

# Verlandungserscheinungen und Pflanzensukzessionen im Gebiete des Pfäffikersees.<sup>1</sup>

Von EDWIN MESSIKOMMER (*Seegräben, Zürich*),

Mit 1 Textbild.

Manuskript eingegangen ans 5. Januar 1928.

Wasser, Pflanze und Tier sind die wichtigsten Faktoren, die an der Einebnung der Erdoberfläche teilnehmen. Unausgesetzt brandet das Meer gegen den Festlandsockel an und nimmt das durch die Wellentätigkeit freibekommene Küstenmaterial in seine Tiefen auf. Mächtige Ströme schaffen Festlandmaterial in die Hohlformen der Weltenmeere hinein, das bei der Weiterverfrachtung durch Meeresströmungen und Gezeiten die submarine Nivellierung ständig fördert.

Im Innern der Kontinente trägt das fliessende Wasser Sinkstoffe in die offenen Wasserbecken und bringt sie, unterstützt durch die Organistentätigkeit, allmählich zum Verschwinden. Unzählige kleiner und kleinster Seen sind heute schon völlig erblindet, und unaufhaltsam geht das Verlanden weiter vor sich. Die dadurch bedingten landschaftlichen Umgestaltungen ziehen nun nicht bloss das Interesse des Geomorphologen, sondern auch das des Biologen, namentlich des Botanikers auf sich. Vom Standpunkte des letztem aus soll in den folgenden Abschnitten auf den Verlandungsprozess an einigen Gewässern in der Gegend des oberen Glattales (Kt. Zürich) eingegangen werden unter Berücksichtigung der die Verlandung unterstützenden Pflanzengesellschaften, namentlich ihrer genetischen Verknüpfungen und zeitlichen Aufeinanderfolge. Die in Frage kommenden Gewässer sind: Pfäffikersee, Untersee, Bützlisee und ein Torfstich im Torfmoor von Robenhausen. Bei unsern Betrachtungen scheidet wir aus dem Komplex der bei der Verlandung

Nach einem Vortrag, gehalten in der Sitzung vom 14. Dezember 1927 der Zacherischen Botanischen Gesellschaft.

tätigen Agenzien von vornherein Bacheinschwemmung und künstliche Zuschüttung aus und beschränken uns auf eine Darstellung der Verhältnisse, wie sie durch den Absatz von Seekreide und die Torfakkumulation gegeben sind. Das Studium der Verlandungserscheinungen belehrt uns, dass die Art und der Verlauf der Verlandung eines Gewässers in hohem Masse durch seine Grösse, seinen Chemismus und seinen Organismenbestand, namentlich durch den Pflanzenwuchs seines Litorals bestimmt wird.

### **Der Pfäffikersee.**

(Siehe Topogr. Atl. d. Schweiz, Blatt Nr. 213).

Der Pfäffikersee ist ein Moränenstausee und datiert in die letzte Gletscherzeit zurück. Seine heutige Grösse beträgt 3,21 km' bei einer Länge von 2,5 km, einer Breite von 1,5 km und einer maximalen Tiefe von 36 m. Die Speisung des Sees geschieht hauptsächlich durch den Kemptnerbach, der vom Molasserücken der Allmannkette herunterkommend, an der Südostecke des Sees in diesen eintritt. Seit seiner Entstehung hat der See fast die Hälfte an Fläche durch Verlandung eingebüsst. Der ganze ehemalige südliche Seebezirk ist erblindet, und auch an seinen Längsufern ist schon ein erheblicher Streifen des ehemaligen Seegebietes dem Strande angegliedert worden. Das auflandende Material besteht zur Hauptsache aus Seekreide, beträgt doch deren Mächtigkeit an verschiedenen Stellen mehr als 10 m. Die Sedimentation von Seekreide ist vor allem an die litorale Zone gebunden, wo die Ausfällungsbedingungen des Kalziumkarbonates die denkbar günstigsten sind.

Zum Zwecke des Studiums des Verlandungsvorganges halten wir uns an ein durch das randliche Seengebiet gezogenes Profil (Fig. 1). Darauf erblickt man (links) zunächst einen ausserhalb des Röhrichtgürtels gelegenen Abschnitt, der seeinwärts in die profundale Zone überleitet. Er zeichnet sich durch ständige Wasserbedeckung und den Besitz einer zur Hauptsache aus submersen Wasserpflanzen bestehenden Vegetation aus. Es ist dies der Limnaeengürtel WARMINGS. Der hier vertretene Pflanzenwuchs muss als äusserst prekär bezeichnet werden, ist doch der Seeboden daselbst auf weite Strecken von jeglicher Vegetation völlig bar. Der grauweisse Seeschlick wird von einer Grundalgen-

flora, namentlich von *Diatomeen* besiedelt. Die makrophytischen Gewächse beginnen gleich mit einer mehr oder minder ausgesprochenen Zonation. Bei den vordersten Posten finden wir nur Moose wie *Fontinalis*- und *Drepanocladus*arten; dann treten die *Charen* hinzu. Weiter landeinwärts folgen *Najas intermedia*, *Potamogeton perfoliatus* und *crispus*, *Myriophyllum spicatum* und *verticillatum*, *Nuphar luteum*. Soziologisch ist dieses Pflanzenaggregat schwer zu definieren. Es handelt sich wahrscheinlich um Assoziationsfragmente des *Potametum perfoliati potametosum lucentis* (Koch 1925) und des *Myriophylleto verticillati-Nupharetum*.

Auf diese vorgelagerte, im Pfäffikersee allerdings nur undeutlich ausgebildete Uferbank folgt in treppenartig steilem Anstieg der bis 50 m Breite messende plateauartig sich ausnehmende Gürtel des *Scirpeto-Phragmitetums*. Dieses setzt gegen das offene Wasser zu rings um den See ganz unvermittelt ein; unter Wasser hebt es mit einem riesigen Sockel aus kompaktgefügter Seekreide an und über Wasser mit dem wandartig abschliessenden Rohrwald. (Der Steilabfall an der Grenze des Röhrichts wird von den Leuten der Gegend allgemein Seegraben geheissen.) Am innersten Saum ist das Schilfrohr auf eine Breite von 2-3 m mit *Schoenoplectus lacustris* untermischt, während es dahinter auf eine Ausdehnung von 30-40 m völlig rein auftritt. In diesem Rohrwald erreicht die einzelne Pflanze die respektable Höhe von 3-3,5 m. Zeitweise stehen die Rohrbestände mit ihrer Basis 0,5-1,0 m tief im Wasser. Nach dem Absinken des Spiegels lässt sich die maximale Erhebung noch lange Zeit am Rohrgehälm als markante Niveaulinie in Form eines weissen Anstriches erkennen, der von dem niedergeschlagenen Kalziumkarbonat und den massenhaft anhaftenden ausgetrockneten Diatomeenfrusteln herrührt. Das Schilfrohr ist an grössere Gewässern weitaus der wichtigste Verlander. Neben der ausgesprochen geselligen Natur bewundern wir seine hervorragende Bestockungsfähigkeit. Mit den reichverzweigten, weitausgreifenden, langgliedrigen Rhizomen durchzieht es den von ihm bestandenen Grund und sendet überall seine Halme empor, die bald durch ihre Reihen den Verlauf der unterirdischen Mutterachsen andeuten, bald horstartig beieinanderstehen. Nach dem Absterben

der oberirdischen Triebe bleiben basale Stummeln zurück, die zusammen mit den Wurzelbüscheln einen wirksamen Schlammapparat darstellen, der den mit der Zeit meterhoch sich anhäufenden Seekreideschlamm fest zusammenhält und den Boden allmählich festigt. Der zwischen dem Schilfrohr sich aufbauende Boden ist zur Hauptsache ein mineralisches Sediment; sedentäre, organische Anhäufungen kommen nicht zustande, da, trotzdem der Schilfwald ein vorzüglicher Wellenbrecher ist, die jährlich aufs Wasser niederfallenden Blatt- und Halmreste von den Wellen weiter landeinwärts getragen werden, und die bakterielle Zersetzung der im Schlickboden ruhenden Pflanzenrückstände relativ günstig verläuft. Im untiefen Wasser der Rohrbestände entwickelt sich mitunter eine, ans Verschwenderische grenzende Algenvegetation von *Zygnema*.

An denselben Stellen begegnet man im Vorfrühling den auf dem Wasser schwimmenden kugeligen Kolonien des peritrichen Ciliats *Ophrydium vermale*, die infolge ihrer Grünfärbung leicht für Algenkolonien gehalten werden. Am Silduf er des Sees findet sich an stark gelichteter Stelle im *Phragmitetum* auf eine Ausdehnung von 20-50 m<sup>2</sup> hin der Boden mit einem Rasen stark kalkinkrustierter *Hypnum trifarium*-Pflänzchen bestanden. Zu Zeiten heftigen Wellengangs wird jeweils ein Teil der durch den Kalküberzug spröde gewordenen Moospflänzchen abrasiert und am festen Ufer in Form einer kleinen Düne aufgeworfen. Wenn der Tiefstand des Sees mit der Vegetationszeit zusammenfällt, so entwickelt sich auf dem trockengelegten Boden an wenig beschatteten Stellen eine Florula von *Bryum pseudotriquetrum* und *Ephemerum cohaerens*. In einer gewissen Zone, die einer längeren Stillstandslage des Wassers entspricht, kommt es zu einer oliv-braunen bis bläulich-schwarzen Verfärbung der Seekreideoberfläche, hervorgebracht durch die an Seen allgemein bekannte Schwankungszonenalge *Tolypothrix* spec. An höheren Gewächsen wagen sich nur *Carex Oederi* und *Juncus lampocarpus* weiter in die *Phragmiteszona* hinein (an wenig dicht besiedelten Stellen), gelangen aber infolge der Ungunst der Verhältnisse erst in stark vorgerückter Vegetationszeit zum Blühen und Fruchten. Schliesslich ist es noch *Carex lasiocarpa*, welche an lichten Stellen herdenweise Vorstösse unternimmt.

Hinter der Schilfformation folgt das *Caricetum elatae*, die Zsomb&-Formation KERNERS. Erst sind es gut isolierte Einzelhorste, die da auftauchen und die vordersten Posten besetzt halten. Dann werden sie immer dichter gesät und niedriger bis sie schliesslich zum geschlossenen Rasen zusammentreten. Das *Caricetum elatae* ist fast rings um den Pfäffikersee mit grösster Vollkommenheit, ausgebildet. Ueberall leuchten um die Mitte der Sommerszeit die goldgelb gefärbten und zu Doldenrispen zusammengestellten Blütenkörbchen von *Senecio paludosus*, dem Wahrzeichen dieser Assoziation, von erhöhter Warte über das satte Grün hinweg. In der von dieser Gesellschaft innegehaltenen Zone hebt sich der Boden, einerseits durch die hier reichlich angetriebenen Schilffreste, andererseits durch die aufbauende Tätigkeit der Seggenvegetation bedingt. Das *Caricetum elatae* ist in seinem Auftreten an eine ganz bestimmte Zone gebunden, die im Zusammenhange mit den Niveauschwankungen des Wasserspiegels steht. In dem Masse wie sich der gewaltige Schilfwall gegen das offene Wasser vorschiebt, rückt auch die Böschenspaltgesellschaft seewärts vor. Am ufernähern Rande langt dabei das vegetative Leben gleichsam auf einem toten Punkte an, indem hier das *Caricetum elatae* infolge der Ungunst der Bedingungen ausklingt und nicht unmittelbar wieder durch eine andere, den neuen Verhältnissen angepasste Pflanzengesellschaft abgelöst wird. Auf diese Weise kommt es in der kritischen Zone zu einer klaffenden Lücke im Vegetationsschluss, die ich als Regressionszone bezeichne und die in geringem Masse eine Depression darstellt, in der zumeist flaches Wasser liegt. Die organische Produktion ist auf ein Minimum zurückgegangen. Schliesslich erlangt unter den Neubesiedlern *Schoenus* mit seinen Begleitern die Oberhand und bringt die arg zerstückelte Vegetationsnarbe wieder zum Schlusse. Der Torfbildungsprozess setzt ein, nimmt aber einen äusserst langsamen Verlauf und lässt in allmählicher Entwicklung einen schwärzlich braunen Flachmoortorf, den typischen *Schoenus-Torf* entstehen.

Das *Schoenetum*, und zwar handelt es sich am Pfäffikersee um die Subassoziation *Schoenetum schoenetosum ferruginei*, ist eine der physiognomisch kennzeichnendsten Gesellschaften des Verlandungsgürtels. Es gibt sich von weitem als ein stellenweise

bis zu 60 m breites, düster getöntes, dem festeren Ufer vorge-  
lagertes Band zu erkennen. Landeinwärts folgt auf den *Schoe-*  
*nusgürtel* ein schmalerer Streifen mit dominierendem *Tricho-*  
*phorum alpinum* und noch näher dem Moorrande ein eigenarti-  
ges Vegetationsgemisch, in dem zunächst *Trichophorum caespito-*  
*sum* die führende Rolle spielt. Flechten und Moose treten als  
Besiedler der Kahlstellen zwischen den Horsten auf. *Leucobryum*  
*glaucum* bildet überall kissenförmige Polster, *Sphagnum acuti-*  
*folium* findet sich mehr in Form von purpurnüberlaufenen An-  
flügen vor. Wo der Boden trockener wird, treten *Polytrichum*  
*strictum* und *Calluna* mit *Trichophorum caespitosum* in Konkur-  
renz. Zu diesem vorgerücktesten, künstlich bedingten Entwick-  
lungsstadium gehören weite Flächen des höher gelegenen Torf-  
bodens. Mehr oder weniger unterliegen sie der jährlichen Mand,  
wenn auch der Ertrag kaum der Rede wert ist. Je nachdem der  
Boden regelmässiger oder weniger regelmässig bemäht wird,  
herrscht entweder *Trichophorum* oder *Calluna* mit Begleitern  
vor. Neben den kryptogamischen Vertretern ist hier einzig noch  
*Molinia* von Bedeutung.

Vom *Schoenetum* an ist die Entwicklung eine künstliche.  
Ohne den Eingriff des Menschen hätten wir bereits auf diesem  
Stadium eine zusammenhängende Strauchflur namentlich von  
*Frangula Alnus* gebildet mit starker Besetzung von *Dryopteris*  
*Thelypteris* und *austriaca* in der Feldschicht. Es ist erstaunlich,  
welche Prosperität der Faulbaum auf Torfboden entfaltet. Nach  
eigener Beobachtung ist innert 10-15 Jahren fast jeglicher  
Flecken von diesem Strauch in Beschlag genommen. Dabei treten  
die übrigen mitbewohnenden Holzgewächse wie *Rhamnus ca-*  
*thartica*, *Satix cinerea*, *Viburnum Opulus*, *Cornus sanguinea*, *Sor-*  
*bus aucuparia*, *Quercus Robur* (strauchartig) und *Populus tremula*  
stark zurück. In diesen. Abschnitt der Moorentwicklung gehört  
wohl auch das Auftreten von *Alnus glutinosa* hinein. Nach der An-  
sicht des Verfassers dürfte dies jedoch für den besondern Fall der  
Entwicklung mit seekreidiger Unterlage als Ausgangspunkt  
weniger zutreffen. In den jungen Stadien der Verlandung ist der  
mineralische Einfluss noch zu gross, als dass die Schwarzerle  
ein Gedeihen fände, und in den späteren Etappen fehlt es an der  
nötigen Bodennässe. Diesem Umstande darf es wohl zugeschrie-

ben werden, dass in zahlreichen Verlandungsmooren des schweizerischen Mittellandes jede Andeutung des Erlenvorkommens völlig fehlt. Wo die Erle angetroffen wird, handelt es sich entweder um Grundwasser- oder soligene Moore, wie z. B. in den Talsohlen verschiedener Flussläufe unseres Mittellandes. Das erste baumartige Gewächs, das in dieser Strauchgesellschaft Einzug hält, ist die Birke. Mit zunehmender Austrocknung des emporwachsenden Torfbodens gewinnt dann die Föhre gegenüber der Birke das Uebergewicht. Mit dem Ueberhandnehmen der Baumvertreter lichtet sich das Gebüsch; *Calluna* und die an ihr emporwachsenden Braunmoose wie *Hypnum Schreberi* und *Hylocomium*-Arten teilen sich in die geschaffenen Lichtungen. Soweit ist die Entwicklung im Verlandungsgebiet am Pfäffikersee gediehen. Ob dieser Birken-Kiefernwald ein Abschlussstadium bildet, ist nicht so leicht zu beurteilen. Die Beobachtung lehrt, dass sämtliche unserer fortentwickeltsten Moore mit Kiefern bestanden sind nebst einer geringen Beimischung von Fichte und Birke und dem bekannten *Ericaceenbild* in der Feldschicht. Diesem letzten Austrocknungsstadium und dem Maximum der Torfakkumulation geht nun in der Regel ein *sphagnumreicher*es Stadium voran. Es ist deshalb auch für unsern Fall nicht ausgeschlossen, dass bei unberührter Entwicklung, durch Schlenkenbildung und zunehmende Beschattung seitens des Oberwuchses begünstigt, das Hinzutreten von *Sphagnum* noch in Aussicht steht. Bedeutendes dürfte aber kaum zu erwarten sein, da die klimatischen Verhältnisse' des schweizerischen Mittellandes dem Sphagnumgedeihen nicht besonders förderlich sind. Das geht einerseits aus der hier zu verzeichnenden Artenarmut und der geringen Variabilität der *Sphagnen*, andererseits aus der geringen Mächtigkeit der Sphagnumtorfschichten unserer Hochmoore hervor. Als klimatischer Klimax wäre in der Ebene unseres Landes theoretisch der Buchenwald zu erwarten. Soweit ist aber die Entwicklung noch nirgends gediehen, und es

---

<sup>1</sup> Der Niederschlags-Verdunstungsindex ist zufolge des bedeutenden Verdunstungswertes relativ niedrig, und dies dürfte als wichtigstes Argument betrachtet werden, warum das schweizerische Mittelland ausserhalb des eigentlichen Verbreitungsgebietes der Sphagnen gelegen ist.

bedarf wohl noch langer Zeiträume, bis der oligo- bis dystrophe Moorboden derart an Qualität gewonnen hat, dass die eutraphente Verhältnisse erheischende Buche darauf fortzukommen vermag.

### Der Untersee.

Der Untersee, gewöhnlich «kleiner See» genannt, liegt etwa 150 m südlich des Pfäffikersees, hat eine Grösse von ca. 3 ha und eine maximale Tiefe von 6,5 m. Als äusserste Vorposten der Vegetation treten hier die Seerosen auf. Die eigentlichen Submersen fehlen gänzlich. Metertief unter dem Wasser entwickelt die gelbe Seerose ihre armdicken und nach allen Seiten sich wendenden Rhizome, die infolge des reichlich entwickelten Luftkammernsystems nur lose dem lockeren Schlamm aufliegen. Ihre Verankerung im Substrat erfolgt durch die auf ihrer Unterseite austretenden Wurzelbüschel. Von den mehr im Bereiche der Uferzone gelegenen Ausgangspunkten aus schieben sich die verschiedenartig hin- und hergebogenen und knickig auf- und absteigenden Achsen gegen das tiefere Wasser zu vor, wobei sie an ihren vorderen Enden stets etwas aufwärts gekrümmt sind und daselbst mit einem Schopf krauser Grundblätter enden. Zwischen dem oft zu einem Maschenwerk verstrickten Rhizomgewirr verfängt sich allerlei submerser Detritus, sowohl anorganischer wie organischer Natur. So baut sich der Boden in der unteren Sublitoralzone zunächst aus lose gefügten Materialien auf. Dann tritt als weiterer Verlander der *Schoenoplectus* hinzu, zunächst mehr vereinzelt, dann immer reichlicher. Von den un- tiefern ufernähern Stellen aus wenden sich seine schwarzknotigen Rhizome tastend den grösseren Tiefen zu, ebenfalls ein lockeres Maschennetz bildend. Mit dem Erscheinen des Schilfrohrs wird die Verlandung wesentlich gefördert. Zwischen dem rostbraunen Wurzelfilz der untergetauchten Halmpartien werden die feinsten Suspensoide und verschiedenartigsten Niederschläge aus dem Wasser festgehalten. Auf der Wasseroberfläche sammeln sich zwischen den Schilf stengeln allerlei von der Wellenbewegung hereingetragene pflanzliche Residuen und Auftriebmaterialien. an, und es bildet sich an lokal geschützten Stellen unter besonders günstigen Bedingungen eine schwim-



mende Decke aus. Den von Wind und Wellen herbeigeschafften Samen und Früchten bietet sie eine Auskeimungsstätte. Das die Decke durchstechende Schilfrohr entsendet seitlich austretende Rhizomstränge in sie hinein, die sich weiter verzweigen und neue Halme emporschicken. Trotz dieser ersten Festigung ist die Schwimmdecke noch ständig in ihrer Existenz bedroht; eine aussergewöhnlich heftige Wasserbewegung vermag sie nur zu leicht zu zerschellen. Jedes Jahr sterben die über die Decke aufragenden Halmpartien ab und lassen basale Stummeln zurück, die weiter zur Verstärkung der Decke beitragen. Mit der Zeit wird die Schwimmdecke zum berasteten Schwimmboden, indem sich sukzessive eine Reihe weiterer phanerogamischer Gewächse auf dem wie ein Ponton auf- und niedergehenden Boden einstellt, wobei über kurz oder lang *Rhynchospora* die Oberhand gewinnt. Solche schwimmenden Tragflächen erfahren besonders bei hohem Wasserstand einen starken Auftrieb. Wenn dann der Wasserspiegel in abnorm trockenen Zeiten unter den gewöhnlichen Tiefstand sinkt, so gerät die normalerweise mehr oder weniger horizontal liegende Fläche in eine böschungsabfallähnliche Lage, wobei die uferentferntere Partie 1-2 m tiefer zu liegen kommt als die den Zusammenhang mit dem festeren Ufer bewirkenden Teile. Die Decke ist dann an ihrer Wurzelzone gleichsam wie aufgehängt und was Wunder, wenn dort infolge des herunterziehenden Gewichtes ein Bruch erfolgt und die Loslösung perfekt wird. Die auf diese Weise abgetrennte Fläche gleitet ins Wasser hinaus, und das Problem der schwimmenden Inseln ist gelöst.

Zur Hauptsache aber geht die Verlandung infraaquatisch vor sich. Wie schon erwähnt, vermag *Schoenoplectus* mit Hilfe der geflechtwerkartig zusammentretenden Rhizome einen submersen Boden zu bilden. Mit der Zeit entstehen auf diesem Wege an der steileren Uferböschung dachige, nach aussen zu sich auskeilende Ausladungen, die nicht selten etageartig übereinanderliegen und weitem Verlandern Besiedlungsmöglichkeiten bieten. Sehr oft sehen wir das gesellige *Cladium Mariscus* Einzug halten. An andern Stellen siedelt sich *Carex inflata* mit *Carex lasiocarpa* und *Menyanthes trifoliata* im Hinterfolge an. Auch einzelne *Carex elata*-Horste wagen sich vor, über deren

wurzelbildende Tätigkeit man ins Staunen versetzt wird. Rings um die isolierten Horste geht ein weitausladender verfilzter Boden weg, dessen faseriges Maschennetz durch eine sedimentige Füllmasse festverkittet ist. Die anorganische Sedimentbildung wird namentlich unterstützt durch die Kalkinkrustationen bildende Cyanophyceen *Tolyprothrix penicillata*, die in ihrem Auftreten die wellenumspülten submersen Uferausladungen bevorzugt. Auf solchen untergetauchten Plattformen siedeln sich weitere Helophyten an, die den wankenden Grund mehr und mehr konsolidieren. Landeinwärts klingt das *Caricetum elatae* allmählich aus, nachdem andere Carices wie *panicea* und *Hostiana* zu dominieren begonnen haben. Darauf setzt das *Trichophorum*-Stadium ein, zunächst mit einem schmälern Streifen mit vorwiegendem *Trichophorum alpinum* anhebend und dann in diffuserweise in die mit *Trichophorum caespitosum*, *Calluna* und *Molinia* bestandenen Flächen überleitend. Die letzteren Stadien sind künstlich gehalten. Sobald solcher Boden der Streuenutzung entzogen wird, nimmt die *Calluna*-Vegetation überhand und *Franqula Alnus* zieht ein.

Bezüglich des oben skizzierten Verlandungstypus verdient noch ein Punkt näher diskutiert zu werden, nämlich der, ob sich ein *Molinietum*, in zwangsloser Weise in den Rahmen des sich vollziehenden Wechsels der ökologischen Faktoren einfügen lasse oder nicht. Das Dafür kann nicht ohne weiteres von der Hand gewiesen werden, da Anhaltspunkte eines solchen im Anschlusse an das *Schoenetum* bzw. *Caricetum elatae* unzweideutig vorhanden sind. Zur vollen Entwicklung kommt es jedoch nie, da der Torfboden auf diesem Stadium schon zu stark erhöht ist, als dass die Gesellschaft als Ganzes Existenzbedingung fände.

Gegenüber der Sukzessionsreihe am Pfäffikersee zeigt sich ein gewichtiger Unterschied, insofern als in der Verlandungsserie des Untersees ein *Schoenetum* fehlt. Der Grund dafür ist darin zu suchen, dass bei der Verlandung eines kleinen Gewässers die Auflandung hauptsächlich durch Ansammlung organischer Rückstände erfolgt, sodass im Abschnitte hinter der Böschenspatt-Assoziation der mineralische Untergrund schon zu weit abgerückt ist, als dass die in ihren ökologischen Ansprüchen auf höhern Kalkgehalt des Bodens eingestellte Schoenus-Gesell-

schaft zu existieren vermöchte. Der Verlandung am Untersee ist das Profil 2 am Schlusse der Arbeit gewidmet.

### Der Biitzlisee.

Einige Hundert Meter östlich des Untersees gelegen, Grösse ca. 4 a, maximale Tiefe 1,5-2,5 m je nach Wasserstand. Das Wasser ist infolge der Verbindung mit dem Aakanal ziemlich elektrolytreich. Mit Ausnahme der Mitte ist das kreisrunde Gewässer schon ganz von *Nuphar* erobert. Auf dem Grunde steht nirgends die nackte Seekreide an. Das Oberste wird hier von einer schmutzig bläulich-grünen Kruste gebildet, deren Färbung von der Anwesenheit einer üppig entwickelten *Cyanophyceenflora* herrührt. Die sie zusammensetzenden Gesellschaften tragen den Charakter von pelophilen Assoziationen. Diese oberste von Lebewesen bewohnte Bodenpartie stellt ein Vor stadium zur eigentlichen Schlammablagerung dar, die hier als typische Gyttja aufgefasst werden muss und zwar infolge der Untiefe des Gewässers noch als Litoralgyttja. Das bezeichnete Vor stadium setzt sich zusammen 1. aus den lebenden Grundorganismen, 2. aus deren postmortalen Resten sowie derjenigen der abgesunkenen Plankter und der höheren Wasservegetation, 3. aus den anorganischen Sedimenten. Nach dem Vorschlage von SERNANDER werden die von den höheren Pflanzen herstammenden Vorstadien als Förna, diejenigen, die von Algen herrühren als Aevja bezeichnet. Zu dieser in statu nascendi befindlichen Gyttja kommt noch ein geringer Betrag rein allochthonen Materials wie herbeigeführter Torf schlamm, abgesunkene Pollenkörner usw. hinzu, das als fertig gebildete Ablagerung den in der Limnopedalogie gebräuchlichen Namen Dy führt.

Die Verlandung vollzieht sich zur Hauptsache unter dem Regime der höheren Gewächse. Als Pioniere treten *Nuphar* und *Schoenoplectus* auf. Landeinwärts folgen *Phragmites* und *Potamogeton natans*. Stellenweise bildet *Sparganium minimum* eine submerse Wiese. Vom Ufer her rückt eine schwimmende Rasendecke gegen das offene Wasser vor, deren Entstehungsweise schon beim Untersee diskutiert worden ist. Ihr äusserster vom Wasser gespülter Saum enthält an pflanzlichen Konstituenten *Menyanthes*, *Clctdium Mariscus*, *Carex elata* und Begleiter. Es

handelt sich um ein auf möglichst engen Raum zusammengedrängtes Pflanzenaggregat, das sich unschwer als Rudiment eines *Caricetum elatae* eventuell weiterer Assoziationen zu erkennen gibt. Dann folgt ein prächtig entwickeltes *Rhynchosporium* mit einzelnen Reliktpflanzen aus den vorangegangenen Stadien. Ziemlich rasch halten Hochmoorvertreter Einzug, wie *Sphagnum medium*, *acutifolium*, *Oxycoccus quadripetalus*, *Andromeda Polifolia*, *Calluna vulgaris* und *Trichophorum caespitosum*, die den peripheren und ältesten Teil infolge ihrer auftragenden Wirkung zur wallartigen Umrandung auf stauen. Gegen aussen zu fällt der Hochmoorboden etageartig auf ein tiefer gelegenes Niveau mit total verändertem Vegetationscharakter ab. Ein typisches *Caricetum elatae* mit dem ihm eigenen Büldenbild breitet sich da aus. Den Abschluss bildet ein alteriertes *Molinetum* oder aber es geht das Böschenspaltstadium über das *Trichophorum alpinum* reiche Zwischenglied in die schon wiederholt charakterisierte Halbheide des trockeneren Torfbodens über.

Der Gang der Entwicklung liegt hier klar zutage. Zur Zeit als das im Schwinden begriffene Gewässer noch einen grössern Umfang besass, erfolgte der Verlandungsprozess ausschliesslich durch den Vorgang der Auflandung. In einer spätem Etappe setzte dann die nun möglich gewordene Deckenbildung ein und zwar direkt im Anschluss an das *Caricetum elatae*. Der dem jüngsten Abschnitt der Verlandung angehörende Schwinggrasen hebt und senkt sich entsprechend den Veränderungen des Wasserstandes. Mag der Wasserspiegel noch so hoch stehen, nie wird der Schwingboden vom kalkreichen Wasser des Restsees überstaut. Dieser Umstand macht es uns verständlich, warum auf dem jüngeren Verlandungsabschnitt Hochmoorvegetation das Pflanzenkleid bestimmt, während ausserhalb davon Seggenbestände den Rahmen bilden. Nach dem gänzlichen Erblinden des Gewässers wird sich an seiner Stelle eine Hochmoorinsel über das umgebende Flachmoor emporwölben. — Eine bildliche Darstellung der geschilderten Verhältnisse ist in Profil 3 niedergelegt.

## Der Torfstich.

Der Gang der Entwicklung ist bei den Torfstichen nicht so einheitlich. Er ist verschieden, je nachdem es sich um einen Stich, der mehr gegen den Moorrand, gegen den Pfäffikersee zu oder um einen solchen der Moormitte handelt. Dann nimmt der Gang einen verschiedenartigen Verlauf, je nachdem die Wassertiefe darin bedeutender oder geringer ist, ob viel oder wenig Abraum hineinkommt, ob Hochmoorvegetation in der Nähe sich befindet oder fehlt. Als Beispiel diene uns ein Torfstich der Moormitte.<sup>1</sup>

Zunächst der Torfwand ist die offene Wasserfläche mit der bekannten Schwebeflora. Die Wassertiefe beträgt ungefähr 1 m. Der Grund wird von einem schwärzlichen Torfschlamm und den Resten des nicht ganz bis auf die Seekreide ausgehobenen Torflagers gebildet. Der Kalkgehalt ist infolge der allgemeinen Lage des Stiches und zufolge der Isolierung von mineralischen Untergründe nicht bedeutend. Als Erstbesiedler stellt sich entweder *Myriophyllum verticillatum* oder *Equisetum limosum* ein. In grösserer Entfernung von der Torfstichwand pflegt *Carex inflata* aufzutreten. Gleichzeitig oder meist schon vorher belebt *Potamogeton natans* mit seinen Schwimmblättern die Wasseroberfläche. Die *Cariceta inflatae* mit ihrem glauken Ton und den herausschauenden Doldenschirmen von *Cicuta virosa* bilden eine charakteristische Erscheinung in jungen Torfstichen. Mit der Weiterentwicklung wird die Schnabelsegge durch *Carex lasiocarpa* abgelöst. Auf dem Grunde häufen sich die organischen Reste mehr und mehr und *Equisetum* sieht sich gezwungen, seine Grundachsen immer höher anzulegen. An weitem pflanzlichen Besiedlern stellt sich auf dem rasch sich erhebenden Grunde *Scheuchzeria* ein, ebenfalls eine ausgezeichnete Verlanderin mit unverwüstlichen Kriechrhizomen. Dann gesellt sich *Eriophorum angustifolium* hinzu mit gleichfalls meterlangen Wanderrhizomen, sodass in dieser Zone der lose gefügte Schlamm Boden von einem Maschenwerk kreuz und quer verlaufender Stützfäden durchzogen wird und eine solide Basis für die darauf zu liegen

<sup>1</sup> Das gewählte konkrete Beispiel darf als Typus einer Moorverlandung in der zu skizzierenden Richtung betrachtet werden.

kommenden Torfbildungsmaterialien bildet. Die neu hinzutretende *Menyanthes trifoliata*, deren ausgesprochene Rhizomnatur allgemein bekannt ist, liefert die letzten Bausteine für den soliden Unterbau. Schon auf diesem Stadium der Torfstichverlandung ist das stützende Gerüstwerk derart seinem Zwecke angepasst, dass es unter dem Tritt des Menschen wohl wie ein elastisches Band nachgibt, aber nicht durchbricht. Auf das *Scheuchzeriastadium* und teilweise mit ihm verquickt folgt das eigentliche *Caricetum limosae* mit *Carex limosa*, *chordorrhiza* und *Heleonastes* (letztere im benachbarten Böndlerstück).

Eine auffällige Erscheinung im Entwicklungsbild der Torfstichverlandung stellt das nun überhandnehmende *Rhynchosporium* dar. Die bestandbildende *Rhynchospora* (im Untersuchungsgebiet hauptsächlich *R. fusca*) überzieht den schlammerefüllten Untergrund mit einer feinverwebten Rasendecke, die sich mit dem Grundwasserstand hebt und senkt und beim Betreten in schaukelnde Bewegung gerät. Eine der hervorstechendsten Eigenschaften der Rhynchosporapflanze liegt in ihrer Befähigung zum Nivellieren. Zu den Charakterpflanzen des Rhynchosporiums zählen *Rhynchospora fusca* und *alba*, *Drosera intermedia*, *Lycopodium inundatum* und *Carex dioica*. In ökologischer Hinsicht dokumentiert der Uebergang vom *Caricetum limosae* in das *Rhynchosporium* insofern einen gewissen Wendepunkt, als sich hier der Wechsel zwischen vorwiegender Wasserbedeckung und ausnahmsweiser Ueberstauung vollzieht. Der Rhynchosporaschwimmboden kann sogar im Hochsommer derart ausgetrocknet und ausgeglüht werden, dass er beim Betreten knirscht.

Die Weiterentwicklung aus dem *Rhynchosporastadium* nimmt etwas verschiedenen Verlauf, je nachdem *Sphagnum* in den Entwicklungsprozess eingreift oder nicht. Bei Abwesenheit des Torfmooses geht die Wandlung in der Zusammensetzung der Pflanzendecke sehr allmählich vor sich. Ueber viele Jahrzehnte hinaus behält die Rhynchosporagesellschaft ihre normale Artenkombination bei. In dieser scheinbar stationären Etappe der Moorbildung erfolgt die allmähliche Verfestigung des weichen Untergrundes, Die stetige Anhäufung von Pflanzenresten an der Oberfläche bedingt eine zunehmende Belastung der

Decke, wobei die ursprünglichsten Partien mehr und mehr in die Tiefe hinabgedrückt werden. Das überschüssige Tiefenwasser wird dabei verdrängt, und über dem mineralischen Grunde baut sich eine kompakte Torfmasse auf. Mit dem Trockenerwerden des Bodens erfährt die Zusammensetzung der Pflanzendecke eine allmähliche Verschiebung. Stellenweise erlangt *Trichophorum alpinum* eine gewisse Bedeutung. Sukzessive wird der Einzug der *Calluna*-Vegetation vorbereitet, wobei vor allem das Braunmoos *Stereodon cupressiforme* var. *erectorum* als Vorbote auftritt. Neben *Calluna* sind von höheren Gewächsen einzig *Molinia* und *Potentilla Tormentilla* von Bedeutung. Die mit *Calluna* vergesellschafteten Braunmoose sind im ganzen Moor dieselben, nämlich: *Dicranum Bonjeani*, *Thuidium delicatulum*, *Aulacomnium palustre*, *Polytrichum strictum*, *Leucobryum glaucum*, *Hypnum Schreberi*, *Scleropodium purum*, *Rhytidium rugosum* und in spätern Etappen *Hylocomium splendens*. Dazu kommen eine Anzahl Flechten aus der Gattung *Cladonia*. Mit der Invasion des *Frangula* Alnusstrauches wird ein Teil der Heide verdrängt und auf den geschaffenen Kahlstellen pflegen eine Anzahl charakteristischer Moose sich einzustellen, so: *Ceratodon purpureus*, *Campylopus turfaceus*, *Catharinea spinosa*, *Webera nutans*. Die den Faulbaum begleitenden Farne sind: *Dryopteris austriaca* und *cristata* (D. *Thelypteris* tritt selten mehr auf, da sie in ihren ökologischen Ansprüchen einen gewissen Mineralgehalt verlangt und demzufolge mehr in den *Frangula* Alnus-Gebüsch der Seeverlandung oder in den dem See nahegelegenen Torfstichen eine massgebende Rolle spielt).

In bedeutend rascherem Tempo und in veränderter Weise geht die Entwicklung vor sich, sobald *Sphagnen* in den Entwicklungsprozess eingreifen. In diesem Falle ist das *Rhynchosporium* von äusserst kurzer Dauer und mehr auf die von *Sphagnum* unbesetzten Stellen beschränkt. Die noch zum *Rhynchospora*-Stadium (Terminalphase) zu rechnenden *Sphagnen* wie *S. contortum* (*S. laricinum*), *subsecundum* überziehen nässere Stellen mit einer semmelbraunen polsterartigen Decke. An erhöhten, leicht trockeneren Stellen, besonders auf eingewachsenen *Carex stricta*-Horsten siedeln sich andere *Sphagnen* wie *S. cymbifolium*, *acutifolium* und *medium* an, die die eigentliche Hochmoor-

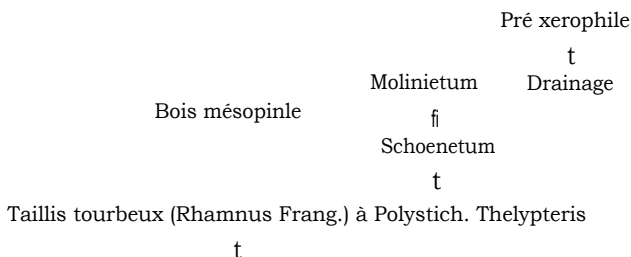
phase einleiten. Es folgt dann das Stadium der *Sphagnum medium-Oxycoccus quadripetalus*-Assoziation. Zu ihrem floristischen Inventar gehören im Torfmoor von Robenhausen *Sphagnum medium*, *acutifolium*, *Eriophorum vaginatum*, *Drosera rotundifolia*, *Viola palustris*, *Oxycoccus quadripetalus*, *Andromeda Polifolia*. Sobald *Sphagnen* am Aufbau eines Moores teilnehmen, entsteht jenes bekannte Bültenbild. In bunter Regellosigkeit wechseln Erhabenheiten und Senken miteinander ab. Neben Partien mit noch offenem, wenn auch flachem Wasser, wölben sich Sphagnumbülten bis zu 30 und 40 cm Höhe empor, deren Kulminationspunkte bereits von *Calluna*, *Aulacomnium palustre* und *Polytrichum strictum* in Beschlag genommen worden sind. *Sphagnum* hält nämlich nur solange aus als noch genügend Feuchtigkeit aus der tiefer gelegenen Umgebung aufgenommen werden kann; es ist also auf die unterste Etage der Bütten beschränkt und nur auf deren beschatteter Seite geht es weiter hinauf. Mit zunehmender Höhe der Bütten wird die seitliche Dränage erleichtert und trockenheitsertragendere Formen kommen oben auf. Zunächst beginnt *Aulacomnium palustre* zu dominieren, dann reisst *Polytrichum strictum* die Herrschaft an sich. In dem dicht geschlossenen, filzigen Rasen dieser Moose findet nur noch *Calluna* ein Fortkommen. Als erster Vertreter der eigentlichen Strauchvegetation zieht *Salix aurita* ein. Es scheint dieser Strauch am ehesten dazu befähigt zu sein, in dem schwammig-weichen Bültenmaterial Wurzeln schlagen zu können; weiter gesellt sich dann *Fragula A Inus* (im Volksmund Pulverrüetli geheissen) hinzu. Soweit lässt sich der Gang der Entwicklung an Ort und Stelle verfolgen. Die Fortentwicklung würde zweifellos über das *Betula*-Stadium zum *Pinus*-Hochmoorwald führen. Selbstverständlich spielt sich der ganze Sukzessionsgang nicht reibungslos und in ungestörter Folge ab; bald da, bald dort, namentlich häufig im *Sphagneto-Callunetum* stellen sich Hemmungen und Erscheinungen regressiver Art ein, die ein fortgeschritteneres Stadium wieder auf ein früher durchlaufenes zurückführen. Destruktion und Regeneration lösen sich gegenseitig ab. Auf diesen Haupttypus der Torfstichverlandung bezieht sich Profil Nr. 4.

Einen ähnlichen Entwicklungsverlauf in der Richtung gegen





(1) aus der Gegend nordwestlich von Paris beschrieben und durch folgendes Schema wiedergegeben worden ist:



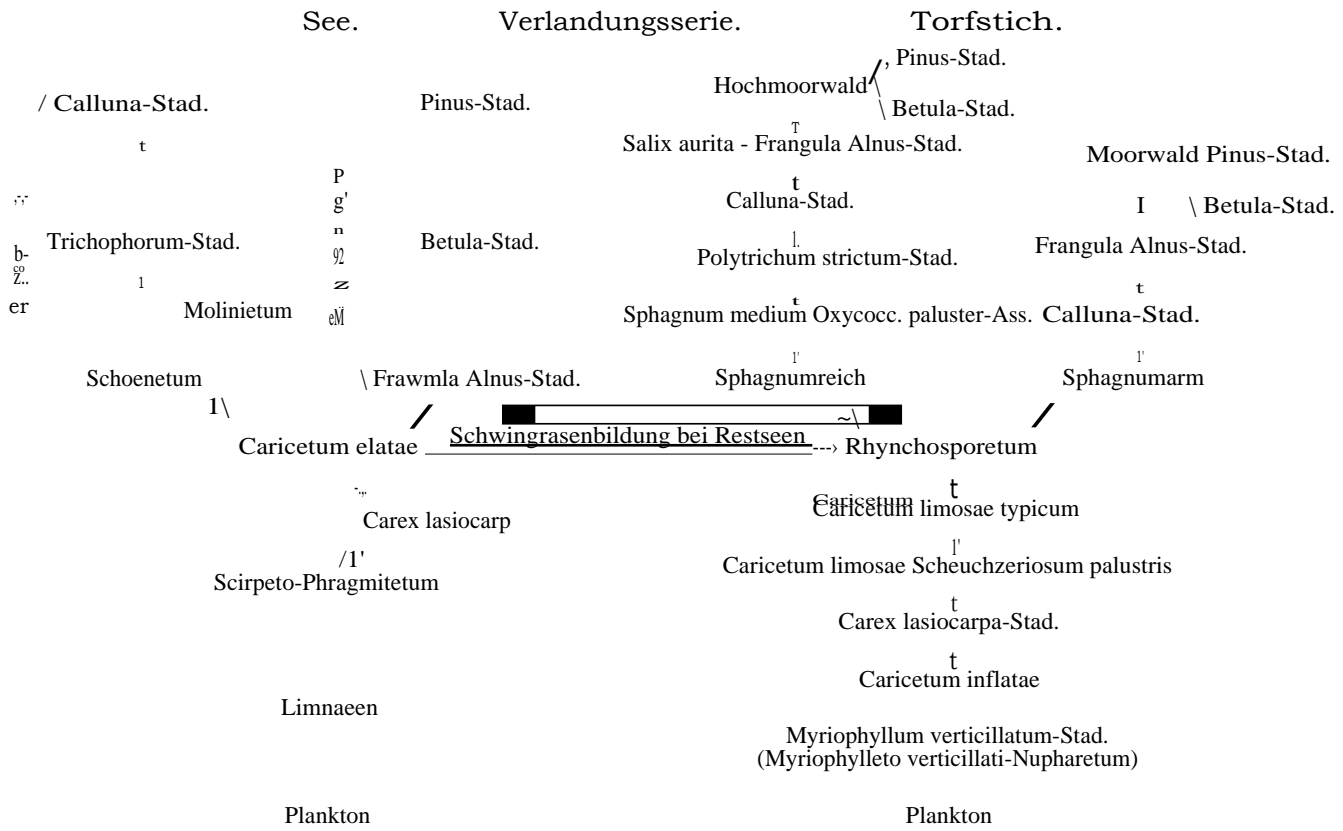
Assoc. à *Cladium Mariscus*

Assoc. ä, *Potamogeton coloratus*

Succession dans la tourbiere ä Hypnacées.

Bei tiefen Stichen gegen den Moorrand zu (jedoch nicht direkt am Rand) hebt die Entwicklung mit einem *Myriophylleto verticillati-Nupharetum* an, das von einem *Caricetum inflatae* gefolgt wird. Anschliessend reiht sich ein kräftig entwickeltes *Caricetum lasiocarpae caricetosum diandrae* an, welche Unterassoziation sich stets durch das starke Vorherrschen von *Carex diandra* und den Besitz einer ungewöhnlich üppig entwickelten Moosschicht kennzeichnet. Unter Ueberspringung des *Caricetum limosae* entwickelt sich langsam ein *Rhynchosporium* daraus.

In der nachfolgenden Tabelle haben wir die schematischen Darstellungen einer See- und einer Torfstichverlandungsserie einander gegenübergestellt. Es ist hier nicht Raum und Gelegenheit, näher auf den interessanten Vergleich einzutreten. In den Hauptzügen erkennen wir die allgemeine Tendenz von hygrophilen zu mesophilen Assoziationen und von eutrophen zu oligotrophen Bedingungen fortzuschreiten. Bei der Seeverlandung verläuft die Entwicklung über viele Stadien hinweg eutroph, während bei der Torfstichverlandung relativ früh das oligotrophe Moment zur Geltung gelangt. Das auf dem Wege der Seeverlandung entstandene Torfmoor entspricht wohl dem von L. v. POST (12) bezeichneten Typus der «Dagsmosse» und die



Festschrift IANNS SCHINZ.

Hochmoorbildung am Bützlisee demjenigen der «Nyckelmossen». Die an der Sukzession beteiligten Pflanzengesellschaften gehen ZUM Teil nicht über den Wert von Fragmenten hinaus, was einerseits mit dem raschen Wechsel der ökologischen Bedingungen, der in der Zonation seinen Ausdruck findet, zusammenhängt, andererseits in dem namentlich bei Torfstichen sich auswirkenden Eiltempo der Sukzession seine Begründung hat.

### Literaturverzeichnis.

- ALLORGE, P.: Les associations végétales du Vexin français. Thèses Fac. des Sc. Paris. Nemours 1922.
- ALLORGE, P. et DENIS, M.: Une excursion phytosociologique aux lacs de Biscarrosse (Landes). Bull. Soc. Bot. France, 70, Paris 1923.
- ALLORGE, P. et DENIS, M.: Notes sur les complexes végétaux des lacs-tourbières l'Auhrac. Archives de Botanique, 1, No. 2. Saint-Lô 1927.
- BAUMANN, E.: Die Vegetation des Untersees (Bodensee). Archiv f. Hydrobiol. u. Planktonk. Supplementbd. 1 Stuttgart 1911.
- FURRER, E.: Begriff und System der Pflanzensukzession. Vierteljahrsschr. Naturf. Ges. Zürich. 67. Zürich 1922.
- GAMS, H.: Von den Follatères zur Dent de Mordes (Veget. Monogr. a. d. Wallis). Beitr. z. geobot. Landesaufn. 15. Bern 1927.
- Die Geschichte der Lunzerseen, Moore und Wälder. Intern. Rev. gesamt. Hydrobiol. u. Hydrograph. 18, Nr. 5 u. 6. Leipzig 1927.
- HOHN, W.: Über Flora und Entstehung unserer Moore. Mitteilungen naturwiss. Ges. Winterthur. Jahrg. 1918.
- JOSEPHY, G.: Pflanzengeogr. Beobachtungen auf einigen schweiz. Hochmooren. Diss. Univ. Zürich. Wien 1920.
- KOCH, W.: Die Vegetationseinheiten der Linthebene. Jahrb. St. Gallischen naturwiss. Ges. 61, II. Teil (1925). St. Gallen 1926.
- LÜDI, W.: Die Pflanzengesellschaften des Lauterbrunnentalcs und ihre Sukzession. Beitr. z. geobot. Landesaufn. 9. Zürich 1921.
- MESSIKOMMER, E.: Biolog. Studien im Torfmoor v. Robenhausen, Diss. Univ. Zürich. Wetzikon 1927.
- NAUMANN, E.: Bodenablagerungen des Süßwassers. Archiv f. Hydrobiol. u. Planktonk. 13. Stuttgart 1922.
- POST, L. v.: Über stratigraph. Zweigliederung d. schwed. Hochmoore. Sverig. Geolog. Undersökn. Ser. C. Nr. 248. Stockholm 1913.
- SCHINZ, H. und THELLUNG, A.: Flora d. Schweiz v. Schinz u. Keller. I. Teil: Exkursionsflora. 4. Aufl. Zürich 1923. II. Teil: Kritische Flora, 3. Aufl. Zürich 1914.
- SCHRÖTER, C. und KIRCHNER, O.: Die Vegetation des Bodensees, II. Teil. Lindau B. 1902.
- WARMING, E. et GRAEBNER, P.: Lehrbuch d. ökolog. Pflanzengeographie. 3. Aufl. Berlin 1918.

Fig. 1 Verlandungsreihe am Pfäffikersee.

Limnoeen

Scirpato-Phragmitetum

Caricetum elatae Regr.Z.

Schoenetum schoenelosum ferruginei

Trichophorum-Stad. Calluna-Stad.



Fig. 2 Verlandungsreihe am kleinen See.

Nupharstetum Scirpato-(Cladiet)Phragm. Caricet-elatae Trichophor-Stad.



Fig. 3 Verlandungsreihe am Bützlisee.

Molinietum Caricetum elatae Hochm. Schwingrasen Scirpato-Phr. Nuphar-Stad.



Fig. 4 Torfstichverlandung.

Myriophyll.verticillat.-Stad. Caricet.inflotae Carex lasiocarp.-Stad. Caricetum limosae Rhynchosporiet. Sphagnum med. Oxycooc.pal.-Ass.

Callunetum

Salix aurita - Frax. Al.

