



Zircon fra Svenskenbruddet Tvedalen.. Samling Hans-Jørgen Berg. Foto Jeff Scovil

ZIRKON, MER ENN BARE ET PENT MINERAL

Av Trine-Lise Knudsen

*Geologisk Museum, Universitetet i Oslo, Postboks
1172 Blindern, 0318 Oslo*

Zirkon ($ZrSiO_4$) danner gjerne tetragonale, kortprismatiske krystaller med pyramider i begge endene. Fargen er ofte rødbrun, gul eller gråbrun. Svært radioaktive varianter (se omtale under) kan være svarte eller mørke brune med matt, silkeaktig glans. Zirkon har ellers høy briljans og sterk dobbeltbrytning, og transparente zirkoner av smykkestenkvalitet er kjent blant annet fra Sri Lanka. Det er et tungt silikat som anrikes i tungmineralfraksjonen til sedimenter og kan opptre sammen med gull i sand og grus (kjent fra Australia, Brasil og Florida). Cubic zirconia (ZrO_2) er langt mer vanlig som smykkesten, men denne syntetisk dannede diamant-etterlikningen er altså ikke en variant av zirkon.

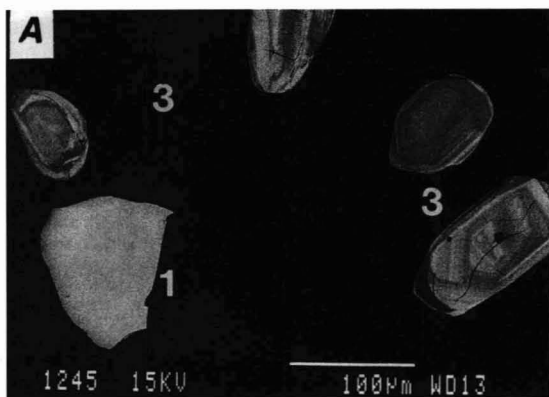
Zirkoner i Norge

Zirkon opptrer i en rekke bergarter. Minerallet krystalliserer gjerne når en granitt eller granittliknende steinsmelte størkner i dypet av jordskorpen

(f.eks. i larvikitt og i druserom i nordmarkitt i Oslo-området). Den kan danne flere cm lange krystaller i pegmatitter (grovkornede granitter eller granittliknende størkningsbergarter, f.eks. Seiland i Finmark, i Iveland/Evje og i Langesundfjorden). Zirkon kan også vokse ved omvandling (metamorfose) av bergarter i dype deler av jordskorpen. Med en hardhet på ca. 7,5 på Mohs' hardhetsskala, er minerallet motstandsdyktig ved nedsliting av berggrunnen (erosjon) og det er et vanlig mineral i sand og sandsten. I likhet med bollene i et konglomerat som stammer fra bergartene som ble slitt ned da konglomeratet ble avsatt, stammer zirkonene i en sand eller sandsten fra berggrunnen som ble slitt ned da sanden ble avsatt. Typisk for zirkoner i sand, er at krystallene er svært små, klare og avrundet på grunn av slitasje (Figur 1).

Geologiske klokker og radioaktivitet

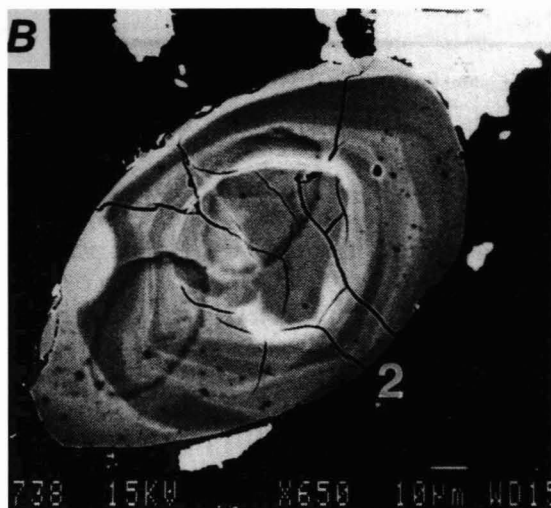
Fenomenet radioaktivitet ble oppdaget og utforsket så sent som for hundre år siden og bygger blant annet på observasjoner av at enkelte mineraler kan omgi seg med en "halo" der omliggende mineral er omvandlet eller ødelagt. I dag vet man at haloen rundt zirkon i minerallet biotitt (figur 2), skyldes en radioaktiv nedbrytning. En varierende andel av zir-



Figur 1. Elektronmikroskopbilder av zirkoner fra Arendalsområdet. Den hvite angir 0.1 millimeter (figur a) og 0.01 millimeter (figur b). Ellipsene i zirkon 2 er områder der materiale er fjernet for isotop-aldersbestemmelse mens de hvite feltene rundt kornet er rester av et gullbelegg påført før analyse.

konium-innholdet vil alltid være erstattet av andre grunnstoff som uran, thorium og lutetium i naturlige forekommende zirkoner. Alle disse tre grunnstoffene har radioaktive varianter (isotoper) som alltid vil utgjøre en viss andel av de respektive stoffene. De radioaktive isotopene brytes gradvis ned over millioner av år til ikke-radioaktive datterprodukter i mineralet. Ved å måle mengdeforhold, blant annet mellom et datterprodukt og de radioaktive variantene av stoffet, kan man beregne hvor lenge det er siden et gitt mineral krystalliserte. Mengden av de radioaktive stoffene er normalt svært lave og utgjør ingen helsefare.

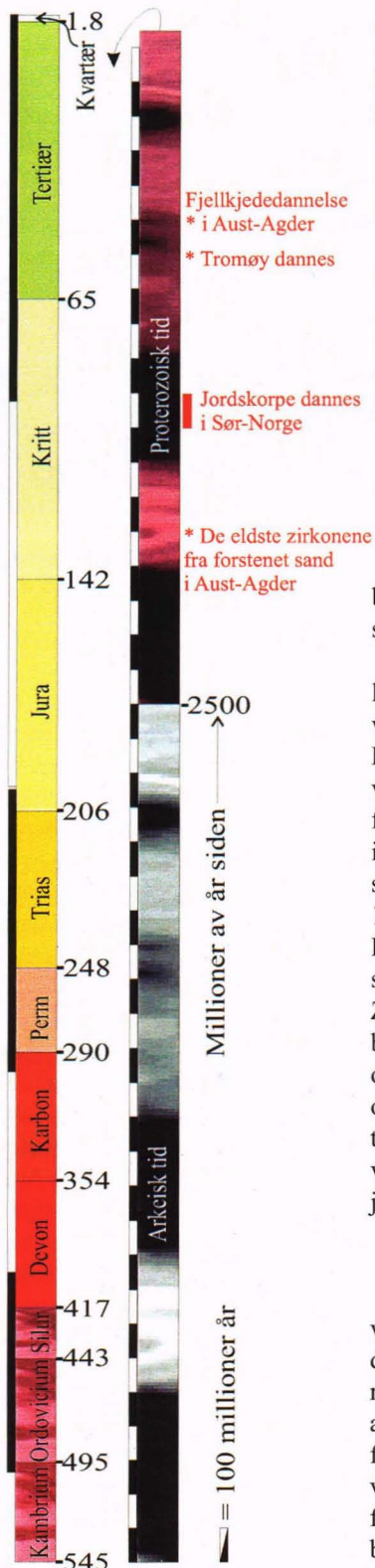
Den relative, geologiske tidsskalaen med inndeling av jordas forhistorie i perioder som kambrium, ordovicium og silur (Figur 3), bygger på forståelsen av at fossiler fra et lag må være eldre enn fossilene i et overliggende lag, hvis man har en uforstyrret sedimentær lagpakke. Parallelt med oppdagelsen av radioaktivitet, foregikk utviklingen av gradvis mer avanserte måleinstrumenter for måling av svært små mengder av radioaktive stoffer. Dagens instrumenter for måling av mengdeforholdet av radioaktive og ikke-radioaktive varianter av grunnstoffer, førte til et gigantisk sprang i forståelsen av jordas forhistorie. Man fikk mulighet til å tilføre den relative geologiske tidsskalaen en absolutt tidsskala (målt i millioner av år i figur 3). I dag er det mulig å gå inn og måle mengdeforholdet av radioaktive stoffer og datterprodukter i et område av en 0,1 millimeter lang zirkon (ellipsene i zirkon B i figur 1).



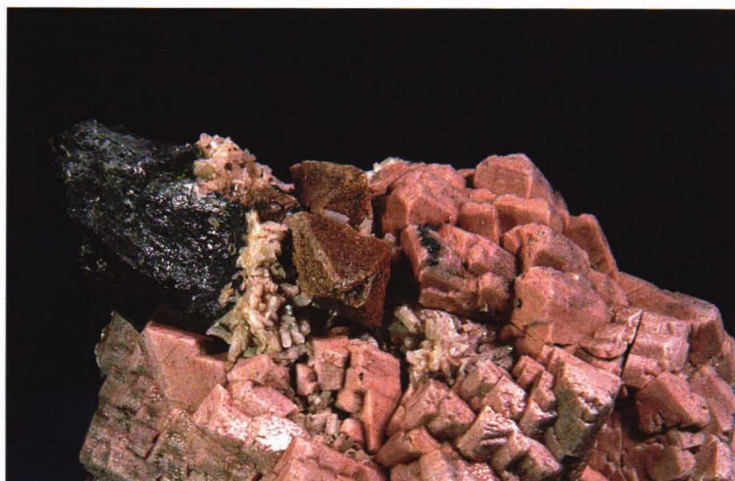
Figur 2. Zirkon omgitt av en halo der omliggende biotitt (brun) er brutt ned. Lengste billedkant er 0.5 mm.

Zirkon som geologisk klokke

Figur 1a, b viser elektronmikroskopbilder av noen zirkoner fra Arendalsområdet i Aust-Agder. Zirkon 1 er stukturløs og homogen, noe som er typisk for zirkoner dannet ved omvandlingen av en bergart (metamorfose), mens de andre zirkonene viser soneringer og har krystallisert når en steinsmelte størket i dypet av jordskorpen. Zirkon 2 har imidlertid vært utsatt for en senere omvandling, som sees på bildet som lyse, mikrometer-tynne årer og overvekster. Zirkonene 3 har senere ble innlemmet i en sandsekvens og var bevart i en sandsten. Uran- og thorium-sammensetningene er som nevnt velegnet til å bestemme når en zirkon ble dannet. Målinger viser at den metamorfe zirkonen 1 i Figur a ble dannet for 1100 millioner år siden, samtidig med at hele Arendalsområdet ble fraktet ned til store dyp i jordskorpen ved en fjellkjededannelse. De tynne omvandlings-sonene i zirkon 2 er omtrent av samme alder, mens resten av zirkonen krystalliserte fra en steinsmelte for 1200 millioner år siden, samtidig med hoveddelen av berggrunnen på Tromøy ved Arendal (Knudsen & Andersen, 1999). Zirkonene kalt 3 er 1588 millioner år, 1784 millioner år, 1367 millioner år, 1733 millioner år gamle. Analyse av mange zirkoner fra de omvandlede sedimentene i Aust-Agder, viser at sanden ble avsatt i et tidsrom for 1400 til 1367 millioner år siden, og at bergartene i fjellgrunnen som ble erodert ned var opptil 2000 millioner år gamle. Det er langt eldre enn aldrene til bergartene som fins i området i dag, og sanden



Figur 3. Den relative tidsskalaen, påført aldre i millioner år.



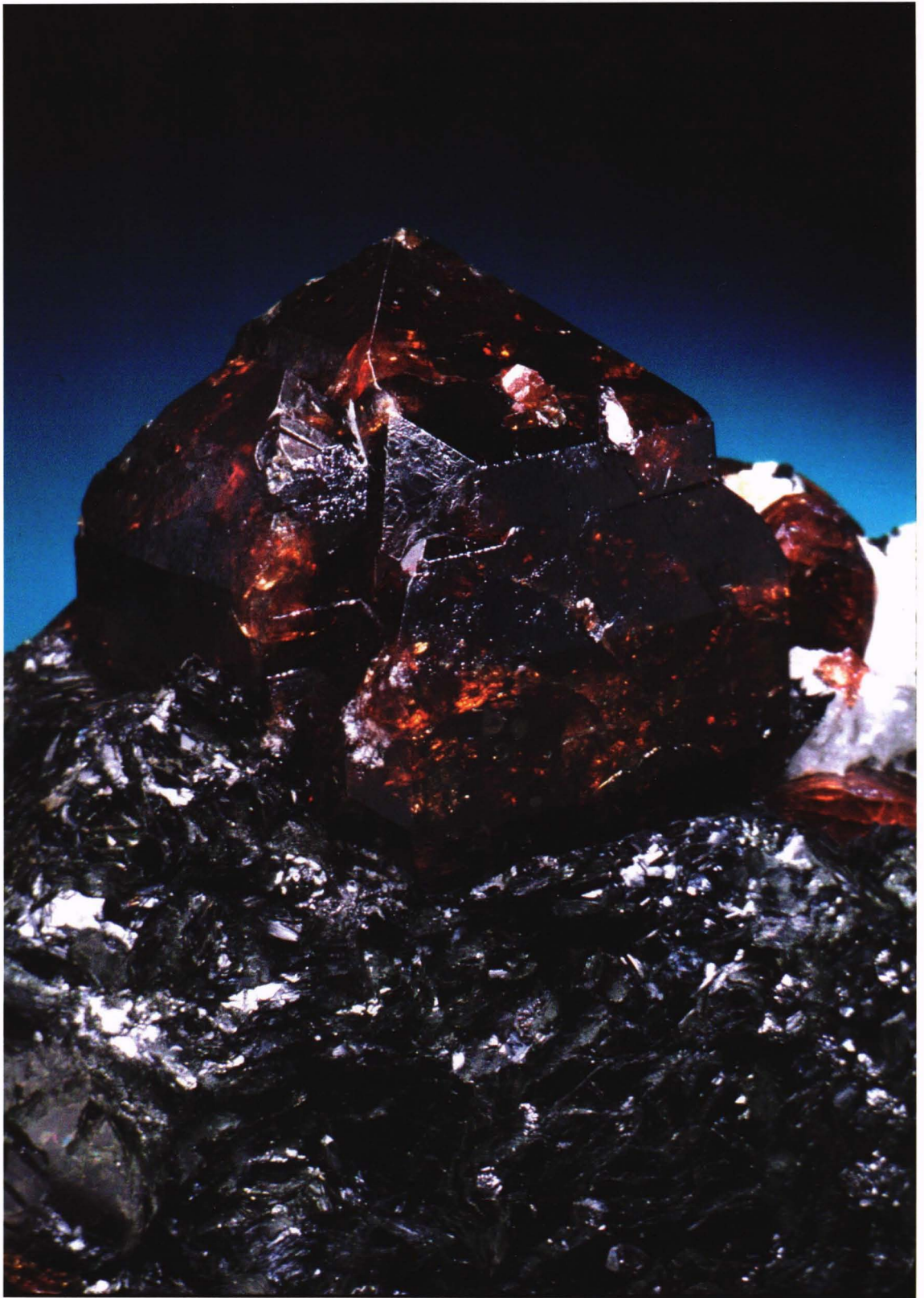
Zirkon 2,6 bredde 2,6 cm. Eiker, Buskerud. Samling Hans-Jørgen Berg. Foto Jeff Scovil.

ble antagelig transportert med elver fra dengang fjerne fjellområder som befant seg i nord (Knudsen et al., 1997).

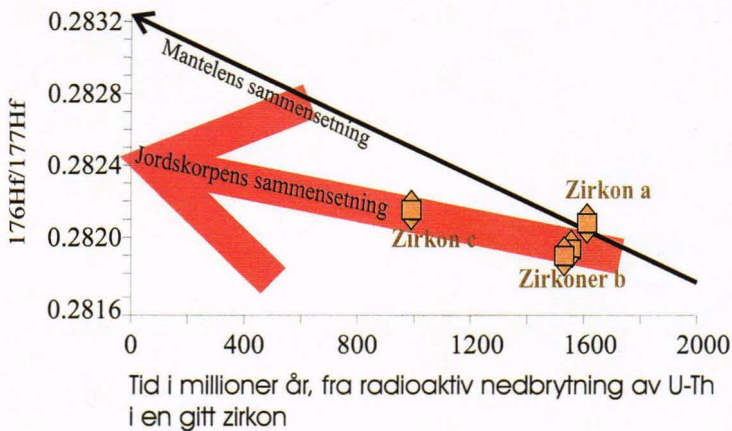
Siste nytt innen zirkoner og radioaktivitet, er måling av radioaktivt lutetium og datterproduktet hafnium (Faure, 1986). Disse dataene gir viktig informasjon om selve bergarten som en zirkon krystalliserte i. Figur 4 representerer fire zirkoner fra Sør-Norge som er aldersbestemt ved radioaktiv isotopnedbrytning av uran og thorium. Sammen med forholdet mellom radioaktivt og ikke-radioaktivt hafnium i zirkonene, i jordskorpa og i mantelen under jordskorpa, forteller dataene at steinmelten som gav opphav til bergarten der zirkon a krystalliserte for 1612 millioner år siden, hovedsakelig kom fra mantelen (Figur 5a). Dette overlapper i tid med en periode for 1600 til 1700 millioner år siden, da mye av berggrunnen i Sør-Norge ble dannet for første gang. Zirkonene b er noe yngre med sine 1560 og 1532 millioner år, og bergartene som disse krystalliserte i, er delvis eller helt dannet ved oppsmelting av jordskorpa som var nydannet for 1600 til 1700 millioner år siden (Figur 5b eller c). Bergarten som zirkon c vokste i krystalliserte for 1048 millioner år siden, men er hovedsakelig dannet ved oppsmelting av den samme, 1600 til 1700 millioner år gamle jordskorpa i Sør-Norge (Knudsen et al., 2001).

Zirkoner er viktige for å forstå jordas historie

Aldersforhold i den pre-kambriske berggrunnen i Skandinavia har vært diskutert av geologer siden 1700-tallet. Det ble tidlig observert at det er en stor kontrast i utseende til de tilnærmet umetamorfte fossilførende paleozoiske sedimentene i Skandinavia (inklusive kambrosiluravsetningene i Oslo-feltet), og de underliggende omvandlede og deformerte bergartene. De pre-kambriske bergartene ble først antatt å være "dannet under helt eksepsjonelle betingelser" og ved "turbulente forhold ved jordens dannelse." Detaljerte feltstudier av bla. Törnebohm, Wiik og De Geer på slutten av 1800-tallet, viste imidlertid at de pre-kambriske bergartene omfatter konglomerater. De innså at disse må være dannet ved de samme geologiske prosessene som opererer i dag. I 3-utgaven av berggrunnskart over Skandinavia ("On the geolo-



Zirkon høyde 3,2 cm. Seiland Finnmark. Samling Jørn Hurum. Foto Jeff Scovil

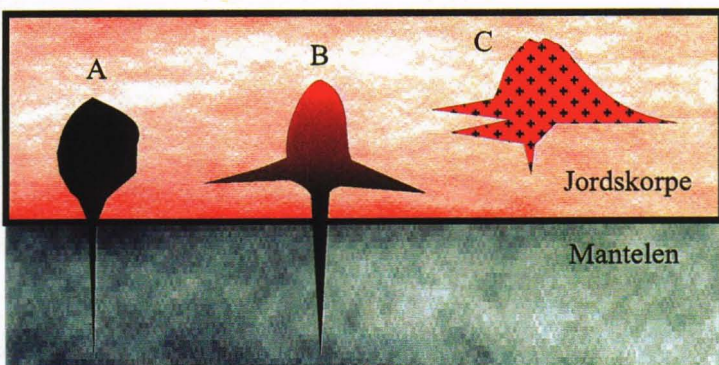


Figur 4. Hafnium i zirkoner der alderen er kjent, samt jordskorpens og mantelens sammensetning over tid. Den vertikale aksens angir forholdet mellom radioaktiv og ikke-radioaktiv hafnium-sammensetning i zirkonene, mantelen og jordskorpa.

a. 1750 til 1700 millioner år siden: Et vertikalt profil som viser at hvordan jordskorpe kan ha blitt dannet i sør-Norge for første gang



b. Senere steinsmelter som kommer fra mantelen (A), dannes ved oppsmelting av berggrunnen (B) eller en blanding av disse kildene (C)



Figur 5. Hvordan steinsmelter (magma) kan dannes fra oppsmelting i mantelen (A), jordskorpa (C) eller ved en blanding av disse kildene (B).

gy of Fennoscandia”, Sederholm 1932) understreker Sederholm at den pre-kambriske berggrunnen viser en så kompleks utvikling at det må ha tatt svært lang tid å forme den. Han påpeker at tidsintervallet for pre-kambrium må være svært langt, ja ”intet er det så mye av som tid”.

”Arkeisk” ble tidligere brukt nokså løslig om de eldste pre-kambriske bergartene i et område, men betegner i dag bergarter som er over 2500 millioner år gamle (Figur 3). Moderne analysemetoder viser at Sederholms ”arkeiske” bergarter omfatter Skandinavias eldste bergarter som fins i finsk Lappland. Blant disse opptrer grå gneiser som størknet fra et magma for 3115 millioner år siden (basert på radioaktiv isotopnedbrytning av uran og thorium i zirkon; Kröner & Compston 1990.). Til sammenlikning er de eldste mineralene vi kjenner på jorda ca. 4300 millioner år gamle zirkoner i en kvartsitt i Vest-Australia. Disse stammer fra området som ble slitt ned da den kvartsrike sanden ble avsatt (Compston & Pidgeon 1986). Blant de eldste kjente intakte bergartene er en størkningsbergart på Vest-Grønland som er 3850 millioner år gammel (basert på radioaktiv isotopnedbrytning av uran og thorium i zirkon, Nutman et al., 1997). Denne har trengt inn (og er dermed yngre enn) forstenede sedimenter som engang ble avsatt i vann og viser at jorda må ha utviklet hav iallfall før denne tiden.

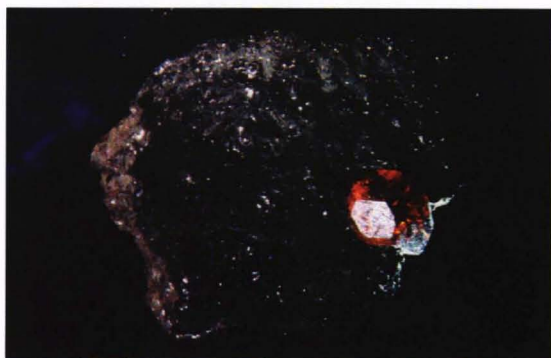
Referanser

Compston, W. & Pidgeon, R.T. 1986. Jack Hills, evidence of more very old detrital zircons in western Australia. Nature 321: June 1986.

- Faure, G. 1986. Principles of isotope geology. John Wiley & Sons.
- Knudsen, T.-L. & Andersen, T. 1999. Petrology and geochemistry of the Tromøy gneiss complex, South Norway, an alleged example of Proterozoic depleted lower continental crust. *Journal of Petrology*, 40: 909-933.
- Knudsen, T.-L., Andersen, T. Whitehouse, M.J. & Vestin, J. 1997. Detrital zircon ages from Southern Norway - implications for the Proterozoic evolution of the Southwestern part of the Baltic Shield. *Contributions to Mineralogy and Petrology*, 130: 47-58.
- Knudsen, T.-L., Morton, A., Jackson, S. & Griffin, B.W. The geological history of the North Sea region in a fistful of grains; An integrated heavy mineral study including zircon U-Pb and Hf isotope data on Tertiary sediments. (in prep).
- Kröner, A. & Compston, W. 1990. Archaean tonalitic gneiss of Finnish Lapland revisited: zircon ion-microprobe ages. *Contributions to Mineralogy and Petrology*. 104: 348-352.
- Nutman, A.P., Mojzsis, S.J. & Friend, C.R.L. 1997. Recognition of ca. 3850 Ma water-lain sediments in West Greenland and their significance for the early Archaean Earth. *Geochim. Cosmochim. Acta* 61: 2475-2484.
- Sederholm, J.J. 1932. On the geology of fennoscandia with special reference to the Pre-Cambrian. *Fennia*, 55: 1-30.



*Zircon fra Svenskenbruddet Tvedalen.
Samling og foto Hans-Jørgen Berg*



Zircon 6mm fra Seiland, Finnmark

**mineralien²⁰⁰¹
hamburg**

24th International
Show for Minerals, Fossils, Precious Stones and Geological Equipment
Dec. 7-9 Fr. 12 am - 6 pm, Sa. and Su. 10 am - 6 pm

Hamburg Messe

Bernd E. Hannoschöck · Tysk-Norsk Handelskontakt
Postboks 220 · N-1411 Kolbotn · Phone: 66 80 04 92 · Fax: 66 80 04 91
bhanno@online.no · www.mineralien-hamburg.de