

NYT OM SALT: GORLEBEN



af Klaus Duphorn

Figur 1. Skitsekort visende Gorlebens beliggenhed.

I Vesttyskland, som for længst har indført kernekraft, har myndighederne besluttet, at det højradoaktive reaktoraffald skal deponeres i en af de mange saltstrukturer i den nordtyske undergrund. Et stort og langstrakt skakt-mineanlæg i 800 meters dybde påregnes opført i "Salzstock Gorleben" omkring 130 km sydøst for Hamburg.

Gorleben strukturen fortsætter ind under Elben og dermed zonegrænsen ind i DDR, hvor strukturen har navnet: "Salzstock Rambow". Uanset på hvilken side af zonegrænsen man befinder sig, består strukturen af oppressede saltlag, der har Øvre Perm alder, såkaldt Zechstein-salt. Som vanligt er der en gipshat på toppen af saltstrukturen (gipshat = 'cap-rock'), og gipshatten ligger i Gorleben-Rambow-strukturen mellem 150 og 400 meter under overfladen af den gamle israndparallelle smeltevandsdal ("Urstromtal"), som i dag er den dal, hvori Elben løber.

De kvartære lag (fra istider og mellemistider) over Gorleben strukturen samt saltstrukturens udviklingshistorie er fra 1979 til 1982 blevet undersøgt af denne artikels forfatter, der er professor ved Universitetet i Kiel.

Undersøgelsen, som er bestilt af Forbundsregeringen gennem 'Physikalisch-Technische Bundesanstalt Braunschweig' (PTB) omfattede først og fremmest bearbejdelsen af materialet fra 150 borer til en dybde på mellem 200 og 400 meter. Desuden blev et ca. 300 km² stort område over og omkring saltstrukturen geologisk kortlagt.

Hvad vidste man før undersøgelsen ?

Før borearbejdet påbegyndtes, blev der ved den indledende planlægning af de geovidenskabelige deponeringsundersøgelser gjort følgende antagelser:

1) Det forventedes, at der fandtes en bred og langstrakt kerne af ældre Zechstein stensalt (Na_2) i midten af strukturen, og at denne stensalt kunne tjene som lagerplads for deponeringsaffaldet.

2) Man antog, at Gorleben-Ramdow-saltstrukturens opstigning i alt væsentlig var afsluttet allerede før begyndelsen af Tertiær, det vil sige, for mere end 65 millioner år siden. Til denne opfattelse af stabilitet gennem år-millioner knyttede sig forventningerne om, at tykke tertiære lerlag ville afskærme saltbjergene og gipshatten fra ovenliggende grundvandsførende kvartære aflejringer, dannet i løbet af de sidste ca. 2 millioner år. Der skulle derfor ikke være sket saltopløsning i toppen af strukturen under Tertiær og Kvartær.

Men ingen af disse forventninger, som myndighederne byggede deres sikkerhedsargumenter på, blev opfyldt af resultaterne fra borerne !

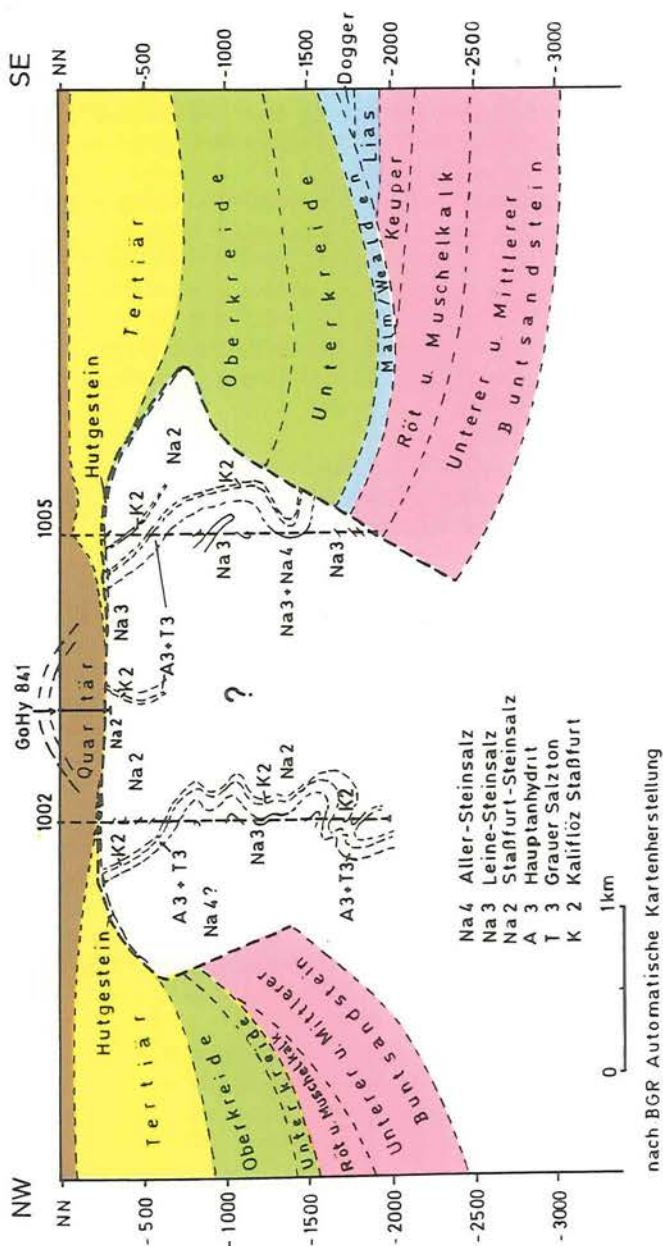
Hvad ved vi da nu ?

Et geologisk tværprofil gennem Gorleben strukturen ses i fig. 2. Profilet er tegnet af saltgeologerne ved Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe i Hannover (BGR), som har stået for det dybere bore- og udforskningsprogram. Den gammel-kvartære gipshatoverflade er dog tilføjet af forfatteren ved indtegnning af resultater fra et parallelprofil, og det samme gælder for spørgsmålstegnet i det forventede deponeringsområde, det er også indtegnet af forfatteren. Spørgsmålstegnet antyder den tvivl, der er om bredden af det ældre stensalt (Na_2), hvori mineanlægget tænkes anlagt. De fire dybdeboringer har nemlig vist, at det ældre stensalt må have været væsentlig mere letflydende og er steget hurtigere op end det yngre stensalt (Na_3 og Na_4). Som følge heraf blev en stor del af det ældre stensalt presset ovenud, hvor det dels har lagt sig ind over det yngre stensalt (mod SØ), og dels er blevet opløst ved saltopstigning i stor skala i toppen af strukturen i løbet af Tertiær- og Kvartærtid. Derfor er deponeringsområdet mindre end forventet og er skævt placeret.

På grund af den fundne mindre bredde af det ældre stensalt (Na_2) i det planlagte deponeringsniveau, der højst når ned til 1000 meters dybde, har konstruktionen af deponeringsanlægget måttet ændres. Det nye koncept inddrager nu også Na_3 -stensaltet, som oprindeligt skulle undgås, da det er mindre ensartet end Na_2 -saltet. Dette betyder, at ekstra sikkerhedsrisiko må tages med i købet!

Saltopstigning og saltopløsning

Når saltet i toppen af en opstigende saltstruktur kommer i kontakt med strømmende grundvand, bliver stensalt og kalisalt opløst - som kogsalt, der drysses i suppen. Denne opløsningsproces kaldes subrosion. Den efterlader ved saltstrukturer en rest: gipshatten (=cap rock), der består af tungt opløselige eller uoplø-



Figur 2. Tværprofil af Gorleben saltstrukturen mellem dybdeboringerne Go 1002 og Go 1005 samt saltspejlsboringen GoHy 841 (efter BGRs automatisk kortfremstilling). Rød farve viser lag fra Trias (Buntsandstein, Muschelkalk og Keuper). Blå farve viser lag fra Jura (Lias, Dogger og Malm). Sidstnævnte går jævnt over i ældste Kridt (Wealden)). Grøn farve viser lag fra Kridt (her kun delt i Nedre og Øvre Kridt). Gul farve viser lag fra Tertiær og brun farve lag fra Kvartær.

selige mineraler, og i tilfældet Gorleben ikke mindst gips. På længere sigt bestemmes saltopløsningens (subrosionens) intensitet af saltstrukturens opadgående bevægelse.

Gorleben strukturens opstigning, som begyndte for mere end 100 millioner år siden, fortsatte i løbet af Tertiær og Kvartær. I forhold til de omgivende og overliggende sedimenter viser de strukturelle forhold klart, at Gorleben strukturen først har opnået sin nuværende form og indre strukturer i Tertiær og Kvartær. Som følge af denne 'unge' saltopstigning og samtidige sætninger i de flankerende sedimenter, er de tertiære lag nu kippet op til 45 langs saltstrukturens flanker, og er blevet hævet op til kun 30 meter under jordoverfladen. I en af boringerne er der fundet flod- og søaflejringer, der er pollendateret til den gamle Bavel varmetid (fig. 2), og disse aflejringer hviler direkte på gipshatten. Det er dermed bevist, at saltstrukturens gipshat nåede helt op til jordoverfladen for omkring 900.000 til 1 million år siden.

Endnu et bevis leveres af den pollenanalyse, som Dr. H. Müller (BRG, Hannover) har foretaget af Bavel varmetidens flod- og søaflejringer (fig. 4). Det har vist sig, at aflejringerne indeholder omlejlrede sporomorfer fra Zechstein saltet fra saltstrukturen !

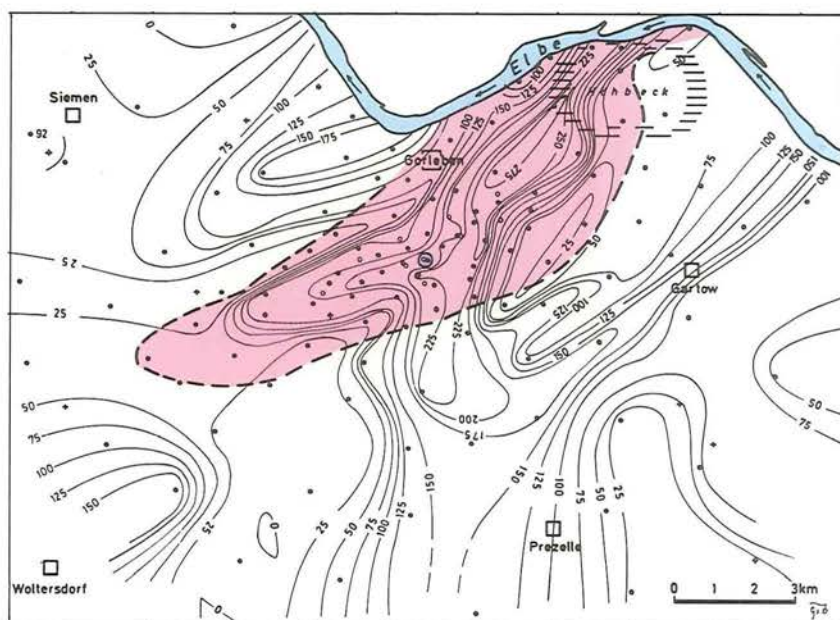
Når saltstrukturen kunne trænge frem til overfladen i Bavel varmetiden, skyldtes det, at der forud for varmetiden, nemlig i Menap kuldetiden, herskede et tundraklima med udbredt permafrost, der forhindrede grundvandet i at opløse saltet. De gammel-kvartære flod- og søaflejringer over Gorleben strukturen afsattes i tilknytning til et Baltisk flodsystem, som indtil begyndelsen af Elster istiden afvandede størstedelen af Nordtyskland og det sydlige Østersøområde, der dengang endnu var land. Det Baltiske flodsystem udmundede i Nordsøen.

De gammel-kvartære aflejringer fra dette flodsystem ligger nu, hvor de er uforstyrrede, mindst i 40 meters højde i forhold til nuværende havniveau. Men over selve strukturen er de sunket helt ned til kote - 237 meter på grund af en kraftig saltopløsning i tidsrummet efter Bavel varmetiden, hvor saltstrukturen, som omtalt brød frem til overfladen. Indsynkningen forårsaget af saltopløsningen beløber sig således til mindst 280 meter, og rumfanget af det opløste salt må have udgjort mindst 3 kubikkilometer !

Saltopstigningen og saltopløsningen fortsatte i den efterfølgende Saale istid, og det medførte, at gipshat-overfladen sænkedes yderligere 100 meter i den centrale del af Gorleben strukturen. Som ledehorisont til beregning af indsynkning tjener marine lerlag fra Holstein-havet, der eksisterede i mellemistiden mellem Elster og Saale istiderne, se fig. 4.

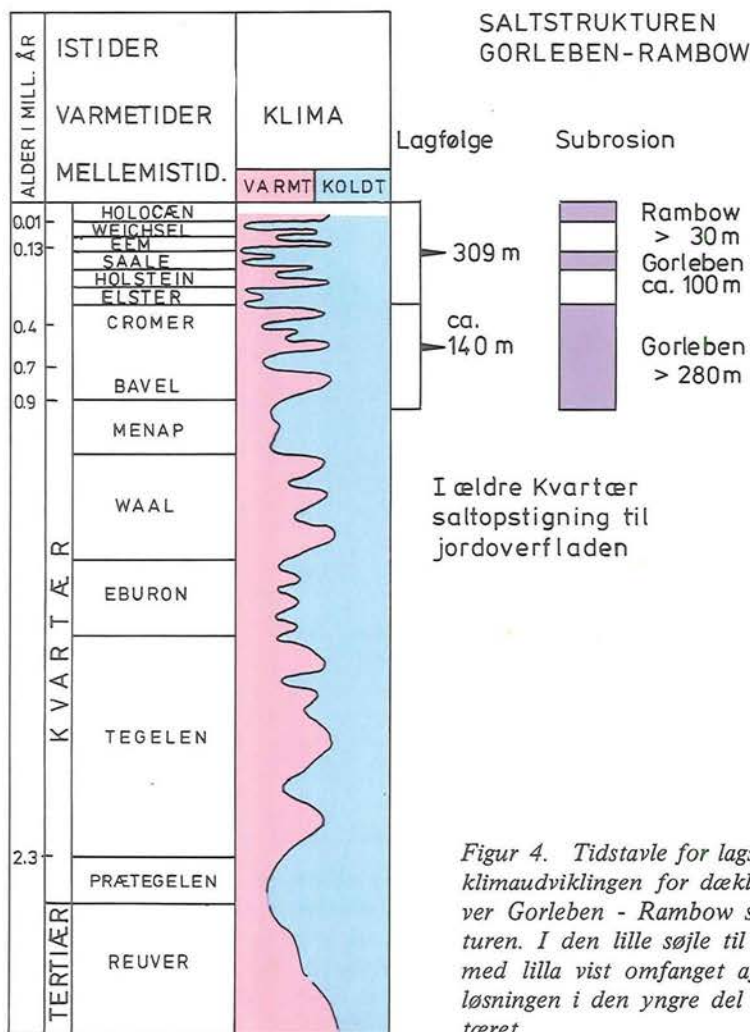
Den Skandinaviske Indlandsis nåede første gang frem til Nordtyskland i Elster istiden. Her udformede isen og smeltevandet en dyb rende eller dal i de gam-

mel-kvartære aflejringer over saltstrukturen og de tilgrænsende randsænker. Boreresultaterne viser, at denne erosion var særlig kraftig i den foruddannede centrale opløsningssænke og i den mobiliserede randsænke. Dette sammenspil og modspil af processer (saltgennembrud, opløsning, gletschererosion og sedimentation) resulterede i at tykke grundvandsførende sand- og grusaflejringer nu optræder direkte oven på gipshatten inden for et 7.5 kvadratkilometer stort område i Gorleben-renden, der har bunden placeret i kote - 292 meter. De grundvandsførende sand- og gruslag hviler tilmed i 3 af borerne ikke på en gipshat, men direkte på selve Zechsteinsaltet. Lagforstyrrelser i dæklagene medfører, at vandet over saltet i den dybe Gorleben-rende står i forbindelse med grundvandsstrømmene i de tertiære og kvartære lag. På Gorleben-rendens nordvestlige skrænt stiger saltholdigt vand fra saltspejlet op til kun 70 meter under overfladen.



Figur 3. Kurvekort der viser højden af Kvartærlagenes undergrænse i Gorlebenområdet. Højderne er angivet i forhold til nuværende havniveau. Punkter og kryds angiver borer. Den stiplede linie viser grænsen for saltstrukturen, som her er farvet rød. Cirklen syd for Gorleben angiver "den stejle tand", hvor saltet lokalt rager højt op. Zonegrænsen mellem Vest- og Østtyskland løber langs Elben, hvor denne flod skærer hen over saltstrukturen.

BGR's måleresultater og modelberegninger for grundvandsstrømninger viser, at grundvandet i det let-gennemstrømmelige sand og grus i Gorleben-renderen strømmer forholdsvis hurtigt og uhindret helt ned til og i gipshatten. Den nuværende saltopløsning, som er beregnet ud fra disse strømninger, svarer til en opløsning i saltspejlet på 1 mm om året, og rumfanget af det opløste salt beløber sig til ca. 10.000 kubikmeter per år, og det skulle vare mellem 600 år og 3700 år, før grundvandet strømmer fra bunden af renderen frem til overfladen.



Det er svært at påvise og bestemme størrelsen af den nuværende saltopløsning med andre metoder, bl.a. fordi opløsning og indsynkning sandsynligvis kompenseres af saltopstigning, så saltspejlet holder sig i et konstant niveau. Nabostrukturen Rambow, som under Elben er direkte forbundet med Gorleben strukturen, karakteriseres af DDR-geologer som et 'særligt godt eksempel' på nutidig saltopløsning, og her afspejler unge og aktive saltopløsninger sig også i tilstedeværelsen af en sænke med moseområder og 2 søer.

De kvartærgeologiske og hydrogeologiske undersøgelsesresultater sætter derfor spørgsmålstegn ved dæklagenes såkaldte barrierevirkning, det vil sige evne til at beskytte mod spredning af radioaktivt 'udslip' fra et depot i saltstrukturen. En hypotetisk beregning af den fremtidige opløsning anslår, at den planlagte 400-500 meter tykke saltbarriere oven over depotanlægget, vil kunne være opløst i løbet af 400.000 - 500.000 år.

Ved uens saltopløsning i saltspejlet, og som følge af spændinger i saltbjerget, fremkaldt af et deponeringsanlægs varmeafgivelse, vil mulighederne for stoftransport fra depotet til grundvandsførende dæklag imidlertid kunne øges og opstå i løbet af kortere tidsrum. 'Den stejle Tand' i saltspejlet (se fig. 3) viser, at selektiv saltopløsning forekommer.

Konklusion

Den 13. juli 1983 besluttede Forbundsregeringen, at underjordiske bjergværksmæssige forundersøgelser, som vil koste mindst 1.2 milliarder DM (mere end 4 milliarder kroner) skal igangsættes i Gorleben, og samtidig besluttedes det at give afkald på alternative undersøgelser af andre saltstrukturer.

Gorleben saltstrukturen og dæklagene over den har - efter denne artikels forfatters opfattelse - imidlertid ikke indfriet de nærede forventninger om geologiske sikkerhedsbarrierer. Derfor kan han kun anbefale, at den tyske forskning om affaldsdeponering styrkes og at andre saltstrukturer også undersøges. Først når et forbedret geovidenskabeligt grundlag er opnået, bør man skride til at udvælge en bestemt saltstruktur til dyre underjordiske undersøgelser. En sådan udvalgt saltstruktur må ikke have haft nogen (eller kun en minimal Kvartær) saltopstigning, og må ikke, som Gorleben, have udtrakt grundvandskontakt mellem saltstrukturens top og det overfladenære grundvand.

Efterskrift

På foranledning af PTB Braunschweig betones det, at flere af de ovenfor givne tolkninger af undersøgelsesresultaterne står for forfatterens personlige og faglige ansvar. De stemmer ikke på alle punkter overens med PTB's og BGR's anskuelser og forpligter ikke på nogen måde PTB og BGR.