

OM GRUNDFJELDET PÅ BORNHOLM

STEEN W. PLATOU

PLATOU, S. W.: Om grundfjeldet på Bornholm. *Dansk geol. Foren., Årsskrift for 1970*, side 54-63. København, 5. januar 1971.

Resultaterne af en årrækkes geologiske og geofysiske undersøgelser præsenteres. Undersøgelserne har resulteret i en mere nuanceret opfattelse af bjergarternes interne strukturer, forkastningernes indflydelse på bjergartsgrensens forløb samt de kronologiske forhold.

Opfattelsen af det bornholmske grundfjelds udviklingshistorie har varieret meget i tidens løb. Callisen (1934) anså bjergarterne for at være af magmatisk oprindelse. Micheelsen (1961) tolkede grundfjeldets bjergarter som mere eller mindre granitiserede granulitfacies bjergarter, og senest har Jørgart (1969) og Sørensen (1967) antydte en anatexis model for bjergarternes dannelse.

Disse tre modeller er alle opstået ved at overføre geologiske modeller, udviklet i andre områder, på de bornholmske forhold. Desværre er ingen af disse tre modeller universelle, idet det i et grundfjeldsområde normalt vil være muligt at finde eksempler på såvel magmatiske, anatektiske og metasomatiske, men på trods heraf har de ovenstående forfattere anvendt deres teorier til den yderste konsekvens, f. eks. skriver Micheelsen (1961, p. 337) om Hammer graniten: »Ved Ols kirke og i Slotslyngen har Hammer-graniten runde hobe af mørke mineraler ligesom Vang-graniten; Hammer-granitens vestlige og centrale dele må derfor være opstået ved granitisering af Vang-granit.« Ligeledes om Hammer graniten skriver Jørgart (1969, p. 16): »Da Hammer-graniten er lysere end Vang-graniten kan den ikke være opstået fra denne ved simpel opsmeltning. Beregninger har vist at Hammer-graniten kan opstå fra Vang-granit eller gnejs, hvis disse bjergarter opblandes med store mængder materiale af leukogranitisk sammensætning. Disse kan tænkes tilført som smelte fra naboområderne i grundfjeldet.«

Vanskelighederne ligger i, at det ikke er muligt at udrede forholdene omkring den multi-orogene udvikling, det bornholmske grundfjeld som alle andre grundfjeldsområder har gennemgået. Grundfjeldets nuværende udformning er et resultat af mange rekrystalliseringer, og en udredning er umulig på grund af den ringe blotningsgrad samt Bornholms isolerede geografiske position, der gør det umuligt at indplacere øen i en regional-geologisk sammenhæng.

Bjergarter

Gnejs er den bjergart, der har den største arealmæssige udbredelse. De blottede dele af gnejsområderne domineres af grålig, relativt homogene granitiske biotit (\pm hornblende) gnejser, ofte med dårligt udviklet foliation. På Øst-Bornholm er kvartsrige til kvartsitiske gnejser relativt almindelige. Flere forfattere anfører, at amfibolit er en almindeligt forekommende bjergart, f. eks. skriver Micheelsen (1961, p. 319): »Amfibolit indeslutninger er almindelige i alle bjergarterne.« Hertil kan bemærkes, at bortset fra biotit-hornblende bjergarten i Paradisbakkerne (der ikke er en »normal« amfibolit), har forfatteren ikke iagttaget amfiboliter i det bornholmske grundfjeld. Hornblenderige gnejser optræder lokalt f. eks. vest for Gudhjem (se fig. 1). For denne bjergart angiver Callisen (1934, p. 77) 14.8 vægtprocent hornblende. En tilsvarende bjergart findes ved Tækkegård nordøst for Hasle.

Arealmæssigt er Hammer granitene den mest udbredte af granitoiderne på Bornholm. Hammer granit området på Nord-Bornholm består dels af et vestligt område med homogen Hammer granit og dels af et østligt område med blanding af folieret og homogen Hammer granit. Hammer granitområdet ved Olsker behandles nedenfor. I Almindinge området optræder en blanding af folierede og homogene Hammer graniter. Ud over disse hovedområder findes der spredt ud over den nordlige halvdel af Bornholm mange små områder med aplitiske og leukogranitiske bjergarter af formodet Hammer granit alder.

Syd for Hammer graniten på Nord-Bornholm optræder Vang graniten, der dels optræder som en helt homogen bjergart, og dels som mere eller mindre folierede udgaver af den homogene type.

Svaneke graniten og Hallegård graniten på Øst-Bornholm er tidligere behandlet af Platou (1970).

Rønne graniten, der findes øst og sydøst for Rønne, er formentlig den mest homogene af de bornholmske granitoider.

Som kuriosum kan omtales den homogene hypersthen granit ved Maegård øst for Hasle. Denne bjergart, der spillede en væsentlig rolle i Micheelsens granulitfacies teori, optræder i en større og flere mindre blotninger på en mark. Syd for (ca. 75 m) hovedblotningen findes en blotning i velfolieret biotit-gnejs, og tilsvarende bjergart findes i et lille stenbrud ved gården. Hypersthen granitens relationer til gnejserne er ukendt, men magnetiske rekonosceringsmålinger antyder, at ihvertfald vestgrænsen er skarp. Vedrørende hypersthen i Rønne graniten skriver Micheelsen (1961, p. 311): »K. Callisen (1957) har siden beskrevet kerner af hypersthen og diopsid fra Rønne-granodioritens hornblende.« Callisen (1957, p. 237) skriver: »Further was found a single grain of possible rhombic pyroxene without hornblende rim.« Hypersthen synes derfor ikke at være konstateret i Rønne graniten.

Kronologi

Micheelsen (1961) opstillede følgende kronologi: 1) Geosynklinalstadiet 2) Rønne-stadiet, hvorunder geosynklinal-sedimenterne omdannedes til granulit-facies bjergarter af granodioritisk sammensætning 3) Hammerstadiet, hvorunder Rønne-stadiets bjergarter granitiseredes mere eller mindre under amfibolit-facies betingelser og 4) Svaneke-stadiet, hvorunder Svaneke graniten dannedes.

Denne kronologi kan ikke opretholdes, da det ikke er muligt ud fra observationerne i grundfjeldsområdet at finde støtte for granulit-facies teorien. Teorien implicerer ligeledes en uacceptabel geologisk proces, nemlig at granitiseringen skulle finde sted oppe fra og nedad, idet granulit-facies-bjergarter i udpræget grad er degranitiserede, og det derfor er usandsynligt, at de bjergarter, der befinder sig under et granulit-facies område, skulle indeholde de nødvendige mængder af granitisk materiale.

En fuldstændig udredning af de kronologiske forhold er umulig, da der ikke findes en bjergartsgruppe, der er udbredt over hele det bornholmske grundfjelds område, og derfor kunne fungere som lede-»horisont«. Den bjergartsgruppe, der kommer nærmest til denne ideale tilstand, er Hammer graniten, der optræder indenfor mere end halvdelen af grundfjeldsområdet.

Om relationen mellem gnejs og Hammer granit kan siges, at i Almindingen området går Hammer graniten øjensynligt gradvist over i gnejserne, dvs. Hammer granit er mere og mere udpræget folieret ud mod randen af området. Det anses derfor for sandsynligt, at de to bjergarter i og omkring Almindingen er dannet samtidigt, dvs. de har fået deres nuværende udformning under den samme rekrytilliseringsfase. Ved Kongensmark syd for Gudhjem (se fig. 1) kan ses en aplit, der formentlig er af Hammer granit alder på grund af dens lighed med apliterne i forbindelse med Hammer granitens sydgrænse, langs kysten syd for Allinge. Kongensmark apliten er yngre end gnejserne. På Nord-Bornholm er Hammer graniten yngre end Vang graniten. I Lobbæk området grænser Rønne graniten muligvis til Hammer granit, idet der ca. 1000 m nord for stenbruddene i Rønne granit kan ses blotninger med næsten homogen Hammer granit. I Rønne graniten i stenbruddet ses granit gange og granitisering, der kan tænkes at være samtidig med dannelsen af Hammer graniten. Ligeledes er det muligt, at de mange retlinede pegmatiter i dette stenbrud og i stenbruddene ved Rønne, er af Hammer granit alder. Der er således en vis sandsynlighed for, at Hammer graniten er yngre end Rønne graniten. Om Hammer granitens relationer til de østbornholmske graniter kan intet siges. Vedrørende de østbornholmske graniter skal her kun nævnes, at de er yngre end hovedparten af gnejserne vest for dem, men at der også findes mindre gnejsområder, der er dannet samtidigt med dele af Svaneke graniten.

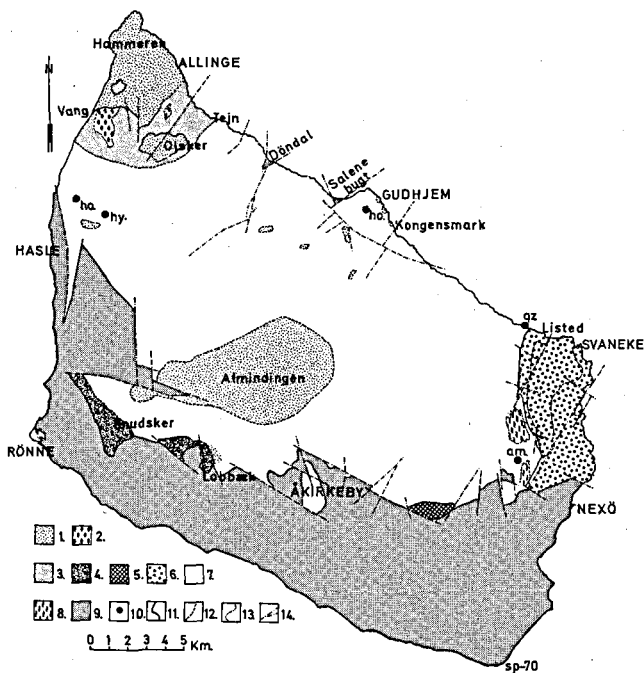


Fig. 1. Geologisk kort over Bornholm. Kortet er baseret på forfatterens egne iagttagelser bortset fra afgrænsningen af Hammer graniten i Almindingen og hovedparten af grænsen mellem grundfjeldet og sedimenterne. 1: Hammer granit. 2: Folieret Vang granit. 3: Homogen Vang granit. 4: Rønne granit. 5: Hallegård granit. 6: Svaneke granit komplekset. 7: Gnejsjer i almindelighed. 8: Paradisbakke gnejs. 9: Sedimentområderne. 10: Lokaltiteter med specielle bjergarter: am. = »amfiboliten« i Paradisbakkerne, ho. = hornblenderige gnejsjer, qz. = kvartsit i gnejs, hy. = hypersthen graniten ved Mægård. 11: Veldefineret bjergartsgrænse. 12: Gradvis eller kun delvist kendt bjergartsgrænse. 13: Ukendt forløb af bjergartsgrænse. 14: Vigtigste forkastninger. Fortsættelsen ud fra kysten langs nordsiden af Bornholm er baseret på magnetiske målinger til havs.

Angående Vang granitens relationer til gnejsjerne på Nord-Bornholm er forholdene således, at Vang graniten mod syd gradvist bliver mere folieret, således at den umærkeligt går over i gnejsjerne. Indenfor Vang granit området findes store og små områder med folieret Vang granit. Alle overgange kan følges fra homogen Vang granit til folieret Vang granit, der synes således at være sket en gnejsificering af Vang graniten; denne kan derfor antages at være ældre end de nordbornholmske gnejsjer i deres nuværende udformning.

Rønne granitens relationer til gnejsjerne nordøst for granitområdet ved Rønne er ukendt, idet det ikke ud fra blotningerne i området er muligt at afgøre, hvad der sker. På kanten af nordvest hjørnet af Rønne granitværks

brud ved Knudsker øst for Rønne findes et ca. 100 m langt gnejsparti, der forsvinder ind under morænen mod vest. Gnejsen er velfolieret og rig på rød kalifeldspat og muligvis svagt mylonitiseret. Rønne graniten er op til gnejsen tydeligt mere finkornet og mørkere end normalt, og så vidt det kan iagttages, indeholder Rønne graniten delvist assimilerede gnejsfragmenter lige ved kontakten, der desværre kun er blottet på nogle få kvadratmeter umiddelbart på kanten af det 50–75 m dybe brud. Det kan ikke umiddelbart konstateres, om kontakten er konkordant eller diskordant.

Opsummeres de forskellige aldersrelationer bliver resultatet, at gnejserne har fået deres nuværende udformning dels før dannelsen af Hammer graniten (og Svaneke graniten) og dels samtidigt med dannelsen af disse graniter. Vang graniten er ældre end Hammer graniten og gnejserne på Nord-Bornholm. Rønne graniten er muligvis intruderet i tidsummet mellem dannelsen af de ælde yngre gnejsler, idet det dog bemærkes, at der optræder mere end to perioder med rekrystalliseringer indenfor gnejserne.

Olsker området

Til nærmere belysning af relationerne mellem Hammer og Vang graniterne samt de interne strukturer i Hammer graniterne kan omtales Olsker området (se fig. 2), hvori der findes et større parti af Hammer granit adskilt fra den nordligste Hammer granit af et smalt Vang granit bælte. I området er der foruden den geologiske kortlægning foretaget detaljerede magnetiske målinger.

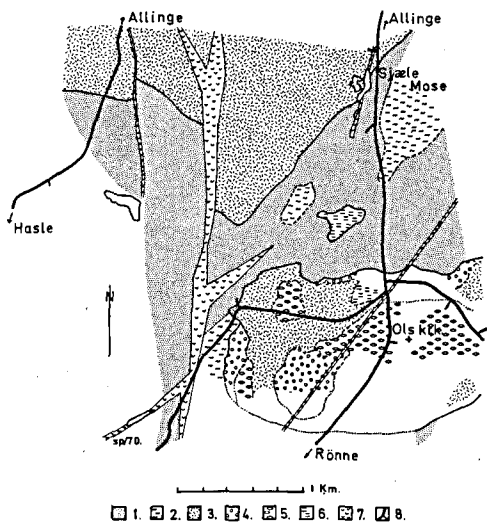
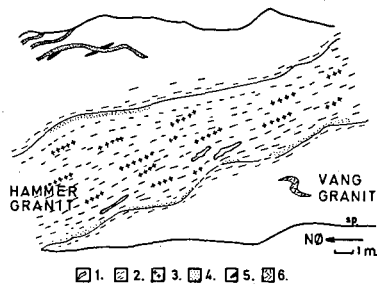


Fig. 2. Geologisk kort over Olsker området på Nord-Bornholm. 1: Homogen Vang granit. 2: Folieret Vang granit. 3: Overvejende homogen Hammer granit. 4: Overvejende homogen aplitisk Hammer granit. 5: Overvejende folieret Hammer granit. 6: Folieret aplitisk Hammer granit. 7: Forkastningszone. 8: Vigtigste veje.

Fig. 3. »Lag« af folieret aplitisk Hammer granit i Vang granit. Krubbedal ved Olsker branddam, Olsker området. 1: Folierede Vang granit indeslutninger. 2: Foliationens orientering i de folierede bjergarter. 3: Leukogranit til pegmatit i Hammer graniten. 4: Egentlig aplit. 5: Indeslutninger i Vang granit. 6: Pegmatit.



Den tidligere opfattelse af områdets geologi har stort set været, at Olsker Hammer graniten var en udløber af den nordligste Hammer granit. De magnetiske målinger har imidlertid vist, at Olsker graniten må tolkes som en relativ tynd skive helt omgivet af Vang granit. De magnetiske målinger er endnu ikke færdig-interpreterede, men en foreløbig vurdering tyder på, at de vestlige dele har en tykkelse på 4-600 m, medens mægtigheden ved Ols kirke kun er 1-200 m. I modsætning hertil tyder de magnetiske målinger på, at den nordlige Hammer granit strækker sig til betydelig dybde.

Olsker Hammer graniten opbygges af følgende komponenter: 1) Homogen Hammer granit 2) Folieret Hammer granit 3) Homogen aplitisk og leukogranitisk Hammer granit 4) Folierede aplitiske Hammer graniter. Den folierede Hammer granit indeholder gnejs partier. Vang graniten i området er overvejende den homogene type-bjergart, hvori der findes større og mindre områder med mere eller mindre gnejsifiseret Vang granit. Den nordlige Hammer granit er overvejende homogen, men mere eller mindre folierede typer er almindelige f. eks. i stenbruddene ved Sjæle mose.

Grænserne mellem de enkelte Hammer granit varieteter er, såvidt det kan bedømmes, overalt gradvis. Grænsen mellem Olsker Hammer graniten og Vang graniten er blottet på flere lokaliteter, men forholdene kan bedst studeres i et lille stenbrud i skoven syd for Olsker branddam, det er dog ikke givet, at denne grænsetype er typisk. På ovennævnte lokalitet bliver Vang graniten over en strækning på nogle meter granitiseret og ændrer gradvist karakter til en relativt finkornet Hammer granit, der går over i normal næsten homogen Hammer granit. I Krubbedal, umiddelbart nordvest for Olsker by, kan grænsen mellem et mindre »lag« af folieret Hammer granit og Vang granit studeres, forholdene er skitseret på fig. 3. Grænsen mellem den nordlige Hammer granit og Vang granit er blottet i stenbruddene ved Sjæle mose. Vang graniten ligger her som en isoleret rest ovenpå Hammer graniten. Kontakten mellem bjergarterne er skarp, men Hammer graniten er relativt finkornet og folieret op til kontakten, den bliver gradvist mere homogen og normal i kornstørrelse bort fra kontakten.

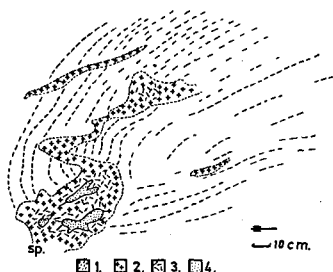


Fig. 4. Foldet foliation i folieret Hammer granit. Stenbruddet ved Hvide Enge i Almindingens vestkant. 1: Foliationens forløb. 2: Leukogranit. 3: Pegmatit. 4: Røgkvarts.

Tektonisk udvikling

Et kendskab til den tektoniske udviklingshistorie kunne være til stor hjælp ved udredningen af de kronologiske forhold, men blotningsgraden og manglen på både store og små lede-horisonter gør kendskabet til udviklingen yderst sporadisk. På Øst-Bornholm (Platou, 1970) kan spores dannelsen af tre generationer af planare strukturer. Folder i området er dannet samtidigt med 2den generations planare strukturer, hvis axialplaner stort set stryger nord-syd. 3die generations planare strukturer stryger øst-vest og hælder ca. 30 grader mod nord og må formentlig være en axialplans-foliation. Om den øvrige del af Bornholm kan stort set kun siges, at foliationen er deformeret, og at det ser ud til at en del af denne deformation er forårsaget af folder med øst-vest strygende axialplaner hældende mod nord (se f. eks. fig. 4).

Foldeakser kan (bortset fra et par stykker) kun konstrueres, og da blotningernes karakter kun i enkelte tilfælde (f. eks. i gnejserne vest for Listed) tillader at se, hvad det er, der måles, kan foldeakserne ikke benyttes til at klarlægge den tektoniske kronologi. Foldeakserne på Bornholm har overvægt af retninger mellem nord-vest og øst-nord-øst, og de fleste hælder i nordlig retning.

Angående foliationens orientering i gnejserne har Micheelsens kort (1961, p. 332) desværre fundet en vis udbredelse (Noe-Nygaard, 1963, p. 8, Wienberg Rasmussen, 1966, p. 24 og Sørensen, 1967, p. 36), idet det ikke er muligt at tegne et kort, der giver et rimeligt billede af orienteringsretningerne indenfor grundfjeldet. På Øst-Bornholm varierer hældnings-retningen mellem øst og vest over nord, med overvægt af retninger mellem nordvest og nordøst. På den øvrige del af Bornholm er forholdene lidt mindre kaotiske, hældningsretningerne er her overvejende mellem nordvest og nordøst, men hældningsretninger stik øst og stik vest forekommer. Den såkaldte »østbornholmske fold« (Micheelsen, 1961, p. 333) eksisterer ikke (se Platou (1970)).

Forkastningerne

Forkastningernes indflydelse på fordelingen af bjergarterne indenfor sedimentområderne har længe været accepteret, derimod har forkastningernes indflydelse indenfor grundfjeldet ikke været nærmere belyst (se dog M ünther, 1945).

Indenfor sedimentområderne har de større forkastninger stort set strygningsretningerne N-S og VNV-ØSØ. I grundfjeldet findes der, foruden disse retninger, strygningsretningen NØ-SV. Store forkastninger med denne retning er f. eks.: forkastningerne langs Paradisbakkernes østkant, Vaseå-Døvredal forkastningszonen, den nord-vestlige afgrænsning af Gudhjems »horsten« og syd-øst kanten af Døndalen.

På Øst-Bornholm har forkastningerne stor indflydelse på forløbet af Svanke granitens vestgrænse (se Platou, 1970) og på Nord-Bornholm på forløbet af Hammer granitens sydgrænse, som det er vist på fig. 2.

Forkastningerne er et resultat af Bornholms beliggenhed i grænsezonen mellem det fennoskandiske hævningsområde og det dansk-tyske sænkingsområde, således at det bornholmske grundfjeld, hævet sammen med det øvrige sydkandinaviske grundfjelds område, er omgivet af nedsænkede sedimentområder. Det bornholmske grundfjeld står derfor tilbage som en art reliket efter nedsænkningen af sedimenterne. Denne model er mere rimelig end den model, der opfatter grundfjeldet som »et område, der er blevet hævet ved bevægelse langs forkastninger« (Sørensen, 1967, p. 36). Relikt modellen medfører, at forkastningsbevægelserne kan anses for at være mest udprægede langs randen af Bornholm, medens de indre dele i mindre grad er påvirket. Som eksempel på dette forhold kan nævnes Salene bugt området nord for Gudhjem, der repræsenterer en betydelig forkastningsaktivitet i kanten af grundfjeldsområdet. Tilsvarende forhold findes ved Døndalen.

På grund af den kvartære is-fremtrængningsretning er de VSV-ØSØ strygende forkastninger indenfor grundfjeldsområdet stort set fuldstændig skjulte under den kvartære overflade. Eksempler på dette kan ses i Rønne granit bruddet ved Knudsker, hvor 10–20 m brede vertikale morænefyldte skakter strækker sig fra top til bund af bruddet, medens den omgivende mark er helt flad.

Om de genetiske forhold

Som udgangspunkt for diskussionen kan omtales apliten ved Kongensmark syd for Gudhjem. Denne aplit har mange lighedspunkter med apliterne i Vang graniten nord for Tejn og er formentlig af Hammer granit alder.

Ved Kongensmark findes i kysten normal grå biotit gnejs samt et større (ca. 10.000 m²) og flere små aplitområder. I gnejserne kan observeres defor-

merede leukograniter og pegmatiter samt en del fladtliggende tynde og næsten konkordante (med gnejsfoliationen) retlinede apliter. Den interne struktur i det store aplit område er stort set identisk med strukturen i gnejsen. Apliten er mere finkornet end gnejsen, og sammensætningen er mere granitisk. De retlinede apliter er omdannet til leukograniter. Leukograniterne og pegmatiterne er mere grovkornede og uregelmæssige. I tyndslib af apliten kan ses, at de oprindelige mineraler i gnejserne er blevet delvist replaceret af interstitiel mikroklin, hvorved den oprindelige kornstørrelse er blevet reduceret, medens strukturen iøvrigt stort set er bevaret.

Medens foliationen i Kongensmark apliten formentlig er ældre end aplitens dannelse, synes de mere grovkornede aplitiske-graniter i Krubbedal ved Olsker (se fig. 3) at være dannet under orienteret tektonisk påvirkning, men iøvrigt ved en tilsvarende proces som ved Kongensmark. Krubbedal granitene kan dog også være dannet gennem granitisering af gnejsificeret Vang granit, således at foliationen er ældre end graniten. Granitiseringen og rekrystalliseringen har i Krubbedals området nået et mere fremskredent stadium end i Kongensmark området og i de tilsvarende aplitområder langs kysten nord for Tejn (f. eks. ved Sandkås Hotel).

De folierede Hammer graniter synes således at være dannet ud fra gnejserne eller Vang granit ved en rekrystallisering ledsaget af tilførsel af »granitisk« materiale. Denne rekrystallisering er formentlig for de større Hammer granit områders vedkommende sket under tektonisk påvirkning, der resulterede i foliationen i de folierede Hammer graniter.

Der tilbagestår at få dannet de homogene Hammer graniter. Dette kan enten tænkes at være sket i direkte fortsættelse af dannelsen af de folierede Hammer graniter gennem en yderligere opløsning af bjergartens »struktur«, dvs. gennem en anatektisk proces, uden det dog har relevans at tale om smelte i dette ords gængse betydning. Imidlertid kan observationer, af den type, der er vist på fig. 4, samt det forhold at foliationen i grænseområdet mellem Hammer og Vang granit (i stenbruddet ved Sjæle mose) er deformeret, tydes således, at dannelsen af de homogene Hammer graniter har fundet sted senere end dannelsen af de folierede typer samtidigt med, at foliationen i disse deformeredes. Også i dette tilfælde er der tale om en anatektisk proces.

Hvis der i et område er dannet større rumfang af homogen granit på en af ovennævnte måder, vil en sådan masse have kunnet bevæge sig opad resulterende i f. eks. den homogene vestlige del af det nordligste Hammer granit område. Det er ud fra det magnetiske kort over Nord-Bornholm tydeligt, at denne vestlige del er af en anden beskaffenhed end den del, der ligger øst for den store N-S forkastning ved Olsker. Mod vest optræder et meget markant minimum langs grænsen mellem Hammer og Vang granit; dette minimum findes ikke øst for forkastningen. Det vestlige grænsemi-

num synes forårsaget af leukogranitisk relativt finkornet Hammer granit i grænseområdet.

(Foredrag i Dansk Geologisk Forening 30. september, Aarhus.
— Kritiske bemærkninger fra T. Jørgart, I. Rønsbo og P. Hansen, se side 88–89).

Laboratoriet for anvendt geofysik
Geologisk Institut, Aarhus Universitet
8000 Aarhus C

Litteratur

- Callisen, K. 1934: Das Grundgebirge von Bornholm. *Dann. geol. Unders.*, række 2, 50, 266 pp.
- Callisen, K. 1957: Hornblende with pyroxene core in the Rønne granite, Bornholm. *Meddr dansk geol. Foren.* 13, 236–237.
- Jørgart, T. 1969: Prækambrium. I: *Geologi på Bornholm*, 3–22, Varv.
- Micheelsen, H. 1961: Bornholms grundfjæld. *Meddr dansk geol. Foren.* 14, 308–349.
- Münther, V. 1945: Sprækkedale og Diabasintrusioner på Bornholm. *Meddr dansk geol. Foren.* 10, 641–645.
- Noe-Nygaard, A. 1963: The Precambrian of Denmark. I: Rankama (edit.): *The Precambrian* 1, 1, 1–24. Interscience Publishers.
- Platou, S. W. 1970: The Svaneke granite complex and the gneisses on East Bornholm. *Meddr dansk geol. Foren.* 20, 93–133.
- Rasmussen, H. W. 1966: *Danmarks geologi*, 17–22. Gjellerup.
- Sørensen, H. 1967: Bornholms undergrund, grundfjeldet. I: *Danmarks Natur* 1, 35–48. Politikens forlag.