

NORDLANDSBANEN

Parsel Sunnan - Grong

NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE Nr. 108

GLIMMERMINERALERNES BETYDNING SOM KALIKILDE FOR PLANTERNE

AV

V. M. GOLDSCHMIDT OG E. JOHNSON

MED 1 TEKSTFIGUR OG „ZUSAMMENFASSUNG“

STATENS RAASTOFKOMITE
PUBLIKATION Nr. 8

KRISTIANIA 1922

I KOMMISSION HOS H. ASCHEHOUG & CO

NORGES STATSBAANE
HOVEDSTYRET

Indhold.

	Side
Indledning	5
Oversigt over forekomsten av kali i silikatmineraler. Av V. M. GOLDSCHMIDT	7
1. Kalifeltspat	8
2. Leucit	10
3. Nefelin	11
4. Muskovit	12
5. Biotit	13
6. Glaukonit	16
7. Kaliholdige kolloidsubstanser i lere og lerskifer	18
Konklusjon	21
Om mængden av kalifeltspat, biotit og muskovit i norske bergarter. Av V. M. GOLDSCHMIDT	22
Om forvitring av kalifeltspat under norske klimaforhold. Av V. M. GOLDSCHMIDT	30
Tidligere undersøkelser over opøseligheten av feltspatens kaliindhold og undersøkelser over kalifeltspat som kalkkilde for planterne. Av V. M. GOLDSCHMIDT og E. JOHNSON	35
Om forvitring av glimmermineraler. Av V. M. GOLDSCHMIDT	40
Om tidligere undersøkelser over opøseligheten av glimmermineralernes kaliindhold, og over vegetationsforsøk med glimmermineraler. Av V. M. GOLDSCHMIDT	44
Valg av materiale til utlutningsforsøkene. Av V. M. GOLDSCHMIDT	54
Kemiske undersøkelser over ekstraktion av glimmermineralers kaliindhold	
Kaliindholdet i undersøkelsesmaterialet. Av E. JOHNSON	58
Forsøk med koncentrert saltsyre	58
Forsøk med fortyndet saltsyre	59
Forsøk med citronsyre og med citronsyre-kalciumklorid	61
Forsøk med kulsyre, og med kulsyre + kalciumklorid	63
Forsøk med kalkhydratopøsning	65
Forsøk med klornatriumopøsning	65
Om kvantitativ bestemmelse av kali. Av E. JOHNSON	67
Om anvendelse av Greensand (glaukonit) som jordforbedringsmiddel i de Forenede Stater. Av E. JOHNSON	73
Om glimmermineralernes deltagelse i jordbundens kalistofskifte og om disse mineralers betydning for landbruket. Av V. M. GOLDSCHMIDT	76
Zusammenfassung	82

Indledning.

Denne avhandling indeholder en undersøkelse over oprindelsen av jordbundens kaliindhold, eller nærmere præcisert den del av jordbundens kaliindhold, som kan tilgodegjøres av planterne.

Hittil har man som regel gaat ut fra, at det kali, som i naturlig jordbund er tilgjengelig for planterne, skriver sig fra forvitring av kalifeltspat. Om der end fra enkelte hold har været fremlagt undersøkelser, som viser, at kalifeltspat ikke avgir sit kaliindhold saa let som glimmermineraller gjør det, har dog glimmerminerallerens betydning som kalikilde ikke været oppfattet med tilstrækkelig klarhet.

I særdeleshet har man ikke været opmerksom paa, at glimmermineraller findes i meget betydelige mængder i den faste fjeldgrund, ganske specielt i Norge.

Vor undersøkelse har til hensigt at belyse spørsmålet om glimmerminerallerens betydning som kalikilde, under særlig hensytagen til norske forhold.

Fra landbrukshold har der flere gange været rettet henvendelser til Statens Raastofkomite, hvori der blev anmodet om en bearbeidelse av kalispørsmålet.

Herhenhørende spørsmål har (under ledelse av V. M. GOLDSCHMIDT) været under utredning i Statens Raastofkomite fra høsten 1917 av, dels ved innsamling av opplysninger, dels ved eksperimentelle undersøkelser.

Resultatet av arbeidet over kalispørsmålet fremlægges i to avhandlingar. Denne første indeholder, som ovenfor nævnt, un-

dersøkelser av V. M. GOLDSCHMIDT og E. JOHNSON om glimmer-
mineralerne som kalikilde for vegetationen, den anden, av
E. JOHNSON, omhandler spørsmålet om kaliutvinding av kali-
feltspat.

Kristiania, den 18de mars 1922.

V. M. Goldschmidt.

Oversigt over forekomsten av kali i silikatmineraler.

Av V. M. GOLDSCHMIDT.

Gjennemsnitssammensætningen av den faste jordskorpe, saaledes som den er blit beregnet av F. W. CLARKE¹ og andre, viser, at kali indgaar i ganske betydelig mængde, nemlig ca. 3 0/0 av totalsammensætningen. Den kalimængde, som nyttiggjøres av planter paa naturlig, ugjødslet jordbund, maa oprindelig skrive sig fra de kalimineraler, som forekommer i den faste jordskorpe, i de almindelige bergarter.

Vi maa forutsætte, at forvitningsprocesserne paavirker de oprindelige kalimineraler paa en saadan maate, at en viss kalimængde frigjøres eller bringes i en saadan tilstand, at den kan tilgodegjøres av planterne. Ikke alle kaliholdige mineraler paavirkes like let av forvitningsprocesserne, og der er al grund til at anta, at forvitringens forløp i høi grad er avhengig av klimatiske betingelser, saasom temperatur, nedbørmængde, fugtighetsforhold i jordbunden, samt de av klimatet avhengige vegetationsforhold.

Formaalet med den foreliggende undersøkelse er at bringe paa det rene, hvilke kalimineraler det er, som har betydning for planteveksten under norske klimaforhold og under de geologiske forhold, som har betinget utviklingen av den norske jordbund med hensyn til kaliindhold.

Bortset fra nogen sjeldnere mineraler, som ikke spiller nogen kvantitativt betydelig rolle i nogen bergart, er det følgende syv mineraler, som væsentlig kan komme i betragtning som kalikilde for planteveksten:

¹ The Data of Geochemistry, U. S. A. Geol. Surv. Bull. 616, 1916, p. 32. Se ogsaa H. S. WASHINGTON, The Chemistry of the Earth's Crust, Journ. of The Franklin Institute, 190, 1920, p. 773.

Kalifeltspat

Leucit

Nefelin

Muskovit

Biotit

Glaukonit

Det kaliholdige kolloid i lere og i lerskifer.

Vi skal først gi en kort oversigt over sammensætningen av disse mineraler, og over deres utbredelse i Norge.

1. Kalifeltspat.

Kalifeltspatens teoretiske sammensætning er KAlSi_3O_8 . Efter denne formel skulde kalifeltspat indeholde 17 0/0 K_2O . Imidlertid opnaar kalifeltspaten praktisk talt aldrig en saa høj kalimængde, som formelen kræver, idet en større eller mindre del av kalindholdet er erstattet av natron. I almindelighet indeholder kalifeltspat kun 10—14 0/0 kali, som regel omkring 12 0/0. Undertiden kan kaliindholdet være saa lavt, som omkring 5—6 0/0. Natronfeltspaten er dels tilstede i form av molekulært tilblandet (isomorft indleiret) natronfeltspat, dels i form av tynde striper av ren natronfeltspat eller natron-kalk-feltspat, som er indvokset i kalifeltspaten (perthitisk, mikroperthitisk eller krypto-perthitisk sammenvoksning).

Der er sterk grund til at anta, at idetmindste en del av de perthitiske indleiringer av natronfeltspat oprindeligt har været tilstede i form av isomorf tilblanding, men paa et senere tidspunkt er utskilt i perthitisk form.

Det spørsmaal, som nu er av speciel interesse for forstaaelsen av variationerne i kalifeltspatens kaliindhold, er følgende: Hvorfor er nogenlunde ren kalifeltspat saa meget sjeldnere end blandinger (isomorfe eller perthitiske) av kalifeltspat og natronfeltspat, og hvilke betingelser maa være tilstede, forat ren kalifeltspat kan dannes i naturen.

Eftersom kali og natron findes i omtrent like store mængder i jordskorpen, vil de opløsninger (enten vandige opløsninger eller silikatsmeltemasser), hvorav kalifeltspaten har krystallert, som regel indeholde en natronmængde av samme størrelsesorden som

kalimængden i samme opløsning. Mængden av natron i kalifeltspaten vil da i første række afhænge av kalifeltspatens evne til at opta natronfeltspat i form av isomorf tilblanding. Alle geologisk-petrografiske data tyder nu paa, at kalifeltspatens evne til at opta natron er størst ved høie temperaturer, lavere ved lav temperatur.

Vi finder nemlig, at kalifeltspaten¹ i normale eruptivbergarter, saasom graniter, syeniter, kvartsporfyrrer, trachyter, primært indeholder mest natron, nemlig gjerne kun 6—12 0/0 kali og 3—7 0/0 natron. Den er vistnok som regel dannet mellem 600 og 1100° C.

Dernæst kommer kalifeltspat fra pegmatitiske gangmasser, som utvilsomt er dannet ved noget lavere temperatur, nemlig omkring 500—600° C. Ren pegmatitfeltspat indeholder gjerne omkring 10—14 0/0 kali og kun 2—4 0/0 natron. Pegmatitgangenes kalifeltspat findes der forøvrig flest analyser av, idet feltspaten fra de grovkornede pegmatitganger er den, som hittil har faat mest teknisk anvendelse, fordi man i grovkrystallinsk pegmatitisk materiale lettest kan foreta en afskædning av nogenlunde ren feltspat.

Endnu kalirikere og fattigere paa natron er feltspat, som er krystalliseret av vandige opløsninger ved temperaturer mellem kanske 200 og 400° C., nemlig den saakaldte adularfeltspat fra alpine mineralgange og analoge dannelser. Denne indeholder op til 15—16 0/0 kali og kun ca. 1—2 0/0 natron.

I hvilke mængder findes nu disse tre typer av kalifeltspat?

I størst mængde findes naturligvis feltspater av eruptivbergartstypen, det er disse feltspater, som er almindelige bergartsbestanddele, og som f. eks. i Norge findes i praktisk talt ubegrænsede kvantiteter.

Dernæst kommer feltspat av pegmatittypen, som vistnok i enkelte land, saasom Norge, kan produceres i betydelige mængder av størrelsesorden titusener tons, men som der ingenlunde findes

¹ Som »kalifeltspat« betegnes her varietetene sanidin, ortoklas, mikroklin, samt perthiterne. Ved betegnelsen »kemisk sammensætning av kalifeltspat« er her ment sammensætningen inklusive de perthitiske indslutninger av natronfeltspat.

ubegrænsede mængder av, idetmindste ikke paa saadanne forekomster, som tillater billig brytning og utskaidning.

Dernæst kommer vistnok de feltspater, som er dannet av vandig opløsning ved lav temperatur. Saadanne feltspater forekommer som regel kun i ganske smaa kvantiteter, saa at si kun som museumsmateriale, ihvertfald efter den hittil almindelige opfatning. Imidlertid er der forskjellige omstændigheter, som tyder paa, at kalifeltspat kan dannes i betydeligere mængder end hittil antat ogsaa av vandige opløsninger ved lave temperaturer, nemlig ved metasomatiske omsætninger i metamorfe bergarter. Specielt kunde man tænke sig, at anrikningen av den meget kalirike feltspat i visse svenske leptitbergarter kan skyldes medvirkning av metasomatiske omsætninger ved lav temperatur. Det er ikke usandsynlig, at større forekomster av metamorfe bergarter, indeholdende en saadan feltspat, vil kunne opdages ogsaa i Norge.

Kalifeltspat er det kalimineral, som findes i størst mængde¹. Man kan vel anta, at meget over halvparten av jordens kaliindhold er bundet i form av kalifeltspat. Imidlertid indeholder den overveiende mængde av kalifeltspaten i bergarter kun ca. 10—11 0/0 kali, og da de bergarter, hvori den som regel forekommer, kun indeholder optil 70 0/0 kalifeltspat, er disse raamaterialers nemlig graniternes, kaliindhold gjerne kun optil 7 0/0.

2. Leucit.

Leucit har sammensætningen KAlSi_2O_6 . Den adskiller sig i kemisk henseende fra kalifeltspaten ved den lavere kiselsyremængde. Teoretisk skulde den indehoide ca. 22 0/0 K_2O . Det virkelige indhold av kali pleier at nærme sig det teoretiske, idet leuciten øiensynlig ikke kan opta nogen stor natronmængde i isomorf tilblanding. Man kan regne med, at leucit som regel indeholder 19—21 0/0 kali. Den er saaledes meget rikere paa kali, end kalifeltspat er, og da den er betydelig lettere tilgjengelig for forvitring, er den utvilsomt av nogen betydning for

¹ Naar vi tar et middeltal for hele jordskorpen underrett, i norsk fjeldgrund er kalifeltspat ikke saa dominerende som andetsteds.

planteveksten paa de steder, hvor den forekommer i større mængder, som f. eks. visse egne i Italien.

Anvendelse av finknust leucit og av leucitførende bergarter (bl. a. fonolit) som kaligjødning har dog ført til skuffelser.

Leucitrike bergarter har ofte været foreslaat som raamateriale for industriel kaliutvinding.

Imidlertid er ingen forekomst av leucit eller leucitførende bergarter kjendt i Norge, og de geologiske forhold gjør det høist usandsynlig, at forekomster av leucitbergarter vil kunne findes her.

3. Nefelin.

Nefelin, eller som den ogsaa kaldes, elæolit, har den teoretiske sammensætning $\text{NaAlSi}_3\text{O}_8$. Den virkelige sammensætning viser imidlertid næsten altid betydelige avvikelser fra denne formel, for det første idet kiselsyremængden pleier at være noget høiere end formelen for det rene mineral kræver, for det andet fordi alltid en del av natronindholdet er erstattet med kali, øiensynlig ved isomorf tilblanding av silikatet KAlSi_3O_8 .

Kalimængden i nefelin utgjør som regel mellem 4 og 10 0/0, oftest ca. 5 0/0. Nefelin er et av de lettest opløselige silikater, som forekommer i naturen. Den forvitrer meget hurtig, og hvor nefelinrike bergarter forekommer i større mængder, er nefelinens kaliindhold utvilsomt av betydning for vegetationen.

Kaliindholdet i almindelig nefelin er for lavt til, at dette mineral kan faa betydning som kaligjødning. En del av fonolittens kali er forøvrig bundet i nefelin.

I Norge findes nefelinrike bergarter specielt mellem den sydlige del av Laugendalen og Langesundsfjorden, samt i det saakaldte Fensfelt ved Ulefoss i Telemarken, dernæst paa øen Seiland i Finmark fylke. Nefelinen er paa de to førstnævnte stedes utvilsomt av lokal betydning for planteveksten, men som kalikilde av generel betydning for planteveksten i Norge kan nefelin ikke komme i betragtning, da der i den helt overveiende del av den norske berggrund ikke findes spor av nefelinbergarter.

4. Muskovit.

Under betegnelsen muskovit sammenfatter man en række indbyrdes nær beslegtede mineralsubstanser av glimmergruppen, som alle er vandholdige respektive hydroksylholdige silikater av kalium og aluminium. Muskovitmineraleerne svarer i almindelighed nogenlunde nær til formelen $H_2KAl_3Si_3O_{12}$, hvori dog mængdeforholdet mellem vand og kali er noget vekslende. Teoretisk kræver ovennævnte formel et kaliindhold av ca. 12 0/0. En del av kali-mængden er i enhver muskovit erstattet av natron, imidlertid er den isomorfe tilblanding av natronforbindelsen som regel meget ubetydelig, sammenlignet med de tilsvarende forhold hos kalifeltspat og natronfeltspat. I almindelighed er kaliindholdet i muskovit mellem 9 og 11 0/0¹, natronindholdet omkring 1 0/0. Dette synes at gjælde baade for saadan muskovit, som findes i eruptivbergarter, som for den, der findes i metamorfe gneiser, glimmerskifre etc.

Mens man i almindelighed hittil har antat, at muskovitens kaliindhold ikke spiller nogen vigtig rolle for planteveksten, idet man ansaa dette mineral for overmaade motstandsdygtig mot forvitring, har der dog specielt i de senere aar hævet sig enkelte røster, som har betvilet muskovitens uopløselighed. I de følgende kapitler skal dette spørsmaal drøftes mere indgaaende, men der kan alt nu nævnes, at muskovit betydelig lettere end kalifeltspat kan avgi en væsentlig del av sit kaliindhold.

Muskovit er et overmaade utbredt mineral. Det er en vigtig primær bestanddel av talrike granitiske bergarter, og den er fremforalt overordentlig utbredt i metamorfe bergarter av forskjellig art. Vi finder den i store mængder i greisenbergarter, i gneiser, i glimmerskifre og fylliter. Ogsaa paa sekundær forekomst i sedimentærbergarter er den meget almindelig.

Av særlig betydning for kaliindholdet i jordbunden tør glimmerskifrenes og specielt fylliternes muskovit være. For det første fordi disse bergarter paa grund av sin mekaniske beskaffenhet let aapner adgang for forvitningsprocesserne; for det andet fordi netop de muskovitvarieteteter, som findes i fyllit, synes at være

¹ Sjelden saa lavt som 8 0/0.

de lettest angripelige. Dette staar vistnok i sammenhæng med, at glimmerne i disse bergarter er dannet ved forholdsvis lave temperaturer, og har en noget løsere molekylaropbygning end eruptivbergarternes grovkrystalline muskovit. Fylliternes fin-skjællede kaliglimmer kaldes ogsaa sericit; sericitvarietetten kan ogsaa optræ som hydrotermalt omdannelsesprodukt av feltspat og andre mineraler¹.

Ogsaa i Norge er muskovitførende og tildels muskovitrike bergarter overordentlig utbredt. Jeg behøver her bare at minde om fylliterne (lerglimmerskifrene) og glimmerskifrene, som i et bredt belte strækker sig fra Stavangertrakten over Hardanger og Voss (med utløpere til Bergensfeltet og Sogn) til Hemsedal, Valdres, Gudbrandsdalen, derfra videre over Dovre til Orkedalen, Kvikne, Rørotrakten, Guldalen og østenfor liggende trakter til henimot riksgrensen, videre nordover, specielt østenfor Trondhjemsfjorden, og saa opigjennem Nordland, Troms og Finmark fylker helt op til Nordishavet.

Muskovitmængden i disse bergarter (fyllit og glimmerskifer) gaar meget ofte op til ca. 50 0/0 av bergartens vegt og kan undertiden stige op til 60—65 0/0.

Spørsmålet om muskovitarternes evne til at avgi kali til jordbunden under de norske klimaforhold er saaledes av betydning for bedømmelsen av jordbundsforholdene i Norge.

5. Biotit.

Under betegnelsen biotit sammenfatter man en meget stor gruppe av tildels noksaa forskjelligartede mineraler, som alle i kemisk henseende har det tilfælles, at de kan opfattes som en dobbeltforbindelse av et muskovitlignende vandholdig kali-lerjord-silikat med et ortosilikat av magnesium og toverdug jern. I almindelighet kan biotitens sammensætning gjengives ved formelen $H_2KAl_3Si_3O_{12} + ca. 3 Mg_2SiO_4$, hvori imidlertid forholdet mellem vand og kali kan veksle noget, likesom hos muskovit, og hvori frem-

¹ Om sekundær sericitdannelse av feltspat se f. eks. C. BENEDICKS, Umwandlung des Feldspats in Sericit (Kaliglimmer), Bull. Geol. Inst. Uppsala, VII, 1905, p. 279. Her uttales allerede den antagelse, at sericitdannelsen er av særlig betydning for planternes kaliøkonomi.

foralt betydelige variationer fremkaldes ved delvis erstatning av magnesia med jernoksydul, aluminium med treværdig jern og i ringere utstrækning av silicium med titan. Vand kan delvis erstattes av fluor. En række forskjellige varieteter er utskilt som særskilte underspecies tilsvarende disse variationer, som ofte ogsaa gaar utenfor rammen av ovennævnte formler.

Kaliindholdet i biotiten er i ringe utstrækning erstattet av natron; likesom hos muskovit er natronmængden som regel ganske underordnet i forhold til kalimængden. I uforvitret biotit pleier kalimængden at variere mellem grænserne 7 0/0 og 10 0/0. Oftest utgjør den 8—9 0/0. Natronmængden utgjør gjerne 0,5—1,5 0/0, som regel ca. 1 0/0.

Rigtignok viser et betydelig antal av de biotitanalyser, som opføres i faglitteraturen, en kalimængde, som er betydelig lavere end de her nævnte tal, ofte kun 4—6 0/0, eller endnu lavere, idet samtidig vandmængden er tilsvarende høiere. Dette har imidlertid sin grund deri, at et stort antal analyser er utført paa ufrisk materiale, som har været gjenstand for en begyndende forvitring¹. Som der skal vises i senere avsnit, avgir nemlig biotiten meget let kali ved forvitringens indvirkning, lettere end noget andet almindelig silikatmineral gjør det. De biotitanalyser, som viser lav kalimængde, er saaledes ikke nogen støtte for den antagelse, at biotiten er av liten betydning som kalikilde for planterne, men tvertimot et sterkt bevis for biotitens evne til let at avgi kali. Det er netop forvitrede biotiter, som har anomalt lav kalimængde.

Mængdeforholdet mellem kali og natron i biotit synes at være omtrent konstant, uanset biotitens specielle dannelsesvilkaar. Vi finder samme mængdeforhold i eruptivbergarters primære biotit som i metamorfe bergarters sekundærdannede biotiter.

Biotit er et av de mest almindelige mineraler. Næst efter kalifeltspat er biotit det mest utbredte kalimineral. F. W. CLARKE anslaaer den gjennomsnittlige biotitmængde i den faste jordskorpe til ca. 4 0/0. Grundlaget for denne beregning er den kemiske sammensætning av eruptivbergarterne og disses mineralsammen-

¹ Visse sjeldne biotiter i basiske vulkanbergarter synes dog primært at kunne ha et saa lavt kaliindhold som ca. 4—6 0/0.

sætning. Medtages ogsaa de metamorfe bergarter i beregningsgrundlaget, saa resulterer et endnu høiere gjennemsnitstal for biotit, idet metamorfe bergarter saasom gneiser, glimmerskifre etc. gjennemgaaende er mere biotitrike end normale eruptivbergarter. For et land som Norge, hvor metamorfe bergarter forekommer med meget stor utbredelse, maatte man regne med et væsentlig høiere tal end 4 0/0 for biotitmængden.

Biotit forekommer i mange, ja i de allerfleste eruptivbergarter som primær bestanddel. I de sure og mellemsure dypbergarter mangler den kun rent undtagelsesvis, og ogsaa i talrige basiske dypbergarter findes den i større eller mindre mængder. Ganske overordentlig utbredt er den i næsten alslags metamorfe bergarter, saasom gneiser, glimmerskifre, biotitfylliter og i kontaktzonernes hærde lerskifre (hornfels). Dens mængde i bergarterne kan gaa op til 30 eller 40 vevtsprocenter, nemlig i biotitfylliter og biotitrike glimmerskifre. Og netop disse bergarter har som regel en saadan mekanisk beskaffenhet, at de under forvitringen let smuldrer op til jordsmon.

Utbredelsen av biotitrike bergarter i Norge vil bli mere utførlig behandlet i et av de følgende avsnit; foreløbig kan her henvises til, at en stor del av de skifre, som forekommer i det glimmerskifer-fyllit-strøk, som er nævnt under muskovit, ogsaa er rike paa biotit.

Som ovenfor nævnt, adskilles der forskjellige varieteter av biotit. Alteftersom treværdig og toværdig jern i større eller mindre utstrækning indgaar istedenfor aluminium og magnesium i den teoretiske formel $H_2KAl_3Si_3O_{12} + 3Mg_2SiO_4$, adskiller man de tre varieteter lepidomelan (mest jernrik), egentlig biotit (med midlere jernindhold) og flogopit (jernfattig). Lepidomelan indeholder gjerne 26—40 0/0 jernoksyder, almindelig biotit ca. 8—25 0/0 jernoksyder, mens jernoksydernes mængde i flogopit synker til 0,1—4 0/0. Av disse tre varieteter er biotit og lepidomelan de mest almindelige, specielt biotiten. Granitens og syenitens mørke glimmer tilhører lepidomelan- og biotitgruppen, i gneiser og glimmerskifre er biotit hyppigst, omend lepidomelan sandsynligvis ogsaa forekommer i disse metamorfe bergarter. Flogopit synes specielt at være knyttet til visse basiske magnesia-rike eruptivbergarter og til enkelte meta-

morfe karbonatbergarter. Den er langt sjeldnere end de to førstnævnte varieteter.

Den mest almindelige biotittype tør være en jernrik biotit med ca. 20 0/0 jernoksyder og omkring 10 0/0 MgO.

Følgende fire analyser tør være egnet til at vise sammensætningen av disse tre varieteter:

	Lepidomelan, Langesunds- fjorden, efter O. PETERSSON ¹ .	Biotit, Butte, Montana, efter H. N. STOKES ² .	Biotit, Aren- dal, efter RAMMELSBERG ³ .	Flogopit, Bur- gess, Canada, efter E. A. SCHNEIDER ⁴ .
SiO ₂	34,37	35,79	38,89	39,66
TiO ₂	4,68	3,51	ikke bestemt	0,56
Al ₂ O ₃	6,84	13,70	14,53	17,00
Fe ₂ O ₃	24,89	5,22	4,58	0,27
FeO	7,47	13,72	7,92	0,20
MnO	2,41	0,19	1,00	—
MgO	4,05	12,13	20,28	26,49
CaO	0,78	0,05	ikke bestemt	—
Na ₂ O	2,13	0,15	0,40	0,60
K ₂ O	9,03	9,09	10,28	9,97
H ₂ O	2,27	4,85	0,94	2,99
F	—	0,76	1,49	2,24
	98,92	99,22 ⁵	100,31	99,66 ⁶

6. Glaukonit.

Glaukonit består i det væsentlige av et vandholdig silikat av treværdig jern og kali. Analyserne synes at vise, at glaukonitens sammensætning nærmer sig formelen $KFeSi_2O_6 \cdot 3H_2O$. Imidlertid er det høist usikkert, om glaukoniten, som er et kolloid-

¹ Hos W. C. BROGGER, Zeitschr. f. Krystallogr. 16, 1890, p. 191.

² Hos W. F. CLARKE, U. S. A. Geol. Surv. Bull. 419, 1910, p. 289.

³ Efter HINTZE, Handb. d. Min. II, p. 584.

⁴ Hos F. W. CLARKE, l. c.

⁵ Incl. 0,13 BaO, 0,10 P₂O₅, 0,20 Cl og fradrag av O for F₂.

⁶ Incl. 0,62 0/0 BaO og efter fradrag av O for F₂.

mineral, idetheletat tilsvarende en bestemt støkiometrisk formel, og spesielt er den mulighet ikke utelukket, at kaliindholdet er bundet adsorptivt til et kolloid vandholdig ferrisilikat.

Ifølge formelen skulde glaukoniten inneholde ca. 13 0/0 kali; faktisk inneholder den imidlertid kun opptil ca. 7—8,5 0/0 kali¹, eller undtagelsesvis 9,5 0/0². Glaukonit forekommer ikke som primær bestanddel av eruptivbergarter, ei heller som nydannet mineral i metamorfe bergarter, men som bestanddel av visse marine sedimenter. Den kan dannes paa havbunden i dyp mellom 100 og 4000 meter, undertiden i saadan mengde, at den danner en væsentlig del av havsedimentene. I Norge forekommer ikke glaukonit i væsentlige mengder som bergartsbestanddel, saavidt hittil kjendt, og der er ikke nogen stor sandsynlighet for, at større, teknisk anvendelige, forekomster av glaukonitrike bergarter vil kunne findes her. I smaa mengder findes den utvilsomt i endel av vore umetamorfe siluravleiringer³.

Imidlertid er glaukoniten av en viss interesse for os, idet den i de Forenede Stater i betydelig utstrækning har været anvendt som kaliraastof for landbruket. Herom vil mere utførlige opplysninger bli git i et av de følgende avsnit. Hvad som nu er av spesiell interesse for os, er forekomstmaaten, kaliindholdet og og kaliindholdets oppløselighet, sammenlignet med norske biotitbergarter.

Glaukoniten findes i de Forenede Stater i avleiringer av saakaldt »Greensand« (navnet skriver sig fra glaukonitens grønne farve), som dækker betydelige arealer i de østlige kyststrøk. Disse avleiringer er dels dannet i kridttiden, dels i tertiærtiden.

»Greensand« har i gamle dage direkte været anvendt som jordforbedringsmiddel. Dens gunstige virkning har vist sig at bero paa kaliindholdet. Nu er kaliindholdet i »Greensand« betydelig lavere end i ren glaukonit, nemlig 3—5 0/0, meget sjelden op til 7 0/0.

¹ Konf. G. H. ASHLEY, Notes on the Greensand Deposits of the Eastern United States, U. S. A. Geol. Surv. Bull. 60 B, 1917.

² F. W. CLARKE, U. S. A. Geol. Surv. Bull. 616, 1916, p. 518.

³ Om forekomst av glaukonit i svensk silur, sml.: N. SAHLBOM, Bull. Geol. Inst. Uppsala, XV, 1918, p. 212.

Glaukonitens kaliindhold synes at være vanskeligere at frigjøre end biotitens¹. Biotitrike bergarter i finknust tilstand skulde saaledes efter al sandsynlighed være et mere gunstig jordforbedringsmiddel end »Greensand«.

7. Kaliholdige kolloidsubstanser i lere og lerskifer.

Som bekjendt indeholder lere og lerskifer ofte en ret betydelig mængde kali, gjerne 3—6 vevtsprocenter. Denne kali-mængde er delvis bundet i form av klastiske korn av kalifeltspat og fremforalt glimmermineraller, som er indleiret i lermassen uten at ha avgitt hele sit kaliindhold ved forvitring, men delvis er den bundet i den »kolloide lersubstans«, som synes at ha en betydelig evne til at opta og binde kali ved adsorption. Der foreligger i de fleste tilfælde, ihvertfald i sydligere lands leravleiringer, et kolloid av formelen $Al_2Si_2O_7 \cdot xH_2O$, hvortil kali er adsorbent enten som K_2O , eller som et kaliumsilikat. Analyserne synes at vise, at dette kolloid kan opta ca. 6 0/0 K_2O .

Man har grund til at anta, at kaliindholdet fra lerkolloidet frigjøres vanskeligere end kaliindholdet i biotit og sericit. Dette staar øiensynlig i sammenheng med kaolinkolloidets egen motstandsdygtighet mot syrer. For at dekomponere kaolin med svovlsyre i teknisk maalestok trænges der erfaringsmessig en forutgaaende svak glødning (500—600°) av kaolinmassen. At lerskiferens kolloid ikke avgir sit kaliindhold særlig let til planterne, fremgaar ogsaa av H. J. V. FEILITZENS forsøk (citert hos J. SEBELIEN, Læren om GjødseL, Bd. I, p. 216).

Lerkolloidet er en bestanddel av lere og lerskifer. Imidlertid indeholder ikke alle arter av lere og lerskifer like store mængder av dette kolloid. Det ekte lerkolloid synes at bli dannet ved hydrolytisk forvitring av komplekse aluminiumslikater, ganske spesielt feltspatmineraller og glimmermineraller. Denne hydrolytiske forvitring kræver en betydelig tid og passende klimatiske betingelser. Dersom ikke de passende klimatiske betingelser foreligger, og fremforalt dersom erosjonen av primærsilikaterne samt avsætningen av erosionsprodukterne fore-

¹ Sml. G. H. ASHLEY'S opgaver, I. c. p. 49 med vore resultater angaaende biotit.

gaar relativt hurtig, faar de primære silikater ikke anledning til at undergaa en fuldstændig hydrolyse, og der dannes »leravsætninger«, som væsentlig bestaar av fint mineralpulver med kun ganske underordnet kolloidindhold.

Saadanne forhold, som har været ugunstige for dannelse av egne lerkolloid, har hersket ved dannelsen av de fleste skandinaviske leravsætninger, deriblandt ogsaa norske lerer. Kalliindholdet i norsk lere er derfor ikke utelukkende bundet i form av egne lerkolloid, men for en stor del i form av uforvitrede feltspatpartikler og delvis forvitrede glimmermineraller.

Man maa ogsaa indrømme, at det saakaldte »lerkolloid« i skandinaviske kvartære leravsætninger endnu er meget litet kjendt og neppe uten videre kan paralleliseres med det kolloidale kaolinsilikat, saaledes som dette forekommer i utiåndets lersedimenter.

Vi vet, at den bestanddel i leren, som har »kolloide« egenskaper, findes i form av partikler, hvis størrelse væsentlig er under 0,002 mm. Vi vet endvidere, at denne del av lermassen, som ogsaa kan isoleres ved slæmning, fremdeles er forurenset av fine partikler av kvarts og uforvitret feltspat. Hovedbestanddelen i »lerkolloidet« i skandinavisk lere er en eller flere substanser, som indeholder kiselsyre, lerjord vand og kali (samt vistnok magnesia).

Flere forfattere, spesielt O. TAMM antar, at dette »lerkolloid« er en med kaolin beslegtet substans, som er dannet ved hydrolysering av feltspater¹. Dette kaolinkolloid skulde saa ved adsorption ha optat en del av den frigjorte kalimængde.

A. ATTERBERG² antar, at »lerkolloidet« i nordiske leravleiringer væsentlig bestaar av finfordelt biotit, blandet med finfordelt kalifeltspat.

¹ Se O. TAMM, Markstudier i det norrlandske barrskogsområdet, p. 84, Stockholm, 1920.

² Se f. eks. A. ATTERBERG, Die Konsistenzlehre — eine neue physikalische Lehre, Kolloid-Zeitschr. 22, 1917, p. 1—7. Om samme spørsmål se ogsaa A. ATTERBERG, Die Plastizität und Bindekraft liefernden Bestandteile der Tone, Internationale Mitteilungen für Bodenkunde, Bd. 3, 1913, p. 291. Specielt p. 302 uttales der med bestemthet, at de nordiske leravleiringer skal indeholde væsentlige mængder av biotit.

B. FROSTERUS¹ antar, at der i finsk lere ved siden av biotit findes smaa mængder virkelig kolloidal »lersubstans«.

Det er vel ikke usandsynlig, at det saakaldte »lerkolloid« i mange norske kvartæravleiringer delvis bestaar enten av finfordelte glimmermineraller, eller av glimmerminerallers hydrolytiske spaltningsprodukter, og da vel specielt spaltningsprodukter av biotit. Kaliindholdet i lerkolloidet behøver ikke at betyde, at disse glimmermineraller har beholdt sit kaliindhold uforandret under forvitringen, men det kan sikkerlig delvis skrive sig fra sekundært adsorbent kali.

Dersom selve kaolinsilikatet indgaar i norsk lerkolloid, saa behøver det dog ikke at skrive sig fra kalifeltspat, men kan være dannet av den langt lettere hydrolyserbare plagioklas, samt av glimmerne.

I visse trakter indeholder leravleiringerne ogsaa lerkolloid som oprindelig skriver sig fra fossile lersedimenter (se nedenfor).

Hvis »lerkolloidet« i norske leravleiringer væsentlig skriver sig fra glimmermineraller og deres omdannelsesprodukter, skulde man vente, at en leravleiring i almindelighet er des mere »kolloidrik« jo mere glimmerminerallerne har dominert over kalifeltspat i de bergarter, som har levert lerens utgangsmateriale. Vi skulde derfor under denne forutsætning vente særlig »kolloidrike« lermasser, f. eks. omkring de indre dele av Trondhjemsfjorden, hvor utgangsmaterialet har været fattig paa kalifeltspat, rikt paa glimmer. Dette skulde bl. a. yttre sig i, at disse leravleiringer maatte være relativ rikere paa »syreopløselig« aluminiumoksyd end f. eks. leravleiringer, hvis materiale skriver sig fra granitomraader.

Betydelig rikere paa »virkelig lerkolloid« (kolloidalt kaolinhydrat) end de almindelige kvartærlerer er visse fossile lersedimenter i Norge, nemlig en del av de kambriske, ordoviciske og siluriske lerskifre, som vi finder i Kristianafeltet, altsaa paa strækningen Langesund—Mjøsen. Der er grund til at anta, at disse fossile lersedimenter, som øiensynlig er dannet under helt andre klimatforhold og geologiske betingelser end leravsætning-

¹ B. FROSTERUS, Det finska lermaterialet som geologisk bildning och teknisk produkt, p. 19. Geol. Komm. Finland, Geotekn. Medd. No. 6, 1909.

gerne av kvartær alder, kan indeholde op til 3—4 vevtsprocent kali i form av lerkolloid. I det vestlige og centrale Norge, samt nordenfor en linje Røikenvik—Gjøvik—Stange indeholder disse gamle lerskifre ikke længere det oprindelige, uforandrede lerkolloid, idet kolloidet ved metamorfosen helt eller delvis er omdannet til et aggregat av krystalline mineralpartikler, specielt muskovit (sericit) og ved sterkere metamorfose ogsaa biotit. Nordvest for en linje Tonsaasen—V. Gausdal—Rendalssølen er alt lerkolloid forsvundet. Forøvrig findes lerskifre med delvis kolloid grundmasse som relikter lokalt i Trondhjemsfeltet, nemlig paa Høilandet mellem Orkedalen og den nedre del av Guldalen. Endvidere findes lerskifre med rester av den kolloide grundmasse i de nordøstligste dele av den norske fjeldkjæde i Troms og Finmark.

Lerkolloid fra saadanne gamle lerskifre kan ogsaa indgaa som bestanddel av kvartære leravleiringer, som f. eks. i trakterne nærmest Kristianiafjorden.

Konklusion.

Gjennemgaaelsen av de forskjellige kaliholdige silikatmineraller, som kan ha betydning for planternes kalibehov i naturlig jordbund viser saaledes følgende.

En av de nævnte mineralsubstanser, leucit kan ikke være av betydning for den naturlige kalitilførsel til norsk jordbund. Nefelin (og i mindre grad muligens ogsaa glaukonit) er sandsynligvis av lokal betydning, men denne betydning er i Norge indskrænket til meget begrænsede omraader (sml. kartskissen s. 27). Det gjenstaar da at gjennemgaa de følgende mineraler mere indgaaende: Kalifeltspat muskovit, biotit, kaliholdig lerkolloid.

Vi skal imidlertid foreløbig se bort fra en nærmere drøftelse av »lerkolloidet«, da tiden endnu ikke er inde for en diskussion om dette stofs omstridte kemiske egenskaper.

Om mængden av kalifeltspat, biotit og muskovit i norske bergarter.

Av V. M. GOLDSCHMIDT.

Den gjennemsnitlige kalimængde i den faste jordskorpe, litosfæren, kan som ovenfor nævnt anslaaes til ca. 3 vevtsprocenter.

I primære, uforandrede eruptivbergarter, er utvilsomt størstedelen herav bundet i form av kalifeltspat, kun en mindre del som biotit, en endnu mindre del som muskovit. CLARKE (l. c. p. 31 og 419) anslaar den gjennemsnitlige mængde av biotit i eruptivbergarterne til 3,8 0/0; efter hans beregningsmaate skulde ca. 12 0/0 av kalimængden være bundet i biotit, resten overveiende i form av kalifeltspat, i mindre utstrækning ogsaa i muskovit, leucit og nefelin.

Forsøker man at gjennemføre en beregning av mængdeforholdet mellem de enkelte kalimineraler i norske bergarter, saa kommer man til et helt andet resultat, fordi Norges fjeldgrund for en meget væsentlig del ikke bestaar av uforandrede primære eruptivbergarter, men helt overveiende av bergarter, som har undergaat en senere omdannelse, en metamorfose.

Bergarternes metamorfose bestaar som regel i en omdannelse ved temperaturer, som ligger væsentlig lavere end de primære eruptivbergarters størkningstemperatur, en omdannelse, som pleier at være ledsaget av en mere eller mindre vidtgaaende hydratisering av primære vandfri mineraler. Metamorfosen fører derfor i de allerfleste tilfælde til nydannelse av glimmermineraler (biotit og muskovit) paa bekostning av kalifeltspat.

Man maa derfor vente at finde en betydelig begunstiging av glimmermineralerne paa bekostning av feltspat i saadanne omraader, hvor metamorfe bergarter optræder i større mængde.

Og netop i Norge indtar metamorfe bergarter en saa stor andel av det totale areal, som neppe i noget andet land. Ogsaa

blandt de uforandrede, primære, eruptivbergarter er der et forholdsvis stort antal forholdsvis biotit-rike typer.

Man kan forsøke at gjennomføre en beregning av den gjennomsnittlige mengde av de enkelte kalimineraler i norsk berggrund paa følgende grundlag.

Stort set kan man regne med, at følgende tre bergartgrupper indtar størstedelen av Norges areal:

Granit (heri iberegnet syeniter og kvartsdioritiske typer, spesielt ogsaa trondhjemit).

Grundfjeldets gneis og glimmerskifer.

Kambrosilurisk glimmerskifer og fyllit.

Som en første tilnærming kan man regne med, at disse tre bergarttyper hver dækker en fjerdedel av det totale areal¹; den resterende fjerdedel dækkes væsentlig av kvartsiter, sandstener, sparagmiter, umetamorf lerskifer samt gabbroide bergarter.

Rent skjønsmæssig kan vi forutsætte følgende talstørrelser for mængden av glimmermineraller i disse bergartgrupper.

Man kan regne med at norske granitiske² bergarttyper i gjennomsnit indeholder ca. 6 0/0 biotit og ca. 1 0/0 muskovit.

Grundfjeldets gneisbergarter og glimmerskifer tør i gjennomsnit indeholde 15 0/0 biotit og 3 0/0 muskovit³.

Norske glimmerskifer og fylliter av kambrosilurisk alder indeholder gjennomsnittlig vel mindst 17 0/0 biotit og mindst 17 0/0 muskovit³.

For de resterende bergarttyper maa man ogsaa anta en viss liten gjennomsnittsmengde av glimmermineraller, kanskje 2 0/0 biotit og 2 0/0 muskovit⁴.

Et generalmiddel gir under disse forutsætninger følgende tal for mængden av glimmermineraller i norsk fjeldgrund:

Muskovit ca. 5 0/0.

Biotit ca. 10 0/0.

¹ Arealutmaalinger paa geologiske karter fører tilnæringsvis til dette arealforhold.

² Denne gruppe omfatter de sure og mellemsure dypergarter baade inden grundfjeldet og av yngre alder.

³ Angaaende motivering av disse tal se nedenfor.

⁴ Dette er dog kanskje for lavt regnet.

Herav kan vi beregne mængden av kalifeltspat, under for-
utsætning av, at norske bergarter i gjennemsnit inneholder
samme totalkalimængde, som den der antages for jordskorpen i
middelværdi, nemlig 3 0/0¹.

Anslaar vi den midlere kalimængde i norske glimmermine-
raler til 9 0/0, saa finder vi, at 1,4 0/0 kali er bundet i glimmer,
og at ca. 1,6 0/0 kali maa være bundet i feltspat.

Beregnet som teoretisk ren kalifeltspat vil dette gi ca. 10 0/0
kalifeltspat, regner vi derimot med den urene kalifeltspat, saa-
ledes som den fortrinsvis forekommer som bergartbestanddel,
med et kaliindhold av ca. 10—11 0/0, saa føres vi til en felt-
spatmængde av ca. 15 0/0.

Under de ovenfor gjorte forutsætninger skulde mængden
av de enkelte kalimineraler i norsk berggrund være:

Muskovit ca. 5 0/0.

Biotit ca. 10 0/0.

Kalifeltspat ca. 15 0/0.

Mængden av nefelin kan negligeres helt ved en saadan
beregning, da den kalimængde i norsk berggrund, som er bundet
i dette mineral, kun kan utgjøre smaa brøkdeler av en procent,
dersom et middeltal beregnes for hele landet.

Ved beregningen er der ikke tat hensyn til de ganske
smaa mængder kali, som indgaar i plagioklas, amfibol etc., da
disse mængder er uten nævneværdig betydning for total-
resultatet. Det accessoriske kaliindhold i amfibol og plagioklas
frigjøres utvilsomt lettere end kalifeltspatens kali.

Ved beregningen av de enkelte kalimineralers gjennemsnit-
lige mængde er der for kambrosiluriske glimmerskifre + fylliter
antat 17 0/0 muskovit og 17 0/0 biotit. Disse tal trænger en
nærmere begrundelse.

Det gjennomsnittlige kaliindhold i disse bergarter er antat
lik ca. 3 0/0 K₂O. Dette er en forsiktig vurdering. Det gjen-
nomsnittlige kaliindhold, som er fundet ved kemiske analyser av

¹ Det er ikke utelukket, at en indgaaende undersøkelse over norske
bergarters sammensætning vil vise et noget høiere kaliindhold end de
3 0/0 som svarer til jordskorpens middelsammensætning, dog sikkert
ikke over 4 0/0, nærmest kanskje 3—3,5 0/0. Mængdeforholdet mellem
glimmerminerale og kalifeltspat vil dog ikke modificeres avgjørende.

137 prøver av fylliter og glimmerskifre fra det sydlige Norge¹ utgjør 3,74 0/0.

Kalifeltspat mangler praktisk talt fullstendig i disse skifre (gjennomsnittlig høist 1—2 0/0). Kaliindholdet er i en del av disse skifre utelukkende bundet i form av muskovit (især som den finskjællede muskovitvarietet, som kaldes sericit), i en anden del av disse skifre baade i form av biotit og muskovit. I de sidstnævnte skifre er biotitmængden som regel større end muskovitmængden. Tar man gjennemsnittet av begge skifer-varieteter under hensyntagen til deres areal, saa tør et mængdeforhold 1 muskovit : 1 biotit ikke være langt fra det rigtige tal.

Tallene for glimmerindholdet i grundfjeldets gneis og glimmerskifer grunder sig paa følgende overveielse. Man kan gaa ut fra, at den gjennomsnittlige mængde av biotit og muskovit i disse bergarter er væsentlig større end i de sure og mellemsure eruptiver, men paa den anden side avgjort lavere end i de kambrosiluriske skifre. Muskoviten spiller her en betydelig mindre rolle end i de yngre metamorfe skifre. De valgte tal skulde omtrent tilsvare en glimmerrik gneis, som staar midt imellem glimmerfattige gneiser og egentlige glimmerskifre.

De tal, som jeg er kommet til for norsk fjeldgrund i sin helhet:

5 0/0 muskovit, 10 0/0 biotit, 15 0/0 kalifeltspat,

tør tilnærmeelsesvis gjengi den gjennomsnittlige mængde av de tre kalimineraler i norske bergarter.

Efter dette skulde mængden av glimmermineraler omtrent være like stor som mængden av kalifeltspat.

Dersom kaliindholdet i glimmermineraler er like let tilgjengelig for planterne som kaliindholdet i feltspat, skulde derfor glimmermineraler være av like saa stor betydning som feltspat for jordbundens tilgjengelige kaliindhold i Norge. Som der imidlertid skal vises i de følgende avsnit, er glimmernes kaliindhold lettere tilgjengelig end feltspatens kali, og man føres derved til den uimotsigelige konklusjon, at glimmermineralerne maa være av større betydning end feltspaten for kaliindholdet i norsk jordbund.

¹ Prøverne omfatter kambrosiluriske fylliter og glimmerskifre fra området Stavanger—Trondhjem. Analyserne og de mikroskopiske undersøkelser er utført for mit arbeide over den regionale metamorfose.

Vi maa ogsaa lægge merke til, at der findes betydelige omraader i Norge, hvor glimmermineralernes andel sammenlignet med feltspatens, er endnu meget større. Store arealer, som er dækket av fyllit og glimmerskifer, indeholder næsten ikke kalifeltspat som bestanddel av fjeldgrunden. I saadanne omraader, som f. eks. Guldalen ovenfor Støren, størstedelen av Selbu og Vestlandets fyllitomraader kan vi regne med, at fjeldgrunden indeholder ca. 30—50 0/0 glimmermineraler, men kun 0—2 0/0 kalifeltspat.

Paa vedføjede kartskisse har jeg forsøkt at gi en første oversigt over de enkelte kalimineralers utbredelse i Norges fjeldgrund.

Paa kartet er der utskilt fem forskjellige typer av fjeldgrunden.

For det første de bergarter, i hvilke kalifeltspat dominerer over glimmermineraler, som f. eks. graniter og sparagmiter.

For det andet viser kartet de bergarter, hvis kaliindhold er omtrent likelig fordelt mellem kalifeltspat og glimmermineraler. Herhen tør de fleste grundfjeldsgneiser høre, endvidere en del gabbroide bergarter. Under samme betegnelse (sorte prikker) er der dog sikkert ogsaa medtat adskillige bergarter, hvori biotit er tilstede i større mængde end kalifeltspat, da vi endnu mangler detaljerte opplysninger om saadanne bergarters utbredelse i grundfjeldet.

For det tredje er der anvendt en særskilt betegnelse (horizontal strekning) for saadanne bergarter, i hvilke muskovit (sericit) er det dominerende kalimineral. Herhen hører en betydelig del av fyllitene, spesielt i det sydlige Norge.

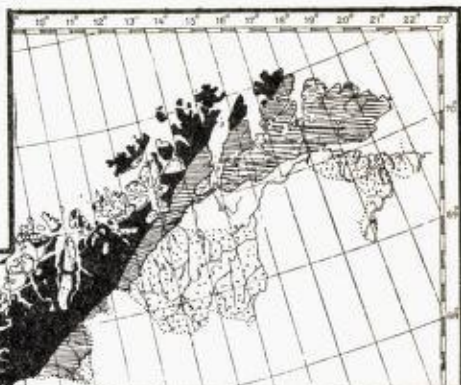
Endvidere er de bergarter utskilt, i hvilke biotit (ved siden av noget mindre muskovit) er det herskende kalimineral. Herhen hører fremforalt de store omraader av glimmerskifer og biotitfyllit, som strækker sig fra Stavangertrakten nordover helt til Finmarken. Under samme betegnelse (helt sort) er ogsaa medtat endel bergarter av eruptiv oprindelse, i hvilke biotit dominerer over kalifeltspat.

Endelig er de umetamorfe lerskifre, hvis kaliindhold overveiende er bundet i form av »lerkolloid« avsat med en særskilt betegnelse (vertikal strekning).

versigtskart over utbredelsen av de forskjellige kalimineraler i norsk fjeldgrund.

Av V. M. GOLDSCHMIDT.

0 100 200 300 400 500 km.



- 

Biotit dominerende ved siden av noget mindre muskovit og meget litet kalifeltspat.
- 

Muskovit (Sericit) dominerende, meget litet kalifeltspat.
- 

Kaliholdig lerkolloid i lerskifer.
- 

Kalifeltspat dominerende.
- 

Kalifeltspat og biotit.

N Nefelin.

De nefelinrike omraader vest for Laugendalen samt Fensfeltet er betegnet med N.

Selvfolgelig er kartskissen, som et første forsøk, endnu ufuldkommen, men i store træk vil den dog gi en korrekt oversigt over kalimineralernes utbredelse i norsk berggrund.

Hvordan er nu jordbundens indhold av tilgjængelig kali betinget av undergrundens mineralsammensætning?

Dersom jordbunden overalt simpelthen var dannet ved forvitring av undergrundens bergarter, vilde relationen være meget enkel; det kali, som i opløselig form findes i jordbunden, maatte skrive sig fra forvitringen av kalimineraler i den underliggende eller ihvertfald nær tilgrænsende fjeldgrund. Forholdene er imidlertid som regel ikke saa gjennemsigtige og enkle her i Norge. Kun paa forholdsvis faa steder i Norge er jordbunden dannet direkte av underlagets fjeldgrund, som saakaldte »primitivjordarter»¹.

Paa de fleste steder er jordbunden dannet paa bekostning av løsmateriale, som i senglacial og postglacial tid er transportert til stedet enten ved istransport eller opslæmmet i vand.

Jordbundens bestanddele skriver sig i saa tilfælde ikke fra den umiddelbart underliggende fjeldgrund, men fra andre, som oftest ikke altfor fjerne fjeldgrundsomraader.

Kjender vi retningen for materialets transport, kan vi i store træk avgjøre, hvorfra jordbundens bestanddele oprindelig er kommet. Under erosionen, transporten og avleiringen kan det transporterte materiale undergaa betydelige kemiske forandringer, saaledes at de oprindelige mineraler helt eller delvis erstattes av omdannelsesprodukter. Sammensætningen av den primære fjeldgrund, som materialet kommer fra, vil i saa tilfælde kun indirekte gjøre sig gjældende i jordbunden. Ved drøftelser over fjeldgrundens indflydelse paa jordbundens sammensætning maa man selvfolgelig være opmerksom herpaa.

¹ Se herom f. eks. BJØRLYKKES oversigt over norsk jordbundsforskning: *Über frühere und gegenwärtige Bodenuntersuchungen in Norwegen, Internationale Mitteilungen für Bodenkunde*, 1915. Sammenlign ogsaa de hittil utkomne jordbundsbeskrivelser, utgit av Det kgl. selskap for Norges vels jordbruksutvalg.

Hvor man har primitivjordarter, som er dannet av glimmerrike, og ganske specielt biotitrike bergarter, bør man vente, at planternes kalibehov er dækket mere rikelig, end i primitivjordarter som er dannet paa bekostning av glimmerfattige kalifeltspatbergarter.

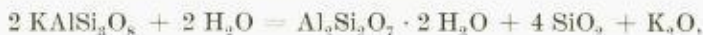
Kvartært løsmateriale, som direkte eller indirekte er dannet væsentlig paa bekostning av glimmerrike bergarter, fattige paa kalifeltspat, finder vi f. eks. i Trøndelagen.

Man kan trygt si, at kvotienten glimmerminerale: kalifeltspat i fjeldgrunden er større i Norge end i noget andet europæisk land. Aarsaken hertil er den omstændighet, at den norske fjeldgrund for en helt overveiende del er bygget av metamorfe og derfor glimmerrike bergarter. Det er rimelig at anta, at denne rigdom paa glimmerminerale paa en eller anden maate maa gi sig tilkjende ikke bare i fjeldgrundens, men ogsaa i jordbundens sammensætning.

Om forvitring av kalifeltspat under norske klimatforhold.

Av V. M. GOLDSCHMIDT.

I almindelighet antas der, at kalifeltspat er et mineral, som let og fuldstændig destrueres ved forvitring. Forvitringen under europæiske klimatforhold skulde efter den almindelige opfatning foregaa efter følgende skema:



det vil si under dannelse av kaolin, eller kaolinagtige kolloidsubstanser. Under tropiske klimatforhold dannes der ved forvitringen derimot ikke kaolin, men mere eller mindre rent aluminiumhydroxyd.

Der kan ikke være tvil om, at kalifeltspatens forvitring til kaolin spiller en vigtig rolle i Mellemeuropa og Sydeuropa. Derimot er det mere tvilsomt, om den samme forvitningsproces er av lignende betydning i de nordeuropæiske land.

Man maa for det første ta i betragtning, at forvitringen har virket i relativ liten tid i de land, som sidst har været dækket av istidens storbræ. For den skandinaviske halvø maa vi regne med, at der kun har forløpet 10—20 000 aar siden de forvitningsprocesser har begyndt, som har ført til dannelsen av nutidens jordbund.

For det andet maa man erindre, at ogsaa gjennemsnittstemperaturen i dette tidsrum sikkerlig har ligget noget lavere end samtidig i sydligere dele av Europa.

Man maa derfor vente, at feltspatens kaolinforvitring ikke gjør sig saa sterkt gjældende i jordbundens sammensætning som længere sydpaa. Erfaringen synes at stadfæste denne antagelse. Enhver geolog vil kunne bekrefte, at norske eller svenske kalifeltspatbergarter ikke tilnærmelsesvis har undergaaet en saa sterk

overflateforvitring under kaolisering av feltspaten, som f. eks. tilsvarende bergarter i Sydtyskland. Som regel er forvittringskorpen paa overflaten av f. eks. norske granitbergarter kun faa millimeter tyk, oftest er feltspaterne endogsaa helt uforvitret helt op til den gamle isskurede overflate¹.

Undertiden iagttar man i de skandinaviske land feltspatens omdannelse i overflaten til en opsmuldrende hvit substans, som gjerne antas for at være kaolin. Men som O. TAMM² har paavist, er dette omdannelsesprodukt ikke, eller ikke altid, kaolin. Hans analyse av et saadant forvittringsprodukt viser meget nær feltspatens egen sammensætning; der synes saaledes at foreligge en mekanisk opsmuldring heller end en kemisk omdannelse. Ogsaa i et tidligere arbeide³ har TAMM vist, at kalifeltspat langt bedre end biotit motstaar forvitringen.

Ogsaa B. FROSTERUS⁴ i Finland har undersøkt den forvitring, som granitiske bergarter undergaar, naar de er i berøring med raahumusjordarter. Han finder ved mikroskopiske og kemiske undersøkelser, at granitens kalifeltspat forblir uangrepet, mens apatiten, limonit og en del av plagioklasen er bortført. Biotiten viser blekning, og jeg anser det for sandsynlig, at den har avgit en del av kaliindholdet.

Der er saaledes ikke tale om dyppaaende forvitring av kalifeltspat i den faste berggrund, og kalifeltspaten i fast fjeld kan saaledes ikke ha levert nævneværdige bidrag av kali til vegetationen, ihvertfald er dens betydning meget mindre end i sydligere land.

¹ Lokale forvittringsfænomener hos feltspatbergarter, f. eks. i trakterne omkring Sandefjord er muligens av præglacial alder, de findes imidlertid kun lokalt og kan ikke være av generel betydning for dannelsen av norsk jordbund.

² O. TAMM, Marktudier i det nordsvenska barrskogsområdet, p. 117, Stockholm 1920. TAMM undersøkte feltspat, som har været angrepet ved raahumusforvitring, og er blit omdannet til en hvit pulveragtig substans.

³ O. TAMM, Beiträge zur Kenntnis der Verwitterung in Podsolböden aus dem mittleren Norrland, Bull. Geol. Inst. Uppsala, XIII, 1915—16 p. 183.

⁴ B. FROSTERUS, Zur Frage nach der Einteilung der Böden in Nordwest-Europas Moränengebieten, V., p. 111—113, Geol. Komm. Finland, Geotekn. Medd. N. 14, 1914.

Hvordan forholder det sig nu med kalifeltspaten og dens omdannelsesprodukter i de senglaciale og postglaciale løse avleiringer?

Man vet, at isens og iselvenes erosion har virket kraftig ogsaa paa feltspatførende bergarter. Bergarternes mineralbestanddele, ogsaa feltspaten, er ved mekanisk paavirkning opknust til grus, sand og slam, som siden delvis igjen er bundfældt i form av kvartære avleiringer av løsmateriale.

Nu vet vi fra eksperimentelle undersøkelser¹, at kalifeltspat undergaar en kemisk omdannelse til kaolinlignende kolloidale substanser, dersom den knuses i nærvær av vand. Det er derfor paa forhaand ikke usandsynlig, at idetmindste en del av feltspaten i sand- og lermaterialet er blit omdannet til kaolin under den kvartære erosion og sedimentation, og at en tilsvarende mængde kali derved er frigjort. Den almindelige kemiske erfaring gjør det imidlertid sandsynlig, at denne hydrolytiske spaltning av feltspaten foregaar langsommere ved lave temperaturer end ved høiere, og da der her er tale om reaktionstemperaturer meget nær vandets frysepunkt, er det neppe rimelig, at omdannelsen har foregaat i særlig stor utstrækning.

En eksakt besvarelse om feltspatens eventuelle kaolinforvitring i de løse avleiringer, som er dannet i istidens senere avsnit kan vi faa ved en direkte undersøkelse av leravleiringerne. Vi kan forutsætte at kaolindannelsen maa være lengst fremskredet i det fineste slam, som er avsatt i form av lere.

Nu viser analyser av norsk lere, at norske lermaterialer gjennemgaaende indeholder mindre av kaolinagtige substanser, end lere fra sydligere land. Norsk lere bestaar sikkert overveiende av fine kvartskorn, feltspatkorn og glimmermineraller, med en underordnet tilblending av et »lerkolloid« (kfr. s. 18—21). Dette yttres sig ogsaa i teknisk henseende, idet norsk lere som bekjendt er litet ildfast paa grund av det høie feltspatindhold.

¹ Der kan specielt henvises til de undersøkelser, som er utført av A. DAUBRÉE, 1879, CUSHMAN, 1905—8, W. FUNK 1909. Angaaende litteraturfortegnelse henvises til O. TAMMS ovennævnte arbeider.

Man kan saa at si kalde de typiske norske leravleiringer for »umodent lere«, idet lerslammets feltspatindhold ikke har faat anledning eller tid til at omsættes fuldstændig til kaolin.

En typisk analyse av norsk lere kan illustrere dette:

Lere, Sarpsborg, analysert av L. THOMASSEN.

SiO ₂	56,22
TiO ₂	0,93
Al ₂ O ₃	18,27
Fe ₂ O ₃	3,07
FeO	4,19
MnO	0,12
CaO	1,25
MgO	2,95
K ₂ O	4,58
Na ₂ O	1,55
P ₂ O ₅	0,22
S	0,18
H ₂ O 20—110°	1,72
H ₂ O + 110°	3,88
Glødetap (CO ₂ og org. stof)	0,94

Sum 100,07

Analysen viser, bl. a. ved det lave indhold av vand, at kaolin ikke kan være det herskende lerjordmineral i denne lerprøve.

Helt tilsvarende erfaringer er gjort ved kemisk og mekanisk analyse av leravleiringer i Finland. Jeg kan her henise til talrike undersøkelser, som er offentliggjort av B. FROSTERUS.

Ogsaa for svenske leravsætninger synes det samme at gjælde. Saaledes har O. TAMM (l. c.) utført en række analyser av svenske lerer, som med hensyn til kaolinagtige bestanddele synes at staa ret nær Sarpsborg-leren.

TAMM antar forøvrig, at ^{kaolin}indholdet i svensk lere skriver sig fra omdannelse av kalifeltspat, mens jeg anser det for mere sandsynlig, at det er dannet av plagioklas og av glimmer-mineraler.

Eftersom kalifeltspaten for en meget stor del findes uforandret i lerslammet, kan den heller ikke ha afgit alt kali i opløselig form, som hurtig kan tilgodegjøres av planterne.

Vi føres derved atter til den konklusion, at kalifeltspaten under de geologiske og klimatiske forhold, som har været bestemmende for dannelsen av løsmaterialet i Norge, neppe har været av saa stor betydning for jordbundens letopløselige kaliindhold som feltspaten i sydligere land.

Tidligere undersøkelser over opløseligheten av feltspatens kaliindhold og undersøkelser over kalifeltspat som kalikilde for planterne.

Av V. M. GOLDSCHMIDT og E. JOHNSON.

Der foreligger en lang række undersøkelser i den mineralogiske og kemiske faglitteratur over opløseligheten av kalifeltspatens kaliindhold.

Forsaauidt resultatene av disse undersøkelser muliggjør en talmæssig sammenligning mellem kalifeltspat og glimmermineraller, blir de omtalt i et andet avsnit. Sammenligningen mellem kalifeltspat og glimmermineraller fører til det resultat, at glimmerminerallerne viser en flerdobbelt oppløsningshastighet sammenlignet med feltspatens.

Dette resultat, at glimmerminerallers kaliindhold er saa meget lettere tilgjengelig end feltspatens, tør ha sin aarsak øiensynlig i strukturelle egenskaper hos de to mineralgrupper og deres spaltningsprodukter.

Baseutlutningen fra glimmerne foregaar som en proces, der kan sammenlignes med zeoliterne stofskifte, uten fullstendig ødelæggelse av krystalrestens struktur, og fremforalt uten øieblikkelig utskillelse av strukturløse kolloidsilikater omkring mineralpartiklerne.

Omvendt foregaar dekompositionen av kalifeltspaten under dannelse av kolloidale lerjordsilikathydrater, som dækker mineralkornenes overflate og derved beskytter feltspaten mot videre indvirkning. Herover foreligger der en række viktige undersøkelser, spesielt av A. CUSHMAN¹ samt ogsaa av W. FUNK².

¹ A. S. CUSHMAN, U. S. A. Dept. of Agricult. Bur. of Chem. Bull. 92, 1905. A. S. CUSHMAN and P. HUBBARD, Chem. News, 30, 1908, 779. A. S. CUSHMAN and P. HUBBARD, The Decomposition of the Felspars, U. S. A. Dept. of Agricult. Off. of Publ. Roads, Bull. 28, 1908.

² W. FUNK, Beitrag zur Kenntnis der Zersetzung des Feldspats durch Wasser, Zeitschr. f. angew. Chemie 22, 1909, p. 145.

Kalifeltspatens ringe angripelighet ved vand og ved syrer skulde efter disse undersøkelser netop skrive sig fra dannelsen av en beskyttende kolloidhinde, som stopper utlutningen og samtidig selv optar endel av det frigjorte kali.

Denne virkning av kolloidhinden kan bortelimineres, naar feltspaten stadig ved knusning og gnidning befries for denne hinde, saaledes, at nye feltspatoverflater bringes i berøring med opløsningsmidlet. Herved forklares DAUBRÉES¹ resultat, at feltspat ved kontinuerlig knusning i nærvær av vand kan avgiv en viss kalimængde.

CUSHMAN (l. c.) fandt, at kolloidhindens beskyttende virkning ogsaa kan svækkes ved tilstedeværelse av nøitralsalte, saasom klorammonium eller baser, som f. eks. kalkmelk, hvorved kolloidsilikatet øiensynlig helt eller delvis koaguleres. Den samme virkning kunde ogsaa opnaaes ved elektrolyse.

CUSHMAN's resultater gir os saaledes et anskuelig billede av kalifeltspatens opløsningsmekanisme, som synes at være helt forskjellig fra glimmermineralernes.

Ogsaa E. RAMANN² har drøftet spørsmålet om feltspatens hydrolytiske spaltning under indvirkning av vand, væsentlig paa basis av CUSHMAN's forsøk.

En meget interessant diskussion av de spørmaal, som kan stilles vedrørende kalifeltspatens forvitring findes i en avhandling av H. STREMMER³. Han tror, at frigjørelsen av kali fra kalifeltspat for en væsentlig del kan skyldes direkte utlutning og baseutskiftning, og han anser saaledes CUSHMAN's opfatning for ikke helt sikkert bevist.

Om kalifeltspat som kalikilde for vegetationen er der tidligere utført talrike eksperimentelle undersøkelser. I et andet avsnit (s. 50) er der nævnt endel undersøkelser, som angaar sammenlignende forsøk over kalifeltspat og letopløselige glimmermineraler.

Foruten disse forsøk kunde der nævnes en hel række undersøkelser, som viser, at kalifeltspat kun overmaade langsomt avgir

¹ A. DAUBRÉE, *Études synthétiques de géologie expérimentale*, Paris 1879.

² E. RAMANN, *Bodenkunde*, 3. Aufl. 1911, p. 25.

³ H. STREMMER, *Die Chemie des Kaolins*, Fortschritte der Mineralogie, Bd. 2, 1912, p. 87.

kali til jordbunden, en kalifrigjørelse, som er saa minimal, at den som regel er ved grænsen av det paaviselige, eller helt undrar sig observation.

En oversigtlig fremstilling angaaende kalifeltspatens virkning som »kaligjødning« findes i J. SEBELIEN, Læren om Gjødning, Bd. I, 1916, p. 212—218. Undersøkelser utført av J. SEBELIEN¹, L. F. NILSON, C. V. FEILITZEN. HJ. V. FEILITZEN viser, at feltspat under skandinaviske klimaforhold ikke utøver nogen nævneværdig kalivirkning, selv om den anvendes i store mængder i indtil 10 aar.

Av betydelig interesse er nu spørsmålet, om CUSHMAN's resultater (som han ogsaa selv mener) er egnet til at modificere anskuelsen om kalifeltspatens ringe gjødningsvirkning. Hans undersøkelser over indvirkningen av nøytralsalte og baser paa kalifeltspatens hydrolytiske spaltning kunde føre til den konklusjon, at man ved tilførsel av kalk eller salte til jordbunden skulde kunne paaskynde kalifrigjørelsen fra feltspat. Der foreligger undersøkelser over dette spørsmål og over gjødningsvirkningen av feltspatekstrakter.

Av megen interesse for belysning av feltspatkaliets forhold i jordbunden er BRIGG's og BREAZALES undersøkelser². Efter almindelig utbredt mening skal gjødning med kalk bevirke avspaltning av kali i jordbunden, fortrinnsvis ved baseombytning.

Denne regel blev underkastet en nærmere undersøkelse foranlediget av spørsmålet om kalkningens lønsomhet ved dyrkning av forskjellige citrusarter i Sydkalifornien. Jordbunden hvorpaa disse dyrkes er karakterisert ved indhold av pegmatitisk ortoklas. Finmalte prøver av denne jordbund blev rystet med CaSO_4 og $\text{Ca}(\text{OH})_2$ — opløsninger i forskjellige koncentrationer. $\text{Ca}(\text{OH})_2$ viste ingen indflydelse paa oppløseligheten av kaliet, CaSO_4 virket nedsættende, i økende grad med koncentrationen. Lignende forsøk med nyjord av granitisk type gav lignende resultater. Tilførsel av gips til en i nogen tid paadyrket citrus-

¹ J. SEBELIEN, Forsøg med Feltspat som Kaligjødning, Tidsskrift f. det norske Landbrug 1901, p. 70. Se ogsaa HJ. V. FEILITZEN, Die Ernährung der Pflanze, Bd. 8, 1912, p. 223.

² Journ. of Agr. Research 8, s. 21, 1921. Utnyttelse av kaliet i visse ortoklasførende jordarter under indflydelse av kalk eller gips.

jord, som var kornig og litet forvitret, satte likeledes kaliopløseligheten tilbake. Kaligehalten i hvetespirer som var vokset i et vandig ortoklasuttræk, henholdsvis ortoklas + CaSO_4 , var tilnærmeelsesvis den samme. Blev citrusjord anvendt, saa holdt spirerne i nærvær av CaSO_4 mindre kali end uten. Tilførsel av kalk viser sig ihvertfald i nævnte tilfælde meget litet formaalstjenlig med hensyn til en bedre utnyttelse av jordens kaliindhold. BR. og BR. gir ingen nærmere forklaring paa aarsaken til denne virkning paa ortoklasjorden. Det ligger nær at slutte sig til, at forholdet finder sin forklaring som et kolloidkemisk fænomen, idet kalken (eller kanskje rettere Ca^+ -ioner) naar den kommer i kontakt med og omgir hver enkelt feltspatpartikkel, deltar i omsætningen og danner en hinde av tungt oppløselige kalciumaluminiumsilikater, hvorved den yderligere forvitring og dekomponering av feltspatpartiklen retarderes. Det er meget sandsynlig at de her omtalte forhold med citrusarter paa feltspatholdig jord ogsaa kan overføres paa andre planteslag, og at de store skuffelser¹, som man kan lide ved kalkning, for en væsentlig del kan henføres til en mindskning i avgivelsen av jordens kaliforraad. Det vilde være av megen interesse at undersøke, om dette er tilfældet ogsaa under norske forhold; antagelig kunde ogsaa en rent mineralogisk kemisk undersøkelse gi fingerpek i retning av kalkningens mulige virkning. BRIGGS og BREAZALE² har ogsaa undersøkt det oppløselige feltspatkalis virkning paa planteveksten. Som CUSHMAN har paavist, hydrolyseres feltspatmolekylene av rent vand, hvorunder fremkommer en kolloidal, aluminiumrik hinde omkring hvert enkelt mineral Korn, der saaledes beskyttes mot videre indvirkning. Den fremkomne alkaliske reaktion kan paavises ved farvning av fenolftalëin.

BR. og BR. fandt i vanduttræk av finmalt ortoklas 2—9 dele kali pr. million dele vand. Forsøk med spiring av korn i denne oppløsning viste, at kalimængden heri ikke absorberes av planterne, men øiensynlig er tilstede i en kompleksbundet form. Kaliumklorid i samme koncentrationer absorberes let. Tilsæt-

¹ Sml. J. SEBELIEN, Læren om gjødsel I, s. 255.

² J. of Agricult Research, s. 615, 1921.

ning av kalk, gips og kulsyre eller kokning av oppløsningen hadde ingen indflydelse paa kaliets assimilbarhet. Først behandling ved syrer og paafølgende oksydation gjør kaliet absorberbar, likeledes filtrering gjennem et Pasteur-Chamberlands filter, som fjerner kolloider, og paafølgende oksydation. Kaliet er øiensynlig i opløst tilstand bundet saa fast ad kolloidal vei, at selv den del av feltspatkaliet, som gaar i oppløsning ikke har nogen virkning overfor planterne. Noget lignende kan muligvis gjøres gjældende overfor de mineralopløsninger, som fremkommer ved raahumusforvitring av bergarter, ihvertfald med hensyn til disses feltspatindhold.

En nærmere undersøkelse av disse og andre forhold ogsaa her i landet synes meget ønskelig, og vilde sandsynligvis ogsaa kunne føre til resultater av praktisk betydning.

Om forvitring av glimmermineraler.

Av V. M. GOLDSCHMIDT.

Dersom man gjennomgaar en større række biotitanalyser (f. eks. HINTZES og OSANNS haandbøker og i U. S. A. Geol. Surveys publikationer), vil man snart lægge merke til, at kun en del av analyserne viser en kalimængde, som svarer nogenlunde til den teoretiske biotitsammensætning, altsaa en kalimængde mellem ca. 7,5 og 10,5 0/0. I et meget stort antal analyser er der fundet betydelig mindre kali (ned til 4—5 0/0), og samtidig en høi vandgehalt, som tyder paa, at kali delvis er blit erstattet av vand. En nærmere undersøkelse av de foreliggende analyser viser, at kaliindholdet meget ofte synker til 4—5 0/0, ja endog til 2 0/0 og derunder, og at en saadan anomalt lav kalimængde som regel optræder i saadant glimmermateriale, som vi maa mistænke for at ha været gjenstand for en begyndende forvitring. Forvitringen viser sig ogsaa ofte derved, at den oprindelig brunsorte eller mørkebrune biotit antar en lysere grønlig eller brungul farvetone.

En systematisk undersøkelse over biotitens kemiske og optiske forandring under forvitringen er utført av E. ZSCHIMMER¹. Arbeidet, som er utført hos prof. G. LINCK, behandler forvitringsfænomenerne hos biotit i granit fra Ilmenau i Thüringen. Den friskeste biotit fra denne forekomst (som sikkert ogsaa allerede er sterkt forvitret) holder over 5 0/0 kali (efter fradrag av tilbandede jernmineraller), den ufriskeste under 3 0/0 kali (likeledes efter fradrag av jernmineraller).

En række meget viktige undersøkelser over biotitens forvitring er utført av K. D. GLINKA².

¹ E. ZSCHIMMER, Die Verwitterungsprodukte des Magnesiaglimmers usw. Inaug. Dissert. Jena 1898.

² K. D. GLINKA, Untersuchungen im Gebiete der Verwitterungsprocesse, Trav. Soc. Nat. St. Pétersbourg, 1906, 24, livr. 5, Referat Zeitschr. f. Krystallogr. 46, 1909, p. 282.

Han undersøkte biotitens forvitring i Sydvestrusland (Bjelaja Tzerkow, Guv. Kiew). Han fandt tre forskjellige slags forvitningsprodukter.

For det første kunde der dannes en blanding av kaolin og kvarts, denne forvitningsart maa øiensynlig paralleliseres med kalifeltspatens kaolinforvitring.

For det andet kunde biotiten gaa over til et jordagtig grønt pulver, som senere igjen blir omdannet til en kaolin-kvartsblanding.

For det tredje kunde biotiten gaa over til en kloritagtig substans.

Mens biotitens oprindelige kaliindhold var ca. 8⁰/₀, blev den ved disse forvitningsprocesser formindsket til ca. 1—3⁰/₀.

F. RINNE og hans elever har vist i en række undersøkelser¹, at biotiten i naturen ofte viser en eiendommelig omdannelse til en bladig hvit substans, som bestaar av kiselsyrehydrat og som er blit kaldt for bauerit. Dannelsen av bauerit foregaar paa den maate, at biotitens indhold av basiske bestanddele utlutes, saaledes at kun kiselsyre og nyoptat vand indgaar i det endelige omdannelsesprodukt.

Ved denne omdannelse gaar ogsaa hele kaliindholdet i oppløsning. RINNE og hans elever har ogsaa vist, at den samme proces kan utføres paa laboratoriet, naar man lar syrer indvirke paa biotit.

I litteraturen foreligger næsten ingen opgaver vedrørende forvitring av muskovit². I de almindelige mineralogiske haandbøker sies der om muskovit, at den er overordentlig motstandsdygtig mot forvitring. En kritisk gjennemgaaelse av de foreliggende muskovitanalyser synes dog at vise, at ogsaa musko-

¹ F. RINNE, Baueritisierung, ein kristallographischer Abbau dunkler Glimmer, Ber. Verh. d. k. sächs. Ges. d. Wissensch., math.-phys. Kl. 63, 1911, 441. OTTO DREIBRODT, Beitrag z. Kenntnis des diopsidführenden Brockengranits und zur Baueritisierung, Inaug. Diss., Leipzig 1912, samt flere andre avhandlingar.

² Man kunde dog nævne en avhandling av H. ARSANDAUX (Compt. rend. Paris, 149, 1909, p. 682, hvori dannelsen av kaolin paa bekostning av muskovit er beskrevet.

vitens kali i betydelig grad kan erstattes av vand, sandsynligvis ved forvittringsprocesser¹.

Vore resultater over kaliutlutning av visse muskovitvarieteter (sericit) synes ogsaa at vise, at disse næsten like let som biotit avgir kali, mens almindelig grovkrystallin muskovit er mere motstandsdygtig, omend ingenlunde helt uangripelig.

Som ogsaa allerede E. BLANCK² har fremhævet, maa vi revidere vore anskuelser over glimmermineralernes forvitring. At disse mineraler hittil har været litet paaagtet som kalikilde for vegetationen, tør specielt ha sin aarsak deri, at glimmermineralernes fysiske beskaffenhet ikke forandres meget, naar de avgir kali under forvitringen. Glimmermineralernes krystalstruktur muliggjør en betydelig baseutskiftning uten destruksjon av krystallens mekaniske beskaffenhet. Ogsaa dette har allede været paapekt av BLANCK og H. FISCHER (sml. s. 47).

Glimmermineralernes forvitring tør være et typisk eksempel paa det fænomen, som F. RINNE har definert som *krystallografischer Abbau* eller *krystallografischer Umbau*, et stofskifte uten ødelæggelse av krystallens mekaniske sammenheng.

Vi maa forestille os, at utskiftning av kali mot vand eller av kali mot andre baser ikke bare foregaar i glimmerkrystallernes overflate, men ogsaa i krystallernes dypere partier, paa lignende maate, som stofskiftet i zeoliter og i permutit. Dette gjælder specielt for biotit, men ogsaa til en viss grad muskovit.

Som ogsaa RINNE og hans elever forlængst har paavist, kan endogsaa store individer av biotit (flere mm. store blade) avgi sine baser eller endel av disse ved forholdsvis kortvarig behandling med syrer, og jeg har mange ganger hat anledning til at bekræfte denne iagttagelse.

Vi bør derfor ikke la os vildlede av den kjendsgjærning, at vi ofte finder store, tilsynelatende uforandrede glimmer-

¹ Muskovitanalyserne i HINTZES haandbok viser tildels en avtagen av kaliindholdet ned til ca. 5 % K_2O .

² E. BLANCK, Die Glimmer als Kaliquelle für die Pflanzen, und ihre Verwitterung, Journal für Landwirtschaft, 60, 1912, p. 97.

blade, selv i bergarter, som har været gjenstand for sterk forvitring eller som bestanddele av jordbunden, da disse meget vel allerede kan ha avgitt en væsentlig del av sit kaliindhold, uten at dette gir sig tilkjende i mineralets utseende.

Det vilde være meget ønskelig, om vor undersøkelse blev komplettert ved nøiagtige analyser av de forvittringsprodukter, som norske glimmermineraller gir ophav til i naturen.

Om tidligere undersøkelser over opløselig- heten av glimmermineralernes kaliindhold, og over vegetationsforsøk med glimmermineraler.

Av V. M. GOLDSCHMIDT.

Der foreligger en række undersøkelser i den mineralogiske og kemiske litteratur, som behandler spørsmålet om biotitens angripelighet ved forskjellige opløsningsmidler.

Som regel har disse undersøkelser havt til hensigt at tjene til belysning av forvitringen eller andre naturlige destruktionsprocesser.

I det følgende skal der gives en kort oversigt over resultaterne av de tidligere undersøkelser.

W. B. SCHMIDT¹ undersøkte indvirkningen av SO₂ paa en række mineraler. Han anvendte en vandig opløsning av SO₂, reaktionstiden var et aar, indvirkningen foregik ved almindelig temperatur.

Av hans resultater gjengis her:

	Oprindelig kaliindhold.	Herav opløst. ²
Biotit, Miask	7,40 0/0	85,3 0/0
Kalifeltspat (Sanidin)		
Drachenfels	8,0 0/0	0,25 0/0

Efter disse tal opløses biotitens kali over fire hundrede ganger hurtigere end feltspatens.

¹ W. B. SCHMIDT, Untersuchungen über die Einwirkung der schwefligen Säure auf einige Mineralien und Gesteine, Tschermaks Min.-petrogr. Mitt. Bd. 4, 1882, p. 1.

² Beregnet i procenter av det oprindelige kaliindhold.

FR. SICHA¹ finder, at vand under høit kulsyretryk opløser en meget væsentlig del av muskovitens kaliindhold.

Han finder at en muskovit, som oprindelig indeholdt 10,79 0/0 K₂O, ved 10 dages behandling med kulsyreholdig vand under 30 atm. kulsyretryk avgir 4,70 0/0 K₂O, altsaa næsten halvparten av hele kaliindholdet, mens kalifeltspat under de samme betingelser kun avgir ca. 6 0/0 av sit kaliindhold.

G. STEIGER² har undersøkt indvirkningen av rent vand paa forskjellige silikatminerale. Han har latt 50 cm³ vand indvirke paa 0,5 g. mineralpulver i en maaned ved 21° C., og maalte derefter vandets alkalinitet.

	Totalt alkaliindhold.	Alkalinitet.
Kalifeltspat	16,00	0,11
Muskovit	10,00	0,32
Flogopit	9,32	0,22

Ogsaa disse data viser en flerdobbelt opløselighet av glimmermineraleenes alkaliindhold, sammenlignet med alkalifeltspatens.

K. GLINKA³ undersøkte indvirkningen av klorammoniumopløsning paa kalifeltspat og paa muskovit. Ved sammenlignende forsøk fandt han, at kalifeltspat avgir 0,058 0/0 av sit kaliindhold, mens muskovit avgir 2,5 0/0.

PRIANISCHNIKOFF⁴ har utført flere forsøksrækker over saltopløsningers indvirkning paa forskjellige kaliholdige minerale.

Han finder følgende tal, hvor forsøksrækken »varm» refererer sig til 20 minutters kokning, forsøksrækken »kold» til henstand i 48 timer ved værelsetemperatur under gjentagen omrøring.

¹ FR. SICHA, Neues Jahrbuch f. Mineralogie, 1893, II, s. 353.

² G. STEIGER i F. W. Clarke, Contributions to Chemistry and Mineralogy, U. S. A. Geol. Surv. Bull. 167, 1900.

³ K. GLINKA, Studien im Gebiete der Verwitterungsprocesse, St. Petersburg 1906, p. 141, citert hos H. STREMMER, Fortschritte der Mineralogie, Bd. 2, 1912, p. 109.

⁴ Die Landwirtschaftlichen Versuchsstationen, 77, 1912, S. 399.

	Omsætning med 10 0/0 NH ₄ Cl-opløsning		Omsætning med 10 0/0 BaCl ₂ -opløsning		Totalt K ₂ O 0/0
	Opløst K ₂ O 0/0		Opløst K ₂ O 0/0		
	varm	kold	varm	kold	
Ijolith ¹	2,95	0,074	1,75	0,022	3,88
Biotit, Miask	2,85	0,063	1,47	0,017	8,7
Muskovit	2,58	0,058	1,29	0,033	10,8
Mikroklin ²	0,67	0,049	0,47	0,014	12,4
Ortoklas	0,054	0,006	0,030	—	10,5
Sandlin	0,051	0,009	0,035	0,011	11,3
Leucit	0,036	0,005	0,023	0,014	17,8

O. DREIBRODT³ fandt, at biotit blev sterkt angrebet af forskellige sure opløsningsmidler, og at den under paavirkning av disse omdannedes til kiseltsyrehydrat i bladig form, saakaldt bauerit. Han undersøkte et materiale av biotitvarietetten lepidomelan fra Langesundsfjorden, som indeholdt 5,09 0/0 kali. Efter 5 ukers behandling med kulsyreholdig vand ved 30° C. viste kaliindholdet nok saa tydelig avtagen. Ved 6 timers behandling med koncentreret saltsyre ved 80–85° C blev kaliindholdet fuldstændig opløst; likeledes ved 48 timers behandling med fortyndet svovlsyre ved almindelig temperatur.

F. MALT⁴ undersøkte indvirkningen av vand, kulsyreholdig vand og vand med kulsyre og surstof paa biotitvarietetten anomit. Mens hans materiale oprindeligen indeholdt 4,18 0/0 kali, var denne kalimængde formindsket til 3,07 0/0 efter et halvt aars behandling med rent vand ved 16° C. Kulsyreholdig vand havde i samme tids-

¹ Nefelin-biotit-bergart.

² Det kan tænkes, at den tilsyneladende forholdsvis store opløselighet av mikroklinprøven, sammenlignet med de andre varieteter av kalifeltspat, kunde skrive sig fra en muskovittilblanding (begyndende metamorfose eller forvitring).

³ O. DREIBRODT, Beitrag zur Kenntnis des diopsidführenden Brockengranits und zur Baueritisierung, Inaug. Diss. Leipzig, 1912.

⁴ F. MALT, Beitrag zur Kenntnis des chemischen Abbaus von Talk, Chlorit und Anomit, Inaug. Diss., Leipzig, 1913.

rum ladt kalimængden avta til 2,26 $\frac{0}{0}$, og vand med kulsyre og surstof til 2,32 $\frac{0}{0}$.

Forsøkene viser altsaa en betydelig opløsningshastighet ogsaa for denne glimmervarietets kaliindhold.

Et meget interessant arbeide av H. FISCHER¹ behandler spørsmålet om opløseligheten av biotitens kaliindhold.

Han fandt, at biotit fra Miask (med ca. 8 $\frac{0}{0}$ K_2O) avgir indtil 0,223 $\frac{0}{0}$ kali ved fem timers rystning med kulsyreholdig vand ved 30° C., altsaa ca. 3 $\frac{0}{0}$ av det totale kaliindhold. Under samme forsøksbetingelser avgir fonolitmél noget mere kali, hvilket staar i strid med den kjendsgjærning, at biotitens kali lettere nyttiggjøres av planterne end fonolitens.

Det er av interesse, at ogsaa FISCHER bringer opløseligheten av biotitens kaliindhold i forbindelse med biotitens evne til at avgi baseindholdet uten destruksjon av strukturen.

FISCHER trækker ogsaa den konklusjon av sine forsøk og av tidligere undersøkelser fra andet hold (PRIANISCHNIKOFF, BLANCK), at jordbund som er biotitrik, er gunstigere for vegetationens kalibehov end jordbund som indeholder tilsvarende mængder kalifeltspat og muskovit.

BIÉLER-CHATELAN² undersøkte angripeligheten av muskovit ved behandling med destillert vand, ætskalkopløsning, opløsninger av forskjellige salte og syrer. Da han ikke opgir indvirkningstiden, kan hans resultater vanskelig sammenlignes med vore, dog har man et visst holdepunkt deri at han opgir angripeligheten av kalifeltspat (ortoklas) under vistnok de samme forsøksbetingelser.

Mens kalifeltspat ved hans forsøk kun avgir 0,02 $\frac{0}{0}$ K_2O ved behandling med destillert vand, avgir muskovit 0,048 $\frac{0}{0}$.

Ved behandling med kold koncentrert saltsyre avgir muskoviten 0,29 $\frac{0}{0}$ K_2O .

¹ H. FISCHER, Über die Löslichkeitsverhältnisse der Bodenkonstituenten, Internationale Mitteilungen für Bodenkunde, Bd. 3, 1913, p. 331.

² BIÉLER-CHATELAN, Rôle des micas dans la terre arable, Compt. rend. Paris 150, 1910, p. 1132.

Man kunde endvidere nævne J. HOPPE-SEYLER'S¹ forsøk over indvirkningen av kulsyre og overophetet vanddamp paa biotit, som viser avgivelse av alkali under hans forsøksbetingelser.

Ogsaa A. JOHNSTONE'S² analyser av biotit, som har været behandlet med rent vand og med kulsyreholdig vand, synes at vise et avgjort kalitap.

Der kunde ogsaa nævnes, at vand, som er i berøring med biotit, altid reagerer tydelig alkalisk, undertiden endogsaa meget sterkt, en egenskap som forlængst er kjendt.

Selvfølgelig lar det sig ikke gjøre at dra bestemte kvantitative slutninger angaaende »opløseligheten» av mineralernes kaliindhold av disse forsøk, ti her er ikke tale om en virkelig »opløselighet» av samme art som f. eks. oppløseligheten av klor-natrium i vand av en given temperatur; men vi har her kun at gjøre med et relativt tal, som gir os den hastighet hvormed et mineralpulver avgir kali til det anvendte »opløsningsmiddel» eller rettere sagt destruktionsmiddel. Denne hastighet gir heller ikke noget direkte maal for destruksjonen av utgangsmaterialet, fordi en del av destruktionsprodukterne er uopløselige eller tungt oppløselige, og sikkerlig selv binder en del av den frigjorte kalimængde. Specielt for kalifeltspatens vedkommende er det kjendt, især ved A. S. CUSHMAN'S undersøkelser, at der ved opløsningsforsøkene dannes kolloidale lerjordssilikathydrater, som ved adsorption binder en betydelig del av den frigjorte kalimængde. De samme kolloide lerjordsilikater danner en hinde omkring feltspatkornene og hindrer derved en videregaende destruksjon.

De foreliggende tal er saaledes meget ufuldkomne, set fra et kvantitativt fysikokemisk synspunkt. De har imidlertid sin værdi naar man skal behandle mineralernes rolle som kalkkilde for jordbunden, ti her er det netop spørsmålet om at finde den kalimængde, som frigjøres i letopløselig form.

Dersom vi søker at dra kvantitative slutninger om den kalimængde, som av forskjellige destruktionsmidler frigjøres fra de enkelte mineraler, kan vi definere frigjørelshastigheten ved den del av den totale kalimængde, som er gaat i opløsning under forsøket.

¹ Zeitschr. d. D. geol. Ges. 1875, p. 515.

² A. JOHNSTONE, Qu. Journ. Geol. Soc. 45, 1889, 363.

Man kan sammenfatte de foreliggende opgaver over glimmer-mineralernes »opløselighet« sammenlignet med kalifeltspatens i den følgende oversigt. Her er kalifeltspatens opløselighet sat som enhet, ved beregningen av PRIANISCHNIKOFFS forsøk er hertil tatt middelværdien for sanidin og ortoklas, idet værdien for mikroklin synes mindre paalidelig (sml. anm. 2 s. 46; mikroklin og ortoklas er som nylig paavist av HADDING¹, ikke to dimorfe modifikationer av kalifeltspat, men adskiller sig kun ved tvillingdannelse).

Autor	Opløsningsmiddel	Tid	Kali-feltsp.	Mu-skovit	Biotit
Schmidt	12 % SO ₂ i H ₂ O, koldt	1 aar	1		421
Sicha	CO ₂ under 30 atm. i H ₂ O, koldt	10 døgn	1	7	
Glinka	NH ₄ Cl i H ₂ O		1	40	
Steiger	H ₂ O, koldt	1 maaned	1	3	2
Biéler-Chatelan	H ₂ O		1	2	
Prianischnikoff	10 % NH ₄ Cl i H ₂ O, varmt	20 min.	1	49	54
do.	10 % NH ₄ Cl i H ₂ O, koldt	2 døgn	1	8	9
do.	10 % BaCl ₂ i H ₂ O, varmt	20 min.	1	39	45
do.	10 % BaCl ₂ i H ₂ O, koldt	2 døgn	1	3	2

Sml. ogsaa forholdstillene for oppløsning i kulsyreholdig vand s. 64, hvor kvotienten kalifeltspat-biotit blir ca. 100—200, samt forsøkene med kalkmelk, s. 65.

Det samlede resultat av de hittil foreliggende eksperimentelle undersøkelser kan sammenfattes derhen, at glimmermineraleerne lettere end kalifeltspat avgir sit kali til oppløsningsmidler eller rettere sagt destruktionsmidler. I kvantitativ henseende kan de forskjellige forfatteres forsøk neppe direkte sammenlignes, da der av de enkelte iagttagere er anvendt meget forskjellige glimmervarieter, og da sikkert ogsaa kornstørrelsen spiller en viktig rolle.

Det synes at fremgaa av endel av materialet, at forskjellen mellom glimmermineraleerne paa den ene side, feltspaten paa den anden side, fremtræder desto sterkere, jo »kraftigere« oppløsnings-

¹ A. HADDING, Röntgenographische Untersuchung von Feldspat, Lunds Universitets Årsskrift, N. F. Avd. 2. Bd. 17, No. 6, 1921.

midler der er anvendt, altsaa jo større del av totalkalimængden der er bragt i opløsning. Der maa imidlertid tages med i betragtning, at feilkilderne (saasom kali fra glaskarrene) gjør sig mest gjældende ved de forsøk, ved hvilke kun smaa kalimængder er bragt i opløsning, saaledes at vi ikke endnu kan dra nogen sikker slutning om dette spørsmal. Hvad som angaar den relative utlutningshastighet for kalifeltspat og biotit ved naturlig forvitring under skandinaviske klimaforhold, saa antar jeg, at denne som regel tør ligge mellem grænserne 1 : 2 og 1 : 200.

Man kan forsøke at indordne de forskjellige kalimine-
raler i en bestemt rækkefølge, ordnet efter deres
evne til at avgi kali, som kan tilgodegjøres av vegetationen.
Rækkefølgen vil naturligvis til en viss grad være avhengig av
den specielle forvitningsart og av de klimatiske betingelser. For
nordeuropæiske forhold tør følgende rækkefølge gjælde:

1. Kalifeltspat.
2. Muskovit (grovkrySTALLIN).
3. Lerkolloid (i lerskifer).
4. Leucit.
5. Muskovit (sericit).
6. Glaukonit.
7. Biotit, Nefelin.

Der foreligger allerede fra forskjellige forskere undersøkelser ved direkte vegetationsforsøk over glimmermineralernes betydning som kalikilde for planteveksten. Disse forsøk, som er utført av PRIANISCHNIKOFF, BIÉLER-CHATELAN og BLANCK, fører overensstemmende til det resultat, at glimmermineralers kaliindhold i betydelig høiere grad end kalifeltspatens er tilgjængelig for planterne.

PRIANISCHNIKOFF¹ har undersøkt en række kalimine-
raler, nemlig kalifeltspat, kaliholdig nefelin, ijolith (en berg-

¹ D. PRIANISCHNIKOFF, Feldspat und Glimmer als Kaliquellen, Die landwirtschaftlichen Versuchsstationen, Bd. 63, 1906, S. 152, se ogsaa S. 479.
D. PRIANISCHNIKOFF, Vegetationsversuche mit verschiedenen kalihaltigen Mineralien. Die landwirtschaftlichen Versuchsstationen, Bd. 77, 1912, S. 400.

art indeholdende nefelin og biotit) apophyllit, muskovit og biotit.

I det første arbeide sammenligner PRIANISCHNIKOFF virkningen av kalifeltspat, apophyllit og muskovit. Han finder, at kalifeltspat praktisk talt er helt uten indvirkning, apophyllit viser efter hans forsøk en svak indvirkning, og muskovit gir tydelig virkning som kaligjødning. Det viser sig av hans forsøk, at en rikelig muskovittilsætning til en sandkultur i høi grad befordrer planteveksten.

I det andet arbeide sammenlignes nefelin og nefelin-biotitbergarten og muskovitskifer med ren nefelin (elæolit), ren biotit, ren muskovit, samt forskjellige varieteter av kalifeltspat (mikroklin, ortoklas og sanidin). Desuten undersøktes de to zeoliter apophyllit og phillipsit. Resultatet er for det første, at alle varieteter av kalifeltspat vistest at være praktisk talt uten indvirkning. Ogsaa virkningen av ren elæolit, leucit, apophyllit var meget liten. Noget bedre virkning vistest av muskovit og phillipsit. Den bedste virkning blev opnaadd med nefelin-biotitbergarten, muskovitskiferen¹ og ren biotit. Ved anvendelse av nefelin-biotitbergarten og av biotit fra Miask kunde der produceres avlinger av samme størrelsesorden som med kaliumklorid, imidlertid maatte der anvendes den flerdobbelte (ottedobbelte) kalimængde i silikatform for at komme nogenlunde nær opimot kaliumkloridets virkning. Der var dog forskjelligheter mellem forskjellige biotitvarieteter, idet en biotit fra Ilmenfjeldene gav betydelig svakere virkning.

BIÉLER-CHATELAN² undersøker virkningen av muskovit paa planteernæringen. Han finder at muskovitpulver kan avgi kali til planterne, og drar herav den slutning at glimmermineraleerne kan være av betydning som kalikilde i jordbunden.

¹ At muskovitskifer viser sig relativt gunstigere end ren muskovit kan, som ogsaa PRIANISCHNIKOFF oplyser, skrive sig fra at man ved formalingen av den kvartsholdige muskovitskifer faar et mere finkornet muskovitprodukt end ved formaling av ren muskovit. Det kunde ogsaa tænkes, at muskoviten i skiferen forelaa i form av sericitvarietetten.

² BIÉLER-CHATELAN, Rôle des micas dans la terre arable, *Compt. rend. Paris*, 150, 1910, p. 1132.

Ogsaa SAMOJLOFF¹ fandt ved et vegetationsforsøk en betydelig overlegenhet av biotit over kalifeltspat (sanidin).

H. G. SODERBAUM² fandt, at Stockholmsgranit som indeholder glimmermineraller, kan avgi kali til vegetationen.

BLANCK³ finder, at baade muskovit og biotit formaar at avgi kali, som kommer planteveksten tilgode.

BLANCKS arbeide er meget viktig, da han med kjendskap til det dengang foreliggende erfaringsmateriale og støttet paa egne vegetationsforsøk, som den første drar den bestemte slutning, at glimmerminerallerne er en bedre kalikilde for planterne end kalifeltspat. Ogsaa hans anskuelser angaaende kaliavgivelsens mekanik tør være meget berettigede. Likeledes har han ved sine vegetationsforsøk uomtvistelig vist, at biotit er bedre end muskovit som kalikilde for vegetationen.

Hvilke slutninger kan vi nu trække av disse resultater.

Baade PRIANISCHNIKOFFS, BIÉLER-CHATELANS, SAMOJLOFFS og BLANCKS vegetationsforsøk støtter den opfatning, at glimmerminerallerne er lettere tilgjengelig for planterne end kalifeltspatens. Forsaavidt forsøkene ogsaa omfatter biotit viser de, at biotit eller ialfald visse arter av biotit stiller sig gunstigere end muskovit.

Under mellemeuropæiske, sydeuropæiske og tropiske klimatforhold forvitrer imidlertid ogsaa kalifeltspat forholdsvis hurtig, saaledes at planternes kalibehov i naturlig jordbund under disse forhold sandsynligvis for en større del dækkes av kali, som direkte eller indirekte skriver sig fra feltspat.

¹ J. SAMOJLOFF, *Über die mineralogische Bedeutung der Vegetationsversuche*, *Centralbl. f. Mineralogie*, 1910, S. 261.

² H. G. SÖDERBAUM, *Redegjörrelse för några under sommaren 1912 utförda vegetationsförsök*, *Meddelande No. 71 från Centralanstalten för försöksväsenet på jordbruksområdet*, 1912, p. 14—17.

³ E. BLANCK, *Die Glimmer als Kaliquelle für die Pflanzen, und ihre Verwitterung*, *Journal für Landwirtschaft*, 60, 1912, S. 97.

Anderledes stiller det sig i det nordlige Europa, hvor kalifeltspatens forvitring sikkerlig spiller en langt mere underordnet rolle end længer sydpaa (konf. kapitlet om feltspatens forvitring). Her vil glimmermineralernes forsprang fremfor feltspaten kunne være av meget stor betydning for planteveksten. Hertil kommer for Norges vedkommende, at fjeldgrunden her er forholdsvis rik paa let opløselige glimmerminerale (biotit og sericit).

Valg av materiale til utlutningsforsøkene.

Av V. M. GOLDSCHMIDT.

Til undersøkelser vedrørende oppløsningshastigheten av glimmermineralernes kaliindhold valgtes materialet efter følgende synspunkter.

For det første ansaa jeg det for hensigtsmessig at undersøke rent og frisk materiale av de viktigste glimmertyper.

Hertil valgtes følgende typer¹:

Lepidomelan fra nefelinsyenitpegmatit, Langesundsfjorden.

Biotit fra granitpegmatit, Tveit, Iveland, Sætersdalen.

Flogopit fra apatitforekomsten, Ødegaarden, Bamle.

Muskovit fra granitpegmatit, Karlshus, Raade.

For det andet maatte der ogsaa gjøres forsøk med bergarter, som indeholdt biotit og muskovit.

Hertil valgtes:

En albitførende glimmerskifer fra vestenden av øen Sokn i Boknfjorden litt nord for Stavanger. Denne skifer indeholder biotit som det helt overveiende kalimineral, desuten en underordnet mængde muskovit. Bergarter av denne type er tidligere beskrevet av mig². I det følgende skal denne skifer betegnes som albit-biotit-skifer, Stavanger.

En middelpøve av biotit-muskovit-skifre fra Trondhjemsfeltet. Pøven indeholdt gjennemgaaende noget mere biotit end muskovit. I det følgende skal denne skifer betegnes som biotit-muskovit-skifer, Trondhjemsfeltet³.

Videre ansaa jeg det ønskelig at faa gjort forsøk med saadanne skifre (fylliter), hvis kaliindhold i sin helhet var bundet i form av finskjøllet muskovit), da ogsaa saadanne skifre har en betydelig utbredelse i Norge. Hertil valgtes følgende pøver:

En gjennemsnittspøve av granat-klorit-sericit-skifer (fyllit) fra Stavanger rektangelblad. Bergarterne er tidligere blit ind-

¹ Der blev lagt særlig vekt paa at vælge helt uforvitret materiale.

² Videnskapselskapets Skrifter, M.-N. Kl. 1920. No. 10.

³ Bergarter av denne type er tidligere beskrevet av mig i Vid.-Selsk. Skr. M.-N. Kl. 1915. No. 10.

gaaende beskrevet av mig (se anm. 2 s. 54). I det følgende skal prøven betegnes som sericit-fyllit, Stavanger.

En gjennemsnittsprøve av klorit-sericit-skifer (fyllit) fra Rennebu rektangelblad, Trondhjemsfeltet. Angaaende bergart-beskrivelse (se anm. 3 s. 54). I det følgende skal prøven betegnes som sericit-fyllit, Rennebu.

Endelig gjordes ogsaa nogen enkelte forsøk med en lerskifer, hvis kolloidgrundmasse viser begyndende omdannelse til et meget finskjælet sericitaggregat. Hertil valgtes en ogygiaskifer fra Ringsaker (prøven er mottat gjennom professor Dr. O. HOLTE-DAHL). Prøven skal i det følgende betegnes som skifer, Ringsaker.

Samtlige prøver blev finknust bedst mulig til forsøkene. Albit biotit-skiferen fra Stavanger blev malt i kulemølle, de øvrige prøver i agatriveskaal.

Glimmermineralernes mekaniske egenskaper vanskeliggjør en vidtgaaende finknusning av rent grovkrystallint glimmermateriale. Derfor forelaa de fire førstnævnte prøver i en noget grovere pulverform end de undersøkte glimmerførende bergarter.

Det undersøkte materiale skulde gi en typisk repræsentation av de glimmervarieteter, som er av betydning i norske bergarter.

Biotitmineralerne i sure og mellemsure eruptivbergarter, saasom graniter, syeniter etc. skulde være repræsentert ved lepidomelan og ved pegmatit-biotiten.

De samme glimmermineraler, spesielt pegmatit-biotiten tør ogsaa være repræsentative for sure og mellemsure gneisbergarter.

Flogopiten fra Bamle skulde være en typisk repræsentant for biotitmineralerne i magnesiarike gabbroide bergarter, en i og for sig langt mindre hyppig glimmertype end de to førstnævnte.

Muskoviten fra Raade er typisk for den forholdsvis grovkrystalline lyse glimmer i graniter, gneiser og grove glimmerskifre. Som man vil se av forsøksresultatene, er denne glimmervarietet den mindst angripelige blandt alle de undersøkte prøver. Kun en brøkdel av kaliindholdet frigjøres ved forsøkene.

Dette resultat stemmer med den gjængse opfatning om, at grovkrystallin muskovit er det mest resistente blandt glimmer-

mineralerne, om end ogsaa denne muskovits motstandsdygtighed er betydelig mindre end kalifeltspatens.

Den albitførende glimmerskifer fra Stavangerfeltet er en repræsentant for overgangstyperne mellem glimmerskifer og gneis. Bergarter av denne type er særlig utbredt i det nordlige Norges kambrosiluriske omraader, og sikkerlig ogsaa i det sydlige Norges grundfjeld.

Forsøksresultaterne viser, at tilgjængeligheten av denne skifers kaliindhold staar i fuld overensstemmelse med de resultater, som biotit og lepidomelan har gitt, det vil si, at kaliindholdet for den væsentligste del kan bringes i opløsning selv ved en meget lempelig kemisk paavirkning.

Middelprøven av biotit-muskovit-skifre fra Trondhjemsfeltet repræsenterer de typiske glimmerskifre fra de store metamorfe omraader av kambrosiluriske skifre. Som før nævnt indeholder denne skifer noget mere biotit end muskovit. Det er bemerkelsesværdig, at de store tal for frigjort kalimængde tyder paa, at ikke bare biotiten i denne skifer er letangripelig, som ventelig kan være, men at ogsaa muskoviten maa kunne avgi en betydelig del av sit kaliindhold.

De to prøver av sericit-fyllit er valgt som repræsentanter for de finskjælede fyllitbergarter, hvis kaliglimmer findes i form av sericit-varieteteten. Stavangerbergarten er den forholdsvis mest grovkrystalline type blandt disse, dens kaliglimmer staar paa grænsen mellem varietetene muskovit og sericit. Rennebu-bergartens glimmer er en typisk sericit. I overensstemmelse hermed synes det at fremgaa av utltningsresultaterne, at Stavanger-sericit-fyllitens kali er mindre let tilgjængelig end Rennebu-bergartens. Sericiten i den sidstnævnte bergart synes at avgi sit kaliindhold omtrent like let som biotit gjør det. Dette er av betydelig interesse, da saadanne sericitfylliter er meget utbredt, specielt i Valdres, samt i visse dele av Trondhjemsfeltet (især i strøket Rennebu—Støren—Strinden).

Den sidste prøve, skiferen fra Ringsaker, er en overgangsbergart mellem de umetamorfe lerskifre (med kolloidgrundmasse) og sericitfylliterne. Efter denne beskaffenhet skulde man vente, at størstedelen av kaliindholdet kan frigjøres ved behandling med koncentrerte syrer, da disse destruerer kolloidsubstansen,

mens en behandling med tynde syrer kun skulde gi et daarlig kaliutbytte (paa grund av kolloidgrundmassens egenskaper). De faa utførte forsøk synes at staa i overensstemmelse med denne opfatning.

Som helhet viser forsøksresultaterne, at alle biotitmineraler let avgir sit kaliindhold. Likeoverfor behandling med syrer og nøitralsalte stiger biotitmineralernes angripelighet som regel med stigende jernindhold. Ogsaa biotitførende bergarter avgir let den del av kaliindholdet, som er bundet i biotit.

Muskovit i grovkrystallin form avgir kaliindholdet kun for en dels vedkommende, mens biotit ved samme behandlingsmaate avgir alt kali. Den finskjællede muskovitvarietet (sericit) kan dog avgi kali i næsten samme utstrækning som biotit under samme forsøksbetingelser.

Forsøksresultaterne viser, at de glimmerarter, som er mest almindelige i norsk fjeldgrund, avgir kali like let, som de gunstigste glimmerarter som er omtalt s. 44—50.

Kemiske undersøkelser over ekstraktion av glimmermineralers kaliindhold.

Av E. JOHNSON.

Kaliindholdet i undersøkelsesmaterialet.

Utgangsmaterialets totale kaliindhold blev bestemt dels ved opslutning efter LAWRENCE SMITH's bekjendte metode, dels efter JACKSON-MORGAN's flussyre-perkloratmetode¹. Den sidstnævnte førte ikke altid til brukbare resultater (se nedenfor). De nedenanførte tal betyr procenter K_2O i lufttørt materiale.

Materialets kaliindhold	etter L. S.	etter J.-M.	Anvendt tal.
Lepidomelan, Langesundsfj...	9,18	8,81 (6,81 ²)	9,18
Biotit, Sætersdalen	9,59	9,88 (8,06 ²)	9,59
Flogopit, Bamle	7,91	8,20	8,20
Muskovit, Raade	8,06		8,06
Albit-biotit-skifer, Stavanger .	3,20	3,09	3,15
Biotit-muskovit-skifer, Trond- hjemfeltet'	3,67	(4,87 ³)	3,67
Sericit-fyllit, Stavanger	4,80		4,80
Sericit-fyllit, Rennebu	2,81	(3,85 ³)	2,81
Skifer, Ringsaker	4,75	(6,00 ³)	4,75

Forsøk med koncentrert saltsyre.

Ved forsøket blev 5 g. av materialet behandlet ved kokning i koncentrert saltsyre i fire timer. Opløsningens kaliindhold blev bestemt ved fældning som kaliumperklorat.

Tallene angir den i oppløsningen fundne K_2O -mengde, uttrykt i procenter av materialets vekt og i procenter av materialets totale kaliindhold.

¹ Om analysemetoderne blir nærmere opplysninger git i et senere avsnit, s. 67—72.

² For høy temperatur ved avdampningen. Utskilt fint fordelt jernoksyd, bundfald delvis gjennom filtret.

³ Meget langsom opplutning. Bundfald mørkfarvet, langsomt filtrerbart, gav titanreaktion.

Kokende koncentreret saltsyre, 4 timer.

	Opløst K_2O	
	$\%$ av materialet.	$\%$ av totalt K_2O .
Lepidomelan, Langesundsfjorden .	9,20	100
Biotit, Sætersdalen	8,97	93,5 ¹
Flogopit, Bamle	8,20	100
Muskovit, Raade	1,66	20,6
Albit-biotit-skifer, Stavanger	1,73	54,9
Biotit-muskovit-skifer, Trond- hjemsfeltet	2,72	74,1
Sericit-fyllit, Stavanger	0,48	10,0
Sericit-fyllit, Rennebu	1,99	70,8
Skifer, Ringsaker	2,99	62,9

Resultatet viser, i overensstemmelse med hvad som er kjendt fra tidligere forsøk, at alle varieteter av biotit avgir sit kaliindhold ved behandling med koncentreret varm saltsyre. Ogsaa biotit-rike bergarters kaliindhold kan for størstedelen ekstraheres paa denne maate. Ren muskovit avgir en femtedel av sit kaliindhold ved samme behandlingsmaate. Finskjælet muskovit (sericit) som bergartbestanddel synes at vise endel variation med hensyn til kaliindholdets tilgjængelighet, dog har to av prøverne avgit over halvdelen av sericitens kaliindhold.

Forsøk med fortyndet saltsyre.

Forsøksrække A.

Ved forsøkene blev 5 g. av materialet behandlet ved almindelig temperatur ($16^{\circ}C.$) med 500 cm.³ halvnormal saltsyre, altsaa saltsyre indeholdende 18,2 g. HCl pr. liter.

Forsøkene blev utført under stadig omrystning (rystemaskine).

Opløsningens kaliindhold blev bestemt dels ved fældning som kaliumperklorat, dels efter koboltnitritmetoden (konf. s. 70—71).

¹ I en foreløbig meddelelse om forsøksresultaterne er ved feilberegning opført 95^{0/0}, ogsaa enkelte av de andre tal i den foreløbige meddelelse maa av samme grund undergaa mindre korrektioner.

(V. M. GOLDSCHMIDT).

	Tid.	Opløst K_2O	
		$\%$ av materialet.	$\%$ av totalt K_2O .
Lepidomelan, Langesunds-fjorden	3 timer	2,36	25,7
— » —	3 døgn	5,12	55,8
Biotit, Sætersdalen . . .	3 timer	0,918	9,6
— » —	3 døgn	3,08	32,0
Flogopit, Bamle	3 timer	0,383	4,7
— » —	3 døgn	0,927	11,3
Muskovit, Raade	3 døgn	0,408	5,1
Biotit-muskovit-skifer, Trondhjemfeltet . .	1 døgn	0,759	20,7
Sericit-fyllit, Rennebu	1 døgn	0,617	22,0
Skifer, Ringsaker	1 døgn	0,201	4,2

Forsøkene viser større opslutningshastighet for jernrike biotitmineraler end for jernfattige. Kali-ekstraksjonen fra muskovit er igjen meget mindre end fra biotit.

Forsøkene med de tre bergarter gir resultater, som kan paralleliseres med de tal, som man faar for ekstraksjon med koncentrert saltsyre.

Forsøksrække B.

En række forsøk med saltsyre av samme koncentration som i forsøksrække A blev fortsat gjennom et længere tidsrum.

Der anvendtes 5 g. av materialet i 500 cm.³ saltsyre av 1,82 $\%$. Forsøksstemperatur 16 ° C., rystning med rystemaskine.

For at holde saltsyrens koncentration nogenlunde konstant under forsøket, fulgtes følgende fremgangsmaate. Til hver analyse blev der uttatt 250 cm.³ av oppløsningen, og 250 cm.³ ny halvnormal saltsyre tilsatt til videre ekstraksjon. Av de 250 cm.³ ekstrakt anvendtes 50 cm.³ til analysen.

Kali er bestemt efter koboltnitritmetoden.

	Tid.	Opløst K_2O	
		$\%$ av materialet.	$\%$ av totalt K_2O .
Lepidomelan, Langesunds-fjorden	2 døgn	4,32	47,1
— » —	8 døgn	6,28	68,4
— » —	19 døgn	6,87	74,8

	Tid.	Opløst K ₂ O	
		0/0 av materialet.	0/0 av totalt K ₂ O.
Biotit, Sætersdalen . . .	2 døgn	1,87	19,5
—*—	8 døgn	3,88	40,5
—*—	19 døgn	4,34	45,3
—*—	33 døgn	5,57	58,1
Flogopit, Bamle	8 døgn	0,796	9,7
—*—	19 døgn	1,19	14,5
—*—	33 døgn	1,65	20,1
Albit-biotit-skifer, Stavanger	2 døgn	1,04	33,0
—*—	8 døgn	1,22	38,7
—*—	19 døgn	1,28	40,6
—*—	33 døgn	1,33	42,2

Forsøkene viser, at ekstraktionshastigheten avtar efterhvert, at altsaa de første andele av biotitens kaliindhold ekstraheres lettere end de sidste.

Videre viser forsøkene, at selv en saa fortyndet saltsyre som 1,82 0/0 utluter over halvparten av jernrikere biotiters kaliindhold i løpet av en maaned, mens angripeligheten av flogopit er betydelig mindre.

Forsøk med citronsyre og med citronsyre-kalciumklorid.

Forsøksrække A.

Forsøkene blev utført paa samme maate, som forsøksrække A med fortyndet saltsyre. Til forsøkene anvendtes 2 0/0 citronsyreopløsning, ved almindelig temperatur.

Kali er fældt som kaliumperklorat.

	Tid.	Opløst K ₂ O	
		0/0 av materialet.	0/0 av totalt K ₂ O.
Lepidomelan, Lange- sundsfjorden	1 døgn	0,423	4,6
Biotit, Sætersdalen . . .	1 døgn	0,318	3,3
—*—	5 døgn	0,340	3,6
Flogopit, Bamle	1 døgn	0,097	1,2

Forsøkene viser, at citronsyre, som jo er en meget svakere syre end saltsyre, under ellers like forhold frigjør betydelig mindre kali end saltsyren. Rækkefølgen for de tre biotitvarieteter er den samme som ved forsøkene med fortyndet saltsyre.

Forsøksrække B.

Forsøkene blev utført paa samme maate, som forsøksrække B med fortyndet saltsyre. Til forsøkene anvendtes igjen 5 g. mineral og 500 cm.³ 2 0/0 citronsyreopløsning; efter uttagning av hver analyseprøve paa 250 cm.³ efter 2, 8 og 19 døgn tilsattes igjen den tilsvarende mengde citronsyreopløsning.

Kali er bestemt efter koboltnitritmetoden.

	Tid.	Opløst K ₂ O	
		0/0 av materialet.	0/0 av totalt K ₂ O.
Albit-biotit-skifer,			
Stavanger.....	2 døgn	0,292	9,3
— » —	8 døgn	0,374	11,9
— » —	19 døgn	0,660	21,0
— » —	33 døgn	0,766	24,3

Forsøket viser igjen, at utlutningshastigheten avtar, efterat de første andele av kaliindholdet er fjernet.

Forsøksrække C.

Forsøkene blev utført som hos forsøksrække B, dog med den forskjel, at der anvendtes 2 0/0 citronsyre tilsat kalciumklorid (20 g. krystallisert kalciumklorid, CaCl₂ · 6 H₂O, pr. liter) for at undersøke, om tilsætning av et nøitralsalt beforderer utlutningen.

	Tid.	Opløst K ₂ O	
		0/0 av materialet.	0/0 av totalt K ₂ O.
Albit-biotit-skifer,			
Stavanger.....	2 døgn	0,760	24,1
— » —	8 døgn	0,850	27,0
— » —	19 døgn	1,17	37,1
— » —	33 døgn	1,58	50,2

Forsøkene viser, at tilsætning av et nøitralsalt omtrent fordobler utlutningshastigheten.

Forsøk med kulsyre, og med kulsyre + kalciumklorid.

Forsøksrække A.

Forsøkene blev utført saaledes, at 5 g. av materialet blev utrystet med 500 cm.³ vand under gjennemledning av kulsyre (under et overtryk av 10 cm. vandsøile). Forsøkene blev utført ved almindelig temperatur.

Kali er bestemt efter koboltnitritmetoden.

	Tid.	Opløst K ₂ O	
		% av materialet.	% av totalt K ₂ O.
Lepidomelan, Lange-			
sunds fjorden	4 døgn	0,181	2,0
—»—	8 døgn	0,243	2,7
Albit-biotit-skifer,			
Stavanger	4 døgn	0,175	5,6
—»—	8 døgn	0,219	7,0

Forsøkene viser en ikke helt ubetydelig opløselighet ogsaa i en saa svak syre som kulsyreholdig vand.

Forsøksrække B.

Til hvert forsøk blev 5 g. materiale anvendt i 500 cm.³ vand, kulsyreovertryk 10 cm. vandsøile. Til hver analyse blev 250 cm.³ opløsning uttat, hvorav 200 cm.³ anvendtes til analysen, samtidig blev 250 cm.³ vand tilsat. Der anvendtes et andet rysteapparat til denne forsøksserie, rystningen er ikke fuldt saa intens som ved forrige serie, utlutningstallene for lepidomelan er derfor noget lavere.

Kali er bestemt efter koboltnitritmetoden.

	Tid.	Opløst K ₂ O	
		% av materialet.	% av totalt K ₂ O.
Lepidomelan, Lange-			
sunds fjorden	5 døgn	0,179	2,0
—»—	11 døgn	0,235	2,6
—»—	25 døgn	0,250	2,7
Biotit, Sætersdalen . . .	5 døgn	0,419	4,4
—»—	11 døgn	0,444	4,6
—»—	25 døgn	0,515	5,4

	Tid.	Opløst K_2O	
		$\%$ av materialet.	$\%$ av totalt K_2O .
Flogopit, Bamle	5 døgn	0,137	1,7
— » —	11 døgn	0,192	2,3
— » —	25 døgn	0,208	2,5
Albit-biotit-skifer,			
Stavanger	5 døgn	0,144	4,6
— » —	11 døgn	0,163	5,2
— » —	25 døgn	0,180	5,7

Ogsaa disse forsøk viser sterk avtagende oppløsningshastighet efterat de første andele av kaliindholdet er fjernet.

Det er av interesse at sammenligne indvirkningen av kulsyremettet vand paa glimmermineraller med indvirkningen av samme oppløsningsmiddel paa kalifeltspat. Et nøiagtig tilsvarende forsøk med kalifeltspat er utført av v. FEILITZEN d. æ. (citert hos J. SEBELIEN, Læren om gjødsel, Bd. I, 1916, p. 213). En maanedes utrustning med kulsyremettet vand frigjorde kun 0,029 $\%$ av feltspatens kaliindhold. Glimmerminerallerne kali frigjøres altsaa 100—200 ganger hurtigere end feltspatens kali ved utrustning med kulsyremettet vand.

Forsøksrække C.

Forsøkene blev utført som hos række B, dog med tilsætning av 20 g. krystallisert kalciumklorid pr. liter.

Kali er bestemt efter koboltnitritmetoden.

	Tid.	Opløst K_2O	
		$\%$ av materialet.	$\%$ totalt av K_2O .
Lepidomelan, Lange-			
sundsfjorden	5 døgn	0,526	5,7
— » —	11 døgn	0,583	6,4
— » —	25 døgn	0,803	8,7
Albit-biotit-skifer,			
Stavanger	5 døgn	0,376	11,9
— » —	11 døgn	0,426	13,5
— » —	25 døgn	0,578	18,3

Forsøkene viser, at tilsætning av et nøytralsalt omtrent tredobler utlutningshastigheten.

Forsøk med kalkhydratopløsning.

Forsøkene blev utført paa følgende maate. Prøverne henstod ved almindelig temperatur under jevnlig omrystning; der benyttedes 5 g. materiale, 10 g. $\text{Ca}(\text{OH})_2$, 500 cm^3 vand. Efterat 200 cm^3 var uttat til analyse, paafyldtes atter 200 cm^3 rent vand.

Kali er bestemt efter koboltnitritmetoden.

	Tid.	Opløst K_2O	
		$\%$ av materialet.	$\%$ av totalt K_2O .
Lepidomelan, Lange-			
sunds fjorden	10 døgn	0,126	1,4
— » —	38 døgn	0,266	2,9
Flogopit, Bamle	13 døgn	0,363	4,4
— » —	40 døgn	0,55	6,7
Albit-biotit-skifer,			
Stavanger	10 døgn	0,140	4,4
— » —	38 døgn	0,246	7,8
Sericit-fyllit, Stavanger	13 døgn	0,070	1,5
— » —	40 døgn	0,185	3,8

Forsøkene viser, at ogsaa alkaliske opløsninger kan ekstrahere en del av glimmernes kaliindhold. Det er værdt at lægge merke til, at rækkefølgen mellem lepidomelan og flogopit er den omvendte av den, som blev iagttaget ved syreforsøkene. Grunden hertil kan være den, at jernindholdet i jernrik glimmer ved utlutning i alkalisk væske danner en hinde av jernhydroksyd omkring glimmerpartiklerne.

Av interesse er en sammenligning med C. V. FEILITZEN'S¹ forsøk over indvirkning av kalkmelk paa kalifeltspat. Kalifeltspat (med 11,18 $\%$ K_2O) avgir ved en maanedes utrustning med ca. enprocentig kalkmelk 0,6 $\%$ av sit kaliindhold. Feltspatens kaliindhold frigjordes altsaa 5—13 ganger langsommere end glimmernes kali ved vore forsøk med 2 $\%$ kalkmelk.

Forsøk med klornatriumopløsning.

Forsøkene blev utført saaledes, at 2,5 g. av materialet koktes i 10 timer med 100 cm^3 koncentrert koksaltopløsning. Mineral-

¹ Citert hos HJ. V. FEILITZEN, Die Ernährung der Pflanze, Bd. 8, 1912, s. 225.

pulveret blev derefter frafiltret, utvasket, tørret og siden benyttet til kalibestemmelse (efter perkloratmetoden)¹.

	Oprindelig kaliindhold.	Efter utlutning.	Opløst K ₂ O.
Lepidomelan, Langesunds fj. . .	9,18	6,94	2,24
Biotit, Sætersdalen	9,59	9,25	0,34
Flogopit, Bamle	8,20	8,02	0,18

Kun lepidomelan viste saaledes et absolut sikkert kalitap, svarende til 24,2⁰/₀ af det totale kaliindhold, for de to andre varietetes vedkommende ligger tallene for kalitapet endnu indenfor mulige forsøksfeil.

Til forsøkene blev anvendt kar av Jenaglas, kvarts eller platin. Tilledningsrøret for kulsyren bestod av kvarts.

Det anvendte Jenaglas (SCHOTT) avgir ved fire timers kokning med 100 cm.³ konc. saltsyre kun 1,8 milligram substans, væsentlig kiselsyre og flerværdige metallers oksyder.

¹ Denne fremgangsmaate valgtes for at undgaa feil, som kunde skrive sig fra et eventuelt tilstedeværende kaliindhold i koksaltet, imidlertid gir den intet absolut entydig billede av kali-utlutningen, da residuets procentvise kaliindhold ogsaa forskyves ved utlutning av andre bestanddele og ved eventuel optagelse av vand og natron (V. M. GOLDSCHMIDT).

Om kvantitativ bestemmelse av kali.

Av E. JOHNSON.

For de systematiske undersøkelser, som kali-spørsmålet særlig i de sidste aar har git og gir anledning til, vil selvfølgelig en hurtig, sikker og billig bestemmelsesmetode for kalium i de forskjellige silikatholdige raa- og fabriktionsprodukter ha sin store betydning. Nedenfor skal derfor gis et resumé av de nyere metoder, som har faat anvendelse og som betyr en lettelse i forhold til tidligere benyttede.

Av disse sidste er særlig FINKENERS¹ metode meget paa-lidelig og forholdsvis rask at utføre. Som bekjendt fældes kalium direkte med platinklorvandstofsyre, uten at man paa forhaand har fjernet andre metaller eller svovlsyre. Det fra-filtrerte bundfald, bestaaende av kaliumplatinklorid indeholdende salte av andre eventuelt tilstedeværende metaller, utglødes i vandstof. Kaliumplatinklorid utreduceres til platin og kalium-klorid. Dette sammen med de andre forurensende, oppløselige salte utvaskes og det tilbakeblevne metalliske platin multiplisert med 0,4811 gir kalium som K_2O .

De uundgaaelige tap av platin, som vil finde sted i tek-niske laboratorier trods omhyggelig regeneration, vil gjøre at man foretrekker at arbeide med billigere reagenser, som per-klorisyre. Den for anvendelsen av dette reagens sedvanlig nød-vendige fremgangsmaate er ihvertfald for bergarters og cement-raastoffes vedkommende temmelig omstændelig, selv om man kombinerer den med LAWRENCE SMITHS opslutningsmetode² eller KRISHNAYAS modifikation av flussyremetoden³.

Imidlertid fandt J. J. MORGAN⁴ at i opslutningsproduktet av bergartsprøver m. m. med flussyre lar de erholdte fluorider

¹ TREADWELL: *Analyt. Chemie*, II, s. 41.

² JACKSON og MORGAN, *Journ. of Ind. Eng. Chem.* 13, 1921, s. 110.

³ *Chem. News* 107, 1913, s. 100.

⁴ *Journ. of Ind. Eng. Chem.* 13, 1921, s. 225.

sig overføre til perklorater ved avrykning med perklorisyre, fuldstændig i analogi med svovlsyrens indvirkning. De erholdte perklorater er som vist av SCHOLL¹, alle let opløselige i alkohol og lar sig efter MORGAN utvaske efterladende rent kaliumperklorat. Følgende fremgangsmaate blev utarbeidet:

0,3—0,6 g. av den silikatholdige prøve dekomponeres i en platinskaal under omrystning med overskudd av flussyre ved værelsetemperatur. Overskuddet fjernes ved inddampning til tørhet paa sandbad ved lav temperatur. Ca. 25 cm.³ 3 N. salt-syre tilføies og der opvarmes indtil alt undtagen smaa mængder av kalciumfluorid er opløst. Et overskud, ca. 10 cm.³ 10 0/0 perklorisyre, tilføies, og inddampningen fortsættes paa sandbad indtil tætte, hvite dampe av perklorisyre fremkommer. Man kan nu la residuet henstaa til tørhet over natten paa sandbad under regulering av temperaturen, saa denne ikke stiger saa høit, at noget av de dannede perklorater dekomponeres (130°). Residuet tages op med varmt vand, i hvilket alt, undtagen eventuelle smaa mængder kalciumfluorid, skal gaa i opløsning; 1—2 cm.³ perklorisyre tilføies og inddampning til hvite dampe gjentas. I tilfælde der viser sig uopløselig kalciumfluorid gjentas for sikkerhets skyld operationen. I almindelighet er det ikke nødvendig at inddampe mere end to ganger. Residuet fra den endelige inddampning henstaa til fuldstændig avkjøling. Derpaa tilsettes 20 cm.³ alkohol (97—98 0/0 tilsat 1 cm.³ 60 0/0 perklorisyre pr. 300 cm.³) og digererer hermed under hyppig omrøring i mindst 15 min. Derpaa dekanteres over i goochdigel og vaskes ved dekantation med smaa mængder alkohol før bundfaldet paa sedvanlig maate bringes over i goochdigelen. Totalvolum av filtrat og vaskevæske 50—65 cm.³. Bundfald $\times 0,34 = K_2O$.

Visse sulfater kan influere paa resultatene, dog ikke ferri-aluminium-, mangan- og magnesiumsulfater som er opløselige i alkohol. Barium og strontiumsulfat er uopløselige og forblir paa filtret efter utvaskning med varmt vand og kan fratrækkes resultatet. Kaliumsulfat er opløselig i alkohol og vil omsætte sig med overskud av perklorisyre. Derimot vil natrium- og kalciumsulfat, som er uopløselig i alkohol, men opløselig i vand,

¹ J. Am. Chem. Soc. 36, 1914, s. 2085.

veies med som kaliumperklorat. I varmtvandsuttrækket maa i tilfælde da sulfatet fældes med bariumklorid og beregnes som $2 \text{Ca SO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$. Idet f. eks. i cementmaterialer den væsentligste mængde av eventuelt tilstedeværende sulfater findes som saadant, foraarsakes kun en ubetydelig feil ved beregning av ogsaa eventuelt forekommende natriumsulfat, mol. vegt 142, som $\text{Ca SO}_4 \cdot \frac{1}{2} \text{H}_2\text{O}$, mol. vegt 145.

Følgende fordele ved metoden fremhæves bl. a.:

1. Det er ikke nødvendig at ha materialet finmalt.
2. Man risikerer ikke tap av kalium ved fordampning, som tilfældet er ved andre metoder, hvor salte, sedvanlig klorider, ophetes for at dekomponere silikater eller fordampe ammoniumsalte.
3. Al utskillelse av andre elementer ved bundfældning etc. undgaaes.
4. Naar undtas inddampningen kræver metoden liten tid og litet arbeide.

Paa grundlag av de erfaringer, jeg har gjort med MORGANS metode ved bestemmelser for nærværende avhandling, kan jeg uttale, at den i mange tilfælde gjør fyldest for sig, men ogsaa lider av visse innskrænkende mangler. Paa de av MORGAN nævnte cementmaterialer vil metoden, hvad er av teknisk betydning, som regel kunne anvendes uten videre; derimot gis der visse kaliholdige bergarter, der kun langsomt oppluttedes paa den foreskrevne maate med flussyre og paafølgende avrykning med perklor-syre. Ved undersøkelse av kaliumperkloratbundfaldet fandtes dette da at indeholde titan, som altsaa foraarsaker komplikationer og for høie værdier. Likeledes er det av stor betydning at avdampningen av perklor-syren ikke avsluttes ved for høi temperatur. Der sker da spaltninger under utskillelse av tungt opløselige jern- og aluminiumoksyder, der kun kan bringes i opløsning med koncentrert saltsyre, som atter igjen maa fjernes med perklor-syre. Man kunde tænkt sig, at man kunde behandle residuet paa sedvanlig maate og veie vandupløselig oksyd tilbake paa filtret og trække dette fra. Imidlertid fandt jeg i saa tilfælde ikke for store, men merkelig nok for smaa værdier, idet jernoksyd for en stor del erholdes i finfordelt stand; det gaar

gjennem filtret, og idet det øiensynlig virker som et suspensionsmiddel, overfører det ogsaa kaliumperkloratet til finfordelt tilstand, saaledet at dette føres gjennem filtret i væsentlige mængder.

Resultaterne av analyser efter denne metode er opført i et andet kapitel (s. 58).

Til bestemmelse av de smaa mængder kalium, der erholdtes i de forskjellige ekstrakter, anvendtes MITSCHERLICH'S titrimetriske koboltnitritmetode, som er nøiagtig og forholdsvis hurtig at utføre. Kortfattet er fremgangsmaaten som følgende, saaledes som den er utarbeidet for jordekstrakter¹.

En passende mængde av disse (200 cm.³, eller 50—25 cm.³ saltsyre og citronsyreekstrakt) inddampes med 5 cm.³ konc. salpetersyre og 5 draaper svovlsyre (i saltsyreekstrakter tilsættes disse først efter inddampning til tørhet). Residuet glødes svakt, optas med smaa mængder konc. sodaopløsning, filtreres og vaskes. Inddampes til tørhet i Pt. skaal, glødes, surgjøres med salpetersyre, overskudd avdampes; tilsættes 5 cm.³ 10^{0/0} NaNO₂ opl. og 5 cm.³ 6^{0/0} CoCl₂ opl., inddampes i løpet av 2—3 timer paa vandbad ved 80—90° til fuldstændig tørhet under stadig omrystning for at undgaa skorpedannelse.

Derpaa avkjøles, tilsættes 3 cm.³ 10^{0/0} eddikkesyre, hvori residuet fuldstændig utrives, filtreres i goochdigel paa asbest behandlet med permanganatopløsning, vaskes 6 ganger med 3 cm.³ 2,5^{0/0} Na₂SO₄ opløsning. Digel med bundfald hensættes i bægerglas med 100 cm.³ kokende vand og overskudd av n/50 permanganatopløsning. Saasart brunsten utskilles, tilsættes ca. 5 cm.³ 50^{0/0} svovlsyre, derpaa n/50 oksalsyre til fuldstændig avfarging og overskuddet av oksalsyre titreres tilbake i varm vædske med permanganatopløsningen indtil varig rød farve.

1 cm.³ n/50 permanganat = 0,000171 g. K₂O.

1 mg. K₂O bestemmes med ± 1^{0/0} nøiagtighet.

Av vigtighet er det at erindre, at endel av bundfaldet vanskelig fjernes fra platinskaalens vægger. Derfor er det bedst at foreta en utvaskning av denne med bægerglassets indhold av permanganatopløsning før oksalsyreopløsningen tilsættes. Blind-

¹ Bodenkunde II Aufl., 1913 s. 172, ogsaa Landw. Vers. St. 1911, s. 139 og 1912, s. 75.

prøve med de anvendte reagenser maa utføres og et fradrag av ca. 1 cm³ permanganat vil i almindelighet findes nødvendig.

Koboltnitritmetoden er forøvrig ogsaa modificert for anvendelse paa almindelig forekommende kaliholdige produkter som gjødningsstoffer, mineraler o. s. v.¹ eventuelt kombinert med LAWRENCE SMITH'S opslutningsmetode.

R. C. HAFF og H. SCHWARZ² angir en fremgangsmaate spesielt utarbeidet for cementmaterialer m. m.

For totalkali opsluttes paa vanlig maate 2 g. raa eller klinkermateriale efter LAWRENCE SMITH (av kammerstøv kun 0,25—0,5 gr.). Kalkrike produkter behøver man kun at blande med 0,5 g. NH₄Cl og at bringe blandingen i en platindigel, som paa forhaand er beskikket med 2 g. CaCO₃. Likeledes 2 g. CaCO₃ skiktes over. Det efter den videre fremgangsmaate erholdte filtrat tilsættes eddikkesyre i overskudd (5—10 cm.³); eddikkesyreoverskuddet avdampes i en flat porcellænsskaal. Derpaa tilføies 10—15 cm.³ av en natriumkoboltnitrit-opløsning (fremstillet ved blanding av 113 g. Co-acetat i 300 cm.³ vand med 220 g. NaNO₂ i 400 cm.³ vand og 100 cm.³ eddikkesyre, henstand i vakuum natten over, filtrering, fortynding til 1 liter. Reagenset opbevares paa mørk flaske (bør ikke være over 2 uker gammelt). Der inddampes til sirupstykkelse. Avdampningsresten optas efter avkjøling med 30 cm.³ kaldt vand, utrives og bundfaldet filtreres i goochdigel og vaskes med kaldt vand. Forøvrig er fremgangsmaaten som hos MITSCHERLICH, kun anvendes med de her større mengder kali n/5 permanganat i 250 cm.³ varmt vand paa kokende vandbad i 15 min., før 10 cm.³ 50⁰/₀ svovlsyre tilsættes. Likeledes anvendes n/5 oksalsyre.

1 cc. n/5 permanganat = 0,00171 g. K₂O. Blindprøve bør utføres, likeledes korreksjon av faktoren med kjendte kalimængder.

For bestemmelse av vandopløselig kali kokes 10 g. prøve med 250 cm.³ vand i 30 min., tas over i 500 cm.³ kolbe, som fylles efter avkjøling op til merket og omrystes. I alikvote del av

¹ DRUSHEL: Zeitschr. f. anorg. Chemie 56, s. 223, 1908. O. M. SHEDD: J. of Ind. and Eng. Chem. 1, s 302, 1909. L. T. BOWSER: J. of Ind. and Eng. Chem. 1, s. 791, 1909 etc.

² J. of Ind. and Eng. Chem. 9, s. 785, 1917.

filtratet f. eks. 50 cm.³ bestemmes kaliet som omtalt. H. og S. hævder at metoden er meget nøiagtig og hurtig at utføre. Likeledes kræves ingen kostbare reagenser og der er forholdsvis faa inddampninger og operationer.

For masseanalyse av vandopløselig kali i gjødningsstoffer m. m. er koboltnitritmetoden i den seneste tid omarbeidet, saaledes at kaliumbundfaldet centrifugeres og maales direkte i graderte rør, der direkte angir 0/0 kali, i likhet med fremgangsmaaten ved den sedvanlige melkefettbestemmelse. Her kan jeg henvise til originalen, som gir utførlige detaljer¹.

Jeg skal kun citere forf.: »Der fremføres en metode, som man kan stole paa vil gi de forønskede resultater og som i praksis reducerer tidsmomentet fra timer til minutter og kostendet av kemikalier fra dollar til cent, samt som i dets enkle form er i besiddelse av utstrakt anvendelighet« (saaledes f. eks. direkte i melasseholdige væsker). Idetheletat synes det, som om en mere utstrakt indførelse av centrifugeringsmetoder i den praktiske analytiske kemi vil bety en viktig reform med hensyn til besparelse av tid og utgifter, uten at det skal være nødvendig at gi slipp paa den i hvert enkelt tilfælde krævede sikkerhet av analyseresultater.

¹ ELMER SHERILL, J. of Ind. and Eng. Chem. 13, s. 227, 1921.

Om anvendelsen av Greensand (glaukonit) som jordforbedringsmiddel i de Forenede Stater.

Av E. JOHNSON.

De talrike forsøk som er utført over feltspatens og leucitens gjødningsvirkning gir et indtryk av absolut uanvendelighet som kaligjødningsmiddel. Den naturlig forløpende forvitring, der vel kan frigjøre virksom kali, som dækker den naturlige plantebestands forbruk av dette (idet jo selvfølgelig plantebestandens størrelse i hvert givet øieblik indstiller sig efter tilførslen av næringsstoffer), gaar altfor langsomt til at ha nogen betydning som produktionsfaktor i det moderne intensivlandbruk.

Særlig den som naturlig kalikilde hyppigst anførte kalifeltspat viser en saa liten opløselighet og forvitringsevne, at det, som allerede omtalt, vel er tvilsomt om den ihvertfald under vore forhold spiller nogen rolle i retning av at dække planternes kalibehov, mens sikkert de andre omtalte kaliholdige mineraler er av meget større betydning i saa henseende.

Det kan i denne forbindelse være av interesse at nævne, at glaukonit (greensand) i sin tid har faat anvendelse som et meget virksomt jordforbedringsmiddel i de Forenede Stater (i de østlige kyststrøk).

Allerede fra 1868 finder man saaledes følgende uttalelser¹: »Det mergel (greensand) som her omtales, har været av uberegnelig værdi for de landdistrikter, hvori det forekommer. Det har her hævet landbruket fra det laveste standpunkt, hvortil jordens utpining kan bringe det, til et i høi grad fremskredet nivåa.» »Fundet paa steder hvor ingen kapital og kun litet arbeide er nødvendig for at utvinde det, har selv de fattigste kunnet tilgodegjøre sig dets egenskaper. Land, som efter den gamle kultiveringsmetode laa brak, producerer nu ved hjælp av

¹ Cook, S. H.: Geology of New Jersey, 1868.

greensandmergelet rike avlinger av høi og kløver* etc. etc. En række ældre analyser viste følgende sammensætning:

1—3  /o P_2O_5 , 5—6  /o K_2O , 0,5—3  /o CaO , dette sidste dog ikke altid i virksom form (som $CaCO_3$).

Anvendelse av mængder fra 25—50 ton pr. maal (100—200 ton pr. acre) var ikke usedvanlig, i tilfælde mergelet var kalk-rikt og fattig paa fosforsyre.

Mergel med litet kalkindhold, men høi fosforsyregehalt, anvendtes i mængder av 1—5 ton pr. maal. Som greensand med 5  /o K_2O og 2  /o P_2O_5 i mængde av ca. 7,5 ton pr. maal tilførtes 375 kg. K_2O og 150 kg. P_2O_5 .

Saafernt, hvad der ikke er umulig, $1/100$ del av disse mængder utnyttedes første aar, var det nok for en stor potetes-avling¹. Senere forsøk stadfæstet til en viss grad dette², ihvertfald hvad kaliet angaar, idet nyere analyser av de undersøkte prøver viste et fosforsyreindhold av forholdsvis liten betydning:

(6 prøver) P_2O_5 : 0,16 — 1,25  /o, CaO : 0,33 — 12,50  /o, Tot. K_2O : 1,52 — 7,63  /o, herav opløses i fortyndet HCl : 1,35 — 6,80  /o. Karfors k utført med disse prøver i kvartssand gav tilresultat, at man i mængder svarende til 1—5 ton pr. acre (altsaa 250—1250 kg. pr. maal) erholdt maksimalavlinger større end det var mulig med de almindelige kalisalte, og selv om man kan rette visse indvendinger mot den anvendte fors ksmethodik og særlig de anvendte beregningsmetoder, saa vises dog med al tydelighet *at greensand er istand til at forsyne planterne med de nødvendige mængder kali i de første to maaneder av vegetationsperioden*, hvilket jo er det kritiske punkt, hvorpaa al anvendelse av tungtopløselige næringsstoffer ellers strander. Greensand skulde saaledes ha betingelser for at hævde sig som et nyttig og billig jordforbedringsmiddel. Imidlertid gik det i New Jersey som andre steder. Med indførslen av de tyske billige, koncentrerte og vandopløselige kalisalte fra omkring 1880, gik greensand mere og mere av bruk og fik tilslut i det

¹ A. W. BLAIR: The Agricultural Value of Green-Sand, New Jersey agr. Exp. St. Circ. 61.

² H. RODNEY TRUE: Exp. on the Value of Greensand as Fertilizer and as a Source of Potash for Plantculture. J. of agr. Research, XV, no. 9, s. 483, 1918

høieste kun en ren lokal betydning, idet det trods dets anvendelse direkte uten maling blev for kostbart med den stadig dyrere arbeidshjælp at utgrave og forsende saa store mængder, som der krævedes pr. arealenhet. I den seneste tid synes der dog at indtræffe en ny æra for greensandet som raaprodukt i den kemiske storindustri, idet der ved indvirkning av kalk og vand paa greensand ved høi temperatur og tryk fremstilles opløselige kalisalte og kunstig cementsten¹.

¹ KONF. TH. LINDEMAN. Kalispørsmaalet i Amerika, Tidsskrift for kemi og bergvæsen 1921, s. 130.

Om glimmermineralernes deltagelse i jordbundens kalistofskifte og om disse mineralers betydning for landbruget.

AV V. M. GOLDSCHMIDT.

Av stor interesse er spørgsmaalet, om man av de eksperimentelle undersøkelser over biotitens og kaliglimmerens angriplighed kan dra slutninger om biotitens forvitring under afgivelse av kali.

Baade de ældre undersøkelser og de forsøk, som vi har utført, viser at glimmermineralernes kaliindhold helt eller delvis kan bringes i opløsning ved kemisk paavirkning. Vi kan bringe kali fra glimmermineraler i opløsning ved indvirkning av rent vand, syrer, nøitralsalte og alkaliske opløsninger.

Vi maa derfor anta, at ogsaa de opløsninger som cirkulerer i sur, nøitral og alkalisk jordbund, maa ha evne til at frigjøre kali fra glimmermineraler.

Av speciel interesse er det at sammenligne styrken av de syrer, som er anvendt ved de eksperimentelle undersøkelser, med styrken av de syreopløsninger, som forekommer i jordbunden.

Som det fremgaar av E. JOHNSONS forsøk, kan en betydelig del av glimmermineralernes kaliindhold bringes i opløsning ved forholdsvis kortvarig behandling med kulsyreemættet vand.

Det kan være av interesse at sammenligne surhetsgraden av en saadan kulsyreopløsning med surhetsgraden av jordbunds-fugtigheden.

Vi kan som bekjendt definere surhetsgraden av en opløsning ved at opgi koncentrationen for frie vandstoffer.

Denne koncentration kan vi opgi i form av størrelsen P_H , som er den negative logaritme for vandstoffekoncentrationen. Jo surere en opløsning er, des mindre er altsaa P_H .

Over vandstoffekoncentrationen i naturlig jordbund foreligger der allerede indgaaende undersøkelser fra forskjellige

forskere. Jeg kan saaledes nævne det vigtige arbejde av CARSTEN OLSEN¹. Ifølge hans undersøkelser over dansk jordbund varierer P_H mellem 3,5 og 7,9.

For en kulsyreopløsning i rent vand under et overtryk av 10 cm. vandsøile, som ved vore forsøk, kan størrelsen P_H beregnes til ca. 4. Denne surhetsgrad ligger saaledes indenfor variationsgrænserne av jordbundens naturlige surhetsgrad.

Vore forsøk over angripeligheten av biotit ved en saadan kulsyreopløsning skulde saaledes kunne gi et direkte maal for biotitens angripelighet i naturlig jordbund av samme surhetsgrad.

Nu er imidlertid glimmermineralernes kali ikke bare opløselig i sure vædsker, men den frigjøres ogsaa av nøytralsalte, saaledes som det fremgaar baade av PRIANISCHNIKOFFS og vore egne resultater. Og vore forsøk har vist, at en tilsætning av nøytralsalte til svakt sure opløsninger i meget væsentlig grad beforder frigjørelsen av kali.

Da der nu i jordbundens fugtighet ved siden av frie syrer altid ogsaa findes nøytralsalte, vil glimmermineralernes kaliindhold kunne frigjøres tilsvarende hurtigere.

Vore forsøk fører saaledes til den konklusjon at ogsaa de opløsninger, som findes i naturlig jordbund, maa kunne frigjøre kali av glimmermineraler i saadan mængde og med saadan hastighet, at glimmernes kaliindhold kan tilgodegjøres av vegetationen.

Her kan imidlertid det spørsmaal reise sig, om ikke da hele kaliindholdet i jordbundens glimmermineraler forlængst er frigjort, opløst og bortført. Jeg tror, at dette spørsmaal maa besvares benegtende. Zeoliternes og permutiternes baseutskiftning er en utvilsomt reversibel proces, og det samme gjælder med stor sandsynlighet ogsaa for glimmermineralerne. Frigjørelsen av kali vil derfor stanse, saasnart kalikoncentrationen i jordbundsfugtigheten har naadd en bestemt grænsekonsentration. Grænsekonsentrationen vil være avhængig av glimmermineralernes art og fremforalt av deres utlutningsgrad, samt selvfølgelig av

¹ CARSTEN OLSEN, Studier over jordbundens brintionkoncentration og dens betydning for vegetationen særlig for plantefordelingen i naturen, Kjøbenhavn 1921.

arten av opløsningsmidlet. Stiger jordbundsflugtighetens kalikoncentration av en eller anden grund, f. eks. ved kunstig tilførsel av kalisalte over denne grænseværdi, saa vil glimmerminerallerne og deres forvitningsprodukter sandsynligvis opta kali istedenfor at avgi dette stof. Synker derimot kalikoncentrationen i jordbundsflugtigheten under grænseværdien, vil der atter frigjøres kali av glimmerminerallerne.

Dersom denne teori av kalistofskiftet i jordbunden viser sig at være rigtig, saa maa glimmerminerallerne paa samme maate som jordbundskolloiderne opfattes som et slags automatiske regulatorer av kalikoncentrationen i jordbundsflugtigheten, saaledes at koncentrationen av opløst kali holder sig tilnærmelsesvis konstant, saalænge glimmerreserven er tilstede i nogenlunde samme utlutningsgrad. Naturligvis beherskes kalireguleringen ikke av glimmermineraller alene, men ogsaa av kaliholdige kolloidkomplekser, men ihvertfald maa glimmerne, som den oprindelige kalikilde, være en meget vigtig medvirkende faktor i norsk jordbund.

Som det utvilsomt fremgaar av E. JOHNSONS forsøk, frigjøres ikke hele kaliindholdet fra glimmerminerallerne like let. Ved utlutningen vil de første andele av kaliindholdet lettest gaa i opløsning, og jo mere kali der er ekstrahert, des vanskeligere vil den resterende mængde kunne frigjøres.

Dersom utlutningen av kali helt eller delvis er reversibel vil likevegtskoncentrationen synke med tiltagende utlutningsgrad.

De resultater, som vi er kommet til ved vore undersøkelser over glimmerminerallerne rolle som kalikilde for planteveksten, tør ogsaa være av praktisk betydning.

Det er indlysende at tilstedeværelse av glimmermineraller, spesielt av biotit, men ogsaa sericit, i rikelig mængde i jordbunden maa være av indflydelse paa jordbundens kalitrang. Jordens kalibehov skulde være liten, hvor der er rikelige mængder av disse glimmermineraller.

Jeg antar derfor, at det vilde være av interesse for bedømmelse av jordbundens kalitrang at foreta systematiske undersøkelser over tilstedeværelsen av glimmermineraller i jordbunden og i de bergarter, hvorav jordbunden er blitt dannet.

Kartskissen (s. 27) vil gi en første orientering over utbredelsen av de viktigste kalimineraler i norsk fjeldgrund. Det vil være av stor interesse at sammenligne de praktiske landbruks-erfaringer om jordbundens kalitrang i de forskjellige distrikter med kartets opplysninger om forekomsten av de enkelte kalimineraler.

Av ganske særlig interesse er i denne forbindelse ogsaa spørsmålet om vegetationens trivsel paa naturlig, ugjødslet jordbund, spesielt skogveksten.

Man skulde paa forhaand være tilbøielig til at anta, at skog paa biotitrik eller sericitrik undergrund vil være mere produktiv end paa jordbund som er dannet av glimmerfattige bergarter¹.

For at man kan dra sikre slutninger om glimmermineralernes betydning for jordens kalitrang vil det imidlertid være nødvendig at foreta indgaaende planteforsøk i jordbund med kjendt glimmerindhold.

Jeg anser det for meget ønskelig at saadanne forsøk maatte bli utført. Til disse forsøk maatte der anvendes friske² glimmermineraler av kjendt sammensætning, som i finmalt tilstand tilføres jordbunden. Saadanne forsøk bør utføres i jordbund av forskjellig surhetsgrad, forat man kan vinde erfaring om surhetsgradens indflydelse paa glimmermineralernes kalivirkning.

Til saadanne forsøk bør glimmermineralerne anvendes i mest mulig finknust tilstand. Da en finknusning av rene glimmermineraler volder tekniske vanskeligheter paa grund av disse mineralernes mekaniske egenskaper, bør knusningen foretas under tilsætningen av en kjendt mengde av et hardt mineral, som f. eks. kvarts, eller der bør anvendes en glimmerskifer, som indeholder kvarts ved siden av glimmer. Ved behandling i en kuglemølle eller en rørmølle kan glimmer blandet med kvarts finknuses til den ønskelige finhetsgrad.

Et spørsmål som melder sig til besvarelse i tilknytning hertil er følgende:

-
- ¹ Forutsat, at de andre næringsstoffer, spesielt kalk og fosforsyre findes i samme mengde, sammenlign herom de viktige arbeider av O. TAMM.
 - ² Dersom man anvender forvitrede glimmermineraler, utsætter man sig for den mulighet, at en del av kaliindholdet (og den lettest tilgjengelige del) allerede paa forhaand er fjernet.

Dersom praktiske landbruksforsøk gir gunstige resultater med glimmermineraler som kalikilde, kan man da tenke sig den mulighet at anvende glimmer eller glimmerrike bergarter som jordforbedringsmiddel?

Man maa naturligvis vogte sig for at gi en bestemt forhaandsbesvarelse av et saa vanskelig og viktig spørmaal. Imidlertid kan man med alt forbehold drøfte problemets muligheter.

Med hensyn til kaliindholdets tilgjængelighet for vegetasjonen kan vi, efter de mineralogisk-kemiske data som foreligger, opstille følgende rækkefølge for de almindelige kalimineraler (sml. s. 50):

Daarligst er kalifeltspat, saa kommer grovkrystallin muskovit, lerkolloid, leucit, saa sericit, og bedst er glaukonit, nefelin og biotit.

Talrike praktiske landbruksforsøk har som bekjendt vist, at kalifeltspatens og leucitens utlutningshastighet ikke er store nok til at disse mineraler kan være av betydning som virksomt jordforbedringsmiddel (leucit er ved siden av feltspat og kaliholdig nefelin det hovedsagelige kalimineral i det ufordelagtig bekjendte fonolitmél). Glaukoniten har været anvendt i stor utstrækning som jordforbedringsmiddel i de Forenede Stater (konf. et særskilt kapitel av E. JOHNSON herom s. 73). Imidlertid har det under moderne landbruksforhold ikke lønnet sig at bruke glaukonit, tiltrods for at den utvilsomt har en positiv gunstig virkning, som dog ikke tilsvarende de nuværende arbeidsomkostninger.

Der skulde saaledes kunne være en mulighet for, at biotit, som efter al sandsynlighet vil vise sig at overgaa glaukoniten i kalivirkning, maatte kunne anvendes som et billig jordforbedringsmiddel. Om dens anvendelse kan være rentabel, vil alene kunne vises ved praktisk erfaring. I hvert tilfælde vil den ikke kunne anvendes som et ækvivalent for høiprocentige kalisalte, den vil ikke kunne bære store transportomkostninger, men maatte i gunstigste fald stilles i klasse med saadanne jordforbedringsmidler som mergellere er det for kalkens vedkommende. Men selv en saadan anvendelse vilde i tilfælde kunne være av betydning for jordbruket.

Et andet spørsmål som melder sig til besvarelse er følgende:
Vil det kunne lønne sig at utvinde kalisalte av biotit og sericit?

Dette spørsmål stiller sig overmaade tvilsomt, men maa sandsynligvis under nuværende forhold besvares benegtende.

Rigtignok vil kaliutvinding av disse mineraler i teknisk henseende stille sig gunstigere end av den tungt opløselige kalifeltspat, men det er dog høist usandsynlig, at den vil kunne lønne sig under de nuværende kalipriser.

Som opslutningsmidler under norske industriforhold kunde man specielt tænke sig svovlsyrling, svovlsyre og salpetersyre. Den nærmestliggende mulighed kunde kanskje være den at utnytte det apatitholdige flogopitavfald i Bamle ved hel eller delvis opslutning med salpetersyre, under samtidig tilgodegjørelse av avfaldets apatitindhold, eventuelt ved direkte anvendelse av det raa opslutningsprodukt efter størkning med syre.

En anden teknisk mulighed bestaar i opslutning av glimmer-skifer og lerglimmerskifer ved svovlsyre, eventuelt ved røstning av kisimpregnerte skifre, analog med gamle dages alunfremstilling, men med fortrinsvis benyttelse av glimmerrike skifre, som vil gi et langt bedre utbytte av kali.

Endvidere kunde man tænke sig den mulighed at omsætte glimmer og glimmerbergarter med celluloselut.

Ogsaa opslutning med kalkmelk under tryk er utvilsomt teknisk mulig, sml. kapitlet om glaukonit (s. 75).

Alle disse fremgangsmaater er i og for sig teknisk mulige, men tør neppe ha aktuell økonomisk interesse, og skal derfor ikke her drøftes mere indgaaende.

Men det kan dog ha sin betydning at paapeke, at man i glimmermineraler, ganske specielt i biotit, har en uuttømmelig kilde for kaliforbindelser i forholdsvis letopløselig form, som vil kunne dække fremtidens behov.

Zusammenfassung.

Die Bedeutung der Glimmerminerale als Kaliquelle für die Pflanzen.

Die Abhandlung enthält eine Untersuchung über den Ursprung derjenige Kalimenge im Erdboden, die den Pflanzen zugänglich ist, unter besonderer Berücksichtigung norwegischer Verhältnisse. Bisher hat man meistens den Kalifeldspat als wichtigste Kaliquelle für die Vegetation angesehen, ohne den Glimmermineralien genügende Bedeutung beizulegen.

Untersuchungen, die im Zusammenhang mit der Kalifrage stehn, sind (geleitet von V. M. GOLDSCHMIDT) seit Herbst 1917 in Bearbeitung bei dem Rohstoffkomité des Staates. Die bisherige Resultate werden in zwei Abhandlungen veröffentlicht, der hier vorliegenden (Publikation 8 des Rohstoffkomités), und einer weiteren von E. JOHNSON über die Herstellung von Kalidünger aus Kalifeldspat (Publikation 9).

Das erste Kapitel (S. 7—21) der vorliegenden Abhandlung enthält Darlegungen von V. M. GOLDSCHMIDT über das Vorkommen von Kali in Silikatmineralen. Zunächst wird die Zusammensetzung und das Vorkommen von Kalifeldspat erläutert. Es wird gezeigt, daß die Menge des beigemischten Natronfeldspates von der Krystallisationstemperatur abhängig sein dürfte, und daß wir wesentlich drei Gruppen von Kalifeldspat zu unterscheiden haben; erstens den natronreichen oder stark perthitischen Kalifeldspat der normalen Eruptivgesteine, zweitens den meist etwas natronärmeren Kalifeldspat granitischer Pegmatitgänge, drittens den bei noch tieferen Temperaturen entstandenen Adular, der ein fast einer Kalifeldspat ist, unter letzterem auch manche metasomatisch gebildete Feldsspate krystalliner Schiefer.

Danach wird Zusammensetzung und Vorkommen von Leucit besprochen; dieses Mineral findet sich nicht in nor-

wegischen Gesteinen. Nephelin, der darauf behandelt wird, dürfte lokale Bedeutung als Kaliquelle besitzen (vergl. die Karte S. 27).

Muskovit ist in Norwegen sehr verbreitet, teils als untergeordneter Bestandteil von Graniten und Gneisen, teils als Hauptbestandteil von Phylliten und Glimmerschiefern (bis zu 60—65 Gewichtsprozenten der Gesteinsmenge).

Biotit ist bekanntlich nach Kalifeldspat das verbreitetste primäre Kalimineral, außer als Primärbestandteil von Eruptivgesteinen findet er sich als wichtige Neubildung in zahlreichen metamorphen Gesteinen. Nach der Zusammensetzung, besonders nach dem Eisengehalte, können die Gruppen des Lepidomelans, des eigentlichen Biotits und des Phlogopits unterschieden werden.

Glaukonit findet sich wahrscheinlich als untergeordneter Gemengteil mancher unmetamorpher kambrosilurischer Sedimente.

Danach wird das kalihaltige Kolloid der Tonschiefer und Tone besprochen. In Tonschiefern findet sich kalihaltiges Tonkolloid, speziell im Kristiania-Gebiete, sowie lokal und untergeordnet im Trondhjem-Gebiete und in Finmark, anderwärts ist das ursprüngliche Tonkolloid der paläozoischen Sedimente durch Metamorphose in Glimmerminerale umgewandelt. Das sogenannte »Tonkolloid« der spätglacialen und postglacialen Ablagerungen in Norwegen dürfte größtenteils aus feingemahlenem Mineralpulver bestehen (Feldspat, Quarz und wohl besonders Glimmerminerale und deren Zersetzungsprodukte).

Im nächsten Kapitel (S. 22—29) behandelt V. M. GOLDSCHMIDT die Verbreitung von Kalifeldspat, Biotit und Muskovit in norwegischen Gesteinen.

Die Beteiligung der Glimmerminerale an den norwegischen Gesteinen ist bedeutend größer als im Durchschnitt normaler Eruptivgesteine, da ein sehr großer Teil des Gebietes von metamorphen Gesteinen eingenommen wird. Die Metamorphose führt in den weitaus meisten Fällen zur Bildung von Glimmern aus oder statt Kalifeldspat, der umgekehrte Prozeß ist viel seltener. Eine Berechnung auf Grundlage der Verbreitung der verschiedenen Gesteinsarten führt für Norwegen (das ja ganz ungewöhnlich reich an metamorphen Gesteinen ist) zu folgenden Zahlen für den durchschnittlichen gewichtsprozentischen Anteil der drei wichtigsten Kaliminerale:

Kalifeldspat ca. 15 0/0.

Biotit ca. 10 0/0.

Muskovit ca. 5 0/0.

Da nun die Glimmerminerale ihr Kali unter den norwegischen klimatischen und geologischen Verhältnissen leichter abgeben als es der Feldspat tut, wird man zu dem Schlusse geführt, daß die Glimmer in Norwegen von größerer Bedeutung für die Kaliaufnahme der Pflanzen sind, als der Feltspat.

Hierzu kommt, daß in großen Teilen von Norwegen überhaupt kein oder fast kein Kalifeldspat als Gesteinsbestandteil vorkommt.

Auf einer Übersichtskarte (S. 27) ist die Verbreitung der verschiedenen Kaliminerale eingetragen. Schwarz bedruckt sind die Gebiete, in denen Biotit neben etwas weniger Muskovit dominiert, während Kalifeldspat sehr zurücktritt. Durch horizontale Strichelung sind solche Gebiete bezeichnet, in denen Muskovit, besonders in der Sericit-Varietät, dominiert, Kalifeldspat sehr zurücktritt. Mit vertikaler Strichelung sind die Gegenden bezeichnet, in welchen das Tonkolloid alter Tonschiefer das wichtigste Kalimineral ist. Weiß gelassen sind solche Gebiete, in welchen Kalifeldspat an Menge über Glimmerminerale vorherrscht, besonders Gebiete von Graniten und Arkosen (Sparagmit). Mit schwarzer Punktierung sind solche Gebiete bezeichnet, in welchen Glimmerminerale und Kalifeldspat ungefähr in gleichen Mengen vorkommen. Zwei kleine Gebiete nephelinreicher Gesteine sind mit N bezeichnet.

Das Kali des Erdbodens stammt natürlich nicht immer aus dem unmittelbar darunter liegenden Gestein, sondern in Norwegen weitaus häufiger aus Gesteinsmaterial, das durch Eis oder Wasser verfrachtet worden ist.

Im nächsten Kapitel (S. 30—34) behandelt V. M. GOLDSCHMIDT die Verwitterung des Kalifeldspats in Norwegen. Die große Frische des Kalifeldspats in den meisten norwegischen Gesteinen wird hervorgehoben, ebenso die Verbreitung unangegriffenen Feldspatpulvers in den Ablagerungen der Quartärzeit. Alle Beobachtungen, sowohl in Norwegen, wie auch in Schweden und Finnland (besonders die Arbeiten von O. TAMM und B. FROSTERUS) deuten darauf, daß die postglaciale Verwitterung des

Kalifeldspats in den skandinavischen Ländern geringfügig ist, verglichen mit der Verwitterung des Kalifeldspats in südlicheren Ländern.

Im folgenden Kapitel (S. 35—39) geben V. M. GOLDSCHMIDT und E. JOHNSON eine Übersicht über die bisherigen Untersuchungen betreffend Kalifeldspat als Kaliquelle für die Pflanzen.

Die Darlegungen von CUSHMAN, FUNK, RAMANN, STREMMER über die Verwitterung des Feldspats werden besprochen, ferner Vegetationsversuche von SEBELIEN, NILSON, C. und HJ. V. FEILITZEN, BRIGG und BREAZALE. Die Vegetationsversuche dieser Forscher zeigen, daß Kalifeldspat selbst in feingepulvertem Zustande, nur sehr langsam Kali an die Pflanzen liefert, besonders in nördlichem Klima.

Im folgenden Kapitel (S. 40—43) behandelt V. M. GOLDSCHMIDT die Verwitterung der Glimmerminerale; es wird gezeigt, daß die Glimmerminerale, speziell Biotit, recht leicht Kali abgeben. Besonders die Untersuchungen von F. RINNE und seinen Schülern zeigen, daß die Basenabgabe der Glimmer anscheinend dem Basenaustausch der Zeolithe nahe analog sein muß. Wie auch besonders E. BLANCK schon hervorgehoben hat, muß man die üblichen Anschauungen über die geringe Verwitterungsfähigkeit der Glimmer stark revidieren.

Das nächste Kapitel (S. 44—53) von V. M. GOLDSCHMIDT gibt eine Übersicht über die bisherigen experimentellen Untersuchungen über die Kaliabgabe der Glimmer sowie über bisherige Vegetationsversuche mit Glimmermineralien. Neben den Untersuchungen von F. RINNE und seinen Schülern, sowie einer Abhandlung von H. FISCHER sind besonders die sehr wichtigen Arbeiten von PRIANISCHNIKOFF und BLANCK hervorzuheben. Als Gesamtergebnis der vorliegenden Untersuchungen ergibt sich, daß Glimmerminerale ihr Kali um ein vielfaches schneller abgeben, als es der Kalifeldspat tut.

Die aus der Litteratur zusammengestellten Resultate (S. 49) geben einen Überblick über die Destruktionsgeschwindigkeit der Glimmerminerale, die man auf einen gemeinsamen Maßstab reduzieren kann, wenn man die Angreifbarkeit von Kalifeldspat unter denselben Versuchsbedingungen als Einheit wählt. Als Maß der Destruktionsgeschwindigkeit wurde die gelöste Kali-

menge gesetzt, gemessen in Prozenten der totalen Kalimenge. Dies gibt zwar kein exaktes Bild der wirklich zersetzten Mineralmengen, da Kali an Zersetzungsprodukten adsorbiert werden kann, und auch andere Stoffe als nur Kali in Lösung gehn, aber man erhält doch einen Anhaltspunkt über die relative Kaliwirkung des Minerals im Erdboden.

Es kann folgende Reihenfolge der Kaliminerale aufgestellt werden, geordnet nach der Zugänglichkeit ihres Kaliinhalts unter nordeuropäischen Verhältnissen: Am ungünstigsten ist Kalifeldspat, danach kommen Muskovit (grobkrystallin), Tonkolloid (in Tonschiefer), Leucit, Muskovit (Sericit-Varietät), Glaukonit, sowie endlich als günstigste Minerale Biotit und Nephelin.

Im nächsten Kapitel (S. 54—57) bespricht V. M. GOLDSCHMIDT die Gesichtspunkte, nach welchen er das Material zu E. JOHNSONS Versuchen ausgewählt hat. Es wurden teils reine Glimmerminerale ausgewählt, teils typische glimmerhaltige Gesteine.

Folgende Proben der reinen Minerale wurden gewählt:

Lepidomelan aus Nephelinsyenitpegmatit vom Langesundsfjord, Biotit aus Granitpegmatit, Tveit, Kirchspiel Iveland, Sætersdalen, Phlogopit vom Apatitvorkommen Odegaarden, Bamle, Muskovit aus Granitpegmatit, Karlshus, Kirchspiel Raade.

Folgende glimmerhaltigen Gesteine wurden gewählt:

Albitführender Glimmerschiefer von der Insel Sokn bei Stavanger; enthält mehr Biotit als Muskovit.

Eine Durchschnittsprobe von Biotit-Muskovit-Schiefer aus dem Trondhjem-Gebiete, enthaltend etwas mehr Biotit als Muskovit.

Eine Durchschnittsprobe von Granat-Sericit-Chlorit-Phyllit aus dem Stavanger-Gebiete. Der Glimmer steht etwa an der Grenze zwischen den Varietäten Muskovit und Sericit.

Eine Durchschnittsprobe von Chlorit-Sericit-Phyllit aus dem Kirchspiel Rennebu im Trondhjem-Gebiete.

Ein Tonschiefer von Ringsaker, dessen Tongrundmasse beginnende Umwandlung zu einem feinschuppigen Sericitaggregat zeigt.

Die Versuche ergaben im Ganzen, daß alle Biotitminerale leicht Kali abgeben. Bedeuten schwieriger und nicht so vollständig ist die Auslaugung des Kalis aus grobkrystallinem Mus-

kovit. Sehr viel angreifbarer als grobkristalliner Muskovit ist der Sericit mancher Phyllite.

Biotit wird von Säuren um so schneller angegriffen, je eisenreicher er ist.

Die Versuchen zeigen, daß diejenigen Glimmerarten, die in norwegischen Gesteinen am verbreitetsten sind, ihr Kali ebenso schnell abgeben, wie die leichtest angreifbaren Glimmerarten, die bisher von anderer Seite untersucht worden sind.

Das nächste Kapitel (S. 58—66) enthält E. JOHNSONS Versuchsergebnisse über die Geschwindigkeit der Kaliabgabe von Glimmermineralien an verschiedene Destruktionsmittel. Zuerst wird der totale Kaligehalt der untersuchten Materialien mitgeteilt. Dann folgen Versuche über die Auflösung des Kalis mittel heißer konzentrierter Salzsäure (4 Stunden). Hiernach Versuche über die Auflösung des Kalis in halbnormaler Salzsäure bei Zimmertemperatur. Es wurden 5 gr. Material mit 500 cm.³ Lösungsmittel behandelt (Schüttelmaschine). Die Versuchsreihe A gibt Versuchsergebnisse mit nur je einer Portion Lösungsmittel, die Versuchsreihe B gibt die Resultate von Versuchen, bei denen je 250 cm.³ des Lösungsmittels zur Analyse herausgenommen wurden, und dann durch neue 250 cm.³ frisches Lösungsmittel ersetzt wurden. Die Versuche erstreckten sich bis zu 33 Tagen.

Die nächste Versuchsreihe umfaßt Versuche mit zwei-prozentiger Citronensäure, A ohne, B mit Erneuerung des Lösungsmittels. Bei der Versuchsreihe C wurde der Citronensäurelösung noch Calciumchlorid zugefügt (20 gr. krystallisiertes Calciumchlorid per Liter), wodurch die doppelte Kalimenge in Lösung ging. Dann folgen drei Versuchsreihen mit Kohlensäure-haltigem Wasser (Kohlensäure unter 10 cm. Wassersäule Überdruck durchgeleitet); Versuchsreihe A ohne Erneuerung des Lösungsmittels, Versuchsreihe B mit Erneuerung des Lösungsmittels, Versuchsreihe C unter Zufügung von 20 gr. Calciumchlorid per Liter. Bei diesen Versuchen wirkte die Zugabe von Calciumchlorid verdreifachend auf die Kaliabgabe.

Eine weitere Versuchsreihe wurde bei Zimmertemperatur mit Kalkmilch ausgeführt (10 gr. Ca(OH)₂ pr. 500 cm.³ Wasser). Die Suspension wurde nur gelegentlich geschüttelt (alle anderen Versuche bei Zimmertemperatur mit Schüttelmaschine); nach

Herausnahme einer Analysenprobe von je 200 cm.³ wurde frisches Wasser nachgefüllt. Die Reihenfolge der Löslichkeiten ist hier umgekehrt als bei den meisten Säureextraktionsversuchen; die eisenreichen Glimmer werden von Kalkmilch am wenigsten angegriffen (Schutzhaut von Eisenhydroxyd).

Endlich wurden auch Versuche über Auslaugung des Kalis mittelst kochender konzentrierter Natriumchloridlösung ausgeführt, Versuchsdauer 10 Stunden. Hierbei wurde nicht die Lösung, sondern der Rückstand auf Kali analysiert, was dem Resultate eine gewisse Unsicherheit gibt (Auslaugung anderer Bestandteile, Aufnahme von Wasser und Natron).

Im folgenden Kapitel (S. 67—72) behandelt E. JOHNSON die analytischen Methoden zur quantitativen Kalibestimmung. Zur Kalibestimmung bei den Auslaugungsversuchen bewährte sich besonders MITSCHERLICH'S Kobaltnitritmethode.

Das nächste Kapitel (S. 73—75) von E. JOHNSON behandelt die Anwendung von »Greensand« (Glaukonit) als Bodenverbesserungsmittel in den Vereinigten Staaten. In den Oststaaten ist Glaukonit früher mit Erfolg zur Bodenverbesserung benutzt worden, bis die steigenden Arbeitslöhne und die Einfuhr billiger Kalisalze dieser Anwendung ein Ende machten. Neuerdings wird Glaukonit dort in großem Maßstabe auf Kaliverbindungen und Kunststeine verarbeitet (Aufschluß mittelst Kalkmilch in Autoklaven).

In einem letzten Kapitel (S. 76—81) behandelt V. M. GOLDSCHMIDT das Verhalten der Glimmerminerale in Stoffwechsel des Erdbodens und die Bedeutung dieser Minerale für die Landwirtschaft.

Aus den Versuchen wird gefolgert, daß auch die natürlichen Lösungsmittel im Erdboden im Stande sein müssen, Kali aus Glimmern auszulaugen. Es muß sich ein Gleichgewichtszustand zwischen der Bodenfeuchtigkeit und den Glimmermineralien einstellen.

Aus E. JOHNSONS Versuchen geht hervor, daß die ersten Anteile des Kaligehalts leichter aus den Glimmern herausgelöst werden, als die späteren Anteile. Hieraus folgt, daß die Kali-

abgabe der Glimmer an die Bodenfeuchtigkeit von dem jeweiligen Auslaugungsgrade der Glimmer abhängig sein muß.

Dann wird darauf hingewiesen, daß es von großem Interesse wäre, durch praktische Versuche die Beziehungen zwischen Glimmergehalt und Kalibedarf der verschiedenen Bodentypen festzustellen, ebenso den Beziehungen zwischen Waldwachstum und Glimmergehalt nachzugehen. Auch praktische Versuche über die Anwendbarkeit von Biotit und biotitreichen Gesteinen als Bodenverbesserungsmittel sollten angestellt werden. Es ist wahrscheinlich, daß Biotit sich in Bezug auf Kaliwirkung etwas günstiger stellen würde als Glaukonit. Zum Schlusse wird die Möglichkeit erörtert, leichtlösliche Kalisalze aus Glimmern zu gewinnen. Technisch ist diese Möglichkeit vorhanden, die ökonomischen Voraussetzungen für eine gewinnbringende Ausnutzung liegen aber nicht vor. Immerhin besitzt man in den Glimmermineralien, ganz speziell im Biotit, eine unerschöpfliche Quelle für relativ leichtlösliche Kaliverbindungen, die in der Zukunft den Bedarf decken könnte.
