

MEDELANDEN
FRÅN
STATENS SKOGS-
FÖRSÖKSANSTALT

HÄFTE 13—14

1916—1917

BAND I.

MITTEILUNGEN AUS DER FORST-
LICHEN VERSUCHSANSTALT
SCHWEDENS
13.—14. HEFT

RAPPORTS OF THE SWEDISH
INSTITUTE OF EXPERIMENTAL
FORESTRY
N:o 13—14

RAPPORTS DE LA STATION DE
RECHERCHES DES FORÊTS
DE LA SUÈDE
N:o 13—14



I DISTRIBUTION:
AKTIEBOLAGET NORDISKA BOKHANDELN · STOCKHOLM

Pris för 2 delar 18 kr.

MEDDELANDEN
FRÅN
STATENS
SKOGSFÖRSÖKSANSTALT

HÄFTET 13—14. 1916—1917

MITTEILUNGEN AUS DER
FORSTLICHEN VERSUCHS-
ANSTALT SCHWEDENS
13-14. HEFT

RAPPORTS OF THE SWEDISH
INSTITUTE OF EXPERIMENTAL
FORESTRY
No 13-14

RAPPORTS DE LA STATION DE RECHERCHES
DES FORETS DE LA SUÈDE
No 13-14



REDAKTÖR:
PROFESSOR GUNNAR SCHOTTE

INNEHÅLL.

	Sid.
Skogsförsöksanstaltens tillkomst och uppgift. (Die Entstehung und Aufgabe der Kgl. Forstlichen Versuchsanstalt Schwedens) av GUNNAR SCHOTTE.....	XI
Skogsförsöksanstaltens tomt och byggnader: (Der Bauplatz und die Gebäude der Kgl. Forstlichen Versuchsanstalt Schwedens). Försöksträdgården (Der Versuchsgarten) av GUNNAR SCHOTTE	XV
Nybyggnaden (Der Neubau) av C. LINDHOLM	XIX
Skogsförsöksanstaltens avdelningar: (Die Abteilungen der Kgl. Forstlichen Versuchsanstalt Schwedens.) Skogsavdelningen (Forstliche Abteilung) av GUNNAR SCHOTTE	XXXV
Naturvetenskapliga avdelningen (Naturwissenschaftliche Abteilung) av HENRIK HESSELMAN	XLI
Entomologiska laboratoriet (Forstentomologische Abteilung) av IVAR TRÄGÄRDH	XLIX
Avdelningen för föryngringsförsök i Norrland (Abteilung für die Verjüngungsversuche in Norrland) av EDVARD WIBECK ...	LIV
Redogörelse för verksamheten vid Statens Skogsförsöksanstalt under år 1915: (Bericht über die Tätigkeit der Kgl. Forstlichen Versuchsanstalt Schwedens im Jahre 1915.) I. Skogsavdelningen (Forstliche Abteilung) av GUNNAR SCHOTTE	I
II. Naturvetenskapliga avdelningen (Naturwissenschaftliche Abteilung) av HENRIK HESSELMAN	6
III. Entomologiska laboratoriet (Forstentomologische Abteilung) av IVAR TRÄGÄRDH	8
NILS SYLVÉN: Den nordsvenska tallen	9
Die nordschwedische Kiefer	I
GUNNAR SCHOTTE: Om snöskadorna i södra och mellersta Sveriges skogar åren 1915—1916	
Über die Schneeschaden in den Wäldern Süd- und Mittelschwedens in den Jahren 1915—1916	XIII
GÖSTA MELLSTRÖM: Skogsträdens frösättning år 1916	167
Der Samenertrag der Waldbäume in Schweden im Jahre 1916	XXI
Redogörelse för verksamheten vid Statens Skogsförsöksanstalt under år 1916: (Bericht über die Tätigkeit der Kgl. Forstlichen Versuchsanstalt Schwedens im Jahre 1916.) I. Skogsavdelningen (Forstliche Abteilung) av GUNNAR SCHOTTE	189
II Naturvetenskapliga avdelningen (Naturwissenschaftliche Abteilung) av HENRIK HESSELMAN	193
III. Skogsentomologiska laboratoriet (Forstentomologische Abteilung) av IVAR TRÄGÄRDH ...	196
IV. Avdelningen för föryngringsförsök i Norrland (Abteilung für die Verjüngungsversuche in Norrland) av EDVARD WIBECK	197

	Sid.
EDVARD WIBECK: Om eftergroning hos tallfrö	201
Verspätung der Keimung nordschwedischen Kiefernsamens bei Freilandssaat	XXIII
OLOF TAMM: Om skogsjordsanalyser	235
Über Waldbodenanalysen	XXV
L. MATTSSON: Formklasstudier i fullslutna tallbestånd	261
Eine Studie über die Formklassen der dichtgeschossen Kiefernbeständen ...	XXIX
HENRIK HESSELMAN: Studier över salpeterbildningen i naturliga jordmåner och dess betydelse i växtekologiskt avseende	297
Studien über die Nitratbildung in natürlichen Böden und ihre Bedeutung in pflanzenökologischer Hinsicht.....	XXXIII
GUNNAR SCHOTTE: Lärken och dess betydelse för svensk skogshushållning	529
The Larch and its Importance in Swedish Forest Economy.....	LIX
L. MATTSSON: Form och formvariationer hos lärken. Studier över trädens stambyggnad	841
The Form and Form-Variations of the Larch	LXXXV
HENRIK HESSELMAN: Om våra skogsförnygringsåtgärders inverkan på salpeterbildningen i marken och dess betydelse för barrskogens förnygring	923
On the Effect of our Regeneration Measures on the Formation of Saltpetre in the Ground and its Importance in the Regeneration of coniferous Forests	XCI
NILS SYLVÉN: Om tallens knäckesjuka	1077
Über den Kieferndreher	CXXVII
IVAR TRÄGÅRDH: Undersökningar över gran- och tallkottarnas skadeinsekter	1141
Investigations into the insects injurious to the spruce and pine cones	CXXXVII
GUNNAR SCHOTTE: Om aspens produktionsförmåga	1205
Communication préalable de sept places d'essai	CXLVI
HENRIK HESSELMAN: Studier över de norrländska tallhedarnas förnygringsvillkor II	1221
Studien über die Verjüngungsbedingungen der norrländischen Kiefernheiden II	CXLIX
SVEN ODÉN: Om kalkningens inverkan på sur humusjord... ..	1287
Über die Einwirkung des Kalkes auf saure Humusböden	CLXIX

Om skogsjordsanalyser.

AV OLOF TAMM.

Sedan lång tid tillbaka ha försök gjorts att på grundval av skogsjordsanalyser bedöma jordens produktionsförmåga med hänsyn till det ena eller det andra trädslaget. Även för andra ändamål ha dylika analyser funnit användning, nämligen i och för ett vetenskapligt studium av ett flertal i marken försiggående processer. Det kan då vara av intresse, dels att i korthet redogöra för en del av resultaten på de kemiska skogsmarksundersökningarnas område, dels att söka klargöra, vilka metoder och tillvägagångssätt, som för våra svenska förhållanden böra vara speciellt lämpade, och vad de ha för värde.

I föreliggande uppsats komma därför de här ovan framhållna spörsmålen att beröras samt därjämte lämnas en översikt över de analysmetoder, som pläga användas på Statens Skogsförsöksanstalts jordmånslaboratorium. Därvid komma några därstädes utexperimenterade förfaringssätt att mera detaljerat beskrivas.

1. Om skogsjordsanalyserns betydelse för bedömning av marken.

Sedan LIEBIGS revolutionerande uppfattning angående växternas näringsförhållanden under medlet av 1800-talet fullständigt hade slagit igenom, blev problemet angående jordens mängd av olika växtnäringsämnen och dess bestämmande högaktuellt. Man hade fått klart för sig, att det var jordens halt av tillgängligt kväve, kali, fosforsyra o. s. v., som var utslagsgivande för kulturväxternas produktivitet, och kunde man blott genom en kemisk analys av jorden ådagalägga, att brist på något av dessa ämnen förelåg, så hade man däri ett osvikligt medel att bedöma jordens värde och gödselbehov. Härvid hade man som utgångspunkt den bekanta lagen, att växtlighetens utveckling regleras av det näringsämne, som i förhållande till behovet förefinnes i minimum.

De förhoppningar, som från jordbrukshåll ställdes på den kemiska analysen, infriades emellertid ej. Detta torde huvudsakligen ha berott på två orsaker: dels att skörden påverkas av så många andra olika markfaktorer utom halten av lättlösliga växtnäringsämnen, dels att de använda

analysmetoderna varit ofullkomliga. Trots detta ha ett stort antal jordanalyser utförts — även i vårt land — i jordbrukets intresse, varvid också en hel del resultat vunnits, såsom en viss möjlighet att ur synpunkten av större eller mindre näringshalt jämföra relativt likartade jordartstyper.

Ej långt sedan den kemiska analysen börjat träda i jordbrukets tjänst, började den i Tyskland användas för att belysa skogliga markfrågor. LOTHAR MEYER, en av sin tids ledande kemister, söker sålunda göra skogsmännen förtrogna med nödvändigheten av att analysera sina jordarter för att se, om de ej äro underkastade en stadig utarmning på växtnäringsämnen. I en uppsats: *Die Chemie in ihrer Anwendung auf Forstwirtschaft* (8), uttalar han sig ganska pessimistiskt angående såväl skogs- som jordbrukets framtidsmöjligheter, därest man ej på något sätt sörjer för, att de näringsämnen, som vid skörd, resp. avverkning berövas jorden, åter tillföras densamma. Han förordar en vetenskaplig, kemisk undersökning av ett flertal jordarter samt eventuellt, beroende på undersökningens resultat, gödsling af skogsmarken.

Den MEYER'ska uppfattningen verkade säkerligen ganska främmande för den tidens praktiska skogsmän. Följande citat ur G. HEYER, *Lehrbuch der forstlichen Bodenkunde und Klimatologie*, torde kunna anses som exponent för deras åsikter i hithörande frågor: »Die chemische Zusammensetzung des Bodens influirt sehr wenig oder gar nicht auf den Holztertrag, weil unsere Holzgewächse eine geringe Summe von anorganischen Stoffen aus dem Boden aufnehmen, und jeder Boden genug von diesen enthält, um der Waldvegetation ihren vollen Bedarf liefern zu können.» (20, sid. 390).

L. MEYER fick emellertid snart ett visst stöd i W. SCHÜTZES undersökningar (19, 20) åtminstone så till vida som av dem tycktes framgå en tydlig parallellism mellan halten av vissa analytiskt bestämbara växtnäringsämnen å några undersökta skogsmarker och dessas produktionsförmåga. SCHÜTZE, som började sin undersökning med fosforsyra, ansåg, att av denna kunde den totala halten till ett betydligt djup (1—2 meter) äga betydelse för skogen. Han undersökte därför den totala halten fosforsyra i marken ett gott stycke under ytan för att komma ifrån den oregelbundna, på vittringen beroende kemiska sammansättningen i markens övre lager. Den undersökta skogstypen var tallskog, av fyra olika produktionsklasser, nr II—V. Inom varje klass undersöktes 5—6 bestånd. I genomsnitt visade då klass II 0,0567 % vattenfri fosforsyra (P_2O_5), klass III 0,0559 %, klass IV 0,0416 %, klass V 0,0355 %. Vid avtagande fosforsyrehalt visar skogen tydligen lägre produktionsförmåga, om ock flera orsaker än fosforsyrehalten torde få anses medverka.

SCHÜTZE tog emellertid ett steg längre. Å tallskogen å två revir i

Eberswaldetrakten företogs år 1867 omfattande massa- och tillväxtundersökningar. S. valde nu bland de undersökta bestånden ut sex, tillhörande olika produktionsklasser men med i hans tycke ovanligt likartad mark: sand av senkvartär ålder. Prov insamlades från olika nivåer och analyserades dels på fosforsyra, dels medelst saltsyreextraktion på kalk, magnesia, kali och natron. Av analysresultaten uträknades så halten av de olika ämnena i olika jordskikt samt genomsnittshalten till ett betydligt djup (något varierande, men i varje fall omfattande det område, inom vilket tallens rötter sträckte sig.) — Saltsyreextraktionsmetoden hade redan i rätt stor utsträckning använts å jordbrukslaboratorier och accepterades av S. på den grund, att han ansåg sig med densamma få med det mesta av jordens kalkhalt, vilket han ansåg vara det viktigaste.

Tabell 1 innehåller SCHÜTZES genomsnittsvärden för hela markprofilen i de olika bestånden.

Tabell 1. **Markens halt av saltsyrelösliga växtnäringssämnen under tallbestånd efter Schütze.**

Durchschnittlicher Gehalt an in Salzsäure löslichen Nährstoffen in Kiefernböden nach SCHÜTZE.

Nr	Produktions- klass (Ertragsklasse)	Fosforsyra P ₂ O ₅ %	Kalk CaO %	Magnesia MgO %	Kali K ₂ O %	Natron Na ₂ O %
1	I	0,0501	1,8876	0,0484	0,0457	0,0129
2	II	0,0569	0,1622	0,0716	0,0632	0,0065
3	II/III	0,0464	0,1224	0,0981	0,1235	0,0097
4	III	0,0388	0,0963	0,0800	0,0392	0,0029
5	IV	0,0299	0,0270	0,0505	0,0241	0,0016
6	V	0,0236	0,0453	0,0438	0,0215	0,0031

Tabellen visar, att jorden i de bättre produktionsklasserna innehåller mera fosforsyra samt i saltsyra löslig kalk och kali än i de sämre, medan magnesium och natron synas vara mera oregelbundet fördelade. S. drog då den slutsatsen, att magnesium alltid fanns i tillräcklig mängd, medan skogen var i högsta grad beroende av fosforsyrehalten samt kalk och kali. Det bör anmärkas, att de undersökta markerna ansågos som näringsfattiga. S. undersökte vidare humushalten och den mekaniska sammansättningen och fann därvid, att de bättre produktionsklasserna hade högre halt finare beståndsdelar i marken än de sämre. Humusen i de bättre bestånden lämnade vid extraktion med utspädd ammoniak en ofärgad till svagt gul lösning, medan de sämre produktionsklasserna lämnade en brun till svart lösning. (SCHÜTZE'ska provet.) Han fann

i detta ett bekvämt medel att undersöka, om en jordart var näringsrik eller ej.

S. föreslår, att man för att ej onödigtvis beskatta skogsmarken på mineralisk näring bör kvarlämna så mycket som möjligt av kvistar o. d. vid avverkning, enär dessa äga en hög askhalt.

Efter SCHÜTZES i viss mån grundläggande arbeten företogs nu flerstädes kemiska undersökningar av skogsmarken medelst saltsyreextraktionsmetoden, av olika författare varierad på olika sätt. Man har i allmänhet kokat en eller ett par timmar med 20—30-procentig saltsyra. Man får då ihågkomma, att endast de analyser, som äro gjorda på fullt likformigt sätt äro jämförbara med varandra. En livligare kokning och högre koncentration på syran ge högre värden på halten lösliga beståndsdelar, en svag kokning eller blott uppvärmning samt lägre koncentration ge väsentligt mindre värden. Vid markmineralens delvisa upplösning i saltsyra torde det nämligen i regel ej vara endast så, att en på förhand genom vittring lösliggjord del upplöser sig, utan själva mineralet torde också i ej omärklig grad gå i lösning, varvid det betäcker sig med en olöslig hinna av kolloida ämnen, t. ex. kiselsyra (16). Vid en hastigare kokning kan denna hinna lätt avskrapas, varvid mera av mineralet sönderdelas av syran.

De mest anmärkningsvärda analytiska arbeten, som utförts med saltsyremetoden, torde vara C. F. A. TUXENS (29, 30) i samarbete med P. E. MÜLLER samt E. RAMANNS (13, 14).

I och med P. E. MÜLLERS och TUXENS undersökningar har det emellertid kommit in en ny synpunkt på markundersökningsområdet. P. E. MÜLLER diskuterar som bekant de markbildande faktorerna, markprofilens egenskaper i olika skogstyper samt markens, växtvärldens och djurlivets växelverkan med varandra (10). TUXENS analytiska arbeten tjäna härvid som en på objektiva metoder grundad illustration till P. E. MÜLLERS grundläggande idéer angående markprocesserna och deras betydelse för skogen. Det gäller sålunda för MÜLLER och TUXEN ej direkt att fastställa något samband mellan markens lösliga beståndsdelar och produktion utan att i ett sammanhang få fram alla de faktorer, som bidraga att konstituera en god skogsmark. Härmed är ett jättesteg framåt taget från alla tidigare synpunkter på skogsjordsanalyser. Möjligen skulle man mot MÜLLER-TUXENS jordanalyser kunna göra den invändningen, att då det ej blott avses en jämförelse mellan olika skogsjordarters näringshalt utan även en inblick i själva markprocesserna, den ganska otillfredsställande saltsyremetoden bort kompletteras med sådana analyser, på vilka verkliga slutsatser angående de olika markmineralens löslighet och omvandlingar kunnat grundas.

Om denna svaghet, ifall vi våga benämna den så, i MÜLLERS för alla tider bestående arbete förefaller E. RAMANN i sina markanalytiska arbeten vara medveten. Han kompletterar därför saltsyreanalyserna med fullständiga analyser eller sådana, där totala halten av alla de grundämnen, som i ej alltför ringa mängd ingå i marken, blir bestämd. Dylika analyser kunna alltid jämföras, då de innehålla en kemiskt exakt definierad halt av de olika ämnena, som ej kan variera utom gränserna för metodens ganska små försöksfel. Ur kemisk synpunkt är sålunda den fullständiga analysen en vida »skarpare» metod än saltsyremetoden. — De av RAMANN utförda undersökningarna, som särskilt omfatta mineralfattiga jordarter — nordtyska sandjordar — ge därför i långt högre grad än TUXENS en möjlighet att bedöma det verkliga mineralogiska förloppet vid olika processer i marken. I gengäld ha dock analysmetoderna blivit mycket mera mödosamma, jämfört med enbart saltsyreanalyser.

RAMANN förmår nu på grundval av sina analyser i viss mån klarlägga en serie viktiga processer i marken, såsom vittring och ortstensbildning, och på fullt objektiva grunder framvisa dessas samband med varandra. Härvid bygger han dock i mångt och mycket på redan av P. E. MÜLLER och andra uttalade åsikter.

Man får efter att ha tagit del av RAMANN'S arbeten angående dessa ämnen ävensom av hans grundläggande undersökningar beträffande skogsträdens näringsupptagande (15) en bekräftelse på P. E. MÜLLERS uppfattning, att det ur skogens synpunkt är viktigare att studera markprocessernas innersta natur än att sträva efter en på analyser grundad kännedom av markens halt av lösliga näringsämnen. Huru denna synpunkt på en del håll lett till en ändrad uppfattning angående metoderna för skogsjordsanalysen, särskilt t. ex. för våra svenska förhållanden, skola vi i det följande finna.

En för oss svenskar intressant, direkt slutsats ur det RAMANN'SKA analysmaterialet är, att de nordtyska slätternas jordarter, vilka faktiskt ligga till grund för så många i Tyskland utförda skogsbiologiska undersökningar, äro väsentligen mera genomvittrade och mineralfattiga än t. ex. våra vanliga, norrländska skogsjordarter. Detta har sin grund i de olika jordarternas geologiska uppkomstsätt och är sålunda fullt naturligt; med bestämdhet kan man emellertid påstå, att denna omständighet är den faktiska orsaken till åtskilliga för oss gynnsamma omständigheter beträffande humusbildning, föryngring m. m., vilka medföra, att vi i Norrlands klimatiskt karga trakter mången gång kunna framvisa relativt godartade skogsförhållanden. Det kan därför vara av intresse att här jämföra några av RAMANN'S analyser med några sådana från Norrlands bättre skogstrakter.

Tabell 2. Fullständiga analyser av nordtyska och norrländska skogsjordarter.
Total-Analysen von norddeutschen und nordschwedischen Waldböden.

	Prov 1	Prov 2	Prov 3	Prov 4
Kali (K ₂ O)	1,165 %	1,121 %	3,170 %	2,540
Natron (Na ₂ O).....	0,342	0,470	2,790	2,060
Kalk (CaO)	0,204	0,249	2,140	1,930
Magnesia (MgO)	0,072	0,110	1,070	1,090
Manganoxid-oxidul (Mn ₂ O ₄)	0,035	0,045	—	—
Järnoxid (Fe ₂ O ₃)	0,396	0,460	3,170	4,020
Aluminiumoxid (Al ₂ O ₃)	2,003	2,793	12,000	11,210
Fosforsyra (P ₂ O ₅).....	0,059	0,071	0,230	0,110
Kiselsyra (SiO ₂)	(95,724)	(94,691)	(75,020)	76,780

Prov 1. **Pommern.** Oberförsterei Hohenbrück. 100—150 årig, tämligen sluten tallskog. Gul sand under ortsten, å mer än 100 cm djup från markytan. (Ramann.)

100—150-jähriger, ziemlich geschlossener Kiefernwald. Gelber Sand unter Ortstein, mehr als 100 cm tief. (Ramann.)

Prov 2. **Holstein.** Oberförsterei Glashütte. Vacker 100-årig blandskog av tall och gran å likformig sand. Gul sand under ortsten, under 1 m djup från markytan. (Ramann.)

Gleichförmiger Sand, mit schönen, 100-jährigen Kiefern und Fichten bewachsen. Gelber Sand, unter Ortstein, mehr als 100 cm tief. (Ramann.)

Prov 3. **Sverige.** Jämtland. Ragunda, Dövikén. Vacker barrblandskog, sand. Provet taget 150 cm under markytan, djupt under rostjorden (motsvarande ortstenslagret i de tyska profilerna.) (O. Tamm.)

Schöner Nadelmischwald auf Sand. Die Probe ist in einer Tiefe von 150 cm unter der Bodenoberfläche, weit unter der Orterde entnommen. (O. Tamm.)

Prov 4. **Sverige.** Jämtland, Håsjö. Normal, timmerbläddad barrblandskog å morän. Provet taget under rostjorden cirka 30 cm under markytan. Generalprov ur 10 profiler. (O. Tamm.)

Normaler, durch Blenderbetrieb ausgelichteter Nadelmischwald auf Morän. Die Probe ist unter der Orterde, etwa 30 cm unter der Bodenoberfläche entnommen. Generalprobe aus 10 Profilen. (O. Tamm.)

Anm. Kiselsyrehalten är i tre fall bestämd som rest i analyssumman. Denna är av denna anledning ej angiven. Manganhalten är ej bestämd i de svenska analyserna.

De i tabell 2 anförda analysproven härstamma alla ur det relativt svagt vittrade underlaget i markprofilen ur växtliga bestånd. För att kunna rätt jämföra dem äro värdena för de olika ämnena beräknade i procent av den rest, som erhållits, sedan procenterna för vatten och humus dragits från 100. Man får då de olika mineraliska ämnena angivna i procent av den totala mineraliska substansen. — De två tyska, från RAMANNS arbete hämtade analyserna torde av allt att döma vara representativa för Nord-Tyskland, och vi våga även anse de två övriga, som äro utförda av förf., representativa för Norrlands vidsträckta skogstrakter på urbergsgrund (jfr 25, analys 6 a, 3 a).

Som man ser, innehåller den norrländska marken ofta mer än den dubbla mängden av för skogen värdefulla mineraliska beståndsdelar än den nordtyska.

Vad vidare RAMANNS redan omnämnda arbete angående skogsträdens behov av mineraliska näringsämnen beträffar, så framgår därav bland annat, att man ej alltid får bedöma ett skogsträds näringsbehov efter den bonitet, på vilken det växer. Träd, vilka städse synas upptaga rikligt med mineraliska näringsämnen, kunna t. ex. dock under stundom trivas på ovanligt mager, torr sand. Ett träd kan sålunda ha ett ganska stort näringsbehov men förmå tillfredsställa detta på mager jordmån. Ej heller är den kvantitet mineralisk näring (askhalt), som finnes i virket, och som man bortför vid avverkning, en säker mätare på ett träds behov, då de största kvantiteterna näringssalter åtgå för produktion av blad och kvistar. Ett träd kan vidare i mån av tillgång upptaga långt mera salter, än det i nödfall förmår reda sig med.

De ovan anförda synpunkterna torde gälla i allmänhet vid jämförelse mellan trädens behov av näringsämnen och markens halt av sådana. För våra svenska förhållanden tillkommer den omständigheten, att vi faktiskt ej äga kännedom vare sig om våra skogsträds behov eller normala konsumtion av mineralisk näring under våra egna klimatförhållanden. Härav torde lätt inses, hvilka svårigheter, som möta, om vi i Sverige önska ernå en på analyser grundad uppfattning angående våra skogsmarkers produktionsförmåga.

Den, som i Sverige mest ivrat för anställande av jordanalyser för utvärderande av skogsmarkens produktionsförmåga, är som bekant H. V. TIBERG (26, 27, 28). Med anledning av de ovan omtalade SCHÜTZE'ska undersökningarna och andra utländska arbeten samt ett stort antal egna analyser söker han få objektiva metoder att bedöma en marks avkastningsförmåga. Då hans arbeten förut refererats i Skogsvårdsföreningens tidskrift (7), är här ej anledning att närmare ingå på desamma. TIBERGS genom sina analyser, som alla äro utförda enligt saltsyremetoden, dock modifierad efter hans egen speciella smak, lyckats ådagalägga en framträdande kalkbrist i ett flertal av de värmländska skogsjordarterna. Detta torde dock kunna låta sig påvisa genom enklare medel än dylika analyser. T:s analyser lida av samma fel som andra saltsyreanalyser, nämligen att blott i ringa grad bidra till uppklärandet av vittringsprocessernas natur, vilket vi med MÜLLER och RAMANN hava insett vara ett av den fysikaliska och kemiska markundersökningens huvudmål. TIBERGS resultat hemfalla därför också under den kritik, till vilken RAMANNS synpunkter på skogens näringsupptagande osökt inbjuda. Ej heller är det sannolikt, att de av T. analyserade proven äro fullt jämförbara;

för att med saltsyremetoden få användbara resultat fordras mer än eljest ytterst stränga villkor angående markens likformighet m. m. Härmed ha vi på intet sätt önskat förringa de ytterst intressanta och beaktansvärda synpunkter, vilka av T. framförts, meningen har endast varit att granska själva analysmetodens värde som sådan.

Under 1900-talet börjar man alltmera allmänt inse, att den kemiska jordanalysens viktigaste uppgift är att söka utreda de processer, som försiggå i marken. Man såg emellertid till att börja med i saltsyremetoden en möjlighet att skilja mellan mineralen själva och deras förvittringsprodukter, medan åter somliga författare kritiserade denna synpunkt. På grund av att vissa silikatiska mineral, s. k. zeoliter, lösa sig i saltsyra, trodde man, att i marken förekom en viss procent dylika, och tillskrev dem den största betydelse. Mot denna uppfattning uppträdde åter andra forskare, och dessa senares uppfattning har, så vitt man nu kan döma, visat sig vara riktig. Under allt detta kan man emellertid säga, att metoderna för jordanalysen befunno sig i ett fullständigt kaos; varje författare har sin metod, som i viss mån är subjektiv och ej medger jämförelse med andra personers analysresultat. Endast de fullständiga analyserna uppfylla kravet på en exakt metod. Medelst dem får man en föreställning om hela det mineralförråd, som förr eller senare kan komma vegetationen till godo. Detta är dock kanske ej det viktigaste, men man kan av dem även draga vittgående slutsatser angående markens mineralogiska sammansättning och vittringsförhållanden.

En belysande bild av virrvarret på jordanalysens område får man, då man tager del av diskussionerna på andra internationella agrogeologkonferensen i Stockholm 1910 (17, 21, 33). Man beslöt sig där för att tillsätta en internationell kommission för att försöka bringa reda i förhållandena. Denna har sedan varit verksam till krigets utbrott, och härvid har en del förslag till likformiga analysmetoder framkommit, vilka skulle eventuellt allmänt antagas över hela världen. Emellertid torde det bli svårt att med olika länders så olika geologiska och klimatologiska förhållanden kunna tillämpa uniforma metoder; vad särskilt vårt land med dess från centrala och södra Europa så oerhört avvikande geologiska förhållanden beträffar, är det knappast troligt, att kommissionens blivande resultat, när dessa en gång i framtiden föreligga, skola i större utsträckning kunna accepteras för våra skogsjordarters del. (Jfr 9, 12, 22, 23).

På senare tid ha förekommit några undersökningar av SCHOENBERG (18) och VOGEL VON FALCKENSTEIN (35), som i mycket äro belysande för skogsjordanalysernas räckvidd. Båda dessa undersökningar äro utförda i trakten av Eberswalde, och båda författarna ha med anledning av sina resultat kommit att kritisera SCHÜTZES ovan refererade arbete från samma trakt.

SCHOENBERG undersökte två serier tallytor å terrasser i Oderdalen. Jordmånen var liksom å SCHÜTZES undersökningsytor »Thalsand». Å de lägre terrasserna har man regelbundet de sämsta produktionsklasserna, å de övre de bästa. S. anser, att grundvatten-nivån låg på ett sådant djup, att den var utan inverkan på skogen. Denna borde då beträffande sin vattenhushållning vara enbart beroende på nederbörden och jordartens förmåga att kvarhålla denna. S. kritiserar SCHÜTZE, som på liknande marker vill se kemiska orsaker till trädens olika produktionsförmåga, och menar sig ha genom sin undersökning ådagalagt, att den mekaniska sammansättningen hos jorden med därav beroende vattenhållande kraft (kapillär stigningsförmåga) på dylika sandjordar spela minst lika stor roll som jordens rikedom på mineraliska näringsämnen.

SCHOENBERGS analyser strida emellertid ej direkt mot SCHÜTZES; det är för övrigt helt naturligt, att halten av finmaterial och i saltsyra lösliga beståndsdelar i jorden följas åt, ty ju finare jorden är, desto större angreppsytta kan saltsyran vid extraktionen (jfr SCHÜTZES analyser) inverka på. Emellertid torde SCHOENBERG ha rätt däri, att det är klokast att se allsidigt och söka så många orsaker som möjligt vid diskuterandet av det svåra problemet angående markens produktionsförmåga.

VOGEL VON FALCKENSTEIN tar mera grundligt upp frågan om orsaken till, att ett begränsat områdes mycket likformiga tallmarker visade väsentliga skillnader i avkastningsförmåga. I Oberförsterei Eberswalde finnes ett område med flygsand (Schutzbezirk Melchov). På denna mark förefanns dels vacker tallskog med bokunderväxt, dels kalhyggen, vilka endast med svårighet låtit föryngra sig, dels svaga bestånd, som framgått ur gammal, degenererad skog. Den olika produktionsförmågan på olika ytor kunde endast bero på olika behandling, och det gällde nu att se, om till följd av denna marken undergått någon förändring i avseende på de lösliga mineraliska näringsämnena, vilket sedan kunde tänkas återverka på produktionsförmågan. På grund av markens ovanligt likformiga karaktär förefanns det här ett sällsynt gott tillfälle att på vederhäftigt sätt avgöra, om det fanns någon verklig parallellism mellan halten av lösliga mineralbeståndsdelar och markens produktionsförmåga.

För detta ändamål bestämde V. v. F. halten av i kokande saltsyra under en timmes tid lösliga ämnen ur prov från olika nivåer i markprofilen. Hans resultat återges i tabell 3.

Kali- och natronhalten äro i tabellen i en del fall ej bestämda. Nr 1 b—1 e äro hämtade från en markprofil i god tallskog, produktionsklass II. Nr 2 b—2 e härstamma från en genom kalhuggning degenererad mark, nu produktionsklass IV, förr II. Nr 3 a—3 e härrör från genom skötsel förbättrad, degenererad skog av produktionsklass III, förr IV.

Tabell 3. **Markens halt av saltsyrelösliga växtnäringssämnen under tallbestånd efter Vogel von Falckenstein.**

Der Gehalt von in Salzsäure löslichen Nährstoffen in Kiefernböden nach VOGEL VON FALCKENSTEIN.

Prov Probe	Djup under markytan (Tiefe unter der Bodenoberfläche)	Kalk CaO %	Magnesia MgO %	Kali K ₂ O %	Natron Na ₂ O %	Fosforsyra P ₂ O ₅ %	Järnoxid Fe ₂ O ₃ %	Aluminiumoxid Al ₂ O ₃ %
1 b	0—15 cm	0,031	0,047	0,043	0,024	0,038	0,085	0,474
1 c	15—40 »	0,035	0,050	—	—	0,037	0,102	0,844
1 d	40—60 »	0,072	0,058	—	—	0,038	0,085	0,714
1 e	140—200 »	0,071	0,060	0,075	0,030	0,039	0,085	0,486
2 b	0—10 »	0,042	0,056	0,048	0,030	0,030	0,093	0,677
2 c	10—50 »	0,038	0,052	—	—	0,047	0,085	0,441
2 d	50—60 »	0,051	0,073	—	—	0,048	0,102	0,330
2 e	140—200 »	0,105	0,085	0,094	0,018	0,063	0,093	0,691
3 b	0—12 »	0,030	0,034	—	—	0,046	0,085	0,625
3 c	12—30 »	0,048	0,045	—	—	0,096	0,110	1,302
3 c ₂	30—50 »	0,039	0,068	—	—	0,035	0,085	0,760
3 d	50—60 »	0,052	0,095	—	—	0,040	0,093	0,622
3 e	140—200 »	0,109	0,072	—	—	0,043	0,085	0,492

Som synes av tabell 3, äro de olika ämnena synnerligen likformigt fördelade i de olika bestånden; halten av de olika lösliga beståndsdelarna varierar något med djupet under markytan.

V. v. F. drog nu den slutsatsen, att då i detta fall, där på grund av materialets faktiska likformighet saltsyremetoden om någonsin borde vara användbar, produktionsförmågan ej följer jordens halt av saltsyrelösliga näringsämnen, måste densamma väsentligen kunna påverkas av andra faktorer. En bestämning av jordens näringshalt kan då ej enbart ge ett fullgiltigt uttryck för markens värde och produktionsförmåga.

Undersökningarna gingo sålunda i motsatt riktning emot SCHÜTZES övan refererade forskningar, och V. v. F. tager därför upp S:s analysen till en ingående jämförelse och kritik. Han påvisar, att det geologiska underlaget för S:s bestånd är av så varierande natur (Thalsand), att man ej med säkerhet kan våga jämföra resultaten i dennes olika ytor. Redan av S:s egen beskrivning framgår en hel del olikheter, t. ex. i kalkhalten i de djupaste skikten jämte andra fenomen, som enligt vår nuvarande kännedom kunna påverka skogens växt i hög grad.

V. v. F. söker nu komma underfund med de skiljaktigheter i marken, som verkligen äro orsaken till skillnaden i produktionsförmåga å de av

honom undersökta ytorna. Han försökte då extrahera jordarterna med utspädd ättiksyra för att se, om det förefanns skillnader i sådana beståndsdelar, som lösa sig i den svaga ättiksyran. Man skulle ju kunna förmoda, att i jorden framkallats förändringar i halten av vissa ämnen av betydelse för skogen, men så små, att de ej kunde spåras bland de relativt stora mängder lösta ämnen, som förefinnas i saltsyreextrakten.

Även i ättiksyreanalyserna visade det sig ej någon nämnvärd skillnad mellan de olika produktionsytorna; däremot varierade halten lösliga beståndsdelar något i de olika skikten i markprofilerna — de djupaste lagren voro rikast på lösliga beståndsdelar, de ytligare fattigast.

Undersökte man däremot halten av humus och kväve, så förefanns en tydlig parallellism mellan de olika ytornas halt av dessa beståndsdelar och deras produktion. Å de bättre ytorna fanns en betydande humushalt och därmed åtföljande kvävehalt även i ganska djupa skikt, medan i de sämre såväl humusen som kvävet avtog hastigt nedåt. V. v. F. ser därför i humustäckets beskaffenhet, särskilt med hänsyn till dess kväveförhållanden, den mest utslagsgivande faktorn för skogens tillväxt på de magra sandjordar det här är fråga om. Han vill dock ej alls förneka de mineraliska näringsämnenas betydelse, men man får genom hans undersökningar en god inblick i svårigheterna att direkt av ett analysmaterial säga något angående en skogsmarks värde, och han har genom sin kritik av SCHÜTZES som en grundpelare betraktade åskådning bidragit till en sund uppfattning av hithörande fakta. — V. v. F. kompletterar sin vackra undersökning med en förtjänstfull mineralogisk studie över de förändringar, som mineralen undergå under en skogsvegetation på »Melchower Flugsand» (36). Hans undersökningar visa, liksom tidigare RAMANNS, att Nord-Tysklands jordarter äro väsentligt fattigare på för skogen värdefulla mineral än t. ex. våra norrländska skogsmarker.

Som sammanfattning av vad de refererade arbetena ha att lära oss angående skogsjordsanalyserna samt sambandet mellan markens kemiska egenskaper och produktionsförmågan torde sålunda kunna framhållas, att man medelst en kemisk analys ej kan fastställa jordens produktionsvärde, då man blott får upplysning om **vissa** av markens för skogen viktiga egenskaper. Man kan emellertid bestämma många för skogen betydelsefulla ämnen, samt vinna en inblick i de mer eller mindre praktiskt viktiga och naturhistoriskt intressanta processer, som i marken försiggå. Farhågorna för markens utarmning på näringsämnen i enlighet med L. MEYERS förmodan torde vi åtminstone i Sverige kunna taga med stort lugn, eftersom vi här ha mineralogiskt mycket rika marker. Åtskilligt tyder på, att det är långt större kvantiteter mineralämnen, som bortföres ur jorden med det genom-

rinnande vattnet, än genom avverkningar. Trots allt torde nog jorden i detta hänseende verkligen undergå en stadig om ock långsam försämring, men däråt torde ej människan kunna göra något. Farligare för skogsmarken äro de relativt hastiga försämringar, som kunna inträffa i humustäcket m. m.

2. Om de för våra svenska skogsjordarter lämpliga analysmetoderna och deras värde.

Med de i det föregående framhållna synpunkterna för ögonen skola vi nu närmare se till, vilka analysmetoder som kunna vara lämpade för våra svenska skogsjordarter. Härvid komma vi huvudsakligen att sysselsätta oss med de metoder, som hava kommit eller skola komma till användning å Statens Skogsförsöksanstalts jordmånslaboratorium.

Med en jordanalys bör avses någotdera av följande ändamål:

1. Bestämning av för vegetationen värdefulla ämnen.
2. Bestämning av eventuellt förekommande gifter eller för växterna skadliga ämnen.
3. Undersökning av de kemiska, fysikaliska och mineralogiska processer, som i marken försiggå, och som mer eller mindre direkt äro av betydelse för vegetationen eller av andra orsaker äro av intresse.

Idealet för en analysmetod är tydligen en sådan, som samtidigt ger upplysning om näringsämnen, resp. skadliga ämnen, och uppfyller något under mom. 3 antytt ändamål.

Vad de allmänna metoderna beträffar, då man bestämmer mer eller mindre lättlösliga, mineraliska växtnäringsämnen i en analys med tillhjälp av något extraktionsmedel såsom saltsyra, ättiksyra o. dyl., får man med hänsyn till deras användning å Sveriges skogsjordarter ihågkomma, att samtliga dessa metoder äro utarbetade endera för åkerjord eller för jord av helt andra geologiska egenskaper, jämfört med våra jordarter, och som tillika befinner sig under helt olika klimatologiska förhållanden. I Sverige, särskilt i Norrland, ha jordarterna en starkt humid karaktär; med andra ord de präglas av en kraftig urlakningsprocess. Alla lättlösliga beståndsdelar försvinna fort i grundvattnet, och den surt reagerande markens absorptionsförmåga är minimal. En extraktion av ett jordprov med ett eller annat lösningsmedel ger då till resultat, att jorden synes vara mycket fattig på lättlösliga beståndsdelar. Då våra jordartstyper nästan uteslutande bestå av under istiden mekaniskt sönderkrossat, friskt, ovittrat bergartsmaterial, kommer t. ex. ett saltsyreextrakt huvudsakligen att ge ett uttryck för de olika mineralens löslighet i saltsyra under de betingelser, varunder extraktionen sker. Att dessa värden

ej ha någon direkt anknytning till det näringskapital, som är tillgängligt för skogen, är ganska tydligt. — Vår skogsmark är, som förut framhållits, särdeles rik på för skogen viktiga, ovittrade mineral, ett så att säga latent näringskapital. Huruvida skogsmarken i realiteten är för skogen näringsrik eller ej, bestämmes då utom av humustäckets egenskaper m. m. av huru hastigt detta latent kapital genom vittring omsättes i löslig form. Att de i saltsyra lösliga beståndsdelarnas mängd är i viss mån betecknande för denna hastighet, skall visserligen ej förnekas, men vida enklare och bättre kan man få reda på denna genom att studera markens mineral och bergarter eller, om man kan lägga ned mera arbete på saken, genom en fullständig analys. (Jfr tabell 2.)

För bestämning av tillfälliga halten lättlösliga beståndsdelar, torde nog en extraktion med svagt verkande lösningsmedel, såsom kolsyrehaltigt vatten, kunna vara av intresse, särskilt kanske i fråga om plantskolejord, som ju är en kulturjord, men denna ganska besvärliga analysmetod torde i flera fall kunna ersättas av en bestämning av den elektrolytiska ledningsförmågan i markvätskan eller i ett vattenextrakt av jorden. Om man låter en elektrisk ström gå genom saltlösningar, visar det sig nämligen, att lättheten, varmed detta sker, eller den s. k. elektrolytiska ledningsförmågan ökas ungefär proportionellt mot saltkoncentrationen, då det är fråga om mycket utspädda lösningar. Genom att direkt undersöka markvätskan eller ett extrakt av en viss mängd jord i viss volym absolut rent vatten på den elektrolytiska ledningsförmågan, kan man sålunda hastigt få ett uttryck för totala halten olika lättlösliga salter i marken.

För att kunna dra slutsatser av en skogsjordsanalys och jämföra den med andra sådana, är det emellertid alldeles nödvändigt att veta, från vilket skikt i markprofilen analysprovet härstammar. Ofta måste man ha analys på flera i profilen förekommande partier och lager. Häri ligger en av skogsjordsundersökningsmetodernas skiljaktigheter jämfört med åkerjorden. I en åker är det vanligen nog att veta det omplöjda skiktets sammansättning samt att känna alvens viktigaste, lätt igenkännbara fysikaliska egenskaper. Där det är fråga om totala kvantiteter av mineraliska näringsämnen, kan dock för bedömande av skogsmarken en analys från det ovittrade underlaget i många fall vara tillräcklig, om den åtföljes av en noggrann beskrivning av markprofilen med dess från underlaget avvikande skikt. En skogsjordsanalys av vilket slag som helst bör f. ö. alltid åtföljas av en dylik profilbeskrivning för att vara av fullt värde.¹

¹ Vid provtagning för analyser gör man klokast i att först noggrant undersöka markprofilen och sedan taga prov av alla olika skikt eller partier, som kunna urskiljas. Man bör hellre taga för många än för få prov, även om man ej från början tänker under-

Utan att göra en fullständig analys kan det mången gång erfordras en totalbestämning av något ämne, exempelvis kalk (kalciumkarbonat),¹ kväve, fosforsyra. För sådana partialanalyser finnas i en del fall exakta metoder, av vilka några i det följande skola beskrivas. Såväl den fullständiga analysen eller den s. k. Bausch-analysen, som dessa partialbestämningar uppfylla de som önskvärda framhållna villkoren att bestämma såväl växtnäringsämnen som mineralogiskt väl definierade beståndsdelar i marken. De äro därför synnerligen värdefulla hjälpmedel även för undersökning av själva markprocessernas gång. Till dessa metoder ansluter sig också bestämningen av sådana ämnen, som utan att vara näringsämnen för växterna dock äro av betydelse för desamma. Här må i första rummet nämnas humusämnen. För dessas bestämmande användes å Försöksanstalten olika metoder, varav den noggrannaste, som i det följande skall i detalj beskrivas, är en modifierad metod, angiven av VESTERBERG (34).

Ett annat ämne, som i likhet med humusen är av stor betydelse, är det kemiskt utfällda järnhydratet eller rättare ferrihydroxiden. Det har nämligen visat sig, att i de skogsmarker i vårt land, där kalkspat (kalciumkarbonat) saknas, och det är det vanliga fallet, äro järnmineralen de mest lösliga och lättvittrade. Järnet finnes i åtskilliga markmineral, såsom magnetit, biotit, hornblende, augit m. fl. Under inverkan av humusens olika syror löses detsamma relativt lätt men utfaller åter stundom, såsom i rostjord och ortsten (järnortsten) samt i rostiga konkretioner och partier, som så ofta påträffas t. ex. i grustag. I utfälld form bildar järnet härvid limonit, som sålunda är ett mineral, som nybildas i skogsmarken, och vilket är ungefär identiskt med vanlig järnrost. Då limonitpartierna dels äro av intresse som ett slags indikator på vittringstillståndet i marken, dels i form av ortsten kunna vara av faktisk olägenhet för skogen, har å Försöksanstalten av förf. utarbetats en bestämningsmetod för det »limonitiska» järnet i skogsmarken, vilken metod i det följande skall beskrivas.

I samband med den limonitiska järnhalten är det också av intresse

söka alla. Man bör alltid genom flera (fem—tio) profilgrävningar övertyga sig om, att den analyserade profilen är representativ för en större, yta och ej utgör något rent undantagsfall. Det är i allmänhet lämpligare att taga flera prov ur olika profiler än att göra s. k. generalprov, vilka dock understundom kunna vara att föredraga. Varje prov bör, där så är möjligt, utgöra minst $\frac{1}{2}$ kg. och vara fullt representativt för något visst skikt eller parti i markprofilen.

¹ För bestämning av den ganska lösliga, för skogen betydelsefulla kalkhalt, som exempelvis finns i Värmlands hyperitmoräner, utgörande granmark av hög bonitet, saknas tyvärr ännu tillförlitlig metod.

att bestämma den totala järnhalten. Just jämförelsen mellan dessa båda värden ger ofta en god inblick i markens allmänna vittringstillstånd.

Att bestämma för skogen skadliga ämnen kommer sällan i fråga, då vår normala skogsmark vanligen är fri från sådana. Hit skulle man möjligen kunna hänföra bestämningen av fria syror i marken eller jordens s. k. surhetsgrad. Detta är en viktig undersökning, för vilken lämplig metod med det snaraste skall prövas vid Försöksanstalten. Det förut omnämnda s. k. SCHÜTZE'ska provet avser något liknande men torde, som bl. a. TUXEN påvisat, endast kunna finna inskränkt användning. I regel framvisar en skogsmark högre bonitet för krävande träd, ju mindre sur den är; fullständigt neutral skogsjord finnes nog endast i kalktrakter och i sydligaste Sverige.

De här omnämnda analysmetoderna ha alla varit avsedda för normal skogsmark. Vid undersökning av torvjord komma även en del andra metoder till användning, såsom askanalyser. Dessa motsvara de fullständiga analyserna för normal skogsmark och ge ett exakt uttryck för torvens mineraliska näringshalt. Utom dessa kunna även extraktanalyser av olika slag komma till användning. Överhuvudtaget kan sägas, att torvjordsanalyser bättre förmå giva uttryck åt markens produktionsförmåga än analyser av vanlig jord. Med hänsyn till en torvmarks användning till skogsbörd torde dock andra undersökningsmetoder än kemisk analys vara att föredraga, såsom bestämning av torvens multningsgrad (i fält kan man lämpligen urskilja 3 grader) samt dess flora och botaniska innehåll. Dessa vägar föra minst lika säkert och med mindre kostnader till målet: ett rätt bedömande av torvens produktionsvärde. För jordbruksändamål ha däremot torvjordsanalyser funnit och finna alltfjämt stor användning. (Jfr Hj. v. FEILITZEN, 6).

Utom här anförda, mera kemiska undersökningsmetoder komma även rent mineralogiska och fysikaliska till användning. Hur man skall få en uppfattning angående de i marken ingående mineralen, skall i det följande beskrivas. Vidare är ofta markens mekaniska sammansättning eller fördelningen av olika kornstorlekar av stor betydelse dels för skogen, då en jord, rik på fina beståndsdelar, vanligen också är relativt näringsrik, dels för bedömande av olika jordarters tekniska egenskaper vid t. ex. dikning, grundläggningsarbeten o. d. För att lära känna kornstorleksfördelningen använder man s. k. mekaniska analyser, d. v. s. dels sällningar, dels slamningar. Härigenom kunna också ernås värdefulla bidrag till uppklärandet av vittringsprocesserna, särskilt naturligtvis den mekaniska vittringen, ävensom nedslamning m. fl. företeelser i marken.

I övrigt finnes en hel del fysikaliska undersökningsmetoder för mark,

som, då de ej i egentlig mening kunna kallas analyser, falla utom ramen för detta arbete.

Sammanfattas sålunda de metoder, som i första hand böra ifrågakomma vid analys av svenska skogsjordarter, så erhållas följande:

1. Den fullständiga analysen (Bausch-analysen) omfattande direkta eller indirekta bestämningar av alla i marken förekommande, viktigare grundämnen. Denna analysmetod ger ett uttryck för den **totala** halten mineraliska växtnäringsämnen samt, i förning med mineralogiska undersökningar, det bästa möjliga uttryck för markens halt av olika mineral.

2. Partiella analyser, som avse bestämning av totala halten av ett eller annat i marken förekommande ämne, såsom kväve, fosforsyra, kalk, järn, humus, limonitiskt järn o. s. v. Dessa metoder tillgripas, då kännedomen om något visst ämne är av intresse. Sålunda behöves man ofta veta jordens kalk-, humus- eller kvävehalt för att bedöma företeelser, som sammanhånga med skogens växt och föryngring, medan järnbestämningar av olika slag mera avse att vinna kunskap om vittringsförhållandena i marken.

3. Bestämning av jordens reaktion och surhetsgrad. Denna bestämning är av betydelse, enär det ofta synes förefinnas ett samband mellan humusens surhetsgrad och markboniteten. En neutral, mild humus är alltid en näringsrik och för fordrande träd gynnsam humusform. Å andra sidan äro våra svagare marker i regel täckta med relativt starkt sur råhumus. Surhetsgraden är vidare en egenskap hos marken, som genom människans ingripande kan tänkas relativt hastigt förändras.

4. Bestämning av den elektrolytiska ledningsförmågan i markvätskan eller i ett vattenextrakt av jorden. Härigenom torde man, sedan för våra förhållanden avpassade metoder kunnat utarbetas, ganska hastigt och med ringa besvär få ett uttryck för markens rent tillfälliga näringstillstånd. Om ock detta är av största intresse, bör man dock ihågkomma, att i fråga om skogen till skillnad från åkern det ej är det tillfälliga utan det mera permanenta näringstillståndet, som man mest måste räkna med.

5. Mineralogiska analyser. Dessa avse att direkt bestämma eller påvisa olika mineral och bergarter i marken. Dessa undersökningar äro värdefulla dels som komplement till de fullständiga analyserna, dels fristående för att t. ex. hastigt kontrollera om någon större halt av för skogen förmånliga, mera lättvittrande kalkmineral förefinnas, som endast med ganska stort besvär kunna kemiskt påvisas.

6. Mekaniska analyser. Härigenom kan åtskilligt angående jordens struktur, näringsrikedom, tekniska egenskaper och vittringsförhållanden utrönas.

3. Beskrivning av några vid Statens Skogsförsöksanstalt använda analysmetoder.

1. Den fullständiga jordanalysen. Denna utföres bäst i enlighet med föreskrifterna för vanlig mineralanalys¹ med utgångspunkt från ett par gram lufttorkat prov. Vid närvaro av humus kan man ej exakt bestämma halten av ferrojörn. På mineraliskt fattiga marker torde det vara lämpligt att använda fluorvätemetoden med utgångspunkt från större substansmängder.

2. Bestämning av kvävet i dess olika former. Totala kvävehalten i marken bestämmas bäst med KJELDAHLS metod. Angående så väl denna som andra å Försöksanstalten använda metoder att bestämma kväve, må hänvisas till annan publikation, som i detta ämne är under utgivning av prof. H. HESSELMAN.

3. Bestämning av kalk (CaCO_3). Då kalciumkarbonatet förekommer i betydande mängd, bestämmas det bäst med hjälp av VESTERBERGS metod (32, 34), genom destillation av jordprovet med saltsyra i vacuum och absorberande av de bildade ångorna i ett förlag med barytvatten. Denna analysmetod medger ett stort antal bestämningars utförande på kort tid. Små mängder kalciumkarbonat bestämmas lättast genom extraktion med ättiksyra, också i enlighet med en av VESTERBERG angiven metod. (31, sid. 124, 24, sid. 223). I extraktet bestämmas kalcium genom fällning med ammoniumoxalat, helst sedan kiselsyra och trevärdiga metaller bortskaffats. För att bestämma silikatbunden, relativt löslig kalk (t. ex. i hyperitmarker) saknas tillfredsställande metod, enär den vanligen använda saltsyreextraktionsmetoden, på grund av vad som förut framhållits, ger ett missvisande resultat. Man använder sig i dylika fall lämpligen av mineralogiska undersökningar.

4. Bestämning av fosforsyrehalten. I motsats mot förhållandena i åkerjorden torde det i fråga om skogsmarken vara av större intresse att känna den totala fosforsyrehalten än den lösliga. Fosforsyran finnes i marken mest i form av apatit, som i de övre skikten genom vittring ofta är nästan fullständigt försvunnen. Som medel för upplösning av apatit är stark salpetersyra bäst, och man bestämmer därför fosforsyran genom extraktion av ett jordprov med denna syra. Sedan humus och kiselsyra fullständigt bortskaffats ur extraktet, bestämmas fosforsyran på vanligt sätt med molybdat- och magnesiummetoden.

Genom en dylik fosforsyrebestämning får man en föreställning om jordens verkliga förråd av fosforsyra; då apatiten är ett i skogsmarken ganska lätt upplösbart mineral kan man nog i likhet med SCHÜTZE (19)

¹ T. ex. HILLEBRAND (3).

också räkna med, att denna kvantitet verkligen har betydelse för skogen. Av geologiska skäl är apatithalten i våra skogsjordarter nog ganska konstant, varför särskilda fosforsyrebestämningar rätt sällan behöva ifrågakomma. I rostjordsskikt och ortsten finnes ofta utfälld fosforsyra, som också kan bestämmas enligt det beskrivna förfaringssättet.

5. Bestämning av humushalten. I sandiga prov kan humushalten utrönas genom glödförlustbestämning. Man bör alltid med en pincett först ur provet bortplocka synliga fragment av kvistar, barr o. d. Man får emellertid i bestämningen egentligen ej humushalten utan halten av organisk substans samt vattenhalten, varav den hygroskopiska bestämmas i särskilt prov genom upphettning, vid humusrika prov endast till 80—90 grader, och fråndrages. Vid högre temperatur börja humusämnen öka i vikt, troligen genom absorption av luftens syre. — För våra skogsjordarter torde det vara mest praktiskt att sätta likhetstecken mellan humushalten och halten organiska beståndsdelar, när humusen merendels plägar innehålla så svagt multnade beståndsdelar, att den ej skulle låta bestämma sig fullständigt annat än genom förbränning vid hög temperatur.

Låga humushalter bestämmas säkrast genom provets förbränning och den bildade kolsyrans uppsamling. Genom multiplikation med faktorn $0,471$ antager man då, att man får den rätta humushalten eller åtminstone ett säkert, relativt mått för densamma. — Å Statens Skogsforsöksanstalt har av förf. med framgång använts följande snabbmetod:¹

En avvägd kvantitet av analysprovet, $\frac{1}{4}$ —2 grams vikt beroende på humushalten, blandas intimt med 4 ggr sin egen volym väl utglödgat, pulvriserat blykromat, uppblandat med 10 viktsprocent kaliumbikromat. Provet, med kromat, införes i ett utglödgat koppar- eller nickelskepp. Ett vanligt förbränningsrör, helst ej över 70 cm långt, har beskickats med 20—25 cm kopparoxid, kornig, helst s. k. trådformig, i vardera änden begränsad med korta oxiderade kopparspiraler. Förbränningsrörets ena ände står i förbindelse med en gasometer, från vilken kolsyrebefriad luft kan insläppas. I denna ände befinner sig en 10 cm lång, väl oxiderad kopparspiral. Sedan förbränningsröret med kopparoxiden väl utglödgats i en långsam ström av kolsyrefri luft och kallnat, införes substansen på brukligt sätt mellan den långa oxiderade spiralen och kopparoxiden. Mellan kopparoxiden och rörets från gasometern vända mynning införes en 5 cm lång, väl reducerad kopparspiral (se fig. 1), varefter röret hastigt evakueras med en god vattenluftpump. Under fortsatt evakuering uppvärms först den reducerade spiralen och

¹ Det följande förfaringssättet är en modifikation av en förbränningsmetod, angiven av VESTERBERG (34, sid. 132).

närmaste delar av kopparoxiden, varefter röret förenas med ett evakuerat förlag av VESTERBERGS modell, enligt samme författares föreskrifter beskickat med 0,1-normal barytlösning, försatt med bariumklorid. Förlagsvätskan bör lämpligen vara 10—30 kbcm barytlösning, beroende på provets humushalt, med halva volymen 2-normal bariumklorid. — Man kontrollerar vid fortsatt evakuering, att alla proppar och slangförbindningar äro täta, vilket visar sig däri, att det ej längre framkommer några gasbubblor i förlaget, samt stänger därefter kranen *A* (se fig. 1). Här efter företages en gradvis stegrad upphettning i vanlig förbränningsugn till svag rödglödning av hela förbränningsröret. När gasblåsorna

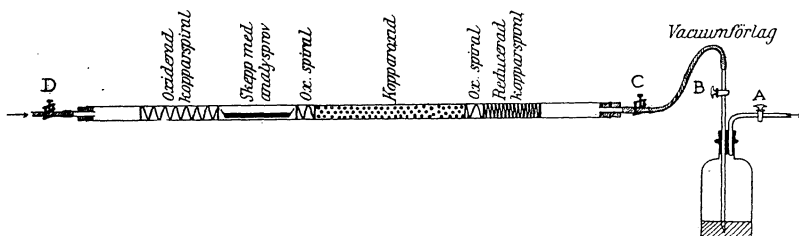


Fig. 1. Anordning för förbränning i vacuum.

Apparat für Verbrennung in Vacuum.

åter upphöra att framkomma i förlaget, är förbränningen färdig. Man öppnar då försiktigt klämmaren *D*, och låter en långsam ström kolsyrefri luft automatiskt sugas genom förbränningsröret. När ingen luft vidare inkommer, stänges kranen *B*, förlaget lösgöres, omskakas och får stå minst 12 timmar. Därefter titreras med 0,1-normal saltsyra och fenolftalein som indikator.

Förbränningsröret efterglödgas något i luft, får kallna och är färdigt för nästa förbränning. Enligt gjorda försök stannar ingen kolsyra kvar i förbränningsröret efter ovan beskrivna procedur; det är t. o. m. onödigt att ytterligare »renspola» förbränningsröret med kolsyrefri luft. Ej heller lyckades det genom fortsatt förbränning alstra ytterligare någon kolsyra; förbränningen försiggår på det beskrivna sättet mycket fullständigt, även där mera svårförbrända rester av oförmultnade växtsubstanser funnits inblandade i provet.

Som exempel på metodens användbarhet återgivas i tabell 4 några av förf. utförda dubbelanalyser av humushaltiga jordprov från försöksfältet i Kulbäcksliden, Västerbottens län.

6. Bestämning av den totala järnhalten. Härvid upplöses provet enligt kända, mineralanalytiska metoder i en blandning av fluorväte- och svavelsyra, fluorvätet avrykes, lösningen reduceras med svavelväte och titreras på järn på vanligt sätt. Här efter kunna andra mineralbeständs-

Tabell 4. Humusbestämningar medelst vacuumförbränning.

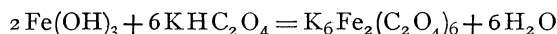
• Humusbestimmungen durch Verbrennung in Vacuum.

Analysprov n:r	Humushalten i procent (Der Humusgehalt in Prozent)	
	8.....	3,21
20.....	4,01	4,11
23.....	4,25	4,36
29.....	7,79	7,92
35.....	7,05	6,88

delar utom kiselsyra, mangan, natrium och kalium bestämmas i den erhållna lösningen.

7. Bestämning av den limonitiska järnhalten. Å Skogsförsöksanstalten har av förf. följande metod för detta ändamål utarbetats.

Principen för metoden är följande. Ferrihydroxid $\text{Fe}(\text{OH})_3$ löser sig lätt i en lösning av surt kaliumoxalat i vatten under bildning av ett komplext salt, kaliumferrioxalat:¹



Det bildade kaliumferrioxalatet är ett lösligt, relativt beständigt salt. Då vidare det sura kaliumoxalatet säkerligen har en i jämförelse med starka syror mycket obetydlig vätejonkoncentration, kan man förutsätta, att detsamma i ytterligt ringa grad angriper de övriga järnmineralen i ett jordprov. Om således ett jordprov skakas med en lösning av surt kaliumoxalat, varefter det hela filtreras, kan man antaga, att det limonitiska järnet finnes i filtratet, medan det övriga stannar på filtrum.

För att vara säker på metodens användbarhet för jordprov, även om dessa voro humusrika, företogs följande undersökning. Sex humusrika prov (humushalten bestämd medelst förbränning) av växlande limonithalt utvaldes. Ett av dem utgjordes av normal, järnrik rostjord, de övriga voro samlade ur på humus och järn mer eller mindre anrikade zoner i försumpad skogsmark. Alla proven voro från Skogsförsöksanstaltens försöksfält vid Kulbäcksliden, Västerbotten. Underlaget var normal, sandig urbergsmorän. Proven voro lufttorkade samt grovt pulvrerade. Av

¹ J. DUMONT (4, 5) anger en metod för förberedande av jordprov till mekanisk analys. Han extraherar därvid med utspädd oxalsyra. Han anger, att oxalsyran fullständigt löser de kolloidhinnor, som omge mineralkornen. Oxalysreextrakten kunna enl. D. användas till en del olika kemiska bestämningar. D. synes dock ej ha försökt med surt kaliumoxalat.

varje prov avvägdes 2 portioner om ett par gram, till vilka i flaskor med väl inslipade proppar sattes 150 kbcm mättad lösning av surt kaliumoxalat (KHC_2O_4); såsom syra betraktad, var lösningen ungefär $\frac{1}{5}$ -normal. I flaskorna inlades även något fast salt, så att koncentrationen av oxalatet borde hålla sig konstant. Det hela skakades därefter i skakmaskin på så sätt, att 6 flaskor skakades dubbelt så länge som de 6 andra. Sedan filtrerades de bildade extrakten, och återstoderna uttvättades noga med kallt vatten. Extrakten voro till färgen gula eller bruna av järn och humusämnen.

Extrakten försattes med 10 kbcm konc. svavelsyra, indunstades i Kjeldahlskolvar om 500 kbcm rymd, samt förbrändes i dessa på samma sätt som vid kvävebestämning enligt KJELDAHL men utan tillsats av något nytt reagens. Efter slutad förbränning utspäddes de med vatten, kokades, reducerades med svavelväte enligt känd metod, samt titrerades på vanligt sätt med kaliumpermanganat på järn. Den erhållna järnhalten bör då motsvara provets limonithalt jämte eventuellt befintliga, lösliga järnföreningar.

Återstoderna efter extraktens filtrering bestodo dels av askvitt mineralpulver, dels av mörkbrun, fullständigt strukturlös humus. De digererades med utspädd ammoniak, för att bortskaffa löslig humus och filtrerades. För att konstatera, att i filtraten ej fanns någon järnförening, sammanslogos dessa två och två, så att ett erhöles för varje prov, indunstades därefter tills ammoniaklukten försvann samt försattes i Kjeldahlskolvar med 5 kbcm svavelsyra, indunstades, förbrändes, reducerades samt titrerades på järn, såsom förut beskrivits.

Återstoden efter ammoniakdigereringen utgjordes av humusfritt askvitt mineralpulver, som sålunda föreföll fritt från limonitiskt järn. För att säkert utröna detta sammanslogos återstoderna två och två, på samma sätt som förut ammoniakfiltraten, samt skakades två timmar med mättad lösning av surt kaliumoxalat som de ursprungliga proven. De nu erhållna extrakten behandlades, som ovan är beskrivet om de första extrakten.

Resultatet av ovan beskrivna undersökning framgår av tabell 5; järnet är städse beräknat som ferrihydroxid, $\text{Fe}(\text{OH})_3$. Det hygroskopiska vattnet bestämdes även i alla proven genom upphettning till 80—90 grader C.

Av tabellen framgår, att de kvantiteter ferrihydroxid, som finnas i ammoniakfiltraten, resp. återstoden från dessa, i allmänhet högst äro lika med 0,1 %. Då givetvis de ej limonitiska järnmineralen (hornblende, biotit, magnetit o. s. v.) måste visa någon löslighet såväl i surt kaliumoxalatlösning som i ammoniak, samt metoden måste vara behäftad med vissa försöksfel, vilka nog röra sig om cirka 0,05 %, så måste resultatet

Tabell 5. **Prövning av metod för bestämning av markens limonithalt.**
 Prüfung der Methode für Bestimmung des Limonitgehalts des Bodens.

Provets n:r (Probe N:r)	Skaktid Timmar Schüttelzeit Stunden	Fe(OH) ₃ I huvud- extraktet Im Hauptextrakt	Fe(OH) ₃ I ammoniak- filtratet Im NH ₃ -Filtrat	Fe(OH) ₃ I det andra extraktet Im zweiten Extrakt	Humus %	Hygroskopiskt vatten Hygroskopisches Wasser
		%	%	%		%
8	2	3,23		0,09		
8	4	3,20	0,06		3,14	1,79
10	3	6,54		0,04		
10	8	6,57	0,07		22,86	6,91
11	2	2,84		0,08		
11	4	2,79	0,10		6,40	3,43
14	2	1,28		0,06		
14	4	1,20	0,10		9,69	3,20
26	2	0,31		0,07		
26	4	0,38	0,12		13,73	1,14
40	2	4,02		0,07		
40	4	4,06	0,05		12,72	3,35

av metodens prövning anses ha utfallit mycket tillfredsställande, och man torde ha rätt att anse, att det i de första extrakten bestämda järnet motsvarar limonithalten i provet. Då alltid samma limonithalt i de första extrakten erhållits i dubbelbestämningarna trots den olika skaktiden, kan man också vara säker på, att genom två timmars skakning med mättad lösning av surt kaliumoxalat all limonit går i lösning. Humushalten tyckes ej alls ha inverkat på bestämningarnas resultat. Ej heller förefaller det, som om de silikatiska järnmineralen eller magnetit i någon för metodens användning ödesdiger omfattning gå i lösning. Dessa mineral finnas såväl i vittrade som i ovittrade prov i avsevärd mängd, även om limonithalten är minimal. Tabell 6 innehåller några limonitbestämningar dels å vittrade prov, dels å ovittrade; även den totala järnhalten är bestämd.

Av tabellen framgår, att i starkt vittrade blekjordar (n:r 42 och 50), där ju den synliga järnhalten, vilken är densamma som limonithalten, saknas, ger analysen blott ett obetydligt värde för limonithalten, trots att det analyserade provet visst ej är järnfritt. Den ringa limonitmängd, som erhålles i dessa prov är förmodligen att anse som metodens fel; en felkälla på ett par tiondels procent inverka dock blott föga på metodens användbarhet. Av ovittrade prov har utvalts två, n:r 64 och 65, vilka föreföllo rätt limonitfattiga, samtidigt med att kornstorleken

Tabell 6. **Bestämning av limonit och totala järnhalten i ett antal jordprov.**
Bestimmung von Limonit und totalem Eisen in einigen Bodenproben.

Provets nr (Probe N:r)	K a r a k t ä r (Charakter)	Fe(OH) ₃	Limonit, be- räknad som Fe ₂ O ₃ (L. als Fe ₂ O ₃ berechnet)	Totala järn- halten beräk- nad som Fe ₂ O ₃ (Der totale Fe ₂ O ₃ Gehalt)
		%	%	%
42	Blekjord å morän, Rokliden, Norrbotten (Bleicherde auf Moräne).	0,07	0,05	1,50
43	Med limonit impregnerad blekjord från samma profil som nr 42 (Mit Limonit impregnierter Bleicherde von demselben Profil wie N:r 42).	1,07	0,82	1,81
50	Blekjord å morän, Håsjö, Jämtland... (Bleicherde auf Moräne).	0,13	0,10	1,25
51	Rostjord å morän, Håsjö, Jämtland... (Orterde auf Moräne).	1,85	1,42	3,89
64	Mjåla, 100 cm dj., ovittrad, Ragunda, Jämtland (Unverwitterter, sandiger Lehm, 100 cm tief).	0,46	0,31	2,80
65	Mjåla, ovittrad, Ragunda, Jämtland... (Unverwitterter, sandiger Lehm).	0,62	0,46	2,70

var mycket fin (omkring 0,02 mm). I mineralogiskt avseende skilde sig proven, såsom en fullständig analys och mikroskopiska undersökningar (Jfr O. TAMM 25, analys 13 och 16) visat, ej nämnvärt från vanliga jordarter. Om de vanliga jordartsmineralen i någon större utsträckning äro lösliga i en lösning av surt kaliumoxalat, borde de alltså i dessa prov ovanligt lätt ha angripits. Tabellen visar, att i förhållande till den totala järnhalten endast små mängder järn gått i lösning. I dessa ingår då dels den limonithalt, som förefinnes i provet liksom i alla andra genomluftade jordlager av oorganisk natur och som oftast ger dem en i torrt tillstånd grågul färg, dels den järnmängd, som av de ovittrade mineralen gått i lösning. Då man väl får antaga, att limonithalten åtminstone är några tiondels procent, återstår tydligen ej mycket för den omnämnda felkällan. Vad slutligen nr 43 och 51 beträffar, äro de här medtagna för att belysa metodens verkningssätt på mera limonithaltiga jordarter, för vilka den närmast är avsedd. I dessa prov visar sig tydligen en stor del av den totala järnhalten vara limonit; utom denna finnes dock en betydande järnhalt, som ingår i de silikatiska järnmineralen, och som vid extraktionen med surt kaliumoxalat ej gått i lösning.

Den försökta metoden att medelst extraktion med surt kaliumoxalat bestämma limoniten i marken tyckes sålunda arbeta med praktiskt taget tillräcklig noggrannhet, och den blir då ett viktigt hjälpmedel att klarlägga järnets vandringar i marken, som äro på det intimaste förbundna med vittringsprocesserna. Man får dock utom limonithalten med en eventuell halt av järnkarbonat och andra lösliga järnföreningar, som dock först efter behag kunna avlägsnas med utspädd ättiksyra.

8. Mineralogiska analysmetoder. De i marken ingående större bergartsstyckena kunna i allmänhet ganska lätt igenkännas. För de finkornigare mineralbeståndsdelarna har av förf. använts följande metod (jfr VOGEL v. FALCKENSTEIN, 36).

Provet, som bör vara befriat från de finaste partiklarna, om sådana förekomma i nämnvärd grad, underkastas upprepade separeringar med olika tunga vätskor. Sedan humus och andra lättare beståndsdelar skaffats bort med en relativt lätt lösning, användes exempelvis THOULETS lösning av sp. v. 2,75 och 3,05. Man separerar, tills de erhållna fraktionerna ej ökas resp. minskas nämnvärt. Teoretiskt borde då fältspaterna och kvartsen samlas i den lättaste fraktionen, mörk och ljus glimmer i den mellersta samt hornblende och alla tyngre mineral i den tyngsta. De tre fraktionernas vikt blir sålunda redan i och för sig ett uttryck för mineralsammansättningen i provet. Man får emellertid aldrig någon fraktion fullt ren. Dels ingår i de olika fraktionerna ibland korn av täta bergarter. Dels finnas i de lättare åtskilliga korn av tyngre mineral, dels i de tyngre fraktionerna korn av lägre sp. v. än separationsvätskan. Resultatet kan emellertid väsentligt förbättras genom en uppskattning under mikroskopet av mängderna i de erhållna fraktionerna ingående mineralen, i den mån som dessa tillräckligt hastigt och skarpt kunna identifieras. — Med ovan beskrivna metod har det lyckats att direkt avläsa de mineralogiska förändringar, som inträffa vid vittringen under råhumus i Norrland (25, sid. 185).

9. Mekaniska analysmetoder. Härvid har å Statens Skogsförsöksanstalt städse ATTERBERGS principer och analysföreskrifter (1, 2) följts, varför kan hänvisas till denne forskares arbeten. Dessa metoder synas åtminstone för närvarande vara lämpliga för att karaktärisera våra olika skogsjordarters mekaniska sammansättning (jfr dock ODÉN, 11).

LITTERATUR.

1. ATTERBERG, A.: Mekaniska jordanalysen och klassifikationen av de svenska mineraljordslagen. K. Lantbruksakademiens handl. o. tidskr., sid. 438—463, 1912.
2. — Die Mechanische Bodenanalyse und die Klassifikation der Mineralböden Schwedens. Intern. Mittheil. für Bodenkunde. II., sid. 312—342, 1912.
3. HILLEBRAND, W. F.: The Analysis of silicate and carbonate rocks. U. S. A. Geol. Survey, Bull. 422. Washington 1910.
4. DUMONT, J.: Les enduits de revêtement des particules terreuses. Compt. rend. 149, sid. 1087, 1909.
5. — Sur une nouvelle méthode d'analyse physique du sol. Compt. rend. 153, sid. 889, 1911.
6. v. FEILITZEN, Hj.: Über die chemische Analyse des Moorbodens bei der Bewertung für Kulturzwecke. Verhandl. der II. Agrogeologenkonferenz, sid. 160—167. Stockholm 1911.
7. HESSELMAN, H.: Referat av TIBERGS uppsatser (jfr nedan) i Skogsvårdsföreningens Tidskrift, fackupplagan sid. 86, 1906, sid. 200, 1907.
8. MEYER, L.: Die Chemie in ihrer Anwendung auf Forstwirtschaft. Zeitschr. für Forst- und Jagdwesen. Bd I, sid. 312—341, 1869.
9. MITSCHERLICH, E. A.: Die chemische Bodenanalyse. Intern. Mittheil. f. Bodenkunde. Bd IV, sid. 327—335, 1914.
10. MÜLLER, P. E.: Studien über die natürlichen Humusformen. Berlin 1887.
11. ODÉN, Sv.: Eine neue Methode zur mechanischen Bodenanalyse. Intern. Mittheil. f. Bodenkunde. Bd V, sid. 257—311, 1915.
12. — Allgemeine Einleitung zur Chemie und physikalischen Chemie der Tone. Bull. of the Geol. Inst. of the University of Upsala. Vol. 15, sid. 175—194, 1916.
13. RAMANN, E.: Über die Verwitterung diluvialer Sande. Jahrb. der K. preussischen geol. Landesanstalt, sid. 1—15, 1884.
14. — Der Ortstein und ähnliche Secundärbildungen. Ibid. sid. 1—55, 1885.
15. — Untersuchungen über den Mineralstoffbedarf der Waldbäume und über die Ursachen seiner Verschiedenheit. Zeitschr. f. Forst- u. Jagdw. Bd 15, sid. 1—17, 1883.
16. — Bodenkunde, 3 Aufl. sid. 25. Berlin 1911.
17. BINDELL, A.: Zur Ermittlung der assimilierbaren Pflanzennährstoffe des Ackerbodens. Verhandl. der II intern. Agrogeol. konf. sid. 99—108, Stockholm 1911.
18. SCHOENBERG, W.: Über den Zusammenhang zwischen Ertragsleistung und Bodenbeschaffenheit bei der Kiefer. Zeitschr. für Forst- u. Jagdw. Bd 42, sid. 649—656, 1910.
19. SCHÜTZE, W.: Beziehungen zwischen chemischer Zusammensetzung und Ertragsfähigkeit des Waldbodens. Zeitschr. für Forst- u. Jagdw. Bd 1, sid. 500—515, 1869.
20. — Beziehungen zwischen chemischer Zusammensetzung und Ertragsfähigkeit des Waldbodens. Fortsetzung. Ibid. Bd 3, sid. 367—390, 1871.
21. SIGMOND, A.: Über die Grundfragen in der Zubereitung der Bodenlösungen für die chemische Analyse. Verhandl. der II intern. Agrogeol.-konf. sid. 71—92, Stockholm 1911.
22. — Bericht über die Arbeiten der Internationalen Kommission für die chemische Bodenanalyse. Intern. Mittheil. f. Bodenkunde. Bd IV, sid. 271—326, 1914.
23. — Beiträge zur ausführlichen chemischen Analyse des Bodens. Ibid. Bd IV sid. 336—362, 1914.
24. TAMM, O.: Die Auslaugung von Calciumkarbonat in einigen Böden der Ragundagegend. Geol. Fören. Förhandl. Bd 36, sid. 219—266, 1914.
25. — Beiträge zur Kenntnis der Verwitterung in Podsolböden aus dem mittleren Norrland. Bull. of the geol. inst. of the University of Upsala. Vol. 13, sid. 183—204, 1915.

26. TIBERG, H. V.: Skogsproduktion på kemisk grundval. Värml. Bergsmannafören. Annal. sid. 180—241, 1906.
 27. — Skogsjordsanalysen och jordens produktionsförmåga. Ibid. sid. 230—277, 1907.
 28. — Skogsproduktionen, markläget och jordanalysen. Ibid. sid. 189—251, 1910.
 29. TUXEN, C. F. A.: Einige chemische Untersuchungen des Bodens in Buchenwäldern. Avhandlingen är intagen i: P. E. MÜLLER, Die natürlichen Humusformen, sid. 99—118, Berlin 1887.
 30. — Einige chemische und physikalische Untersuchungen des Bodens in Wäldern und Haiden. Ibid. sid. 298—310, 1887.
 31. VESTERBERG, A.: Chemische Studien über Dolomit und Magnesit. Bull. of the geol. inst. of the University of Upsala. Bd 5, sid. 97—131, 1900—1901.
 32. — Bestämning av kolsyra genom titrering. Sv. Kem. Tidskr. 22, sid. 82, 1910.
 33. — Bereitning von Bodenextrakt für chemische Analyse. Verhandl. der II intern. Agrogeol.-konf. sid. 93—98, Stockholm, 1911.
 34. — Über einige Analysenmethoden für Bodenuntersuchungen. Verhandl. der II intern. Agrogeol.-konf. sid. 125—141. Stockholm 1911.
 35. VOGEL VON FALCKENSTEIN, K.: Untersuchungen über märkischen Dünensandböden mit Kiefernbestand. Intern. Mittheil. f. Bodenkunde. Bd I, sid. 495—517, 1912.
 36. — Verwitterung der Mineralien eines märkischen Dünensandes unter dem Einfluss der Waldvegetation. Intern. Mittheil. f. Bodenkunde. Bd II, sid. 204—213, 1912.
-

Über Waldbodenanalysen.

Von OLOF TAMM.

1. Über die Bedeutung der Waldbodenanalysen.

Die Entwicklung der chemischen Bodenanalyse auf dem forstlichen Gebiete in Deutschland und Skandinavien wird kurz skizziert. Arbeiten von LOTHAR MEYER (8), W. SCHÜTZE (19, 20), P. E. MÜLLER (10), C. F. A. TUXEN (29, 30), E. RAMANN (13, 14, 15), H. V. TIBERG (26, 27, 28), W. SCHOENBERG (18), und K. VOGEL VON FALCKENSTEIN (35, 36) werden erwähnt und kurz diskutiert. Dabei werden Analysen von W. SCHÜTZE Tab. 1, E. RAMANN und Verf. Tab. 2, K. VOGEL VON FALCKENSTEIN Tab. 3 wiedergegeben. Tab. 2 bietet eine Vergleichung zwischen der chemischen Zusammensetzung nordschwedischer und norddeutscher Nadelwaldböden. Die schwedischen Böden sind durchgehends sehr viel nährstoffreicher als die deutschen, wenn man mit den totalen vorhandenen Mengen rechnet.

Verf. giebt eine Kritik der Analysenmethoden, die mit Extraktion des Bodens durch Salzsäure arbeiten. Diese Methoden sind nämlich unscharf und geben nach VOGEL VON FALCKENSTEIN kein sicheres Mass für die Ertragsfähigkeit des Bodens. Noch weniger erhält man durch sie eine etwaige Auskunft über die mineralogischen Verhältnisse oder den Verwitterungszustand im Boden. Dies gilt besonders für schwedische Verhältnisse.

Es wird also betont, dass man nicht mittels einer chemischen Analyse die Ertragsfähigkeit des Bodens feststellen kann, obschon man dadurch viele für den Wald wichtige Stoffe bestimmen kann und ein Mittel zum Eindringen in das Wesen der verschiedenen Bodenprozesse hat.

2. Über einige für schwedische Waldböden zu empfehlende Analysenmethoden.

In Schweden bestehen die Böden grösstenteils aus ganz unverwittertem, während der Eiszeit mechanisch zerkleinertem Gesteinsmaterial. Die Verwitterung nach der Eiszeit ist auch im Vergleich mit den deutschen oder dänischen Verhältnissen viel weniger durchgreifend gewesen (vgl. Tab. 2). Die Böden haben überdies einen ausgeprägt humiden Charakter, wodurch die löslichen Nährstoffe sehr rasch in das Grundwasser gelangen und fortgeführt werden. Die Extraktion von Bodenproben mit irgend einem Lösungsmittel ergibt dann als Resultat, dass der Boden sehr nährstoffarm ist. Dem Wald genügen jedoch die kleinen Nährsalzmengen, die durch die verschiedenen Bodenprozesse aus dem reichlich vorhandenen unlöslichen Nährstoffkapital freigemacht werden. Um dieses Kapital kennen zu lernen, verwendet man am besten die Bausch-Analyse, die also bessere Dienste leistet als die Analysen von Salzsäureauszügen der Böden.

Als Methode für das Studium des jeweiligen Nährstoffzustandes des Bodens empfiehlt sich die Bestimmung der elektrolytischen Leitfähigkeit des Bodenwassers oder eines wässerigen Auszuges. Auch ist die Untersuchung der Bodenreaktion eine wichtige Methode.

Als empfehlenswert werden im übrigen solche Methoden bezeichnet, die exakt irgend einen wohldefinierten Stoff, z. B. Stickstoff in verschiedenen Formen, Phosphorsäure, Kalziumkarbonat, Eisen, bestimmen. Auch das limonitische Eisen ist von Interesse und kann bestimmt werden (vgl. weiter unten). Für Humus gibt es wohl keine ganz einwandfreie Methode; die besten Resultate für viele Zwecke werden jedoch durch Verbrennung der Analysenproben und Aufsammeln der gebildeten Kohlensäure erhalten. Auch mineralogische und mechanische Analysenmethoden sind bei schwedischen Waldböden mit gutem Erfolg verwendbar.

3. Beschreibung einiger an der Forstlichen Versuchsanstalt Schwedens benutzten Analysenmethoden.

1. Die Bausch-Analyse. Diese wird wie eine Mineralanalyse (vgl. HILLENBRAND, 3) ausgeführt.

2. Bestimmung von Kalk (CaCO_3). Wenn Kalziumkarbonat in bedeutender Menge vorhanden ist, wird es am schnellsten durch die VESTERBERG'sche Methode (34) bestimmt. Man versetzt die Bodenprobe mit sehr verdünnter Salzsäure in Vacuum und destilliert. Die entstandene Kohlensäure wird in einer Vorlage mit Barytwasser und Bariumchlorid aufgefangen. Nach zwölfstündigem Stehen wird mit 0,1-normaler Salzsäure titriert. — Kleine Mengen Kalziumkarbonat können durch Auszug mit kalter verdünnter Essigsäure nach VESTERBERG (31, 24) bestimmt werden.

3. Bestimmung der Phosphorsäure (P_2O_5). Wie schon SCHÜTZE (19) betont hat, ist es für forstliche Fragen von Interesse, den totalen Phosphorsäuregehalt zu wissen. Die Phosphorsäure wird daher durch Extraktion des Bodens mit starker Salpetersäure bestimmt.

4. Bestimmung des Humusgehaltes. Ausser durch Glühverlustbestimmungen, die meistens zur Anwendung kommen, wird der Humusgehalt durch eine Verbrennungsmethode von VESTERBERG (34, S. 132) bestimmt. Diese Methode ist an der Versuchsanstalt modifiziert und weiter ausgebildet worden:

Man vermischt eine abgewogene Menge ($\frac{1}{4}$ —2 g) von der zu untersuchenden Probe mit dem Vierfachen ihres Volumens Bleichromat (10 % Kaliumbichromat enthaltend) und giebt sie in ein kleines Kupferschiff. Ein gewöhnliches, schwer schmelzbares Verbrennungsrohr von 70 cm Länge ist vorher mit 20—30 cm drahtförmigem Kupferoxyd und einer langen, oxydierten Kupferspirale angefüllt. Das Rohr steht mit einem Gasometer mit kohlenstofffreier Luft in Verbindung. Nachdem das Verbrennungsrohr in einem langsamen, kohlenstofffreien Luftstrom gut geglüht und darauf abgekühlt worden ist, wird das Schiff in gewöhnlicher Weise hineingeschoben (Fig. 1). Man schiebt jetzt eine reduzierte Kupferspirale hinein und evakuiert mit einer guten Wasserluftpumpe. Noch während des Evakuierens erhitzt man die reduzierte Spirale und verbindet dann das Rohr mit einer vorher evakuierten VESTERBERG'schen Vorlage, die mit 10—30 ccm 0,1-normaler Barytlaug und etwas Bariumchlorid angefüllt ist. Darauf verschliesst man den Hahn A und erhitzt das ganze Verbrennungsrohr zu schwacher Rotglut, bis keine Gasblasen mehr in der Vorlage erscheinen. Man öffnet dann vorsichtig den Klemmer D und lässt einen langsamen Luftstrom sich von selbst durch das System saugen. Wenn keine Blasen mehr in der Vorlage

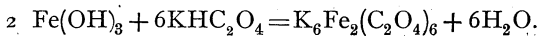
erscheinen, verschliesst man den Hahn B, lässt die Vorlage zwölf Stunden stehen und titriert mit 0,1-normaler Salzsäure und Phenolphthalein als Indikator. Durch Kontrollversuche ist festgestellt worden, dass durch dieses Verfahren alle gebildete Kohlensäure in der Vorlage absorbiert wird, und dass die Verbrennung vollständig ist.

Tab. 4 zeigt einige Doppelbestimmungen humusreicher Bodenproben nach dem angegebenen Verfahren. Man kann mit demselben Ofen 6—7 Verbrennungen am Tage ausführen. Durch Multiplikation des gefundenen Kohlensäuregehalts mit dem Faktor 0,471 erhält man den Humusgehalt oder wenigstens ein gutes, vergleichbares Mass für denselben.

5. Bestimmung des Gesamtgehalts an Eisen. Die Probe wird mit Fluorwasserstoffsäure in üblicher Weise aufgeschlossen, mit Schwefelwasserstoff reduziert und mit Kaliumpermanganat titriert.

6. Bestimmung des Limonites, einschliesslich etwas löslichen Eisens. Die unten angegebene Methode ist vom Verf. im Laboratorium der Forstlichen Versuchsanstalt ausgearbeitet worden.

Ferrihydroxyd, $\text{Fe}(\text{OH})_3$, löst sich leicht in einer Lösung von saurem Kaliumoxalat unter Bildung eines Komplexsalzes:



Da das saure Kaliumoxalat im Vergleich mit starken Säuren eine sehr kleine Wasserstoffionenkonzentration besitzt, kann man voraussetzen, dass die Lösung die silikatischen Eisenminerale sehr wenig angreift. Wenn also eine Bodenprobe mit einer Lösung von saurem Kaliumoxalat geschüttelt wird, dürfte nur das limonitische Eisen in Lösung gehen.

Um die auf diese Voraussetzungen gegründete Methode zu prüfen, wurde folgende Untersuchung ausgeführt. Sechs mehr oder weniger humus- und limonitreiche Bodenproben vom Versuchsfeld Kulbäcksliden, Norrland, wurden ausgewählt. Die Proben waren an der Luft getrocknet und grob pulverisiert. Von jeder Probe wurden zwei Portionen von je ein paar Gramm abgewogen. Diese Portionen wurden in Glasflaschen mit 150 ccm gesättigter Oxalatlösung und etwas festem Oxalat versetzt und dann mehrere Stunden geschüttelt (Tab. 5). Die Extrakte wurden abfiltriert, die Rückstände mit kaltem Wasser gut ausgewaschen. Die Extrakte wurden dann mit 10 ccm konz. Schwefelsäure versetzt, in Kolben nach dem Modell von KJELDAHL eingetrocknet und in derselben Weise wie bei einer gewöhnlichen Kjeldahl-Bestimmung, jedoch ohne etwaigen Zusatz, verbrannt. Nach vollendeter Verbrennung wurden die Kolbeninhalte mit Wasser verdünnt, mit Schwefelwasserstoff reduziert und mit Kaliumpermanganat auf Eisen titriert. Das gefundene Eisen dürfte dann dem Limonitgehalt entsprechen.

Die Rückstände auf den Filtern wurden mit verdünntem Ammoniak digeriert, um zu konstatieren, dass sich im Humus kein Eisengehalt bei der Extraktion der ursprünglichen Probe mit saurem Kaliumoxalat entzogen hatte. Der vorhandene Humus löste sich dabei vollständig auf, ein aschenweisses Mineralpulver hinterlassend. Nach Filtrieren wurde das Extrakt bis zum Verschwinden des Ammoniakgeruches erwärmt, dann unter Zusatz von 5 ccm konz. Schwefelsäure eingetrocknet, verbrannt, reduziert und titriert, wie vorher beschrieben ist. Die Ammoniakfiltrate wurden je zwei von jeder Probe zusammengegossen.

Die Filtrerrückstände nach dem Ammoniakdigerieren schienen von Limonit ganz frei zu sein. Um dies noch weiter zu kontrollieren, wurden diese Filtrerrückstände je zwei von jeder Probe vermischt und dann genau wie die ursprünglichen Proben mit Oxalatlösung noch einmal extrahiert. Der Eisengehalt im Extrakt wurde durch Verbrennung usw. wie vorher bestimmt.

Das Resultat der ganzen Untersuchung geht aus Tab. 5 hervor. Die Eisenmengen, als $\text{Fe}(\text{OH})_3$ berechnet, die in den Ammoniakextrakten und den zweiten Oxalatextrakten sich finden, sind sehr klein. Da selbstverständlich die silikatischen Eisenminerale auch etwas in Ammoniak und saurem Kaliumoxalat löslich sein müssen und die Eisenbestimmungen nicht ohne Versuchsfehler sein können, ist das Resultat der Prüfung der Limonitbestimmungsmethode als durchaus befriedigend anzusehen, denn durch die erste Oxalatextraktion ist eine bestimmte Quantität Eisen in Lösung gegangen; durch fortgesetztes Arbeiten lösen sich nur noch unbedeutende Mengen auf. Der Humusgehalt scheint gar nicht auf die Bestimmung eingewirkt zu haben, auch hat nicht die Löslichkeit der silikatischen Eisenminerale in einer für die Verwendung der Methode verhängnisvollen Grade eingewirkt. Man kann folglich mit vollem Recht annehmen, dass die in der ersten Oxalatextrakten gefundenen Eisenmengen eben den wahren Limonitgehalten neben den sehr kleinen Mengen löslicher Eisensalze, die sich im Boden finden, entsprechen. Diese Mengen sind gewöhnlich sehr unbedeutend; durch vorherige Extraktion der Analysenprobe mit verdünnter Essigsäure kann man, wenn gewünscht, auch diese Fehlerquelle beseitigen.

Um die Methode noch weiter zu beleuchten, sind in Tab. 6 einige Limonitbestimmungen an verschiedenen Bodenproben wiedergegeben. Zum Vergleich ist auch der Gesamtgehalt an Eisen bestimmt worden. Stark verwitterte Proben, Bleicherden Nr. 42 und 50, zeigen einen sehr unbedeutenden Limonitgehalt, aber einen ziemlich grossen Eisengehalt. Probe Nr. 43 zeigt eine durch Limonit sekundär gefärbte Bleicherde. Probe Nr. 51 ist eine normale Orterde und endlich Nr. 64 und 65 fast ganz unverwitterte, feinsandige Lehme. Diese scheinen einen unbedeutenden Limonitgehalt zu haben, der sie in trockenem Zustande graugelb färbt. Die ziemlich reichlich vorhandenen Eisenminerale sind trotz der kleinen Korngrösse des Materials nicht in erheblichen Mengen in Lösung gegangen. — Die Methode stellt somit ein wichtiges Hilfsmittel dar, die Wanderungen des Eisens im Boden zu verfolgen.¹

7. Mineralogische Analysenmethoden. Man kann bei nicht zu feinkörnigen Böden mit Erfolg Separationen mit verschiedenen schweren Flüssigkeiten machen. Die Minerale sortieren sich nach dem sp. Gewicht. Man erhält jedoch nie eine Fraktion ganz rein (mit einheitlichem sp. Gew.), sondern man muss noch die Fraktionen mikroskopisch untersuchen und die verschiedenen Minerale zählen. (Vgl. VOGEL VON FALCKENSTEIN, 36, O. TAMM, 25).

8. Mechanische Analysenmethoden. An der Forstlichen Versuchsanstalt ist immer nach den Vorschriften ATTERBERGS (1, 2) gearbeitet worden.

¹ J. DUMONT (4, 5) hat Bodenproben mit verdünnter Oxalsäure extrahiert, um die Kolloidhaut der Mineralkörner zu lösen.