

MEDDELANDEN

FRÅN

STATENS
SKOGSFÖRSÖKSANSTALT

HÄFTET 7

1910



MITTEILUNGEN
AUS DER FORSTLICHEN VERSUCHSANSTALT
SCHWEDENS

7. HEFT



INNEHÅLLSFÖRTECKNING.

INHALT.

	Sid.
Redogörelse för verksamheten vid Statens Skogsförsöksanstalt under år 1909.	
Bericht über die Tätigkeit der Kgl. Forstlichen Versuchsanstalt Schwedens im Jahre 1909.	
I. Skogsafdelningen (Forstliche Abteilung).....	1
II. Botaniska afdelningen (Botanische Abteilung)	3
GUNNAR SCHOTTE: Skogsträdens frösättning hösten 1909.....	5
Die Samenernte der Waldbäume von Schweden im Herbst 1909 (I—II)	
HENRIK HESSELMAN: Studier öfver de norrländska tallhedarnas föryngringsvillkor I	25
Studien über die Verjüngungsbedingungen der norrländischen Kiefern- heiden I (III—VIII)	
GUNNAR SCHOTTE: Om färgning af skogsfrö i syfte att utmärka utländsk vara	69
Über die Färbung des Forstsamens zur Unterscheidung ausländischer Ware (IX—XII)	
HENRIK HESSELMAN: Om vattnets syrehalt och dess inverkan på skogsmarkens försumpning och skogens växtlighet.....	91
Über den Sauerstoffgehalt des Bodenwassers und dessen Einwirkung auf die Versumpfung des Bodens und das Wachstum des Waldes (XIII—XVI)	
TORSTEN LAGERBERG: Om gråbarrsjukan hos tallen, dess orsak och verkningar I, II.....	127
Die Hypodermella- Krankheit der Kiefer und ihre Bedeutung (XVII—XXII)	
NILS SYLVÉN: Material för studiet af skogsträdens raser.....	
Material zur Erforschung der Rassen der schwedischen Waldbäume	
10. Några svenska tallformer	174
10. Einige schwedische Kiefernformen (XXIII—XXVI)	
GUNNAR SCHOTTE: Skogsträdens frösättning hösten 1910.....	195
Die Samenernte der Waldbäume von Schweden im Herbst 1910 (XXVII—XXVIII)	
NILS SYLVÉN: Om pollineringsförsök med tall och gran	219
Über Selbstbestäubungsversuche mit Kiefer und Fichte (XXIX—XXX)	
GUNNAR SCHOTTE: Om betydelsen af fröets hemort och moder- trädets ålder vid tallkultur	229
Über die Bedeutung der Samenprovenienz und des Alters des Mutterbaumes bei Kiefernkultur (XXXI—XXXII)	

Om vattnets syrehalt och dess inverkan på skogsmarkens försumpning och skogens växtlighet.

Af HENRIK HESSELMAN.

Sedan länge tillbaka har man haft klart för sig, att markens genomluftning har en stor betydelse för kulturväxternas trefnad. I och med upptäckten i slutet af 1700-talet, att växterna liksom djuren andas, att de upptaga syre och afskilja kolsyra, hade man också fått en rationell förklaring till den roll, som luften i marken spelar. Schweizaren SAUSSURE, som ehuru han visserligen icke upptäckte växternas andning, dock genom sina vidsträckta undersökningar i slutet af 1700-talet och början af 1800-talet kan betraktas som den egentlige grundläggaren af denna del af växtfysiologien, visade, att äfven rötterna andas. Andningsintensiteten hos dessa kan under gynnsamma omständigheter vara högst betydande. En bekant rysk växtfysiolog PALLADIN¹ visade sålunda, att hufvudroten hos bondbönans (*Vicia Faba*) groddplanta kan genom andning förlora 4,6 % af sin torrsubstans under en tid af 20 timmar.

Åkerbrukskemister och växtfysiologer hafva flerfaldiga gånger utfört undersökningar öfver luftens mängd och beskaffenhet i marken. Äfven hygieniker, såsom framför allt den berömde bajraren PETTENKOFER, ha upptagit dessa ämnen till behandling, då man ansett att markluften influerar på människans välbefinnande. Såsom hufvudresultat af dessa undersökningar har framgått, att luften i marken är, jämförd med den atmosfäriska luften, rikare på kolsyra, men mindre rik på syre. I vissa fall har man uppdagat ett nära samband mellan markluftens beskaffenhet och växtlifvets utveckling. Intressant är i detta hänseende en undersökning af fransmannen MANGIN, som visat att orsaken till att träden på vissa af Paris boulevarder dö ut är den, att luften i den mark, där de växa, är för fattig på syre.² Detta framgår tydligt nog af den

¹ FR. CZAPEK. Biochemie der Pflanzen. Bd II, sid. 386. Jena 1905.

² L. MANGIN. Études sur la végétation dans ses rapports avec l'aération du sol. Recherches sur les plantations des promenades de Paris. Annales de la Science agronomique française et étrangère. 2:e série. 1896. Tome I. Paris 1896.

mängd analyser, som han utfört öfver kolsyre- och syremängden hos luften i marken på dessa platser. För att rädda träden föreslår han också särskilda åtgärder för markens genomluftning.

När det gäller den naturliga, af människan mera oberörda vegetationen, finner man ofta, att såväl rent praktiskt folk som vetenskapliga forskare anföra en bristande genomluftning hos marken såsom en orsak till vissa egendomligheter i växtlivet, såsom abnormt långsam tillväxt hos träden, vissa växters utdöende och andras mer eller mindre egendomliga byggnad. Mera sällan stödjas dessa uttalanden af analyser af luften i marken. Dylika äro nämligen både besvärliga och svåra att utföra, och man har därför fått nöja sig med att påvisa vissa struktur-egendomligheter i marken eller andra företeelser, som böra försvåra dess genomluftning. Ett sådant hinder är framförallt markens mättande med vatten. I en sådan jord finns ingen annan luft tillgänglig för växterna än den, som är löst i vattnet. Särskildt när det gäller mossar och myrar, försumpade skogar och liknande växtsamhällen, har man framhållit syrebrist i marken såsom en orsak till växtlivets egendomligheter. Klart är ju, att i dylika växtsamhällen, där marken ofta är genomdränkt med vatten ända upp i ytan, endast den i vattnet lösta luften kan vara tillgänglig för växternas rötter. Växternas trefnad beror då i hög grad på beskaffenheten af denna luft. Några analyser häröfver föreligga icke, och man vet sålunda ej, hur långt en eventuell syrebrist kan sträcka sig. För uppfattningen af de försumpade granskogarnas lifsvillkor har en närmare kännedom härom en stor betydelse. Vid planläggningen af den botaniska afdelningens arbeten öfver skogarnas försumpning upptogs därför äfven denna fråga till behandling. Undersökningarna börjades sommaren 1905 på försöksfältet vid Rokliden, där sedermera ett större antal observationer samlats. Sedan iakttagelser å Bottnaryds prästbordskog i norra Småland och i Kulbäckslidens krpk. i Västerbotten lämnat resultat, öfverensstämmande med observationerna å Rokliden, har jag ansett tiden vara inne att publicera dessa undersökningar.

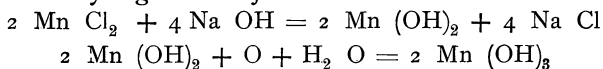
Om den använda metoden för bestämningen af vattnets syrehalt.

En kemist, som vill undersöka sammansättningen af den luft, som finnes löst i vatten eller någon annan vätska, kan ofta begagna sig af flera olika metoder. Det äldsta och hittills kanske mest använda tillvägagångssättet består däri, att luften genom stark kokning utdrifves ur vätskan. De härvid erhållna gaserna hopsamlas i ett kärl, hvarefter syremängden bestämmes genom absorption med något ämne, som kraftigt

tager upp syre t. ex. pyrogallussyra i alkalisk lösning. Den genom absorptionen inträffade förminskningen i gasernas volym anger den mängd syre, som fanns löst i vätskan. För att kunna jämföra olika bestämningar med hvarandra, reduceras den absorberade syremängden till 0° och 760 mm:s barometertryck, hvarjämte nödig hänsyn tages till vattenångans tryck. Urkogningsmetoden fordrar emellertid tämligen vidlyftiga apparater, som endast med mycket besvär kunna medföras på resor. När man därför på fartyg t. ex. vill undersöka gaserna i hafsvatten, uppsamlas de prof, som skola undersökas, i slutna glaskärl, hvori luften förut utpumpats medelst kvicksilfver. Det lufttomma kärlet öppnas då under ytan på det vatten, som skall undersökas. Vattnet stiger upp i och fyller kärlet, som sedan smältes igen. Det på detta sätt tagna profvet kan bevaras och de lösta gaserna undersökas vid hemkomsten på ett laboratorium. En sådan metod passar emellertid icke för undersökningen af syremängden i humushaltiga vatten, såsom mossvatten och dylika. De lösta humusämnen ta nämligen med begärlighet upp syre ur vattnet, hvilket längre fram kommer att belysas genom åtskilliga försök. Ett humushaltigt vatten i ett slutet kärl blir därför inom en ganska kort tid syrefritt, äfven om det vid profvets tagande innehöll betydande syremängder.

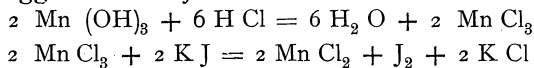
Kan man därför för ej af någon anledning genast vid profvets tagande undersöka det humushaltiga vattnet, måste man bringa det befintliga syret i kemisk förening med något annat ämne, så att det blir oåtkomligt för humusämnen, men dock lätt tillgängligt för den kemiska analysen. Detta mål vinnes genom att använda den af L. W. WINKLER uppfunna titreringsmetoden på i vatten löst syre. Då denna metod både är enkel och noggrann, de erforderliga analyserna jämförelsevis lätta att göra och föga tidsödande, har den blifvit använd vid anstaltens undersökningar öfver vattnets syrehalt i skogsmarken. En redogörelse för metoden och en undersökning af möjliga felkällor må här därför finna plats.

Metoden grundar sig på manganhydroxidens förmåga att upptaga syre. Tillsätter man till ett vatten, som innehåller löst syre, natronlut och en lösning af manganklorur, så upptages allt det i vattnet befintliga syret af manganhydroxiden under bildning af manganhydroxid. Reaktionen kan förtydligas af följande formel:¹



¹ Se t. ex. A. CLASSEN, *Ausgewählte Methoden der analytischen Chemie*. Bd II. Braunschweig 1903. sid. 41. Sannolikt är väl dock att manganhydroxiden öfvergår till mangansyrighet $\text{H}_2 \text{ Mn O}_3$, se t. ex. F. P. TREADWELL, *Lehrbuch der analytischen Chemie*. Bd II Leipzig 1907. sid. 565. Vid analysmetodens användning förorsaka dock dessa olika uppfattningar ingen skillnad.

Tillåter man sedan till vätskan jodkalium och saltsyra till sur reaktion, frigöres klor, som utdrifver en motsvarande mängd jod ur jodkalium. Reaktionen försiggår efter följande formel



Den afskilda mängden jod motsvarar sålunda enligt ekvationerna den i vattnet befintliga syremängden; en atom fritt syre motsvaras af två atomer jod. Den fria jodens mängd bestämmes sedan genom titring med natriumtiosulfat och stärkelselösning som indikator. Sedan joden blifvit kvantitativt bestämd, är det lätt att räkna ut den mängd syre, som fanns i vattnet. Syremängden angifves i kbcm. vid 0-graders temperatur och 760 mm:s barometertryck.

Denna metod har af dansken NIELS BJERRUM¹ användts för bestämning af syre i hafsvatten, sedan han visat, att man kan vinna goda och noggranna resultat äfven om analysen utföres flera veckor efter provfets tagande blott man genast tillsätter till vattnet de förut omnämnda reagensen, natronlut med jodkalium och manganklorur. Vid anstaltens undersökningar har hans tillvägagångssätt i hufvudsak användts.

För dessa undersökningar iordningställdes tvenne starka, välgjorda lådor med fack för 21 glasflaskor å 150 kbcm. Fackens sidor och lådans lock voro väl madrasserade med filt, så att flaskorna stodo stadigt. Glasflaskorna hade urplockats ur ett större förråd, hvarvid endast flaskor med särdeles väl inslipade glasproppar godkänts. Tvenne af flaskorna i hvarje låda innehöllo de för undersökningen nödvändiga reagensen, nämligen en lösning af 36 gr. natriumhydroxid och 10 gr. jodkalium i 100 kbcm. destilleradt vatten samt en annan lösning af 40 gr. kristalliserad manganklorur i 100 kbcm. vatten surgjordt med två kbcm. saltsyra. I lådan funnos dessutom pipetter å 1 och å $\frac{1}{2}$ kbcm. Vid vattenprovfets tagande fylldes flaskorna ända upp till halsens öfre kant, därefter tillsattes 1 kbcm. af natronluten och $\frac{1}{2}$ kbcm. af manganklorurlösningen, hvarvid en del af vattnet i flaskan rann ur. Omedelbart därefter insattes den med vaselin bestrukna glasproppen, hvarvid man noga tillsåg, att ingen luftblåsa bildades innanför proppen. Sedan glasproppen tillknutits och flaskan etiketterats, sattes flaskan återigen i lådan. När det gällde att taga prof af vattnet i mossar, kärr och försumpade granskogar, användes en liten mässingspump, försedd med ett 30 cm. långt mässingsrör, som kunde nedstickas i torfven. Röret var slutet i nedre ändan, men försedt med flera sidohål. För att fylla en flaska behöfdes 3 à 4 pumphningar, om ej torfven var särdeles tät och starkt vattenhållande. Trots att moss-

¹ On the determination of oxygen in seawater. Meddelelser fra Kommissionen for Havundersøgelser serie Hydrografi. Bind. I. N:o 5. Köbenhavn 1904.

vattnet vid denna pumpning kom i direkt beröring med den yttre luften, ägde ej någon märkbar syreabsorption rum. Alla på detta sätt insamlade prof visade sig nämligen fullt syrefria, såvida ej pumpningen ägt rum i mossens allra öfversta lager. Sedan ett större antal prof blifvit tagna, sändes lådan, väl låst, till Stockholm, där titreringsanalyserna utfördes å anstalten af fröken G. LAURENTZ, med undantag af år 1905, då de verkställes å Stockholms stads hälsovårdsnämnds laboratorium af fröken M. KINBERG. I allmänhet förflöto endast några dagar mellan profvens tagande och det slutliga utförandet af analysen. Man skulle möjligen kunna frukta för, att profven under denna tid upptagit en del syre ur luften, som omedelbart skulle ha absorberats af mangano-hydroxiden. Prof tagna under vissa yttre omständigheter ha emellertid alltid visat sig vara fullt syrefria, och då dessa prof ej behandlats på något annat sätt än de öfriga, finnes ingen anledning att antaga, att de syrehaltiga profven upptagit någon luft under transporten.

Vid titrering på hafsvatten brukar man för analysen använda flaskans hela innehåll, hvarvid dess rymd förut bestämts genom vägning med destilleradt vatten. I mossvattensprofven fanns emellertid alltid en större eller mindre kvantitet mullkroppar uppslammade, hvarför endast en del af vattenprofvet, t. ex. 100 kbcm., upptaget med en pipett användes för titreringen. På analysens tillförlitlighet bör ett sådant förfarande ej ha något störande inflytande.

Från kemisk synpunkt skulle man möjligen frukta för att humusämnen kunde inverka störande på titreringen, i det att de upptoge en del jod ur jodlösningen. För att närmare undersöka denna fråga, har jag å anstalten utfört en del kontrollundersökningar, för hvilka här må redogöras.

De humusämnen, som funnos i den lösning, i hvilken joden bestämdes medelst titrering, hade först behandlats med alkali (genom tillsatsen af NaOH-lösningen till vattenprofvet), sedan med syror (genom tillsatsen af HCl vid jodens frigörande). I de flesta fall utföllo därvid de i profvet lösta humusämnen som en brun, flockig, fällning, som långsamt sjönk till botten i det kärl, där titreringen utfördes.

För kontrollanalyserna bereddes därför humuslösningar på tvenne sätt, dels genom inverkan af en svag natronlutlösning på olika torfslag, dels genom dessas kokning med vatten. Försöken ha sedan utförts på så sätt, att 25 kbcm. af en jodlösning (jod + jodkalium) utspäddes med 100 kbcm. destilleradt vatten, hvarefter joden bestämts genom titrering. Denna bestämning har sedan jämförts med resultaten af titreringarna, när lika stor volym af samma jodlösning utspäddes med humushaltigt vatten af växlande koncentration, surgjordt med några kbcm. stark saltsyra.

I nedanstående tabell angifves det antal kbcm. af natriumtiosulfatlösningen, som åtgick för reduktion af 25 kbcm. af jodlösningen, när denna utspäddes med destilleradt vatten eller med olika starka humuslösningar, beredda genom extraktion med svag natronlut.

Utspädning med destilleradt vatten.	Utspädning med extrakt på mosstorf af växlande styrka.	Utspädning med extrakt på torf från försumpad granskog. Växlande styrka.
17,2 kbcm.	17,1 kbcm.	17,3 kbcm.
17,2 »	17,2 »	17,3 »
—	17,3 »	—

De skillnader, som här finnas, äro ej större än de, som ligga inom felgränserna för metoden. Vid ställande af natriumtiosulfatlösningen på en lösning af jod, framställd genom surgörning af kaliumbijodat och jodkalium med saltsyra, åtgick nämligen följande antal kbcm.

28,9

29,1

29,1

29,0

De utfällda och de möjligen ännu i lösningen befintliga humusämnen inverka sålunda ej störande på analysen. Samma resultat har jag erhållit vid användandet af svagare humuslösningar, beredda genom vattenextraktion. Äfven i detta fall gjordes lösningen först alkalisk med natronlut och sedan sur med saltsyra. Resultaten återfinnas i nedanstående tabell, som är uppställd efter samma grunder som den föregående.

Utspädning med destilleradt vatten.	Utspädning med extrakt på torf från torfmosse.	Utspädning med extrakt på torf från försumpad granskog.	Utspädning med extrakt från torf å tallhed.
12,4 kbcm.	12,3 kbcm.	12,3 kbcm.	12,3 kbcm.
12,5 »	—	—	12,4 »
12,3 »	—	—	—

Utan att behöfva frukta för någon jodabsorption af humusämnen kan man sålunda titrera på jod i mossvatten.

Vid beräkningen af analyserna har ej någon hänsyn tagits till den ringa syrekvantitet, som tillförts profven genom tillsättande af reagensen. Den är ju ock så ytterst obetydlig, att felet faller inom 3:dje decimalen.

Vattnets syrehalt i olika växtformationer.

Platserna för vattenprovrens insamlande.

De för syreanalys afsedda profven ha insamlats på trenne ställen i olika delar af landet, nämligen å försöksfältet vid Rokliden i Piteå revir, Norrbotten, å spridda platser i närheten af detta fält, å det nyanlagda försöksfältet å kronoparken Kulbäcksliden, Degerfors revir, Västerbotten samt på några platser kring Bottnaryds kyrka i norra Småland.

En kortare beskrifning har lämnats öfver försöksfältet vid Rokliden i den berättelse angående den botaniska afdelningens verksamhet åren 1906—1908, som ingafs till kungl. domänstyrelsen i april 1909¹. Å detta försöksfält ha vattenprof insamlats i grundvattensbrunnar, i hålror och gropar i de förumpade markerna samt genom pumpning i myrar och förumpade granskogar. Utanför försöksfältet ha vattenprof tagits i Rokån, i en källa vid Rokliden och i en brunn vid Fagerheden. Vattenprof från en grundvattensbrunn i vacker, växtlig granskog togos till jämförelse med grundvattnet i de oväxtliga och förumpade granskogarna å försöksfältet. Observationerna å dessa platser omfatta en tidrymd af 5 år, nämligen 1905—1909. Vidare togos sommaren 1909 vattenprof i en tjärn å sandheden vid Fagerheden samt genom pumpning i omgifvande gungfly.

Försöksfältet å Kulbäcksliden omfattar ett parti af en större myr samt cirka 5 hektar af en långsamt sluttande lid. Liden är dels bevuxen med tallskog, dels med svagt växtlig granskog, den senare i stor utsträckning starkt förumpad. Å detta försöksfält ha vattenprof tagits genom pumpning i myrar och förumpade granskogar samt i vattenfyllda hålror i dessa växtsamhällen. Observationerna å detta försöksfält verkställdes under augusti månad 1909.

Kring Bottnaryd i norra Småland (vid gränsen till Västergötland) samlades prof i en afloppslös, igenväxande skogstjärn, belägen i en större åsgrop. Vattenprofven togos dels i den öppna tjärnen, dels genom pumpning på flera punkter i den omgifvande mossen. Vidare togos prof i vattenfyllda hålror i mossar, i en sjö med mycket klart vatten, i källor, i en skogsbäck samt slutligen i en förumpad skogsmark kring den nyssnämnda bäcken. Alla dessa prof togos i början af juni 1906.

Resultaten af dessa undersökningar återfinnas i tabellerna n:o 1—9. Observationerna ha ordnats så, att vattenprof från lokaler af likartad natur sammanställts i samma tabell, sålunda t. ex. vattenprof från sjöar och bäckar i en, från förumpade granskogar i en annan tabell.

¹ Meddelanden från Statens skogsförsöksanstalt. H. 6. Skogsvårdsföreningens tidskrift 1909.

I tabellerna angifvas utom den observerade syrehalten äfven vattnets temperatur i hela grader vid profvets tagande samt den kvantitet syre, som vid den observerade temperaturen och det på insamlingsorten rådande normala barometertrycket skulle ha funnits i vattnet, om det varit mättadt med luft.¹ I sista kolumnen angifves syrebristen.

Syrehalten hos vattnet i bäckar, åar och skogstjärnar.

De vattenprof, som insamlats på dessa platser, äro alla mer eller mindre humushaltiga.

Rokån, där ganska många prof tagits, är en utpräglad skogså, som faller ut i Svensbyfjärden, strax väster om Piteå. Dess afvattningsområde² utgör 220 km². Den flyter genom en trakt, fylld af mossar och försumpade granskogar. Vattnet är mörkbrunt af humusämnen, härstammande från omgifvande skogstrakter. De flesta vattenprofven togs i en obetydlig liten fors nedanför gården Rokliden. Vattnet porlar där kring några stora moränblock, hvarigenom den vattenyta, som direkt utsättes för luften, blir mycket stor. Syrehalten är ock betydlig, i ytan saknas endast några tiondedels kbcm. i full mättning. Bottenvattnet är något mindre rikt på syre än ytvattnet (se tabell n:o 3).

Vattnet i skogsbäcken vid Bottnaryd var i det närmaste mättadt med syre, likaså ytvattnet i skogstjärnen vid samma ställe, ehuru äfven här humushalten var betydlig. En mera märkbar syrebrist förefanns hos ytvattnet i den lilla tjärnen vid Fagerheden. Öfverskott på syre, ehuru obetydligt, visade profvet från kyrksjön vid Bottnaryd med sitt klara vatten. Profvet togs här ibland kraftigt vegeterande *Lobelia dortmanna*, och den höga syrehalten torde utan tvifvel få tillskrifvas den syreproduktion, som är förbunden med växternas assimilation. Såsom resultat af dessa undersökningar framgår sålunda, att *ytvattnet i skogssjöar, skogsåar och skogsbäckar i det närmaste är fullt mättadt med syre, ehuru dessa vatten äro mörkbruna af däri lösta humusämnen.*

Det är af ett visst intresse att jämföra detta resultat med erfarenheten från andra sjöar. Såvidt jag för närvarande känner, har man dock hittills hufvudsakligen undersökt sjöar med mera klart och rent vatten. Man har i dessa ofta funnit ett betydande syreöfverskott, t. ex, i Lac Lemane i Schweiz, hvarest FOREL utförde sina klassiska, för sjöforsk-

¹ Uppgifterna angående syrehalten hos med luft mättadt vatten ha tagits ur LANDOLT und BÖRNSTEIN Physikalisch-chemische Tabellen. Aufl. III. Berlin 1905. L. W. WINKLERS undersökningar ligga till grund för deras uppgifter.

² Hydrografiska byrån. Årsberättelse för år 1908. Tab. I. Stockholm 1909. P. A. Norstedt & Söner.

ningen grundläggande undersökningar.¹ Gastillgången och gasernas sammansättning i vattnet influeras i högsta grad af de i vattnet lefvande organismerna. Om dagarna kan vattnet, då vegetationen är rik, visa ett syreöfverskott på grund af växternas assimilation, om natten däremot syrebrist, förorsakad af organismernas andning och assimilationens upphörande.² Om vi i våra skogssjöar med deras fattiga planktonflora kunna uppvisa en dylik växling i syrehalten må vara förbehållet andra undersökningar att afgöra.

För studiet af försumpningens samband med vattnets syrehalt är det emellertid af intresse att se, att humusämnen ej förmå att väsentligt nedsätta syrehalten hos sådana vatten, som genom vågrörelser och strömningar komma i mera liflig beröring med luften. Helt annorlunda gestaltar sig saken hos stillastående humushaltigt vatten.

Syrehalten i vattensamlingar på mossar och i försumpade granskogar.

I mossar, försumpade granskogar och på andra ställen i skogsmarken, där en rikare ansamling af humusämnen äger rum, finnas alltid smärre gropar i marken, fyllda med mörkt — nästan svart vatten. Vattnets färg härrör af lösta humussyror. Vattnet i dessa hålor är visserligen utsatt för luftens direkta inverkan, men det är stillastående och ytan sättes ej i rörelse af vindarna. Tabellen n:o 2 meddelar de resultat, som analyserna af vattenprof från sådana platser lämnat.

Öfverallt visar sig en betydande syrebrist, ehuru profven tagits nära ytan. I vissa prof, t. ex. från den försumpade granskogen å Kulbäcksliden i Degerfors revir finnes endast spår af syre. Orsaken till syrebristen kan icke vara någon annan än den att humusämnen förbruka syret i vattnet hastigare än det hinner upptagas ur luften af en stillastående

¹ Le Leman II. Lausanne 1895.

² Vid föregående undersökningar har man vid beräkandet af syreöfverskott eller syrebrist i vattnet i allmänhet använt sig af BUNSENS undersökningar öfver vattnets förmåga att lösa luftsyre. Enligt WINKLERS sedermera utförda och på mångahanda sätt kontrollerade undersökningar äro emellertid de af BUNSEN beräknade absorptionskoefficienterna afsevärdt för låga. En del af det syreöfverskott, som man ansett sig finna i sjövattnet, beror därför på denna felkälla. Skulle de syreanalyser å vatten från skogstjärnar och skogsåar, som här omtalas, ha jämförts med BUNSENS absorptionstal, skulle alla profven, med undantag af det från skogstjärnen vid Fagerheden, ha visat ett större eller mindre syreöfverskott. Flera bland de af FOREL (citeradt arbete) anförda analyserna visa emellertid ett betydande syreöfverskott i vattnet, äfven om WINKLERS absorptionstal läggas till grund för jämförelsen.

vattenyta.¹ Gashalten influeras äfven på dessa platser af vegetationen. Af de två gröparna i mossen vid Bottnaryd är den, som hyser en vegetation af hvitmossa (*Sphagnum dusenii*) och missne (*Calla palustris*) rikare på syre än den närbelägna, men vegetationsfria gropen. Den högre syrehalten får väl tillskrifvas växternas assimilation. Af dessa observationer framgår sålunda, att *stillastående, starkt humushaltigt vatten visar en afsevärd, stundom högst betydande syrebrist, äfven om det befinner sig i omedelbar beröring med luften.*

Är vattnet däremot svagt humushaltigt kan syrehalten vara ganska betydande. I den oväxtliga granskogen togos några vattenprof i grädda gropar. Vattnet i dessa var i det närmaste klart, hade en svag smak af humusämnen, men *var nästan mättadt med syre.* I några gropar grädda *i en skog under börjande försumpning var däremot syrehalten betydligt under mättningspunkten.* (Se tab. n:o 1.)

Syrehalten hos vattnet i myrar, mossar och försumpade granskogar.

De nyss omnämnda, humushaltiga vattnen stå i direkt beröring med luften men visa ändock en ganska betydande syrebrist. Under sådana omständigheter torde det icke förefalla märkligt (tab. n:o 5), att *samtliga vattenprof, uppumpade på omkring 20 cm:s djup i mossar och försumpade granskogar, visat sig fullkomligt syrefria, såvida icke profvet tagits nära eller i mossens yta, i hvilket fall spår af syre kunnat konstateras. Är marken däremot mera källartad, så att vattnet befinner sig i hastigare rörelse, kan syrehalten vara ej så obetydlig,* såsom i ett af profven från Kulbäcksliden. Den totala syrebristen i mossen förklaras af vattnets höga halt af humusämnen samt af de stora hinder, som möta dess rörelse i marken. Några vattenprof ha äfven tagits af det starkt humushaltiga vattnet i några brunnar, upptagna i trädbevuxna myrar. Som tabellen n:o 4 visar äro samtliga dessa prof fullständigt syrefria.

Intressant är en jämförelse mellan syrehalten i den öppna tjärnen och syrehalten i den gungflyzon, som betecknar första stadiet i sjöns igenväxande. Tabellen n:o 6 hänför sig till tvenne igenväxande skogstjärnar, den ena belägen på en sandhed vid Fagerheden i Piteå revir, den andra vid Bottnaryd i norra Småland. Tjärnarnas vatten är ganska rikt på syre, i Bottnaryd i det närmaste mättadt. *Vattnet i gungflyet,*

¹ Stillastående rent vatten af konstant temperatur upptager syre särdeles långsamt. I ett af PETER KLASON omnämndt försök, behöfde urkokadt vatten, sedan det fått svalna i vakuum, 3 $\frac{1}{2}$ dagar för att åter blifva mättadt med syre. Temperaturändringar påskynda syreabsorptionen, rörelse i vattnet genom strömningar och skakningar befordra den i högsta grad. (Se PETER KLASON: Om rening af afloppsvatten från sulfittfabriker. Teknisk tidskrift. Afd. för Kemi och bergsvetenskap. 22 aug. 1908.)



Ur Statens skogsförsöksanstalts samlingar.

Fig. 1. Försumpad granskog. Piteå kronopark, Piteå revir. Vattnet i marken syrefritt.
Versumpfter Fichtenwald. Staatsforst Piteå. Revier Piteå. Kein Sauerstoff im Wasser des Bodens.

Fot. af förf.

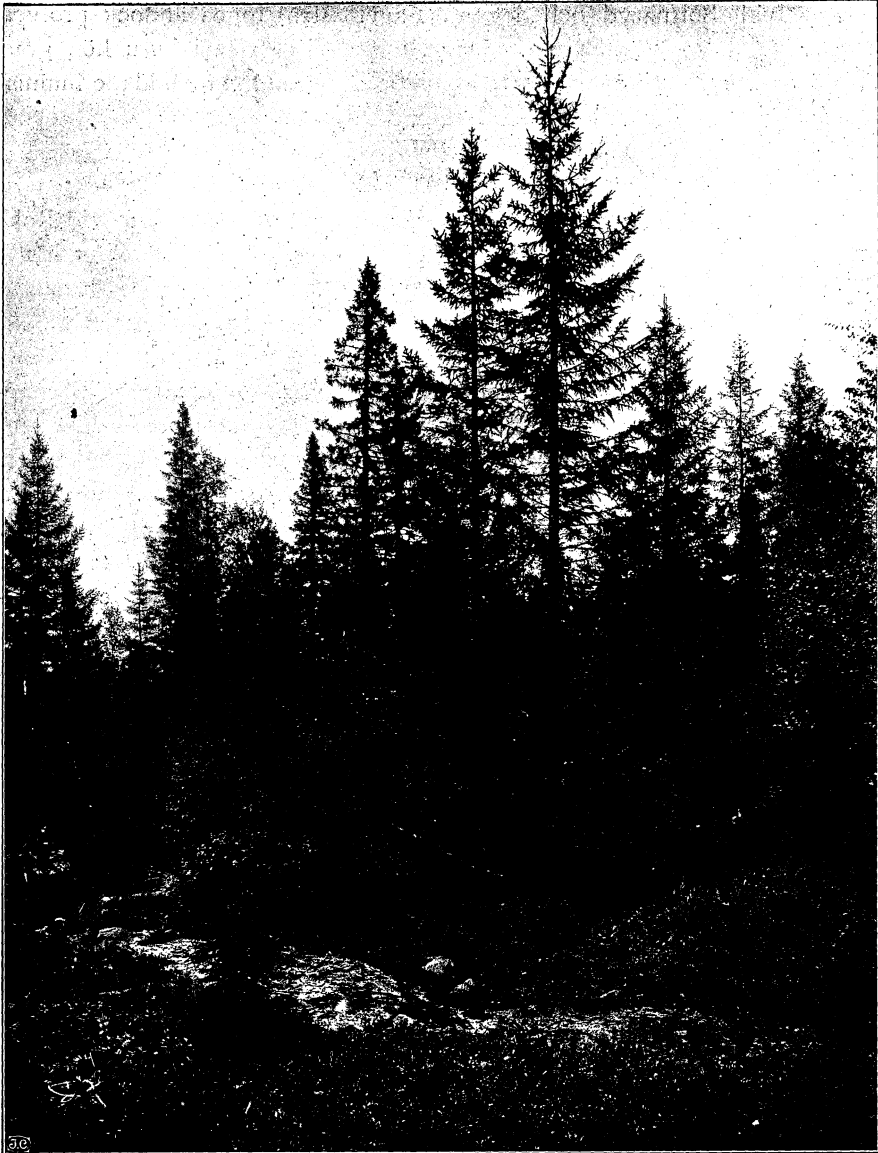


Ur Statens skogsförsöksanstalts samlingar.

Fot. af förf.

Fig. 2. Oväxtlig granskog. Försöksfältet vid Rokliden å Piteå kronopark. Piteå revir.
Grundvattnet syrefritt eller nästan syrefritt.

Schwachwüchsiger Fichtenwald. Das Versuchsfeld im Staatsforst Piteå. Revier Piteå. Das Grundwasser
enthält keinen oder nur sehr wenig Sauerstoff.



Ur Statens skogsförsöksanstalts samlingar.

Fot. af förf.

Fig. 3. Växtlig granskog vid Rokliden. Piteå revir. Grundvattnet ganska syrerikt.
Raschwüchsiger Fichtenwald bei Rokliden. Revier Piteå. Das Grundwasser ziemlich reich an Sauerstoff.

som uppumpats på ett djup af 20 cm. under ett sammanhängande sphagnum-täcke, var fullkomligt syrefritt. I tvenne fall (nämligen ett af profven vid Bottnaryd och det vid Fagerheden) togos ändock profven ett par fot från tjärnkanten. Dessa iakttagelser visa i huru hög grad ett sphagnum-täcke och de af hvitmossornas förmultning bildade humusämnen hämma allt hvad genomluftning heter.¹

Grundvattensprof från oväxtliga och växtliga granskogar.

Ganska många vattenprof ha tagits ur de på försöksfältet vid Rokliden anlagda grundvattensbrunnarna. De flesta brunnarna ligga här i sådan granskog, som vanligen benämnes oväxtlig. Skogens utseende framgår af bilden fig. 2. Analysresultaten återfinnas i tabellen n:o 8.

På försöksfältet vid Rokliden finns det emellertid två slags grundvattensbrunnar. För att hindra brunnarnas igenslammande ha brunnsrören af trä omgifvits med ett lager tätt packadt granris.² Endast omkring några brunnar, nämligen I, V och VII saknas ett dylikt rislager. Prof af vattnet i brunnarna med ris ha tydligen ej samma värde, som prof ur de andra brunnarna för att bedöma vattnets syrehalt i marken. Det multnande granriset bör ju tydligen i någon mån kunna taga upp syre ur vattnet och sålunda nedsätta dess syrehalt. Vattnet i de af granris omgifna brunnarna har också, såsom analyserna visa, varit fullkomligt syrefritt, i några fall finnes endast spår af syre.³ Vattnet i de andra brunnarna är emellertid syrefritt eller ytterst syrefattigt. Vid botten finns på sin höjd $\frac{1}{2}$ kbcm. per liter, vid ytan växlar syrehalten mellan 0,36 och 0,88 kbcm. per liter. Vattnet i dessa brunnar är icke brunt till färgen, smakar dock svagt humushaltigt, är blackt och stundom svagt opaliserande af uppslammade lerpartiklar.

Ehuru vattnet i de omnämnda brunnarna står i direkt beröring med luften, — brunnarna äro omkring 1 dm² vida, — är det dock syrefritt eller ytterst syrefattigt. Under sådana förhållanden måste vattnet inuti marken vara fullkomligt syrefritt eller också endast innehålla spår af syre. Några direkta prof af vattnet i marken ha icke kunnat tagas på grund af moränens beskaffenhet. Den totala syrebristen eller i bästa fall den ytterst låga syrehalten vittnar om hur föga genomluftad marken är i den oväxtliga granskogen.

Detta resultat vinner i intresse genom jämförelse med analyserna af

¹ De här omnämnda profven voro dock ganska fattiga på humusämnen, vattnet var ljusgult och endast en liten bottensats bildades i flaskan.

² Jmfr Redogörelse öfver den botaniska afdelningens verksamhet åren 1906—1908 jämte förslag till program. Meddelanden från Statens skogsförsöksanstalt. H. 6.

³ Om grundvattenståndets växlingar se nyss citerade Redogörelse etc.

vattnet i en brunn, gräfd i en frisk, utmärkt växtlig granskog, tillhörande gården Rokliden (se fig. 3). Brunnen är gräfd på samma sätt som brunarna i den oväxtliga granskogen, rislager omkring brunnsröret finnes emellertid ej. Den vackra granskogen växer på den nedersta delen af den långsamt sluttande, starkt försumpade lid, hvarpå försöksfältet är anlagdt. Den ligger nedanför marina gränsen. Marken är mindre lerrick än i den oväxtliga granskogen, grusig, stenarnas form vittnar om att moränen bearbetats af vågsvall. Markvegetationen utgöres af ståtliga ormbunkar, frodiga örter och gräs samt ris. I botten täcket spelar *Sphagnum girgensohnii* en viktig roll, stundom är den helt täckande. Grundvattnet står ganska högt.

Analyserna af vattnet i den brunn, som anlagts i denna växtliga granskog, visa ständigt en betydande syrehalt, som stundom kan uppgå till flera kbc. per liter (tab. 7). Det finns icke någon anledning att antaga, att vattnet skulle ha lättare att upptaga syre ur luften i denna brunn än i de andra på försöksfältet. Resultatet kan svårligen tolkas på annat sätt än att *grundvattnet i den växtliga granskogen är ganska rikt på syre, medan grundvattnet i den oväxtliga granskogen lider af total syrebrist eller endast innehåller spår af syre. I ena fallet ha vi en genomluftad, i andra fallet en föga eller icke genomluftad mark.* Till denna sak skall jag sedermera återkomma.

Vattenprof från källor.

Kring källor frodas ofta en rik vegetation af örter och gräs (*Epilobium-* och *Carex*arter) samt svällande, gröna och röda mosstufvor (*Cheiloscyphus polyanthus*, *Bryum duvalii*, *Mnium cinclidioides* och *subglobosum*, en del *Sphagna* och *Amblystegia* m. fl.) Den frodiga vegetationen ger anledning att förmoda, att vattnet är ganska rikt på mineralämnen, som det löst ut ur den genomflutna marken. Vattnet är i regel klart, fritt från lösta humusämnen. Men källorna äro intet annat än fram-brytande grundvatten, och vi hafva ju sett, att sådant ofta kan vara syrefritt. Hur är det då med källvattnets syrehalt? Rätt många prof ha tagits i källor (tab. n:o 9) och öfverallt har det visat sig, att *sådant vatten är rikt på syre*. Den rörelse i vattnet, som källorna i regel förete, är utan tvifvel i hög grad ägnad att underlätta syreabsorptionen. Därtill kommer, att källvattnet är fattigt på humusämnen, som kunna lägga beslag på det upptagna syret. Äfven med hänsyn till rötterna och de andra i vattnet sänkta växtdelarnas andning erbjuder sålunda källvattnet gynnsamma betingelser för vegetationen.

De undersökningar, för hvilka här redogjorts, visa med all tydlighet att det råder fullkomlig syrebrist i mossar och försumpade granskogar, t. o. m. i de öfversta torflagren, där växterna ha sina rötter. Märklig är den stora skillnad i afseende på markens genomluftning, som råder mellan den oväxtliga och den starkt växtliga granskogen. Intressant är också att se, hvilken betydelse vattnets rörlighet äger för syreabsorptionen. Syretillgången i marken och vegetationens utveckling å dessa olika platser stå utan tvifvel i samband med hvarandra. För en diskussion häraf fordras dock en närmare belysning af humusämnenas förmåga att upptaga syre.

Om humusämnenas förmåga att upptaga syre.

I det föregående har ofta framhållits, att den syrebrist, som en del starkt humushaltiga vatten visa, beror på humusämnenas närvaro. Humusämnenas utgöras af under sönderdelning stadda organiska föreningar. Dylika ha i regel stor förmåga att upptaga fritt syre. Särskildt är detta fallet med sådana sönderdelningsprodukter, som bildats utan luftens fria tillträde. Dylika kroppar verka starkt reducerande och kunna i lösning öfverföra järnoxidsalter till oxidulsalter. En forskare REICHARDT¹ har visat, att torf förmår minska syrehalten i regnvatten högst väsentligt under loppet af 15—20 minuter.

På anstalten har jag låtit utföra en del undersökningar, för att i någon mån ytterligare belysa denna fråga.

En del preliminära försök afsågo att undersöka, hur mycket syre, som beröfvas vattnet, då det rinner ned genom ett torfskikt. För detta ändamål fylldes ett 5 cm. vidt, nedtill sammandraget glaströr till en höjd af 10 cm. med den jordart, som skulle undersökas. Rörets nedre ända stod i en skål med paraffinolja, så att det genomrunna vattnet icke kom i direkt beröring med luften.

Försöken utfördes på så sätt, att 150 kbcm. luftmättadt vatten fick rinna genom det med genomfuktad jord fyllda röret. Den tid, som åtgick för vattnets genomrinnande, antecknades. Det för försöket använda vattnets syrehalt var noggrant bestämd. När vattnet runnit igenom jorden, tillsattes de för syreanalysen erforderliga kemiska reagensen. Sedan joden blifvit frigjord genom tillsats af saltsyra, upphämtades medels en pipett 50 kbcm. af vattnet under paraffinoljeskiktet.² Detta

¹ RAMANN. Bodenkunde. Aufl. II sid. Berlin 1905.

² Som joden löses i paraffinolja, måste man upptaga profvet för analys omedelbart efter jodens frigörande.

prof användes sedan för titreringen. Till jämförelse gjordes först några försök med sand. Resultaten af dessa försök framgå af nedanstående tabell.

Jordprof.	Tid för vattnets genomrinnande.	Syrehalt före genomrinnandet. kbcm. per liter.	Syrehalt efter genomrinnandet. kbcm. per liter.
Rödsand, älfandsplatå	30 min.	5,0 kbcm.	5,1 kbcm.
Älfсанд, oomvandl. .	2 »	5,8 »	5,7 »

Såsom synes falla de obetydliga skillnaderna i båda riktningarna, de ta ut hvarandra. Någon syreabsorption äger tydligen icke rum hos sanden. Annat är förhållandet med torfven, hvilket framgår af nedanstående tabell.

Jordprof.	Tid för vattnets genomrinnande.	Syrehalt före genomrinnandet. kbcm. per liter.	Syrehalt efter genomrinnandet. kbcm per liter.
Starrtorf	20 min.	5,7 kbcm.	4,8 kbcm.
»	80 »	5,9 »	3,6 »
Flarktorf	168 »	6,0 »	4,6 »

Torfven absorberar sålunda redan af det genomrinnande vattnet en betydande mängd af dess syre. Absorptionen kan, då vattnet rinner långsamt, uppgå till 39 % af syremängden i vattnet.

Emellertid kunna dessa försök endast ge en ungefärlig föreställning om humusämnenas syreabsorptionsförmåga; de afse att efterlikna naturen, och någon annan slutsats kan icke dragas ur dem än den, att äfven humustäcket på marken bör beröfva det genomsipprande vattnet en del af dess syre. Ju tätare och ju mäktigare humusskiktet är, dess mer syre bör gå förloradt. Äfven humustäckets kemiska beskaffenhet kan härvid antagas ha en större betydelse. För några slutsatser häröfver ägna sig dock icke dessa försök. Det genomrinnande vattnet kan nämligen alltid ha upptagit nytt syre ur den luft, som i form af små blåsor finnes innesluten i jorden, men det är omöjligt att beräkna, hur mycket syre som upptages på detta sätt. För att studera de olika humusarternas förmåga att upptaga syre valdes därför en annan försöksmetod, som tillät ett studium af dessa företeelser under fullt likartade och bestämda yttre förhållanden.

I glasflaskor om 150 gr. med väl inslipade glasproppar invägdes en viss kvantitet af den humusart, som skulle undersökas, i allmänhet 12, i några fall 6 gr.

För att undersöka organismernas roll vid humusämnenas oxidation, steriliserades en del af profven. Sterilisationen tillgick på så sätt, att glasflaskorna med invägda jordprof nedsänktes under en kvarts timme, ända till halsen i kokande vatten. Följande dag steriliserades de ånyo på samma sätt.

Såväl de steriliserade som de icke steriliserade profven fuktades därpå med urkokadt vatten, tillräckligt mycket för att täcka jorden med ett tunt vattenskikt. För att utdrifva de luftblåsor, som lätt bildas mellan vattnet och jorden i profvet, insattes glasflaskorna i recipienten till en god luftpump.¹ Luften utpumpades så långt som möjligt. Längre än till 12 mm:s kvicksilfvertryck vid ett yttre lufttryck af omkring 770 mm. kunde luftförtunnningen i recipienten ej drivas. För mitt ändamål var dock detta fullt tillräckligt.

Flaskorna med de på detta sätt fuktade profven vägdes, fylldes med luftmättadt vatten af känd syrehalt, glaspropparna insattes och de med vatten fyllda flaskorna vägdes ånyo. Flaskorna nedsattes sedan i ett kärl med vatten, där de fingo stå i 24—91 timmar, olika tid i olika försöksserier. Temperaturen höll sig under försöken omkring 15°C. Vid försökets slut bestämdes syremängden hos totala vattenmängden i flaskorna.

För beräkning af den ursprungliga syrehalten vid försökets början användes den siffra, som angaf mängden af påfyllt syrehaltigt vatten. Den vattenkvantitet, som åtgått för att genomfukta jorden före påfyllningen, har betraktats som syrefri. Dels var nämligen vattnet nyss utkokadt, dels utpumpades luften så fullständigt som gärna möjligt. Något märkbart fel kan därför denna vattenkvantitet ej medföra i beräkningen af syreförbrukningen.

Tabellerna n:o 10—14 innehålla fullständiga uppgifter, belysande dessa försök.

Ett närmare studium af dessa tabeller kan ge anledning till en rätt ingående diskussion om syreabsorptionen hos humushaltiga jordslag. En sådan skulle emellertid föra in på frågor, som ligga något på sidan om det ämne, som behandlas i denna uppsats. För öfrigt torde jag en annan gång få tillfälle att återkomma härtill. Ett par mera framträdande drag hos dessa tabeller må emellertid framhållas.

Syreabsorptionen är starkast hos de sura, på organiska beståndsdelar rika torfslagen (jmf. äfven tab. 14). I synnerhet är detta fallet

¹ Luftpumpen erhöles till låns från Stockholms Högskolas fysiska institut.

med torfprofven från den försumpade granskogen. Ett jordskikt med en vikt af 6 gram förmår under loppet af 24 timmar ta bort hvarje spår af syre i 124—130 kbcm. luftmättadt vatten. Torfprof från växtlig granskog absorberar mindre lifligt syre än torfprof från försumpad sådan. Men icke blott de sura humusämnen absorbera med begärlighet syre, det gäller äfven de neutrala, t. ex. hällmarksmyllan, som är mycket rik på kalk. Minsta absorptionshastigheten visar bokmyllan. Den är också bland de använda jordprofven minst rik på organiska beståndsdelar, den innehåller endast 10 % brännbara beståndsdelar (tab. 14). Äfven när försökstiden utsträckts till 91 timmar, den längsta som användts vid dessa försök, finnas ännu betydande syremängder kvar i försökskärnen.

Sterilisering genom upphettning har visat sig i märkbar grad inverka på syreabsorptionens liflighet. Hvad de mera utpräglade torfprofven beträffar, har visserligen försökstiden varit för lång för att bedöma denna fråga, såväl de steriliserade som de icke steriliserade ha nämligen hunnit att fullständigt beröfva vattnet dess syre. I afseende på de andra profven däremot kan steriliseringens inflytande iakttagas. Steriliserad bokmylla absorberar syre mindre lifligt än icke steriliserad sådan, detsamma är förhållandet med hällmarksmyllan. Torfven från den växtliga granskogen har förhållit sig något växlande; i två af försöksserierna har det steriliserade profvet absorberat mindre, i en annan försöksserie däremot mera än det icke steriliserade.

Af försöken framgår emellertid, att de humushaltiga jordprofven innehålla lätt oxyderbara ämnen, som äfven utan organismers medverkan med begärlighet upptaga syre. Vid syreabsorptionen i naturlig (icke steriliserad) jord spela dock dessa en viktig roll, åtminstone hos neutralt reagerande humusämnen. Orsakerna till den förminskade syreabsorptionen hos de steriliserade profven bör nämligen tillskrivas frånvaro af mikroorganismer. Hvad de sura humusprofven beträffar är resultatet osäkert, då i ett fall det steriliserade upptagit mer syre än det osteriliserade.¹

Humussyror äro för öfrigt mycket lätt oxiderade ämnen. En noggrann kvantitativ bestämning af dem måste utföras i vätgasström, eljest förstöras humussyrorna helt eller delvis genom oxidation. I synnerhet är detta fallet, om man arbetar med föga mulnad torf.²

När humuslagret på marken upptager syre ur vattnet, går detta förloradt för växterna. Det blir icke fysiskt bundet, kondenseradt, så

¹ Till denna fråga och till den litteratur, som berör dylika ämnen, torde jag snart få tillfälle att återkomma.

² Se t. ex. A. BAUMANN und E. GULLY. Über die freien Humussäuren im Hochmoor und ihre Bestimmung. Naturw. Zeitschrift für Forst- und Landwirtschaft. 1908. H. 1.

att det återigen kan frigöras ur de ämnen, af hvilka det upptagits, utan det ingår i kemiska föreningar, ur hvilka det endast med stor svårighet återigen kan frigöras.¹

De föregående försöken vittna om den hastighet, hvarmed humusrika och framförallt sura jordarter upptaga syre ur vatten. När en sådan jordart blir fullt vattenmättad, blir den så godt som genast en fullt syrefri jordmån för växterna, hvilket i de flesta fall betyder en nedsatt eller mycket starkt hämmad rotverksamhet. Detta är säkerligen en af anledningarna till den likhet, som i vissa afseenden råder mellan högmossarnas växtlighet och den mer utpräglade hedvegetationen. Intressant är också att hedvegetationens motsats den örtrika bokskogen endast trifves på sådan mark, som mycket långsamt blir syrefri vid jordens mättande med vatten. För en närmare diskussion af dessa frågor fordras dock en liten redogörelse för syrebristens biologiska betydelse.

Om rötternas förhållande i syrefattig mark.

Ända till senaste tid har man vetat ganska litet om, hur rötterna fysiologiskt förhålla sig i ett syrefritt eller syrefattigt medium. De viktigaste undersökningar, som hittills föreligga på detta område, äro en nyligen utförd studie af tvenne bömare J. STOKLASA och A. ERNST.² De inriktade sina forskningar på en närmare utredning af de syror, som rötterna afsöndra. De funno därvid, att de produkter, som bildas vid rötternas andning, äro af olika beskaffenhet allt efter syretillgången. Vid normal syretillgång (d. v. s. atmosfärisk luft) bildas kolsyra, vatten samt en mycket ringa kvantitet vätgas. Sjunker syrehalten i det omgivande mediet bildas utom kolsyra äfven myrsyra, ättiksyra, acetaldehyd och aceton. Dessa ämnen verka emellertid som starka gifter, som försätta rötterna i ett sjukligt tillstånd, hvaraf hela organismen lider. Denna själförgiftning är den första orsaken till det sjukliga eller abnormalt utseende, som vegetationen ofta företer på illa genomluftad mark. De nyss omnämnda forskarna använde som försöksobjekt kulturväxter, såsom korn, majs, hafre och bohvete, som säkerligen äro särskildt känsliga för minskad syretillgång till rötterna. Den spontana vegetation, som trifves på syrefattig eller syrefri mark, företer emellertid vissa anordningar i organisationen, hvarigenom de i marken lefvande rötterna förses med för deras utveckling nödvändig luft.

Vanligt är t. ex. att kärr- och mossväxter äga vida luftkanaler,

¹ Enligt SCHÜBLERS undersökningar kondenseras fritt syre icke i marken. MITTSCHERLICH. *Bodenkunde für Land- und Forstwirte*. Berlin 1905.

² Beiträge zur Lösung der Frage der chemischen Natur des Wurzelsekretes. *Jahrb. wissensch. Botanik*. Bd. 46. H. 1. 1908.

som gå genom de ofvan jordytan befintliga bladen och stammarna ned till de i marken lefvande rötterna. Såsom exempel på dylika växter bland kärrens och mossarnas bebyggare kunna nämnas ängsull- och tufdunarterna (*Eriophorum*), vattenklöfver (*Menyanthes trifoliata*), missne (*Calla palustris*), åtskilliga starrarter (*Carex*), fräken (*Equisetum*) m. fl.

Särskildt märkliga exempel på anordningar för att förse de i marken lefvande rötterna med luft träffas i tropikernas mangroveskogar och i södra Nordamerikas sumpcypressskogar. Af dessa äro särskildt de sistnämnda af intresse för skogsmannen, då sumpcypressen äfven spelar roll uti skogsskötseln. Sumpcypresserna nå en betydande höjd och särdeles ståtliga dimensioner, ehuru de växa på en mark, som säkerligen är lika syrefri, som någonsin de försumpade granskogarnas i Norrland. Men sumpcypressen (*Taxodium distichum*) äger vissa, särskildt egendomliga andningsrötter som växa rätt upp ur dyn öfver vattenytan. Dessa rötter äro rika på luftkanaler och genom dessa föres luft ned till de i den syrefattiga marken lefvande rötterna. Bilden fig. 4 ger en föreställning om det egendomliga utseende, som en sådan skog företer.

Men det finnes också växter, som icke visa några särskilda genomluftningsanordningar, men ändock trifvas i mossar, på hedar och på annan föga eller icke alls genomluftad mark. Hit höra t. ex. ljungväxterna, såsom ljung, kråkbär, odon, rosling (*Andromeda polifolia*) och tranbär (*Oxycoccus palustris*). Hur rötterna hos dylika växter få sitt syrebehof tillfredsställdt är en ännu outredd fråga. Det vore emellertid en intressant botanisk uppgift att närmare utreda den saken. Möjligen äro ljungväxterna mindre känsliga än andra växter för syror och sådana ämnen, som kunna bildas vid rötternas andning i syrefattigt medium. Gentemot de s. k. humussyrororna äro dessa växter som bekant speciellt motståndskraftiga.

Våra förnämsta skogsträd, tall och gran, sakna emellertid särskilda anordningar för att förse rötterna med luft. Därför bli de också alltid mer eller mindre svagt utbildade på luftfattig mark. I våra mossar är det icke vattnet i och för sig, som besvärar vegetationen, utan det förhållandet, att detta vatten är syrefritt, så att rötterna icke kunna andas. Syrets betydelse framgår noggsamt af den växtkraft och friskhet, som skogen visar, då vattnet genom starkare rörelse är lufthaltigt. Ännu är det emellertid outredt, hur gran, ehuru dåligt, kan växa på mark utan syre. Visserligen gå granens rötter ganska ytligt, men utom vid sådana tillfällen då den försumpade skogen är särskildt torr, befinna de sig i ett syrefritt eller så godt som syrefritt medium.

Markens genomluftning är alltid en fråga af stor betydelse inom skogsskötseln. Många skogsvårdsåtgärder inom den mera intensiva, ra-



Ur Skogsvårdsföreningens samlingar.

Fig. 4. Skog af sumpcypress (*Taxodium distichum*) i blandning med *Acer rubrum* och *Nyssa silvatica*. Öfver marken uppskjuta talrika luftrötter. Dismal Swamp. Virginia. Nordamerika.

Bestand von *Taxodium distichum* gemischt mit *Acer rubrum* und *Nyssa silvatica*. Zahlreiche Kniewurzeln.

tionella skogsskötseln gå just ut på att befordra luftens tillträde till marken. Hedkulturernas framgång t. ex. hvilar till väsentlig del på åtgärder för markens genomluftning. Men äfven vid en skogsvård, så pass extensiv som den norrländska, kan man vidtaga åtskilliga åtgärder för att befordra markens genomluftning, i synnerhet på sådana marker, om hvilka här är fråga.

Markens genomluftning och dikningens betydelse.

De studier öfver skogsmarkens försumpning, som försöksanstalten sedan flera år bedrifvit, ha ledt till det resultatet, att vattnet i myrar står i direkt förbindelse med grundvattnet i omgifvande skogsmark. Så är förhållandet med det i korthet beskrifna försöksfältet vid Rokliden i Piteå kronopark¹, Piteå revir, och det nyanlagda försöksfältet å krpk. Kulbäcksliden i Degerfors revir har bekräftat dessa resultat. Från myrarna strömmar vattnet in i omgifvande skogsmark, förorsakande en grundvattenshöjning, som blir större ju närmare man kommer till myren. Det vatten, som kommer från myrarna, är emellertid syrefritt. De i myren hopade torfmassorna ha, alldeles som humusproven i de experiment, som skildrats i ett föregående kapitel, beröfvat vattnet allt dess fria syre. Stiger därför grundvattnet så högt, att det kommer upp i trädrötternas region, omöjliggöres deras andning, hvaraf trädet lider mer eller mindre skada. Närmare myrarna står grundvattnet i regel mycket högt, men i starkt försumpade områden stiger det vid snösmältning och vid rikligare nederbörd upp i rotregionen äfven på områden, som ligga längre från myrkanterna. Större skogspartier komma då i viss mån under myrens inflytande. Denna periodiska syrebrist i marken måste nödvändigt inverka på skogens växt. Det mindre kraftiga och växtliga utseende, som skogen på i ytan torr mark ofta företer inom myrområden eller för öfrigt starkt försumpade områden beror utan tvifvel till en väsentlig del därpå, att på föga djup träffas ett syrefritt grundvatten, som omöjliggör för träden att ordentligt utnyttja marken. Detta är väl också anledningen till, att på låga skogsholmar och skogklädda näs och uddar i myrarna i regel växer en mera mager och tarflig skog. Rötterna kunna icke ordentligt funktionera och den förmåga, som skogen utan tvifvel själf har att motarbeta markens försumpning genom stark vattenförbrukning kommer icke till sin rätt. Försumpningen utbreder sig därför fortare och lättare, tack vare vattnets brist på för växternas trefnad behöfligt syre. Här ha vi säkerligen en af anledningarna till, att för-

¹ Se Redogörelse för den botaniska afdelningens verksamhet åren 1906—1908 etc. Meddelanden från Statens skogsforsöksanstalt. H. 6. Skogsvårdsföreningens tidskrift 1909.

sumpade områden ha större utsträckning i arktiska än i sydliga trakter. Vid den rådande, låga temperaturen hopas oförmultnade torfmassor,



Ur Statens skogsförsöksanstalts samlingar.

Fot. G. Andersson och H. Hesselman.

Fig. 5. Grankäl. Hamra kronopark.
Fichtenwald um den Abfluss einer Quelle. Staatsforst Hamra.

som beröfvar vattnet dess fria syre. Icke blott temperaturen utan också vattnets beskaffenhet nedsätta därför växternas transpiration.

För att göra myrar, som innehålla erforderlig näring för träden skogbärande och de försumpade granskogarna mera växtliga, behöfves som bekant dikning. Dikningen undanskaffar det syrefria vattnet, bereder luften tillträde till marken, hvarigenom rötterna kunna andas normalt och näringskapitalet i torvjorden bringas i mera lättillgänglig form. Torfvens förmultning, som i det syrefria vattnet försiggått ytterligt långsamt, befordras i högsta grad genom luftens tillträde. Dikningen är därför från växtfysiologisk ståndpunkt mera en åtgärd för att skaffa luft i marken än att bortskaffa vatten. Där grundvattnet står högt eller t. o. m. i själfva ytan men där vattnet är lufthaltigt, rikt på syre, bör man därför ej dika. De skogstyper, som finnas på sådan mark, äro grankälen¹, och vissa former af den örtrika granskogen, granlundarna, som stå grankälen nära. Granen företer på dylika marker en ovanligt frodig växt. Skogen är tät och i regel ovanligt hög, ett betydande virkeskapital finnes på marken, när skogen är mogen. Marken är ofta vattendränkt ända upp i ytan. Det vore att rent ut kasta bort sina pengar, om man ville söka torrlägga dylik mark. Vattnet befinner sig där i mera liflig rörelse och kan därför snart upptaga för rötterna erforderligt syre. I kanterna af grankälen händer det ju ofta, att vattnet genom hvitmossornas tillväxt bringas att breda ut sig och att stagnera. Då först gör vattnet skada, ty i och med stagnationen inträffar lätt syrebrist i marken. En reglering af vattenafloppet kring grankälen är därför en berättigad skogsvårdsåtgärd, men knappast en egentlig dikning, afsedd att bortskaffa vatten.

De mera genomförda och större områden omfattande dikningar, som åtminstone staten på senare åren börjat att utföra, böra utan tvifvel såvida observationerna på försöksfälten å Piteå och Kulbäckslidens kronoparker äro mera allmängiltiga, ha en grundvattenssänkning i de afdikade områdena till följd. Fråga är nu, hvad en sådan grundvattenssänkning kan ha för betydelse för skogen på de torra skogsmarkerna inom det afdikade området. Jag tror, att man bör besvara denna fråga på det sättet, att inom starkare försumpade och på myrar mycket rika områden en sådan grundvattenssänkning bör vara till verklig nytta. En hel del skogsmark, som icke i egentlig mening är försumpad, men som dock ständigt eller periodvis lider af ett högt stående, syrefritt grundvatten kommer att i väsentlig mån förbättras, därigenom att sådant vatten, som hindrar rötternas andning, bortskaffas. I dylika områden kan man sålunda vinna icke allenast de bättre myrarna och de starkt försumpade om-

¹ Om grankälen, se t. ex. GUNNAR ANDERSSON och HENRIK HESSELMAN, Vegetation och flora i Hamra kronopark. Meddelanden från Statens skogsförsöksanstalt. H. 4. 1907. Skogsvårdsföreningens tidskrift 1907. Fackuppsatser.

rådena för skogsbörd, utan äfven förbättra villkoren för skogens växt å omgifvande mark. Faran för att grundvattnet skall sänkas så starkt, att skogen kommer att lida af torra torde ej vara så stor. Undantag härifrån göra däremot sådana lätt genomluftade marker, som den förut skildrade växtliga granskogen vid Rokliden. Grundvattnet i denna skog kommer utan tvifvel från ofvanför liggande försumpade områden. Vattnet innehåller emellertid rätt ansenliga kvantiteter syre. Detta syre har vattnet säkerligen upptagit, sedan det kom in i den af vågorna mera bearbetade moränen. Marken är här bättre genomluftad än i ofvanför liggande, tätt sammanpackade mohaltiga moräner, hvarjämte vattnet här rör sig med större hastighet, hvarigenom luftabsorptionen väsentligen underlättas. För sådana marker skulle en grundvattensänkning vara till afgjord skada. Befinner sig en sådan skogsmark nedanför en starkt försumpad lid, bör det egentliga dikesnätet icke föras ned i denna mark. Möjligen kan man genom några smärre stickdiken sörja för att en del af det afrinnande vattnet, som medför en del näringsämnen från ofvanför liggande marker, kommer denna skog till godo.

Den skillnad i afseende på grundvattnets syrehalt, som finnes mellan den oväxtliga granskogen å försöksfältet (fig. 2) och den raskt växande nedanför liden (fig. 3) måste som förut framhållits tillskrifvas den olikhet i afseende på genomluftning, som de båda markerna sinsemellan förete. I båda fallen kommer nämligen vattnet från myrar eller försumpade skogar, där det förlorat sin ursprungliga syrehalt. Detta leder oss in på frågan om den mera torra skogsmarkens genomluftning och dess betydelse för skogens trefnad. Lufttillgången spelar äfven här en utmärkt viktig roll, en forskare har sålunda lyckats uppvisa ett direkt samband mellan granskogens växtlighet och markens genomluftning. Ju mera genomluftad marken är, dess bättre växer skogen.¹ Ett väsentligt hinder för genomluftning är ett tätt och tjockt råhumustäcke. Flera forskare påpeka också, att det sjukliga utseende som granen² stundom företer på dylik mark just beror på bristande genomluftning hos marken, förorsakad af det mäktiga råhumustäcket.

I viss mån kan emellertid skogsvårdaren befordra genomluftningen af marken, ehuru han ej kan begagna samma medel härför som åker-

¹ P. VAGELER. Über Bodentemperaturen im Hochmoor und über die Bodenluft in verschiedenen Moorformen. Mitteilungen der k. bayr. Moorkulturanstalt. Heft. 1. Stuttgart 1907. Sid. 23.

² Se t. ex. P. GRAEBNER. Beiträge zur Kenntnis nicht parasitärer Pflanzenkrankheiten an forstlichen Gewächsen. 4 Bewurzelungsverhältnisse im Fichtenrohhumus. Zeitschrift für Forst- und Jagdwesen 1909, H. 9.

brukaren. Växter med djupgående rötter befördra markens genomluftning, när träden afverkats multna rötterna bort, hvarigenom luftkanaler bildas i jorden. Bokskogen utmärker sig ofta genom markens goda genomluftning, bokens rötter gå djupt och bokskogen anses förbättra marken. Denna markförbättring beror säkerligen till väsentlig del på förbättrad genomluftning.¹ Granen däremot med sitt flackgående rotsystem försämrar markens genomluftning. Illa genomluftad mark, bevuxen med gran, kan därför möjligen förbättras genom införandet af tall eller lärk. Fråga är om icke äfven björken i det afseendet kan ha en stor betydelse. Björkens rötter gå visserligen icke så djupt, men de multna mycket snart och ge därigenom snart upphof till luftkanaler i marken. Några direkta undersökningar öfver dessa träd's inflytande på markens genomluftning har jag emellertid icke utfört. Saken förtjänar emellertid sitt beaktande från den praktiska skogsvårdens sida. Framtiden kommer utan tvifvel att mera ta hänsyn till dylika frågor, än hvad vi för närvarande göra i praktiken.

Föregående arhandling har varit ägnad att i viss mån belysa en del företeelser som sammanhånga med skogarnas försumpning. Den har berört några spörsmål, som visa ett samband mellan en del företeelser inom de områden, som äro hotade af försumpning. Till en mera ingående skildring af öfriga försumpningsföreteelser torde jag återkomma, när observationerna å försöksfältena blifvit så fullständiga, att de lämpa sig för en mera sammanfattande framställning af försumpningen af Norrlands skogar och dess orsaker.

Tabell n:o 1. **Syrehalten i vattnet i öppna hålor i oväxtlig granskog.**

Sauerstoffgehalt des Wassers in den Tümpeln des schwachwüchsigen Fichtenwaldes.

Lokal	Datum	Temperatur hos vattnet Temperatur des Wassers.	Syre per liter vatten Sauerstoff pro Liter Wasser. kbcm.	Syrehalten hos med luft mättadt vatten Sauerstoffgehalt des mit Luft gesättigten Wassers. kbcm.	Syrebrist Sauerstoffmangel. kbcm.
<i>Rokliden.</i>					
Oväxtlig granskog	31/8 1905	8°0	6,08	8,02	1,94
» »	»	8°0	6,73	8,02	1,29
» » (under försumpn.)	14/9 1905	6°0	3,41	8,42	5,01
» » » »	17/7 1907	8°0	2,49	8,02	5,53

¹ Jmfr RAMANN. Bodenkunde II. Sid. 341. Berlin 1905.

Tabell n:o 2. **Syrehalten hos humushaltigt vatten i öppna hålor i myrar, mossar och försumpade granskogar.**

Sauerstoffgehalt des Wassers in den Tümpeln und Lachen der Moore, Myrar und versumpften Fichtenwälder.

Lokal	Datum	Temperatur hos vattnet Temperatur des Wassers.	Syre per liter vatten Sauerstoff pro Liter Wasser. kbcm.	Syre hos med luft mättadt vatten Sauerstoffgehalt des mit Luft gesättigten Wassers. kbcm.	Syrebrist Sauerstoffmangel. kbcm.
<i>Rokliden.</i>					
Granbevuxen myr	31/8 1905	8°	1,22	8,02	6,80
» »	»	»	1,31	8,02	6,71
Försumpad granskog ¹	»	»	2,56	8,02	5,46
Vattensamling å myr ²	25/8 1906	13°	2,50	7,13	4,63
» » » ³	17/7 1907	10°	3,36	7,63	4,27
Försumpad granskog ¹	20/8 1908	—	2,02	—	—
» » ¹	»	—	2,12	—	—
<i>Kulbäcksliden. *)</i>					
Vattensamling å rismyr ²	20/8 1909	16°	2,62		
» i försumpad granskog ⁴	»	11°	3,63		
Håla invid granrot i försumpad granskog ⁵	»	10°	0,56		
Håla i försumpad granskog ⁶	»	10°	0,25		
» i källartad »	»	8°	2,22		
<i>Bottnaryd.</i>					
Gungflyzonen ⁷	3/6 1906	15°	3,36	6,85	3,49
Ytvatten i laggzonen ⁸	»	10°	7,23	7,66	0,43
Rismosse. (I hålan <i>Sphagnum dusenii</i> och <i>Calta pal.</i>) ⁹	»	17°	4,15	6,57	2,42
Rismosse. Vegetationsfri håla ⁹	»	18°	3,73	6,43	2,70
Försumpad granskog ¹⁰	»	10°	1,40	7,66	6,26
» » med rik vegetation i hålan ¹¹ (<i>Caltha</i> , <i>Stellaria uliginosa</i> etc.)	»	8°	2,89	8,04	5,15

¹ Gräfd grop i den försumpade granskogens djupa torflager. Mycket mörkt vatten. —

² Dagvattensamling å myrens yta. — ³ Gräfd grop i myren. — ⁴ Dagvattensamling i kanten af bättre granskog. — ⁵ Liten *Sphagnum*-omgifven håla med mycket mörkt vatten. —

⁶ Hålan uppkommen genom uppbygning af en tallstubbe. — ⁷ Grund vattensamling på *Sphagnum*-täcktet med ganska klart vatten. — ⁸ Klart vatten från omgivande skogsmark. —

⁹ Vid torftäkt gräfd håla. — ¹⁰ Gräfd håla. — ¹¹ Håla i svag förbindelse med en skogsback.

*) Då höjden öfver havet å Kulbäckslidens försöksfält ej blifvit noggrannt bestämd, är det där rådande normala barometertrycket okänt, hvarför syrehalten hos luftmättadt vatten ej kunnat angifvas för detta försöksfält.

Tabell n:o 3. Syrehalten i floder och sjöar.

Sauerstoffgehalt des Wassers in Flüssen und Seen.

Lokal	Datum	Temperatur hos vattnet Temperatur des Wassers.	Syre per liter vatten Sauerstoff pro Liter Wasser. kbcm.	Syre hos med luft mättadt vatten Sauerstoffgehalt des mit Luft gesättigten Wassers. kbcm.	Syrebrist Sauerstoffmangel. kbcm.
Rokån	1/9 1905	10°0	7,35	7,68	0,33
»	14/9 1905	7°0	7,61	8,27	0,66
» ¹	25/8 1906	10°0	6,75	7,68	0,93
» ²	»	10°0	7,28	7,68	0,40
»	17/8 1907	—	5,17	—	—
»	27/8 1908	24°0	5,18	5,75	0,57
»	5/8 1909	—	6,04	—	—
Öppen tjärn. Fagerheden.....	»	15°0	5,49	6,84	1,35
Igenväxande tjärn. Bottnaryd ³	3/6 1906	15°0	6,44	6,85	0,41
» » » ⁴	»	17°0	6,35	6,57	0,22
Kyrksjön. Bottnaryd ⁵	»	15°0	6,95	6,85	+ 0,1
Skogsbäck. » ⁶	»	15°0	6,44	6,85	0,41

¹ Nära botten i mera stillastående vatten. — ² I en mindre fors. — ³ I tjärnen nära myrkanten. — ⁴ I en liten kanal i kanten af mossen. — ⁵ Profvet taget en fot under ytan bland *Lobelia dortmanna*. — ⁶ Tämligen starkt strömmande vatten.

Tabell n:o 4. Syrehalten i vattnet i grundvattensbrunnar på skogbevuxen myr.

Sauerstoffgehalt des Wassers in Grundwasserbrunnen auf einem baumbestandenem Moor.

Lokal	Datum	Temperatur hos vattnet Temperatur des Wassers.	Syre per liter vatten Sauerstoff pro Liter Wasser. kbcm.	Syrehalten hos med luft mättadt vatten Sauerstoffgehalt des mit Luft gesättigten Wassers. kbcm.	Syrebrist Sauerstoffmangel. kbcm.
<i>Rokliden.</i>					
Brunn VIII. Trädbevuxen myr	25/8 1906	9°0	0	7,82	7,82
» XIX. Försumpad granskog	»	9°0	0	7,82	7,82
» VIII. Trädbevuxen myr	27/7 1908	11°0	0	7,46	7,46
» » » »	»	11°0	0	7,46	7,46
» XIX. Försumpad granskog	»	11°0	0	7,46	7,46

Tabell n:o 5. Syrehalten hos vattnet i myrar och försumpade granskogar.

Sauerstoffgehalt des Wassers in Mooren, Myrar und versumpften Fichtewäldern.

Lokal	Datum	Temperatur hos vattnet Temperatur des Wassers.	Syre pr liter vatten Sauerstoff pro Liter Wasser. kbcm.	Syrehalten hos med luft mättadt vatten Sauerstoff- gehalt des mit Luft gesättigten Wassers. kbcm.	Syrebrist Sauerstoff- mangel. kbcm.
<i>Rokliden.</i>					
Försumpad granskog	1/9 1905	8°0	0	8,02	8,02
»	»	8°0	0	8,02	8,02
Granbeväxt myr	»	8°0	0	8,02	8,02
»	»	7°0	0	8,21	8,21
Myr	31/8 1905	10°0	0	7,63	7,63
»	»	10°0	0	7,63	7,63
» ¹	»	8°0	0,25	8,02	7,77
Försumpad granskog	14/9 1905	7°0	0	8,21	8,21
»	»	7°0	0	8,21	8,21
Granbevuxen myr	»	7°0	0	8,21	8,21
Myr ¹	»	8°0	0,41	8,02	7,61
Försumpad granskog	25/8 1906	9°0	0	7,82	7,82
Myr ¹	»	—	0,14	—	—
»	»	11°0	0,19	7,46	7,27
Försumpad granskog	»	9°0	0	7,82	7,82
Myr ¹	17/7 1907	11°0	0,17	7,46	7,29
»	20/8 1908	—	0	—	—
»	»	—	0	—	—
»	»	—	0	—	—
Försumpad granskog	7/8 1909	11°0	0	7,46	7,46
»	»	12°0	0	7,29	7,29
Myr	»	13°0	0	7,13	7,13
» ¹	»	14°0	0,32	6,97	6,65
<i>Fagerheden.</i>					
Gungfly	»	15°0	0	6,85	6,85
<i>Kulbäcksliden.</i>					
Myr ³	20/8 1909	14°0	0	—	—
» ⁴	»	13°0	0	—	—
Rismosse	»	13°0	0	—	—
»	»	13°0	0	—	—
Myr ³	»	14°0	0	—	—
Försumpad granskog	»	11°0	0	—	—
»	»	12°0	0	—	—
»	»	15°0	0	—	—
Källartad granskog	»	8°0	1,16	—	—
<i>Bottnaryd.</i>					
Gungfly	8/6 1906	10°0	0	7,65	7,65
» ⁶	»	11°0	0	7,49	7,49
Trädbevuxen rismosse	»	8°0	0	8,04	8,04
Laggzon ⁷	»	9°0	0	7,85	7,85
Granskog med Sphagnum	»	8°0	0	8,04	8,04

¹ Ytlager. — ² Skogen afverkad. — ³ Under täcke af *Sphagnum*. — ⁴ Gles *Sphagnum*, ymnig *Carex globularis*. — ⁵ Gles skog, täckande *Carex globularis*. — ⁶ Yttersta gungflyzonen intill tjärnen. — ⁷ Under *Sphagnum*-täcke.

Tabell n:o 6. **Syrehalten i öppna tjärnar och i omgivande gungfly.**

Sauerstoffgehalt des Wassers der Waldseen und der umgebenden Moore.

Lokal	Datum	Temperatur hos vattnet Temperatur des Wassers.	Syre per liter vatten Sauerstoff pro Liter Wasser. kbcm.	Syrehalten hos med luft mättadt vatten Sauerstoff- gehalt des mit Luft gesättigten Wassers. kbcm.	Syrebrist Sauerstoff- mangel. kbcm.
<i>Bottnaryd.</i>					
Tjärnen invid mosskanten	3/6 1906	15°0	6,44	6,85	0,41
» i en kanal i gungflyet	»	17°0	6,35	6,57	0,22
Yttre gungflyzonen	»	11°0	0	7,49	7,49
Inre »	»	10°0	0	7,66	7,66
Trädbevuxen rismosse	»	8°0	0	8,02	8,02
Laggzonen	»	9°0	0	7,84	7,84
<i>Fagerheden.</i>					
Tjärnen invid gungflyet	7/8 1909	15°0	5,49	6,85	1,36
Gungflyzouen, 50 cm. från tjärnkanten	»	15°0	0	6,85	6,85

Tabell n:o 7. **Syrehalten hos grundvattnet i växtlig granskog.**

Sauerstoffgehalt des Grundwassers in raschwüchsigem Fichtenwald.

Lokal	Datum	Temperatur hos vattnet Temperatur des Wassers.	Syre per liter vatten Sauerstoff pro Liter Wasser. kbcm.	Syrehalten hos med luft mättadt vatten Sauerstoff- gehalt des mit Luft gesättigten Wassers. kbcm.	Syrebrist Sauerstoff- mangel. kbcm.
<i>Rokliden.</i>					
Brunn XVIII. 50 cm. under ytan	14/9 1905	7°0	2,02	8,25	6,23
» Botten	»	6°0	0,88	8,44	7,56
» 40 cm. under ytan	15/9 1905	6°0	1,31	8,44	7,13
» Botten	17/7 1907	7°0	3,30	8,25	4,95
» »	27/7 1908	7°0	3,04	8,25	5,21
» »	»	7°0	3,00	8,25	5,25
» Ytan	5/8 1909	7°0	1,85	8,25	6,40
» Botten	»	7°0	1,38	8,25	6,87

Tabell n:o 8. Syrehalten i grundvattnet i oväxtlig granskog.

Sauerstoffgehalt des Grundwassers in schwachwüchsigen Fichtenwäldern.

Lokal	Datum	Temperatur hos vattnet Temperatur des Wassers.	Syre per liter vatten Sauerstoff pro Liter Wasser. kbcm.	Syrehalten hos med luft mättadt vatten Sauerstoffgehalt des mit Luft gesättigten Wassers. kbcm.	Syrebrist Sauerstoffmangel. kbcm.
<i>Rokliden.</i>					
Brunn III. 50 cm. under ytan	14/9 1905	7°0	0	8,21	8,25
» » Botten	»	7°0	0,05	8,21	8,16
» VII. 40 cm. under ytan	»	7°0	0,88	8,21	7,33
» » Botten	»	7°0	0,58	8,21	7,63
» II. 40 cm. under ytan	»	6°0	0,25	8,42	8,17
» I.x Botten	25/8 1906	5°0	0	8,64	8,64
» III. »	»	7°0	0	8,21	8,21
» IV. »	»	7°0	0	8,21	8,21
» VI. »	»	6°0	0	8,42	8,42
» XIV. »	»	8°0	0	8,01	8,01
» XV. »	»	—	0	—	—
» I. »	17/7 1907	6°0	0	8,42	8,42
» III. »	»	8°0	0,06	8,01	7,95
» IV. »	»	8°0	0	8,01	8,01
» V. »	»	8°0	0,06	8,01	7,95
» VII. »	»	7°0	0,12	8,21	8,09
» I.x »	27/7 1908	6°0	0,09	8,42	8,33
» II.x »	»	5°0	0	8,64	8,64
» III.x »	»	6°0	0	8,42	8,42
» IV. »	»	8°0	0	8,01	8,01
» XIV. »	»	8°0	0,09	8,01	8,01
» XV. »	»	7°0	0,04	8,21	8,21
» XV.x »	»	10°0	0	7,63	7,63
» II. »	20/8 1908	—	0	—	—
» III.x »	»	—	0	—	—
» XV. »	»	—	0,05	—	—
» I. Ytan	7/8 1909	8°0	0,36	8,01	8,65
» I. Botten	»	7°0	0,09	8,21	8,12
» II. Ytan	»	7°0	spår	8,21	8,21
» II. Botten	»	6°0	0	8,42	8,42
» V. Ytan	»	8°0	0,37	8,01	8,64
» V. Botten	»	7°0	0,14	8,21	8,07
» VII. Ytan	»	8°0	0,83	8,01	7,18
» VII. Botten	»	7°0	0,42	8,21	7,79

Tabell n:o 9. Syrehalten i vattnet i källor och brunnar.

Sauerstoffgehalt des Wassers in Quellen und Brunnen.

Lokal	Datum	Temperatur hos vattnet Temperatur des Wassers.	Syre per liter vatten Sauerstoff pro Liter Wasser. kbcm.	Syrehalten hos med luft mättadt vatten Sauerstoffgehalt des mit Luft gesättigten Wassers. kbcm.	Syrebrist Sauerstoffmangel. kbcm.
Rokliden. Källa från sandås ..	31/8 1905	7°0	5,01	8,25	3,24
» » » » ..	14/8 1905	5°0	5,06	8,68	3,62
» » » » ..	25/8 1906	7°0	4,82	8,25	3,43
» » » » ..	17/7 1907	—	6,38	—	—
Fagerheden. Gårdsbrunn i sandhed ...	25/8 1906	5°0	6,84	8,68	1,84
Bottnaryd. Källa vid grusås ¹	3/6 1906	12°0	3,36	7,32	3,96
» » » » ..	3/6 1906	7°0	4,34	8,25	3,91

¹ I källan mossvegetation af *Mnium cinclidoides* och *Sphagnum dusenii*.

Tabell n:o 10. Syreabsorptionsförsök under 24 timmar.

Sauerstoffabsorption in 24 Stunden.

10/12—11/12 1909.

Jordprovets art Beschaffenheit der Probe.	Provens behandling Behandlung der Probe.	Profvets mängd Gewicht der Probe.	Tillsatt luftmättadt vatten Zugeführtes luftgesättigtes Wasser.	Totala syrenängden i vattnet vid försökets början Sauerstoff am Anfang des Versuches.	Totala syrenängden i vattnet vid försökets slut Sauerstoff am Ende des Versuches.	Absorberadt syrekvantitet Absorbierter Sauerstoff.	Absorberadt syrekvantitet per 100 gr. jord Absorbierter Sauerstoff pro 100 g. Boden
		gr.	gr.	kbcm.	kbcm.	kbcm.	kbcm.
Bokmylla	Steriliseradt	11,9826	137,7	0,88	0,41	0,47	0,39
Buchenmüll.	Ej »	12,0040	127,2	0,81	0,28	0,53	0,44
Torf. Växtlig granskog	Steriliseradt	12,0161	136,2	0,87	0,21	0,66	0,55
Raschwüchsiger Fichtenwald.	Fj »	12,0234	113,8	0,72	0,19	0,53	0,44
Torf n:o 1. Försumpad granskog	Steriliseradt	6,0100	130,8	0,83	0	0,83	1,39
Versumpfter Fichtenwald.	Ej »	6,0168	124,1	0,79	0	0,79	1,31
Hällmarksmylla	Steriliseradt	12,0045	134,3	0,85	0,02	0,83	0,70
Mull von Kalkfelsen.	Ej »	12,0210	140,7	0,90	0	0,90	0,74

Tabell n:o 11. Syreabsorptionsförsök under 69,5 timmar.

Sauerstoffabsorption in 69,5 Stunden.

26/5—29/5 1908.

Jordprovets art Beschaffenheit der Probe.	Profvets behandling Behandlung der Probe.	Profvets mängd Gewicht der Probe.	Tillsatt luftmättadt vatten Zugeführt, luftgesättigtes Wasser.	Totala syremängden vid försökets början Sauerstoff am Anfang des Versuches.	Totala syremängden vid försökets slut Sauerstoff am Ende des Versuches.	Absorberadt syre Absorberadt Sauerstoff.	Absorberadt syre per 10 gr. jord Absorberadt Sauerstoff pro 10 g Boden.
Bokmylla	Steriliseradt	gr. 12,0402	gr. 143,6	kbcm. 0,83	kbcm. 0,40	kbcm. 0,43	kbcm. 0,36
Buchenmull	Ej »	12,0011	144,7	0,85	0,39	0,46	0,39
Torf. Växtlig granskog Raschwüchs. Fichtenwald.	Steriliseradt	12,0095	134,6	0,78	0,03	0,75	0,63
» » »	Ej »	12,0047	122,45	0,72	0	0,72	0,60
Torf n:o 1. Försumpad granskog Versumpfter Fichtenwald.	Steriliseradt	6,0110	116,25	0,67	0	0,67	1,12
» » »	Ej »	6,0000	127,95	0,75	0	0,75	1,25
Hällmarksmylla	Steriliseradt	12,0220	138,75	0,80	0	0,80	0,67
Mull von Kalkfelsen. »	Ej »	12,2720	143,75	0,84	0	0,84	0,69

Tabell n:o 12. Syreabsorptionsförsök under 69,5 timmar.

Sauerstoffabsorption in 69,5 Stunden.

27/5—30/5 1908.

Jordprovets art Beschaffenheit der Probe.	Profvets behandling Behandlung der Probe.	Profvets mängd Gewicht der Probe.	Tillsatt luftmättadt vatten Zugeführt, luftgesättigtes Wasser.	Totala syremängden vid försökets början Sauerstoff am Anfang des Versuches.	Totala syremängden vid försökets slut Sauerstoff am Ende des Versuches.	Absorberadt syre Absorberadt Sauerstoff.	Absorberadt syre per 10 gr. jord Absorberadt Sauerstoff pro 10 g Boden.
Bokmylla	Steriliseradt	gr. 12,0082	gr. 143,05	kbcm. 0,83	kbcm. 0,52	kbcm. 0,31	kbcm. 0,26
Buchenmull	Ej »	12,0188	140,35	0,81	0,48	0,33	0,28
Torf. Växtlig granskog Raschwüchs. Fichtenwald.	Steriliseradt	12,0056	128,05	0,74	0,18	0,56	0,47
» » »	Ej »	12,0040	125,55	0,73	0,03	0,70	0,58
Torf n:o 1. Försumpad granskog Versumpfter Fichtenwald.	Steriliseradt	6,0141	124,05	0,72	0	0,72	1,20
» » »	Ej »	6,0135	126,60	0,73	0	0,73	1,22
Torf n:o 2. » »	Steriliseradt	12,0124	116,60	0,68	0	0,68	0,56
» » »	Ej »	12,0048	114,60	0,66	0	0,66	0,55
Hällmarksmylla	Steriliseradt	12,0212	129,55	0,75	0,12	0,63	0,53
Mull von Kalkfelsen. »	Ej »	12,0140	129,55	0,75	0,09	0,66	0,55

Tabell n:o 13. Syreabsorptionsförsök under 91 timmar.

Sauerstoffabsorption in 91 Stunden.

 $\frac{26}{5} - \frac{30}{5}$ 1908.

Jordprovets art Beschaffenheit der Probe.	Profvets behandling Behandlung der Probe.	Profvets mängd Gewicht der Probe.	Tillsatt fullmättadt vatten Zugesetztes, luftgesättigte Wasser.	Total syrekvanitet i vatten i vid försökets början Sauerstoff am Anfang des Versuches.	Total syrekvanitet i vatten vid försökets slut Sauerstoff am Ende des Versuches.	Absorberad syrekvanitet Absorbierter Sauerstoff.	Absorberadt syre per 10 gr. jord Absorbierter Sauerstoff pro 10 g. Boden.
		gr.	gr.	kbcm.	kbcm.	kbcm.	kbcm.
Bokmylla	Steriliseradt	12,0191	140,10	0,81	0,31	0,50	0,42
Buchenmull.							
»	Ej »	12,0156	140,95	0,82	0,21	0,61	0,51
Torf. Växtlig granskog	Steriliseradt	12,0071	128,05	0,74	0,03	0,71	0,59
Raschwüchsiger Fichtenwald.							
»	Ej »	12,0022	138,35	0,80	0	0,80	0,67
Torf n:o 1, Försumpad granskog Versumpfter Fichtenwald.	Steriliseradt	6,0022	120,95	0,70	0	0,70	1,17
»	Ej »	6,0180	133,25	0,77	0	0,77	1,28
Torf n:o 2. »	Steriliseradt	12,0136	113,95	0,66	0	0,66	0,55
»	Ej »	12,0033	108,45	0,63	0	0,63	0,52
Hällmarksmylla	Steriliseradt	12,0066	128,95	9,75	0	0,75	0,62
Mull von Kalkfelsen.							
»	Ej »	12,0127	139,50	0,81	0,04	0,77	0,64

Tabell n:o 14. De använda jordprovens humushalt,

Humusgehalt der benutzten Humusproben.

Jordprof	Fuktighet	Glödnings- förlust hos torkadt prof
Bokmylla	2,33 %	10,7 %
Torf. Växtlig granskog	11,35 %	43,67 %
Torf n:o 1. Försumpad granskog	12,05 %	81,62 %
» » 2. »	4,16 %	33,07 %

RESUMÉ.

Über den Sauerstoffgehalt des Bodenwassers und dessen Einwirkung auf die Versumpfung des Bodens und das Wachstum des Waldes.

Seit vielen Jahren betreibt die forstliche Versuchsanstalt eingehende Untersuchungen über die Versumpfung der nordischen Wälder, besonders der Fichtenwälder. Die Versumpfung ist eine im nördlichsten Schweden in grosser Ausdehnung auftretende Erscheinung von wirtschaftlich grosser Tragweite. In diesen Untersuchungen gehören auch die in dieser Abhandlung referierten. Ein mit Wasser gesättigter Boden gewährt den Pflanzenwurzeln keine andere Luft als die in Wasser gelöste. Das Gedeihen der Pflanzen in einem solchen Boden hängt daher in hohem Grade von der Beschaffenheit dieser Luft ab.

Im Anfang unserer Untersuchungen über die Versumpfung der Wälder zeigte es sich, dass der Wald auf nassem Boden sehr verschieden wächst. Es gibt Fichtenwälder, die auf solchem Boden vorzüglich gedeihen, andere, die ein sehr schlechtes und krankhaftes Aussehen zeigen. Um diese und andere mit der Versumpfung der Wälder näher zusammenhängende Fragen zu lösen betreibt die forstliche Versuchsanstalt seit mehreren Jahren Untersuchungen über den Sauerstoffgehalt des in verschiedenen Pflanzenformationen vorhandenen Bodenwassers.

Für die chemische Bestimmung des Sauerstoffs im Wasser ist die von L. W. WINKLER erfundene Methode benutzt worden.

Um die Frage zu lösen, ob die in den Wasserproben oft vorkommenden ausgefällten Humusstoffe die Analyse stören könnten, wurden einige Versuche gemacht. Eine Jodlösung (Jod + Jodkalium) wurde teils mit destilliertem, teils mit humushaltigem, durch Chlorwasserstoffsäure sauer gemachtem Wasser verdünnt. Der Jodgehalt wurde dann durch Titriern mit Natriumtiosulfat bestimmt. Ein Unterschied in der Wirkung der mit destilliertem Wasser verdünnten Jodlösung und der mit humushaltigem war nicht zu bemerken. (Siehe näheres in den beiden Tabellen Seite 96, wo die ersten Kolumnen jeder Tabelle die Titrierungsergebnisse bei Verdünnung mit reinem, die übrigen die mit humushaltigem Wasser angeben.)

Die Wasserproben, deren Sauerstoffgehalt bestimmt wurde, sind in drei verschiedenen Teilen von Schweden eingesammelt, nämlich auf dem Versuchsfelde¹ bei Rokliden und bei Fagerheden, Revier Piteå, Regierungsbezirk Norrbotten, an dem ebenfalls in versumpften Gebieten neuangelegten Versuchsfelde

¹ Über dieses Versuchsfeld siehe Redogörelse för verksamheten vid den botaniska avdelningen af statens skogsforsöksanstalt åren 1906—1908 jämte förslag till program. Resumé in der deutschen Sprache. Meddelanden från Statens skogsforsöksanstalt. H. 6. 1909.

im Staatsforst Kulbäcksliden, Revier Degerfors, Regierungsbezirk Västerbotten, und schliesslich in der Gemeinde Bottnaryd, Provinz Småland.

Die Wasserproben sind in verschiedenen Pflanzenformationen und an verschiedenen Stellen gesammelt worden, nämlich in kleinen Bächen, Flüssen und Waldseen, deren Wasser infolge gelöster Humusstoffe dunkel ist, in Tümpeln und Schlenken der Moore, Myrar und versumpfter Fichtenwälder, durch Herauspumpen in Mooren und versumpften Fichtenwäldern aus der Tiefe von etwa 20 cm. Zahlreiche Proben sind genommen in den für das Studium des Grundwassers angelegten Brunnen des Versuchsfeldes bei Rokliden. Solche Brunnen finden sich sowohl in sehr schwachwüchsigen, als auch in sehr raschwüchsigen Fichtenwald. Endlich sind einige Proben aus Quellen genommen. Die Resultate sind in den Tabellen No. 1—9 niedergelegt. Hier findet man Angaben über Einsammlungsstelle und -Datum der Proben, Temperatur des Wassers und den Sauerstoff pro Liter Wasser. Ausserdem ist der Sauerstoffgehalt des mit Luft gesättigtem Wassers von angegebener Temperatur und unter dem für die Einsammlungsstelle normalen Luftdruck verzeichnet, endlich auch etwaiger Sauerstoffmangel.

In den kleinen Bächen und Waldseen ist das Wasser der Oberfläche sehr reich an Sauerstoff, zuweilen völlig gesättigt, wenn es auch von gelösten Humusstoffen dunkelbraun gefärbt ist. Das Wasser dieser Bäche befindet sich aber in schneller Bewegung, und die Oberfläche der Waldseen wird durch die Winde gekräuselt, was die Luftabsorption in hohem Grade befördert. Ganz anders verhält sich das stillstehende Wasser der kleinen Tümpel und Schlenken in Mooren und versumpften Fichtenwäldern. Hier herrscht in der Regel ein bedeutender Sauerstoffmangel. Zuweilen ist das Wasser, wenn es sehr reich an Humusstoffen ist, beinahe sauerstofffrei. Die Humusstoffe verzehren den Sauerstoff schneller, als er von einer ruhigen Oberfläche absorbiert wird. (Siehe näheres die Tabellen 2 und 3).

Das Wasser der Moore und der versumpften Fichtenwälder, wo die Proben aus der Tiefe von etwa 20 cm heraufgepumpt wurden, hat sich als völlig sauerstofffrei erwiesen, wenn die Proben nicht sehr nahe an der Oberfläche genommen wurden, in welchem Falle Spuren von Sauerstoff zu konstatieren waren. Wenn sich das Wasser aber, wie z. B. in der Nähe einer Quelle, in lebhafter Bewegung befand, könnte man einen nicht unbeträchtlichen Sauerstoffgehalt konstatieren. (Siehe näheres Tabelle 5.) Von einem gewissen Interesse ist der grosse Unterschied des Sauerstoffgehalts im Wasser der Waldseen von dem der umgebenden Moore. In den Waldseen ist das Oberflächenwasser sehr reich an Sauerstoff, in den Sphagnumpolstern (*Sphagnum papillosum*) gibt es keinen Sauerstoff, auch wenn die Probe nur ein paar Fuss vom äussern Rande des Moores genommen worden war. (Siehe näheres Tabelle No. 6.) Dies zeigt, in welchem hohen Grade eine *Sphagnum*-Decke die Sauerstoffabsorption verhindern kann.

Auf dem Versuchsfelde sind mehrere Proben den Grundwasserbrunnen entnommen worden. Diese in den Boden gelassenen Brunnen bestehen aus je vier, mit Nägeln aneinander befestigten Brettern. Im allgemeinen sind diese hölzernen Zylinder von dicht gepackten Fichtenzweigen umgeben, um das Eindringen des Lehms aus der Moräne zu verhindern. Einige Brunnen haben jedoch keine derartige Bekleidung, nämlich die Brunnen No. I, V und VII. Es hat sich gezeigt, dass die im Boden faulenden Fichtenzweigen

Sauerstoff aus dem Bodenwasser aufnehmen können, weshalb sich eigentlich nur die Proben aus den Brunnen I, V um VII für die Beurteilung des Sauerstoffgehalts eignen. Die Wasserproben aus diesen Brunnen sind aber sehr arm an Sauerstoff, zuweilen völlig frei davon. Am Boden der Brunnen ist höchstens 0,5 kbcm pro Liter Wasser gefunden, an der Oberfläche 0,36—0,86 kbcm. (Siehe näheres Tabelle 8), Bedeutend reicher an Sauerstoff war das Wasser des Grundwasserbrunnens in dem raschwüchsigen Fichtenwald (Tabelle No. 7). Hier hat man mehrere kbcm Sauerstoff pro Liter finden können. Der grosse Unterschied im Wachstum dieser beiden Wälder geht mit aller Deutlichkeit aus den Figuren 2 und 3 hervor.

Schliesslich sind einige Wasserproben aus Quellen genommen. Obgleich das Grundwasser sich oft sauerstofffrei erwiesen hat, findet man doch ziemlich viel Sauerstoff in dem Quellenwasser. (Siehe Tabelle No 9.) Die Sauerstoffabsorption muss in hohem Grade durch die Strömung des Quellenwassers gefördert werden, dazu kommt noch, dass das Wasser von Sauerstoff absorbierenden Humusstoffen frei ist.

Um die Ursachen des schwankenden Sauerstoffgehalts näher zu studieren, wurden auch einige Versuche über die Sauerstoffabsorption verschiedener Humusproben gemacht. Die Versuche sind nach zwei Methoden ausgeführt worden. In einigen Fällen liess man das Wasser durch ein Röhrchen mit Humuserde hindurchfliessen. Der Sauerstoffgehalt des Wassers wurde vor und nach dem Durchfliessen bestimmt. Bei diesen Versuchen zeigte es sich, dass eine Humusschicht von 10 cm Höhe dem Wasser bei langsamem Durchfliessen 36 % des Sauerstoffs rauben kann. Diese Versuche können eine Vorstellung davon geben, wie Humusbedeckung des Bodens den Sauerstoff des Wassers aufnimmt, sei eignen sich aber nicht zur Beurteilung der Sauerstoffabsorption verschiedener Humusböden. Hierfür wurde ein anderes Verfahren benutzt. Die zu untersuchenden Humusproben wurden abgewogen in Glasflaschen von 150 kbcm mit wohl eingeschliffenen Glasstöpseln gelegt und unter gleichzeitigem Auspumpen der Luft mit ausgekochtem Wasser durchfeuchtet. Die Flaschen wurden dann mit Wasser von genau bekannten Sauerstoffgehalt gefüllt, und gewogen; in bestimmten Intervallen wurde der Sauerstoffgehalt des Wassers in jeder Flasche wieder bestimmt. Die Tabellen 10—14 enthalten vollständige Angaben über diese Versuche. Sie zeigen, dass die humusreichen Böden, besonders die feuchten, eine sehr grosse Fähigkeit besitzen, Sauerstoff zu absorbieren. Der Mullboden eines Buchenwaldes absorbiert den Sauerstoff weit langsamer als der saure Boden eines versumpften Fichtenwaldes. Die sterilisierten, neutralen Böden weniger energisch als die nicht sterilisierten. Ein saurer, humusreicher Boden muss daher in sehr kurzer Zeit sauerstofffrei werden, wenn er von Wasser durchtränkt wird. Der Humus des raschwüchsigen Fichtenwaldes absorbiert Sauerstoff weniger lebhaft als derjenige des versumpften. Wie sich verschiedene Humusböden dem Sauerstoff gegenüber verhalten, gedenkt Verf. in einer anderen Abhandlung näher zu berichten.

In einem folgenden Kapitel gibt Verf. einige Mitteilungen über das Verhalten der Wurzeln in sauerstofffreiem Medium und verweist dabei auf die Untersuchungen von J. STOKLASA und A. ERNST über das Wurzelsekret.¹

¹ Jahrb. Wissensch. Botanik. Bd. 46. 14. 1. 1908.

Verf. erwähnt auch, in welcher Weise verschiedene Sumpf- und Moorpflanzen ihren Wurzeln Sauerstoff zuführen können, wenn sie in einem sauerstofffreien Medium leben, wie z. B. durch Luftkanäle, Atemwurzeln etc.

Da sowohl Kiefer als auch Fichte keine speziellen Anpassungen besitzen, um die Wurzeln in sauerstofffreiem Medium genügend mit Luft zu versehen, spielt die Durchlüftung des Bodens für diese Bäume immer eine wichtige Rolle. Dies zeigt sich u. a. in dem Verhalten dieser Bäume auf nassen Böden. Wo das Wasser der rascheren Bewegung zufolge Sauerstoff aufnehmen kann, da gedeiht die Fichte sehr gut, auch wenn der Boden so nass ist, dass seine Oberfläche von Wasser bedeckt ist. Der Fichtenwald an den Abflüssen der Quellen wird in schwedischen Dialekten oft *Grankäl* genannt. Der *Grankäl* ist gewöhnlich ein sehr dichter und hoher Fichtenbestand und kann eine grosse Holzmasse pro Hektar producieren. Das schöne Gedeihen dieses Waldtyps hängt sehr nahe mit dem Wasserreichtum zusammen. Andererseits leiden die versumpften Fichtenwälder sehr durch den Mangel des Wassers an Sauerstoff. Die Versumpfung des Fichtenwaldes ist daher nicht eine Wasser-, sondern eine Sauerstofffrage.

Im nördlichsten Schweden nehmen die Moore eine sehr grosse Fläche ein; die Versumpfung des Bodens schreitet dort allmählich immer weiter vor. Nach den bisher nur in grösster Kürze veröffentlichten Untersuchungen der schwedischen Versuchsanstalt dringt das Wasser der Moore in den sie umgebunden Moränenboden hinein¹, was ein starkes Steigen des Grundwassers zur Folge hat. Das eindringende Wasser ist durch die Berührung mit den Torfmassen der Moore sauerstofffrei geworden und setzt daher die Leistungsfähigkeit der Baumwurzeln beträchtlich herab. In flachen, sehr moorreichen Gebieten wächst der Wald auf nicht versumpftem Boden ziemlich schlecht. Das hängt sehr wahrscheinlich davon ab, dass diese Art von Böden meistens einen sehr hohen Grundwasserstand haben und dieses Grundwasser sauerstofffrei ist. Die grossen und weitläufigen Drainierungen, welche die schwedische Forstwirtschaft im hohen Norden in grossem Massstab ausführt, werden ohne Zweifel dem Wald der nicht versumpften Böden zu gute kommen, da hierdurch das wegen Armut an Sauerstoff schädliche Grundwasser sinkt. Wo der Boden besser durchlüftet ist oder das Wasser sich schneller bewegt, so dass es wieder Sauerstoff aufnehmen kann, da schadet das Wasser nicht, auch wenn es von Anfang an durch Passieren der Moore sauerstofffrei geworden ist. An solchen Stellen darf man also nicht das Grundwasser sinken lassen.

¹ Mitteilungen der forstlichen Versuchsanstalt, H. 6.