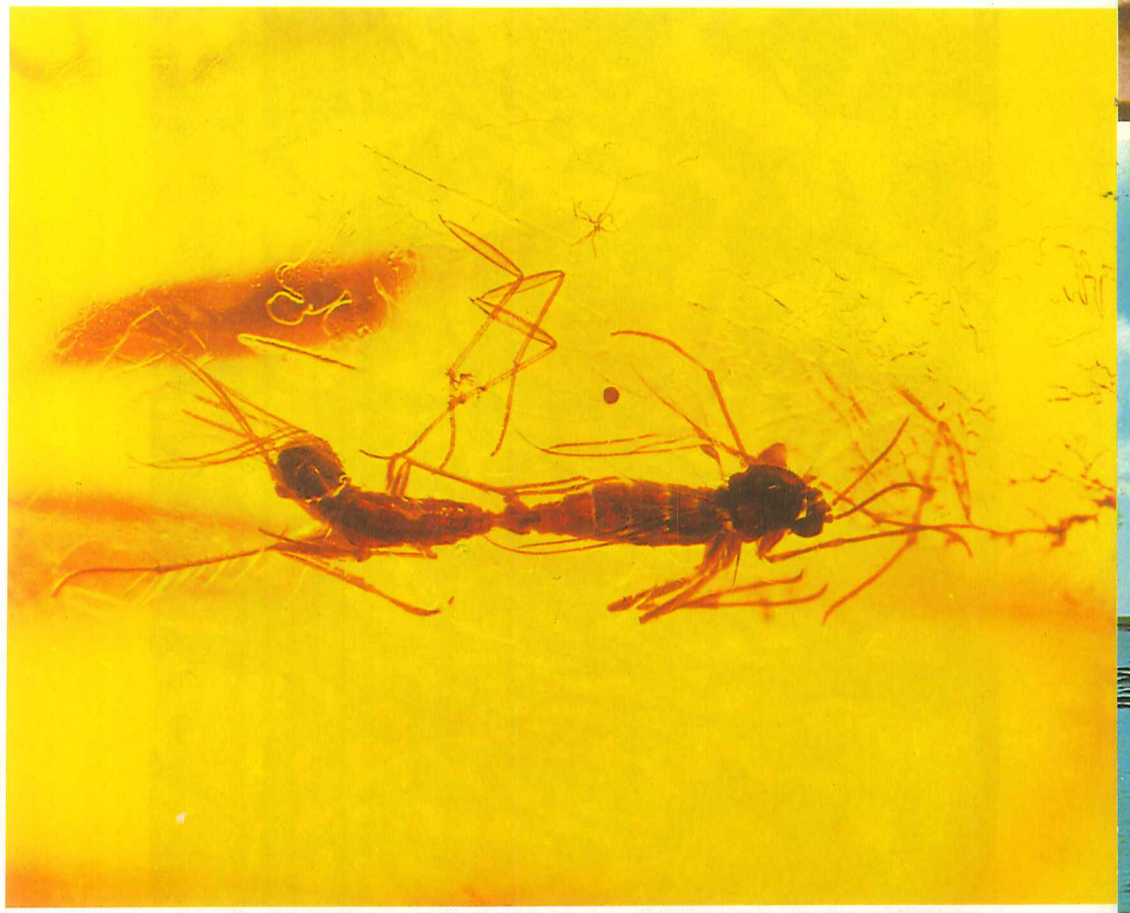


Rav er hærdnet harpiks. Det findes mange forskellige steder i verden. Det ældste er fra kultiden. Det almindelige "danske rav" er cirka 50 millioner år gammelt og stammer fra træer, der voksede i Østeuropa i eocæntid. Træerne var temmelig sikkert nåletræer, men formodentlig var også løvtræer impliceret i harpiksdannelsen. Godt 15 millioner år senere (i oligocæntid) blev rav'et skyllet sammen i et sandlag ved den sydlige Østersøkyst. Kvartærtidens gletschere pløjede inden for de sidste par millioner år ravet op og tog det med sig. Gletschere og deres smeltevand efterlod rav over hele Danmark. Det opskyllede rav på vore strande kommer tit fra undersøiske smeltevandsaflejringer.

Rav kan rumme fine aftryk af smådyr, som disse to myg i parring.

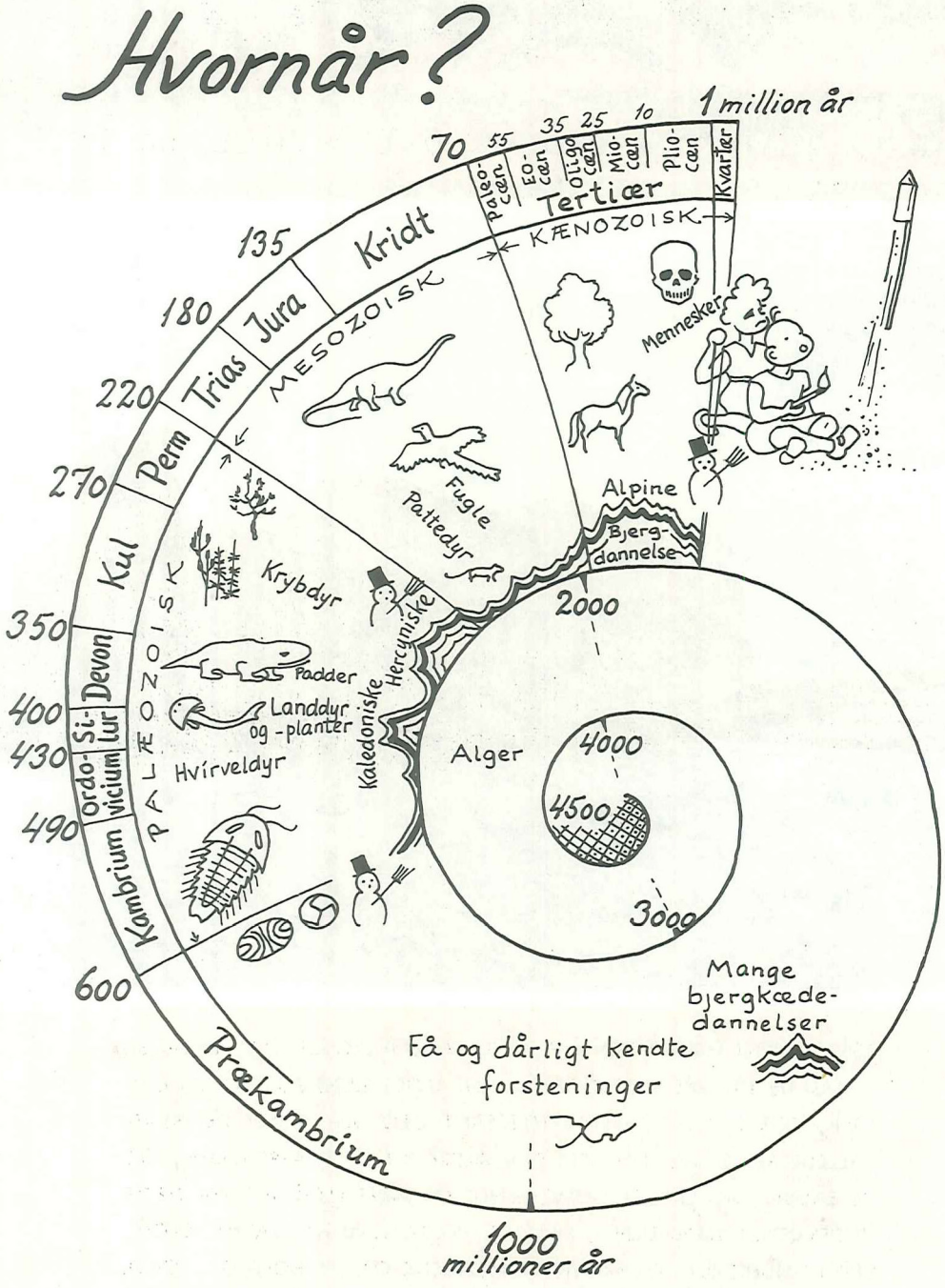


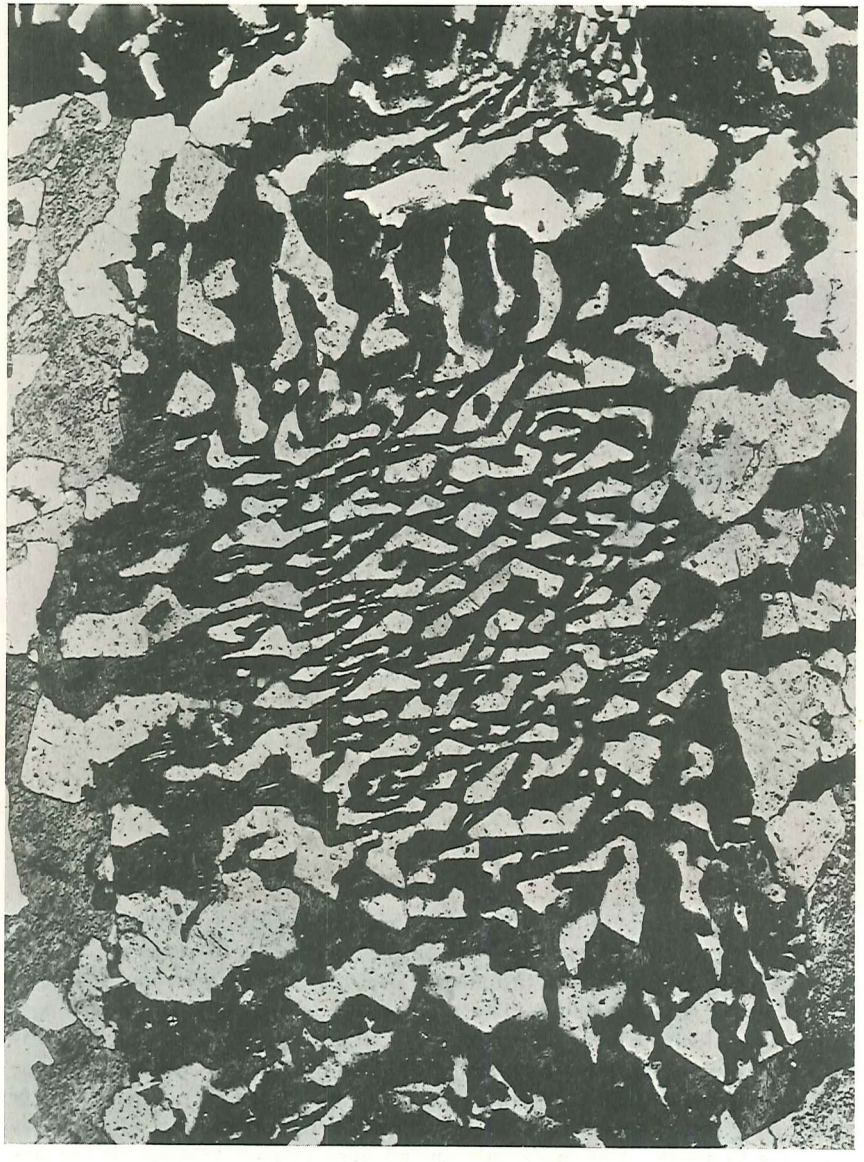
AARHUUS STIFTSBOGTRYKKERIE A/S

# VARV

NR. 4 BLADET MED DE ÆLDSTE NYHEDER 1970

FOR OMTRENT 160 ÅR SIDEN VAR HELGOLAND (HEROVER) ENDNU DANSK - OG DE DANSKE GEOLOGER KUNNE GODT TÆNKE SIG AT FÅ ØEN IGEN, FOR HER ER MEGET INTERESSANT GEOLOGI AT SE. DE SKRÅTSTILLEDE RØDE LAG TILHØRER DEN ÆLDRE DEL AF TRIASPERIODEN, OG DE SAMME LAG LIGGER I OMGIVENDE OMRÅDER FLERE TUSINDE METER UNDER JORDOVERFLADEN - MEN VED HELGOLAND HAR SALTFOREKOMSTER I UNDERGRUNDEN PRESSET TRIASLAGENE OP. ET HOLD GEOLOGER FRA ÅRHUS HAR BESØGT ØEN OG FORTÆLLER INDE I BLADET OM DEN SPÆNDENDE Ø.



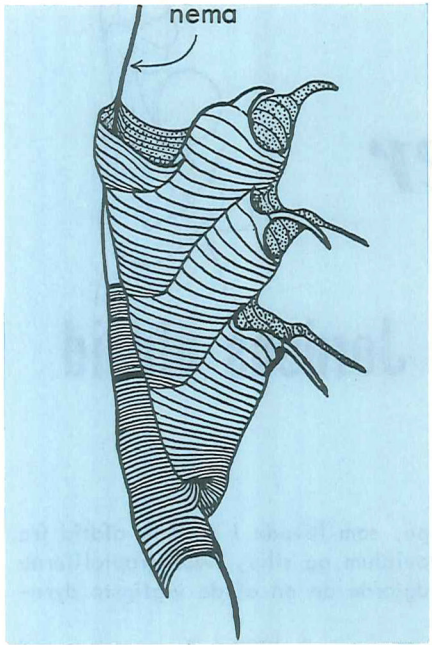
Micheelsen fot.

dels Central Nordsøhøjderyggen. De små bassiner er det britiske, det tyske og det dansk-norske (med udløberen Danske bugt, som går over i det polske bassin mod sydøst). Alle disse bassiner i Nordsøen har vist sig at rumme saltstrukturer (permtids-salt, se Varv 1966 nr. 1), og det samme gælder Østdoggerbanke-gravsænkningen.

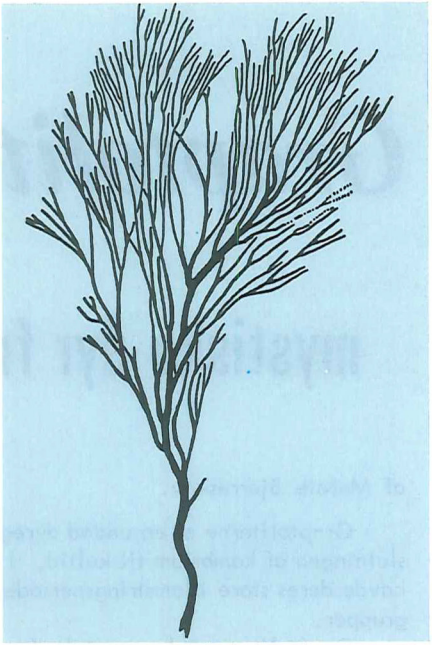
Blandt andet ud fra kendskabet til landenes geologi kan følgende skitseres for Nordsøen: lag fra kambrium-ordovicium-silur findes sandsynligvis bevaret i de dybere dele af bassinerne, og fastlandslag fra devontid ligger sandsynligvis under størstedelen af den vestlige Nordsø. Kultidslag er fundet i det britiske bassin. Nedreperm-lag (især sandsten) findes sandsynligvis i størstedelen af i hvert fald det britiske og det tyske bassin. Øvreperm-lag er truffet over vide strækninger (saltstrukturerne) og trias-lag har sandsynligvis oprindelig ligget som et svært dække overalt. Lag fra juratid og ældre kridttid er derimod stort set begrænset til områderne uden om højderyggene. Lag fra øvre kridt findes næsten overalt. Tertiærlag er vidt udbredt, og det har vist sig, at de i det centrale Nordsø-område når en meget betydelig tykkelse, omkring 3000 m.

Sprut Floris

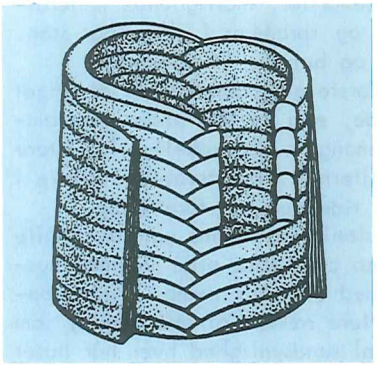
SSSS




Figur 1. Sicula med nema, desuden ses de tre første thecer samt begyndelsen til et fjerde hos en enkeltradet graptolit (Monograptus) 30 ganges forstørrelse.



Figur 2. Stærkt forgrenet graptolitkoloni (Dendrograptus) naturlig størrelse.

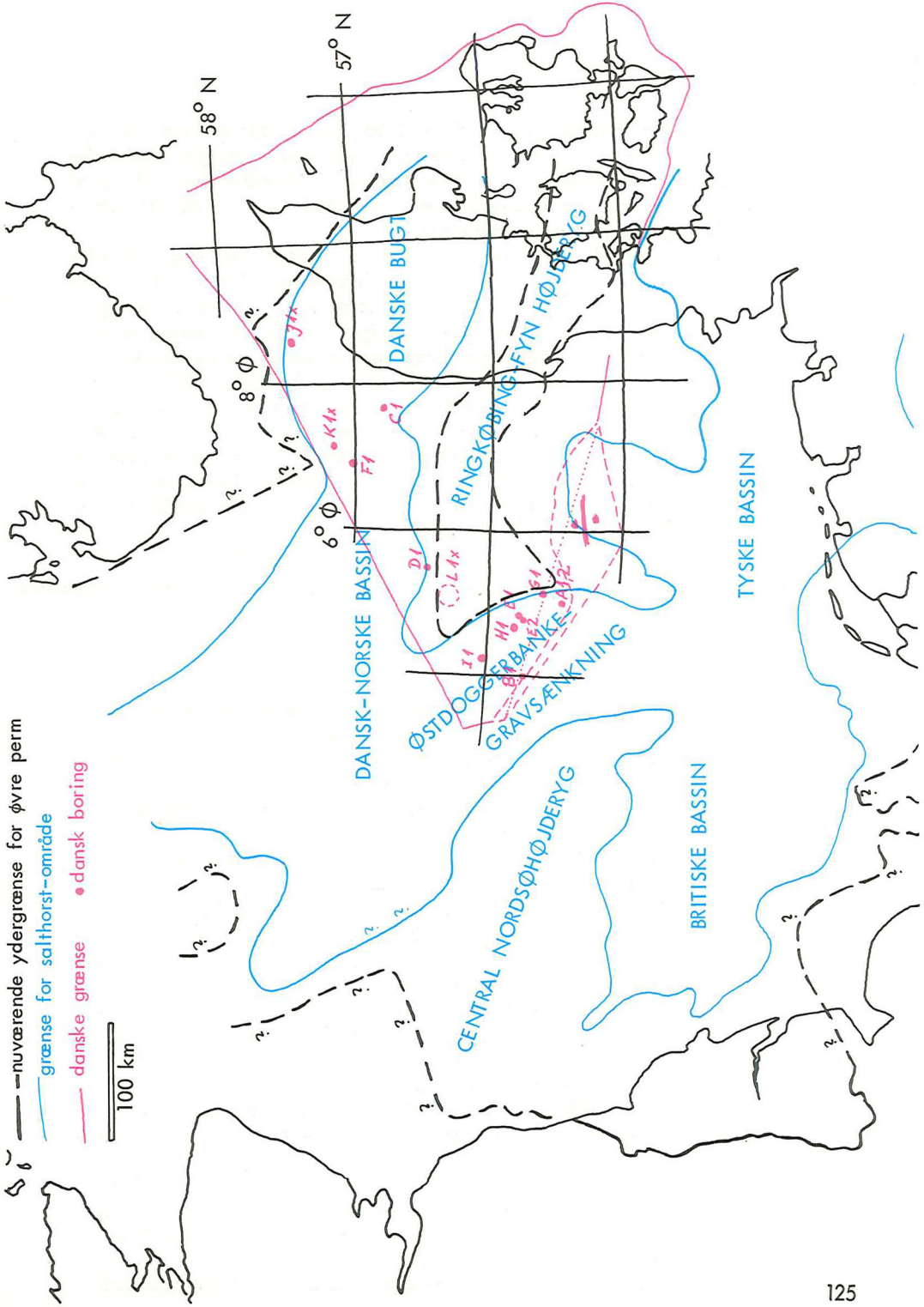


Figur 3. Skematisk tegning af corticallag og fusellarlag.

Rørene, som har indeholdt koloniens bløddele, består af et proteinagtigt stof. Selve rørene er opbyggede af alternerende halvringe, som danner det såkaldte fusellarlag (figur 3). Uden på fusellarlaget kan findes et barklag, corticallag, som hos enkelte graptoliter kan blive meget tykt og helt omslutte de enkelte grene i kolonien.

Der findes to graptolit-grupper: de dendroide, som i en og samme koloni har to helt forskellige typer thecer, samt de egentlige graptoliter, som kun har haft én slags thecer. Om thecerne hos de dendroide har huset hanlige og hunlige individer, kan kun gisnes. Man har aldrig med sikkerhed fundet bløddele hos graptoliter.





## RESULTATER

De omtalte danske positive Nordsø-boringer er A-1, A-2, E-2, H-1 og I-1. Alle gav såvel olie som gas, omend i urentable mængder. De øvrige danske boringer i Nordsøen synes alle at have været helt uden interesse i økonomisk henseende.

Danske Nordsø-boringer er en forholdsvis ny foreteelse - den første udførtes i 1966, og dansk olie-gas-eftersøgning har foregået gennem årene 1935 - 1959 og 1962 - nu. Af egentlige prøveboringer har man på landjorden udført 36 (1935 - 1968, undergrundskonsortiet fra 1965 - 1968). Ingen af alle de danske boringer på land har vist sig produktive, men tre (i Åbenrå og Tønder) viste oliespor i dolomit fra øvre perm, og to (ved Suldrup og Tostrup i Nordjylland) viste gasspor i salt fra øvre perm. Dette var forsåvidt i harmoni med at man, indtil man i 1958 havde fundet det enorme gasfelt ved den nordhollandske by Slochteren (nær Groningen), regnede med, at der i Nordeuropa var størst chance for olie- og gas-fund i lag fra øvre perm.

Da den nordhollandske gas nu var blevet fundet i fastlandslag fra nedre perm (sandsten), begyndte man i Nordsø-landene at interessere sig nærmere for lagene under øvrepermet. Man begyndte tillige at interessere sig aktivt for undersøgelser af Hollands store nabo, Nordsøen. Aktiviteten her tog fart fra 1962, og siden har flertallet af landene fundet både olie og gas i deres områder.

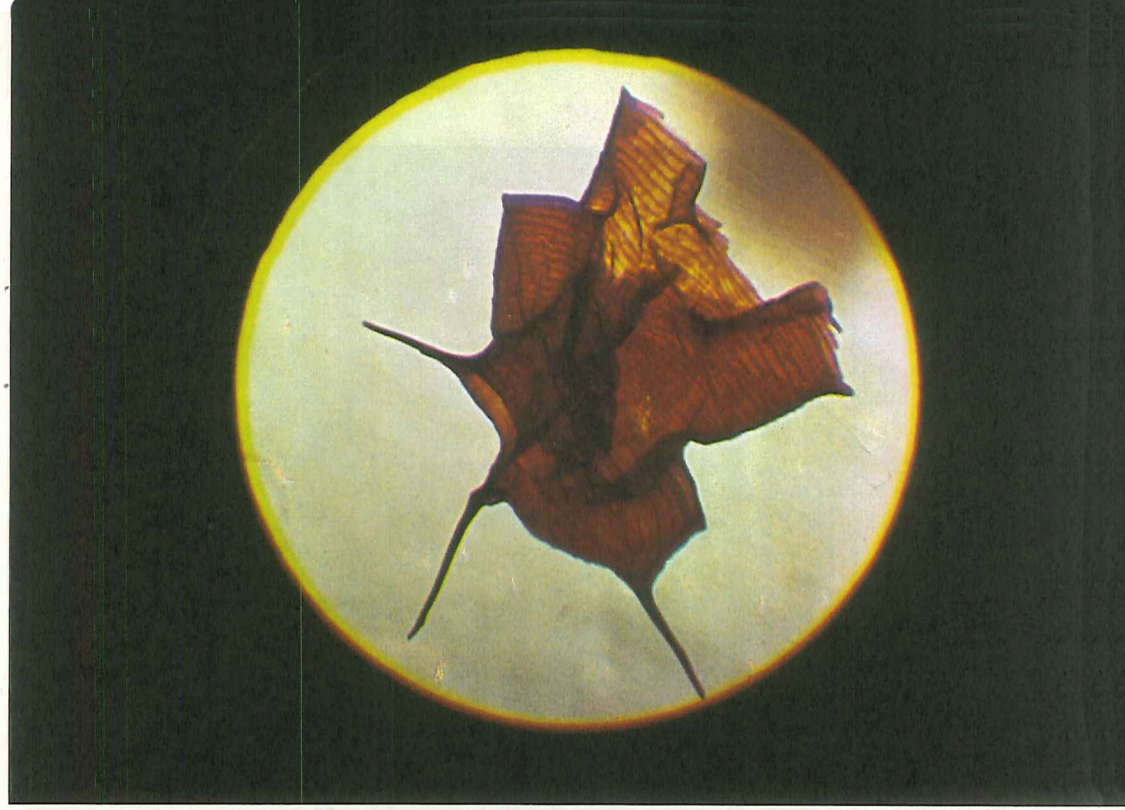
Hvad specielt angår Slochteren-gassen (methan) i nedreperm-lagene regnes den for at være strømmet op fra begravede kultids kullag. Hvad de danske Nordsø-fund angår er oplysninger om fundniveau med videre endnu ikke tilgængelige. Mistanken kunne i det mindste snarest gælde mulige velegnede reservoir-bjergarter (porøse opsamlingslag for tilstrømmende gas og olie) som sandsten og koralkalk.

## LIDT OM "NORDSØBASSINET"

Nordsøbassinet, der er scene for så stor aktivitet, er et stort sænknings- og aflejringsområde. Det dækker Sydvestskåne, Danmark og de danske farvande, en del af Polen, Nordtyskland, størstedelen af Holland, Østengland - og Nordsøen. I vest går grænsen langs en bjergkæde fra slutningen af silurtid (Kaledoniderne), i syd langs en bjergkæde fra slutningen af kultid (Variskiderne) og i øst langs kanten af det norsk-svenske grundfjeldsområde således som denne kant har taget form i formodentlig permtid.

I selve Nordsøområdet ser man, at Nordsøbassinet er opdelt i mindre bassiner. De adskillende elementer er dels den vestlige fortsættelse af Ringkøbing-Fyn Højderyggen (et kompleks af horste og gravsænkninger) og





Figur 4. Toradet graptolit (Orthograptus) udætset af kalksten. Man kan se den nederste del af sicula og de fire første thecer. Motivet er cirka 1 mm højt. Merete Bjerreskov fot.

Bredden af en enkelt række thecer i en graptolitkoloni kan variere fra en brøkdel af en mm til omkring 5 mm. Længden af de største kolonier kan blive op mod 80 cm.

Hyppigst findes graptoliterne i sort skifer. Her er dyrenes rester sædvanligvis sølvskinnende, fladtrykte kulhinder, idet skeletterne er blevet forkullede. Til tider kan graptoliterne have bibeholdt deres oprindelige form, koloniernes indre er da som oftest blevet udfyldt af svovlkis, inden det senere aflejrede materiale har nået at presse dyrene flade (figur 5).

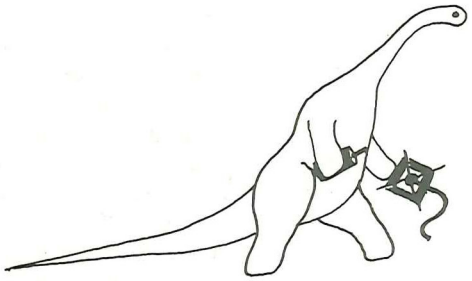
I kalksten er de bevarede graptoliter ikke altid helt forkullede, og efter bortætsning af kalken har man her mulighed for nøjere at iagttage koloniernes opbygning. Se farvebilledet.

Som nævnt har der længe været stærkt delte meninger om, hvilken dyregruppe, man skulle henføre graptoliterne til. Der har været tale om blæksprutter, bryozoer (mosdyr) og cølenterater (en dyregruppe, hvortil vandmænd og koraller hører). Man har også som nævnt talt om, at de kunne være kemiske udfældelser (dendriter) eller være planterester.

Figur 5. To graptoliter bevaret i sort skifer. Den tilsyneladende treradede (Tetragraptus) er presset helt flad. Den togrenede (vinklen mellem de to grene er 180°, sicula ses som en lille spids i midten), Didymograptus, er blevet udfyldt med svovlkis. Cirka 5 ganges forstørrelse. P. Nielsen fot.



# jagten på Gas og Olie



## ÅRSOVERSIGT

I Varv 1969 nr. 4 bragte vi på siderne 115-116 en årsoversigt over Dansk Undergrunds Consortium's virksomhed. Af praktiske grunde sluttede oversigten med efteråret 1969. Vi fortsætter her:

Efter en pause, der havde varet siden tidligt i 1969, genoptog man borearbejdet i Nordsøen i begyndelsen af januar 1970. Den nye boring kaldtes J-1x og synes ikke at have været lovende. Den udførtes på 44 m vanddybde og nåede slutdybden 1950 m, positionen var 57°26'N, 08°33'Ø. Allerede i februar 1970 havde man sluttet den næste boring (K-1x), som foregik på 56 m vand og nåede slutdybden 2254 m, positionen var 57°07'N, 07°09'Ø. Boringen gav intet positivt resultat. Så udlejede man konsortiets boreplatform, "Maersk Explorer", til udlandet, hvorfra den nu i begyndelsen af september endnu ikke er vendt tilbage. Dens næste hjemlige opgave bliver at udføre boringen L-1x på 50-60 m vand, små 200 km vest for Ringkøbing.

De tre nævnte boringer er placeret langt nordpå i det danske Nordsø-område. Det kan måske forklares, i hvert fald delvis, ved den usikkerhed der har rådet med hensyn til grænsedragningen mellem den danske og den tyske del af Nordsø-bunden. Som bekendt ville Tyskland ikke for sit vedkommende godkende det delingsprincip, hvorefter Nordsølandene iøvrigt siden 1958 havde delt havbunden mellem sig. Og som bekendt kunne Den internationale Domstol i Haag i februar 1969 kun henvise Tyskland og Danmark (samt Holland) til at forlige sig indbyrdes gennem forhandlinger. Siden da er der forhandlet på en lang række møder. Resultatet synes nu for Danmarks vedkommende at blive, at det afgiver cirka 7000 km$^2$ af sit oprindelige interesseområde til Tyskland - men samtidig at den afgivne del ikke afskæres som efter en lineal men formes sådan, at Nordsø-området med de danske positive olie-gas-boringer vil forblive dansk.

**1753:**

xxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxx

Kæmpejernmeteoriten Agpalilik (se Varv 1967,4) har ved en foreløbig undersøgelse tilsyneladende vist sig at være en del af een kæmpemæssig krystal.

xxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxx


# VARV

Postadresse: Tidsskriftet VARV, Mineralogisk Museum, Østervoldgade 5-7, 1350 København K. (Tlf. Mi 5001).

Redaktion: Valdemar Poulsen (ansvarshavende), Mona Hansen, Søren Floris, Erling Bondesen.

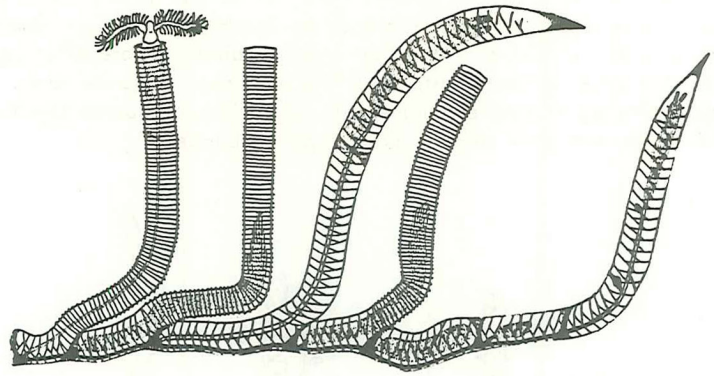
VARV udkommer fire gange om året. Prisen er 15.00 kr i abonnement. Abonnement tegnes ved indsendelse af beløbet til VARV, postgiro 68880. (Moms inkluderet).
Alle henvendelser vedrørende adresseforandring, fejl ved bladets levering, og lignende bedes rettet til postvæsenet.



Eftertryk af tekst og billeder er kun tilladt med kildeangivelse.




For tiden henfører de fleste forfattere graptoliterne til en også i nutiden eksisterende dyregruppe, hemichordaterne. Denne gruppe befinder sig i dyresystemet på overgangen mellem de hvirvelløse dyr og hvirveldyrene. Inden for denne gruppe findes pterobranchierne, som omfatter 3 slægter af kolonidannende dyr, som lever i havet. To af disse slægter har i lighed med graptoliterne et proteinholdigt skelet med fusellar-struktur (figur 6). Hos pterobranchierne har man imidlertid hverken fundet sicula, nema, corticallag eller de to forskellige individtyper, som må have eksisteret hos de dendroide graptoliter. De ældste kendte pterobranchier er fundet i lag fra ordovicium, og man kunne måske forestille sig, at graptoliterne og pterobranchierne har haft en fælles forfader.



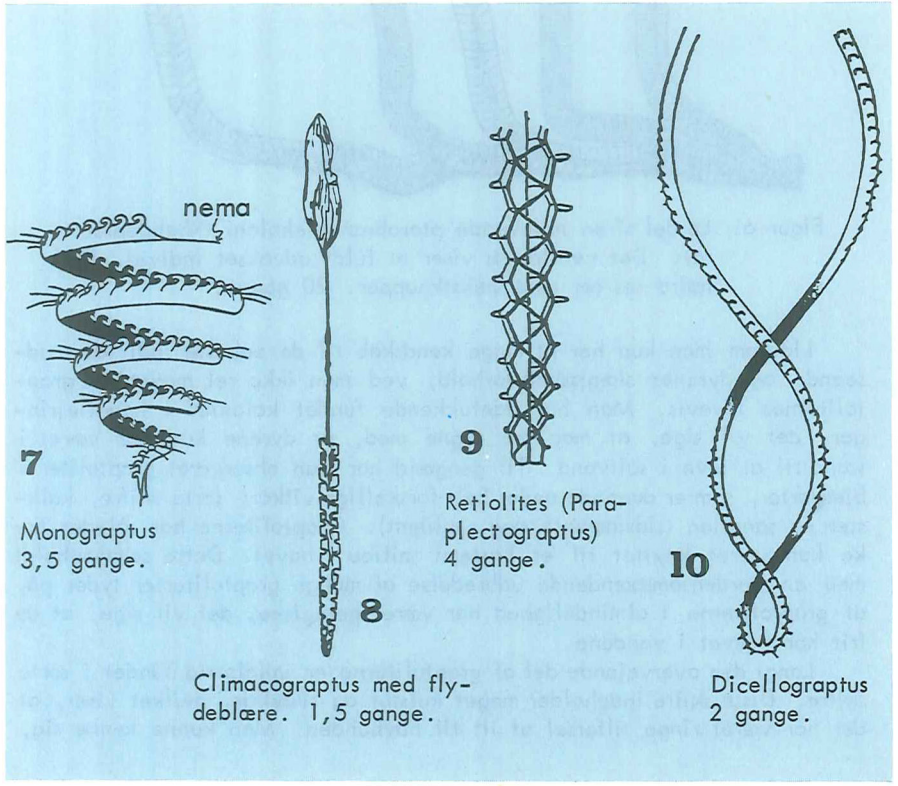
Figur 6. En del af en nulevende pterobranchiekoloni (Rhabdopleura). Det venstre rør viser et fuldt udvokset individ. Til højre ses rør med vækstknopper. 20 gange.

Ligesom man kun har et ringe kendskab til de enkelte individers udseende og dyrenes slægtsskabsforhold, ved man ikke ret meget om graptoliternes levevis. Man har udelukkende fundet kolonier i havaflejringer, det vil sige, at man må regne med, at dyrene kun har været i stand til at leve i saltvand. Til gengæld har man observeret graptoliter i bjergarter, som er dannede under helt forskellige vilkår: sorte skifre, kalksten og sandsten (sidstnævnte dog sjældent). Graptoliterne har således ikke kun været knyttet til et bestemt milieu i havet. Dette sammenholdt med en verdensomspændende udbredelse af mange graptolitarter tyder på, at graptoliterne i almindelighed har været pelagiske, det vil sige, at de frit har svævet i vandene.

Langt den overvejende del af graptoliterne er imidlertid fundet i sorte skifre. Disse skifre indeholder meget kulstof og svovlkis, hvilket viser, at der har været ringe tilførsel af ilt til havbunden. Man kunne tænke sig,

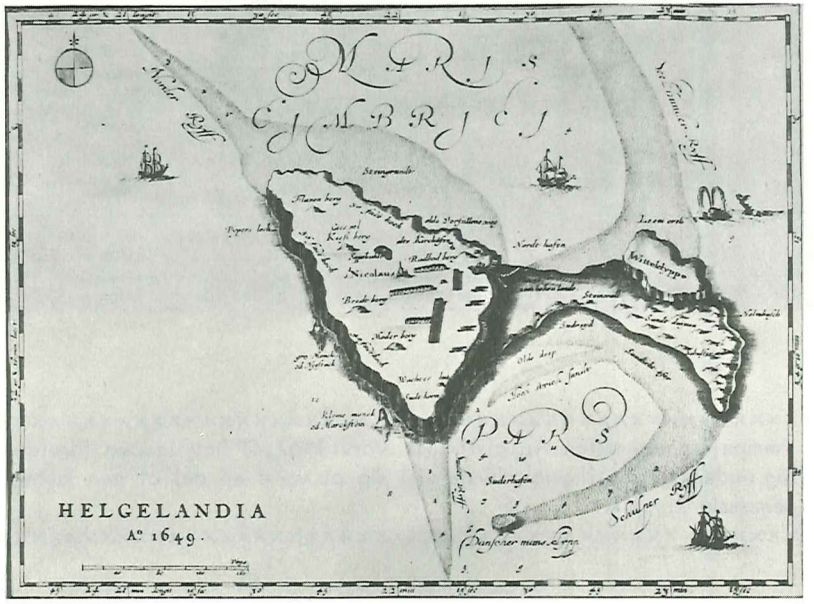
at aflejringen er foregået i bassiner, som på grund af afspærring med en tærskel ud mod oceanerne ikke har kunnet få den fornødne cirkulation af vandmasserne, der skulle bringe ilt ned til bunden. Graptoliterne kunne da være drevet ind fra de åbne have og omkommet i de iltfattige bassiner. At ingen ådselsædere har været i stand til at leve i det iltfattige vand, kan være en af grundene til, at der i det hele taget er bevaret så mange graptoliter. Man kan ofte finde graptoliter liggende i hobetal i ganske tynde horisonter, medens den mellemliggende skifer er næsten graptolitfri. Dette fænomen kan tolkes som indtræden af en pludselig massedød af graptolitkolonier (lejlighedsvis indskylning af dyr i det iltfattige bassin).

Hvordan har så disse forholdsvis store dyr kunnet svæve frit i vandmasserne? Hos nogle graptoliter blandt de dendroide har man observeret tilheftningsflader på sicula. Man har i den forbindelse forestillet sig, at graptolitkolonierne har været fastgjort til for eksempel drivende tang. Meget få graptolitslægter med en begrænset geografisk udbredelse kan muligvis have været heftet til sten og skaller på havbunden.






Fra historisk tid har man flere kortfremstillinger, som kaster lys over ændringer i Helgolands udseende gennem de senere århundreder. Det fremgår således, at de to øer har udgjort et sammenhængende hele, samt at der på nordsiden af den nuværende klitø ("Düne") har været et klippeparti ("Witte Kliff"), hvor Muschelkalk var blottet. Under danske-tiden blev der fra det 15. århundredes begyndelse brudt kalk og gips på dette sted.

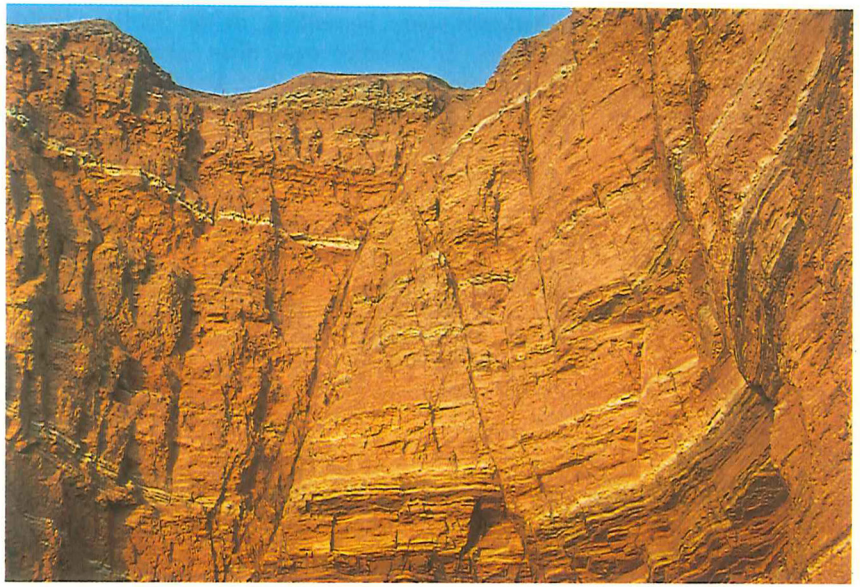



Figur 17. Helgoland 1649.

Da man omkring år 1700 havde fjernet det meste af klinten, havde man også fjernet en naturlig kystsikring. Resultatet udeblev ikke. I 1711 tog havet resten af "Witte Kliff" og få år senere, ved nytårstid 1720, tog det under en stormflod tangen, der forbandt de to øer. For omfanget af denne erosion har menneskets indgreb øjensynlig spillet en afgørende rolle.

Også fra de seneste tider møder man spor af menneskeskabt erosion. "Oberland" er således tæt arret efter englændernes bombninger i årene 1947-52, og fra samme tid stammer også "Mittelland", et kæmpemæssigt krater opstået ved bortsprængningen af de underjordiske forsvarsanlæg.

I dag er Helgoland et fredeligt sted, som gæstes af mange, og der kan være mange grunde til at gæste Helgoland. For en geolog kan øens brogede fortid være grund nok.



Figur 16. Forkastninger, der danner en del af et X-formigt system.

## HELGOLAND UNDER TERTIÆR- OG KVARTÆRTIDEN

Går man ind for den opfattelse, at Helgoland-strukturen er dannet i Tertiærtiden, er det nærliggende også at forestille sig, at havet allerede dengang begyndte at erodere i de opdykkende undergrundslag.

Af tværprofilet figur 3 ses, at overfladen af Helgoland er en næsten plan flade, beliggende cirka 50 m over havniveau. Denne flades form minder om den brændingsterrasse, nutidens Nordsø har skåret ud omkring Helgoland. Den tanke er da nærliggende, at den høje flade ("Oberland") er en lille rest af en brændingsterrasse udformet af den tertiære Nordsø. Der er imidlertid også tegn på, at Kvartærtidens processer har spillet en rolle.

Man ved, at indlandsisen i to af Kvartærtidens nedisningsperioder (Elster og Saale) har dækket området. Forekomster af grundfjeldsblokke af skandinavisk herkomst må sættes i forbindelse med disse begivenheder. Under nedisningerne må man regne med, at grundvandet har været frosset. Dette kan have betydet, at der i hovedforkastningen sydvest for Helgoland kan være sket en opstigning af salt uden at dette er blevet opløst af grundvandet. I den efterfølgende varmeperiode (interglacialtid) kan en omfattende saltopløsning have fundet sted med en indsynkning over opbrudsstedet som følge. Den langstrakte rende ("Görtel"), man i dag træffer i havbunden på det sted, hvor hovedforkastningen er lokaliseret, menes netop opstået på denne måde.



Nogle graptoliter mangler nema eller ville være helt i uligevægt, hvis de var ophængt i nema (figur 7). Disse graptoliter må derfor have svævet frit. En tilpasning til flydende levevis har vist sig hos visse graptoliter, idet man har iagttaget en slags flydeblære (figur 8), som dog for enkeltes vedkommende har vist sig at bestå af en trelappet kulhinde. Andre slægter har reduceret deres skelet til et netværk (figur 9).

Man har fundet graptoliter, som er spiralsnoede (figur 10). Måske har disse kolonier været i stand til at bevæge sig roterende gennem vandet, men koordination af de enkelte individers bevægelse er dog ret usandsynlig.

En af de nyeste teorier går ud på, at graptoliterne uden på fusellarlaget har haft et væv af bløddele, som med passende udformning har medvirket til at give kolonierne bedre svævemulighed. Dette væv kunne samtidig forklare dannelsen af visse strukturer, blandt andet de trelappede kulhinder og corticallaget.

Tidligere mente man at have fundet nogle toradede graptoliter, hvis nemaer var heftet til en stor flydeblære. På grundlag heraf henførte man graptoliterne til goplerne. En sådan blære er imidlertid aldrig observeret med sikkerhed. Derimod er der fundet en mindre, central skive, som måske kan tænkes at være dannelsescenter for disse graptolitkolonier.

Til trods for det på mange områder manglende kendskab til graptoliterne, har videnskaben alligevel haft megen glæde af denne dyregruppe. De enkelte graptolitarter har en meget begrænset levetid (cirka en million år). Kolonierne har været udbredt over hele verden og de er desuden hyppige i visse aflejringer. Denne forekomstmåde bevirker, at graptoliterne er fortræffelige ledeforsteninger, som benyttes ved korrelation af forskellige aflejringer verden over. På basis af enkelte karakteristiske graptolitarter er således både ordovicium og silur blevet inddelt i en række snævre zoner.

Figur 3 fra Wienberg Rasmussen,
de øvrige tegninger fra Bullman.

Merete Bjerneskov

Graptoliter findes i stort tal i skifer på Bornholm - således også her ved Risebæks vandfald. Rosenkrantz fot.

# Mineralogisk Museums populære foredrag

På Mineralogisk Museum, Østervoldgade 5–7, afholdes i løbet af vinteren 1970–71 en række populære foredrag, som tager sigte på at give offentligheden et indblik i forskellige geologiske emner.

Denne sæsons foredrag behandler:

**TRÆK AF DANMARKS GEOLOGISKE HISTORIE**

Foredragene holdes tirsdag aften kl. 19,15 præcis.
Efter foredragene vil publikum have adgang til udstillingssalene, hvor sagkyndige vejledere vil være til stede.

Tirsdag 24. november: **Amanuensis, cand. scient. Merete Bjerreskov:** Det ældste liv i Danmark.

Tirsdag 8. december: **Stud. scient. Jens Bruun-Petersen:** Vulkaner, ørkensandsten, salt og kul – de dybe boringer fortæller om Danmarks udvikling i perm, trias og jura.

**Foråret 1971**

Tirsdag 12. januar: **Amanuensis, cand. scient. Finn Surlyk:** Livet i det danske kridttidshav.

Tirsdag 26. januar: **Afdelingsleder, mag. scient. Søren Floris:** Fakse – en 60 millioner år gammel koralbanke.

Tirsdag 9. februar: **Afdelingsleder, mag. scient. Svend Erik Bendix-Almgreen:** Hvirveldyr i Danmark under krybdyrenes storhedstid.

Tirsdag 23. februar: **Amanuensis, mag. scient. Niels Bonde:** Fisk, skildpadder, hvaler og andet dyreliv fra Danmarks ældre tertiær.

Tirsdag 9. marts: **Amanuensis Walther L. Friedrich:** Danmarks tertiære brunkul – vidnesbyrd om en 20 millioner år gammel planteverden.

Tirsdag 23. marts: **Amanuensis, cand. scient. Steen Sjørring:** Istiden – det danske landskab udformes.

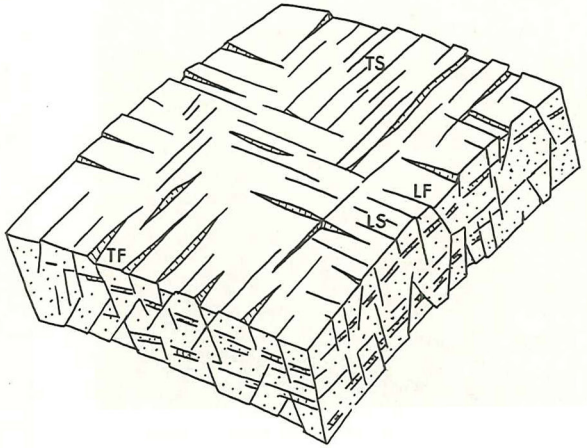
Tirsdag 6. april: **Overinspektør, dr. phil. Jørgen Troels-Smith:** Danmark efter istiden.

**Gratis adgang for alle**
(Ingen særlige adgangskort)

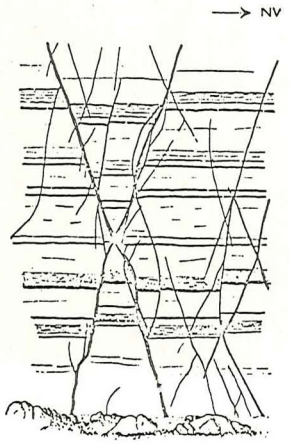
Ret til ændringer i programmet forbeholdes



Hvor man ser skråtstillede forkastninger, bemærkes, at der i alle tilfælde er tale om normal forkastninger. En oversigt over disse sprække- og forkastningssystemer er vist i blokdiagrammet figur 14. Detaljer vedrørende X-formige systemer er illustreret i figur 15 og 16.




Figur 14. Blokdiagram af et udsnit af Helgoland visende forekomster af langssprækker (LS), langsforkastninger (LF), tværsprækker (TS) og tværforkastninger (TF).




Figur 15. Skitse af fjeldside med X-formigt forkastningssystem.

Disse sprække- og forkastningsstrukturer er utvivlsomt opstået som følge af en udvidelse af lagserien. Da en udvidelse netop vil gøre sig gældende i en lagserie, der udsættes for et opadrettet tryk, er det naturligt at forestille sig, at de er opstået i forbindelse med højdestrukturens dannelse, altså som et resultat af saltbevægelserne i undergrunden.

Et spørgsmål, der naturligt melder sig, er: Hvornår opstod Helgolandhøjdestrukturen ?

Det, at aflejringer fra Øvre Trias samt Jura mangler, kunne lede til den antagelse, at bevægelserne var sket i disse tidsafsnit. En sådan formodning kan dog ikke bekræftes, da Kridttidens aflejringer ser ud til at hvile uden vinkeldiskordans på Muschelkalklagene. Kridtlagene er ret tynde, og de indeholder flere konglomeratzoner. Dette kan tyde på, at området har ligget ret højt, medens kridtlagene blev aflejret. Strukturdannelsen er derfor muligvis begyndt dengang, men da disse lag indgår i strukturen, må hovedfasen i saltopskydningen falde senere, antagelig i Tertiærtiden.

De her nævnte aflejringsstrukturer må selvsagt afspejle nogle væsentlige træk ved Triaslagenes dannelsesforhold. Øjensynlig har der været en stadig skiften mellem vanddækning og udtørring. I de vanddækkede perioder har strømningens retning hyppigt skiftet. Sådanne forhold kan umiddelbart lede tanken hen på nutidige vadehavsområder. Hvorvidt vi virkelig står overfor en triassisk vadehavsdannelse, må dog endnu anses for uafklaret. Det skal endelig understreges, at man ifølge lagenes røde farve kan antage, at aflejringsstedet har ligget i tilknytning til et ørkenområde.

Der er forskellige tegn på, at der efter aflejringen er foregået forandringer med materialet. I de røde bjergarter findes der således pletter, partier og uregelmæssige horisonter med grønlig farve. Dette tages som udtryk for, at der er sket en reduktion af de oprindeligt tilstedeværende, røde jernforbindelser. Andre fænomener er ansamlinger af kalkspat, rød kobbermalm, gedigen kobber, malakit og andre kobberforbindelser i hulrum i bjergarten. Disse forekomster tyder på, at der er sket en opløsning, transport og genudfældning af sådanne materialer ved at vandige opløsninger har sivet gennem lagserien.

## LAGSERIENS DEFORMATION

Helgoland udgør i virkeligheden kun de højest opragende partier af en højdestruktur eller ophvælvning i undergrundslagene. Dette kan blandt andet ses af det geologiske kort (figur 1), som oplyser om lagenes beliggenhed.

Det fremgår, at Triaslagene ved Helgoland hælder 16° til 20° mod nordøst og øst. Denne ret regelmæssige laghældning afbrydes cirka 600 m sydvest for øen af en forkastningszone. Langs denne er den vertikale forsætning så stor, at Øvre Kridt er i niveau med Nedre Buntsandstein. I selve forkastningszonen er Permsaltet, der udgør kernen i strukturen, trængt højt op. Forkastningen opdeler højdestrukturen i to ulige store dele, nemlig en lille vestlig og en større østlig del.

Dette var kortets oplysninger, men også ved at færdes langs Helgolands fjeldvægge kan man se spor efter deformationer af lagserien. Den østlige eller nordøstlige hældning er allerede nævnt. Desuden ses sprækkezoner og mindre forkastninger. Sprækkerne kan inddeles i forskellige typer. Ved langssprækker forstås sådanne, som med en hældning på cirka 70° mod sydvest følger Triaslagenes strygningsretning (nordvest-sydøst). Da lagene hælder cirka 20° mod nordøst, står disse sprækker altså vinkelret på lagfladerne. Ved vest- og nordkysten ses mange lodretstående tværsprækker, som skærer langssprækkerne under næsten rette vinkler. Andre sprækker er skråtstillede, disse ses i nogle tilfælde at skære hinanden i X-formige systemer. Forkastningerne følger samme retninger som sprækkerne. Som regel er forskydningerne små, almindeligvis ikke over 1 m. Den største forkastning, der kendes på Helgoland, har en springhøjde på cirka 35 m.



# HELGOLAND: Ø med en broget fortid

Gunnar Larsen
Arne Villumsen Jensen
Frede Becker Johannesen
Jørgen Liboriussen
Jörn Thiede

Helgoland er en mærkværdig ø, beliggende i den sydøstlige del af Nordsøen, kun cirka 100 km SV for den dansk-tyske grænse. I virkeligheden er Helgoland ikke een men to øer. Den ene - man kan kalde den hovedøen eller det egentlige Helgoland - er en cirka 50 m høj klippe med et tilhørende lavland. Det er på denne ø, Helgolands befolkning bor. Den anden er en lav, klitdækket ø, som betegnes "Düne", i modsætning til hovedøen er den ikke permanent befolket.

I gamle dage var Helgoland dansk. Vi afstod den imidlertid i 1814 til englænderne, som i 1890 handlede den videre til tyskerne. Under mellemkrigsårene fik øen voksende betydning som ferie- og badested. Dens betydning blev af strategisk art under anden verdenskrig, idet der indrettedes en stærkt befæstet flådebase her. Efter krigen var Helgoland nogle år atter på engelske hænder, men blev i 1952 i udbombet tilstand givet tilbage til Tyskland. I dag er genopbygningen forlængst gennemført, og Helgoland indtager atter pladsen som et meget besøgt kursted og turistområde.

Der kan være mange grunde til at gæste Helgoland. Det kan for eksempel spille en rolle, at øen er toldfrit område. Den har således en særlig status, noget der også ses afspejlet i, at øen fører sit eget flag. Det er stribet i grønt, rødt og hvidt, en farvesammensætning som symboliserer nogle væsentlige træk ved Helgolands natur. Den røde farve står som symbol for hovedøens røde klippeformationer, den hvide farve for naboøens lyse klitter og strande. Endelig kan den grønne farve symbolisere Nordsøbølgerne, som omskyller stedet.

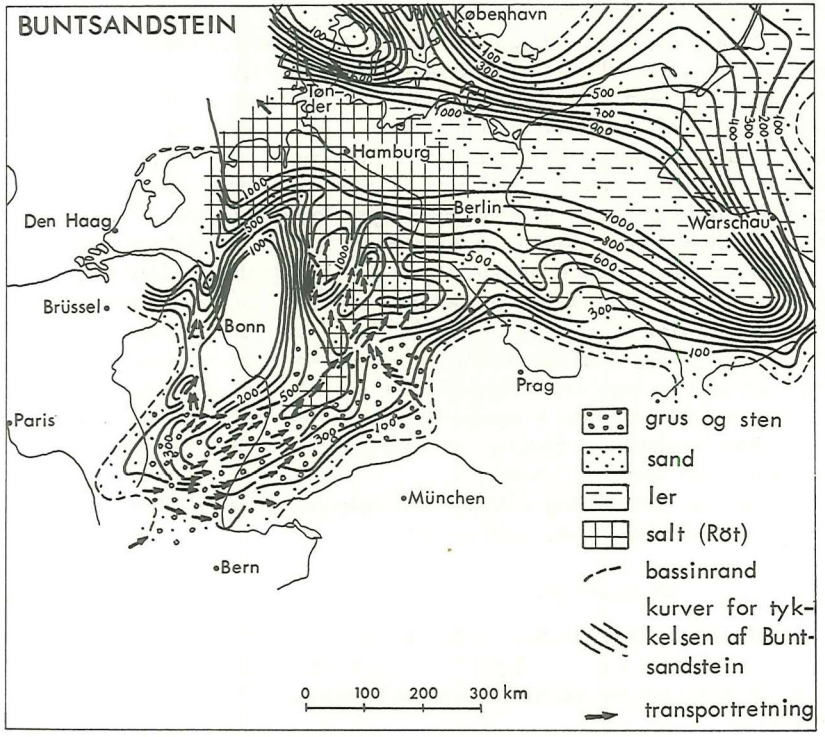
Hvis man som geolog tiltræder en Helgolandsrejse må hovedmålet naturligt være studiet af de røde klipper.

## DET RØDE NORDEUROPA

Helgolands røde klipper udgør et lille brudstykke af undergrundslag, der i tilgrænsende områder ligger flere kilometer under jordoverfladen. Den høje beliggenhed her skyldes, at underliggende saltforkomster har presset lagene op.

De røde lag tilhører Nedre Trias og har således en alder på godt 200 millioner år. Nedre Trias betegnes i Tyskland Buntsandstein, det vil sige broget sandsten.

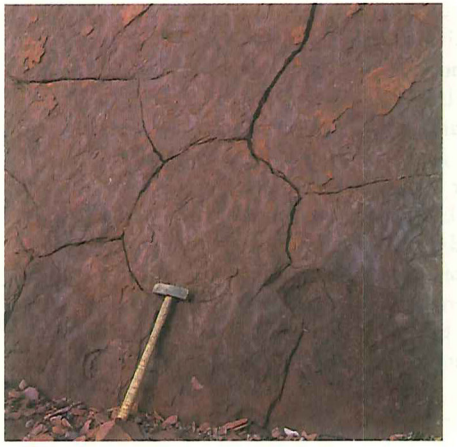
I Nedre Trias havde Europa naturligt nok et noget andet udseende end i nutiden. Et lille indblik heri kan man få ved at betragte kortet figur 1. Dette illustrerer, at der mellem groft set de mellemtyske bjerge i syd og det skandinaviske grundfjeldsområde i nord fandtes et aflejringsbassin, hvori der blev ophobet store materialemængder. Det kan bemærkes, at det danske sænkningsområde indgår som en særlig del af dette nordeuropæiske bassin. Der blev ikke aflejret lige meget materiale overalt. Størst var ophobningen i en omtrent øst-vest orienteret zone midt i området. Man må regne med, at bassinets indsynkning har været særlig stor i denne zone, samt at indsynkningen er foregået mere eller mindre i takt med aflejringen. Af kortet ses yderligere, at der i randområderne aflejredes grovkornede materialer som grus og sand, medens lerede aflejringer var mere fremherskende i de centrale dele. Man må forestille sig, at materialerne er ført ind i bassinet fra randområderne, hvilket da også er klart påvist i den sydlige del af bassinet (se kortet).



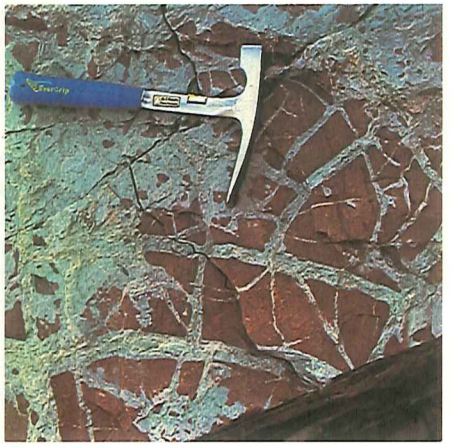

Figur 1. Kort over Nordeuropa i ældre Triastid (Buntsandstein).



11

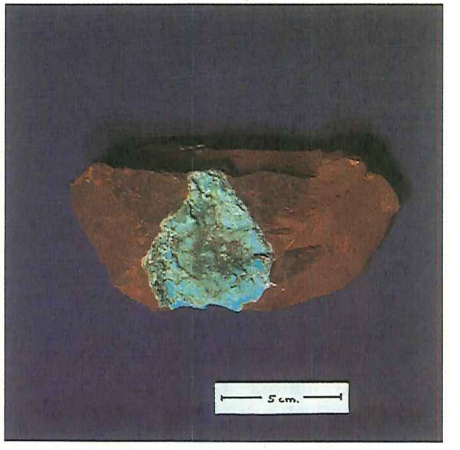


12



Figur 7. Håndstykke af Buntsandstein. I dette tværsnit af lagene ser man lamination, strømribber, bølgeribber, "intraformational breccie" samt lyse reduktionspletter og -bånd.
Figur 8. Lagflade med flere generationer af strømribber samt tørresprækker.
Figur 9. Lagflade med grove strømribber overlejret af fine strømribber, som er orienterede vinkelret på de grove.
Figur 10. Tværsnit af "Katersand"-lag med skrålejring.
Figur 11. Tørresprækker i lagflade med uregelmæssige bølgeribber.
Figur 12. Lagflade med tørresprækker, som fremtræder meget tydeligt på grund af reduktionsfænomener (blegning) langs sprækkerne.
Figur 13. Håndstykke af Buntsandstein med en hulrumsudfyldning af kalkspat og malakit.

13

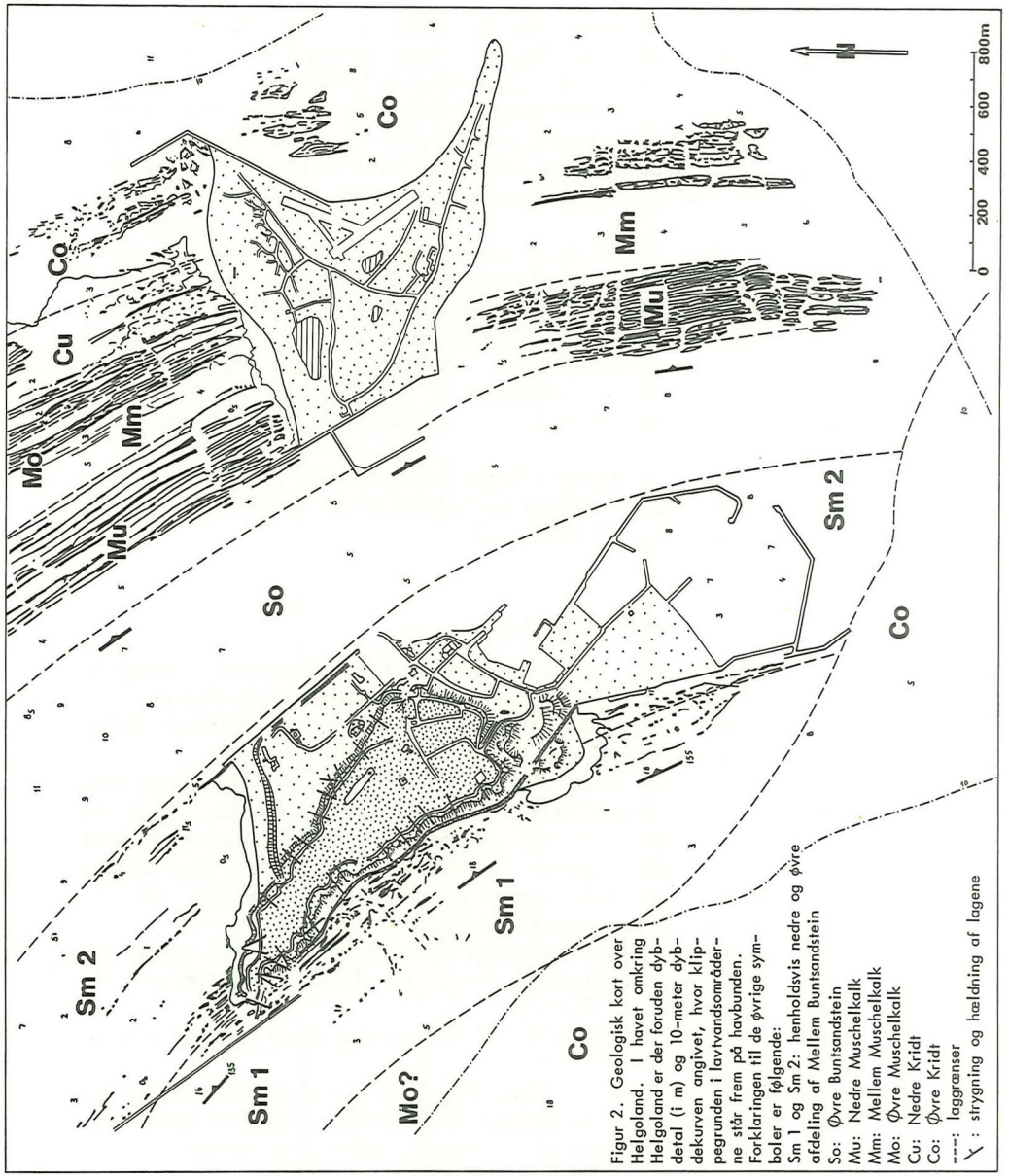


7

8

9

10




Figur 2. Geologisk kort over Helgoland. I havet omkring Helgoland er der foruden dybdetal (i m) og 10-meter dybdekurven angivet, hvor klippegrunden i lavtvandsområderne står frem på havbunden. Forklaringen til de øvrige symboler er følgende:
Sm 1 og Sm 2: henholdsvis nedre og øvre afdeling af Mellem Buntsandstein
So: Øvre Buntsandstein
Mu: Nedre Muschelkalk
Mm: Mellem Muschelkalk
Mo: Øvre Muschelkalk
Cu: Nedre Kridt
Co: Øvre Kridt
---: laggrænser
X : strygning og hældning af lagene

Hovedparten af de nedre triassiske aflejringer er af rødbrun farve på grund af et indhold af jernilter ($Fe_2O_3$). Dette betyder formentlig, at aflejringerne fortrinsvis er dannet under direkte indflydelse af atmosfæren, det vil sige på land. Da landområdet øjensynlig ikke har været plantedækket, har det sandsynligvis haft ørkenkarakter. I dette miljø kan materialtransporten fra randområderne antages at have fundet sted i strømløb i forbindelse med periodisk optrædende regnskyl over blandt andet bassinets randbjerge.

Man må imidlertid også regne med muligheden af, at havet nu og da har gjort sig gældende over dele af bassinet. Et symptom herpå har man i forekomsten af et saltlag, hvis udbredelse er anført på kortet. Formentlig har dele af bassinet for en tid været dækket af indhav - tørre klimaforhold har da medført, at havvandet er inddampet, og salt udfældet. Dette indhav antages at have haft forbindelse til det åbne hav mod NV.

Dette var nogle forestillinger om naturforholdene i Nordeuropa under den ældre Triastid.

Af kortet ses, at Helgoland ligger i det centrale strøg af aflejringsområdet. Studiet af de røde klipper på Helgoland kan derfor kaste lys over forholdene i denne del af Triasbassinet.

## LAGSERIEN PÅ HELGOLAND

Som antydet tidligere, er den høje beliggenhed af de røde Triaslag på Helgoland et resultat af opskydning af underliggende saltforekomster. At sådanne er til stede, blev påvist allerede i 1938, da man førte en boring cirka 3 km ned i øens undergrund.

På Helgoland ser man umiddelbart, at de blottede Triaslag hælder mod øst. Alene ud fra denne observation kan man få den opfattelse, at der må forekomme yngre lag på havbunden øst for hovedøen. Tilstedeværelsen af sådanne er da også blevet påvist. Et indtryk af disse yngre lags beskaffenhed kan man få blandt andet ved at studere det stenmateriale, som under storm kastes op på den lave klitøs brede strand.

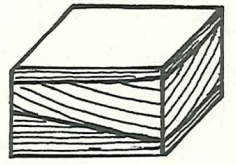
Ved at sammenstille disse forskellige observationer har man dannet sig det billede af områdets opbygning, som er vist i det geologiske kort (figur 2) samt i tværprofilet i figur 3.

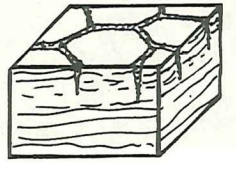
Lagserien er skitseret i figur 4. Til de enkelte afsnit skal der knyttes følgende kommentarer:

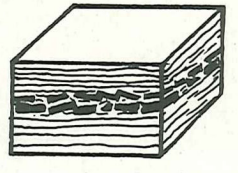
Øvre Perm (Zechstein) (nr. 1 i figur 4). Mere end 2 km af denne aflejring er gennemboret uden at underlaget er antruffet. Lagserien består især af stensalt med underordnede lag af anhydrit, dolomit og saltler.

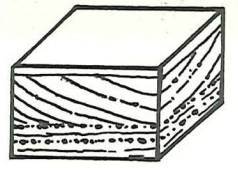
Nedre Buntsandstein (nr. 2) er en 290 m tyk aflejring af lersten og finkornede sandsten med indlejringer af anhydrit i den nedre del og forekomster af grovere sandstensbænke i den øvre.











gene og på brændingsterrassen. Ribbernes retning er højst varierende. Stedvis kan man på en og samme lagflade se to generationer med indbyrdes forskellig retning.

Krydslejring er en strukturform, som blandt andet forekommer i "Katersand"-lagene. Indlejringer af cm-store lerrullesten kan forekomme, især i den nedre del af disse lag. Krydslejringer kan dannes på samme måde som strømribberne, blot er strømhastigheden og ribberne større. Krydslejrede lag kan blandt andet opstå i slyngede render (loer) i et vadehav.

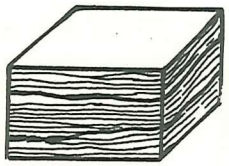
Tørresprækker er en anden almindelig struktur i de finkornede aflejringer på Helgoland. På næsten alle blottede lagflader ses sprækker, der danner mere eller mindre irregulære polygoner, diameteren varierer mellem få mm til næsten 1 m. I tværsnit ses, at sprækkerne er fra få mm til cirka 20 cm dybe. De dybe sprækker kan gennemskære flere lag, disse sprækker er som oftest udfyldt med et grovere, sandet materiale. Flere generationer af tørresprækker af forskellig størrelse kan optræde på samme lagflade. Disse tørresprækker må være opstået ved udtørring af bløde, vandholdige, slamlag. Deres hyppige optræden synes derfor at vise, at der under Triaslagenes dannelse har været en stadig vekslen mellem fugtige og tørre forhold på aflejringsstedet.

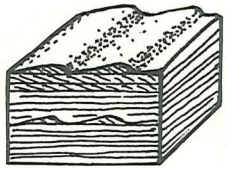
I mange lag kan man iagttage strukturer, som må være opstået ved deformationer. Nogle skal formentlig sættes i forbindelse med de ændringer, der opstår i materialerne ved ovennævnte udtørring. Andre kan snarere forklares ved flydning i vandmættede sedimenter.

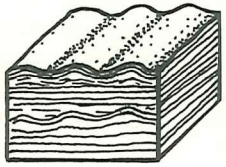
De opsprækkede lerlag bærer mange steder præg af, at have været udsat for erosion. De små lerflager kan være flyttet et stykke eller blot vippede. Under en kort transport ved man, at lerflager kan bevare deres kantede form, man betegner sådanne dannelser "intraformational breccie". Ved længere transport afrundes flagerne, og der dannes lerrullesten. Sådanne findes overalt i lagserien på Helgoland, stedvis i tætte ophobninger.

Man vil blandt andet lægge mærke til, at lagene varierer i tykkelse. Nogle er kun få mm, andre (således de tidligere nævnte "Katersand"-lag) er op mod ½ m tykke. Man kan opfatte et lag som en sedimentær enhed, dannet indenfor et tidsinterval, hvorunder aflejringsforholdene ikke har ændret sig væsentligt. De mindste enheder, man kan erkende i et lag, betegnes som laminae. Laminationen i et lag udsiger noget om, at der til stadighed er sket små ændringer i eksempelvis strømhastighed eller materialetilførsel under lagets dannelse.

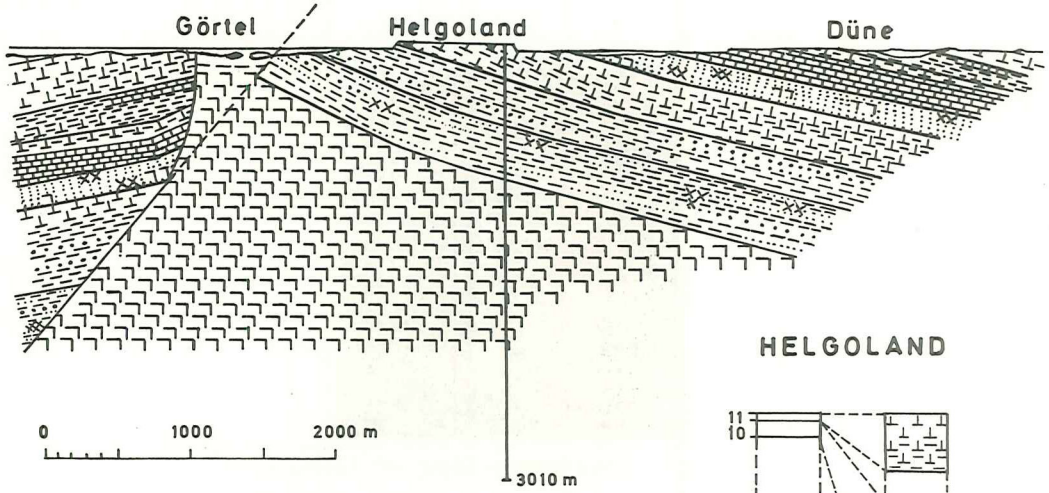
Såkaldte bølgeslagsmærker er meget hyppigt forekommende strukturer i røde siltsten. Man kan skelne mellem to typer, nemlig strømribber og bølgeribber. Strømribber kan på lagflader danne lange, lige, parallelle rygge, i andre tilfælde fremtræder de med buede eller tungelignende former. I tværsnit viser ribberne en usymmetrisk opbygning med en flad og en stejl side. Fra nutidige dannelser ved man, at strømribber dannes i strømmende vand. Den flade side vender mod strømmen, den stejle er læsiden. Ribberne vandrer i strømretningen, den ene efter den anden. Hvis materialetilførslen er tilstrækkelig stor, afsætter hver ribbe et lille krydslejret lag. Strømribberne i de røde aflejringer kan således fortælle om strømningens retning, da Triaslagene dannedes. Bølgeribber kan minde om strømribber, men er dog afvigende ved, at de i tværsnit er fuldstændig symmetriske. Ligeledes fra aflejringer, der dannes i dag, kender man forholdene, hvorunder bølgeribber opstår. De opstår på ret lavt, næsten stillestående vand af små frem- og tilbagegående bevægelser ved bunden, fremkaldt af overfladebølgerne. Ribbernes retning er parallel med bølgernes. De kan derfor fortælle noget om retningen af den fremherskende vind, eller eventuelt om retningen af en nærliggende kyst. Dette sidste må ses i sammenhæng med, at bølger på vej mod kysten kan afbøjes, så de løber ind parallelt med denne selv om de oprindelig har haft en anden retning. Strømribber og bølgeribber kan iagttages i stejlvæg-





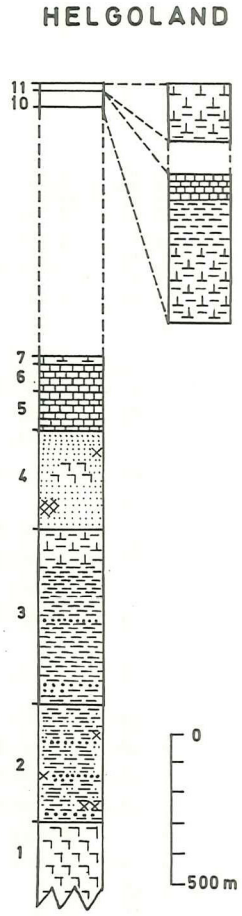







Figur 3. Tværsnit gennem Helgoland-højdestrukturen fra SV til NØ. Det bemærkes, at selve Helgoland kun udgør en lille del af denne højdestruktur. Den 3010 m dybe boring, der har oplyst om lagene under Helgoland, er angivet.

Mellem Buntsandstein (nr. 3) har en tykkelse på 450 m. Det er et udsnit af denne lagserie, som er blottet i de stejle klippevægge på Helgoland. Lagene kan deles i en nedre og en øvre afdeling, hvis mægtighed er henholdsvis 334 m og 116 m. Den nedre afdeling består af brunrøde, glimmerholdige lersten og siltsten med lyse lag af såkaldt "Katersand". Disse lyse sandlag er kun svagt sammenkittede og nedbrydes derfor let af vejrliget. Den øvre afdeling er opbygget af lyse, teglrøde eller vinrøde ler-mergelsten. Grænsen mellem nedre og øvre afdeling ses i stejlvæggen langs Helgolands vestkyst (figur 5).
Øvre Buntsandstein (nr. 4) er ikke blottet på Helgoland, men forekommer på havbunden mellem de to øer. Aflejringen er cirka 250 m tyk. Den består af finsandsten med lag af anhydrit og stensalt. Sidstnævnte er det såkaldte "Röt"-salt, hvis udbredelse er vist på kortet figur 1.




Figur 4.

Figur 5. Helgolands vestkyst set fra nord.

Nedre Muschelkalk (nr. 5) er en cirka 100 m tyk, grå kalksten med bænke (lag) indeholdende talrige muslingeskaller.
Mellem Muschelkalk (nr. 6) har en tykkelse på 65 m. Materialet består af blågrå og røde kalksten med anhydritforekomster.
Øvre Muschelkalk (nr. 7) er en kun 20 m tyk aflejring af glimmerholdig mergel, hvori der forekommer fisketænder og skæl.
Nedre Kridt (Neokom, Gault)(nr. 10) er cirka 50 m tyk og består af forskellige slags materialer: lergytje, kalkgytje, mergel og skiferler. En af bjergarterne bærer det lokale navn "Töck", det er en mørk, noget bituminøs, kalkholdig lerskifer, indeholdende en del fossilrester, blandt andet fisk. Den øverste del af Nedre Kridt er en kalkaflejring af rødlig, grålig og hvidlig farve.
Øvre Kridt (Cenoman, Turon, Senon)(nr. 11) består af rødlig mergelkalk og hvidt skrivekridt med flintforekomster.

Det bemærkes, at man i denne lagserie mangler aflejringer fra Øvre Trias (Keuper) samt fra hele Jura.

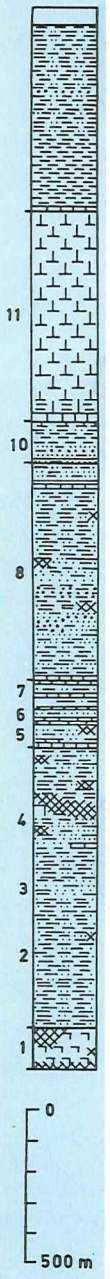
## SAMMENLIGNING MED DYBDEBORINGEN TØNDER 2

Lagserien på Helgoland - hvorledes svarer den nu til den, vi kender fra dybdeboringerne i den danske undergrund?

Dette spørgsmål kan belyses eksempelvis ved en sammenligning med dybdeboringen Tønder 2, som er lokaliseret cirka 100 km nordøst for Helgoland. Tønderboringens profil er skitseret i figur 6. Ved at sammenholde denne med figur 4 ses blandt andet følgende:
Zechstein (nr. 1 i figur 6), der er gennemboret ved Tønder, omfatter her 655 m af stensalt med lag af anhydrit og dolomit. Den langt større salttykkelse på Helgoland må sikkert sættes i forbindelse med opskydningen af saltmasserne.



Figur 6. Lagserien i boringen Tønder 2.




Buntsandstein (nr. 2, 3, 4) er tyndere ved Tønder (668 m) end ved Helgoland (990 m). Dette stemmer udmærket med, at Tønder øjensynlig har ligget nærmere ved bassinranden (se figur 1). Lagenes udformning er iøvrigt næsten ens i de to lokaliteter, blandt andet findes "Röt"-salt begge steder.
Muschelkalk (nr. 5, 6, 7) ved Tønder er af samme tykkelse som forekomsten ved Helgoland.
Keuper (nr. 8), der mangler ved Helgoland, er til stede ved Tønder som en 511 m tyk aflejring af lersten og finkornede sandsten af mere eller mindre rødlig farve.
Jura mangler i Tønder ligesom ved Helgoland.
Nedre Kridt (nr. 10) er ved Tønder næsten dobbelt så tyk som ved Helgoland, nemlig 96 m. Materialet er fortrinsvis mørkegråt og grønligt ler.
Øvre Kridt (nr. 11) udgør cirka 500 m ved Tønder. Bjergarterne er kalk og kridt ligesom på Helgoland.
Tertiær findes ved Tønder men mangler på Helgoland.

Af denne sammenligning ses, at hovedtrækkene i de to lokalitetsområders geologiske udvikling er så ens, at man uden videre kan forestille sig, at de falder indenfor samme aflejringsfelt. De store træk i dettes udvikling har øjensynlig været:

I løbet af Perm og Trias foregik der aflejring under tørre klimaforhold i et større aflejringsbassin. I Jura-tiden var denne del af det tidligere bassin øjensynlig hævet til et landområde, hvor der ikke fandt aflejring sted. I Kridt skete der atter en sænkning, som førte til, at havet trængte ind over området, og marine aflejringer dannedes.

Lighederne i de store træk er som nævnt slående, men der er også forskelle, eksempelvis i salttykkelsen. Endvidere kan nævnes tilstedeværelse af Keuper og Tertiær i Tønder, men ikke ved Helgoland. Det er muligt, at en del af disse forskelle skal ses som et udslag af de saltbevægelser, som har fundet sted i dybet under Helgoland.

## DETALJER I TRIASLAGENES UDFORMNING

Er hovedemnet for et Helgolandsbesøg studiet af de røde Trias-lag, så kan man med fordel give sig i lag med blotningerne på vest- og nordkysten. Her hæver klipperne sig næsten lodret op fra en flad brændingsterrasse. Langs vestkysten er der opført en beskyttelsesmur i beton, hvorfor man kan færdes her, selv under højvande.

Det er som nævnt mellemste Buntsandstein, der er blottet. Allerede på afstand kan man tydeligt skelne den nedre, rødbrune og den øvre, tegltil vinrøde afdeling (se figur 5). Endvidere ses en lagdeling klart aftegnet ved forekomsten af spredte, lyse horisonter i de rødlige aflejringer. Kommer man på tæt hold, viser det sig snart, at de tilsyneladende ensartede, røde klipper fremviser en rigdom af små og større aflejringsstrukturer, som det nok er umagen værd at se nærmere på.