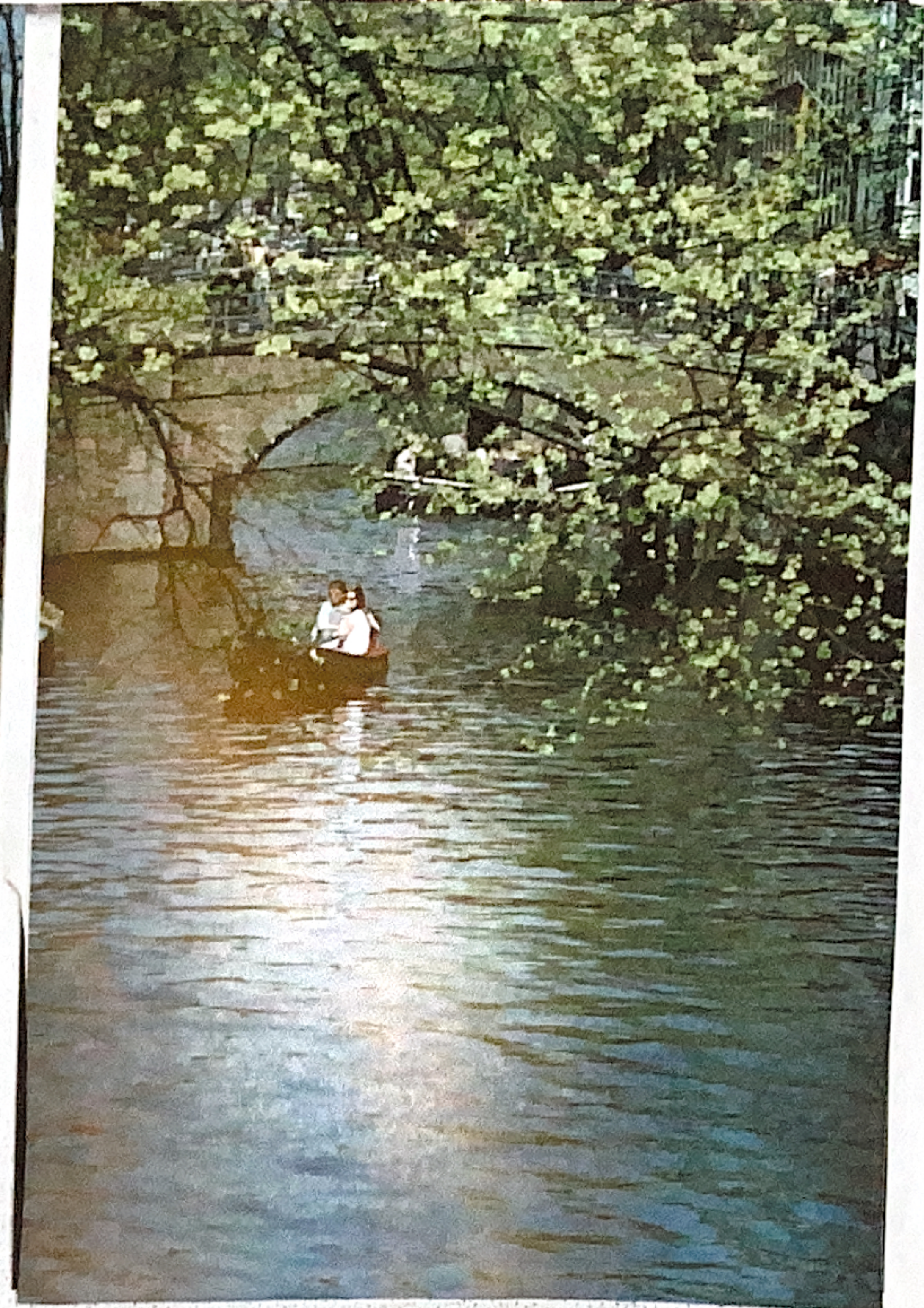
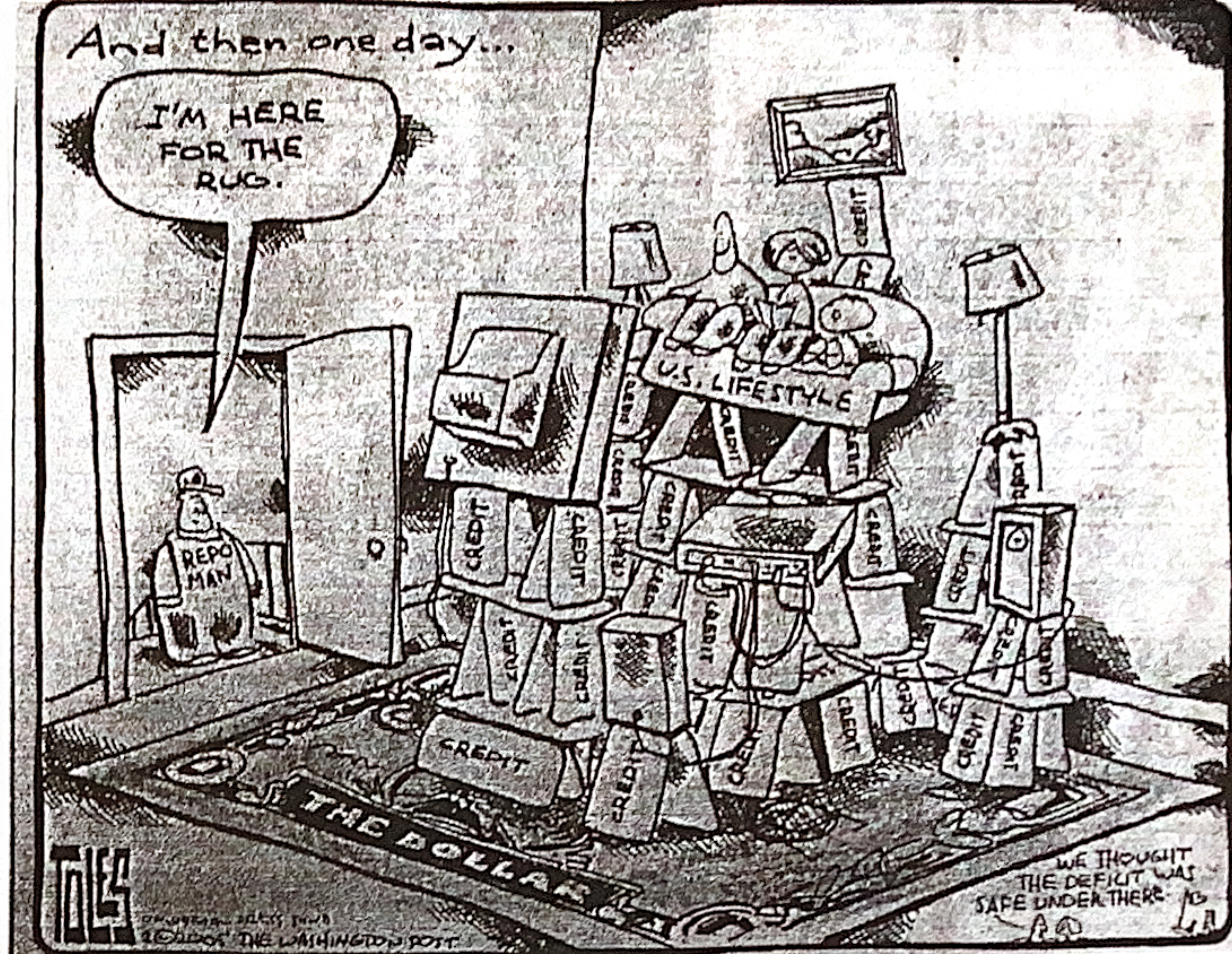




v. Heenstralaan 3
6814 KA Arnhem
R.v. Mierwa
alian
Amsterdam 26/4
2005
Beste van Nijmegen,

Zolang we leven kunnen (ik
bedoel: kunnen) we elkaar brieven schrijven.
Emily Dickinson (19^{de} eeuw) verwoordde de schrijfkunst zo:
A letter is a joy of Earth; it is denied the Gods. Yes,
als we dood zijn is het gedaan. Dit ter inleiding
Zie hier een paar foto's van de bloeiende kersen
langs de Republieksgracht. Echt waar, in dit jaarge-
tyde is Amsterdam de mooiste stad van het land.
De metrobouw, de verbouwingen van CS en Rijksmuseum/
Stedelijk Museum is minder plesant, toegegeven. Maar
Artis en de Hortus maken veel goed, zoals ook ons
dakterras. Mocht jullie weg deze reekening voeren,
Soyez les bienvenus." Veel liefs van Heiti, ook
van Vera. *Ady*

Cartoon uit
JHT
16 Maart 2005



‘Alles stroomt/panta rei’, volgens Heraclitus. Ook beschavingen komen op en gaan ten onder. Een beschaving wordt onder andere gekenmerkt door een samenbindende factor zoals bijvoorbeeld een religie en goedkope energie.

Wat de goedkope energie betreft waren de Griekse en Romeinse beschavingen gestoeld op een slaven economie en geplunderde rijkdom. De oude Egyptische beschaving wist zich te verzekeren van de goedkope arbeid van de rechteloze Egyptische boer.

De hedendaagse westerse industriële beschaving bedient zich voor haar energiebehoefte van goedkope olie. Je denkt toch niet dat Amerika uit louter humanitaire overwegingen, het Iraakse volk bevrijdt van haar brute tiran Saddam Hussein en daaraan tot nu toe USD 300 miljard aan oorlogsinspanningen spendeert?

Amerika, als wel Europa, zijn zeer afhankelijk van een ononderbroken stroom van betaalbare ‘crude oil’ uit het politiek instabiele Midden Oosten om de huidige levensstandaard te kunnen handhaven. Om de oliestroom voor de komende decaden veilig te stellen, tracht Amerika Irak binnen hun invloedssfeer te brengen en gebruikte daarvoor de pretext het ten val brengen van Saddam Hussein. Maar president G.W. Bush past het adagium van Wittgenstein toe m.b.t. zijn werkelijke motieven om Irak binnen te vallen: ‘Waarover niet gepraat kan worden, daar moet over gezwegen worden.’

Mocht Amerika in haar opzet niet in slagen, dan is het einde der tijden voor de westerse beschaving voorspelbaar, mits binnen een redelijke termijn het westen een nieuwe goedkope energiebron weten te ontwikkelen

De samenhang van dure energie-importen, hoge oorlogs- en defensie-uitgaven, grote handelstekorten, en een te lage belasting heffing zijn de factoren van een groeiende staatsschuld in de VS, die tot een niet ondenkbeeldige hyperinflatie zou kunnen leiden als het vertrouwen in de Amerikaanse dollar wegvalt.

Een gecontroleerde kernfusie is een onuitputtelijke, schone, energiebron. Zo’n ‘zon op aarde’ zou soelaas kunnen bieden aan de westerse beschaving als alternatief voor de afhankelijkheid van eindige fossielenbrandstof.

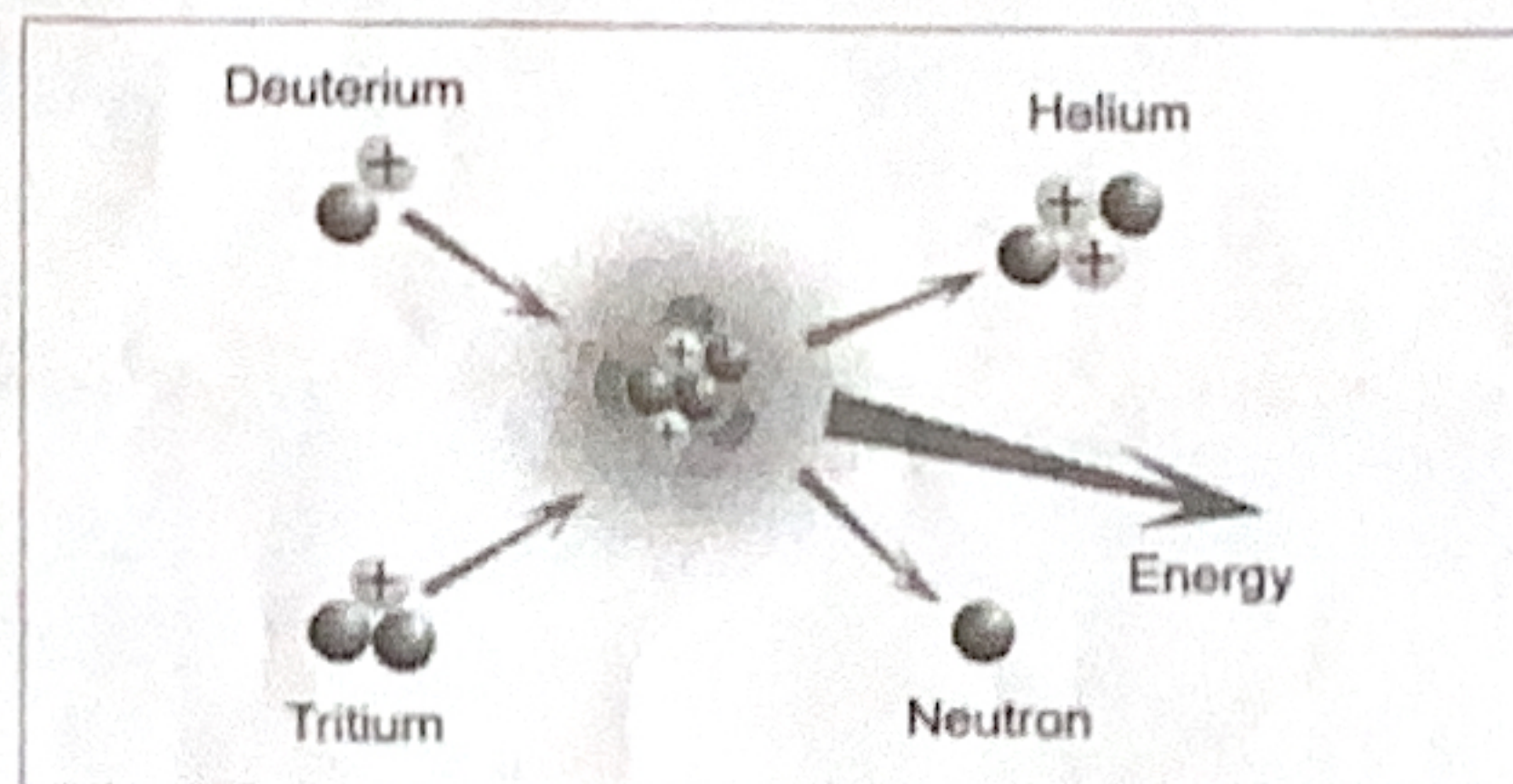
Dit schrijf ik als inleiding tot het afgesloten artikel I TER, een zon op aarde. Over ± 35 jaar is de commerciële toepassing van kernfusie een realiteit, onvoorziene toestanden voorbehouden. De web site www.fusie-energie.nl is begrijpelijk.

ITER, een zon op aarde

door dr.ir Mark Tiele Westra*

Hij gaat er komen. Iter, het wereldwijde kernfusie-experiment dat moet aantonen dat fusie werkt. Inmiddels wordt op hoog politiek niveau gepraat over waar hij moet komen: in Japan of in Europa.

We leven in een wereld die nog maar net *begonnen* is met energie gebruiken. De toename van de wereldbevolking - van zes miljard vandaag naar negen miljard in 2050 - en de snelle ontwikkeling van landen als China en India gaan gepaard met een enorme toename in de vraag naar energie. Om de levensstandaard van de gehele wereldbevolking aan het eind van deze eeuw op een westers niveau te brengen, is ongeveer vijf keer zo veel energie nodig als we nu gebruiken. Er zijn dan ook nieuwe oplossingen nodig om het hoofd te bieden aan de toenemende vraag naar energie, en aan de problemen die aan ons huidige energiesysteem

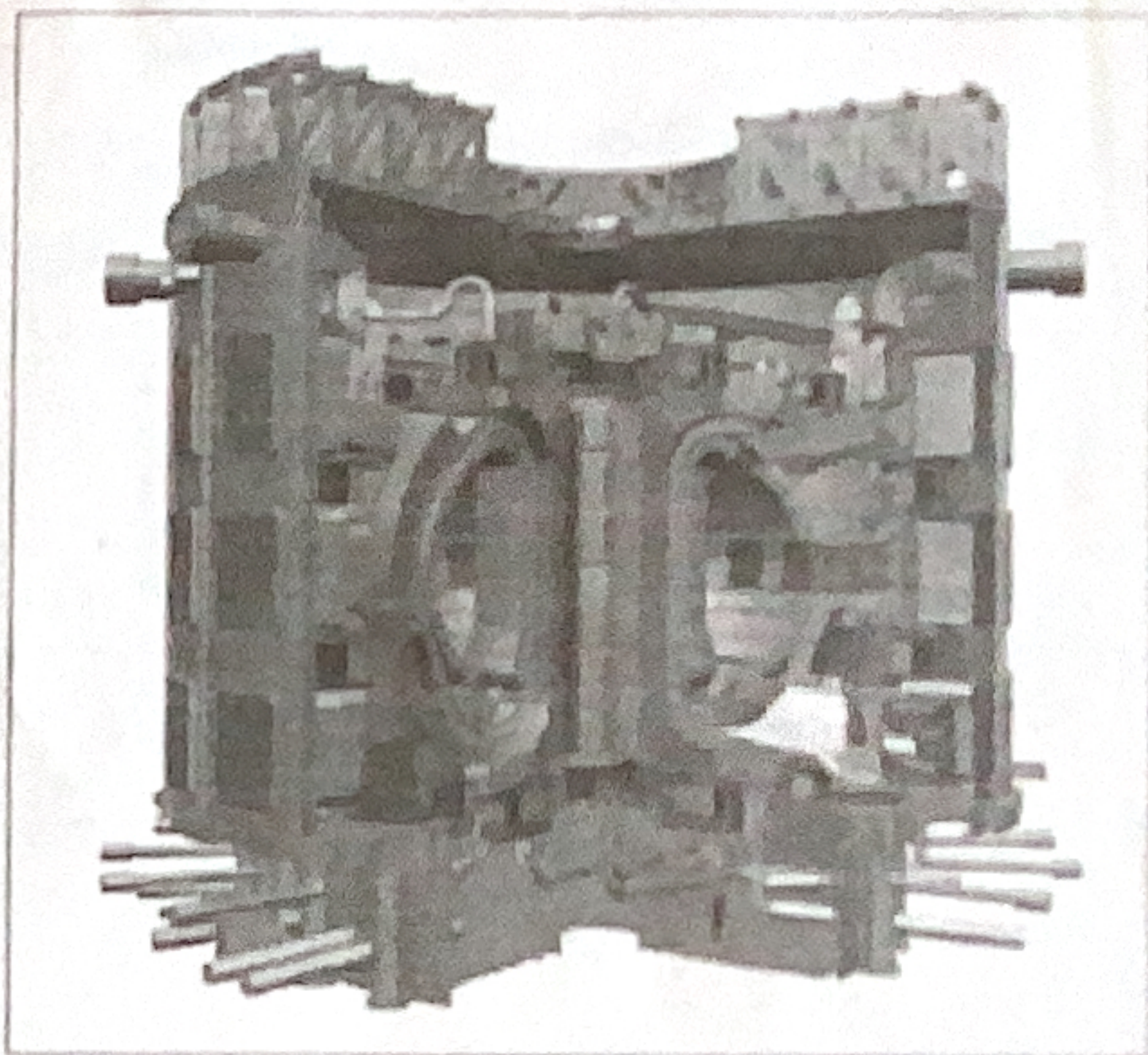


kleven.

Figuur 1: Twee atomen, hier deuterium en tritium, fuseren. Daarbij ontstaat een heliumkern, een vrij neutron, en zeer veel energie.

Kernfusie

Kernfusie, het proces waarbij lichte kernen smelten tot zwaardere, is de energiebron van de zon en de sterren. Fusie biedt uitzicht op een schone, veilige, en duurzame energiebron, en sinds de wetenschap zich voor het eerst realiseerde wat de oorzaak is van de enorme hoeveelheid energie die de zon uitstraalt, is het een droom geweest om die energiebron op aarde te leren beheersen. Aan het begin van het fusieonderzoek, rond 1950, voorspelde men dat een werkende fusiereactor binnen 20 jaar realiseerbaar moest zijn, maar dat bleek te optimistisch. Maar er is enorme vooruitgang geboekt: inmiddels ligt er een machine op de tekentafel die moet aantonen dat fusie praktisch toepasbaar is en op grote schaal energie kan



opwekken. De ITER.

Figuur 2: De ITER.

In ITER wordt een mengsel van deuterium en tritium, twee isotopen van waterstof, verhit tot zo'n 150 miljoen graden Celsius. Bij die temperatuur fuseren de brandstoffen tot helium, waarbij veel energie vrij komt (zie figuur 1). Het hete plasma wordt met behulp van supergeleidende magneten opgesloten in een donut-vormige reactor, *tokamak* geheten (zie figuur 2). ITER moet aantonen dat het mogelijk is om langdurig energie op te wekken met kernfusie, en is daarom ontworpen om gedurende 10 minuten 500 MW op te wekken, tien maal meer dan wordt gebruikt voor het instandhouden van het hete fusieplasma.

Leidende rol Europa

Het ITER project begon eind jaren tachtig als een initiatief van Reagan en Gorbatsjov, de toenmalige presidenten van de VS en Rusland. Nadat een eerste ontwerp voor een machine van 1500 MW te duur was bevonden, werd men het uiteindelijk eens over een kleinere machine, die 500 MW moest leveren. Het uiteindelijke ontwerp werd in 2001 goedgekeurd. De totale bouwkosten bedragen ongeveer 4,7 miljard Euro, verspreid over 10 jaar. Europa vervult een leidende rol in het project, en zal zo'n 40% van de kosten voor haar rekening

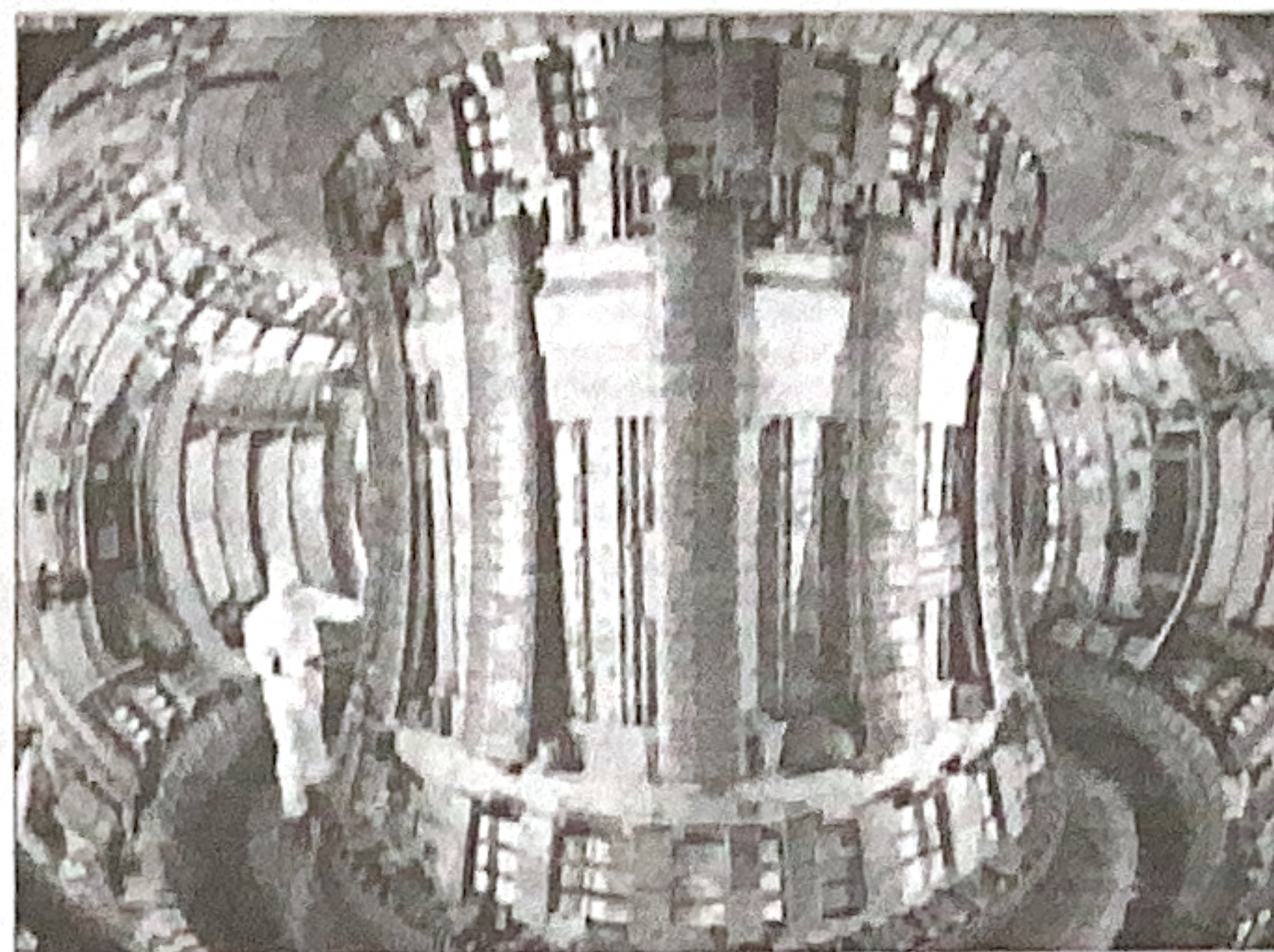
nemen. Het project kwam begin dit jaar plotseling in een stroomversnelling, toen kort na elkaar de Verenigde Staten en China zich aanmeldten als partners. Amerika had zich in 1998 teruggetrokken uit het ITER-project, vanwege interne verdeeldheid. ITER is nu een echt wereldwijd project, waaraan naar verwachting bijna alle geïndustrialiseerde landen meedoen: de Europese Unie, de Russische Federatie, Japan, China, Zuid Korea, en de VS. Verder hebben India en Brazilië interesse getoond. Het uiteindelijke doel van het internationale fusie-onderzoek is het realiseren van een fusie-energiecentrale die voldoet aan de eisen die de maatschappij daaraan stelt: veilig, betrouwbaar, ruim voorradige brandstof, minimale milieubelasting en economisch rendabel. De verwachting is dat zo'n centrale na ITER een prototype van een fusie-elektriciteitscentrale gebouwd kan worden.

Voordelen fusie

Fusie heeft veel voordelen. Omdat fusie geen kettingreactie is, kan de reactie niet uit de hand lopen. Het eenvoudig stoppen van de brandstoftoevoer is genoeg om de reactie snel te stoppen. De brandstoffen, deuterium en lithium, zijn beide voor iedereen beschikbaar, en in voldoende mate aanwezig voor miljoenen jaren energievoorziening. Fusie produceert geen broeikasgassen. Het fusieproces zelf produceert alleen helium, een onschadelijk gas.

Veiligheid

Het belangrijkste veiligheidsaspect betreft de aanwezigheid van het radioactieve tritium, dat in de reactor uit lithium wordt gemaakt. Omdat het tritium in de centrale zelf wordt gemaakt, is er geen vervoer van radioactieve brandstoffen nodig buiten de centrale, en omdat steeds maar weinig tritium nodig is, kan de hoeveelheid die in de centrale aanwezig is zo laag mogelijk worden gehouden. Het wandmateriaal van het plasmavat wordt radioactief, maar de radioactiviteit verdwijnt bijna geheel na zo'n 100 jaar. Dat is erg kort vergeleken bij het afval van kernsplijting, dat vaak tienduizenden jaren radioactief blijft. Er is bij fusie-energie dus geen lange-termijn belasting voor toekomstige generaties. Op dit moment is de *Joint European Torus* bij Oxford, Groot Brittannië, 's werelds grootste fusie-experiment (zie figuur 3).



Figuur 3: Een kijkje in de torus van het nu grootste fusie-experiment ter wereld: de Joint European Torus bij Oxford, Engeland. De persoon links op de foto toont de schaal: de torus is ongeveer vier meter hoog.

JET kan als enige experiment ter wereld met de toekomstige fusiebrandstoffen werken, deuterium en tritium. In 1997 leverde JET 16 megawatt fusievermogen, wat nog steeds het wereldrecord is. Fusiewetenschappers uit de hele wereld komen naar JET om daar onderzoek te doen.

Onderzoek in Nederland

In Nederland vindt onderzoek naar kernfusie plaats bij het FOM-Instituut voor Plasmafysica Rijnhuizen (www.rijnh.nl) te Nieuwegein, en bij de Nuclear Research & Consultancy Group (NRG, www.nrg-nl.com) te Petten. Het onderzoek in Nieuwegein richt zich vooral op de interactie van een heet plasma met de binnenwand van het plasmavat, en op de beschrijving van het gedrag van plasma's. Zowel bij de tokamak TEXTOR in Jülich, Duitsland, als bij JET in Engeland zijn continu wetenschappers uit Nieuwegein werkzaam. In Petten richt men zich op het onderzoeken van nieuwe, hoogwaardige wandmaterialen met behulp van de hogeflux-reactor.

Fusie op internet: zie www.fusie-energie.nl, waar ook veel internationale links te vinden zijn.

* De auteur is verbonden aan het FOM-Instituut voor Plasmafysica Rijnhuizen