

RÅSTOF FRA MÅNEN GIVER ENERGI PÅ JORDEN

En særlig form for helium, der findes i små korn på Månen, kan blive det ideelle brændstof i fremtidens atomreaktorer. Helium fører ikke til høj radioaktivitet og er trods afstanden billigere end olie.

En kombineret gravemaskine og kemisk fabrik skal udvinde en særlig form af helium, der i koncentreret form sendes tilbage til Jorden. Et kilo helium svarer til 140.000 tonder olie. Projektet skal være en realitet år 2050.

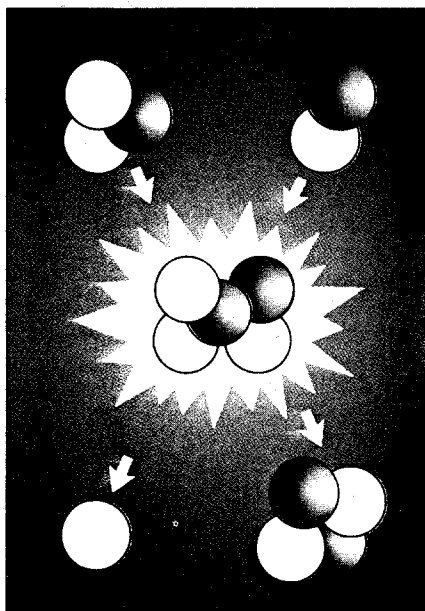
I midten af næste århundrede vil store entreprenørmaskiner gnave sig gennem Månens overflade for at skaffe råstoffer til en energihungrende Jord.

Denne vision har forskere fra University of Wisconsin med professor Gerald Kulcinski i spidsen, og i et omfattende forskningsprojekt har de udarbejdet planer, der kan forvandle deres ideer fra science fiction til facts.

Målet for gravemaskinerne er nogle små korn i Månens overflade. Kornene indkapsler en særlig form for helium, He^3 , der kan udvindes og føres til Jorden. Her kan den bruges som brændstof i en ny type atomreaktorer, fusionsreaktorerne.

I sidste instans handler det om at tæmme Solens kraft. Fusionsreaktoren efterligner energiprocesserne i Solens indre, og He^3 er bragt til Månen af solvinden. Solvinden er mægtige plasmabølger af energi, som har bombarderet Månen i milliarder af år. Gerald Kulcinski har beregnet, at over 250 tons He^3 har ramt Månen i et tidsrum på fire milliarder år. He^3 er ekstremt sjældent på Jorden, fordi Jordens magnetfelt forhindrer det i at nå overfladen. He^3 findes på Jorden kun som et affaldsprodukt i oplagrede atomvåben.

Solvindens energi er ret lav, og derfor trænger He^3 -ionerne mindre end en mikrometer ned i Månens overflade. Meteorbombardementer af Månen har dog virket som en efterårsgravning af haven, og derfor er en del af heliumet fanget i flere meters dybde. Men det er ikke længere nede, end det stadig vil være enkelt for måne-minearbejderne at få fat i stoffet. Når He^3 er indsamlet fra det øverste uorganiske jord-



Sådan forløber fusionen

Helium-3 fra Månen skal smelte sammen med deuterium, en form for brint. Ved fusionen dannes normalt helium og en proton. Samtidig frigives energi.

lag, som kaldes regolith, vil det blive omdannet til brændsel for fusionsreaktorer. De er renere og mindre radioaktive end de nuværende fissionsreaktorer, men til gengæld er de langt vanskeligere at konstruere. Endnu er der ingen fusionsreaktorer i drift på Jorden, men der forskes intenst i Europa, Sovjetunionen, USA og Japan.

Videnskabsmændene har især studeret to andre typer brændstof, fordi de mener,

at He^3 er alt for sjælden på Jorden til, at den er værd at beskæftige sig med. Gerald Kulcinski har en anden opfattelse. Amerikanske Apollo og sovjetiske Luna-missioner har bevist, at He^3 findes på Månen i rigelige mængder, og Gerald Kulcinski mener ikke, at Månen er længere væk, end at He^3 kan fragtes ned til Jorden.

Det eneste atombændstof uden livsfarlig radioaktivitet

Den mest undersøgte fusionsproces kombinerer to typer af brint. Alle atomkerner er bygget op af to elementer: positivt ladede protoner og neutrale neutroner.

Atomkernen i almindelig brint består kun af én proton, men den findes i to andre udgaver. Deuterium har foruden protonen en neutron, og tritium har to neutroner. Når tritium og deuterium føres sammen, frigøres der store energimængder. Denne proces er den enkleste fusionsreaktion, men de neutroner, der bliver tilovers ved sammensmeltningen, er et alvorligt problem. Neutronerne gør metallet i en reaktor skørt, så den kun kan bruges i omkring et år.

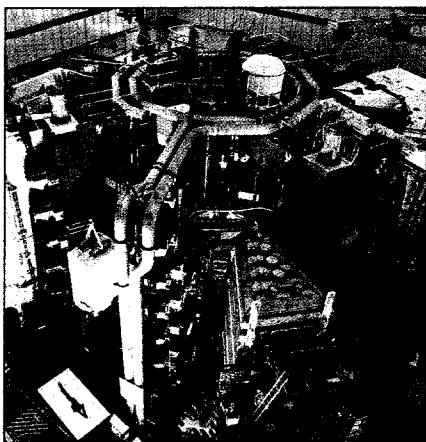
Ved en anden reaktion sammensmeltes to deuteriumkerner. Reaktionen forløber på to måder. I halvdelen af tilfældene dannes der én neutron og He^3 , mens der i den anden halvdel opstår en proton og tritium. Også ved denne proces dannes der store mængder af de livsfarlige neutroner. Desuden er effektiviteten kun 50 pct. mod de 70 pct. Gerald Kulcinski forudser for He^3 . I He^3 's fusionsreaktion indgår deuterium som det andet element. Ved processen dannes He^4 , der er den almindeli-

SÅ TÆT ER FORSKERNE PÅ KERNEFUSION

Forskerne ved det europæiske JET-center er nu kommet så langt med deres forsøg, at de kan skimte målet forude: Antændelsen af verdens første fusionsreaktion.

JET-anlægget i England er det største i verden, når det gælder udforskningen af kernefusion.

Ved antændelse forstår forskerne, at fusionsprocesserne herefter kan forløbe af sig selv. Der er en række forudsætninger, der skal være opfyldt, før der sker en antændelse. Betingelserne kan sammenlignes med det at stryge en almindelig tændstik. For at tændstikken brænder videre af sig selv, skal den have en vis temperatur, og flammen skal være så stor, at den ikke mister varme hurtigere, end der dannes ny ved forbrændingen. Disse forudsætninger kan regnes sammen til et tal, der fortæller



Verdens første fusionsreaktion

Forskerne håber på at antænde den europæiske JET-fusionsreaktor om seks år.

forskerne, at de ved udgangen af 1989 var otte gange fra antændelse af en fusionsreaktion. Året før var de 20 gange og i 1970 25.000 gange fra målet.

En fusionsreaktor efterligner energiprocessen i Solens indre. Her er temperaturen så høj, at grundstofferne findes som plasma, dvs. at elektronerne ikke længere hører sammen med bestemte atomer. I denne tilstand smelter lette atomer sammen til tungere, hvis trykket er højt nok. Ved sammensmeltningen frigøres enorme energimængder.

For at få en fusionsproces til at fungere på Jorden, skal plasmaens temperatur op på 100 millioner grader. Man har allerede opnået 280 millioner grader, men trykket har ikke været stort nok til, at der er sket en antændelse.

ge form af helium, og én proton. Den energi, der frigøres, består for mindre end én procent vedkommende af neutroner. Resten er højenergi-partikler, som kan blive omdannet til brugbar energi med en effektivitet på 70 pct.

Kul- og oliefyrede kraftværker opererer med en effektivitet på kun 40 pct. Fissionsreaktorer, hvor uran er energikilden, med 33 pct.

Wisconsin-forskerne mener, at den største fordel ved deres proces er dens miljøvenlighed. Ingen af brændselskomponenterne er radioaktive, og reaktoren selv bliver aldrig mere radioaktiv end fx visse former for ufarligt medicin-affald. Det betyder, at brændselsstoffer og affald kan transporteres gennem tætbefolkede byområder med tog eller lastbiler uden fare.

Der er ingen uran-kerne, som kan nedsmelte, og selv i tilfælde af et jordskælv vil kun små, ikke skadelige mængder radioaktivitet blive frigjort.

I en He³-reaktor vil der være mindre spildvarme end i andre reaktorer, og den udgør derfor en betydelig mindre risiko for fisk og andre dyr i de søer og floder, hvor kølevand udledes. En vigtig detalje er det også, at der intet slippes ud i atmosfæren.

Helium-brændstoffet kan slå olie på prisen

I år 2050 kan He³ som brændstof være en realitet. På dette tidspunkt vil Jorden være befolket af otte til ti milliarder mennesker. Det er næsten dobbelt så mange som i dag, og de vil have brug for rigelige energiforsyninger for at få deres samfund til at fungere.

Foruden de omfattende tekniske problemer er der et stort praktisk problem, der skal løses, før He³-projektet kan blive en realitet. Månen tilhører ikke nogen nation. Derfor skal der dannes et konsortium, der står for minedriften og produktionen af brændstoffet. Konsortiet skal dannes, så alle lande på Jorden får glæde af den ny energikilde, mener Gerald Kulcinski.

Wisconsin-forskerne tror, at He³ vil blive en meget billigere energikilde end olie, selv om det skal fragtes helt fra Månen. Der skal nemlig kun bruges små mængder brændstof, fordi der frigøres utroligt store energimængder ved fusionsprocesserne.

Forskerne anslår, at det vil koste omkring 7 milliarder kroner at få et ton He³ ned på Jorden. Dette ton indeholder imidlertid så megen energi, at det svarer til, at en tønde olie kun skulle koste 50 kroner. I øjeblikket er prisen ca. 150 kroner.

Studiegrupper ved Wisconsin Center for Space Automation and Robotics har

udarbejdet et forslag til, hvordan He³ kan udvindes og renses på Månen. Det vigtigste redskab i arbejdet bliver en kombineret gravemaskine og kemisk fabrik.

Forrest på maskinen findes et skovlhjul, som sidder på en arm, der kan svinge 150 grader og grave tre meter ned. Et transportbånd fører regolithen ind i maskinen, og undervejs sies de største partikler fra, så sten og grus næsten som i en mejetærsker sprøjtes ud af maskinen, mens nogle mikroskopiske korn bliver i maskinen.

Udskillelse ved ekstrem kulde eller høj varme

Det er disse mikroskopiske korn, som indeholder He³, men også andre gasser. For at udskille gasserne varmes kornene op til 700 grader i en ovn. Derved presses gasserne ud af partiklerne, og de indsamles i trykbeholder.

Brint er det nemmeste stof at isolere. Det kan forsvinde gennem et »vindue« af grundstoffet palladium.

De andre gasser adskilles ved afkøling. I praksis forestiller forskerne sig, at minearbejdet foregår om dagen, mens de kemiske processer skal foregå i den iskolde nat. Månen har ingen atmosfære til at holde på varmen, når Solen forsvinder. Derfor kan temperaturen falde til minus 100 grader om natten.

Gasserne skal dog køles endnu mere, helt ned til minus 220 grader. Under afkølingen fortættes de forskellige gasser en efter en til væsker, som kan fjernes.

Til sidst er der kun helium, som ikke er flydende, tilbage. Derfor fortsætter afkølingen til minus 270 grader. Det flydende helium består af både He³ og He⁴, men det er ret nemt at adskille de to former, så man kan sende det raffinerede He³ til fusionsreaktorerne på Jorden.

Til den tid er fusionsreaktorerne forhåbentlig blevet mange gange mere effektive, end de er i dag. Den øjeblikkelige verdensrekord for fusionsreaktorer er nemlig kun 60 kilowatt.

Denne beskedne, men trods alt løfterige varmeeffekt er produceret ved den fælles-europæiske forsøgsreaktor JET i England. Der skal stadig væk tilføres fusionsreaktorerne mere energi, end man får ud af dem, men hvert forsøg giver ny viden om de komplicerede fysiske processer og dermed håb for fremtidens energiforsyning. □

Derfor er der kun helium-3 på Månen
Helium-3 udsendes fra Solen med solvinden. Jordens magnetfelt danner et skjold, magnetosfæren, som partiklerne ikke kan trænge igennem. Månen derimod er ubeskyttet mod solvinden.

