

LÆS I DETTE NUMMER OM:

Kernekraftværker erstattes af kul; Rusland i front; Niels Bohrs atomteori 100 år; Skal Danmark have skifergas?

KERNEKRAFTVÆRKER ERSTATTES AF KUL

Bertel Lohmann Andersen

100 mio. ton CO₂/år – eller rundt regnet det dobbelte af Danmarks årlige udledning – kunne være blevet sparet, hvis europæiske kernekraftværker ikke var blevet lukket i utide. 80 mio. ton CO₂/år – så meget vil udledningen være fra de nye kulkraftværker, der er under opførelse.

Efter at Europa i 20 år har arbejdet på at mindske sit CO₂-udslip og skifte væk fra fossile brændstoffer, går udviklingen pludselig den anden vej. En stor del af forklaringen skal findes i den politisk motiverede lukning af fuldt funktionsdygtige kernekraftværker.

Den 24. maj 2013 kunne nyhedsbrevet Industrial Info fortælle om planer for nye kulfyrede kraftværker rundt om i verden. Ifølge nyhedsbrevet er opførelsen af kulfyrede kraftværker i USA næsten gået i stå, primært på grund af de store skifergasforekomster, mens der er en stigende tendens i resten af verden. Det er ikke overraskende, at voksende økonomier som Indien, Kina og Sydøstasien bygger nye kulkraftværker, men Industrial Info peger på, at:

"...en gennemgang af nyhederne viser en voksende satsning på kulkraft et uventet sted: Europa, som formodes at være hjemsted for nogle af klodens mest stringente initiativer til reduktion af udslip af CO₂. Industrial Info har fundet mere end 11.750 MW nye kulfyrede kraftværker, som for tiden er under opførelse i EU's medlemslande, herunder Tyskland, Holland, Tjekkiet, Ungarn og Polen."

Tallet for ny kulkraft i EU (11.750 MW) kan sammenholdes med, at der i EU befinder sig et antal kernekraftværker, som er blevet lukket af politiske grunde. Summen af produktionskapaciteten af alle lukkede reaktorer er 15.574 MW, som kunne have været i drift i dag!

Reaktorerne med den omtalte samlede effekt er blevet lukket under angivelse af forskellige grunde, som er politiske og ikke tekniske.

- Fem reaktorer af russisk oprindelse i Tyskland blev lukket i 1990 i forbindelse med genforeningen af de to lande, DDR og Vesttyskland. Imidlertid er en række reaktorer af samme slags i andre lande blevet opgraderet til vestligt sikkerhedsniveau, f.eks. Temelin i Tjekkiet. Det samme kunne have været gjort med de nyeste af de fem.
- Fire reaktorer af russisk oprindelse blev lukket efter krav fra EU i forbindelse med optagelsen af de pågældende hjemlande i EU. Disse reaktorer kunne, som de ovennævnte, have været opgraderet.
- To reaktorer blev lukket i Sverige i 1999 og 2005. Lukningen var en del af den politiske pris, for at Sverige kunne opgive

beslutningen fra 1980 om at ophøre med al kernekraft senest 2010.

- To reaktorer i Tyskland (Obrigheim og Stade) blev lukket, angiveligt på grund af alder. De var henholdsvis 36 og 31 år gamle. Tilsvarende reaktorer i USA har fået driftstilladelse til en alder af 60 år.
- Otte reaktorer i Tyskland blev lukket efter at et jordskælv og en 14 m høj tsunami i 2011 ødelagde flere reaktorer i Japan. Mindre end et år før dette skete, havde de pågældende tyske reaktorer fået forlænget den planlagte driftstid med ca. 10 år.
- En reaktor i Tyskland (Mühlheim-Kärlich) blev lukket efter en langtrukken retssag anlagt af en borger, der var utryk ved tilstedeværelsen af en seismisk brudlinje under reaktoren. Denne var velkendt af værkets konstruktører, som havde taget hensyn til den under dimensioneringen. Værkets ejer benyttede en passende lejlighed til at indgå et forlig for at undgå en langtrukken retssag.

Som det ses, var begrundelserne for lukning meget forskellige. Fælles for dem alle er dog, at ingen er blevet lukket på baggrund af tekniske vurderinger. Derimod har den meget stærke og højrestede modstand mod kernekraft i Europa spillet en stor rolle.

Man har valgt at lukke ned for én form for elforsyning, der udgør en væsentlig del af den stabile strøm, som til enhver tid er nødvendig. Det er klart at den så må erstattes af en anden form.

Regningen for dette er nu synlig: 15.574 MW CO₂-fri produktionskapacitet kunne have kørt i EU i dag. Den er lukket. I stedet står EU over for at opføre 11.750 MW ny kulfyret kapacitet og vil dermed forøge CO₂-udslippet betragteligt.



Kernekraftværket Mühlheim-Kärlichs historie er kendetegnet ved talrige retssager. Efter at værket startede produktionen af strøm i 1986, måtte det lukkes efter kun 13 måneders drift. Den mangeårige retssag viste, at hverken tekniske eller sikkerhedsmæssige mangler førte til værkets lukning. (fra RWE's hjemmeside). Photo: wikimedia.

RUSLAND I FRONT

Bertel Lohmann Andersen, Jens Colding

Mens store dele af Europa skærer ned i deres kernekraft, går Rusland en anden vej. Den russiske satsning på kernekraft har flere ben: produktionen af el på kernekraftværker skal vokse med 50% frem til 2020, eksport af kernekraftteknologi skal være en væsentlig økonomisk faktor, og næste generation reaktorer skal udvikles.

I øjeblikket har Rusland 33 reaktorer i drift med en samlet kapacitet på 24.164 MW. Det drejer sig om følgende: 17 trykvandsreaktorer, 13 RBMK reaktorer (samme type som Tjernoby), fire mindre reaktorer i Sibirien til el og fjernvarme samt en hurtig reaktor. Mange af reaktorerne leverer også fjernvarme.

Generelt har disse typer af reaktorer i udgangspunktet været godkendt til en driftstid på 30 år. Dette gælder også for de russiske. Det har dog vist sig, at de fleste reaktorer kan køre væsentligt længere, og mange lande har derfor valgt at forlænge levetiden. I Rusland kom der i år 2000 planer om forlængelse af driftstiden for 12 reaktorer af første generation. Her var der tale om 10 til 25 års yderligere drift afhængig af modellen. Flere af reaktorerne er trykvandsreaktorer af samme type som dem, der blev lukket i Bulgarien og Tjekkiet som betingelse for disse landes indtræden i EU. I 1990 lukkede den vesttyske regering fem af samme type i det tidligere DDR.

For at nå sine ambitiøse mål er 10 reaktorer under bygning med en samlet kapacitet på 9.000 MW, og 24 reaktorer med samlet kapacitet på 24.000 MW er planlagt. Derudover har Rusland netop reserveret et større område på 15 ha i nærheden af Dimitrovgrad, hvor der i forvejen ligger et forskningsanlæg. Her skal opføres en særdeles avanceret reaktor på 100 MW. Reaktorkernen, dampgeneratorer og pumper er samlet i en enkelt tank med flydende bly-bismuth. Dette reaktorkoncept har allerede været afprøvet på syv ubåde af den såkaldte Alfa-klasse samt på mindre forsøgsanlæg. Reaktoren vil som helhed kunne sendes med skib, tog eller bil til bestemmelsesstedet, hvor den kan levere damp til turbiner eller varme til afsaltning af havvand eller til andre industrielle formål. Anlægget forventes i drift i sidste del af 2018.

Hverken EU eller USA har hurtige reaktorer i drift eller under bygning. Prototype-reaktorer af den slags i Frankrig og Skotland er blevet lukket, og projekter i Tyskland og USA er standset – i nogle tilfælde langt fremme i processen.

Den sammenslutning af finske virksomheder, som har fået politisk grønt lys for bygning af Finlands 6. reaktor, har indledt et nært samarbejde med det russiske Rosatom. De satser på at udvikle et projekt baseret på den russiske VVER trykvandsreaktor. Meget tyder på, at der snart vil kunne udarbejdes en kontrakt om projektet. Reaktoren vil evt. kunne være i drift i 2020.

I den russiske enklave Kaliningrad, som ligger mellem Litauen og Polen, er Rusland i færd med bygningen af et ambitiøst og moderne atomanlæg. Meningen med anlægget har været at eksportere el til Polen og Litauen og måske også til Tyskland gennem et kabel under Østersøen.

Men nu ser det ud til, at Rusland kan have gjort regning uden vært. Den litauiske energiminister, Jaroslav Neverovic, har givet udtryk for, at Litauen ikke er indstillet på at aftage el fra det påtænkte værk, da ambitionen er, at landet skal være selvforsynende med el fra a-kraftværker, og at man derfor ikke ønsker at udvide de allerede eksisterende leverancer af el.

Tyskland er nok heller ikke just varm på at aftage el fra russiske a-værker, da Tyskland p.t. forbereder sig på at udfase kernekraft i løbet af ca. 10 år. Angela Merkel har udtalt, at hun er overbevist om, at en sikker elforsyning uden reduktion af klimamålene kan nås uden import af strøm fra kernekraft. Hvordan dette skal lykkes, er stadig uvist, da de lukkede kernekraftværker erstattes med kulkraftværker.

Foreløbig fortsætter bygningen af værket i Kaliningrad, men det kan måske ende med et mindre ambitiøst projekt.

Dette stopper dog på ingen måde Ruslands massive satsning, og andelen af el fra kernekraft forudses at blive 25-30% i 2030, 45-50% i 2050 and 70-80% ved udgangen af dette århundrede.

NIELS BOHRS ATOMTEORI 100 ÅR

Bertel Lohmann Andersen

Det er Kirkegaard år! Tohundredåret for den berømte danske filosof fejres vidt og bredt, og med god grund. Der bliver dog også plads til at fejre, at det i år er 100 år siden Niels Bohr offentliggjorde sin atomteori i tre artikler i det engelske tidsskrift Philosophical Magazine, den første i juli måned. Det fejres bl.a. med en udstilling på Elmuseet i Bjerringbro.

Med disse artikler kunne Bohr samle en række forskellige fænomener, som var opdaget i de foregående år. Det ene var den tyske fysiker Max Plancks opdagelse i 1900 af, at lys optræder i bestemte portioner (kvanter). Det andet var, at de forskellige bølgelængder i lys fra hydrogen (brint) kunne udtrykkes i en bestemt formel, som var opdaget af den schweiziske matematiker Johan Balmer i 1885. Det tredje var opdagelsen i 1911 af, at næsten hele atomets masse er samlet i en meget lille kerne med en positiv elektrisk ladning. Dette blev opdaget af englænderen Ernest Rutherford, som på det grundlag

foreslog en atommodel, hvor negative elektroner svæver i "baner" i stor afstand fra kernen.

Der var blot den hage ved teorien, at et sådant atom ikke ville være stabilt. I 1821 opdagede H.C. Ørsted, at elektricitet og magnetisme hænger sammen. De følgende årtier udforskedes elektromagnetismen intensivt og i 1873 kunne den skotske fysiker J.C. Maxwell samle alle hidtil udviklede ligninger i fire. Ifølge disse burde der eksistere elektromagnetiske bølger, som udbredes med lysets hastighed, hvilket blev påvist ved et forsøg i 1887 af den tyske fysiker Heinrich Hertz. Elektromagnetisk stråling opstår, når en elektrisk ladning ændrer hastighed (størrelse eller retning). I Rutherfords atommodel vil elektronen i sin bane rundt om atomkernen hele tiden ændre retning og dermed udstråle energi. Resultatet vil være, at elektronen falder ind i kernen.

I begyndelsen af 1900-tallet stod den elektromagnetiske teori umådeligt stærkt. Utallige forsøg kunne fortolkes via

Maxwells ligninger. Forudsigelsen og den efterfølgende påvisning af elektromagnetiske bølger gav teorien næsten mytisk styrke. Den havde dog en skønhedsplet: ved beregning af den elektriske spænding i en ledning, som bevæges i forhold til en magnet, skulle man bruge forskellige formler afhængigt af om lederen var i hvile og magneten bevægede sig eller omvendt. Dette tog Einstein som udgangspunkt for sin specielle relativitetsteori i 1905, hvilket kun styrkede elektromagnetismen som en sammenhængende og komplet teori (mange vil sige "smuk"). Det var i denne situation man stod med en atommodel, som der var tunge argumenter for (atomkernens eksistens) – men som stred imod tidens mest sejrige teori!

Her skulle en anden begavelse til end Einsteins. Einstein var den stringente matematiker, der gik til sagen med ubønhørlig logik. I tilfældet atommodellen kunne man ikke komme længere med logik. Her skulle tænkes helt nye tanker og åbnes en helt ny vej til det fysiske verdensbillede. Det var Bohrs specielle begavelse, som gjorde ham i stand til det! Hans udgangspunkt var, at en elektron kan bevæge sig stabilt rundt om en kerne. Denne bevægelse ("tilstand") kan beskrives ved den klassiske fysiks love. Derimod lader en overgang fra én stabil tilstand til en anden sig ikke beskrive ved klassisk fysik. En sådan overgang satte Bohr i forbindelse med Plancks opdagelse af strålings kvantekarakter.

Bohrs teori fra 1913 åbnede vejen for forståelsen af opbygningen af atomer og molekyler. En meget stor sejr for teorien var forklaringen af, hvorfor grundstofferne kan ordnes i det periodiske system, en erkendelse, som skyldes russeren Mendelejew (1869). I arbejdet hermed fandt Bohr og medarbejdere ud af, at grundstof nr. 72 manglede. Det lykkedes den ungarske kemiker George de Hevesy, som i flere omgange arbejdede hos Bohr i København, at isolere dette stof, som fik navnet hafnium (Hf) efter Københavns latinske navn. Et nuklearmedicinsk laboratorium på Risø-DTU, der blev indviet i 2005, er opkaldt efter de Hevesy.

Bohrs erkendelse af, at den klassiske fysik ikke kan benyttes til at beskrive overgange i atomare systemer åbnede vejen til kvantefysikken. Hvor den klassiske fysik kunne beregne udfaldet af et forsøg med stor præcision, kun begrænset af praktisk måleusikkerhed, så kan kvantefysikken kun angive en vis sandsynlighed for et bestemt udfald. Hvis læseren finder dette uforståeligt, så fortvivl ikke: Einstein accepterede dybest set aldrig denne synsvinkel. "Gud spiller ikke med terninger", sagde han.

Med udviklingen af atomteorien og kvantefysikken var Bohrs rolle ingenlunde udspillet. Efter kernefysikkens fødsel med opdagelsen af neutronen i 1932 udarbejdede Bohr væsentlige teorier for kernerne struktur og reaktioner, kulminerende med forståelsen af kernespaltningen i 1939. (Med karakteristisk ydmyghed sørgede han dog for, at prioriteten for denne opdagelse gik til Lise Meitner og O.R. Frisch, som var kommet på sporet af sammenhængen i juleferien 1938.) I 1948 offentliggjorde Bohr en meget omfattende afhandling om elektrisk ladede partiklers vekselvirkning med stof. I forbindelse med 50-året for denne artikel i 1998 var der et møde i Videnskabernes Selskab. Her fortalte en af talerne, at antallet af henvisninger til denne artikel i den internationale videnskabelige litteratur stadig i disse år ligger meget højt, hvilket er usædvanligt. Forklaringen er, at artiklens formler i dag bruges i forbindelse med cancerterapi med protoner eller tunge ioner. Disse afsætter mest energi nær slutningen af deres bane, hvilket gerne skal være i den cancer, som ønskes bekæmpet.

Hvad kan vi stille op med Niels Bohr og hans filosofi i dag? To egenskaber træder klart frem hos Bohr: ydmyghed over for naturens under og åbenhed over for alle muligheder. Måtte vi i dagens Danmark lære noget af det!



Niels Bohr og George de Hevesy. Foto: Niels Bohr Arkivet.

SKAL DANMARK HAVE SKIFER GAS?

Holger Skjerning

Mange steder i verden er der mangel på især olie og naturgas. Ikke mindst USA har i en årrække importeret meget store og voksende mængder olie til industri og transport. I Danmark toppede olieudvindingen allerede i 2004 og naturgassen i 2006. Det betyder, at vi om få år ikke længere er selvforsynende. Det har medført, at mange lande søger efter utraditionelle energikilder. Dette er skifergassen et eksempel på.

2-4 kilometers dybde findes mange steder i verden tykke skiferlag, der indeholder store mængder metan, altså naturgas. Det udvindes ved at bore ned til skiferlaget og

pumpe vand ved højt tryk ned i borehullet, så skiferlagene revner eller "sprænges". På engelsk kaldes denne proces: hydraulic fracturing eller fracking.

Derefter kan gassen finde vej til borehullet, og efter at være rensat for urenheder, kan den pumpes ind i gasnettet og bruges sammen med alm. naturgas både til opvarmning af boliger og til elproduktion.

Men helt så simpelt er det ikke. For at fremme udvindingen tilsættes der smøremidler og opløsningsmidler til vandet. De fleste af disse kemikalier kommer med op igen, men noget forbliver dernede. Derfor er der en vis risiko for

udslip til grundvandet. Et andet problem er, at der vil være et vist udslip af gas til atmosfæren, og da metan har 30 gange større klimapåvirkning end CO₂, kan selv små udslip bidrage til klimaændringerne.

Disse risici giver anledning til både tekniske og politiske vurderinger. EU har generelt givet grønt lys for udvinding, men det er det enkelte medlemsland, der har det sidste ord. F.eks. har Frankrig sagt nej. I Danmark har det franske firma Total fået tilladelse til at udføre prøveboringer i Vendsyssel og i Nordsjælland, og først når resultaterne foreligger, vil Energistyrelsen (og regeringen) tage stilling til udvinding.

I anvendelsen af skifergas er USA længst fremme. Den første kommercielle udvinding begyndte i 1998, og nu henter USA ca. 150 mia. m³ skifergas hvert år fra mange tusind borer. Det dækker 22% af gasforbruget, og det forventes i 2035 at øges til næsten 50%. Det internationale Energiagentur (IEA) skønner, at skifergas vil øge verdens gasreserver med 50%.

Danmark har besluttet at producere halvdelen af strømmen med vindmøller allerede i 2020, men da møllerne ikke leverer strøm en stor del af tiden, skal der stå almindelige kraftværker klar til at levere strøm i stille vejr. Og til dette formål (backup) er naturgas og biogas de bedste, fordi gaskraftværker meget hurtigt kan skrue op og ned for elproduktionen, når vindmøllerne leverer for lidt eller for meget. Hidtil har vi især benyttet kul som basis for elproduktionen, men da kulforbruget (politisk besluttet) skal udfases, er gas det bedst egnede som backup for vindmøllerne.

Som nævnt er dansk naturgas fra Nordsøen på retur, så hvis udvinding af skifergas viser sig at være økonomisk og miljømæssigt acceptabel, kan dansk skifergas få stor betydning. Vi kunne også vælge at importere naturgas f.eks. fra Sibirien, – eller vi kunne vælge at købe strømmen på elbørsen, hvis vi kan leve med den afhængighed af udenlandsk elproduktion, som dette medfører.

Men hvad med CO₂-udslippet? Naturgas er fossil energi, der forbrænder til CO₂ og vand. Men naturgas udsender ved samme elproduktion kun ca. 60% så meget CO₂ som kul, så det er en klar forbedring i forhold til nu. Et eksempel på dette er USA, hvor skifergas har erstattet så meget kul, at CO₂-udslippet er faldet til samme niveau som i 1992.

Så svaret på bekymringen for dansk skifergas er, at vi sandsynligvis får brug for gassen, både til el og varme. Så dette skal med i overvejelserne engang i 2014, når resultatet af prøveboringerne forventes at foreligge.

REN ENERGI udgives af REO 4 gange årligt.

ANSVARSHAVENDE REDAKTØR

Bertel Lohmann Andersen

REDAKTION

Bertel Lohmann Andersen
Katrine Maria Krzeminski

SKRIBENTER

Bertel Lohmann Andersen; Jens Colding, Holger Skjerning

KORREKTUR

Erik Both

TRYK

TryksagsAgenten

ISSN 0108-9439

REO

Kulsvierparken 71
2800 Lyngby
T: 21 25 54 20
E: info@reo.dk

REO arbejder for en nuanceret energidebat, hvor kernekraft vurderes på lige fod med andre energikilder ud fra samfundsøkonomiske og miljømæssige hensyn.

BLIV MEDLEM

Medlemskab koster 300 kr. om året for enkeltpersoner, 400 kr. for ægtepar og 50 kr. for unge under uddannelse. Beløbet indbetales på Danske Bank: 9570 3000753. Medlemmer modtager gratis bladet REN ENERGI.

STØT REO

Ønsker du at støtte REO, kan bidrag indbetales på Danske Bank: 9570 3000753.

ABONNER PÅ REN ENERGI

Et abonnement koster 95 kr. om året. Skriv til info@reo.dk

HVIS DU VIL VIDE MERE

Find flere informationer om REO, læs artikler og analyser og følg med i energidebatten på www.reo.dk