

Die USA und die Helium-3-Revolution

Das 1971 gegründete Fusionstechnologie-Institut der Universität Wisconsin war mit einem breitgefächerten Programm von Grundlagenforschung und technischen Anwendungen einmal führend in der Fusions- und Plasmaphysikforschung. Es wurde dort Pionierarbeit bei der Erzeugung von Fusionsenergie mit Helium-3 als fortschrittlichem Brennstoff geleistet. Außerdem entwickelte man Pläne für Robotersysteme zum Abbau dieses Heliumisotops auf dem Mond.

Prof. Gerald Kulcinski ist Direktor der Instituts, Prorektor für Forschung am College of Engineering und Grainger-Professor für Kerntechnik. Er leitete ein engagiertes Wissenschaftlerteam, das beharrlich an der Nutzung fortschrittlicher Fusionsbrennstoffe wie Helium-3 forschte, denen die Zukunft gehört. Prof. Kulcinski kam 1972 an die kerntechnische Abteilung der Universität von Wisconsin; zuvor hatte er bereits ein Jahrzehnt am Atomraketenprogramm des Los Alamos National Laboratory gearbeitet. Er gehört Beratergremien der Regierung an und ist Mitglied der National Academy of Engineering.

Er wurde am 21. August von der EIR-Wissenschaftskorrespondentin Marsha Freeman interviewt.

EIR: Derzeit basiert fast die gesamte Fusionsforschung auf Brennstoffen mit Deuterium und Tritium (D-T), weil Fusionsreaktionen damit leichter zu erreichen sind. Wie kam es, daß sich Ihr Institut schon sehr früh auf einen anderen Ansatz in der Fusionsforschung auf der Grundlage von Helium-3 konzentriert hat?

Kulcinski: Sie haben Recht. Der Technologie-Teil unserer Arbeiten begann Anfang der 70er Jahre, während die ersten Kernfusionsforschungen an der Universität von Wisconsin bereits 1963 unter Don Kerst angefangen wurden. Er hatte am Betatron [Teilchenbeschleuniger an der Universität Illinois] gearbeitet und kam 1963 nach Wisconsin, um dort das Fusionsprogramm aufzubauen. Zunächst ging es dabei nur um die Plasmaphysik, und erst Anfang der 70er Jahre begannen wir uns um die Technologie zu kümmern. Damals drehte sich fast alles um Deuterium-Tritium [als Brennstoff].

Sie erinnern sich daran, daß Mitte der 80er Jahre Präsident Reagan die SDI [Strategische

Verteidigungsinitiative] vorschlug. Man sprach davon, eine Stromversorgung zu entwickeln, die 30 Minuten lang bei 100 oder mehr MWe laufen würde, um die Abwehrwaffen mit Energie zu versorgen. Wir hatten einen Auftrag von der Air Force, ein gepulstes Fusionsystem zu entwickeln, das nicht Pulse von nur wenigen Sekunden liefern sollte, sondern 30 Minuten lang laufen würde – 30 Minuten bei etwa 300 MW. Wir machten uns Gedanken darüber, wie ein solcher Reaktor für den Einsatz [im Weltraum] aussehen müßte, und erkannten bald, daß das eigentliche Problem dabei die Neutronen wären, denn bei einem D-T-System müßte man soviel Abschirmung einbauen, daß die Masse des Systems viel zu groß wäre, um noch praktikabel zu sein.

Wir suchten damals also nach Brennstoffkreisläufen, bei denen wenige oder keine Neutronen entstünden. Die Überlegung war, daß, wenn keine Neutronen entstünden, nicht nur die Abschirmung, sondern auch viele weitere Komponenten wegfielen. Selbst wenn man mit einem D-Helium-3-System arbeiten würde,

bei dem die Neutronenproduktion um das 50fache geringer wäre als bei einem D-T-System und außerdem nur energieärmere Neutronen anfielen, bräuchte man keine Abschirmung, man könnte die Neutronen entweichen lassen. Wegen der Rückstreuung von den Neutronen würde man sogar überhaupt keine Abschirmung wünschen. So fingen wir an, uns im Rahmen des SDI-Programms mit diesen fortgeschrittenen Fusionsbrennstoffen zu beschäftigen.

Wir entwarfen für die Luftwaffe einen Reaktor auf Grundlage eines D-He-3-Systems. Das war ein Unikat bzw. mehrere Unikate, aber kein wirkliches kommerzielles Kraftwerk. Es gab natürlich Beschränkungen, da damals die verfügbaren Mengen von Helium-3 aus verschiedenen Gründen der Geheimhaltung unterlagen. Aber jeder konnte selbst überschlagen, wieviel verfügbar war, und wir wußten, daß es schon in den Vereinigten Staaten genügend Helium-3 gab, um ein solches System für diesen kurzen Einsatz betreiben zu können.

Anschließend sagten wir uns Mitte der 80er Jahre, daß dies eigentlich ganz ordentlich ausschaute, und begannen uns Gedanken darüber zu machen, wie man aus einem solchen System ein Kraftwerk auf der Erde entwickeln könnte. Das erste Problem, das sich dabei stellte, war natürlich, daß nicht genug Helium-3 verfügbar war – nur das, was aus dem Zerfall von Tritium in den Kernwaffen frei wurde. Das stammt alles aus der Wiederaufarbeitung der Waffen, die man von den Standorten zurückbrachte. Wir sahen uns deshalb um, weil wir um die Vorteile [von Helium-3] wußten. Das war überhaupt kein Geheimnis. Das eigentliche Problem war, wo man größere Mengen Helium-3 findet, mit denen man die kommerzielle Stromerzeugung betreiben könnte.

Ende 1985 um die Weihnachtszeit lud ich die Gruppe unserer Fusionstechniker zu einer Klausur ein. Die Vorlesungen waren beendet, und wir wollten herausfinden, wie man größere Mengen Helium-3 beschaffen könnte. Wir verließen das Unigelände und steckten unsere Köpfe zusammen, mindestens eine Woche lang, wenn nicht länger, und wir ließen uns alle möglichen verrückten Ideen einfallen, die aber alle nicht zu funktionieren schienen. Doch dann fiel zwei unserer Wissenschaftler fast gleichzeitig ein, daß es eine Quelle von Helium-3 im Sonnensystem gibt: die Sonne. Helium-3 ist Bestandteil des Sonnenwindes, und



Prof. Gerald Kulcinski mit einer Anlage für den elektrostatischen Trägheitseinschluß.
Foto: U. of Wisc., Fusion Technology Inst.

auf zahlreichen Himmelskörpern mußte sich Helium-3 abgelagert haben. Das Problem dabei ist, daß der Sonnenwind, da er elektrisch geladen ist, von jedem Körper mit einem Magnetfeld abgelenkt wird.

Der der Sonne nächste Planet, der Merkur, hat ein Magnetfeld, so daß er kein Helium-3 eingefangen hat. Die Venus hat kein Magnetfeld, aber eine verdampft dichte Atmosphäre. Sie hat auch nichts eingefangen. Wir auf der Erde haben beides [ein Magnetfeld und eine Atmosphäre], weswegen hier auch nichts abgelagert wurde. So kann man das gesamte Sonnensystem durchgehen, bis man feststellt, daß es einen passenden Himmelskörper in der Nähe der Sonne gibt, nämlich unseren Mond. Er hat weder ein Magnetfeld noch eine Atmosphäre, und der Theorie nach sollte er seit 4,5 Mrd. Jahren dem Sonnenwind ausgesetzt sein, abhängig davon, wie alt der Mond tatsächlich ist. Wenn das so ist, und wenn man die Zusammensetzung des Sonnenwindes zugrundelegt, wie wir ihn heute kennen – wahrscheinlich war er früher anders, aber wir kennen nur den einen –, dann kann man ausrechnen, daß auf dem Mond seither 500 Millionen Tonnen Helium-3 gelandet sind. Die Frage ist dann, ob es da oben noch etwas davon gibt.

Gleich Anfang des Jahres 1986 fuhren wir zum Mond- und Planeteninstitut in Houston und sichteteten sämtliche Unterlagen über das Apollo-Programm. Jeder einzelne Stein, der analysiert wurde, enthielt Helium-3. Wir stießen immer wieder darauf, aber wir waren uns nicht ganz sicher, ob wir uns nicht doch vertan hatten, und gingen buchstäblich die Straße hinunter zum Johnson Space Center [der NASA] und sprachen dort mit einem der Mondgeologen. Wir fragten ihn,

ob das, was wir gelesen haben, zuträfe. Er antwortete: „Ja!“ Sie wußten, daß es Helium-3 dort gab, hatten aber keine Ahnung, wofür es gut sein könnte. Wir wußten, wofür es gut sein könnte, aber nicht, wo es zu finden war. Das war 1986.

Wir haben die großen Mengen Helium-3 auf dem Mond nicht entdeckt, sondern nur wiederentdeckt. So lief in Wisconsin ein weiteres Programm an, nämlich, wie man das Helium-3 bergen könnte. In mehreren NASA-Projekten entwarfen wir Geräte, um das Helium-3 abzubauen, das ganz nah an der Oberfläche im Regolith [Mondgestein] verborgen ist. Dann stieß auch der Apollo-Astronaut Harrison Schmitt zu unserem Team.

EIR: Wann hat sich Harrison Schmitt Ihrer Gruppe angeschlossen?

Kulcinski: Das war eine hochinteressante Verquickung. Ich nahm an einem Treffen in Albuquerque [in New Mexico] teil, wo er beim Essen eine Rede hielt. Jack [Schmitt] war ein sehr guter Redner, und er sprach mitreißend über Apollo-17, über die Raumfahrt, den Mond usw. Nach seinem Vortrag, als sich viele um den Redner drängten, hatte ich Gelegenheit, ihm in wenigen Sekunden unser Anliegen vorzutragen, und er reagierte sehr, sehr interessiert, und trat mit uns danach in Kontakt. Eins führte zum anderen, und nach seiner Rede begann die Zusammenarbeit mit ihm. Wir veröffentlichten damals einen Artikel in *Fusion Technology*, und daraus entwickelte sich die ganze Arbeit.

Jack brachte natürlich einen riesigen Wissensschatz über den Mond und den Regolith mit in das Team. Er wußte, daß damals Proben bis zu zwei Meter Tiefe im Mondboden genommen worden waren und man bis in diese Tiefe überall Helium-3 gefunden hatte. Wahrscheinlich geht es noch tiefer in den Regolith hinein. Daraus entwickelte sich dann bei uns eine Idee, wie man das Helium-3 tatsächlich abbauen könnte. Wir entwarfen mehrere Maschinen, die von der NASA geprüft wurden. Letztlich sagten die NASA-Leute: „Gut. Wir können Helium-3 bekommen, wenn wir es brauchen, aber ihr werdet die Kernfusion nicht zum Funktionieren bringen.“ Aber wenn man ein paar Straßen weiter mit den Leuten vom Energieministerium (DOE) sprach, sagten die: „Gut. Wir werden die Kernfusion zum Funktionieren bringen, aber wir werden nicht wieder zum Mond fliegen.“ Es gelang uns nicht, NASA und DOE zur Zusammenarbeit bei dem Projekt zu bewegen, was für uns unendlich frustrierend war. Beide meinten, ihren Teil erfüllen zu können, aber die jeweils andere Behörde würde es nicht schaffen. Die ganzen letzten 30 Jahre war es unser Bemühen, die

NASA und das Energieministerium dazu zu bewegen, bei diesem Projekt zusammenzuarbeiten.

EIR: Sie entwickelten dann einen experimentellen Ansatz und eine Anlage, die darauf ausgelegt war, den fortgeschrittenen Brennstoff Helium-3 zu benutzen.

Kulcinski: In der Folgezeit beschäftigten wir uns mit Maschinen mit elektrostatischem Trägheitseinschluß, um die Möglichkeit von Fusion mit fortgeschrittenem Brennstoff zu belegen. D-Helium-3 muß auf über 60 Kilovolt erhitzt werden, was um das Dreifache höher ist als bei D-T-Systemen [die eine Temperatur von mindestens 100 Mio. Grad benötigen].

Wir prüften zwei fortgeschrittene Brennstoffzyklen. Bei dem Helium-3/Helium-3-Zyklus tritt *keine* Restradioaktivität auf; es gibt bei der Kernreaktion etwas Radioaktivität in Form von Gammastrahlen, aber diese lassen sich leicht abschirmen und sie verursachen auch keine Radioaktivität in den Strukturen, was bei Neutronen durchaus der Fall ist.

Wir nahmen uns also die beiden Brennstoffzyklen D-He-3 und He-3/He-3 vor und versuchten ein Einschlußkonzept mit einer besseren Betriebsleistung und höheren Energien zu finden als ein Tokamak oder alle anderen Anordnungen mit einer Maxwell'schen Verteilung, d.h. wo Ionen mit einer breiten Energieverteilung auftreten. Auf diese Weise kamen wir auf den Bereich des elektrostatischen Trägheitseinschlusses. Diese ganze Forschung begann mit Philo Farnsworth, der das Fernsehen erfand, und Bob Hirsch machte damals in den 60er Jahre die ersten Experimente damit. Aber die Forschung schief wieder ein, weil man damals nichts von Helium-3 wußte.

Wir verfolgten somit beide Seiten hiervon: Einmal die Extraktion von Helium-3 auf dem Mond, was eine technische und keine physikalische Frage ist. Das läßt sich wahrscheinlich lösen. Der schwierigere Teil besteht darin, zu zeigen, daß man Helium-3 annähernd am Breakeven-Punkt verbrennen kann, und darauf haben wir die meisten unserer Anstrengungen gerichtet. Wir haben tatsächlich D-He-3 routinemäßig im Laboratorium verwendet, und wir haben auch He-3/He-3-Systeme betrieben, aber wir waren sehr, sehr weit von einem $Q=1$ [dem Energie-Breakeven] entfernt. Wir haben nur ein kleines Universitäts-Programm, weswegen es nicht überrascht, daß wir kein hohes Niveau erreichen.

EIR: Können Sie beschreiben, wie der elektrostatische Trägheitseinschluß funktioniert?

Kulcinski: Ganz grundsätzlich nimmt man dazu eine Kathode, die man sehr hoch negativ auflädt; wir liegen

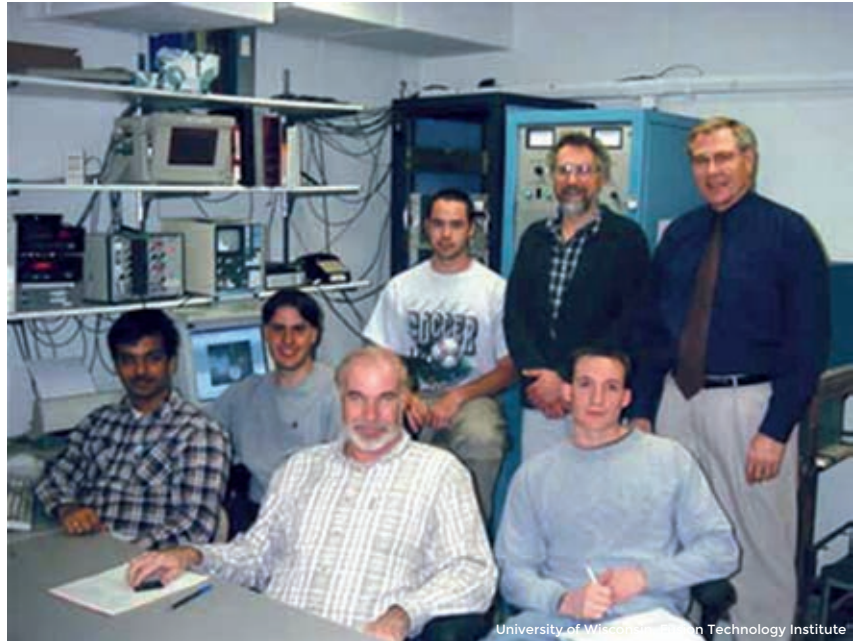
bei -300 KV. Man erzeugt positive Ionen außen [an einem kugelförmigen Gitter] nahe der Anode, und die positiven Ionen werden wegen der Gitterspannung von der Kathode [im Mittelpunkt der Gitterkugel] mit sehr hoher Geschwindigkeit angezogen. Dabei treffen sie aufeinander, und entweder sie fusionieren oder sie streuen oder sie schießen an der Kathode hoch und kehren in einem nächsten Puls zurück. Das ist ganz anders als bei einem Maxwell'schen System wie einem Tokamak, denn dort fusionieren nur die Ionen auf der hochenergetischen Seite des Prozesses. Die meiste Energie, die man in ein Maxwell'sches Plasma einbringt, führt zu keiner Fusion, nur diejenige im energiereichsten Bereich. Deswegen sind diese Systeme nicht so effizient, wie man möchte.

In elektrostatischen Anlagen ist die Energieverteilung an der Kathode sehr dicht. Wenn diese 100 KV beträgt, haben die zwei Ionen, die aus gegensätzlichen Richtungen kommen, eine Schwerpunktsenergie von 200 KV: 100 in der einen und 100 in der anderen Richtung. Wenn man Helium verwendet, dessen zwei Elektronen entfernt werden, und wenn die [negative] Kathode 100 KV hat, dann kommen die [positiven] Ionen mit 200 KV auf dem einen Weg und mit 200 KV auf dem anderen Weg, was eine Schwerpunktsenergie von 400 KV ergibt. Dadurch entstehen bei den fortgeschrittenen Brennstoffen die sehr hohen Energien. Später war die von Bob Bussard erfundene Polywell-Anordnung tatsächlich ein Ansatz, um aus diesen Systemen ein Kraftwerk zu machen.

Geräte, die mit Metallgittern arbeiten, sind für kurzfristige Anwendungen gut geeignet und man kann an ihnen Physik studieren, aber diese Gitter würden in einem Kraftwerk nicht lange halten. Man muß die Ionen auf andere Weise beschleunigen. Nach dem gleichen Grundkonzept verwendet man dabei kein Metallgitter, sondern man bringt eine Elektronenwolke ein, die die positiven Ionen anzieht. Dabei wird nichts beschädigt.

EIR: Gibt es weitere Fusionsexperimente, bei denen Helium-3 verwendet wird?

Kulcinski: Ich wünschte, es gäbe sie. Ich weiß, daß die Japaner einige gemacht haben. Es gibt dabei eine Zusammenarbeit mit Japan, allerdings auf universitärer



Dieses Bild aus dem Jahr 2000 zeigt das erste Forschungsteam der Universität von Wisconsin, das an der Erforschung besserer Brennstoffe für die Kernfusion arbeitete. Ganz rechts Prof. Kulcinski.

und nicht auf zwischenstaatlicher Ebene. Ich weiß, daß die Japaner mit den gleichen Geräten für den elektrostatischen Trägheitseinschluß (IEC) wie wir arbeiten; sie verfolgen unsere Experimente und haben einige davon in Japan nachgebaut. Ich gehe davon aus, daß auch die Chinesen das tun, aber wir haben darüber keine Insiderinformationen. Ich kenne niemand, der in Europa oder in Rußland daran arbeitet. Es gibt einige Orte in den Vereinigten Staaten: An der Universität Illinois hat George Miley an diesen Systemen gearbeitet; auch im Los Alamos National Laboratory, am Idaho National Laboratory und am Marshall Space Flight Center der NASA gab es solche Systeme. Und derzeit gibt es eines an der Universität von Maryland. Es gibt einige kleine Projekte, bei denen sich einige Leute mit den physikalischen Prozessen beschäftigen, die dabei ablaufen. Das Schöne daran ist, daß sie klein sind und billig, so daß Studenten tatsächlich viel dabei lernen können, statt nur Teil des ganzen Heeres von Leuten zu sein, die an einem großen Tokamak arbeiten.

EIR: Schon 1987 habe ich einmal mit John Santarius in Ihrem Institut über polarisierten Fusionsbrennstoff gesprochen. Welchen Vorteil hätte dieser für die Fusion? Welche Entwicklungen gab es auf diesem Gebiet seither?

Kulcinski: Der Vorteil ist, daß man dadurch die Reaktionsrate der Ionen bei gleicher Temperatur erhöhen kann. In einigen Experimenten konnte gezeigt werden,

daß polarisierter Brennstoff bei gegebener Temperatur eine höhere Fusionsrate hat. Es bleibt allerdings noch zu beweisen, daß man das tatsächlich umsetzen kann. Doch die Idee dahinter macht Sinn. Wir diskutieren darüber. Das Thema ist keineswegs vom Tisch. Wenn Sie danach fragen, ob wir weiteres damit gemacht haben, lautet die Antwort leider Nein, aber wir stoßen immer mal wieder darauf. Wir verfügen einfach nicht über die Anlagen, um Experimente machen zu können. Johns Ideen sind meines Erachtens vernünftig, aber wir haben nicht die Ressourcen dafür.

EIR: John Santarius sprach auch von Fusionsanwendungen für Raumfahrtantriebe.

Kulcinski: John arbeitet an elektrostatischen Geräten für Raumfahrtantriebe, die meines Erachtens eher erreichbar sind. Man kann damit einen extrem hohen spezifischen Impuls erreichen – 1 Million Sekunden spezifischen Impuls, im Gegensatz zu chemischen Antrieben, die auf 400 Sekunden kommen, oder zu Nuklearraketen mit 800 Sekunden. Mit diesen 1 Million Sekunden spezifischen Impuls kann man zu einem Stern und zurück fliegen, ohne dort Kinder bekommen zu müssen.

EIR: 1993 veröffentlichte Ihre Gruppe ein faszinierendes Papier über „Fernerfassung von Sternenbrennstoff“. Darin schlugen Sie eine Mond-Orbitalmission vor, um mit Gammastrahlen-Spektroskopie die Konzentration von Helium-3 auf dem Mond zu bestimmen. Die einzigen eindeutigen Daten, die wir haben, stammen aus den Proben, die mit Apollo und der sowjetischen Luna-Sonde zur Erde zurückgebracht wurden. Helium-3 ist weit verstreut, nur wenige Teile pro Milliarde im Mondboden, und das läßt sich mit den Instrumenten, die derzeit den Mond umkreisen oder sich auf der Mondoberfläche bewegen, nur schwer messen. Wie war die von Ihnen vorgeschlagene Mission angelegt?

Kulcinski: Ich denke, dahinter steckt eine immer noch berechnete Idee, denn auf dem Mond gibt es von den kosmischen Strahlen, die auf die Mondoberfläche treffen, einen geringen Neutronenfluß. Der gesamte Mond ist von Neutronen überzogen, die dort erzeugt werden; sie sind jedoch so schwach, daß sie für den Menschen nicht schädlich sind. Aber diese Neutronen bewegen sich herum und wirken auf den Mondboden und damit auch auf das im Boden enthaltene Helium-3 ein. Diese Reaktionen, bei denen 10 meV Gammastrahlen emittiert werden – und das ist dabei das Entscheidende –, stechen aus allen anderen vom Mond emittierten

Gammastrahlen hervor. Was man also bräuchte, ist ein Detektor, mit dem man diese 10-meV-Gammastrahlen messen kann. Mit einem Orbitalscanner, der Gammastrahlen im Bereich von 10 oder 20 meV messen kann, könnte man die Gebiete, in denen die Konzentration [von Helium-3] größer ist als in anderen, heller erscheinen lassen. Ich halte das immer noch für eine vernünftige Idee. Das Problem war, daß Detektoren für Gammastrahlen dieser Stärke in der öffentlich zugänglichen Literatur nicht zu finden sind. Wir haben uns dann nicht weiter damit befaßt, weil wir an der Universität nicht mit Verschlusssachen arbeiten.

EIR: Sie sollten vielleicht den Chinesen eine solche Mission vorschlagen.

Kulcinski: Sie würden so etwas nicht geheim halten. Sie würden es einfach tun! Angesichts ihres starken Fusionsprogramms, ihres großen Energiebedarfs in der Zukunft und ihres starken Interesses an der Raumfahrt muß ich einfach davon ausgehen, daß sie, wie Sie sagten, an der Sache mit Helium-3 dran sind, aber ich habe nichts genaues in der Hand, um zu sagen, daß sie es tatsächlich tun.

EIR: Die chinesischen Raumfahrtverantwortlichen haben ganz offen geäußert, daß der Abbau von Helium-3 auf dem Mond für die Kernfusion auf der Erde eines ihrer Ziele ist. Man sollte also davon ausgehen, daß sie sich auch darum kümmern, was auf der Fusionsseite erforderlich ist, um einen solchen fortgeschrittenen Brennstoff nutzen zu können. Es gibt zwar keine von der Regierung bewilligte bemannte Mondmission, doch von Wissenschaftlern und Visionären in ihrem Raumfahrtprogramm wurde deutlich gemacht, daß bemannte Missionen mit dem Ziel, auf dem Mond zu leben und zu arbeiten, der nächste Schritt nach der Serie unbemannter Chang'e-Missionen sein werden. Mit Anlagen zur industriellen Förderung und Verarbeitung wären sie sehr einfach in der Lage, Helium-3 zurück zur Erde zu transportieren.

Kulcinski: Es ist ganz klar, daß sie unsere Arbeit verfolgen und deshalb wissen, daß es machbar ist. Aber sobald sie auf dem Mond sind und eine Basis errichten, dann sind sie es, die ganz an der Spitze stehen, und sie werden dann sehr viel vorsichtiger sein müssen, denn sie wagen sich dann an Technologien heran, die noch nicht von den USA oder den Russen erprobt wurden. Aber ihr Programm ist sehr beeindruckend. Im übrigen ist auch ihr Fusionsprogramm sehr beeindruckend. Ich denke, da wird es irgendwann eine Verbindung zwischen beiden geben.