

NYARE FÄLTFÖRSÖKSMETODIK, BELYST GENOM NÅGRA
SKOGSODLINGAR PÅ KULBÄCKSLIDENS FÖRSÖKSPARK
*MORE RECENT METHODS OF FIELD EXPERIMENTS ILLUSTRATED BY FOREST CULTI-
VATION IN KULBÄCKSLIDEN EXPERIMENTAL FOREST*

AV
LARS TIRÉN

ETT 25-ÅRIGT FÖRSÖK MED NATURFÖRYNGRING I
NORRLÄNSK RÅHUMUSGRANSKOG

NORRFLOOMRÅDET, HAVERÖ S:N MEDELPAD

*EIN 25-JÄHRIGER VERSUCH MIT NATÜRLICHER VERJÜNGUNG IN
NORRLÄNDISCHEM ROHHUMUSFICHTENWALD*

AV
SVEN PETRINI

OM MEKANISK ANALYS AV SVENSKA SKOGSJORDAR

ÜBER MECHANISCHE ANALYSE VON SCHWEDISCHEN WALDBÖDEN

AV
OLOF TAMM

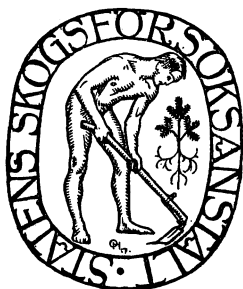
Redogörelse för verksamheten vid Statens skogsförsöksanstalt under femårs-
perioden 1927—1931 jämte förslag till program

Redogörelse för verksamheten vid Statens skogsförsöksanstalt under år 1931

Redogörelse för verksamheten vid Statens skogsförsöksanstalt under år 1932

Redogörelse för verksamheten vid Statens skogsförsöksanstalt under år 1933

Innehållsförteckning till häfte 27



MEDDELANDEN FRÅN STATENS SKOGSFÖRSÖKSANSTALT
HÄFTE 27 · N:R 6—12 · (SLUT)

MEDDELANDEN
FRÅN
STATENS
SKOGSFÖRSÖKSANSTALT

HÄFTE 27. 1932—34

MITTEILUNGEN AUS DER
FORSTLICHEN VERSUCHS-
ANSTALT SCHWEDENS

27. HEFT

REPORTS OF THE SWEDISH
INSTITUTE OF EXPERIMENTAL
FORESTRY

N:o 27

BULLETIN DE L'INSTITUT D'EXPERIMENTATION
FORESTIERE DE SUÈDE

N:o 27



REDAKTÖR:
PROFESSOR DR HENRIK HESSELMAN

INNEHÅLL:

	Sid.
TAMM, OLOF: Über die Oxalatmethode in der chemischen Bodenanalyse. Om oxalatmetodens användning vid kemisk jordanalys	19
TRÄGÅRDH, IVAR och FORSSLUND, KARL-HERMAN: Studier över insamlings tekniken vid undersökningar över markens djurliv Untersuchungen über die Auslesemethode beim Studium der Bodenfauna	21 45
MALMSTRÖM, CARL och MALMGÅRD, MARTIN: Om skogsdikningsplaners upprättande i övre Norrland. Synpunkter och förslag framkomna i samband med en skogsdikningsplans upprättande för Grankottaliden på Örå revir	69
Über die Aufstellung von Walddränierungsplänen im oberen Norrland	120
MALMSTRÖM, CARL: Om resultaten av en 70-årig myrdikning i Västerbotten	123
Über die Resultate einer 70-jährigen Moorentwässerung in Wästerbotten (Nordschweden)	142
HESSELMAN, HENRIK: Några studier över fröspridningen hos gran och tall och kalhygets besåning	145
Einige Beobachtungen über die Beziehung zwischen der Samenproduktion von Fichte und Kiefer und der Besamung der Kahlhiebe	174
TIRÉN, LARS: Nyare fältförsöksmetodik, belyst genom några skogsodlingar på Kulbäckslidens försökspark	183
More recent methods of field experiments illustrated by forest cultivation in Kulbäcksliden experimental forest	222
PETRINI, SVEN: Ett 25-årigt försök med naturföryngring i norrländsk råhumusgranskog. Norrfloornrådet, Haverö s:n, Medelpad	223
Ein 25-jähriger Versuch mit natürlicher Verjüngung in norrländischem Rohhumusfichtenwald	285
TAMM, OLOF: Om mekanisk analys av svenska skogsjordar	289
Über die mechanische Analyse von schwedischen Waldböden	311
Redogörelse för verksamheten vid Statens skogsförsöksanstalt under femårsperioden 1927—1931 jämte förslag till arbetsprogram. (Bericht über die Tätigkeit der Forstlichen Versuchsanstalt Schwedens während der Periode 1927—1931; Account of the work at the Swedish Institute of Experimental Forestry in the period 1927—1931).	
I. Gemensamma angelägenheter (Gemeinsame Angelegenheiten; Common topics) av HENRIK HESSELMAN	313
II. Skogsavdelningen (Forstliche Abteilung; Forestry division) av HENRIK PETTERSON	315

	Sid.
III. Naturvetenskapliga avdelningen (Naturwissenschaftliche Abteilung; Botanical-Geological division) av HENRIK HESSELMAN	320
IV. Skogsentomologiska avdelningen (Forstentomologische Abteilung; Entomological division) av IVAR TRÄGÅRDH	332
V. Avdelningen för föryngringsförsök i Norrland (Abteilung für Verjüngungsversuche in Norrland; Division for Afforestation in Norrland) av EDVARD WIBECK	339
 Redogörelse för verksamheten vid Statens skogsförsöksanstalt under år 1931. (Bericht über die Tätigkeit der Forstlichen Versuchsanstalt Schwedens im Jahre 1931; Report on the work of the Swedish Institute of Experimental Forestry in 1931).	
Allmän redogörelse av HENRIK HESSELMAN	354
I. Skogsavdelningen (Forstliche Abteilung; Forestry division) av HENRIK PETTERSON	354
II. Naturvetenskapliga avdelningen (Naturwissenschaftliche Abteilung; Botanical-Geological division) av HENRIK HESSELMAN	359
III. Skogsentomologiska avdelningen (Forstentomologische Abteilung; Entomological division) av IVAR TRÄGÅRDH	360
IV. Avdelningen för föryngringsförsök i Norrland (Abteilung für die Verjüngungsversuche in Norrland; Division for Afforestation in Norrland) av EDVARD WIBECK	361
 Redogörelse för verksamheten vid Statens skogsförsöksanstalt under år 1932. (Bericht über die Tätigkeit der Forstlichen Versuchsanstalt Schwedens im Jahre 1932; Report on the work of the Swedish Institute of Experimental Forestry in 1932).	
Allmän redogörelse av HENRIK HESSELMAN	365
I. Skogsavdelningen (Forstliche Abteilung; Forestry division) av HENRIK PETTERSON	365
II. Naturvetenskapliga avdelningen (Naturwissenschaftliche Abteilung; Botanical-Geological division) av HENRIK HESSELMAN	366
III. Skogsentomologiska avdelningen (Forstentomologische Abteilung; Entomological division) av IVAR TRÄGÅRDH	371
IV. Avdelningen för föryngringsförsök i Norrland (Abteilung für die Verjüngungsversuche in Norrland; Division for Afforestation in Norrland) av EDVARD WIBECK	372
 Redogörelse för verksamheten vid Statens skogsförsöksanstalt under år 1933. (Bericht über die Tätigkeit der Forstlichen Versuchsanstalt Schwedens im Jahre 1933; Report on the work of the Swedish Institute of Experimental Forestry in 1933).	
Allmän redogörelse av HENRIK HESSELMAN	374
I. Skogsavdelningen (Forstliche Abteilung; Forestry division) av HENRIK PETTERSON	374

	Sid.
II. Naturvetenskapliga avdelningen (Naturwissenschaftliche Abteilung; Botanical-Geological division) av HENRIK HESSELMAN	376
III. Skogsentomologiska avdelningen (Forstentomologische Abteilung; Entomological division) av IVAR TRÄGÅRDH.....	378
IV. Avdelningen för föryngringsförsök i Norrland (Abteilung für die Verjüngungsversuche in Norrland; Division for Afforestation in Norrland) av EDVARD WIBECK.....	378



OM MEKANISK ANALYS AV SVENSKA SKOGSJORDAR.

EN METODGRANSKNING.

Den mekaniska jordanalysens betydelse vid undersökning av skogsmarken är stor. Den ger upplysning dels om egenskaper hos jorden som betingade dess vattenhållande förmåga och genomsläpplighet och dels i viss mån om kemiska förhållanden, nämligen i den mån som dessa äro orsakade av en högre eller lägre halt av lerbeståndsdelar. I förening med mineralogisk jordartsgranskning (se TAMM 1934) och bestämning av jordens halt av humus och utflockade oorganiska kolloider (betr. de senare se TAMM 1922 och 1932) ger den mekaniska analysen sålunda en möjlighet att bedöma en hel komplex av viktiga egenskaper hos marken, vilka vid jämförelse med humusens tillfälliga mikrobiologiska tillstånd och halten av aktuellt tillgängliga växtnäringsämnen äro mera primära och permanenta. Genom mekanisk jordanalys i förening med mineralogisk jordartsgranskning kan, om man bortser från terränger med högt grundvattenstånd, markens geologiskt givna fruktbarhet för skog inom ensartade klimatgebit någorlunda bedömas. Förutsättningen för att den mekaniska analysen i detta sammanhang skall kunna få någon vidsträcktare användning är dock att snabbmetoder, som ställa sig billiga i utförandet, komma till användning.

Den metodgranskning, vars resultat här nedan skall framläggas, avser ej att bringa något principiellt nytt i fråga om den mekaniska jordanalysens metodik. Dess ändamål har endast varit att av befintliga förfaringsätt utvälja dem, som för svenska skogsjordar äro de lämpligaste genom snabbhet i utförandet i förening med tillräcklig noggrannhet i resultatet. Laboratoriearbetet har under min ledning utförts å Statens Skogsforsöksanstalts laboratorium av fröken MARGARETA JOHANSSON, för vars gedigna medverkan jag härmed uttalar min stora tacksamhet.

Den mekaniska jordanalysen sönderfaller i tvenne huvudmoment: de grövre mineralpartiklarnas behandling och de finares. Beträffande de grövre är siktning genom siktar av olika hålstorlek den enda framkomliga vägen. Den erbjuder ingen principell svårighet, sedan man väl fastställt vilka korngrup-

per, som skola avskiljas, d. v. s. vilka hålstorlekar i siktarna som skola väljas. I det följande skall beskrivas huru siktningen lämpligen utföres på ett tidsbesparande och likväl noggrant sätt.

De finare partiklarnas behandling grundar sig på deras fallande i en vätska, vanligen vatten, varvid olika fallhastigheter motsvara olika partikeldimensioner enligt STOKES lag. Man suspenderar partiklarna i vatten och utför en s. k. slammingsanalys. Slammingsanalysen har under de senaste decennierna varit föremål för ett intensivt forskningsarbete och har därvid undergått en snabb utveckling. Impulsen till denna utveckling torde ha givits genom ODÉNS konstruktion av den självregistrerande sedimentationsvägen (ODÉN 1915). För första gången begagnades här sedimentation med registrering av de fallande partiklarna utan att skilja dem från varandran. ODÉN utarbetade även metoder för dispergering av jordpartiklarna i vatten (ODÉN 1919).

Det torde ej här vara nödvändigt att referera den vidlyftiga litteratur som utkommit efter ODÉNS undersökning, det är tillräckligt att nämna WIEGNER'S metod (WIEGNER 1918), CROWTHERS metod (CROWTHER 1928) och pipettmetoden samt att hänvisa till några sammanfattande framställningar i ämnet, i första hand GESSNER (1931), KEEN (1931), DENSCH (1930). Av de anförda metoderna har jag valt pipettmetoden, men den kan, om så befinnes lämpligt, utbytas mot någon av de andra nämnda metoderna, som ger en fullständig fallkurva. Pipettmetoden liksom de olika fallkurvm Metoderna kunna, om så erfordras, användas för kornstorlekar ned till 1μ , ehuru 2μ är den gräns, som man vanligen sätter. Jag har i allmänhet nöjt mig med att bestämma de hävdvunna ATTERBERGSKA korngrupperna d. v. s. $0,06-0,02$ mm, $0,02-0,006$ mm, $0,006-0,002$ mm och $< 0,002$ mm. I vissa speciella fall har jag dessutom bestämt fraktionen $0,002-0,001$ mm ($2\mu-1\mu$) och $< 0,001$ mm ($< 1\mu$), varefter även medeldiametern på fraktionen $< 1\mu$ bestämts genom räkning av partiklarna under ultramikroskop.

Här nedan följer en redogörelse för analysens gång vid undersökning av ett moränprov, vilket innehåller mineralpartiklar av alla tänkbara storleksklasser.

Den mekaniska analysens utförande.

Avslamningen av de finare jordpartiklarna. Jordprovet, som allra först fått passera en 2 mm:s rundhålssikt (sedan ev. befintliga klumpar och större aggregat försiktigt tryckts sönder med en pistill), varvid alltså grus och grövre korn avskiljts, befinner sig i uppslammat och fullständigt dispergerat tillstånd. Jordsuspensionens volym är $250-300$ cm³, och den innehåller något ammoniak. Huru jorden på lämpligaste sett bringas i detta tillstånd, skall nedan utredas. Jordsuspensionen överföres i en vanlig slamcylinder enligt ATTERBERG och slammas med användning av en falltid

av 50 sekunder och en fallhöjd av 10 cm. Slamningen upprepas med destillerat vatten tills den avgående vätskan är fullt klar. Allt det avgående, som plågar ha en sammanlagd volym av närmare 1,5 l, uppsamlas i en stor, vid cylinder med inslipad propp (pipettcylindern), och vätskans volym ökas upp med destillerat vatten till precis 1,5 liter genom vägning. Återstoden i ATTERBERGS-cylindern torkas och väges.

Pipettanalysen. Genom den utförda slamningen har jordprovet, som före dispergeringen befriats från humusämnen och utfällda, oorganiska kolloider, om sådana i större mängd förefunnits, uppdelats i en portion, som är större än 0,06 mm, och en som är mindre. Den senare bringas genom kraftig skakning av pipettcylindern i likformig suspension och lämnas att sedimentera. Denna sedimentation bör helst ske i ett rum med konstant temperatur. Då ett sådant ej stått till mitt förfogande, har jag fått nöja mig med vanlig rumstemperatur. För att undvika snabba temperaturväxlingar och därav förorsakade konvektionsströmmar i suspensionerna ha pipettcylindrarna omgivits med tjock filt. Det destillerade vattnet har alltid stått länge i rumsluften och antagit dennas temperatur, innan det har använts.

Den använda pipetten har en volym av 15 kbcm samt är något längre än vanliga pipetter. Den är försedd med inetsade ringar på 50, 100 och 150 mm:s höjd från spetsen räknat. Den är instucken i en plan korkskiva, som kan placeras på cylindern, sedan glasproppen borttagits, varefter pipetten kan skjutas ned till det önskade djupet 50, 100 eller 150 mm. Om något annat djup varit önskvärt, har ett tillfälligt märke anbragts med hjälp av millimetermått och färgpenna. Med pipetten kan uttagas en hundradel av suspensionens volym. Suspensionen är högst 1-procentig (det ursprungliga provets mängd bör vara 20 gram, om en betydande del av detsamma utgöres av korn över 0,06 mm, annars 15 gr). Genom denna ringa koncentration hos suspensionen elimineras enligt ODÉN (1915, s. 276) ett störande inflytande av de fallande partiklarna på varandra under sedimentationens gång. Denna företeelse, d. v. s. partiklarnas aggregation under fallet, orsakat av deras ensidiga rörelse under tyngdkraftens inflytande, har senare som bekant av WIEGNER benämnts ortokinetisk koagulation. Vid slammingsanalys medför denna att större, hastigare fallande partiklar meddraga finare partiklar, vilkas mängd därigenom blir underskattad. Den ortokinetiska koagulationens inflytande skall nedan, sid. 304, närmare diskuteras.

Sedan suspensionen sedimenterat under 7,5 minuter i pipettcylindern, uttages ett pipettprov å 10 cm:s djup och uppsamlas i en vägd porslinsdegel om drygt 15 kbcm:s volym. Degelinnehållet indunstas på vattenbad, torkas i elektrisk termostat vid 105° och väges på en noggrann analysväg. Innehållets vikt multiplicerad med 100 ger mängden mineralpartiklar < 0,02 mm.

Pipettcyllindern omskakas ånyo kraftigt och lämnas att sedimentera under 60 minuter. Ett pipettprov uttages härefter på 10 cm:s djup och bestämmes på sätt som ovan beskrivits. Multiplicerat med 100 ger det mängden mineralpartiklar av storleken $< 0,006$ mm. Pipettcyllindern omskakas ånyo och får sedimentera under 4 timmar. Härefter uttages ett pipettprov på 5 cm:s djup och bestämmes. Härvid fås mängden partiklar $< 0,002$ mm. Av praktiska skäl är det lämpligt att i detta fall arbeta med 5 cm:s fallhöjd, för att hela analysen må kunna utföras på en dag om 7—8 timmars arbetstid. Om dessutom mängden partiklar $< 1 \mu$ skola bestämmas, omskakas pipettcyllindern ännu en gång och lämnas till sedimentering under 17 timmar (d. v. s. över natten). Efter denna tid (nästa dag) uttages ett pipettprov vid ett djup av 5,5 cm och bestämmes. Härigenom fås mängden partiklar $< 1 \mu$. Samtidigt uttages lämpligen ännu ett pipettprov på samma nivå, omskakas och användes för räkning av partiklarna under ultramikroskop. Differensen mellan de olika pipettprovets vikt, multiplicerad med 100, ger de enskilda kornfraktionernas mängd; det sist uttagna pipettprovet, multiplicerat med 100, ger direkt den finaste kornfraktionens mängd.

Den ultramikropiska undersökningen. Denna går till på följande sätt: Ett mikroskop av vanlig typ (LEITZ) med 3 mm:s apochromat försågs med en »Condensor für Hell-Dunkelfeld» samt ett okular med rutnät, vars sida bestämmes vid den givna förstoringen med hjälp av en objektmikrometer. En s. k. räknekammare, levererad av LEITZ med ett djup av 10μ användes. En droppe av den suspension, som skall undersökas, placeras i kammaren, som täckes med ett täckglas, som tryckes till väl. Ett parallellt strålknippe från en lämplig projektlampa riktas mot mikroskopets plana spegel, som reflekterar detsamma in i kondensorn. Partiklarna, som visa en livlig Brownsk rörelse, bliva härvid självlysande. Man räknar deras antal med jämna tidsintervall med hjälp av en metronom, t. ex. 100 ggr inom en viss vätskevolym, vars storlek är bestämd av rutans storlek och kammarens djup. För att kunna räkna partiklarna fordras, att deras antal ej är för stort; det bör ej finnas mer än högst 5—6 partiklar samtidigt inom en ruta. För att uppnå detta måste det uttagna pipettprovet eventuellt utspädas med kända mängder rent dest. vatten till lämplig halt. Om man antager, att partiklarnas form är sfärisk, vilket ej är rätt, men som är försvarligt, eftersom hela slammingsanalysen (i enlighet med STOKES lag) grundar sig på detta antagande, erhålles deras radie, r i cm, ur följande ekvation:

$$r = \sqrt[3]{\frac{3 \cdot a \cdot v}{4 \pi \cdot s \cdot n}}$$

a är mängden partiklar i gram per kbcm

v är den iakttagna volymen i mm^3

s är partiklarnas sp. vikt, den torde i allmänhet kunna sättas = 2,65 utan större fel.

n är det iakttagna antalet partiklar.

Bestämning av gruppen 0,06—0,02 mm. Genom det angivna förfaringssättet ha alla korngrupper $< 0,02$ mm blivit bestämda. Gruppen 0,06—0,02 eller finmo skall kunna beräknas ur differensen mellan provets totala vikt å ena sidan och summan av de grövre och de finare fraktionernas vikt å andra sidan. Detta är emellertid mindre lämpligt, bl. a. på grund av humushalten m. m. Det bekvämaste sättet är att omedelbart efter sedan suspensionen omskakats i pipettcylindern uttaga ett prov på godtyckligt djup och därmed bestämma den totala mängden suspenderade mineralpartiklar av alla olika storlekar. På grund av att de största partiklarna, vilkas storlek ligger nära 0,06 mm, falla mycket hastigt, är det emellertid svårt att med denna metod få goda värden vid arbete med jordar, som hava hög halt av finmo. Jag använder i dessa fall därför i stället följande metod:

Efter sedan den finaste fraktionen blivit bestämd medelst ett pipettprov, avsifoneras hela vätskan i pipettcylindern i en annan cylinder, vatten påfyller till 1,5 l. och det hela omskakas. Ett pipettprov uttages omedelbart på godtyckligt djup, avdunstar, torkas och väges. Det ger, multiplicerat med 100, mängden avsifonerad jordsubstans. Återstoden i pipettcylindern överföres i en vägd skål, indunstar, torkas vid 105° och väges (på centigramväg). Den erhållna vikten ökas med vikten av den avsifonerade substansen samt korrigeras genom tillägg av vikterna på de tidigare uttagna pipettproven. På så sätt erhålles ett noggrant värde för den från början i pipettcylindern suspenderade substansen. Differensen mellan denna och fraktionen $< 0,02$ mm ger gruppen 0,06—0,02 mm.

Behandlingen av jordprovets grövre del. Den grövre delen av jordprovet, som kvarstannade i ATTERBERGSCYLINDERN och därefter torkades, överföres i en dubbelsikt, som kan anbringas i en motordriven skakapparat med fram- och återgående horisontalrörelse. Den övre siktens skiva är av mässingsplåt med cirkulära hål av diametern 0,6 mm. Den undre består av ett fosforbronsnät med kvadratiska hål av 0,17 mm:s sida. Enligt Svenska väginstitutets undersökningar (muntlig uppgift), böra kvadratiska hål ha en sida av 0,16 mm om hålen skola släppa igenom korn av 0,2 mm:s storlek. Det lyckades mig ej att i handeln uppdruva ett dylikt nät, utan jag fick nöja mig med det som kom närmast, nämligen 0,17 mm. Denna skillnad spelar ingen nämnvärd roll; somliga korn äro långsträckta och gå genom sikten trots att deras längd kan vara avsevärt större än 0,2 mm. En mikroskopisk granskning av de korn, som gått igenom sikten, visar ett fullt tillfredsställande resultat.¹⁾

¹⁾ Sedan detta skrivits, har jag anskaffat en rundhålsikt med en håldiameter av 0,2 mm. Denna sikt ställer sig emellertid avsevärt dyrbarare.

Genom motorn försättes sikten i häftig rörelse; genom försök har utrönts att på fem minuter passerar ungefär så mycket som kan gå igenom. För att få så jämförbara resultat som möjligt, siktas alltid under precis fem minuter med i möjligaste mån lika stor hastighet hos motorn. Efter siktningen rensas den grövre sikten med hjälp av en skrivmaskinsborste (underifrån) och det som har fastnat i sikten lägges till den grövre fraktionen. Den finare sikten rensas i möjligaste mån genom att man på undersidan försiktigt för fingret fram och tillbaka utmed sikten, varvid det mesta lossnar. Ett litet antal korn, vilket dock ej nämnvärt inverkar på fraktionens vikt (0,1% är 0,02 gr), stannar stundom i sikten trots omsorgsfullt arbete.

Genom siktningen har den grövre delen av provet alltså uppdelats i trenne fraktioner av storleken 2—0,6 mm eller grovsand, 0,6—0,2 mm eller mellansand, 0,2—0,06 mm eller grovmo. Grusmaterialet, d. v. s. korn > 2 mm har avskilts före dispergeringen (se ovan) genom siktning i siktmaskinen under 5 minuter. Detta grovmaterial siktas därefter genom rundhållssiktar av 20 resp. 6 mm:s hålstorlek och uppdelas därmed i sten: > 20 mm, grovgrus 20—6 mm och fingrus 6—2 mm. Stenhalten, bestämd på detta sätt, ger dock ej någon användbar siffra med mindre än mycket stora jordkvantiteter behandlas; den uppskattas därför bättre i fält.

Exempel på mekaniska analyser. En mekanisk analys av en morän, utförd på ovan beskrivna sätt ter sig som följande exempel: analys av en morän från Kulbäcksliden, Västerbotten.

Sten mindre än normalt, (fältiakttagelse),	
Grovgrus 20—6 mm.....	9,8 %
Fingrus 6—2 mm.....	9,4 %
Grovsand 2—0,6 mm.....	15,0 %
Mellansand 0,6—0,2 mm.....	14,4 %
Grovmo 0,2—0,06 mm.....	15,9 %
Finmo 0,06—0,02 mm.....	15,5 %
Grovmjåla 0,02—0,006 mm.....	9,6 %
Finmjåla 0,006—0,002.....	6,0 %
Ler < 0,002 mm.....	4,4 %
	S:a 100,0 %

Då alla fraktionerna äro vägda efter torkning vid 105° kan man beräkna analysen på deras sammanlagda vikt, varvid procentsumman blir 100,0. Det är då jordens ursprungliga mineralbeståndsdelar, som äro bestämda, eftersom humushalten och de utfällda kolloiderna, om nämnvärda mängder sådana funnos förhanden, förut voro borttagna. Naturligtvis bör i många fall en dylik analys kompletteras med humusbestämning, helst utförd me-

delst förbränningsanalys, samt bestämning av de sekundärt utfällda kolloiderna. Om det blott gäller att granska en geologisk avlagrings ursprungliga mekaniska sammansättning är dock detta onödigt.

Om ett prov ej innehåller partiklar av dimensioner $> 0,06$ mm är uppdelningen av provet i en grövre och en finare del genom slamning i Atterbergs-cylindern onödig. Man gör då enbart en slamning i pipettcylindern, i vilken man direkt nedför det dispergerade provet. Som exempel på en dylik analys må här anföras en undersökning av ca 1 gram partiklar, som erhållits genom desintegration av kalifältspat:

Partiklar $> 0,006$ mm	1%
» $0,006—0,002$ mm	9 »
» $0,002—0,001$ »	21 »
» $< 0,001$ mm	69 »
		<hr/>
		100 %

Den finaste fraktionens genomsnittliga partikeldiameter, bestämd i ultramikroskopet var $0,00080$ mm (medeltal av fem bestämningar, fallande mellan $0,00078$ mm och $0,00082$ mm).

Om dispergering av jordprov för mekanisk jordanalys.

Dispersionen av jordprov i och för mekanisk analys har ansetts vara en fråga av den betydelse, att en särskild internationell kommission fått i uppdrag att söka utarbета tillfredsställande och så vitt möjligt enhetliga metoder för detta ändamål, på det att analyser, utförda å olika institut måtte bli jämförbara (se NOVAK, 1932).

De arbeten som i detta syfte utförts å olika laboratorier ha givit resultat och synpunkter av stort värde, utan att man kan säga att därur någon enhetlig, för alla förhållanden användbar metod har framkommit. Orsaken härtill är ganska påtaglig. Det är nämligen rätt svårt att få fram enhetliga metoder vid behandling av exempelvis tvenne så olikartade jordar som en typisk, rysk svartjord (*tschernosem*) med dess ganska höga kalkhalt och dess basmättade humus och en svensk karbonatfri morän, vars mineralbeståndsdelar redan till stor del befinna sig i enkelkornstruktur. En sådan metod bleve i fråga om moränen sannolikt alldeles onödigt arbetskrävande. Vad som begäres av en god dispersionsmetod är, att mineralbeståndsdelarna dispergeras fullständigt till primärpartiklar, d. v. s. att alla sekundära aggregat sönderdelas. Är detta mål uppnått, ger en riktigt utförd mekanisk analys samma resultat, vilken dispersionsmetod som än använts.

EKSTRÖM (1927) har granskat de mekaniska analysmetoderna med hänsyn till deras lämplighet för svenska jordarter. Vad själva analysmetoden beträffar har han stannat vid den Atterbergska slammingsmetoden i förening

med sällning av de grövre mineralkornen. Dispersionen har han utfört på följande sätt: jorden behandlas först med stark vätesuperoxid (15 %) på vattenbad för bortskaffande av humusbeståndsdelar. Detta förfaringssätt är först angivet av ROBINSON (1922). Härefter borstas jorden omsorgsfullt med en 16 mm bred borstpensel under successiv tillsättning av ammoniakhaltigt vatten. Borstningen upprepas sedan 1 eller flera gånger under slammingsanalysens gång, sedan större delen av det från början frigjorda leret avslammats. Borstmetoden har ursprungligen uppfunnits av BEAM och har sedan tillämpats av ATTERBERG (1912, s. 314) och ODÉN (1919), vilken senare visat, att omsorgsfull borstning av en styv lera i förening med skakning i 0,01 n. ammoniak leder till en fullständig dispersion av leran i primärpartiklar. Mot borstningsmetoden i den av EKSTRÖM anbefallda formen (upprepad borstning) kan invändas, att den är onödigt arbetskrävande; den förutsätter ju även upprepade slamningar.

I England ha också olika dispersionsmetoder granskats med hänsyn till där förekommande jordarter. På så sätt har den officiella, brittiska metoden tillkommit (se KEEN 1931, s. 79). I denna metod ingår först behandling med stark vätesuperoxid. Härefter tillsättes 0,2 n. saltsyra samt omröres, varvid uppnås en utlösning av förhandenvarande kalciumkarbonat samt även en upplösning av utflockade Fe_2O_3 - och Al_2O_3 -kolloider, vilka gärna kitta ihop mineralpartiklarna till aggregat. Efter filtrering och tvättning och frånskiljande av de grövre beståndsdelarna skakas de finare 24 timmar med utspädd ammoniak (1 procent). Härefter befinna sig mineralpartiklarna i fullständigt dispergerat tillstånd. Mot metoden kan invändas, att saltsyrebehandlingen är ett ganska kraftigt ingrepp, som torde relativt starkt påverka de finaste partiklarna, samt att den torde vara onödig i fråga om karbonatfria jordar, d. v. s. de som bland våra skogsjordar äro alldeles dominerande. I fråga om dessa är det då bättre att använda en blandning av surt och neutralt ammoniumoxalat, som med ett relativt högt p_{H} förenar en kraftigt lösande effekt på utflockade Fe_2O_3 - och Al_2O_3 -kolloider (TAMM 1922, 1931, 1932, LUNDBLAD 1924) i den form som dessa hava i svenska skogsjordar. Oxalsyra har för liknande ändamål tidigare använts av DUMONT (1905, 1909, 1911). EKSTRÖM (1927, s. 82) förordar mättad lösning av surt kaliumoxalat. Dessa båda senare reagens äro betydligt surare än den av mig införda oxalatlösningen och verka därför starkare upplösande på mineralpartiklarna än denna.

Bland enklare dispersionsmetoder nämner KEEN (1931, s. 76—77) enbar skakning med ammoniakhaltigt vatten, en metod, som dock ej alltid leder till full dispersion. Dock erhöi ODÉN (1919) en ganska tillfredsställande dispersion av en styv lera med denna behandling av provet, föregången av »wenig sorgfältige Zerreibung mit dem Pinsel».

Utom de nämnda dispersionsmetoderna nämnas i litteraturen ett antal andra, vilka dock synas vara mindre goda. Det gällde nu att söka få fram sådana metoder, som äro för svenska skogsjordar speciellt lämpliga, d. v. s. i första hand för våra karbonatfria sand-, mo- och normala moränjordar, i andra hand även för mjålor, leror och lerrika moräner. Man kunde tänka sig en förenklad dispersionsmetod för sandjordar och lerfattiga moränjordar, om de äro opåverkade eller nästan opåverkade av de jordmänsbildande processerna, medan man för mo, mjåla och lera, ävensom kolloidrika skikt ur markprofiler på morän- och sandunderlag finge tillgripa en effektivare och mera tidsödande dispersionsmetod. Det låg nära till hands att i fråga om kolloidfattiga sand- och moränavlagringar försöka med vätesuperoxidbehandling i förening med skakning med ammoniakvatten. Vätesuperoxidens mission är att borttaga humusämnen; även på stort djup i våra minerala jordarter finnas icke alldeles obetydliga mängder sådana (TAMM 1920, tab. 9 a och 9 b, s. 247, 248). En effektiv skakning med ammoniakvatten innebär, när grövre beståndsdelar (sand) finnas närvarande, även en direkt, mekanisk gnidningsinverkan på ev. förekommande partikelaggregat, vilken inverkan måhända ifråga om sandhaltiga jordar kunde tänkas ersätta borstningen. I fråga om sandfria jordslag är denna mekaniska inverkan däremot ej så stark. I detta fall borde lämpligen skakningen med ammoniakvatten föregås av behandling med någon lämplig oxalatlösning i och för bortskaffande av sekundärt utflockade kolloider, vilka bidraga att sammankitta partikelaggregaten. Detsamma gäller vid undersökning av sandrika jordskikt, som äro särskilt rika på dylika kolloider, d. v. s. rostjordar, brunjordar o. d. För att utreda, vilka metoder, som i de olika fallen borde vara tillämpliga, har jag anställt en jämförande prövning av en serie dispersionsmetoder, alla varianter och kombinationer av de ovan omtalade.

Olika dispersionsmetoder, som varit föremål för prövning.

Metod 1. 20—15 gram av finmaterialet (< 2 mm) behandlas på vattenbad i en hög bägare (600—800 kbcm) med 50 kbcm 15-procentig vätesuperoxid. (Proverna voro humusfattiga.) Sedan reaktionen inträtt och åter avstannat eller avsaktat, tillsättes vatten och överbliven vätesuperoxid kokas bort. Större delen av vattnet får indunsta, så att en grötliknande massa uppstår. Denna spolas över medelst 200—250 kbcm ammoniakvatten (8 kbcm konc. NH_3 per liter vatten) i en 400 kbcm:s glasburk med inslipad propp. Denna får rotera till följande dag (under ca 17 timmar). Härefter nedföres suspensionen i slamcylindern såsom ovan (sid. 290) beskrivits.

Metod 2 a. 20—15 gr jord behandlas med vätesuperoxid som under 1. Härefter tillsättes till jordgröten, sedan vätesuperoxiden kokats bort och det hela indunstat något, 100 cm^3 av en lösning av surt och neutralt

ammoniumoxalat enligt TAMM (1922). Denna lösning beredes genom att lösa 25 gr. neutralt ammoniumoxalat, $(\text{NH}_4)_2\text{C}_2\text{O}_4 + \text{H}_2\text{O}$, och 12,5 gr. oxalsyra, $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4 + 2 \text{H}_2\text{O}$ i vatten, varefter lösningen utspädes till 1 l. Dess pH ligger mellan 3,20 och 3,30. Om en mycket hög halt av oorganiska, sekundärt utflockade kolloider befaras, bör större volym av oxalatlösningen tagas, t. ex. 200 à 300 cm³. Blandningen av jord och oxalatlösning omskakas i bägaren då och då under ca 3 timmar och får sedan stå över natten. Härefter avhålls lösningen på ett grovporigt membranfiltrum (från Membranfiltrergesellschaft in Göttingen), och återstoden tvättas tre gånger medelst dekantering. Härvid medföljer allt finare material och stannar på filtret. Slammet på detta tvättas ytterligare 3 ggr med dest. vatten. Såväl återstoden på filtret som bägarinnehållet nedspolas därefter med ammoniakvatten i en glasburk med inslipad propp à 400 cm³. Suspensionen får därvid en volym av 250—300 cm³. Den får rotera till nästa morgon (ca 17 timmar) och är då färdig att nedföras i slammingscylindern.

Metod 2 b. Denna skiljer sig från 2 a endast däri, att lösningen av surt ammoniumoxalat utbyttes mot en lösning av surt natriumoxalat. En lösning av surt natriumoxalat bereddes genom att lösa neutralt natriumoxalat och oxalsyra i dest. vatten. Enär det sura oxalatet är ganska svårslösligt, blev lösningen mättad i avseende på detta salt, som delvis kristalliserade ut, men innehöll samtidigt ett överskott av neutralt oxalat. Dess pH var 3,7. Lösningen var alltså mindre sur än ammoniumoxalatlösningen och hade dessutom över huvud taget lägre halt av salter.

Metod 3. 20—15 gr jord behandlas med vätesuperoxid på samma sätt som under 1 och därefter med samma natriumoxalatlösning som under 2 b. Sedan jorden tvättats på filtret på sätt, som beskrivits under 2 a, suspenderades den i ca 300 kbcm dest. vatten och överfördes i en burk om 400 kbcm. Härefter tillsattes något fenolftalein samt droppvis 0,1 molär NaOH tills vätskan antog skär färg. Suspensionen fick sedan skaka i en rotationsapparat till nästa morgon, ca 17 timmar och var nu färdig för slamning.

Metod 4 a. 20—15 gr jord behandlades med vätesuperoxid som under 1. Härefter indunstades provet till grötkonsistens och borstades under tillsats av något ammoniakvatten med en styv borstpensel under 15 minuter. Efter borstningen överfördes provet med hjälp av ammoniakvatten i en burk om 400 cm³, suspensionens volym ökades med ammoniakvatten till 250—300 cm³, varefter det hela fick skaka i rotationsapparaten ca 17 timmar. Suspensionen var nu färdig för slamning.

Metod 4 b. Som 4 a, men borstningen pågick under 20 minuter.

Metod 4 c. Som 4 a, men borstningen pågick under 25 minuter.

Metod 4 d. Som 4 a, men borstningen pågick under 60 minuter.

Metod 5. Vätesuperoxidbehandling som under 1, borstning 15 minuter som 4 a, behandling med sur lösning av Na-oxalat som under 2 b samt skakning under ca 17 timmar med ammoniakvatten. Provet är härefter färdigt för slamning.

Jordprov, som användes vid dispergeringsförsöken.

De egentliga försöken utfördes dels med en karbonatfri, styv lera, dels med tvänne moränprov av olika lerhalt. Därtill gjordes analys å tvänne moränprov med användning av de dispersionsmetoder, som vid prövningen befunnits vara lämpligast.

1. Styv lera. Provet är taget å ca 1,5 m:s djup i lertaget vid ett tegelbruk, Bollnäs, Hälsingland. Leran syntes vara alldeles opåverkad av markprofilprocesserna. Procenten hygroskopiskt vatten i lufttorrt tillstånd var 1,74 %. Leran torde vara alldeles humusfri. Den är en finvarvig glaciärra som huvudsakligen är bildad av urbergets gnejser och liknande bergarter. Ammoniumoxalatlösningen utlöste vid en extraktion ur leran 1,5 %, natriumoxalatlösningen 0,8 %. Det utlösta består huvudsakligen av Al_2O_3 och Fe_2O_3 . Leran har undersökts ingående kemiskt tidigare (TAMM 1932 s. 8—9).

2. Morän. Provet är taget å 30—40 cm:s djup i en järnpodsolprofil, närmast under rostjorden, invid Statens Skogsförsöksanstalts försöksfält i Österjörn, Västerbotten. För undersökningen användes endast finmaterialet, d. v. s. den mängd, som passerat en rundhållsikt med 2 mm:s håll. Det vid 105° torkade provets förlust vid rödglödning var 0,63 %. Ammoniumoxalatlösningen utlöser ur provet 0,92 % (huvudsakligen $Al_2O_3 + Fe_2O_3$).

3. Morän. Provet är taget å 40 cm:s djup i en järnhumuspodsolprofil närmast under rostjorden, Brandliden, Malå revir, Lappland. För undersökningen användes endast finmaterialet. Det vid 105° torkade provets förlust vid glödning var 3,56 %. Ammoniumoxalatlösningen utlöser ut provet 2,33 %. Detta var alltså tämligen rikt på utflockade kolloider, det närmar sig till sin sammansättning en rostjord.

4. Morän. Prov från 30—40 cm:s djup i en järnpodsolprofil, närmast under rostjorden. Vid Skeppstråskån, Malå revir, Lappland. Endast finmaterialet användes.

5. Morän. Prov från 40 cm:s djup i en järnpodsolprofil. Brandliden, Malå revir, Lappland. Endast finmaterialet användes.

Resultatet av dispersionsförsöken.

Tabellerna 1—4 innehålla analysserier, som framvisa resultaten av dispersionsförsöken. Den funna halten av ler ($< 0,002$ mm) kan anses utgöra en index på om dispersionen av ett prov har varit fullständig eller ej.

1. Lerprovet. På detta prov, som är det ur dispersionssynpunkt intressantaste, har det största arbetet nedlagts, se tabell 1. Av denna framgår det att metoden nr 1, d. v. s. vätesuperoxidbehandling och skakning med ammoniakvatten icke har medfört full dispersion av leran. (An. I).

Metod nr 5 (An. X) inbegriper såväl behandling med vätesuperoxid och med oxalatlösning som borstning och skakning med ammoniakvatten. Denna metod får därför antagas ha lett till fullständig dispersion av lerprovet. Om detta antagande är riktigt, ha också alla de övriga metoderna utom nr 1 givit ett mycket gott resultat. Skillnader mellan de olika bestämningarna föreligga visserligen, men de äro så små, att de falla inom försöksfelen. Dessa bli vid mekanisk jordanalys alltid ganska stora; det gäller ju ej att avskilja ämnen med bestämda, kemiska egenskaper utan att sätta en konventionell gräns mellan två fraktioner, som fullkomligt övergå i varandra. — Om någon av de olika metoderna kan sägas ha givit sämre resultat än de övriga, så är det borstningsmetoden (An. VI—IX). I själva verket borde borstningsmetoden, när den arbetar utan oxalatbehandling, ha givit n å g o t h ö g r e lerprocenter än de oxalatbehandlade proven, eftersom litet av lerets allra finaste beståndsdelar löser sig i oxalatlösningen. Man skulle ha väntat sig 1 à 1,5 % mera ler i borstningsanalyserna än i de andra. Emellertid torde saken ej vara så alldeles enkel. De oxatlösliga kolloiderna bilda hinnor omkring mineralpartiklarna och de lossna antagligen ej helt från dessa vid en enkel borstning. Eljest är det svårt att förklara, speciellt i fråga om moränproven (Tab. 2—4), att de icke oxalatbehandlade proven ge samma värden på lerhalten som de oxalatbehandlade. Däremot är det nog troligt att upprepad borstning lösgör en del av hinnorna. Är halten av utfällda kolloider betydande, kan emellertid enligt EKSTRÖM (1927, s. 82) borstningsmetoden ej fullständigt dispergera dem.

En anmärkningsvärd omständighet må påpekas. Den för analysen använda leran befann sig i lufttorrt tillstånd och höll därvid 1,7 % hygroskopiskt vatten. De olika vid analysen bestämda fraktionerna voro torkade vid 105°, och procenterna beräknades, som ovan nämnts, på deras sammanlagda mängd, varigenom summan av de olika procenttalen blir exakt 100. Om de olika fraktionernas vikt i stället beräknas på det uppvägdade lufttorra provet, borde procentsumman bli mindre än 100,0. I fråga om de icke oxalatbehandlade proven borde den bli lika mycket mindre som procenten hygroskopiskt vatten, eller 1,7 %. I fråga om de Am-oxalatbehandlade borde summan bli ännu mindre, eller 3,2 %, d. v. s. summan av det hygroskopiska vattnet och de genom oxalatbehandlingen avlägsnade kolloiderna. I fråga om de Na-oxalatbehandlade borde summan av samma skäl bli 2,5 % lägre än 100.

I tabell 1 har under rubriken förluster angivits de verkliga funna differenserna mellan 100 och summan av de olika fraktionernas procenttal, be-

Tabell 1. Styv lera 1. Mekaniska analyser med dispersion enligt olika metoder.

Ton. 1. Mechanische Analysen. Dispersion nach verschiedenen Methoden.

Analys nr	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X
Dispersions- metod	1	2 a	2 b	3	3	4 a	4 b	4 c	4 d	5
2 —0,6 mm	0,4%	0,5%	0,3%	0,5%	0,7%	0,5%	0,5%	0,3%	0,2%	0,2%
0,6 —0,2 »	0,5	0,3	0,4	0,4	0,4	0,3	0,4	0,3	0,3	0,3
0,2 —0,06 »	1,8	1,2	1,1	1,0	1,1	0,7	1,1	0,9	0,9	0,9
0,06 —0,02 »	16,5	7,9	6,3	11,0	6,5	5,9	7,2	7,9	7,9	6,5
0,02 —0,006 »	23,7	16,7	17,9	14,4	17,1	19,5	18,6	16,1	17,4	17,0
0,006—0,002 »	29,4	29,1	29,4	28,7	29,2	31,0	30,1	29,0	30,1	29,7
< 0,002 »	27,7	44,3	44,6	44,0	45,0	42,1	42,1	45,5	43,2	45,4
Summa	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%
Förlust (hygro- skopiskt vatten m. m.)	0,8%	2,1%	0,8%	0,5%	0,7%	0,9%	0,5%	2,0%	2,0%	0,7%
Verlust (hygr. H ₂ O u. a.)										

räknade på det lufttorra provet. Det visar sig, att dessa differenser så gott som genomgående äro lägre, än vad man skulle ha förmodat. För de icke oxalatbehandlade proven är differensen i medeltal 1,2 % i stället för 1,7 %. För det Am-oxalatbehandlade är den 2,1 % i stället för 3,2 %, för de Na-oxalat- och NaOHbehandlade i medeltal 0,6 % i stället för 2,5 %. Orsaken till denna bristande överensstämmelse kan ej bero på tillfälligheter och försöksfel. Den måste bero på att lerpartiklarna ökat något i vikt under slammningen genom att upptaga vatten, som ej åter avgivits vid 105°. En dylik adsorption av vatten har jag tidigare konstaterat hos fina fältspatpartiklar (TAMM 1929, s. 5). Man kan av de angivna siffrorna få ett grovt mått på jordens viktökning genom vattenadsorption. Den är i genomsnitt för de icke oxalatbehandlade proven 0,5 %. För det Am-oxalatbehandlade provet blir den 1,1 %. För de med Na-oxalat och NaOH behandlade blir viktökningen i medeltal 1,9 %. Siffermaterialet är för litet för att draga säkra slutsatser, vilket speciellt gäller det enda Am-oxalatbehandlade provet. Det vill dock synas betr. de Na-oxalatbehandlade proven att det föreligger ett resultat av Na-jonens kända förmåga att öka lerkolloidernas vattenupptagning. Detta vattenupptagande innebär en liten felkälla i slammingsanalysen: lermängden ter sig på grund av densamma något större än vad den verkligen är i den naturliga jorden. Det är härav tydligt, att Na-metoden ur denna synpunkt är mindre lämplig än Am-metoden, även om den angivna felkällan ej spelar någon större roll; den utgör ca 1—3 % av lerets vikt. Betr. lerbattiga jordarter blir den helt betydelslös. Den skulle kunna undvikas genom att torka pipettproven vid en något högre temperatur än 105°. För att utröna den

mest lämpliga temperaturen härför (vilken låter det mera löst adsorberade vattnet avgå men ej det s. k. konstitutionsvattnet i exempelvis glimmer-mineralerna) fordras dock en speciell undersökning.

En annan fråga av intresse är Na-jonens inverkan på dispergeringen. Metod 3 försöktes just emedan det kunde antagas, att Na-jonen skulle dispergera jordpartiklarna ännu effektivare än Am-jonen på grund av densamma specifika karaktär. Analysresultatet framvisar dock ingen skillnad härutinnan, vilket visar, att redan Am-oxalatbehandlingen måste ha lett till fullständig dispersion. Därmed bortfalla alla skäl för att övergå till Na-oxalat och NaOH, särskilt som dessa, som ovan visats, gynna lerets vattenupptagande och dessutom ur analysteknisk synpunkt äro besvärligare att arbeta med än Am-oxalat och NH_4OH .

2. Moränproven. Tabellerna 2 och 3 ge resultaten av olika dispergeringsmetoder. En granskning av dessa båda tabeller visar, att samtliga de använda dispergeringsmetoderna ha givit praktiskt taget samma resultat. Även metod nr 1 (vätesuperoxidbehandling och skakning med ammoniakvatten) har tydligen lett till fullständig dispersion. Metod 5 blev aldrig försökt, men då i fråga om den styva leran metod 2, 3 och 4 leda till samma resultat som nr 5, torde i fråga om en morän med dess ringa lerhalt ej behöva befaras att dessa 3 metoder ej skulle ha fört till full dispersion. De båda tabellerna visa sålunda, att i fråga om moräner kan man nöja sig med den ganska enkla metoden nr 1. Detta gäller t. o. m. om moränprovet från Malå, som innehåller 2,3 % utflockade (oxalatlösliga) kolloider. De skillnader mellan olika analyser, som förekomma, äro blott normala försöksfel. Tabellerna ge sålunda en ganska god bild av de försöksfel, som äro oundvikliga vid utförandet av mekaniska analyser. För att ytterligare belysa användbarheten av metod 1 ha analyserna i tab. 4 utförts. Moränproven nr 4 och 5 ha vardera dispergerats enligt metod 1 och 2 a och därefter analyserats. Såsom framgår av tabell 4 är överensstämmelsen mellan de båda dispersionsmetodernas resultat mycket god.

Man kan alltså vid analys av moräner (och naturligtvis även sand) i flera fall använda dispersionsmetod nr 1: vätesuperoxidbehandling och skakning med ammoniakvatten. Vid hög lerhalt, som lätt bedömes med ledning av provets allmänna karaktär, bör man tillgripa metod 2 a, d. v. s. behandling först med vätesuperoxid, därefter med ammoniumoxatlösning och sedan skakning med ammoniakvatten. Denna senare metod bör alltid användas vid analys av rostjordar, brunjordar och matjordsprov med deras betydande halt av sekundärt utflockade kolloider. — De nämnda båda metoderna äro bekvämast och angenämast att arbeta med och böra därför föredragas framför andra. Borstningsmetoden bör användas i sådana fall, där man ej vill utsätta jorden för ett så pass

OM MEKANISK ANALYS AV SVENSKA SKOGSJORDAR 303

Tabell 2. Morän 2. (Material < 2 mm). Mekaniska analyser med dispersion enligt olika metoder.

Morän 1. Mechanische Analysen. Dispersion nach verschiedenen Methoden.

Analys nr	XI	XII	XIII	XIV	XV	XVI
Dispersionsmetod	I	2 a	2 a	2 b	3	4 a
2 —0,6 mm	18,5 %	15,5 %	18,5 %	17,3 %	16,3 %	16,4 %
0,6 —0,2 »	21,3	19,7	20,5	20,9	21,0	22,2
0,2 —0,06 »	27,8	33,1	30,9	28,2	28,5	28,8
0,06 —0,02 »	20,8	19,0	18,1	20,2	20,8	21,0
0,02 —0,006 »	7,0	7,2	7,0	8,1	8,1	6,9
0,006 —0,002 »	2,5	3,2	3,1	3,0	2,9	2,6
< 0,002 »	2,1	2,3	1,9	2,3	2,4	2,1
Summa	100,0 %	100,0 %	100,0 %	100,0 %	100,0 %	100,0 %

Tabell 3. Morän 3. (Material < 2 mm). Mekaniska analyser med dispersion enligt olika metoder.

Moräne. 3. Mechanische Analysen. Dispersion nach verschiedenen Methoden.

Analys nr	XVII	XVIII	XIX	XX	XXI	XXII
Dispersionsmetod	I	2 a	2 a	2 b	3	4 b
2 —0,6 mm	11,9 %	11,1 %	14,1 %	11,1 %	12,1 %	12,7 %
0,6 —0,2 »	13,2	13,5	13,9	14,3	13,8	13,9
0,2 —0,06 »	19,8	21,2	20,9	18,1	18,4	19,7
0,06 —0,02 »	21,8	23,4	20,9	22,7	22,7	23,2
0,02 —0,006 »	17,8	16,5	16,1	18,0	17,4	15,8
0,006 —0,002 »	9,1	7,7	8,0	8,8	8,7	8,0
< 0,002 »	6,4	6,6	6,1	7,0	6,9	6,7
Summa	100,0 %	100,0 %	100,0 %	100,0 %	100,0 %	100,0 %

Tabell 4. Morän 4 och 5. (Material < 2 mm). Mekaniska analyser med dispersion enligt metod 1 och 2 a.

Moräne 4 und 5. Mechanische Analysen. Dispersion nach Methode 1 und 2 a.

Analys nr	XXIII	XXIV	XXV	XXVI
Moränprov, nr.....	4	4	5	5
Dispersionsmetod	I	2 a	I	2 a
2 —0,6 mm	34,2 %	36,6 %	15,4 %	17,6 %
0,6 —0,2 »	20,6	19,9	18,9	17,5
0,2 —0,06 »	23,2	23,0	27,9	27,1
0,06 —0,02 »	12,8	11,6	18,0	18,7
0,02 —0,006 »	6,1	6,1	9,7	9,3
0,006 —0,002 »	2,2	1,8	5,2	4,8
< 0,002 »	0,9	1,0	4,9	5,0
Summa	100,0 %	100,0 %	100,0 %	100,0 %

kraftigt kemiskt ingrepp, som oxalatbehandlingen innebär. Man kan (se EKSTRÖM, s. 82) med borstningsmetoden även dispergera jordarter, rika på kalciumkarbonat, utan att först avlägsna karbonatet.

Undersökning av den ortokinetiska koagulationens inflytande vid slamning enligt pipettmetoden under samtidig kontroll av dispersionen.

För att visa, att något störande inflytande av ortokinetisk koagulation (se sid. 291) icke förekommer i pipettcylindrarna vid analyser enligt ovan beskrivna metod, gjordes följande undersökning.

GESSNER (1931, s. 62—63) diskuterar ingående den ortokinetiska koagulationens inflytande vid slammingsanalys på grundval av omfattande teoretiska forskningar av TUORILA (1927). Han framhåller, att dess inflytande är en funktion av proportionerna mellan mängden av stora och små partiklar. Relativ stor blir den ortokinetiska koagulationens inverkan när partiklar av radien 5—20 μ (diameter 0,01—0,04 mm) finnas förhanden tillsammans med mindre partiklar. Litet eller omärkligt blir detsamma vid låg koncentration hos suspensionen. I detta fall må även hänvisas till ODÉNS undersökningsresultat (se ovan sid. 291). Som maximal koncentration anbefaller denne 10 gram per liter, en gräns, som allmänt användes vid slammingsanalyser medelst pipettmetoden.

De jordprov, som analyserats (se tab. 1—3), innehålla rikligt med de kornstorlekar, som enligt GESSNER och TUORILA äro ägnade att befrämja den ortokinetiska koagulationen, och äro sålunda lämpliga för prövande av dennas inverkan. Denna prövning har utförts på så sätt, att den även levererar ett bevis för att dispersionen i de ursprungliga analyserna har varit fullständig.

Efter bestämningen av lerfraktionen i en pipettanalys, befinner sig provet i delvis uppslammat, delvis sedimenterat tillstånd i en cylinder. Fem av de analyser, som äro återgivna i tab. 1—3, nämligen ur II, V, VII, XIII och XIX, avbrötos på denna punkt, och de resp. proven användes till undersökning. Denna tillgick på följande sätt: Vätskehöjden i de olika pipettcylindrarna uppmättes i mm och en lämplig glashävert iordninggjordes, varmed vätskan kunde avtappas till en viss, nära intill botten liggande nivå. Cylinderinnehållet omskakades väl och lämnades att sedimentera. Efter en viss tid, som avpassades så, att alla partiklar $> 0,002$ mm hade sjunkit under den nivå, som bestämdes av häverten, avsifonerades suspensionen genom denna. Den uppsamlades i en stor glascylinder, vatten tillsattes till 1,5 l:s volym, det hela omskakades väl och halten av ler bestämdes medelst ett pipettprov. Botten-satsen, d. v. s. det som hade hunnit sedimentera på pipettcylinderns botten,

innehöll tydligen: 1) alla partiklar $> 0,002$ mm, utom de små mängder, som borttagits genom tidigare pipettprov och vilkas mängd var känd, 2) de lerpartiklar, som hunnit sedimentera från relativt låga nivåer i cylindern, 3) de lerpartiklar, som ev. meddragits av grövre partiklar på grund av ortokinetisk koagulation, 4) de lerpartiklar, som eventuellt aldrig hade dispergerats vid den ursprungliga dispersionen, om denna ej var fullständig.

Den nämnda bottenatsen underkastades nu förnyad dispersion. Härvid användes olika metoder. Nr II, XIII och XIX suspenderades i ammoniakvatten och fingo skaka i rotationsmaskin över natten. (Volymen var c:a 300 kbcm.) Nr V suspenderades i dest. vatten, något fenolftalein tillsattes och sedan NaOH till skär färg, varefter vätskan fick skaka i rotationsmaskinen över natten. Nr VII borstades 15 minuter med ammoniakvatten och skakades sedan med dylikt över natten i rotationsmaskinen. Nästa dag gjordes på vanligt sätt en ny pipettanalys på de fem bottenatserna. Därvid var det i pipettcylindrarna suspenderade leret endast en bråkdel (ca 25—30 %) av den ursprungliga mängden. Ettdera av tvenne fall borde nu inträffa:

1. Den ortokinetiska koagulationen har ingen betydelse, och dispersionen före den första pipettanalysen (tab. 1—3) var fullständig. I så fall måste mängden ler i bottenatsen, ökad med mängden ler i den avsifonerade suspensionen + den lilla mängd ler, som borttagits med de tidigare pipettproven och vars mängd är nogt känd, vara lika stor som den mängd ler, som erhöles vid den första pipettanalysen. Den ovan nämnda sammanlagda lermängden är i tab. V och det följande benämnd summa ler.

2. Den ortokinetiska koagulationen utövar ett märkbart inflytande på slanningsresultatet eller den ursprungliga dispersionen (som föregick den första pipettanalysen) var ofullständig. I så fall måste mängden ler i bottenatsen, ökad med mängden ler i den avsifonerade suspensionen (+ den lilla mängd ler, som borttagits med pipettproven), d. v. s. summa ler vara större än den mängd ler, som erhöles vid den första pipettanalysen.

Tabell 5 ger resultatet av den utförda undersökningen. En granskning av densamma visar tydligt, att den ortokinetiska koagulationen ej kan ha haft något märkbart inflytande på slanningsresultatet. I fråga om analyserna II, V, XIII och XIX äro differenserna mellan summa ler och ler, bestämt genom den första pipettanalysen o eller ytterst små (0,2 %, 0,3 %). Detta bevisar även att den ursprungliga dispersionen i dessa fall har varit fullständig. Betr. nr. VII har en liten differens mellan summa ler och den ursprungliga lerbestämningen framkommit. Denna differens måste bero på, att i detta speciella fall har icke den ursprungliga dispersionen varit riktigt fullständig. Såsom framgår av tabell 1 har just denna analys (nr VII) givit ett något lägre lervärde från början än de andra (42,1 %). Skillnaden är dock obetydlig. Den förnyade dispersionen har tydligen lösgjort den reste-

Tabell 5. Undersökning av återstoden i pipettcyllindern, sedan huvudmassan av leret avsifonerats.

Untersuchung des Rückstandes in dem Pipettenzylinder nach der Abschlämmung der Hauptmasse des Tones.

Analys nr	II	V	VII	XIII	XIX
Återstoden i pipettcyllindern: Der Rückstand					
0,02 — 0,006 mm	17,4 %	17,2 %	17,9 %	6,5 %	15,3 %
0,006 — 0,002 »	28,3	28,8	28,4	2,9	7,7
< 0,002 »	11,6	10,6	13,1	0,5	1,8
Det avsifonerade leret	32,9 %	34,7 %	31,5 %	1,4 %	4,3 %
Der abgeschlämmte Ton					
Summa ler	44,5	45,3	44,6	1,9	6,1
Summe Ton					
Ler, förut bestämt (se tab. 1—3).....	44,3	45,0	42,1	1,9	6,1
Ton, früher bestimmt					
Differens	+ 0,2	+ 0,3	+ 2,5	+ 0,0	+ 0,0
Differenz					

rande lermängden, varför summa ler blivit av samma storlek som i analys II och V (tab. 5).

Tabell V bevisar sålunda dels att den ortokinetiska koagulationen icke har utövat något inflytande på slamningsresultatet, dels att dispersionsmetoderna 2a och 3 hava lett till fullständig, dispersion av de undersökta jordproven. Orsaken till att den ortokinetiska koagulationen ej spelat någon roll är tydligen den, att suspensionerna ha varit i betryggande grad utspädda.

Jämförelse mellan lerhalten bestämd medelst pipettmetoden och ATTERBERGS metod i förening med dispersion genom upprepad borstning.

Samma lera, som ovan beskrivits (tab. 1), valdes till undersökningsobjekt. Dess halt av hygroskopiskt vatten bestämdes ånyo, den var nu 1,5 %. 15,00 gr av leran uppvägdes och borstades 15 minuter under tillsats av ammoniakvatten. Dyligt tillsattes småningom till c:a 300 kbc:m:s volym, varefter suspensionen fick skaka över natten i en rotationsapparat. Härefter utspäddes den till 1,5 l volym i en stor cylinder. Denna omskakades och fick sedimentera under 16 timmar och 48 minuter. Denna tid motsvarar en fallhöjd av 21 cm för partiklar av dimensionen 0,002 mm, d. v. s. lerpartiklar. En hävert hade från början iordninggjorts med vilken man säkert och bekvämt kunde uttappa vattnet just till ett djup av 21 cm. Efter den angivna tiden avsifonerades lersuspensionen. Dennas lerhalt bestämdes efter omskakning medelst ett pipett-

prov, den befanns vara ungefär $\frac{2}{3}$ av hela lermängden. Återstoden i cylindern borstades 15 minuter med ammoniakvatten, skakades över natten och avslammades igen på samma sätt som förra gången. Den nu erhållna återstoden borstades ånyo, skakades och avslammades. Detta upprepades med den senast erhållna återstoden ännu en gång, dock utelämnades nu skakningen under natten. Inalles hade alltså dispergerats 4 ggr genom borstning med ammoniakvatten. Efter den sista avslamningen skakades cylindern om väl, och en avslamning gjordes på nytt. Härmed fortsattes tills allt ler var avslammat, d. v. s. tills vätskan från 0—21 cm:s djup var klar efter 16 timmar och 48 minuter. Resten i cylindern uppsamlades nu, torkades vid 105° och vägdes. Differensen mellan 15,00 gr och den så erhållna vikten + vikten av det hygroskopiska vattnet ger då lerhalten. Denna blev 46,0 %, beräknad å vid 105° torkat prov. Detta värde stämmer nära med de i tabell 1 funna lervärdena.

Då vid den nu utförda analysen provet har blivit upprepade gånger behandlat med borstning, är det sannolikt, att de kolloidhinnor, som vid oxalatbehandling pläga gå i lösning, här åtminstone till en del ingå i leret. Lerprocenten skulle då vara något för hög och minskas med 1—1,5 % för att bli jämförlig med lerprocenten i de oxalatbehandlade proven. Överensstämmelsen blir i så fall ännu bättre. Å andra sidan är det troligt, att lerprocenterna i tab. 1 skulle behöva minskas något på grund av vattenadsorptionen under slamningen (se sid. 301). Denna minskning torde betr. de oxalatbehandlade proven uppgå till högst 1—2 %. I så fall skulle överensstämmelsen bli något mindre god. I alla händelser är den emellertid så god, att man kan säga att pipettmetoden och Atterbergsmetoden ha inom försöksfelen givit samma resultat. Detta visar även att de dispersionsmetoder, (utom nr 1 och till en viss grad 4a o. 4b) som kommo till användning vid pipettanalyserna, måste hava lett till fullständig dispersion av den styva leran.

Vid jämförelse mellan slammingsanalyser enligt ATTERBERG med pipettanalyser¹ får man ej förbise, att en viss skillnad i lerhalten, som analyserna utvisa, kan vara skenbar. I ATTERBERG-analysen bestämmes lerhalten som en differens, i pipettanalysen bestämmes den direkt. Om i provet förefinnes en liten halt av svagt färgade eller ofärgade humusämnen (jfr. sid. 297), vilka lätt undandraga sig uppmärksamheten och därför icke bli bestämda, ökas lerhalten i ATTERBERG-analysen med humusens mängd. Humushalten har ej noggrant bestämts å de ovan nämnda proven. Lerprovet var humusfritt, medan moränprovet 2 (tab. 2) som har en glödförlust av 0,63 % torde innehålla c:a 0,5 % humus. Provet är nämligen taget nära under rostjorden. En Atterberg-analys av detta prov bör då ge $\frac{1}{2}$ % högre lerhalt än en pipettanalys. Morän-

¹) De olika metodernas resp. företrädarna äro f. n. under debatt. Flere forskare ha fått något högre lerhalter med ATTERBERGS metod än med pipettmetoden.

provet 3, tab. 3, har en glödförlust av 3,56 %. Sannolikt är humushalten då c:a 3 %. Provet är taget nära under rostjorden i en järn-humuspodsolprofil. En Atterberganalys bör i detta fall ge ej mindre än 3 % för hög lerhalt, om ej humushalten blivit bestämd och fråndragen.

Även kunna små differenser, orsakade av de oxalatlösliga kolloidhinnorna tänkas uppstå. Sannolikt dispergeras dessa delvis och öka ut lerhalten mer eller mindre vid upprepad, energisk borstning, medan så blott i ringa grad är fallet vid en enkel borstning eller skakning med ammoniakvatten. Om denna slutsats är riktig, komme en Atterberganalys med upprepad borstning att ge något högre värde på lerhalten än en pipettanalys. I fråga om lerprovet, nr 1, skulle en differens av intill 1,5 % kunna tänkas uppstå på detta sätt, i fråga om moränprovet nr 2 0,9 %, i fråga om moränprov nr 3 2,3 %.

De anförda omständigheterna torde giva förklaringen till att Atterbergsanalyser i vissa fall ha gett något högre lerprocenter än pipettanalyser. — Man skulle emellertid kunna finna just den omständigheten fördelaktig, att de oxalatlösliga kolloidhinnorna komma med i lerbestämningen. Emellertid är det dels mycket osannolikt, att man får med dem fullständigt och dels blandar man då ihop tvenne skilda saker, nämligen jordens ursprungliga, geologiskt bestämda halt av lerbeståndsdelar och dess halt av sekundärt utfällda kolloider. Dessa senare böra helst bestämmas i ett särskilt prov genom oxalatanalys.

Översikt av resultaten.

1. Efter granskning av den mekaniska jordanalysens nuvarande ståndpunkt med hänsyn till de krav, som vid skogsjordsanalyser böra uppställas, har en lämplig analysmetodik utarbetats, avsedd för massanalys av skogsjordar. Denna metodik grundar sig på kombinerad slamning enligt ATTERBERG och pipettanalys samt siktning i motordriven skakapparat. Med densamma kunna 5 à 6 fullständiga mekaniska analyser utföras per dag av en person medan två andra provserier samtidigt dispergeras till resp. nästa och därnäst följande dags analyser.

2. Metodiken för dispersion av jordprov i och för mekanisk analys har likaledes granskats. Därvid har prövats sura ammonium- resp. natriumoxalatlösningar för att sönderdela partikelaggregaten. Resultatet blev, att behandling av ett jordprov med stark vätesuperoxid på vattenbad och därefter med surt ammoniumoxalat samt skakning c:a 17 timmar med ammoniakhaltigt vatten (metod 2a) leder till fullständig dispersion. I fråga om sand- och moränprov, som ej äro särskilt rika på ler, d. v. s. våra vanliga moräner i urbergstrakter, eller hava en hög halt av sekundärt utfällda kolloider, kan oxalatbehandlingen utelämnas (metod 1).

5. Den ortokinetiska koagulationens inflytande vid slammingsanalys enligt pipettmetoden vid användning av 1-procentiga suspensioner har befunnits vara utan betydelse.

4. Lerhalten i den med pipettmetoden undersökta leran har bestämts jämväl medelst avslamning enligt ATTERBERGS metod i förening med fyra ggr upprepad dispergering medelst borstningsmetoden. Inom försöksfelen erhöles samma resultat med ATTERBERGS metod som med pipettmetoden.

5. Sedan nu förfaringssättet vid mekanisk skogsjordsanalys utarbetats till snabbmetod, är det möjligt att använda densamma på stora provserier. I samband med den mekaniska analysen bör då lämpligen jordens mineralogiska karaktär bedömas medelst basmineralindexmetoden (TAMM 1934). På så sätt kan man i flera fall hastigt överblicka markens geologiskt bestämda fruktbarhet för skogsväxt.

Använd litteratur.

- ATTERBERG, A. 1912. Die mechanische Bodenanalyse und die Klassifikation der Mineralböden Schwedens. Internationale Mitteilungen für Bodenkunde II. S. 312—342. Berlin.
- DENSCH, A. 1930. Der mechanische Aufbau des Bodens. Handbuch der Bodenlehre VI. S. 1—63. Berlin.
- EKSTRÖM, G. 1927. Klassifikation av svenska åkerjordar. Sveriges Geologiska Undersöknings Årsbok 20. Stockholm.
- GESSNER, H. 1931. Die Schlämmanalyse. Leipzig.
- KEEN, B. A. 1931. The Physical Properties of the Soil. London.
- LUNDBLAD, K. 1924. Ett bidrag till kännedomen om brunjords- eller mulljordstypens egenskaper och degeneration i södra Sverige. Meddelanden fr. Statens Skogsförsöksanstalt 21. Stockholm.
- NOVAK, V. 1932. Preparation of Soil Samples for Mechanical Analyses. Proceedings and Papers of the Second International Congress of Soil Science. Moscow.
- ODÉN, S. 1915. Eine neue Methode zur mechanischen Bodenanalyse. Internationale Mitteilungen für Bodenkunde. V, S. 257—311. Berlin.
- 1919. Über die Vorbehandlung der Bodenproben zur mechanischen Analyse. Bulletin of the Geological Institution of the University of Upsala. XVI. p. 125—134.
- TAMM, O. 1920. Markstudier i det nordsvenska barrskogsområdet. Mit deutschem Resümee: Bodenstudien in der nordschwedischen Nadelwaldregion. Meddelanden fr. Statens Skogsförsöksanstalt 17. S. 49—276. Stockholm.
- 1922. Eine Methode zur Bestimmung der anorganischen Komponente des Gelkomplexes im Boden. Meddelanden fr. Statens Skogsförsöksanstalt, 19, S. 387—404. Stockholm.
- 1929. An Experimental Study on Clay Formation and Weathering of Felspars. Meddelanden fr. Statens Skogsförsöksanstalt, 25, S. 1—28. Stockholm.
- 1931. Studier över jordmånstyper och deras förhållande till markens hydrologi i nordsvenska skogsterränger. Medd. fr. Statens Skogsförsöksanstalt 26, s. 103—408. Stockholm.
- 1932. Über die Oxalatmethode in der chemischen Bodenanalyse. Medd. fr. Statens Skogsförsöksanstalt 27. S. 1—20. Stockholm.
- 1934. En snabbmetod för mineralogisk jordartsgranskning. Svenska Skogsvårdsföreningens tidskrift 1934, s. 231—250. Stockholm.
- TUORILA, P. 1927. Über orthokinetische und perikinetische Koagulation. Kolloidchemische Beihefte 1. 24, S. 1—122. Dresden u. Leipzig.

ZUSAMMENFASSUNG.

Über die mechanische Analyse von schwedischen Waldböden.

Die Fragen der mechanischen Bodenanalyse und der Dispersion der Bodenproben zur mechanischen Bodenanalyse sind in Schweden jetzt sehr aktuell. Es gilt unter den vielen üblichen Methoden zu wählen, damit man die für unsere Böden besten findet. Verf. gibt hier einen Bericht über die Methode, die jetzt im Laboratorium der forstlichen Versuchsanstalt angewandt wird. Beigefügt wird das Resultat einer Untersuchung über die Dispergierung der Proben zur mechanischen Analyse.

Die mechanischen Bodenanalysen werden durch Kombination von Siebung, Abschlämmung nach ATTERBERG und Pipettenanalyse ausgeführt. Die Bodenprobe wird zuerst nach Zerdrücken von vorhandenen Klümpchen durch ein 2 mm-Rundlochsieb 5 Minuten lang in einer Schüttelmaschine gesiebt. Die dabei erhaltene, gröbere Fraktion wird durch zwei Rundlochsiebe mit Löchern von 20 bzw. 6 mm Durchmesser in Grobkies (20—6 mm) und Kleinkies (6—2 mm) zerlegt. Was grösser als 20 mm ist, wird als Steine bezeichnet. Der Gehalt an Steinen wird am besten im Felde geschätzt.

Die Körner, die das 2 mm-Sieb passierten, werden als Feinerde bezeichnet. Davon wird 20 g zur Schlämmanalyse abgewogen, wenn der Boden viel Körner von der Grösse $> 0,06$ mm enthält, sonst 15 g. Das Abgewogene wird vollständig dispergiert (Methode s. weiter unten) und dann in einen Schlämmzylinder nach ATTERBERG gebracht. Durch wiederholtes Abschlämmen (Fallhöhe 10 cm, Fallzeit 50 Sekunden) wird die Probe jetzt in zwei Fraktionen geteilt. Die eine bleibt im Zylinder zurück, sie hat die Korngrösse $> 0,06$ mm. Die andere ($< 0,06$ mm) ist in viel Wasser suspendiert. Die Suspension wird in einem grossen Zylinder gesammelt und genau auf 1,5 l verdünnt.

Die Fraktion $> 0,06$ mm wird bei 105° getrocknet, gewogen und auf einem Doppelsieb 5 Minuten lang in der Schüttelmaschine geschüttelt und dabei in drei Fraktionen aufgeteilt: kiesiger Sand (2—0,6 mm), gewöhnlicher Sand (0,6—0,2 mm) und Feinsand (0,2—0,06 mm).

Die Suspension im grossen Zylinder wird gut durchgeschüttelt und darauf zum Sedimentieren stehen gelassen. Nach 7,5 Minuten wird eine Pipettenprobe in einer Tiefe von 100 mm herausgenommen. Der Zylinder wird darauf wieder geschüttelt, und eine Pipettenprobe wird nach 60 Minuten in derselben Tiefe herausgenommen. Nach nochmaligem Umschütteln wird eine Pipettenprobe nach 4 Stunden in einer Tiefe von 50 mm herausgenommen. Durch das angegebene Verfahren werden die Menge des Tons ($< 0,002$ mm), die des feinen Schluffes (0,006—0,002 mm) und die des groben Schluffes (0,02—0,006 mm) bestimmt.

Man kann auch bequem, wenn gewünscht, die Menge der Partikeln $< 1\mu$ bestimmen, wenn man den Zylinder noch einmal schüttelt und über Nacht sedimentieren lässt. Den nächsten Tag kann man dann eine Pipettenprobe aus der der Sedimentationszeit entsprechenden Tiefe (z. B. 5,5 cm, 17 Std.) herausnehmen. Es empfiehlt sich dabei, zwei Proben zu nehmen und die zweite zur Bestimmung des durchschnittlichen Durchmessers der feinsten Partikeln unter dem Ultramikroskop zu verwenden.

Um genau die Menge des Mehlsandes (0,06—0,02 mm) zu ermitteln, wird die ganze Menge suspendierter Partikeln im grossen Zylinder in folgender Weise bestimmt. Nach der Tonbestimmung wird die Suspension abgehebert, geschüttelt und ihr Gehalt an Bodenpartikeln mittels einer Pipettenprobe bestimmt, während der Rückstand im Zylinder getrocknet (105°) und gewogen wird. Dadurch wird, nachdem eine kleine Korrektur wegen der früher herausgenommenen Pipettenproben angebracht worden ist, die ganze Menge des Mehlsandes einfach als Differenz berechnet.

Das Dispergieren.

Verf. hat verschiedene Methoden geprüft (s. Tab. 1—4). Als die beste für schwedische Böden wird nach dem Resultat dieser Prüfung die folgende (Methode 2a der Tabellen) empfohlen:

Die abgewogene Probe (20—15 g) wird auf dem Wasserbad in einem hohen Becherglas mit Wasserstoffsperoxyd (nach ROBINSON 1922) behandelt, bis der Humus oxydiert ist. Das Wasserstoffsperoxyd wird weggekocht und 100 bis 300 ccm (die letztere Menge, wenn die Probe sehr viel von ausgefallenen Eisen- und Aluminiumkolloiden enthält) einer Lösung von saurem und neutralem Ammoniumoxalat nach TAMM (1922) hinzugefügt. Die Oxalatlösung wird durch Lösen von 25 g $(\text{NH}_4)_2\text{C}_2\text{O}_4 + \text{H}_2\text{O}$ und 12,5 g $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4 + 2 \text{H}_2\text{O}$ in Wasser und Verdünnung auf 1000 ccm bereitet. Die Mischung von Boden und Oxalatlösung wird dann und wann geschüttelt und über Nacht stehen gelassen. Dann wird die klare Lösung auf ein grobes Membranfilter gegossen. Der Rückstand wird dreimal gewaschen, das Feinste wird auf das Filter genommen und noch dreimal gewaschen. Das Ganze wird jetzt in eine Flasche gespült, auf za. 300 ccm verdünnt, mit etwas Ammoniak versetzt (10 ccm konz. Ammoniak pro Liter) und über Nacht (17 Stdn.) in einer Maschine rotieren gelassen. Nach dieser Behandlung ist die Probe vollständig dispergiert.

Wenn der Boden sandig ist und nicht viel Ton oder sekundär ausgefallene Kolloide enthält, kann man auf die Oxalatbehandlung verzichten (Methode 1 der Tabellen). Das Resultat der Schlämmanalyse wird trotzdem richtig.

Tabelle 5 gibt die Resultate einer Untersuchung über den Einfluss der orthokinetischen Koagulation bei der Schlämmanalyse. Der Tongehalt einiger Bodenproben wurde zuerst mittels Pipettenanalyse bestimmt. Darauf wurde die Hauptmenge des Tons abgeschlämmt und bestimmt. Der Rückstand wurde noch einmal dispergiert und dessen Tongehalt mittels Pipettenanalyse bestimmt. Es zeigte sich, dass die Summe des abgeschlämmten Tones und der Tongehalt des Rückstands (Summe Ton) genau dem zuerst gefundenen Tongehalt der Probe entspricht. Die orthokinetische Koagulation hat somit keinen merkbaren Einfluss. Auch beweist das Resultat, dass die Dispersion, die vor der ersten Pipettenanalyse gemacht wurde, vollständig war.

Zuletzt wurde zum Vergleich die in Tabelle 1 untersuchte Tonprobe auch mittels Schlämmung nach ATTERBERG und viermal wiederholtem Dispergieren durch Zerreiben mit einem Pinsel nach ATTERBERG und EKSTRÖM analysiert. Diese Analyse gab 46,0 % Ton, während mit der Pipettenmethode und Dispergierung nach 2 a (Tabelle 1) 44,3 gefunden wurde. Die Übereinstimmung ist also gut.