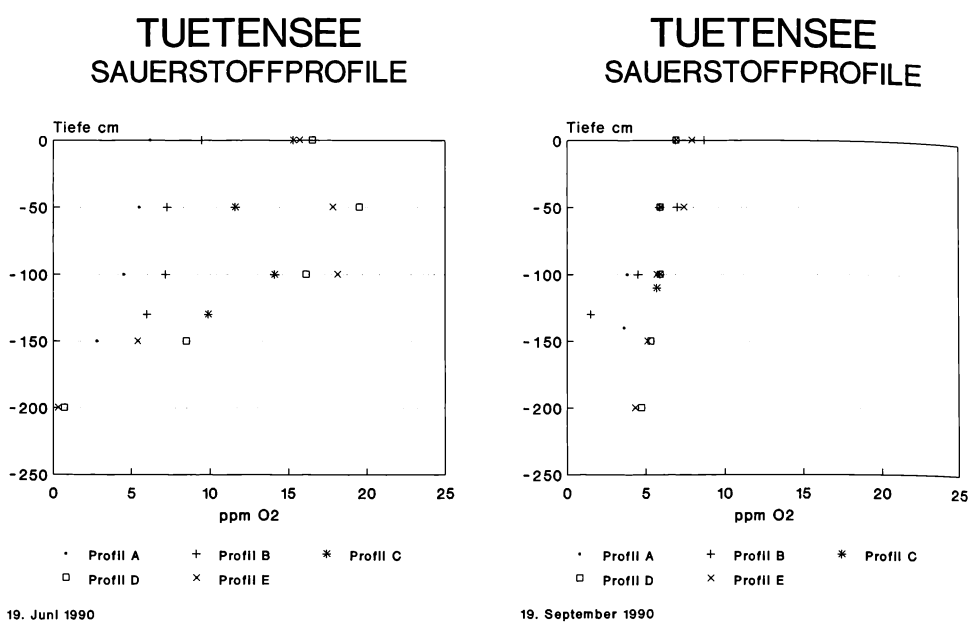


Abb. 13 Tuetensee: Sauerstoffprofile.

hier Fäkalwasser beteiligt ist, das aus Klärgruben stammt. Die Siedlung Seeblick, zwischen der dieses eingedeckte Bächlein durchfliesst, ist nicht an das generelle Kanalisationsnetz angeschlossen.

3. Nr. 10, Daten vom 9. Mai: Verschiedene Parameter sind stark erhöht, nämlich Chlorid, Ammonium-Stickstoff und insbesondere Phosphat- und Gesamtphosphor.

4. Nr. 8, 9, 10 11: Auffällig sind Werte verschiedener Parameter, z.B. Nitrat, Phosphat (speziell bei 9, 10 und 11) und Gesamtphosphor (speziell wiederum bei 9, 10 und 11).

Diese Auffälligkeiten müssen nun beurteilt werden. Nr. 1 und 2 sind sicher Besonderheiten, die speziell für das Schutzgebiet Tuetensee zutreffen. Sie zeigen wahrscheinlich keine generellen Phänomene auf. Nr. 3 war eine zufällig erfasste Jaucheverunreinigung, die darauf zurückzuführen war, dass in der Nähe des Spitals Wolhusen, also in einiger Entfernung vom Schutzgebiet, Futtergetreide (Silage) geschnitten wurde, anschliessend auf den halboffenen Boden Jauche ausgebracht wurde, die dann wenige Tage später während eines Gewitters abgeschwemmt wurde und über die Dolen und vor allem auch die Meteorwasserleitung unverzüglich in den Schwarzenbach floss. Beobachtungen in einem andern Schutzgebiet (Soppensee) am selben Nachmittag und Gespräche mit Vertretern des Amtes für Umweltschutz in Luzern haben gezeigt, dass derartiges nicht etwa ein Einzelfall, sondern im Frühling eher die Regel ist.

Nr. 4 zeigt ein weiteres, generelles Problem auf, das insbesondere am Beispiel der Daten vom Messpunkt Nr. 10 klar wird. Der Schwarzenbach entwässert ein grosses, landwirtschaftlich intensiv genutztes Gebiet. Er ist der Hauptzufluss zum Tuetensee (s. Tab. 3) und mit Nährstoffen reich befrachtet. Er ist somit die Hauptursache für die

© Basler Botanische Gesellschaft; download https://botges.ch/ und www.zobodat.at

Hypertrophierung, in deren Folge die Sauerstoffprofile verständlich werden und somit auch das Verschwinden der submersen Wasserpflanzen. Mit der Erklärung ist das Problem aber nicht gelöst. Was sich aber angesichts der sommerlichen Sauerstoffdefizite erübrigt, ist eine Diskussion darüber, ob irgendwelche Schwellenwerte überschritten wurden. Schliesslich, was hier im Kleinen festgestellt wurde, gilt im Grossen für verschiedene Schweizer Mittelland-Seen.

Perspektiven für das Schutzgebiet Tuetensee

Kurzfristig lösbar sind sicher die geomorphologischen Probleme und möglicherweise auch die direkte Düngung der Riedflächen. Das letztere kann, ausser durch einen konsequenten Vollzug der entsprechenden Gesetze, insbesondere mit Bewirtschaftungs- und Pflegeverträgen unter Abgeltung des Minderertrages und bei Berücksichtigung ausreichender Pufferzonen erfolgen. Das Problem der Überdüngung des Sees ist mit Pufferzonen im Schutzgebiet überhaupt nicht lösbar. Es entsteht ja im gesamten Bereich des Einzugsgebietes, der landwirtschaftlich intensiv genutzt wird. Wenn hier etwas Erfolg haben kann, dann nur eine andere, eine bessere Landwirtschaftspolitik.

Zusammenfassung

Im Naturschutzgebiet Tuetensee, Kt. Luzern, sind die submersen Wasserpflanzen verschwunden. Dies gilt als Indikation für eine Eutrophierung. Anhand verschiedener, vor allem chemischer Untersuchungen im See und in seinen Zuflüssen kann nun gezeigt werden, dass diese weiträumig auf die Landwirtschaft zurückzuführen ist. Es werden auch kurz andere, vor allem geomorphologische Probleme diskutiert und Lösungen dazu vorgeschlagen.

Literaturverzeichnis

BOLZERN H., VON WYL B. & LOOSER E., 1988: Extensivstandorte des Kantons Luzern. Luzern.

BUWAL (ed.), 1990: Das Ende des Fischotters in der Schweiz. Schlussbericht der «Fischottergruppe Schweiz», verfasst von D. WEBER, Schriftenreihe Umwelt Nr. *128,* 103 S.

BUWAL, 1991: Zur Lage der Umwelt in der Schweiz. Umweltbericht 1990, EDMZ Bern, 259 S.

Flora des Kantons Luzern, 1985: bearb. von der Floristischen Kommission der Naturf. Ges. Luzern. Luzern, 606 S.

HANTKE R., 1968: Erdgeschichtliche Gliederung des mittleren und jüngeren Eiszeitalters im zentralen Mittelland, Archäologie der Schweiz *I*, S. 7–26.

Hochmoorverordnung: Verordnung über den Schutz der Hoch- und Übergangsmoore von nationaler Bedeutung vom 21. Januar 1991 (SR 451.32).

KÜTTEL M., 1989: Züge der jungpleistozänen Vegetations- und Landschaftsgeschichte der Zentralschweiz, Revue de Paléobiologie *8*, 525-614.

LACHAVANNE J.-B., PERFETTA J., NOETZLIN A., JUGE R. & LODS-CROZET B., 1986: Etude chorologique et écologique des macrophytes des lacs Suisses en fonction de leur altitude et de leur niveau trophique, Rapport final, Univ. de Genève, 115 S.

LANDOLT E., 1991: Gefährdung der Farn- und Blütenpflanzen in der Schweiz, EDMZ Bern, 185 S.

LEUPI E. (Bericht), 1991: Untersuchung der Reuss sowie der Zuflüsse Kleine Emme und Lorze in den Jahren 1984–1988. Zusammenstellung der Untersuchungen der Kantone Luzern, Zug und Aargau, 85 S.

© Basler Botanische Gesellschaft; download https://botges.ch/ und www.zobodat.at

MÜCKENHAUSEN E., 1985: Die Bodenkunde und ihre geologischen, geomorphologischen, mineralogischen und petrologischen Grundlagen, DLG-Verlag Frankfurt, 579 S.
RUOSS E., 1990: Der Naturraum des Kantons Luzern – Lebensraum der Zukunft, in «Ein Zentrum für Ökologie und Ökonomie in Luzern», Neuland Forum für Ökologie und Ethik, Luzern, S. 68-80.
STEIGER J. R., 1860: Die Flora des Kantons Luzern, der Rigi und des Pilatus, Luzern, 636 S.
Verordnung über Abwassereinleitungen vom 8. Dezember 1975 (SR 814.225.21).

Adresse des Autors:
PD Dr. Meinrad Küttel, BUWAL N+L, Hallwylstrasse 4, CH-3003 Bern.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Bauhinia

Jahr/Year: 1992

Band/Volume: 10

Autor(en)/Author(s): Küttel Meinrad

Artikel/Article: Der Tuetensee, Kt. Luzern 209-226