

Om Saltopløsninger i mikroskopiske Indeslutninger i Bornholmske Graniter og i Pegmatit fra Barhult, Sverige.

Ved

HARALD FABER.

With an English Summary.

Efter at andre Forskere som DAVY og BREWSTER tidligere havde iagttaget mikroskopiske Indeslutninger i Bjergarternes Krystaller, behandlede H. C. SORBY hele Spørgsmaalet om, hvorledes der ved Krystallernes Vækst kan blive indesluttet forskellige fremmede Stoffer, og han offentliggjorde i 1858 sit Arbejde om Krystallers mikroskopiske Bygning, hvorfra han drog Slutninger om Mineralers og Bjergarters Dannelsesmaade¹). Han begynder med en nøje Undersøgelse af saadanne Krystaller, som han forsøgmæssigt fremstillede under forskellige Forhold, saa de indeholdt smaa Draaber af Vædske eller Luftblærer eller Krystaller af andre Salte, og fra disse Iagttagelser gaar han over til en Bedømmelse af hvad han finder ved Undersøgelse af Krystaller i Naturen. I den sidste, sjette, Afdeling taler han om Mineraler og Bjergarter dannede ved samtidig Paa-virkning af Vand og Smeltning ved Varme og behandler specielt Spørgsmaalet om Granitens Dannelse.

SORBY finder at der i Krystaller af Mineraler ofte under Mikroskopet kan iagttages indesluttede Draaber eller faste Partikler; han skelner mellem tre Slags Indeslutninger efter som de bestaar af Stenmasse, Vædske eller Luft. To eller tre alle Slags kan findes samtidig i en Krystal; undertiden kan der være baade Vædske og Luft i samme Hulrum. Det der, naar Talen er om Granit, er af størst Interesse, er de smaa Hulheder der indeholder Vædske, og som viser hvad der ser ud som en Luftblære, men tydeligvis blot er frem-

¹) On the Microscopic Structure of Crystals, indicating the Origin of Minerals and Rocks, i Quarterly Journal of the Geological Society of London, Vol. 14. 1858. Pag. 453.

kommen ved Vædskens Sammentrækning ved Afkøling efter at den blev indesluttet i Krystallen, vel at mærke, naar der ikke, som det dog synes sjældent, tillige er Luft tilstede. Dette bevises simpelthen ved Opvarmning, idet Vædsken saa gradvis fylder hele Hulrummet. »Granitens Kvarts viser ofte talrige meget smukke vædske-fyldte Hulheder«. »I mange Graniter er disse Vædskehulheder saa talrige i Kvartsen, at de gennemsnitlig ikke er mere end en Tusindedel Tomme fjernede fra hinanden«. »Deres Antal er meget forskellig i de forskellige Graniter, men hidtil har jeg fundet dem i alle de undersøgte Prøver«. I Feldspat og Glimmer har SORBY ogsaa set (og afbildet) dem, men mener de er sjældnere der end i Kvartsen.

Den i disse Hulrum i Granitens Kvarts indesluttede Vædske har SORBY paavist at være Vand eller rettere en vandig Opløsning af Klorider og Sulfater af Alkali og Kalk. Ofte har han fundet at Vædsken reagerer surt, hvorfor han tænker der er fri Saltsyre eller Svovlsyre. Undertiden er der mere Salt end Vandet kan holde opløst, saa der ses kubiske Krystaller af Klorider. I Kvarts i metamorfiske Bjergarter og Kvartsaarer nær ved Graniten findes lignende Saltopløsning i de mikroskopiske Hulheder. At Vædsken er Vand har han paavist ved følgende Fremgangsmaade, som dog forudsætter at der ikke ved Opvarmning uddrives kemisk bundet Vand i Mineralen (Mineralerne). Ved Opvarmning af Stykker af et Mineral med saadanne Vædskedraaber sprænges Stykkerne undertiden med stor Voldsomhed, og man kan derefter i Mikroskopet se at Vædsken er drevet ud. SORBY tog nu et Glasrør, 8 Tommer langt, $\frac{1}{4}$ Tomme indvendig Diameter, tilsmeltet i den ene Ende, anbragte deri smaa Stykker af Mineralen, tørret ved 100° C. og fyldte Røret med Luft, tørret over Klorkalcium. Den aabne Ende lukkedes med en tør Prop; Glasrøret anbragtes derefter gennem to Huller i modstaaende Sider i en lille Daase fyldt med en Blanding af pulveriseret Is og Salt, saaledes at Glasrørets tilsmeltede Ende ragede et Par Tommer udenfor, og i den Del var Mineralen. Nu opvarmedes denne Del af Glasrøret saa stærkt, at Vædsken dreves ud af Hulrummene. Paa den afkølede Del af Glasrøret afsatte der sig saa smaa Krystaller. Disse iagttoges under Mikroskop, de opvarmedes gradevis og det saas, at de smeltede ved 0° . Saaledes paavistes det, at Vædsken var Vand eller en vandig Saltopløsning.

Det der var opløst i denne Vædske undersøgte SORBY ved at pulverisere Kvarts og saa udtrække med Vand, hvad der kunde opløses. Efter Filtrering og Inddampning fandt han »ved Iagttagelse

under Mikroskopet og ved passende kemiske Prøver«, at der i Vædsken i Hulrum i Kvartsen fandtes Alkaliklorider og Sulfater af Alkalier og Kalcium samt frie Syrer, Salt- eller Svovlsyre. Men han har ikke meddelt nogen kemisk kvantitativ Analyse, og han har kun undersøgt Indholdet af Vædsken i Kvarts.

En meget vigtig Side af SORBYS Undersøgelse, som dog her kun lige skal berøres, angaar hans Beregninger af de Temperaturer ved hvilke de undersøgte Mineraler og Bjergarter er dannede. Som alt omtalt findes der tomme Rum i Hulhederne, som forsvinder gradevis naar Vædsken udvider sig ved Opvarmning. De forskellige Vædskedraaber i en Kvartskrystal maa jo være indesluttede samtidig, ved Kvartsens Krystallisation, og ved samme Varmegrad; derfor maa ogsaa de ved Vædskens Afkøling dannede Vacuoler have samme relative Størrelse og forsvinde ved samme Temperatur. Som Regel fandt SORBY, at Vædsken udfyldte hele Hulrummet ved en Temperatur af omkring 200° C. Saa varm maa Vædsken altsaa i det mindste have været, da Krystallisationen fandt Sted. Men hvis Magmaet, i hvilken man kan tænke sig Vandet opløst omtrent som Luft i en Vædske, hvis dette Magma inden eller under Krystallisationen var underkastet et betydeligt Tryk, saa maatte der samtidig have været en betydelig højere Temperatur. SORBY kommer til det Resultat, at de af ham undersøgte Graniter — og det samme gælder de dem omgivende metamorfiske krystallinske Bjergarter — er udkrystalliserede ved en Temperatur som »en svag Glødhede der kan ses i Mørke« og under samtidig Medvirkning af Vand eller Saltopløsninger.

Allerede før Offentliggørelsen af SORBYS Arbejde havde DAUBRÉE paavist, at Feldspat kunde dannes ad vaad Vej, og dette er jo gentagne Gange senere paavist af andre. Dette bestyrker i høj Grad SORBYS Antagelse at Vandet har spillet en Rolle ved Granitens Dannelse, ved en »hydroplutonisk« Proces. Det er ogsaa DAUBRÉE, som først udtaler sig klart til Fordel for SORBYS Theori. »SORBY'S geniale Iagttagelser af de Vædsker, der er indesluttede i mikroskopiske Vacuoler i Bjergarterne, styrker den Antagelse, at Vand og Varme har været virksomme ved Granitens Dannelse«¹⁾. Og DAUBRÉE slutter videre, at Dannelsen af Silikater i metamorfiske Bjergarter ikke maa tænkes foregaaet »ad tør Vej men tvertimod ad en Mellemsvej, en Vej mellem den vaade og den tørre Vej, som man kunde kalde hydrotermisk«²⁾.

¹⁾ A. DAUBRÉE: *Geologie Expérimentale*. Paris. 1867. Side 64.

²⁾ *ib.* Side 88.

En afvigende Opfattelse er gjort gældende af VOGELSANG¹⁾, men den bør neppe tillægges større Betydning. Han fandt ganske vist i Kvarts i Granit Indeslutninger af en Vædske, hvori kugleformede Legemer (Blærer), som de fleste andre, tidligere og senere, Iagttagere har tydet som Luftblærer, eller »Hulrum« fremkomne ved Vædskens Sammentrækning; men VOGELSANG tyder disse som flydende Kulsyre. Han beviser (?) dette ved at faa Vædskan sprængt ud af Kvartsen ved Ophedning og ledet hen i et Rør, hvor den kan underkastes Spektralanalyse. Men naar han underkaster smaa Stykker Granit samme Prøve og hverken finder Alkalier eller Klorider, bliver man med Rette noget skeptisk, foruden at det overhovedet synes vanskeligt at tænke sig en saa almindelig udbredt Tilstedeværelse af flydende Kulsyre som VOGELSANG mener at have fundet.

Aaret efter fremkom F. ZIRKEL's²⁾ Meddelelser om hans forskellige Iagttagelser, der ganske bekræfter SORBY's Fremstilling. Han finder i Feldspat fra Mull, Hebriderne, og i andre Feldspater meget talrige Vædskedraaber med Libeller, og han mener, at alle Mineraler kan indeslutte Vædskedraaber. Med Henviisning til SORBY, hvis Arbejde han altsaa har kendt, omtaler han, at han ogsaa har iagttaget terningformede Krystaller i de vædskefyldte Hulheder i Kvarts. ZIRKEL skriver, at efter hans Iagttagelser er saadanne Indeslutninger i Kvarts hyppigere end hidtil antaget, at de bestaar af Vædsker, at der er terningformede Krystaller, og desuden bevægelige Libeller, af hvilke han ogsaa meddeler et Billede. Han giver en lang Række Iagttagelser af Indeslutninger i Kvarts i forskellige Bjergarter, smukkeste og fyldigst i Kvarts fra Zirconsyenit fra Laurvig i Norge. At Indholdet i disse Indeslutninger er Klorid paavises ved Sølvpopløsning, og at det er et Natronsalt paavises ved at en Flamme farves gul, at det altsaa er NaCl, ganske som SORBY tydelig nok havde paavist det. Men ZIRKEL indlader sig ikke paa af disse Iagttagelser at drage Slutninger angaaende Bjergarternes Dannelsesmaade.

Et andet større Arbejde fremkom Aaret efter af FR. PFAFF³⁾, men skønt han omtaler ZIRKEL's Iagttagelse af Saltterninger i Vacuoler i Kvarts, og skønt ZIRKEL citerer SORBY, synes SORBY's

1) H. VOGELSANG: Pogg. Ann. 137. 1869. Über die Natur des Flüssigkeitseinschlüssen in gewissen Mineralien. Side 263—271.

2) F. ZIRKEL: Mikromineralogische Mitteilungen, i Neués Jahrbuch für Mineralogie. 1890. Side 804.

3) FR. PFAFF: Pogg. Ann. 143. 1871. Side 610—620.

Arbejde fra 1858 at være PFAFF ganske ubekendt. PFAFF lader Alun krystallisere af en mættet Opløsning, hvori han har tilsat 3% NaCl og paaviser Indeslutninger af NaCl-opløsning i Alunkrystallerne, et Forsøg ganske som dem SORBY har udført en Række af, men PFAFF synes ikke at ane, at han kun gentager hvad SORBY havde gjort før ham. PFAFF bestemte Vandindholdet i Vacuolerne i en Række Mineraler og Bjergarter ved at knuse disse til Pulver i et hermetisk tillukket Rum, hvorigennem der strømmer en tør Luftstrøm, som afgiver det optagne Vand i et vejte Glasrør med et vandsugende Indhold. Mængden af Vand, saaledes bestemt, varierede mellem 0.11 % i Syenit fra Meissen til 1.8 % i Glimmerskifer fra Davos. Alle Graniter, mener PFAFF, indeholder mekanisk indesluttet Vand, og det baade i Kvartsen og i Feldspaterne, og han paaviser Indhold af Klor og Natrium i Vandet ganske som ZIRKEL, til hvem han henviser. Han vilde anse det for meget ønskeligt om man kunde bestemme Mængden af Vand og Klornatrium, men han siger udtrykkeligt, at han ikke af sine Iagttagelser mener at kunne drage Slutninger om Granitens Dannelsesmaade.

Medens SORBY'S Arbejde altsaa baade i Tyskland og i Frankrig fandt Tilslutning fra forskellige Forskere, som delvis gentog hans Iagttagelser og endog (PFAFF) eftergjorde de Forsøg om Indeslutninger i forsøgsmæssig fremstillede Krystaller, der dannede Grundlaget for SORBY'S Arbejde, var det fra England at der kom en Kritik, som endog gik saa vidt som at erklære om SORBY'S Slutninger, at »all such calculations must necessarily be fallacious¹⁾. Vel fandt PHILLIPS, at Kvartsen i alle Graniter i Cornwall indeholdt talrige mikroskopiske Hulheder, delvis fyldte med en Vædske, men han fandt, at paa den anden Side nogle af disse er helt udfyldte, altsaa uden Libeller, medens andre er ganske tomme. Kvartsen fra Redruth »contains numerous fluid-cavities enclosing bubbles which, in some of the smaller ones, are observed to be in continued motion«, medens Kvartsen fra Morvale »contains numerous gas and fluid-cavities«. Desuden fandt han, at Libellerne i Hulhederne ikke forsvandt ved samme Temperatur. At der findes Hulheder som er ganske tomme, behøver jo kun at betyde, at de er fyldte af Luft (Gas), hvad han selv har iagttaget. Størst Vægt synes han at lægge paa Iagttagelsen af Hulheder helt fyldte med Vædske. Men hvorledes beviser han at de er fyldte med Vædske og ikke med en Glas-

¹⁾ J. A. PHILLIPS i Quart. Journal of the Geological Society, London, 1875. Vol. 31. Side 332.

masse? »If the presence of full fluid-cavities be admitted — all such calculations must necessarily be fallacious«. Man maa unægtelig forlange uomstødelige Beviser for Eksistensen af saadanne Hulheder, før man drager en saa kategorisk Slutning, og disse Beviser synes mig at mangle.

Hans Bemærkning at Libellerne ikke forsvandt samtidig ved Opvarmning af den Krystal, hvori de findes, gav Anledning til at J. KÖNIGSBERGER og WOLF MÜLLER¹⁾ foretog en meget nøjagtig Undersøgelse af Gangmineralerne i Gange i Biotitprotogin fra Aar. De fandt, at Libellerne i Hulhederne i Kvarts forsvandt næsten samtidig og indenfor Temperaturforskelle paa fra 3° til 12°. Undersøgelserne foretoges paa Kvarts fra tre forskellige Findesteder og det viste sig, at Libellerne forsvandt ved følgende Temperaturer paa de tre Steder, nemlig henholdsvis fra 199° til 210°, fra 215° til 222° og fra 223° til 229°. Ved Udludning af ca. 20 Gram Kvartspulver fandtes ved flere Forsøg ca. 7 % Tørstof i Væsken, hvis Mængde bestemtes ved Glødningstab. Nogen kvantitativ Analyse af Saltindholdet i Indeslutningerne har disse Forskere ikke meddelt.

Hovedinteressen er og bliver den gentagne og ubestridelige Iagttagelse, at Mineralerne i Granit og beslægtede Bjergarter indeholder en Vædske, en vandig Saltopløsning, mekanisk indesluttet. At dette har Betydning for Forstaaelsen af Granitens Dannelse er øjensynlig. DAUBRÉE²⁾ skriver i en senere Udgave af sine Forsøg, at »l'eau permit la cristallisation des silicates à une température bien inférieure à leurs points de fusion«. »Dans le granite l'action de l'eau paraît avoir été aidée par quelques auxiliaires, tels que des chlorures et des fluorures«. »Quand il s'agit d'expliquer l'origine et la formation des silicates dans beaucoup des roches, ce n'est pas à la voie sèche, mais bien à la voie hydrothermale, qu'il faut recourir le plus souvent«. Selv om man ikke fuldtud kan forklare denne »voie hydrothermale« eller hydroplutoniske Virkning, synes det umuligt at komme udenom, at den har spillet en Rolle. Det tager sig derfor noget mærkeligt ud, at der ved Bedømmelsen af en Besvarelse af Universitetets Prisopgave om de ældste Bjergarters Dannelsesmaade skrives saa sent som i 1880 om »den hydroplutoniske« Teori, der

¹⁾ J. KÖNIGSBERGER und W. J. MÜLLER i Centralblatt für Mineralogie, 1906. Side 72.

²⁾ A. DAUBRÉE: Etudes synthétiques de Géologie expérimentale, Paris, 1879. Side 217 og 232/33.

har været antydet af flere Geognoster uden dog endnu at have fundet almindelig Tilslutning¹⁾. Man fristes til at tro, at den paa-gældende Literatur ikke har været Vedkommende tilstrækkelig bekendt.

Der kan altsaa ikke være Tvivl om, at Granit og samhørende Bjergarter indeholder som en regelmæssig Bestanddel en vandig Saltopløsning i mikroskopiske Indeslutninger. Selv om de fleste Forskere har indskrænket sig til at undersøge Kvartsen i disse Bjergarter, er der dog af nogle iagttaget samme Forhold ved Feldspat. Man kan derfor vanskelig undgaa at tænke, at en vandig Saltopløsning har spillet en Rolle ved disse Bjergarters Dannelse. Men hvilken? Har Saltopløsningen været opløst i det smeltede Magma omtrent som Luft i Vand og er udskilt ved Krystallisationen som Luftblærer udskilles ved Vandets Frysning? Eller hvorledes?

Den første Betingelse for at komme ind paa Besvarelsen af disse interessante Problemer maa utvivlsomt være et nøjere Kendskab til Fakta. Det er mærkeligt, at der ikke er foretaget nærmere Undersøgelser, med kvantitative Analyser, af hvorledes Indholdet er i de forskellige Graniter, om Saltindholdet altid er det samme, om Procent af Salte i Vædsken varierer o. s. v. Men der foreligger mig bekendt ikke en eneste fuldstændig kvantitativ Analyse af Saltindholdet. Ved et tidligere Arbejde havde jeg, for et ganske andet Formaal, slemmet 3 kg fint pulveriseret Oligoklas fra Ytterby. Slemningen var foretaget i destilleret Vand, og efter at Pulveret havde sat sig, blev Vædsken inddampet til et ringe Rumfang. I denne Vædske maatte Saltopløsningen fra Indeslutningerne findes. Ved en Analyse fandtes i Vædsken:

Cl ⁻	336 mgr
SO ₄ ²⁻	10 —

Hvis dette Klor var tilstede som Klornatrium vil det sige, at der i Oligoklasen var 0.185 promille NaCl, altsaa en ikke helt ringe Mængde men dog saa lille, at der maa arbejdes med temmelig store Mængder af Materialet for at faa tilsvarende Analysetal frem. Og det er maaske netop Vanskelighederne ved at arbejde med disse store Mængder, der har ladet disse Undersøgelser ligge brak.

¹⁾ Universitetets Festskrift. 1881. Side 101.

Efter at have gjort mig bekendt med Dr. KAREN CALLISEN'S Arbejde over de bornholmske Graniter¹⁾ mente jeg det kunde have sin Interesse at undersøge disse nærmere med Hensyn til deres Indhold af Saltopløsninger og søgte derfor om jeg ved Danmarks tekniske Højskole kunde faa den fornødne Hjælp til saadanne Undersøgelser. Saadan Hjælp har jeg været saa heldig at faa hos Professor Dr. A. H. M. ANDREASEN, Forstander for det teknisk-kemiske Instituts Laboratorium for Mørtel, Glas og Keramik. Foruden at staa mig bi med gode Raad og Anvisninger gav Prof. ANDREASEN mig Plads paa Laboratoriet og lod mig benytte Laboratoriets store Kuglemølle. Denne er indvendig beklædt med Flint og Materialet knuses af ca. 25 kg Flintkugler under Møllens Omdrejninger. Der er arbejdet paa den Maade, at naar jeg havde til Raadighed 10 kg Granitgrus, som var bleven grundig vadsket med almindeligt og derefter med lunkent destilleret Vand og tørret i Tørreskab, blev ca. 5 kg deraf malet i Møllen i ca. 3 Timer og atter tømt ud, hvorved Møllen, foruden almindelig Rengøring, saa at sige blev vidsket af med selve Materialet, hvorefter 5 kg af dette blev malet i Møllen ved dennes Omdrejning i 20 à 23 Timer. Efter Udtømmning af Møllen blev Pulveret sigtet paa en Sigte Nr. 60, med Maskevidde 0.25 mm. 3 kg af dette saaledes tilvejebragte meget fine Pulver blev saa udrørt i lunkent destilleret Vand, bragt paa Filter og Filtratet analyseret.

For at undgaa at faa alt for store Vædskemængder til Analyse blev der kun benyttet, i Reglen, 2 Liter Vand. Dette dannede med Granitpulveret et Dynd, som kun vanskeligt slap Vandet. Hvis Opgaven nu havde været at udvadske alle opløselige Stoffer fra Pulveret, maatte der være anvendt mange Liter Vand, som derefter maatte inddampes til Analyse. Men da Opgaven jo kun er at finde Indholdet i Vædsken, benyttede jeg en anden Fremgangsmaade. I Løbet af nogle Døgn løb en større eller mindre Del af Vædsken igennem, medens Resten blev paa Filtret som et Dynd. Rumfanget af det opnaaede Filtrat maales og Mængden af den tilbageholdte Del af Vædsken bestemtes, og da man kan gaa ud fra, at den paa Filtret tilbageholdte Vædske har samme kemiske Sammensætning som Filtratet, blev Analysetallene fra dette omregnede til at gælde den hele Vædskemængde, Filtratet + den tilbageholdte Mængde.

Alle Analyser af Filtraterne blev udførte ved V. STEINS analytisk-kemiske Laboratorium.

¹⁾ Das Grundgebirge von Bornholm. Danmarks Geologiske Undersøgelse. II. Række. Nr. 50. Kjøbenhavn 1934.

Ved Tilvejebringelse af Materialet har jeg modtaget velvillig Hjælp fra mange Sider: Ingeniør KRARUP ved Vejlaboratoriet har skaffet mig Rønnegranit og Hammergranit; Direktør HØJMARK ved De Forenede Granitbrud Pegmatit fra Rønnegranit; Stadsingeniøren i København Svaneke Granitgrus fra Direktoratets Oplagsplads; De Danske Granitbrud A/S gennem Herrer HOLM og STRØYBERG graat Granitgrus fra Bruddet ved Vang; Brødrene ANDERSEN, Lobæk Stenbrud, har sendt mig Bjergbakke Granit, alt i grovt-knust Tilstand.

For al denne Hjælp aflægger jeg hermed min Tak, og ikke mindst maa jeg takke Professor O. B. BØGGILD og Dr. CALLISEN for gode Raad og Opmuntring under mit Arbejde.

Foruden en Udludning og Analyse af Filtratet blev der ogsaa foretaget en Bestemmelse af Vandmængden. Det fortjener en nærmere Omtale, hvorledes denne udførtes. Ved den sædvanlige Maade at bestemme Vandmængden i en Bjergart skelnes der mellem det hygroskopiske Vand, der fordamper ved Tørring ved 100° eller 110° , og det kemisk bundne Vand, der drives ud ved meget stærk Glødning. HENRY S. WASHINGTON skriver derom bl. a.: »By the term hygroscopic water is meant the water that is absorbed by the rock powder from the atmosphere and the water may be present in microscopic cavities¹⁾. Bestemmelserne sker vel altid ved Tørring og Glødning af en fint pulveriseret Prøve af Bjergarten. Men hvis der er Tale om Vand i Indeslutningerne, er det øjensynligt, at dette vil delvis fordampe ved Pulveriseringen, som tilmed vil frembringe nogen Varme, saa at det ikke vil være praktisk at søge at bestemme det som Del af det hygroskopiske Vand — og hvilken Del? Da nu det i Hulhederne indesluttede Vand uddrives ved Glødning af ikke for store Brudstykker, idet det sprænger Krystallerne, vilde det være mere praktisk at bestemme Vandmængden som det Glødningstab man finder ved $\frac{1}{2}$ Times jevn Rødgælde af saadanne smaa Brudstykker, som forud tørres for at fjerne det hygroskopiske Vand. Man maa blot være opmærksom paa, at der muligvis samtidig kan uddrives kemisk bundet Vand af Mineraler som Biotit og muligvis Hornblende. Det synes at fremgaa af mine Forsøg, at Tabet af kemisk bundet Vand er meget ringe, naar de paagældende Mineraler

¹⁾ The Chemical Analysis of Rocks, by HENRY S. WASHINGTON, Ph. D. New York 1930. Side 238.

ikke er pulveriserede, men beskyttede af andre Mineraler, Feldspat og Kvarts, som jo udgør langt den største Del af Bjergarterne.

I Rønnegranit fandt jeg et Glødningstab af 0.225 % ved $\frac{1}{2}$ Times Rødglødning af 10 g af Kornstørrelse som Hampefrø eller Hørfrø. I K. CALLISEN's Bog (Side 39) opgives, efter CHR. DETLEFSEN's Analyse af Rønnegranit, et Glødningstab af kun 0.13 %, medens M. DITTRICH's Analyse angiver 1.11 % H_2O ved over 110° . Jeg tyder DETLEFSEN's lave Tal saaledes, at en Del af det i Indeslutningerne indeholdte Vand er fordampet ved Pulveriseringen, saa at Glødnings-tabet her kun angiver den ikke fordampede Rest af Vædsken, og samtidig at han ikke ved Glødningen har faaet noget af det kemisk bundne Vand fordampet. Derimod har DITTRICH øjensynlig glødet saa stærkt, at en Del kemisk bundet Vand er fordampet. Spørgsmaalet er nu om det af mig fundne Glødningstab af 0.225 % delvis skyldes Tab af kemisk bundet Vand. I Stedet for at forsøge at skille Biotit og Hornblende fra de andre Mineraler og bestemme Glødningstabet i disse, som udgør langt Hovedmængden af Graniten, har jeg søgt den Genvej at bestemme Glødningstabet i den i Rønnegraniten forekommende Pegmatit, idet K. CALLISEN (Side 24) mener, at disse Pegmatitgange er dannede i Sammenhæng med Granitens Størkning; de maa derfor antages at indeholde samme relative Vædskemængde som den graa Rønnegranit. Ved Glødning, paa anførte Maade, af Pegmatit fandtes 0.20 % Vand. Jeg har derfor antaget, at Vandmængden i Indeslutningerne i baade Rønnegranit og dennes Pegmatit kan ansættes til 0.20 %. Men det vil altsaa sige, at der af Rønnegranit ved jevn Rødglødning af smaa Brudstykker kun gik meget lidt kemisk bundet Vand bort, eller at man med andre Ord ved den foreslaaede Metode faar en ret paalidelig Bestemmelse af Vandmængden i Indeslutningerne. Denne Metode er derfor benyttet ved de forskellige Granitprøver.

De seks forskellige Slags Granit fra Bornholm, som jeg har undersøgt, er alle nøje beskrevne, med Analyser, af KAREN CALLISEN i hendes ovenfor citerede Skrift, hvortil henvises.

Hammergranit. Den første Granit, jeg undersøgte, var Hammergranit. Den behandledes som ovenfor beskrevet undtagen at jeg, ved denne ene Prøve, brugte Sigte Nr. 30 med Maskevidde 0.5 mm. 3 kg Pulver udludedes, men jeg arbejdede ikke herved saa omhyggeligt, at jeg kunde beregne, hvor stor en Del af hele Udludningsvædsken det opnaaede Filtrat udgjorde, maaske endog kun Halvdelen. Ved de følgende Prøver blev Fremgangsmaaden derfor æn-

dret, til den, der er forklaret ovenfor. Selv om Analysen af Filtratet ved denne Prøve af Hammergranit altsaa ikke giver Oplysning om hele Mængden af de i Indeslutningerne tilstedeværende Salte, giver den dog Oplysning om Mængdeforholdet mellem de forskellige Bestanddele.

Analysen udviste:

Analyse 1.	Na ⁺	195 mgr
	K ⁺	145 —
	Al ³⁺	22 —
	Cl ⁻	267 —
	SO ₄ ²⁻	40 —
	SiO ₂	16 —
		685 mgr

Der paavistes ikke Kalcium. Vædsken udviste svag alkalisk Reaktion.

De fundne Mængder kan kombineres paa forskellige Maader, f. Ex.:

$$\left. \begin{array}{l} \text{NaCl} \dots\dots 440 \text{ mgr eller } 0.147 \text{ ‰} \\ \text{K}_2\text{SO}_4 \dots\dots 73 \text{ — — } 0.024 \text{ —} \end{array} \right\} \text{ ialt } 0.171 \text{ ‰}$$

hvorefter der bliver en Rest, som opløst af Graniten:

$$\left. \begin{array}{l} \text{Na}^+ \dots\dots 22 \text{ mgr} \\ \text{K}^+ \dots\dots 112 \text{ —} \\ \text{Al}^{3+} \dots\dots 22 \text{ —} \\ \text{SiO}_2 \dots\dots 16 \text{ —} \end{array} \right\} \text{ eller ialt } 0.057 \text{ ‰}$$

Den alkaliske Reaktion skyldes det af Graniten opløste Kali (og Natron).

Jeg har prøvet forskellige andre Kombinationer, f. Ex.:

$$\left. \begin{array}{l} \text{NaCl} \dots\dots 0.086 \text{ ‰} \\ \text{KCl} \dots\dots 0.075 \text{ —} \\ \text{Na}_2\text{SO}_4 \dots\dots 0.020 \text{ —} \end{array} \right\} \text{ ialt } 0.181 \text{ ‰}$$

med en Rest af »opløst Granit« 0.045 ‰ bestaaende af:

	Na ⁺	72 mgr
	K ⁺	27 —
	Al ³⁺	22 —
	SiO ₂	16 —

men jeg anser det for rimeligere at antage, at der i Resten er mere Kali, saaledes som ved den første Kombination.

Forholdet mellem Klorider og Sulfater i de i Indeslutningerne fundne Salte bliver nogenlunde det samme, hvorledes man end varierer Kombinationerne; saaledes har jeg fundet ved fire forskellige Kombinationer:

Klorider.....	0.147	0.155	0.155	0.161
Sulfater.....	0.024	0.024	0.020	0.020

af hvilke jeg anser den første for den rimeligste.

Da, som forklaret, dette Forsøg ikke var tilfredsstillende, har jeg bestemt en anden Prøve af Hammergranit saaledes, at jeg fik en paalidelig Bestemmelse af hele Mængden af Saltene. Resultatet af denne blev, at der fandtes i Udludningen fra 3000 g:

Analyse 2.	Na ⁺	371 mgr
	K ⁺	364 —
	Ca ²⁺	15 —
	Al ³⁺	Spor
	Cl ⁻	488 —
	SO ₄ ²⁻	105 —
	SiO ₂	37 —
		1380 mgr

Disse antages kombinerede saaledes:

NaCl.....	804 mgr	eller	0.268 ‰	} ialt 0.326 ‰
K ₂ SO ₄	121 —	—	0.040 -	
CaSO ₄	53 —	—	0.018 -	

hvorefter der bliver til Rest

Na ⁺	55 mgr	} eller ialt 0.134 ‰.
K ⁺	310 —	
SiO ₂	37 —	

Der skulde saa være

Klorider.....	0.268 ‰
Sulfater.....	0.058 -

Ved Glødning fandtes Vandmængden at være 0,22 ‰. Naar Saltmængden er 0,0326 ‰ giver det en Saltopløsning i Indeslutningerne med 13 ‰ Salt.

Det vil nu have sin Interesse at sammenligne Analyserne af de to Forsøg med Hammergranit. Der fandtes:

i den første Prøve		i den anden Prøve	
NaCl.....	0.147 ‰	NaCl.....	0.268 ‰
K ₂ SO ₄	0.024 -	K ₂ SO ₄	0.040 -

Multipliserer man Tallene fra første Prøve med 1.8 faas

NaCl.....	0.264
K ₂ SO ₄	0.043

Der er med andre Ord en særdeles god Overensstemmelse i det relative Forhold mellem Saltene fra de to Prøver, og man kan slutte, at Filtratet ved den første Prøve kun svarede til godt Halvdelen, 55 ‰, af hele Udludningen.

At der findes en ringe Mængde Kalciumsulfat i den ene Prøve men ikke i den anden, kan neppe anses for overraskende. Det kunde maaske derimod give Anledning til Tvivl om, hvorvidt denne meget ringe Mængde, 0.018 ‰, skal opfattes som en Del af Saltene i Indeslutningerne eller som en Del af det, der er udvasket af Graniten.

Ved Neutralisation overfor Methylorange brugtes, for hele Udludningsvædsken, 65 cc $\frac{n}{10}$ Syre.

De 55 mgr Na⁺ + 310 mgr K⁺, som fandtes i Resten, svarer til 104 cc $\frac{n}{10}$ Syre, altsaa en Del mere, end det ved Neutralisation fundne. Den tilstedeværende Kiselsyre er for svag en Syre til at afficere Resultatet.

Vang Granit. Ved Udludning af 3000 g fandtes:

Analyse 3.	Na ⁺	554 mgr
	K ⁺	754 —
	Ca ²⁺	50 —
	Al ³⁺	4 —
	Cl ⁻	919 —
	SO ₄ ²⁻	115 —
	SiO ₂	20 —
		2416 mgr

Disse Mængder tænkes kombinerede saaledes:

NaCl.....	1409 mgr eller	0.470 ‰	} ialt 0.569 ‰
KCl.....	134 — —	0.045 -	
CaSO ₄ ...	163 — —	0.054 -	

hvorefter der bliver en Rest:

K^+	684 mgr	}	eller 0.237 ‰.
Ca^{2+}	2 —		
Al^{3+}	4 —		
SiO_2	20 —		

Vandmængden fandtes ved Glødning som 0.22 ‰. Med en Saltmængde af 0.057 ‰ betyder det, at Væsken i Indeslutningerne indeholder 21 ‰ Salte.

Udludningsvæsken neutraliseredes overfor Methylorange ved 84 cc $\frac{n}{10}$ Syre. De 684 mgr K^+ svarer til 175 cc $\frac{n}{10}$ Syre, altsaa det dobbelte af det ved Titrationen fundne, en Uoverensstemmelse, som jeg ikke kan forklare.

Svaneke Granit. Det fra Stadsingeniøren modtagne Grus stammer, i Følge velvillig Meddelelse fra Hr. J. P. KAAS, Svaneke, fra et Lag af Grus langs Kysten Syd for Svaneke, som er skyllet op af Havet.

Analysen af Udludningsvæsken af 3000 g gav:

Analyse 4. Na^+ ...	372 mgr	Cl^-	920 mgr
K^+	841 —	SO_4^{2-} ..	340 —
Ca^{2+} ..	74 —	SiO_2 ...	102 —
Al^{3+} ..	8 —		

Disse grupperes ret naturligt saaledes og omregnet til Promille:

$NaCl$	946 mgr	0.315 ‰	}	Klorider	0.557 ‰
KCl	726 —	0.242 -			
K_2SO_4 ...	294 —	0.098 -			
$CaSO_4$...	252 —	0.084 -			
				ialt ..	0.739 ‰

idet der bliver en Rest af:

K^+	329 mgr	}	eller 0.146 ‰.
Al^{3+} ...	8 —		
SiO_2	102 —		

Væsken viste en yderst svag alkalisk Reaktion, pH 7.6. Man skulde have ventet en stærkere alkalisk Reaktion efter den overskydende Mængde Kalihydrat.

Vandmængden bestemtes, ved $\frac{1}{2}$ Times Rødgødning af 10 g

Grus i Stykker af Størrelse som Hampefrø, til 0.38 $\%$. Da de i Vædsken opløste Salte udgjorde 0.074 $\%$, vil det sige, at Vædsken i Indeslutningerne holdt 16 $\%$ Salte i Opløsning.

Rønnegranit. Analysen viste, for hele Udludningsvædsken:

Analyse 5.	Na ⁺	346 mgr
	K ⁺	506 —
	Al ³⁺	Spor —
	Cl ⁺	200 —
	SO ₄ ²⁻	592 —
	SiO ₂	60 —
		1704 mgr

Dette kan tænkes kombineret som

NaCl.....	330 mgr	eller 0.110 $\%$	} Klorider.....	0.110 $\%$	
Na ₂ SO ₄ ...	667 —	0.222 -		Sulfater.....	0.307 -
K ₂ SO ₄	256 —	0.085 -		ialt..	0.417 $\%$

Til Rest bliver saa:

K ⁺	391 mgr	} eller 0.150 $\%$
SiO ₂	60 —	

Til Neutralisation overfor Methylorange af den stærkt alkaliske Vædske brugtes for hele Udludningsvædsken 114 cc $\frac{n}{10}$ Syre. De opløste 391 mgr K⁺ svarer til 100 cc $\frac{n}{10}$ Syre, altsaa en ret god Overensstemmelse.

Vandmængden er, som ovenfor forklaret, anset at være 0.20 $\%$. Med et Indhold af 0.0417 $\%$ Salte vil der altsaa i Vædsken i Indeslutningerne findes en Saltmængde af 17 $\%$.

Der findes i Rønnegraniten Pegmatitgange. KAREN CALLISEN mener (Side 24) at disse er dannede i Sammenhæng med Rønnegranitens Størkning, hvorfor det ligger nær at antage, at Pegmatitens Indeslutninger maa være omtrent som Rønnegranitens, hvorfor en Undersøgelse heraf kunde have sin Interesse. Materialet, villigt overladt mig af De Forenede Granitbrud, er behandlet som ovenfor beskrevet. Analysen gav:

Analyse 6.	Na ⁺	547 mgr
	K ⁺	553 —
	Ca ²⁺	52 —
	Al ³⁺	Spor —
	Cl ⁻	418 —
	SO ₄ ²⁻	383 —
	SiO ₂	369 —
		2322 mgr

Disse tænkes kombinerede saaledes:

NaCl.....	689 mgr eller	0.230 ‰	} Klorider.....	0.230 ‰	
Na ₂ SO ₄ ...	382 — —	0.127 -		Sulfater.....	0.186 -
CaSO ₄	177 — —	0.059 -		ialt..	0.416 ‰

hvorefter der bliver en Rest bestaaende af:

Na ⁺	152 mgr	} eller 0,358 ‰.
K ⁺	553 —	
SiO ₂	369 —	

En anden Kombination, hvorved f. Ex. noget Kali antages at være tilstede som Klorid eller Sulfat, vil ændre meget lidt i Forholdet mellem Klorider og Sulfater i Indeslutningerne, som bliver som 0.230 til 0.186.

Vædsken viste en stærk alkalisk Reaktion, og til Neutralisation af hele Udludningsvædsken krævedes 223 cc $\frac{n}{10}$ Syre. De 152 mgr

Na⁺ svarer til 66 cc $\frac{n}{10}$ Syre, og de 553 mgr K⁺ svarer til 142 cc $\frac{n}{10}$

Syre, tilsammen 208 cc $\frac{n}{10}$ Syre, altsaa ret nær hvad der fandtes ved Neutralisation.

Vandmængden fandtes, som ovenfor omtalt, at være 0.20 ‰. De 0.416 ‰ Salt giver derfor en Saltprocent i Vædsken i Indeslutningerne af 17 ‰.

Den sidste Granitprøve fra Bornholm, som jeg undersøgte, var af Bjergbakke Granit fra Bruddet ved Hakkeled, Vestermarie.

Analysen af Udludningsvædsken udviste:

Analyse 7.	Na ⁺	450	mgr
	K ⁺	442	—
	Ca ²⁺	31	—
	Al ³⁺	Spor	
	Cl ⁻	587	—
	SO ₄ ²⁻	90	—
	SiO ₂	78	—
		<hr/>	
		1678	mgr

Disse tænkes kombinerede saaledes:

NaCl.....	967 mgr eller 0,322 ‰	} Klorider.....	0,322 ‰	
K ₂ SO ₄	29 — — 0,010 -		Sulfater.....	0,045 -
CaSO ₄	105 — — 0,035 -		ialt..	<hr/> 0,367 ‰

givende til Rest:

Na ⁺	70 mgr	} 577 mgr eller 0,192 ‰.
K ⁺	429 —	
SiO ₂	78 —	

Til Neutralisation overfor Methylorange af den stærkt alkaliske Vædske brugtes, for hele Udludningsvædsken, 110 cc $\frac{n}{10}$ Syre. De 70 mgr Na⁺ svarer til 30 cc og de 429 mgr K⁺ til 110 cc $\frac{n}{10}$ Syre, tilsammen altsaa 140 cc eller en Del mere end fundet ved direkte Titring.

Ved $\frac{1}{2}$ Times Glødning af ca. 10 g af Graniten i smaa Stykker fandtes et Tab paa 0,13 ‰, hvilket regnes for Vandmængden i Indeslutningerne. Med 0,0367 ‰ Salte giver dette en Vædske i Indeslutningerne med 22 ‰ Salte.

Da jeg ønskede at undersøge Indholdet i Indeslutningerne i en ren Feldspat søgte jeg, efter Professor BØGGILD's Raad, Porcellainsfabriken Norden, hvor de benytter i deres Fabrikation en meget smuk lyserød Kalifeldspat og en svagt mælkehvid Kvarts, begge fra en Grube ved Barhult, nær Lysekil, i det vestlige Sverige, i en anseelig Pegmatitgang. Ingeniør E. HEIKEL VINTHER har villigt stillet Materiale af begge Mineralerne til min Disposition og desuden meddelt mig følgende Analyser:

Feldspat:		Kvarts:	
SiO ₂	64.38 ‰	SiO ₂	99.10 ‰
TiO ₂	0.05 -	Fe ₂ O ₃	0.05 -
Al ₂ O ₃	19.05 -	Al ₂ O ₃	0.32 -
Fe ₂ O ₃	0.16 -	CaO.....	0.03 -
CaO.....	0.36 -	MgO.....	0.02 -
MgO.....	0.12 -	K ₂ O.....	0.02 -
K ₂ O.....	14.52 -	Na ₂ O.....	0.05 -
Na ₂ O.....	1.49 -	Glødningstab	0.18 -
H ₂ O.....	0.20 -		
	<hr/> 100.33 ‰		<hr/> 99.77 ‰

Analysen af Udludningsvædsken af 3 kg Barhult Feldspat behandlet paa sædvanlig Maade udviste:

Analyse 8.	Na ⁺	232 mgr
	K ⁺	1084 —
	Al ³⁺	Spor
	Ca ²⁺	44 —
	Cl ⁻	184 —
	SO ₄ ²⁻	487 —
	SiO ₂	419 —
		<hr/> 2450 mgr

Man kan kombinere Saltene saaledes:

NaCl.....	303 mgr eller 0.101 ‰	} Klorider.....	0.101 ‰	
Na ₂ SO ₄ ...	349 — — 0.116 -		Sulfater.....	0.254 -
K ₂ SO ₄	263 — — 0.088 -			<hr/> 0.355 ‰
CaSO ₄	150 — — 0.050 -			

hvorefter der bliver en Rest af

K ⁺	966 mgr
SiO ₂	419 —

Vædsken var alkalisk. Til Neutralisation overfor Methylorange krævedes 221 cc $\frac{n}{10}$ Syre. De 966 mgr K⁺ svarer til 248 cc $\frac{n}{10}$ Syre, altsaa noget mere end fundet ved Titring men dog en temmelig god Overensstemmelse.

Ved Glødning i $\frac{1}{2}$ Time fandtes et Vægttab paa 0.115 ‰. Hvis dette antages som Vandprocenten, er der derfor i Vædsken i Inde-

slutningerne en Saltprocent af godt 23 %. Hvis man i ovennævnte Rest antager Kali bundet af Kiselsyre som K_2SiO_3 , bliver der en Del Kali tilovers, som jeg antager maa findes som KOH. Behandler man Tallene for Resten fra Rønne Pegmatiten paa samme Maade, idet denne jo for største Delen bestaar af Feldspat. Saa faar man følgende Indhold, i Promille, i Udludningsvædsken:

	Barhult F.	Rønne Pegm.
Salte fra Indeslutningerne	0.355 ‰	0.416 ‰
K_2SiO_3	0.359 -	0.315 -
KOH	0.201 -	0.035 -

hvoraf ses, at naar man har at gøre med kvantitative Analyser, vil man ved Udludning af Feldspat faa 1) Saltene fra de mikroskopiske Indeslutninger, 2) noget Kalisilikat og 3) noget Kalihydrat.

Ganske anderledes tænkte FORCHHAMMER sig Vandets Paavirkning af Feldspat¹⁾. Han opstiller følgende Ligninger:

3 At. Feldspat =	3 At. Lerjord	12 At. Kiselsyre	3 At. Kali
som spaltes i Kaolin =	3 At. Lerjord	4 At. Kiselsyre	
og Kalisilikat =		8 At. Kiselsyre	3 At. Kali

og dette Kalisilikat, af Formel $K^3 Si^3$, skulde gaa i Opløsning. I et Brev til JAC. BERZELIUS giver han samme Formel. Dette »übersaure kiselsaure Kali« er efter hans Mening det kiselsure Kali med den største Mængde Kiselsyre, som endnu har en alkalisk Reaktion.

Spørger man nu om Beviser for at Vandet udtrækker et Kalisilikat af denne Formel, finder man kun, at FORCHHAMMER har paavist, at der i det alkaliske Udtræk findes Kali, og — mærkelig nok — han anfører selv, at denne Paavisning af Kali er udført for at sikre sig, at den alkaliske Reaktion ikke skyldtes noget Borax, der kunde være bleven tilbage ved Lodningen af den Kobbercylinder, hvori Feldspaten var bleven opvarmet i Vandet. Altsaa nogen egentlig Analyse, nogen Paavisning af, at der er saa stor en Mængde Kiselsyre i Opløsningen, som svarer til den opgivne Formel, er der ikke Tale om.

Man maa derfor være berettiget til at sige, at FORCHHAMMER'S Forsøg, eller rettere hans Tydning deraf, indskrænker sig til en Teori om, hvorledes han har tænkt sig at det gaar til, men uden mindste Bevis for Rigtigheden deraf.

¹⁾ G. FORCHHAMMER: Pogg. Ann. 35. 1835. Side 354, se ogsaa AD. CLÉMENT: Brev^e til og fra Forchhammer I. 1920.

BISCHOF mener ogsaa, at saa simpelt som af FORCHHAMMER antaget er Forholdet med Vandets Indvirkning ikke¹⁾. Og DAUBRÉE finder ved sine Forsøg²⁾, at der findes langt mindre Kiselsyre i Opløsningen end efter FORCHHAMMER's Formel, og at der desuden findes Spor af Sulfater og Klorider, som han forklarer ved disse Saltes hyppige Tilstedeværelse i feldspatholdige Bjergarter, altsaa ganske i Overensstemmelse med hvad jeg fandt ved Barhult Feldspaten.

At der ved Udludning af feldspatholdig Granit gaar mere Kali i Opløsning end hvad der svarer til Kiselsyren i Opløsningen, fremgaar ogsaa af de »Rester« i Analyserne, som er behandlede i det foregaaende, idet de, udtrykt som Promille af Graniterne, udviser:

	Hammergranit	Vanggr.	Svanekegr.	Rønnegr.	Bjergbakkegr.
K ₂ SiO ₃	0.032	0.017	0.087	0.051	0.067
KOH.....	0.124	0.315	0.094	0.150	0.157

Det er omtalt ovenfor, at SORBY fandt, at Vædsken i Indeslutningerne i Kvarts undertiden var sur, saa at han mener der var fri Salt- eller Svovlsyre deri. Ved Undersøgelser over Indholdet af Indeslutningerne i Granit eller nærstaaende Bjergarter vil det være umuligt at paavise frie Syrer, fordi de alkaliske Udtræk af Feldspaterne vilde neutralisere Syrerne. SORBY arbejdede jo næsten udelukkende med Bjergarternes Kvarts, og ved ren Kvarts kunde det jo tænkes at der var frie Syrer, som ikke under Behandlingen blev neutraliserede. Hvis denne Paavisning af frie Syrer er korrekt — og nogen kvantitativ Analyse er jo ikke udført — saa kunde man jo tænke sig, at der i Kvartsen i nogen af de ovenfor behandlede bornholmske Graniter har været frie Syrer, som ved Udludningen er bleven neutraliserede af de udtrukne Alkalier, saa at en Del — vel nok en ringe Del — af de fundne Salte hidrører fra saadanne Syrer.

For om mulig at finde frie Syrer behandlede jeg den mig fra Porcellains-Fabriken Norden velvilligt overladte Kvarts, hvis Analyse er meddelt ovenfor. Men desværre indeholdt den jo en Del Alkalier og Kalcium. Ved Behandlingen i Kuglemøllen viste Kvart-

¹⁾ G. BISCHOF: Chemische Geologie I. 1847. Side 818.

²⁾ A. DAUBRÉE: Etudes synthétiques de Géologie expérimentale. Paris. 1879. Side 272.

sen sig at være saa haard, at jeg ikke opnaaede de 3 kg fint Pulver, jeg ellers arbejdede med, men maatte nøjes med 2 kg. Udludning af disse gav en Vædske med Analyse:

Analyse 9.	Na ⁺	510 mgr
	K ⁺	37 —
	Ca ²⁺	209 —
	Al ³⁺	6 —
	Cl ⁻	301 —
	SO ₄ ²⁻	143 —
	SiO ₂	161 —
		<hr/> 1367 mgr

Disse tænkes kombinerede saaledes:

NaCl.....	496 mgr	eller	0.248 ‰	} ialt 0.347 ‰
CaSO ₄	198 —	—	0.099 —	
	<hr/> 694 mgr			

hvorefter der bliver til Rest:

Na ⁺	315 mgr
K ⁺	37 —
Ca ²⁺	154 —
Al ³⁺	6 —
SiO ₂	161 —
	<hr/> 673 mgr eller 0.336 ‰.

Efter Analysen af Kvartsen kan man udregne, at der i 2 kg findes nedenstaaende Mængder Na, K og Ca, medens der i Udludningsvædsken findes nedenstaaende, alt i mgr:

	i Kvartsen		i Udludningen
Na ⁺	742 mgr		510 mgr
K ⁺	332 —		37 —
Ca ²⁺	428 —		209 —

saa at der, efter Udludningen, endnu findes i Kvartspulveret et Par Hundrede mgr af baade Na, K og Ca, altsaa mere end nok til at neutralisere en betydelig Mængde Syre, om en saadan skulde være tilstede. Med andre Ord, det lader sig heller ikke ved denne Kvarts afgøre, om der i Indeslutningerne findes frie Syrer. Udludningsvædsken er, som rimelig efter Analysen af Resten, alkalisk,

ANALYSER
af Saltopløsningerne i Indeslutningerne i
Bornholmske Graniter m. m.

<i>Promille</i>	Hammer- granit	Vang- granit	Svanekegr.	Rønne- granit	Rønne Pegmatit	Bjerg- bakkegr.	Barhult Feldspat	Barhult Kvarts
NaCl.....	0.268	0.470	0.315	0.110	0.230	0.322	0.101	0.248
KCl.....	—	0.045	0.242	—	—	—	—	—
Na ₂ SO ₄	—	—	—	0.222	0.127	—	0.116	—
K ₂ SO ₄	0.040	—	0.098	0.085	—	0.010	0.088	—
CaSO ₄	0.018	0.054	0.084	—	0.059	0.035	0.050	0.099
Klorider.....	0.268	0.515	0.557	0.110	0.230	0.322	0.101	0.248
Sulfater.....	0.058	0.054	0.182	0.307	0.186	0.045	0.254	0.099
Salte ialt.....	0.326	0.569	0.739	0.417	0.416	0.367	0.355	0.347
<i>Procent Vand</i>								
i Graniterne.....	0.22	0.22	0.38	0.20	0.20	0.13	0.115	0.15
<i>Procent Salte</i>								
i Oplosningen.....	13%	21%	16%	17%	17%	22%	23%	19%

dog kun meget svag alkalisk, idet der er fundet pH 7,6. Efter Analysen kunde man have ventet en større Alkalinitet.

Ved Glødning fandtes en Vandmængde af 0.15 %. Dette svarer til et Indhold i Vædsken i Indeslutningen af 19 % Salte.

For at faa et Overblik over de ved de foran omtalte Undersøgelser opnaaede Resultater er Analyserne 2 til 9 sammenstillede i følgende Tabel. (Se Tabellen S. 295).

Hvorfra kommer disse Salte og hvilken Indflydelse paa Granitens Dannelse har disse Saltopløsninger? Den første Betingelse for at løse disse Gaader maa være at faa et nøjere Kendskab til de faktiske Forhold. Dertil haaber jeg disse Analyser maa give et lille Bidrag. Saltmængden i de Bornholmske Graniter synes altsaa at variere fra 0.3 til 0.7 Promille, og Vædsken i Indeslutningerne indeholder fra 13 til 22 Procent Salte. Denne relativ store Saltmængde i Vædsken forekommer mig det mest ejendommelige og maaske det mest uventede ved disse Analyser.

Tydningen af Analyserne af Udludningsvædsken, Fordelingen af Alkalier og Kalcium mellem Klorret og Saltsyren, er naturligvis usikker og ret vilkaarlig, men derimod er Mængden af de samlede Klorider og Sulfater temmelig paalidelig. Det er da paafaldende, at i nogle Tilfælde er der (Vang Granit) over ni Gange saa mange Klorider som Sulfater, mens der i et Tilfælde (Rønne Granit) er henved tre Gange saa mange Sulfater som Klorider. I alle Tilfælde undtagen Rønne Graniten og Ortoklasen fra Barhult er Kloriderne i Overvægt. Ved Rønne Pegmatit er Forholdet mellem Klorider og Sulfater det omvendte af hvad det er ved Rønne Granit. Et lignende Forhold gør sig gældende ved Kvartsen og Feldspaten fra Barhult. Ved den første er der $2\frac{1}{2}$ Gang saa meget Klorid som Sulfat og ved Feldspaten er der $2\frac{1}{2}$ Gang saa meget Sulfat som Klorid.

Summary.

Microscopic cavities in quartz in granites, sometimes containing vacuoles which look like air bubbles but are the result of the contraction of the fluid since it was inclosed, were described by DAVY & BREWSTER and were more thoroughly studied by H. C. SORBY (1858). DAUBRÉE (1867) who had succeeded in making feldspar in the presence of water and found that silicates crystallise by the influence of water at a temperature well below their melting temperature, concluded that granites & metamorphic rocks were formed by a hydrothermic process. ZIRKEL (1870) & PFAFF (1871) confirmed SORBY's observations. They are all agreed that such fluid cavities are found in all the granites and metamorphic rocks examined. The fluid contained alkaline chlorides & sulphates of alkalies & calcium. In some cavities could be seen cubic crystal (? NaCl). The theory that these old rocks were formed by a hydroplutonic process was gradually accepted and is now quite generally held.

If we are to understand this process it evidently is the first requirement that we obtain more definite knowledge of the actual facts. It seems somewhat peculiar that nobody has undertaken a closer study of the quantity of liquid present in the cavities of the rocks and of the quantities & qualities of the different salts in the solutions such as might be obtained by a quantitative analysis. The reason may have been the difficulty of making such an analysis owing to the rather small quantities present, requiring of necessity the dealing with rather large quantities of material. By the kindness of Professor A. H. M. ANDREASEN, director of the keramic laboratory at the technical-chemical institute, the technical high-school of Copenhagen, I have been enabled to make such quantitative analyses at his laboratory.

Of each granite I secured 10 kg as a coarse gravel or small chips (2×5 mm). These were well washed in water & then in lukewarm distilled water & dried. To get the material pulverized I used a large rotary mill, clothed inside with flint and with abt. 25 kg flint balls of a size as small hens' eggs. When the mill was cleaned & dried 5 kg of the material was pulverized by letting the mill run abt. 3 hours, when the powder was removed. This is done, by the advice of Prof. ANDREASEN, for the purpose of wiping the mill, so to speak, by the very material. After that the remaining 5 kg are pulverized by letting the mill rotate during 20 to 23 hours. The powder is then taken out and sifted through a sieve No 60 with a mesh of 0,25 mm.

Of the very fine powder 3 kg are weighed off and 2 à 3 liters lukewarm distilled water are added. They form with the powder a kind of

mud or slush which only slowly and with difficulty lets some of the clear liquid off. If it were the object to remove all the soluble parts from the powder a very large quantity of water would be required which would afterwards have to be evaporated down to a reasonable volume for analysis. But the object is different, viz. to find the contents of salts in the fluid of the slush. If about half of this fluid is obtained by filtering, it is safe to assume that the fluid remaining in the slush on the filter has the same analysis as the filtrate. If, therefore, the amount of the clear filtrate and of the fluid left on the filter are known, the items of the analysis of the filtrate can be calculated to apply to the total quantity of the fluid. In that way we therefore find the total quantities of the Salts in the Cavities.

The estimation of the quantity of water in the cavities must be explained. If the hygroscopic water in the finely pulverised granite is found, as is usually done, by drying at 100° or 110° C., it is evident that the liquid in the cavities is dried off with the ordinary hygroscopic water but in a way that it is impossible to know how much of the loss by drying is due to the water from the cavities. I have therefore proceeded as follows. 10 grammes of the granite reduced to the size of hemp seed were dried at 100° and then heated to a red heat for 1/2 hour. By this heating the water in the cavities bursts these and escapes. The loss of weight by this heating would be the weight of the water in the cavities provided that there is no loss of chemically bound water from such minerals as biotit or others. I have found that there is little or no such loss by heating the granites that I have examined so far.

By the described method of working I have examined six different varieties of granites from Bornholm, an island in the Baltic and the only place in Denmark where granite is found in situ, and furthermore a feldspar & quartz both from a large quarry by Barhult, near Lysekil in West Sweden.

The six varieties of granite from Bornholm are fully described, with analyses, by Dr. KAREN CALLISEN in her book, *Das Grundgebirge von Bornholm*, to which I must refer for further information.

As an example let me refer to Analysis 7 of granite from Bjergbakke, Bornholm.

The analysis of the watery extract of the three kg granite powder gave:

Na ⁺	450 mgr.
K ⁺	442 —
Ca ²⁺	31 —
Al ³⁺	trace
Cl ⁻	587 —
SO ₄ ²⁻	90 —
SiO ₂	78 —
	<hr/>
	1678 mgr.

These might be combined as follows:

NaCl.....	967 mgr.	or	0.322 ‰
K ₂ SO ₄	29 —	-	0.010 -
CaSO ₄	105 —	-	0.035 -
			0.367 ‰

Of course a different combination might be chosen but it will make very little difference in the amounts of total chlorides & sulphates.

Besides these salts which are derived from the liquid in the microscopic cavities there is a rest of the original analysis due to the action of the water on the feldspar and other minerals in the granite. This rest amounts to:

Na ⁺	70 mgr.	}	or a total of 0.192 ‰.
K ⁺	429 —		
SiO ₂	78 —		

The watery extract has an alkaline reaction. To neutralize the total extract 110 cc $\frac{n}{10}$ acid are required, using methylorange as an indicator.

The 70 mgr. Na⁺ and 429 mgr. K⁺ correspond together to 140 cc $\frac{n}{10}$ acid or somewhat more than found by direct titration.

The loss of weight by heating to red heat was 0.13 ‰ which is taken as the perCentage of water, and with the 0.0367 ‰ salts gives a salt-contents in the solution in the cavities of 22 ‰.

In the Table on page 295 I have given the analyses of the salt-solutions in the cavities in six granites from Bornholm and in the feldspar & quartz from Barhult. The table gives the details of the analyses, the total chlorides & sulphates, total salts, all these expressed in proMille; further the perCentage contents of water in the granites and the perCentage of salts in the liquid in the microscopic cavities.

The amounts of salts in the granites vary from 0.3 to 0.7 proMille. Except in the Rønne granit and in the feldspar from Barhult the greater part of the salts are the chlorides. In the Vang granites there are nine times as much chlorides as sulphates, while in Rønne granite there are three times as much sulphates as chlorides. Peculiar is the proportion in the two minerals from the pegmatit quarry at Barhult. In the quartz there are 2½ times as much chlorides than sulphates and in the feldspar there are 2½ times as much sulphates as chlorides.

Perhaps the most interesting feature in these analyses are the very high perCentage of salts in the liquid in the cavities, being from 13 to 23 ‰.