

# LANGESUNDSFJORDENS PEGMATITTMINERALER OG WALDEMAR CHRISTOPHER BRØGGER

Av Trine-Lise Knudsen  
Geologisk museum  
Universitetet i Oslo



Figur 1. W. C. Brøgger i 1911,  
Universitetets første rektor.

*W. C. Brøgger*

## Bakgrunn

**Waldemar Christopher Brøgger var universitetets første rektor (Fig. 1), og blant mye annet sterkt medvirkende til at byggingen av Zoologisk, Botanisk og Geologisk museum på Tøyen i Oslo ble finansiert, og han etablerte seg som professor ved Geologisk museum etter ferdigstillingen i 1917. 10. November 2001 var det 150 år siden Brøggers fødsel. Ved Geologisk museum markeres dette med en minneutstilling over hans livslange virke som mineralog, paleontolog, petrolog og kvartærgeolog.**

**Brøggers detaljerte arbeide på pegmatittene i Langesundfjorden (1890) står imidlertid som et høydepunkt i hans forskning. Det er fortsatt standardreferansen på Langesundfjordens mineraler på grunn av hans undersøkelser av samtlige mineraler og deres dannelsesrekkefølge, knyttet opp mot kjemiske analyser av mineralene og bergartene. Brøgger beskrev i detalj over 70 mineraler fra Langesundfjorden, hvorav det er syv som i dag regnes som egne mineralspecies med typelokalitet i Langesundfjorden (Fig. 2). I dag er over 170 forskjellige mineraler kjent fra dette rike området (Andersen, Berge og Burvald, 1996).**

## Hva er så spesielt med Langesundfjorden?

Langesundfjorden utgjør den sørvestlige grensen av Oslofeltets magmatiske bergarter (Fig. 3), som ble dannet da jordskorpen sprakk opp og forsøkte å splitte seg opp i to adskilte deler i tidsrommet fra ca. 300 til 240 millioner år siden. Berggrunnen i hele Tønsberg-Larvik-Langesund-området domineres av larvikitter og larvikitt-liknende magmatiske dyp-

bergarter som danner en rekke sirkelformede kropper, derav navnet larvikitt-komplekser. Brøgger kalte den larvikitt-liknende bergarten i Langesundfjorden for ditroitit, som ikke lenger er en brukt term. Larvikitt (offisielt navn: monzonitt) og larvikitt-liknende bergarter blir brukt her fordi det inngår i vanlig dagligtale i Norge også i dag.

## Mineraler med typelokalitet i Langesundfjorden, beskrevet av Brøgger (1890)

Rosenbuschitt, (etter K. H. Rosenbusch, Tyskland)  
 $(\text{Ca}, \text{Na}, \text{Y})_3(\text{Zr}, \text{Ti}, \text{Al})_2\text{Si}_2\text{O}_7(\text{F}, \text{OH}, \text{H}_2)$   
 Beskrevet av W. C. Brøgger i 1887 fra Skudesundskjær i Langesundfjorden.  
 Nålformede krystaller, Grå, oransje eller brunlig farge.

Låvenitt (av Låven i Langesundfjorden)  
 $(\text{Na}, \text{Ca})_3\text{Zr}_2\text{Si}_2\text{O}_7(\text{F}, \text{OH}, \text{O}_2)$   
 Beskrevet for første gang fra øya Låven i Langesundfjorden (Brøgger, 1878).

Hiortdalitt (etter Th. Hiortdahl, Christiania)  
 $(\text{Ca}, \text{Na})_3\text{Zr}_2\text{Si}_2\text{O}_7(\text{F}, \text{OH}, \text{O}_2)$   
 Beskrevet av Brøgger, 1888 fra en gang i Langesundfjorden.  
 Linjalformede krystaller, strågul, vingul, honninggul, mer sjeldent gulbrun farge.

Eudidymitt (av gresk for 'gode tvillinger'):  
 $\text{NaBeSi}_3\text{O}_7(\text{OH})$   
 Beskrevet av W. C. Brøgger i 1887/1890 Langesundfjorden.  
 Hvit, rødgul radialt strålende aggregater eller tavleformede krystaller.

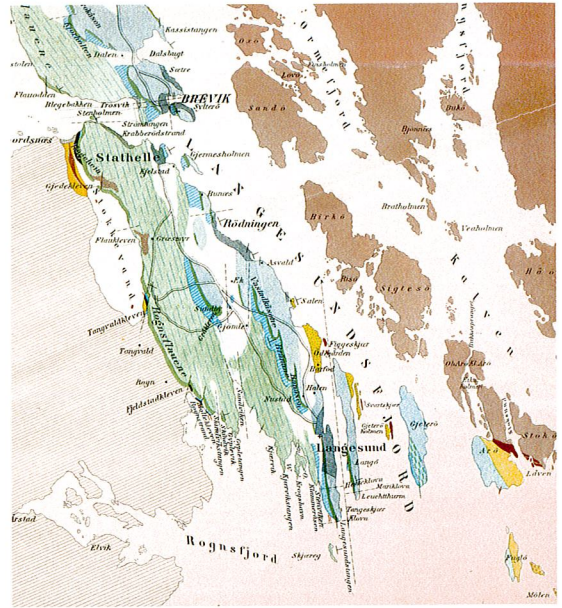
Cappelenitt (etter D. Cappelen, Norge):  
 $\text{Ba}(\text{Y}, \text{Ce})_6\text{B}_6\text{Si}_3\text{O}_{25}$   
 Beskrevet av W. C. Brøgger i 1884 fra utsiden av Lille Arøy i Langesundfjorden.  
 Lokaliteten ble besøkt om igjen av Brøgger i 1884, men verken da eller senere er det funnet mer av mineralet.  
 I Norge kun kjent som en ca. 2 cm lang, 1,5 cm tykk krystall, samt et håndstykke med et utfullkornet krystallstykke med et 0,5 cm tverrsnitt. Dette er utsilt ved Geologiskmuseum i Oslo.

Melanoceritt (av gresk for 'sort' og for innholdet av cerium):  
 $(\text{Ce}, \text{Ca})(\text{Si}, \text{B})_3(\text{O}, \text{F})_2(\text{F}, \text{OH})\text{H}_2\text{O} (?)$   
 Oppdaget og navngitt av P. T. Cleve og førstegangsbeskrevet av W. C. Brøgger i 1887 fra Kjøøy og er et av de sjeldneste mineralene i Langesundfjorden.  
 Plateformede krystaller.

Hambergitt (oppkalt etter A. Hamberg, Sverige som gav ham det ukjente mineralet):  
 $\text{Be}_2(\text{BO}_3)(\text{OH}, \text{F})$   
 Beskrevet av W. C. Brøgger i 1890 fra en liten gang av nefelinsyenitt-pegmatitt nær Helgeroa, Langesundfjorden.  
 Fargeløs eller gråhvit, rombske krystaller med glassaktig glans.

**Figur 2**

Berggrunnen på øyene i Langesundfjorden består av den tildels sterkt deformerte ytre kanten av et larvikittkompleks, samt rombeporfyr og en sort vulkansk basalt (f.eks. på Låven og Arøya, Fig. 4). Kartet illustrerer at området også befinner seg relativt nær eldre sandsteiner og skifer/kalkstein. En slik variert og til dels deformert berggrunn, innebærer at mange elementer (i betydning: fra det periodiske system) er tilstede og kan ha blitt transportert i form av smelter og vannholdige løsninger langs sprekker og deformasjonssoner i berggrunnen. Pegmatitt er rest-smelter som i dette området har presset seg inn i sprekker i monzonitt, basalt og rombeporfyr, og størknet til cm til meterbrede grovkornede, ofte uregelmessige ganger, slirer eller klumper (Fig. 3a-c). Mange sjeldne og til dels unike mineraler opptrer i pegmatittene på øyene i Langesundfjorden. De fleste av disse er eudialytt-førende (Fig. 5a, kalt eucolitt i Brøgger, 1890) og sterkt anrikt på alkaline elementer, med forholdet  $(\text{K}+\text{Na})/\text{Al} > 1.2$ , såkalte agpaittiske nefelinsyenitt-pegmatitter. I denne typen bergarter er silisium-innholdet for lavt til at zirkon dannes. Et ekstremt høye innhold av elementer som Zr, Li, Be, Nb, Ta, REE, Th, F og Cl, gir mulighet for dannelse av silikater med komplekse sammensetninger basert på et høyt antall av hovedelementer som Zr, Na, Ti og REE (Rare Earth Elements), samt F og andre volatile komponenter.

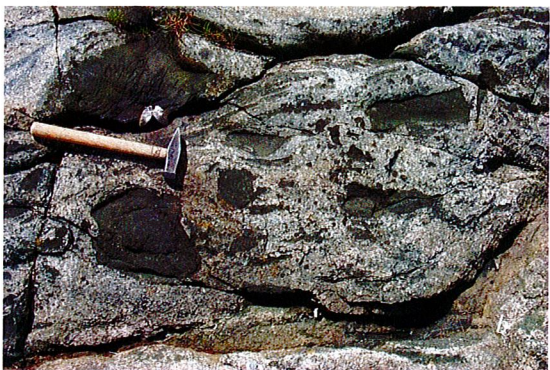
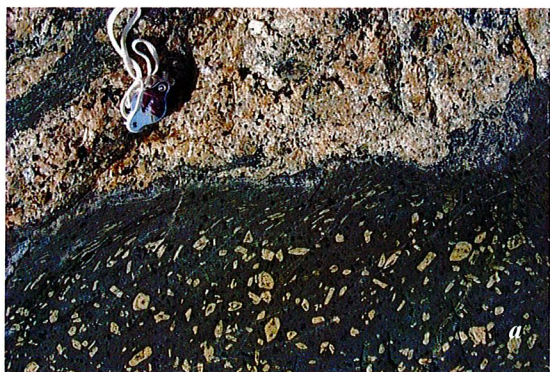


**Figur 3.** Geologisk kart over Langesundfjorden, publisert i Brøgger (1890). Opp er nord på kartet. Fargekode: Det prekambriske grunnfjellet: skrår-kravert. Kambrosilur-bergartene: gulprykket sandstein og kalksandstein, sort alunskifer, blå-nyanser er diverse kalksteiner, grønn-nyanser er kalkstein og skifer. Devonske bergarter: gule. Oslo-riftens magmatiske bergarter: Brunprykkede gangbergarter, rødbrun basalt og rombeporfyr, brun larvikitt og larvikitt-liknede bergarter. 6 cm på kartet er ca. 1 km.

### Langesundpegmatittene og Brøgger

Mineralene i Langesundfjorden ble samlet inn i stor skala på slutten av attenhundretallet og begynnelsen av nittenhundretallet, og ble brukt som byttemateriale for å bygge opp en betydelig, internasjonal mineralsamling ved etableringen av Geologisk museum i Oslo. Brøggers student V.M. Goldschmidt kjøpte den lille øya Låven i Langesundfjorden og i dag er den og de to Skudesundskjørene fredet. Det er ikke lov å fjerne materiale derfra, men Geologisk museum i Oslo har anledning til å ta ut materiale til forskningsformål. Rike og spennende mineralforekomster fins imidlertid fortsatt også på de andre øyene i fjorden.

Brøgger var sterkt inspirert av Darwins teorier, som han langt på vei overførte til geologifaget. Også i det mineralogiske arbeidet på Langesundpegmatittene kan man merke påvirkningen fra Darwins utviklingslære: Brøgger viste at smelten som dannet nefelinsyenitt-pegmatittene er i familie med,



**Figur 4.** Bergartsforhold i Langeundfjorden. *a.* Grense mellom pegmatitt og rombeperofyr. Fra Arøya. *b.* Pegmatitt med inneslutninger av sort basalt. Fra Arøya. *c.* Basalt som er intrudert av pegmatitt. Fra Låven.

og representerer en restsmelte fra krystallisasjon av larvikittene, fordi bergartene har en liknende feltspat-kjemi. Videre argumenterte han for at mineralene kunne grupperes i mineralselskaper (som var dannet omtrent samtidig), og at det ha foregått en krystallisasjonsutvikling fordi smelten forandret seg etter hvert som mineraler krystalliserte ut. Dette fremstår selv i dag som en moderne, prosessorientert geologisk tenkemåte.

## Krystallisasjonen av nefelinsyenitt-pegmatitt i Langesundfjorden

Brøggers observasjoner av krystallisasjonsrekkefølgen til mineralene i Langesundpegmatittene er fortsatt er informativ i dag. Typiske hovedmineraler i de eudialyitt-førende gangene er feltspat, sodalitt, cancrinitt, aegerin, sort og jernrik biotitt (variant: lepidomelan) og barkevikittisk hornblende. I tillegg har naturen produsert en rekke mer sjeldne mineraler. Disse er tildels svært vakre (Fig. 4) og forteller endel om hva som foregikk nede i jordskorpa da pegmatittene ble dannet. I henhold til Brøgger (1890), var de første mineralene til å størkne fra magmaet:

**a. fosfatene** apatitt  $\text{CaPO}_4$  og xenotim  $\text{YPO}_4$ . Deretter fulgte krystallisasjon av relativt enkle silikat-sammensetninger og oksider: deriblant:

**b. titanitt**  $\text{CaTiSiO}_5$ , **thoritt**  $\text{ThSiO}_4$  og **magnetitt**  $\text{Fe}_3\text{O}_4$ .

Gjennom disse krystallisasjons-trinnene ble restsmelte anrikt på alkalimetaller (K, Na), samt Al relativt til Si og flyktige forbindelser (volatiler) med F, Cl og vann. I neste trinn krystalliserer mer komplekse alkaline- og vannholdige silikater (med OH-gruppe i strukturen):

**c. rosenbuschitt**  $(\text{Ca,Na,Y})_3(\text{Zr,Ti})\text{Si}_2\text{O}_7(\text{F,OH})_2$ , **låvenitt**  $(\text{Na,Ca})_3\text{Zr,NbSi}_2\text{O}_8(\text{O,OH,F})$ , **wöhleritt** (Fig. 5b)  $\text{NaCa}_2(\text{Zr,Nb})\text{Si}_2\text{O}_8(\text{O,OH,F})$ , **hiortdalitt**  $(\text{Ca,Na})_3\text{ZrSi}_2\text{O}_7(\text{O,OH,F})_2$  og **aegerin**  $\text{NaFeSi}_2\text{O}_6$ ,

før også et aluminiumrikt silikat kom til:

**d. barkevikitt**  $\text{Ca}_2(\text{Fe,Mg})_4\text{Al}(\text{Si}_7\text{Al})\text{O}_{22}(\text{OH,F})_2$ , deretter **arvfredsonitt**  $\text{Na}_3(\text{Fe,Mg})_4\text{FeSi}_8\text{O}_{22}(\text{OH})_2$ .

Restsmelten ble frem til dette krystallisasjonstrinnet så anrikt på elementer som normalt opptrer i svært små mengder i mineraler og bergarter, deriblant Ce, Y, Zr, Li, Be, B, Th og F, at de på dette stadiet kan gå inn som hovedbestanddelene i mineralstrukturer:

**e. mosandritt** (Fig. 5c)  $(\text{Na,Ca,Ce})_3\text{Ti}(\text{SiO}_4)_2\text{F}$ ,

**f. katapleitt** (Fig. 5d)  $\text{Na}_2\text{Ca,FeZrSi}_3\text{O}_9\text{*}2\text{H}_2\text{O}$ , **melanoceritt**  $(\text{Ce,Ca})_5(\text{Si,B})_3\text{O}_{12}(\text{OH,F})\text{*}n\text{H}_2\text{O}$  og **karyoceritt** som er Th-holdig melanoceritt.

**g. astrophyllitt**  $\text{K}(\text{Li,Al})_3(\text{SiAl})_4\text{O}_{10}(\text{F,OH})_2$

**h. eudialitt**  $\text{Na}_4(\text{Ca,Ce,Fe})_2\text{ZrSi}_6\text{O}_{17}(\text{OH,Cl})_2$ , **helvin**  $\text{Mn}_4\text{Be}(\text{SiO}_4)\text{*}3\text{S}$ , yttergranat  $(\text{Ca, Y})_3\text{Fe}_2\text{Si}_3\text{O}_{12}$ , **homilitt**  $\text{Ca}_2(\text{Fe,Mg})\text{B}_2\text{Si}_2\text{O}_{10}$ , **sodalitt**  $\text{Na}_8\text{Al}_6\text{Si}_6\text{O}_{24}\text{C}_{12}$ . Sent krystalliserende den  $\text{CO}_2$ -førende fasen:

**i. cancrinitt**  $\text{Na}_6\text{Ca}_2\text{Al}_6\text{Si}_6\text{O}_{24}(\text{CO}_3)_2$ .

Krystallisasjonen beveget seg nå over i et senmagmatisk stadium hvor ”restsmelten” kunne krystallisere ut metalliske F, B og S-holdige mineraler. Disse opptrer typisk i druserum i pegmatittene, men fluidene kan også reagere med mineralene i



a

b

c

d

e

pegmatittgangene, og danner nye mineraler:

j. **cappelenitt**  $(\text{Ba,Ca,Na})(\text{Y,La})_6\text{B}_6\text{Si}_3(\text{O,OH})_{27}$ , **hambergitt**  $\text{Be}_2\text{BO}_3(\text{OH})$ , **melinofan** (Fig. 5e)  $(\text{Ca,Na})_2\text{Be}(\text{Si,Al})_2(\text{O,OH,F})_7$ , **flusspat**  $\text{CaF}_2$ , **sinkblende**  $(\text{Zn,Fe})\text{S}$ , **blyglans**  $\text{PbS}$ , **kobberkis**  $\text{CuFeS}_2$ .

Siste fase er zeolittdannelse, som skjer etter at systemet har blitt avkjølt til relativt lav temperatur (i størrelsesorden 100 til 150°C):

k. **analcim**  $\text{NaAlSi}_2\text{O}_6 \cdot \text{H}_2\text{O}$ , **eudidymitt**  $\text{NaBeSi}_3\text{O}_7(\text{OH})$ , **natrolitt**  $\text{Ba}_2\text{Al}_2\text{Si}_3\text{O}_{10} \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ .

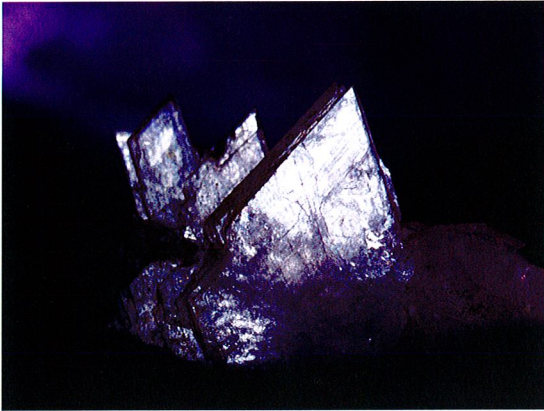
Denne krystallisasjonsutviklingen er kompleks, og i dag vil nok en del modifisere den noe (likeledes kan de kjemiske mineralsammensetningene uttrykkes på flere måter). Den gjenspeiler allikevel den "klassiske" utviklingen av et agpaittisk magma, slik man finner det i Illimaussaq intrusjonen på Sør-Grønland, i Kontozero Graben på Kolahalvøya og i den Øst-Afrikanske Rift-dalen.. Typisk for disse forekomstene er at de agpaittiske nefelinsyenittene er dannet som en siste restsmelte fra alkalibasaltiske eller nefelinittiske magma som har sin kilde i magmakamre i den kontinentale jordskorpen eller dypt nede i den kontinentale mantel under jordskorpa (Sørensen, 1997). Den agpaittiske smelten kan utgjøre i størrelsesorden 2% av det opprinnelige alkalibasaltiske magmaet (Larsen & Sørensen, 1987) og mineralfasene krystalliserte ved avkjøling over et svært vidt temperaturintervall helt ned mot noen få hundre °C. Typisk er også at sammen med smelten opptrådte Na-rike vannholdige væsker (fluider) og en flyktig gassfase som nå er bevart som sen- til postmagmatiske hydrotermale minerealiseringer.

Slike krystallisasjonsbetingelser innebærer at smeltewæske-gass-systemet har fått utvikle seg "i fred", slik at lite materiale (elementer) unnslipper i løpet av krystallisasjonen eller blir tilført fra omgivelsene.

**Langesundpegmatittene etter Brøgger's tid**

Brøgger kom langt i forstå berggrunnen i Langesundområdet, ved hjelp av detaljert mikroskopering og nøyaktige kjemiske analyser, men fortsatt er det mange ubesvarte spørsmål knyttet til dannelsesmekanismene. Blant det mest nærliggende er hvorfor disse eudialyttrike, agpaittiske nefelinsyenittpegmatittene opptrer hovedsaklig langs den sørvestlige grensen av Oslofeltet? Figur 4a illustrerer at berggrunnen stedvis er sterkt deformert, noe som øker muligheten for at restsmelten som

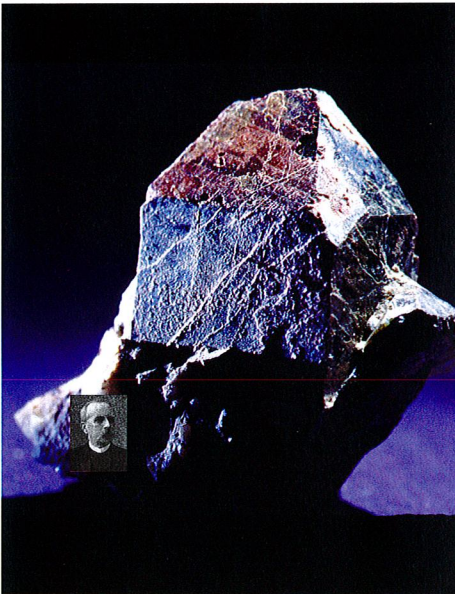
**Figur 5.** Mineraler fra Langesundfjordens pegmatittganger. **a.** Rød eudialytt, **b.** Gulbrun wöhleritt, **c.** Gulbrun mosandritt, **d.** Brunrosa katapleitt. **e.** Gul melinofan.



*Eudidymitt*



*Låvenitt*



*Homilitt*

var til stede etter størkningen av larvikittene fikk tilført eller fjernet materiale fra andre bergarter i området (f. eks. kambrosilur sedimentene). En rift som fortsatt kan gi bevegelser i berggrunnen, er heller ikke stedet der en forventer å finne stille og rolig krystallisasjon av pegmatittmineraler i et lukket miljø. Alternativt kan pegmatittene ha krystallisert sent, på et rolig stadium i Oslo-riftens historie, men når skjedde dette? Disse spørsmålene kan bare besvares ved geokjemiske analysemetoder som var utilgjengelige på Brøggers tid.

#### **Takk**

Frode Andersen, Hans Jørgen Berg og Gunnar Raade takkes for en hyggelig og informativ ekskursjon til Langesundfjorden sommeren 2001.

## *Mineraler fra Langesundfjorden Foto: Per Aas*



*Melanoceritt (Ce)*

#### **Referanser**

- Andersen, F., Berge, S.A. & Burvald, I. 1996. Die Mineralien des Langesundfjords und des umgebenden Larvik-Gebietes, Oslo-Region, Norwegen. Mineralien Welt 7, 20-100.
- Brøgger, W.C. 1890. Die Mineralien der Syenitpegmatitgänge der süd-norwegischen Augit- und Nephelinsyenite. Zeitschr. Krist. 16, 663 pp.
- Larsen, L.M. & Sørensen, H. 1987. The Illimaussaq intrusion – progressive crystallization and formation of layering in an agpaitic magma. In: Alkaline Igneous Rocks (Fitton & Upton, eds). Geological Society Special Publication 30, 473-488.
- Sørensen, H. 1997. The agpaitic rocks; an overview. Min. Mag. 61, 485-498.