

FOTO: NASA



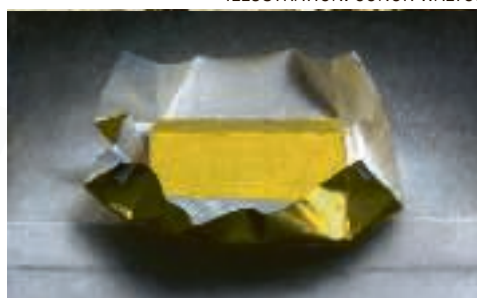
**Udenjordisk.** Rumforskere drømmer om at hente en jordprøve fra Mars. Kan det være farligt? **Side 4**

ILLUSTRATION: GITTE SKOV



**Efterspil.** Hvad gør den snu politiker, når der skal dannes regering? Spilteorien forklarer. **Side 8**

ILLUSTRATION: CONOR WALTON



**Andelsmyten.** Det danske mejeri-mirakel blev ikke skabt af bønder, men af tyske godsejere. **Side 5**

FOTO: THOMAS TOLKIEN



**Hightech.** Blockchain-teknologi og øjenscanninger har effektiviseret en flygtningelejr i Jordan. **Side 12**

# Ideer

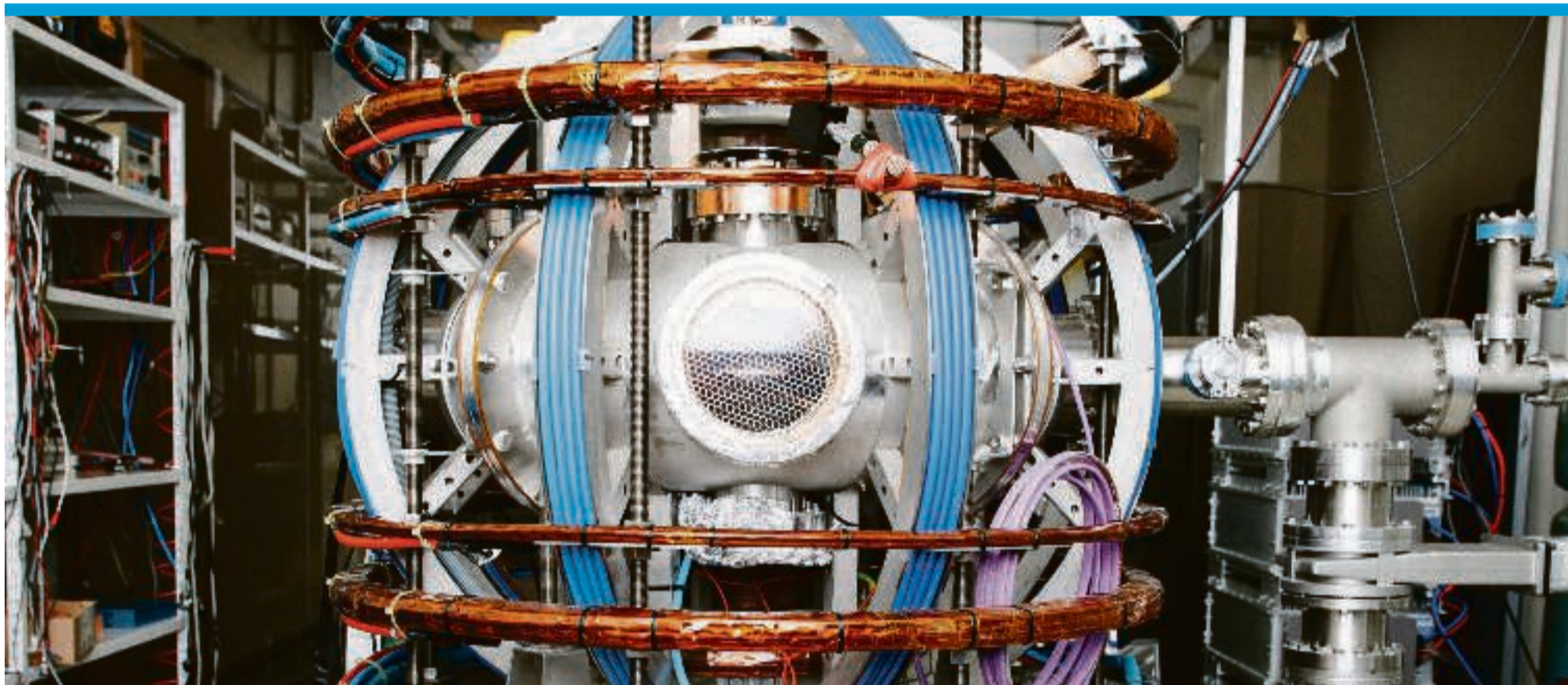


FOTO: DANIEL HJORTH

**Fusionskraft.** En ny bølge af forskere og firmaer har kastet sig over en gammel drøm. Optimismen er stor, også i DTUs kælder i Lyngby, hvor en ny maskine river atomer i stykker og skaber glohedt plasma.

## En sol på Jorden

AF THOMAS MØLLER LARSEN

I en kælder i Lyngby finder man et af de varmeste steder i solsystemet. Her, i en rund maskine af stål, summer flere hundrede tusinde grader varmt plasma rundt og kaster et lilla skær ud ad et lille,

rundt vindue. Til sammenligning er der blot 6000 grader varmt i Jordens indre.

Maskinen kaldes en »tokamak« – en russisk forkortelse for »toroidalt kammer med magnetisk felt« – og den kan egentlig skrues op til et par millioner grader, men forskerne på DTU i Lyngby går forsigtigt til værks. Plasmaet er

tændt i få sekunder ad gangen; så får det nogle minutter til at køle af, før man starter forfra.

Plasma er en tilstand, hvor atomer er revet i stykker, og atomkerner og elektroner svæver frit omkring. På den måde kan man få atomkerner til at kolliderer, og har de nok fart på, fusionerer de og danner større atomer

– samme proces som den, der finder sted i solen. Fusionen frigiver enorme mængder af energi, som potentielt kan løse et af menneskedens allerstørste problemer: manglen på ren og bæredygtig energi.

FORTSÆTTES SIDE 2

ferie med wow-faktor

Dubai, 7 nætter fra 3.495,-

Citymax Bur Dubai, kategori 3  
Afrejse f.eks. 19. november. Du sparer 1.000,- pr. bestilling

Bestil ferien på [spies.dk](http://spies.dk) eller 70 10 42 00



**SPIES**



## FALSIFICERET

## Aflørende algoritme

Sommervejr er lig med eksamenstid for danske skoleelever. Men når solen skinner, og man sveder over sin opgave inden døren, kan det være fristende at slække på forberedelserne og hente lidt mere hjælp, end reglerne tillader.

Snyd ved eksamen kan dog snart tilhøre en svunden, prædigital æra.

Intelligente computere bliver bedre og bedre til at afløre syndere, og nu har forskere fra Datalogisk Institut på Københavns Universitet udviklet en algoritme, der i syv ud af otte tilfælde kan skille de ærlige fra de uærlige.

Programmet, der hedder Ghostwriter, kan sammenligne en afleveret tekst med alle tidligere skrifter fra den pågældende elev og baseret på deres ordvalg og sætningsstruktur vurdere, om



FOTO: ÓLAFUR STEINAR GESTSSON, SCANPIX

teksten stammer fra samme forfatter.

Algoritmen er blevet trænet til at identificere den enkelte skribents personlige stil ved at gennemlæse 130.000 afleveringer på den digitale platform Lectio, som bruges hos størstedelen af de danske gymnasier.

Lectio-systemet er allerede i stand til at udpege eksempler på plagiat, hvor eleven kopierer tekststykker fra andre kilder ind i egen tekst, men den nyudviklede software

kan også afløre, hvis hele opgaven er skrevet af en anden person. Opfindelsen har derfor potentiale til at forpurre markedet for handel med eksamensopgaver, hvor nogle gymnasieelever køber sig til en god karakter på internettet.

Forskerne bag algoritmen håber også, at den kan bruges inden for andre felter, for eksempel til at hjælpe politiet med at opklare sager om dokumentfalsk. *foss*

KU Science, 28. maj

FORTSAT FRA FORSIDEN

# En sol på Jorden

Bag maskinen står den engelske virksomhed Tokamak Energy, og selvom drømmen om fusionsenergi indtil nu har vist sig svært at realisere, så har de store forhåbninger til teknologien: Deres mål er at koble fusionskraft på elnettet i 2030.

DTU-forskerne har eksperimenteret med tokamakken siden marts. Dens ankomst er et stort skridt frem for dansk fusionsforskning, forklarer Stefan Kragh Nielsen, der er fysiker på DTU og tovholder på projektet.

»Vi kan køre en masse simuleringer, der fortæller detaljeret, hvad der burde ske inde i plasmaet. Men hvis ikke vi har mulighed for at validere simuleringerne, er de ikke ret meget værd. Det er så det, vi skal til at gøre nu,« siger han.

Målet er blandt andet at undersøge et kaotisk plasma-fænomen, der »stjæler« noget af tokamakernes energi – det vender vi tilbage til.

For tiden er maskinen i en opstartsfasen. Forskerne monitorerer dens indre fra fire computerskærme og er i gang med at installere alverdens måleudstyr.

På maskinens yderside står signaturer fra de mennesker, der har bygget den. Den er Tokamak Energys første prototype, og sæt nu, den er med til at redde verden og ender på museum en dag, som Stefan Kragh Nielsen siger det.

Brændstoffet i fremtidens fusionskraftværker vil være tung brint: deuterium og tritium, der kan udvindes af havvand og en smule litium. 250 kilo fusionsbrændstof kan frigive den samme energi som omtrent 2,7 millioner ton kul.

Kernerne i brændstoffet begynder at fusionere ved omkring 100 millioner grader. Når det sker, skyder de neutroner væk fra sig – og ud af magnetfeltet – i en rasende fart. Og det er den mekanisme, der frigiver energien. Processen udleder ikke CO<sub>2</sub>, og fusionskraft udleder kun en brøkdel af den radioaktivitet, traditionel atomkraft udleder – det vender vi også tilbage til.

MEN det er svært at bygge en sol på Jorden. Man har kendt til fusion i godt 100 år, og forskningen i plasmafysik begyndte allerede at tage fart i 1950'erne. Tokamakken i Lyngby er da heller ikke den første på dansk grund. Fra 1977 til 1986 opholdt en mere primitiv tokamak sig på Forskningscenter Risø. Dante, hed den, og en stående joke lyder, at fusionskraft ligger 30 år ude i fremtiden – og altid vil gøre det.

Et af problemerne er, at verdens tokamakker endnu ikke kan producere mere energi,

end de bruger. Men optimismen spredt sig, ikke mindst på grund af en række unge fusionsvirksomheders indtog på banen.

»Inden for de sidste år er der kommet rigtig mange private aktører,« siger Stefan Kragh Nielsen.

Det gælder ikke kun Tokamak Energy, men også virksomheder som canadiske General Fusion, amerikanske Commonwealth Fusion Systems og Tri Alpha, der alle er på vej med nye koncepter. Også investorerne er håbedule: Amazon-milliardæren Jeff Bezos og Microsoft-milliardæren Bill Gates er blandt dem, der har investeret i fusionsfirmaer på det seneste. Virksomhederne satser på at overhale det gigantiske, internationale og offentligt finansierede fusionsprojekt ITER, som har længere udsigter.

ITER-projektet kredser om en eksperimentel generator på 23.000 ton, der er under opbygning i det sydlige Frankrig. Maskinen skal producere sit første plasma i 2025, og derefter skal resultaterne bruges til at udvikle et nyt generatorkoncept, DEMO, der skal gøre fusionskraften klar til elnettet. DEMO-generatoren forventes at komme i drift i 2040'erne.

De unge virksomheder satser i stedet på mindre generatorer og nye koncepter. Hvor traditionelle tokamakker laver »donut-formet« plasma, satser eksempelvis Tokamak Energy på sfærisk plasma og superledende magneter.

Alle tokamakker bruger kraftige magneter til at holde plasmaet svævende og adskiller det fra maskinens vægge, så de ikke smelter. Sfæriske tokamakker kan gøres mere kompakte, og magneterne er tættere på plasmaet. En af fordelene ved det er, at der skal bruges mindre energi til at holde plasmaet i live.

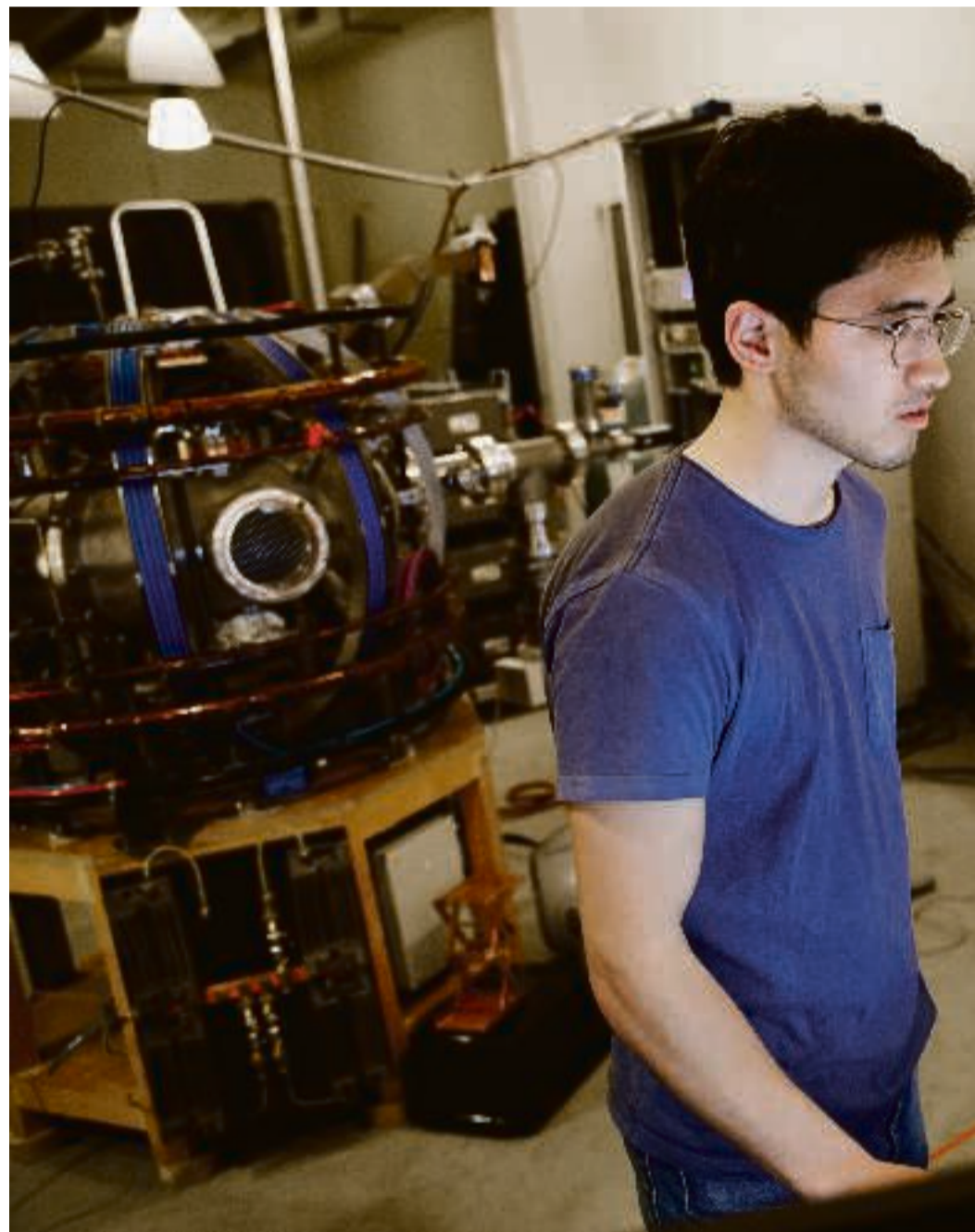
Om tilgangen siger Stefan Kragh Nielsen:

»Teoretisk set kan den vej sagtens virke. Men på nuværende tidspunkt er der ikke nok data til at sige noget med sikkerhed. Der er ikke nogen, der ved, hvilken vej der er hurtigst.

Han understreger, at det donut-formede ITER-koncept er »den sikre hest«, fordi der er forsket meget i netop denne model, men:

»Den sfæriske har en mulighed for at overhale ITER indenom og få fusionskraft på nettet tidligere,« siger han.

I Asien satser man også på fusion. Kineserne har som mål at have fusionskraft klar i 2040, og den kinesiske EAST-generator er aktuelt en af de tokamakker, der kan holde plasma i live i længst tid ad gangen.



**DTUs nye tokamak er den første sfæriske plasmagenerator i Danmark. Forskerne håber, den kan hjælpe dem med at løse nogle af fusionsenergiens problemer – som de mystiske »blobs«, der sender små plasmaklumper på afveje.** FOTO: DANIEL HJORTH

Stefan Kragh Nielsen vurderer selv, at fusionskraften kan blive klar til elnettet inden for 20 år, hvis forskningen får markant højere prioritet. Men bevillingerne hænger ikke på træerne. Han erfarer, at både fonde og politikere blander fusion sammen med fission – altså traditionel atomkraft, hvor kerner spaltes – der som bekendt har et blakket ry.

Fusionsreaktorer er da heller ikke helt ufarlige.

Tritium er radioaktivt og kan være farligt, hvis man inhalerer det eller indtager det. Men idéen er, at man skaber – eller »breder« – det tritium, man skal bruge, på stedet. Det foregår på den måde, at man lægger litium ind i maskinens vægge, så nogle af de neutroner, der bliver skudt ud af magnetfeltet, vil

reagere med litiummet. Det får man helium og tritium ud af.

Efterfølgende kan man bruge tritiummet som brændstof. Affaldsproblemet er altså minimalt. Og Stefan Kragh Nielsen forventer, at man kun skal bruge omtrent ét gram tritium ad gangen.

I øvrigt kan en nedsmeltning ikke lade



## Hunmus ingen adgang

Langt størsteparten af de utallige mus og rotter, der hver dag indgår i laboratorieforsøg verden over, er hanner. Ubalancen bunder blandt andet i en idé om, at hundyr i brunst forstyrrer diverse forskningsresultater og gør dem mindre valide. Den antagelse er imidlertid både forkert og farlig.

I et nyt videnskabeligt essay

påpeger neurolog Rebecca Shansky fra Northwestern College of Science i USA, hvordan flere studier inden for hjerneforskning tilbageviser, at hunnernes hormonelle svingninger skulle have en mærkbar forstyrrende effekt.

Den indgroede misforståelse blev først for alvor testet i 2014. Her fastslog en omfattende metaanalyse af små 300 hjerneforskningsstudier, der alle involverede mus, at der ikke var væsentlige forskelle i variabiliteten af data hentet fra

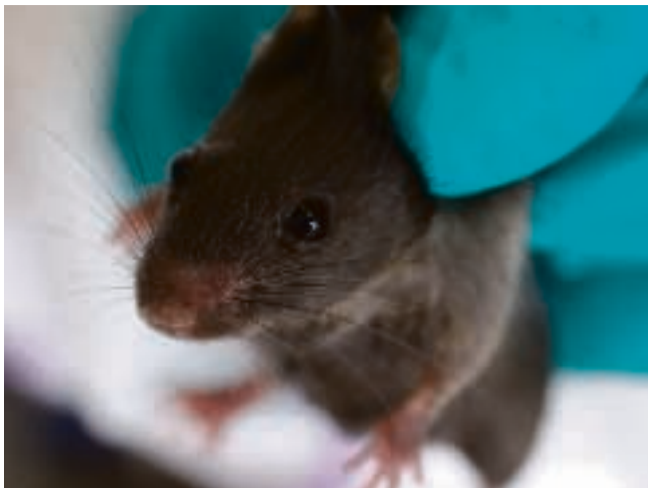


FOTO: SØREN BIDSTRUP, SCANPIX

henholdsvis hunner og hanner – uanset hvor hunnerne var henne i deres brunstcyklus. To år senere nåede en lignende undersøgelse af en lang række rottestudier samme konklusion.

Shansky advarer om, at den kønsmæssige skævvridning kan have sundhedsskadelige konsekvenser. Her nævner hun blandt andet sovemidlet Ambien, der udelukkende blev testet på først hanmus og siden mænd, inden det viste sig, at lægemidlet virkede

dobbelt så kraftigt på kvinder. Hun konstaterer desuden, at selvom dobbelt så mange kvinder som mænd rammes af lidelser som depression og PTSD, er de kliniske forsøg på området fortsat baseret på handyr.

Mens der i både Canada og USA er kommet officielle retningslinjer på området i de senere år, er reglerne fortsat mangelfulde i Europa og andre steder. klo

Science, 30. maj



sig gøre, for processen stopper, hvis der sker et uheld. Og skulle det gå galt, er halveringstiden for tritium omkring 12 år. Halveringstiden for plutonium-239 – fra traditionelle atomkraftværker – er godt 24.000 år.

Sikkerhed er altså ikke fusionskraftens største udfordring. Til gengæld har den andre problemer, der skal overvindes. En af dem er at holde plasmaet i live kontinuerligt. En anden er at producere mere energi, end tokamakkerne bruger. Det hidtil bedste »energiregnskab« i en tokamak blev opnået i 1997. Det skete, da verdens største tokamak – JET i England – producerede 60 procent af den energi, den brugte.

Siden dengang har forskere over hele

verden undersøgt, hvordan man får regnestykket til at gå i plus, og det positive energiregnskab ser ud til at rykke nærmere. En af løsningerne er at bygge en større generator, hvilket er én af ideerne bag ITER-projektet. På grund af størrelsen og ny teknologi vil ITER-maskinen – ifølge planerne – producere ti gange så meget energi, som den bruger.

»Det burde man komme op på, baseret på de erfaringer man har fra andre maskiner. Alle de eksperimenter, man har lavet, indikerer, at ITER kommer til at operere langt over faktor én,« siger Stefan Kragh Nielsen.

SELV har han fokus på et andet hjørne af energiregnskabet. Han vil bruge den

nye maskine i Lyngby til at undersøge et mysterium i kanten af plasmaet, der trækker energiregnskabet i den gale retning.

For at forstå mysteriet, skal man vide lidt om opvarmningen: Plasmaet i en tokamak kan varmes op til et par millioner grader ved hjælp af magneter. For at komme højere op sender man mikrobølger ind med præcis de samme frekvenser, som elektronerne bevæger sig rundt med. Det skaber en resonans, som mangedobler temperaturen.

Mikrobølgerne skal ind i plasmaets midte, for det er her, fusionen opstår. Men det er ikke al energien, der når frem, forklarer Stefan Kragh Nielsen.

»Vi har fundet ud af, at der er en hidtil ukendt resonans i kanten af plasmaet, der stjæler noget af den energi, man forsøger at sende ind i midten. Så hvis du sender 100 procent af energien ind mod plasmaet, men kun 50 procent kommer ind i midten, kan du fordoble energiregnskabet ved at undgå, at du mister energi i kanten af plasmaet,« siger han.

Et andet mysterium er de såkaldte *Edge-Localized Modes*, også kaldet »blobs«, der opstår i plasmaets kant. Stefan Kragh Nielsen udtrykker det sådan, at plasmaet »hikker«. Det sender små plasmaklumper ud i det rum, der adskiller plasmaet fra maskinens inderside, og klumperne truer med at smelte maskinerne.

Plasmaets kant er i fokus for en stor del af den internationale forskning, fortæller Stefan Kragh Nielsen, for jo bedre man forstår fysikken, desto bedre kan man kontrollere de problemer, der opstår.

»Du kan skræddersy dit magnetfelt udefra i løbet af et eksperiment. Typisk har man en masse sensorer, der måler aktiviteten inde i plasmaet, og så ved vi, at der er noget speciel aktivitet, der potentielt er skadelig,« forklarer Stefan Kragh Nielsen.

For eksempel kan man smide en lille smule gas ind, lige inden der kommer en »blob«.

»Det tager noget af trykket,« siger han.

»Man kan også have nogle magnetfeltskonstruktioner, der er lidt anderledes i det område på muren, hvor man ved, der kommer meget 'power' – og på den måde undgå, at væggen bliver belastet så meget,« fortæller Stefan Kragh Nielsen.

Der forskes også i kunstig intelligens, som kan forudsige problemerne og gribe ind, splitsekundet inden de opstår.

ALT i alt er der ifølge Stefan Kragh Nielsen grund til optimisme på fusionsforskningens vegne. Især ankomsten af superledende magneter, der ikke skal køles ned, har skubbet udviklingen fremad.

»Der har været en begrænsning på tiden, du kan have plasma kørende. Almindeligt

kobber skal køles ned efter omkring et minut. Og det har gjort, at JET (verdens største fusionsgenerator, red.) kun kunne have plasma kørende under et minut – og så skulle den holde en pause, fordi blandt andet magnetfeltspolerne skulle køle ned. Det problem får man slet ikke i de nye generationer,« siger Stefan Kragh Nielsen.

Og så skaber det optimisme, at erhvervslivet i stigende grad deltager i udviklingen.

»De bygger, demonstrerer, at noget virker, og så bygger de en ny. Beslutningsprocessen er simplificeret,« siger Stefan Kragh Nielsen.

Det står i kontrast til de bureaukratiske tunge offentlige projekter, forklarer han:

»Den første tegning af ITER var klar i midten af 90'erne. Så skulle den redesignes, fordi den var for dyr. Så hoppede amerikanerne ud, og så var der kun EU, Rusland og Japan tilbage. Og så pludselig – i 2003 – ville mange flere være med, men så var der rigtig meget politisk tovtækker om, hvor den skulle bygges.«

Det store spørgsmål er, om fusionskraften kommer for sent ud af starthullerne. Thomas Budde Christensen forsker i energisystemer på Roskilde Universitet. Han understreger, at han ikke er ekspert i fusionsenergi, men siger:

»Vi står i en situation, hvor vi skal reducere vores udledning nu. Derfor er det lidt vanskeligt at sætte vores lid til nogle systemer, som vi måske – måske ikke – har om 20 år. Vi skal have nul-udledning i 2050 (EUs målsætning, red.).«

Han pointerer, at man allerede er godt på vej med eksisterende CO<sub>2</sub>-frie energiteknologier. Vedvarende energikilder som vind, sol, vand og biomasse vinder frem, og udviklingen går stærkt.

»Den politiske problemstilling går ud på, at man kun kan bruge pengene én gang. Så hvis man investerer forsknings- og udviklingskroner i atomteknologi, kan man ikke bruge det til vedvarende energiteknologier,« siger Thomas Budde Christensen.

Til det siger Stefan Kragh Nielsen:

»I min verden er fusionsenergi den mest vedvarende energikilde, man kan opnå. Men vi skal naturligvis ikke kun satse på forskning i fusionsenergi, men også på at udvikle allerede fungerende teknologier.«

I kælderen i Lyngby lader man sig ikke demotivere af de lange udsigter. Snart skal nye eksperimenter og forskningsprojekter begynde. Den nye tokamak bliver ikke kun tilgængelig for forskere, men også for studerende, og måske bliver nye opdagelser og opfindelser udklækket i arbejdet med det lillalysende Lyngby-plasma.

»Unge ingeniører er vanvittigt kreative. Og det skal vi udnytte,« siger Stefan Kragh Nielsen.