

# Røntgenografiske Undersøgelser af danske Lerarter.

Af  
Hans Clausen.

Lerarterne er i Forhold til andre Bjergarter karakteriserede ved deres større eller mindre Plasticitet. Bestanddelene i forskellige Lerarter er uden Tvivl ret forskellige, men er vanskelig tilgængelige for en nøjere Undersøgelse navnlig paa Grund af den ringe Partikkelstørrelse; det er saaledes oftest umuligt gennem en almindelig mineralogisk Undersøgelse, ved hvilken navnlig Mikroskopet spiller en stor Rolle, at identificere de Mineraler, der danner Leret. Heller ikke kemiske Undersøgelser fører til sikre Resultater, idet Lerarternes kolloide Karakter gør sig stærkt gældende. Kendskabet til Lerarterne er derfor ret ringe, idet det ikke altid er let at se, hvad det egentlig er, som betinger en given Lerarts specielle Egenskaber.

Fremkomsten af enhver ny Undersøgelsesmetode maa derfor, netop naar Talen er om Lerarter, imødeses med stor Interesse. I 1923 viste A. HADDING<sup>1)</sup>, at det var muligt ved røntgenografiske Undersøgelser at faa bedre Oplysninger end hidtil om Lerarternes Bestanddele, d. v. s. om hvilke Mineraler en Lerart indeholder.

Man benytter sig af samme Princip som P. DEBYE og P. SCHERRER i 1916, nemlig at naar Pulveret af en krystallinsk Substans træffes af en monokromatisk Røntgenlysstraale, vil Røntgenstraalen forandre sin Retning paa en Maade, som afhænger af den paagældende pulveriserede Substans's Krystalstruktur. Paa en fotografisk Film, der anbringes som en Cylinder udenom den i Cylinderens Axe anbragte krystallinske Substans, vil man ved Bestraaling af denne faa Sværtninger, hvis Beliggenhed afhænger af de undersøgte Krystal-

---

<sup>1)</sup> A. HADDING: (1923). Z. f. Kr. 58, 108.

brudstykkers Struktur samt af Bølgebredden for det benyttede Røntgenlys. Anvender man ved Undersøgelserne samme Slags Røntgenlys, vil Fotogrammerne af en given Substans altid vise Sværtninger paa identiske Steder, uanset om denne Substans er mekanisk blandet med andre Stoffer; blot maa den naturligvis være til Stede i en viss Mængde. Fordelen ved den røntgenografiske Metode er, at det intet gør, at Partiklerne er smaa, blot maa de have en udpræget Struktur.

Fremgangsmaaden ved Undersøgelserne bliver den, at man optager et Fotogram (»Pulverfotogram«) af en bestemt Lerart; Fotogrammet viser da en Del Sværtninger, hvis indbyrdes Beliggenhed kan udmaales og gengives ved en Millimetermaalestok. Ved Sammenligning med udmaalte Fotogrammer af kendte, veldefinerede Mineraler vil det være muligt at se, om man paa Ler-Fotogrammet kan genfinde de Linier, der er karakteristiske for det paagældende Mineral; navnlig maa man erindre, at Forholdene mellem Intensiteterne af Reflexionerne skal være de samme paa Lerfotogrammet og paa Mineralfotogrammet for at man kan være berettiget til at sige, at det paagældende Mineral forekommer i Lerarten.

I Danmarks geologiske Opbygning spiller Lerarter en stor Rolle, og det var derfor af særlig Interesse at se, hvilke Resultater en røntgenografisk Undersøgelse af forskellige danske Lerarter kunde bringe. Denne Undersøgelse blev overdraget mig af Bestyreren af Universitetets mineralogiske Museum, Professor O. B. BØGGILD.

Det viste sig meget snart, at Resultaterne ikke helt svarede til Forventningerne. Fotogrammerne viste uskarpe og svage Linier og blev iøvrigt sværtede meget i det hele, og naturligvis mere jo længere man udsatte Prøverne for Røntgenlyset, saa det var af denne Grund ikke muligt at forbedre selve Liniernes Udseende og Styrke ved en forlænget Exposition. Til at begynde med anvendtes Kobberstraa-ling fra et Elektronrør forsynet med Lindemann-Vindue; da det imidlertid kunde formodes, at en stor Del af Almensværtningen paa Filmene skyldtes sekundær Straaling fra de ofte jernholdige Præparater, blev der ved alle de senere Forsøg anvendt Jernstraa-ling. Kobberstraaingen er nemlig i Modsætning til Røntgenstraa-lingen fra en Jern-Antikatode i Stand til at frembringe den karakteristiske Straaling fra Jernatomerne i et jernholdigt Præparat. Fe-Straalingen byder iøvrigt endnu en Fordel; den Afbøjning, som Røntgenstraaalen lider ved paa sin Vej at passere et Krystalgitter,

voker med Bølgebredden af det anvendte Røntgenlys. For Kobberstrålingen maa regnes med, at  $\lambda_{\text{Cu-K}\alpha} = 1.539 \text{ \AA}^1$ , medens  $\lambda_{\text{Fe-K}\alpha} = 1.934 \text{ \AA}$ . Til at frembringe Jernstrålingen benyttedes et HADDINGSIEGBAHN Ionrør med Fe-Antikatode. De benyttede Kameraer havde alle samme Filmdiameter, 57.2 mm. Præparatet, som anbragtes i en lille Cylinder af Gelatinepapir, havde en Diameter paa 0.8 mm.

Fotogrammerne er alle optaget paa Universitetets Institut for teoretisk Fysik, og jeg vil gerne her takke Instituttets Bestyrer, Professor, Dr. NIELS BOHR for den Imødekommenhed, hvormed han har stillet Apparater til min Raadighed.

Den røntgenografiske Undersøgelse har dels omfattet Optagelse af Fotogrammer af nogle af de Mineraler, som man kan vente at træffe i Ler, og dels Optagelse af Fotogrammer af forskellige danske Lerarter.

Mineraloptagelserne. Her er særlig lagt Vægt paa en Undersøgelse af Kaolin, idet der er taget Fotogrammer af slæmmet Kaolin fra forskellige Forekomster. Herved viste det sig (se Fig. 1—5), at de 4 Slags slæmmet Kaolin og Kaolinkrystaller fra Colorado gav Fotogrammer, der i alt væsentligt er identiske, dog saaledes, at Fotogrammet af Kaolinkrystallerne giver et Billede, der afviger noget fra dem, man faar af Prøverne af slæmmet Kaolin.

Ved Sammenligning med Kvartsfotogrammet (Fig. 6) viser det sig, at Kvartslinierne ikke gør sig gældende paa Fotogrammerne af slæmmet Kaolin; derimod lader adskillige Linier paa Billedet af Kaolinkrystallerne (Fig. 5) sig tolke som hidrørende fra Kvarts.

Fotogram af Mikroklin fra Ytterby, Sverige (Fig. 7) indeholder ikke Linier fælles med nogen af de optagne Kaolinfotogrammer.

Muskovit fra Skutterud, Norge (Fig. 8) leverer derimod et Fotogram, hvis Linier kan genfindes blandt Kaolinfotogramernes Linier.

I Overensstemmelse med de ovenfor meddelte Iagttagelser kan man altsaa sige, at alle de fire slæmmede Kaolinprøver er saa kvartsfattige, at Kvartsindholdet ved den anvendte Undersøgelsesmetode ikke kan gøre sig gældende, og Kaolinprøverne kan derfor betegnes som »røntgenografisk kvartsfri«.

Leroptagelserne. Af de danske Lerarter er optaget Fotogrammer af nogle bornholmske rhæt-lias Lerarter samt af forskellige tertiære Lerarter, navnlig af flere Prøver af plastisk Ler.

<sup>1)</sup>  $1 \text{ \AA} = 1 \times 10^{-8} \text{ cm}$ .

De tre Fotogrammer af de bornholmske Lerarter (Fig. 9—11) viser indbyrdes overmaade god Overensstemmelse, hvorimod Lighed med Fotogram af slæmmet Kaolin er ringe, ganske ligesom Tilfældet er overfor Mikroclin og Muskovit. Derimod genfinder man med Lethed alle de fremtrædende Kvartslinier. Efter dette kan man i alt Fald sige, at de undersøgte tre Prøver røntgenografisk set bestaar af Kvarts i ganske overvejende Grad.

De tertiære Lerarter. Fotogrammerne viser ringe Overensstemmelse med Kaolinfotogrammerne, ligesom Tilfældet ogsaa er overfor Mikroklinfotogrammet. Noget bedre stemmer Muskovitfotogrammet med nogle af Lerfotogrammerne, selvom Ligheden ikke virker særlig overbevisende. Adskillige af Lerfotogrammerne viser en viss formel Overensstemmelse med Kvartsfotogrammet, men Intensitetsforholdene mellem Reflexionerne paa Kvartsfotogrammet paa den ene Side og Lerfotogrammerne paa den anden Side er meget afvigende, saa det er fuldt forsvarligt at betegne de undersøgte Lerarter (undtagen Glimmerleret) som røntgenografisk kvartsfri. En Undtagelse herfra er Glimmerler, der giver et rent Kvartsfotogram (Fig. 21).

Ved Sammenligning mellem de undersøgte paleocæne og eocæne Lerarter indbyrdes viser det sig, at de kan deles i to Grupper, som man kan kalde Plastisk-Ler Gruppen og Kertemindemergel-Gruppen.

Af de undersøgte Prøver hører til den første Gruppe (plastisk Ler):

Rødt plast. Ler, Røgle (Fig. 12).

Graat plast. Ler, N. f. Fredericia, ved Lille Belt (Fig. 13).

Skifret plast. Ler, Refsnæs (Fig. 14).

Graat plast. Ler, Kongstrup Klint, Refsnæs (Fig. 15).

Plast. Ler, Hanklit (Fig. 16).

Til anden Gruppe hører følgende:

Kertemindemergel, Kerteminde (Fig. 17).

Rødt plast. Ler, N. f. Østerhoved Spids, Æbelø (Fig. 18).

Ler (graat), Silstrupklinten (Fig. 19).

Imidlertid viser en nøjere Sammenligning mellem de til sidste Gruppe hørende Fotogrammer og Fotogram af Kalkspat (Fig. 20), at Linierne i Lerfotogrammerne meget vel kan tydes som Kalkspatlinier. Kalkindholdet gør sig altsaa langt stærkere gældende end Lerarternes øvrige Bestanddele, de egenlige Lersubstanser.

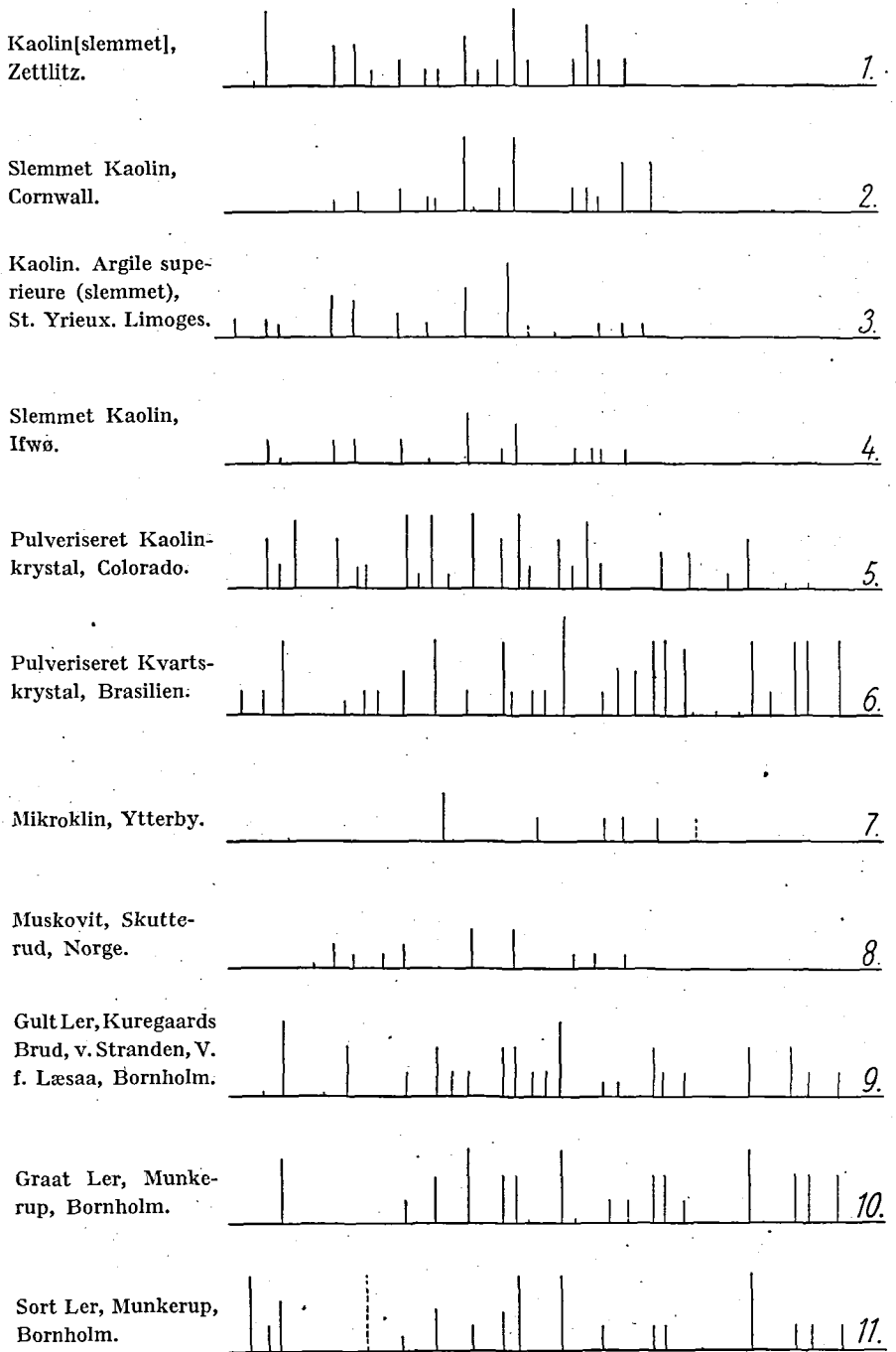
Af Undersøgelserne synes at fremgaa, at Hovedopgaven, at finde ud af hvilke Mineraler Leret dannes af, ikke er løselig ad røntgenografisk Vej alene, idet de Mineraler, der tilsammen danner en Lerart, ikke giver sig tydeligt til Kende i et Pulverfotogram; det er derfor ikke muligt blot ved Jævnføring med Fotogrammer af enkelte Mineraler at finde ud af, hvad Lerarten indeholder.

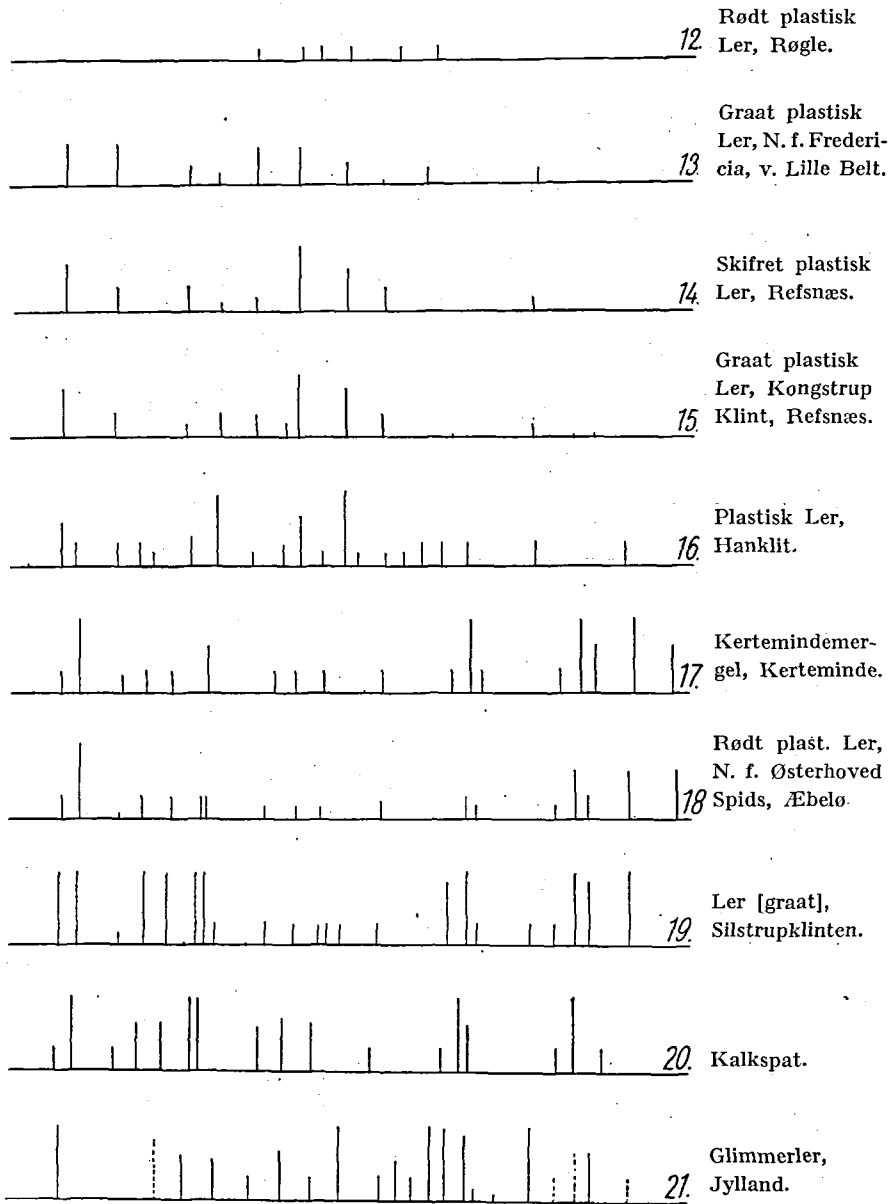
Adskillige af de Mineraler, som man kan vente at træffe i Ler, giver Pulverfotogrammer, der er meget linierige i Overensstemmelse med, at det er Mineraler med relativ lav Grad af Krystalsymmetri. Saaledes viser Feldspat ved passende lang Exposition et meget stort Antal Linier, der for Størstedelens Vedkommende er yderst svage og tillige ligger meget nær paa hinanden. Efterhaanden som i Præparatet Partikkelstørrelsen aftager under en viss Grænse ned mod Kolloidpartiklernes Størrelsesorden, udviskes Linierne yderligere paa et Fotogram af et saadant Præparat. Det er derfor forstaaeligt, at Ler, som sikkert ikke alene bestaar af et Mineral men af flere Mineraler og deres Omdannelsesprodukter, vil give et udvisket Pulverfotogram.

Naar man tager de ovenfor fremsatte Forhold i Betragtning, vil man se, at for at faa Oplysninger om en Lerart vil det være nødvendigt f. Ex. ved Opslemning og Bundfældning at søge at dele Lerprøven i flere Fraktioner. Overfor de vundne Fraktioner vil man da muligvis med Fordel kunne anvende en røntgenografisk Undersøgelse for derigennem hurtigere end det ellers vilde være muligt at finde karakteristiske Ligheder og Forskelligheder saavel mellem Fraktionerne indbyrdes som mellem Fraktioner stammende fra forskellige Lerprøver.

Men ved Spørgsmaalet om, hvilke Bestanddele der findes i Ler, maa man ogsaa prøve at gaa den omvendte Vej: at behandle visse Mineraler gennem Findeling og passende kemiske Indvirkninger for derved at søge at naa til Stoffer, der kan give lignende Pulverfotogrammer som Lerarterne selv eller deres oparbejdede Fraktioner.

Af det ovenfor fremsatte vil man kunne forstaa, at som supplerende Undersøgelsesmiddel overfor Lerpræparater vil de røntgenografiske Undersøgelser sikkert være af meget stor Værdi. Ved en planmæssig kemisk og fysisk Behandling af en given Lerart vil det uden Tvivl være særlig fordelagtigt at kunne følge eventuelle Forandringer i Prøvens Struktur gennem Optagelser af Pulverfotogrammer af de forskellige Fraktioner, som man vinder under Arbejdet.





## Summary.

X-ray investigations of some danish clays.

The investigations were carried out with the Fe-radiation from a HADDING-SIEBAHN X-ray tube. The powder-method was used. Photographs from kaolinite from different occurrences were practically identical but differed from photographs of the examined clays. The eocene plastic clay produced X-ray photographs without quartz lines, but in some cases (fig. 17, 18, 19) calcite lines were found. The clays reproduced in fig. 13-16 show identical lines.