

Per Segelschiff durch die Galaxis

Der in der Schweiz lehrende Ben Moore ist ein schillernder Popstar der Astrophysik. Er ist überzeugt, dass ausserirdisches Leben bald nachgewiesen werden kann. Die Menschheit, glaubt er, müsse fremde Planeten besiedeln, um zu überleben. *Von Rico Bandle und Herbert Zimmermann (Bild)*

In Socken steht er an seiner Wohnungstür. «Hi, I'm Ben», begrüsst er seinen Gast mit einem spitzbübischen Lächeln. Hinter einer milchglasigen Vitrine im Flur steht eine totenkopffartige Maske aus dem Horrorfilm «Scream». Das Wohnzimmer ist vollgestellt mit elektronischen Musikinstrumenten, die Wohnung wirkt eher wie eine schicke Studenten-WG als wie das Zuhause eines international renommierten Wissenschaftlers.

Ben Moore ist Professor für Astrophysik an der Universität Zürich. An einem selbstentwickelten Supercomputer simuliert er die Entwicklung des Universums und erforscht den Ursprung unserer Welt. Mit seinen populären Vorträgen und seinem neuen Buch «Elefanten im All» ist der Brite auf dem besten Weg, zu einem Popstar der Wissenschaft zu werden. Moore hat eine Geschichte zu erzählen. Die Geschichte von allem. Vom Anfang bis zum Ende unseres Daseins. Und er tut das voller Witz und ansteckender Leidenschaft.

Herr Moore, Sie befassen sich mit Ereignissen, die Milliarden von Jahren zurückoder in der Zukunft liegen. Es muss für Sie frustrierend sein, im besten Fall nur hundert Jahre zu leben.

Ja, das ist es. Ganz abgesehen davon, dass mir das Leben ausgezeichnet gefällt: Ich würde gerne wissen, wie die Welt in ein paar tausend Jahren aussieht, was die Menschen bis dann alles zustande gebracht haben. Die Fortschritte in der Wissenschaft sind enorm, gerade in meinem Bereich.

Was glauben Sie, welches ist die bahnbrechendste Entwicklung, die Sie zu Lebzeiten noch erleben werden?

In zehn bis zwanzig Jahren werden wir den Nachweis für ausserirdisches Leben erbringen können, da bin ich mir sicher. Das wird spektakulär werden und auf der ganzen Welt hohe Wellen werfen.

Was macht Sie so sicher?

Unsere Beobachtungen und Berechnungen haben ergeben, dass es im Universum Milliarden von Planeten gibt mit einer lebensfreundlichen Umgebung. Das heisst, es gibt Wasser, und die Temperatur bewegt sich in einem Bereich, in dem dieses in flüssigem Zustand vorhanden ist, was für das Leben, wie wir es kennen, nötig ist. In den letzten Jahren haben wir nachgewiesen, dass viele dieser Planeten über eine Atmosphäre verfügen, ähnlich der Erde. Die grosse Frage ist

nun: Hat sich auf einem dieser Planeten Leben entwickelt? Und wenn nicht: Warum nicht? Ich bin aber fest davon überzeugt, dass es da draussen Leben gibt. Es gibt keinen vernünftigen Grund, weshalb sich Leben bloss auf der Erde entwickelt haben sollte.

Weshalb hat man dann bisher noch kein einziges Lebenszeichen gefunden?

Vor siebzig Jahren haben wir begonnen, Radio- und TV-Signale auszusenden, die sind nun mittlerweile also siebzig Lichtjahre weit gewandert – was, das Universum betreffend, erst eine kurze Distanz ist. Die möglichen Gründe, weshalb noch keine Antwort eingetroffen ist, sind vielfältig: Die Signale haben die intelligenten Wesen noch nicht erreicht, diese haben keine Lust, uns zu antworten, vielleicht schauen sie auch gar kein Fernsehen ...

Vielleicht gibt es zwar Lebewesen auf fremden Planeten, aber die sind nicht intelligent.

Das ist durchaus möglich. Intelligenz heisst, dass es Lebewesen gibt mit einem Ich-Bewusstsein, die sich auch in Bereichen weiterentwickeln, die nicht dem reinen Überleben dienen, die über die eigene Herkunft nachdenken können, über die Weiten des Universums. Wir wissen bis jetzt nicht, weshalb wir intelligent geworden sind und was der Nutzen der Intelligenz in der Evolution ist. Obschon es möglich ist, dass wir die einzigen intelligenten Lebewesen im Universum sind, würde mich das doch sehr erstaunen.

Wie wird der Nachweis für extraterrestrisches Leben erfolgen, falls die Ausserirdischen sich nicht bei uns melden? Mit dem Fernrohr sind sie ja nicht sichtbar.

Eine Möglichkeit ist, das Lichtspektrum zu beobachten, das von einem Planeten ausgestrahlt oder reflektiert wird. Daraus können wir auf die chemische Zusammensetzung der Atmosphäre des Planeten schliessen und die Präsenz von Biomarkern ermitteln. Das sind chemische Kombinationen, die nur dann auftreten, wenn auf der Oberfläche des Planeten auf Wasser und Kohlenstoff basierendes Leben existiert, also das Leben, wie wir es kennen. Für solche Messungen braucht es hochempfindliche neue Teleskope, aber solche Entwürfe sind bereits auf einem guten Weg.

Letzte Woche hielt Moore einen öffentlichen Vortrag an der ETH Zürich. Der Andrang war riesig. Zwei Drittel der Zuhörer waren weiblich. Als «Bibel für die Ungläubigen» wurde sein Buch angepriesen. Er sagt, Gott sei bloss

erfunden worden, um Dinge zu erklären, die die Menschen nicht verstanden hätten. Doch um Glauben oder Nichtglauben geht es bei ihm nicht. Sondern um Neugier auf unsere Herkunft, Lust am Denken und am Entwerfen von Szenarien für die Zukunft.

Man weiss mittlerweile sehr viel über die Entwicklung des Universums, die ersten Millisekunden nach dem Urknall bleiben aber ein Rätsel. Diese zu erforschen, bezeichnen Sie als die grösste Herausforderung der Kosmologie. Was ist an diesen ersten Millisekunden so interessant?

Erst einmal erachte ich es als eine der grössten Errungenschaften der Menschheit, dass wir bereits so viel über das Universum herausgefunden haben: Wir verstehen die Entstehung der Atome, wissen über die Zusammensetzung von Planeten Bescheid, über Sterne und Galaxien. Wir können die Entstehung des Universums bis zu einer Millisekunde vor dem Urknall in unseren Modellen rekonstruieren, dann scheitern wir mit unseren Theorien. Es herrschten Extremkonditionen, die wir auf der Erde schlicht nicht rekonstruieren können. Die Energie war so hoch: Diesen Zustand können wir auch im besten Teilchenbeschleuniger nicht annähernd simulieren. Mein Team und ich – und wohl viele andere Leute auch – würden gerne wissen, wo das Universum herkommt. Vielleicht werden wir es nie herausfinden – aber wir geben nicht auf.

Haben Sie eine Vermutung?

Wir wissen nicht, ob die Entstehung des Universums bloss eine Zufallserscheinung ist. Wir wissen aber, dass man, wenn man sämtliche Energie des Universums zusammenrechnet, positive und negative, auf null kommt. Das heisst, das Universum könnte tatsächlich aus dem Nichts entstanden sein. **Sie schildern in Ihrem Buch, dass die Materie eine Sekunde nach dem Urknall noch so dicht war, dass die gesamte Masse unserer Galaxie in einer Kaffeetasse Platz hatte. Was sagen Sie jemandem, der dies als Spinnerei, als eine Art Ersatzreligion, abtut?**

Ich würde ihm erklären, dass dies nicht einfach jemand erfunden hat, sondern es dem Wissen aus Hunderten Jahren Forschung entspricht. Alle Berechnungen besagen, dass das Universum einmal unglaublich dicht sein musste, damit all das entstehen konnte, was wir am Sternenhimmel sehen. Die Urknalltheorie hat bisher sämtlichen Beobachtungen und Berech-

Bertrands Theorem

for $r(\theta)$: $\frac{d^2(\frac{1}{r})}{d\theta^2} + \frac{1}{r} = -\frac{mr^2}{l^2} f(r)$

$u = \frac{1}{r}$: $\frac{d^2 u}{d\theta^2} + u = -\frac{m}{l^2} \frac{d}{du} V(\frac{1}{u})$

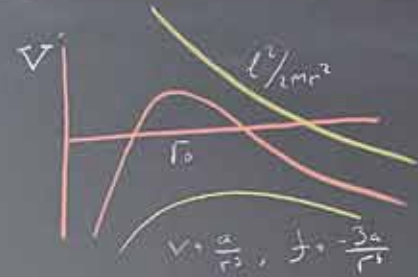
$u) = -\frac{m}{l^2} \frac{d}{du} V(\frac{1}{u}) = -\frac{m}{l^2} f(\frac{1}{u})$, $\frac{d^2 u}{d\theta^2} + u = J(u)$

for a circular orbit: $\frac{d^2 u}{d\theta^2} = 0 \Rightarrow u = J(u)$

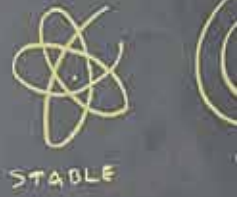
consider perturbations: $J(u) = u + (u-u_0) \frac{dJ}{du} + O(u-u_0)^2 + \dots$

$u-u_0 = x$: $\frac{d^2 x}{d\theta^2} + x \frac{dJ}{du}$, $\frac{d^2 x}{d\theta^2} + \beta^2 x = 0$, where $\beta^2 = 1 - \frac{du}{dJ}$

β^2 is soluble !! β^2 is for exponential unstable / bounded stable solutions



β must be rational



$\rightarrow \frac{d^2 x}{d\theta^2} + \beta^2 x = \frac{x^3 J''}{2} + \frac{x}{6}$

$x = a \cos \beta \theta$, the fundamental term; $a_1 \cos \beta \theta + a_2 \cos 2\beta \theta + a_3 \cos 3\beta \theta + \dots$

Subst:

«Ich träume von einem Forschungszentrum in den Schweizer Alpen, wo die weltbesten Wissenschaftler zusammenkommen»: Physiker Moore.

nungen standgehalten, was man bei allen anderen Theorien nicht sagen kann.

95 Prozent des Universums bestehen aus dunkler Materie und dunkler Energie. Das tönt unheimlich.

Bleiben wir bei der dunklen Materie, damit befasse ich mich seit zwanzig Jahren. Unheimlich daran ist nur der Name. Wir wissen, dass es eine Materie im Raum gibt, die nicht die Eigenschaft jener Materie hat, die wir kennen, zum Beispiel, was die Gravitation betrifft. Es muss diese Materie geben, nur haben wir sie in den Labors noch nicht nachweisen können. Dies ist in der Physik nichts Spezielles. Man beobachtet ein Phänomen, zum Beispiel Radioaktivität, die Theorie dazu verlangt nach einem bisher unbekanntem Teilchen, zum Beispiel dem Neutrino. Forscher suchen dann das Teilchen und finden es oft erst Jahrzehnte später. Ich glaube, die dunkle Materie wird man irgendwann auch finden, das wird ebenfalls eine der grossen Entdeckungen sein in nächster Zeit.

Das Universum dehnt sich immer schneller aus. Wie muss man sich die Grenze des Universums vorstellen? Stösst man dort an eine Wand? Was ist dahinter?

Wir können nur so weit ins Universum sehen, wie das Licht in den 13,7 Milliarden Jahren seiner Existenz gereist ist. Das Universum könnte unendlich sein, ohne Grenzen. Wenn es das nicht ist, dann können wir dennoch nie seine Grenzen beobachten oder gar erreichen. Hypothetisch gesehen ist nichts ausserhalb, und an den Grenzen des Universums wäre der Raum dermassen gekrümmt, dass man als Reisender wieder an seinen Ausgangspunkt zurückkehren würde. Unser Verständnis von Raum taugt nicht, um sich die Expansion des Universums vorzustellen.

Das Universum besteht seit 13,7 Milliarden Jahren. Um diesen riesigen Zeitraum anschaulich zu machen, packt ihn Moore in seinem Buch in einen 24 Stunden dauernden Tag. Um 0 Uhr war der Urknall. Eine Stunde nach Mitternacht erscheinen die ersten Galaxien, um 9 Uhr bildet sich die Milchstrasse, um 16 Uhr unsere Sonne, um 16:00:01 Uhr die Erde. Um 16:30 Uhr entstehen die ersten komplexen Moleküle, der Ursprung des Lebens. Um 23:05 Uhr erscheinen die ersten Tiere, erst um 23:59:59 Uhr, also eine Sekunde vor Ende des Tages, der Homo sapiens. Aber wie geht die Geschichte weiter? Wie lange wird der Mensch noch überleben?

Sie sind überzeugt, dass die Menschheit irgendwann fremde Planeten besiedeln muss, um zu überleben. Das Problem ist nur, dass diese Planeten sehr weit entfernt sind. Der nächste Stern, Alpha Centauri, ist 4,4 Lichtjahre von uns entfernt.

Erst vor wenigen Wochen haben Genfer Astronomen einen Planeten gefunden, der Alpha Centauri umkreist. Mit einem Space Shuttle, unserer schnellsten Rakete, würde es hunderttausend Jahre dauern, um dorthin zu gelangen. Wir verfügen aber bereits über die Technologie, damit ein Raumschiff zehn Prozent der Lichtgeschwindigkeit erreichen kann, was ein Vielfaches der Geschwindigkeit heutiger Raketen ist. Damit wäre man in fünfzig Jahren bei dem Alpha-Centauri-Planeten, also innerhalb eines Lebenszyklus.

Eine der Technologien, die Sie nennen, ist das Segel-Raumschiff. Ein enorm starker Laserstrahl wird von der Erde aus auf das Segel gerichtet, was das Raumschiff antreiben soll. Das tönt wie Science-Fiction.

Laserbetriebene Segelschiffe sind zwar sehr schwierig zu bauen und exorbitant teuer, aber sie funktionieren. Wir wissen, dass Lichtteile (Fotonen) beim Aufprall auf ein Objekt einen winzigen Impuls weitergeben. Der ist so schwach, dass wir ihn nicht spüren können. Die Laser müssten extrem stark sein, gemäss Berechnungen würden sie einen grossen Teil der heutigen Energieproduktion des gesamten Planeten verschlingen. Die Beschleunigung würde sehr langsam vor sich gehen, doch die Geschwindigkeit würde sich laufend erhöhen. Die andere mögliche Technologie, den nuklearen Pulsantrieb, können wir uns besser vorstellen: Man zündet ein paar Atombomben unter dem Raumschiff, die Schockwellen speidieren es dann mit atemberaubendem Tempo zum gewünschten Ziel.

Wer will schon einen grossen Teil seines Lebens in einem Raumschiff verbringen?

Es wird mehr als genug Freiwillige geben. Das Erlebnis, einen Planeten ausserhalb unseres Sonnensystems zu betreten, ist einzigartig. Man würde als herausragender Mensch wahrgenommen.

Sie schreiben, unsere Galaxie zu bevölkern, würde zehn Millionen Jahre dauern.

Wir müssen damit ja noch nicht heute beginnen. Es geht mir darum, das Potenzial zu zeigen, über das die Spezies Mensch verfügt, wenn sie ihre Technik weiterentwickelt. Wenn wir die Fortschritte der letzten Jahrzehnte betrachten, so glaube ich, dass viele Science-Fiction-Autoren die Möglichkeiten der Zukunft sogar untertreiben.

Nebst der Besiedelung fremder Planeten muss auch die Erde geschützt werden, damit unsere Spezies darauf überleben kann. In Ihrem Buch beschreiben Sie die Abwehr von Asteroiden, die auf die Erde zusteuern. Dies ist ein bekanntes Szenario. Weniger bekannt ist, dass man die Erde irgendwann weiter von der Sonne wegschieben muss, da die Sonne immer heisser wird.

Sollte die Menschheit bis dahin überleben, wäre dies tatsächlich eines Tages nötig: In etwa einer Milliarde Jahren ist die Sonne so

heiss, dass das Wasser auf der Oberfläche der Erde verdampft. In der Theorie weiss man, wie so etwas funktionieren könnte.

Wird die Menschheit in zehn Millionen Jahren noch existieren?

Weshalb nicht? Es gibt keinen objektiven Grund, weshalb wir aussterben sollten – ausser wir rotten uns selbst aus. Prekär werden die Lebensverhältnisse erst in ein paar Milliarden Jahren. Was aber stimmt: Viele Tierarten überdauern nicht sehr lange, im Durchschnitt sterben sie in weniger als einer Million Jahren aus. Was sollte aber die Menschheit stoppen, ausser die Menschheit selbst?

Ben Moore ist eine schillernde Figur. Unter dem Namen «Professor Moore» macht der Brite Musik, 2010 tanzte er an der Zürcher Street Parade mit seinen Studenten auf einem eigenen «Urknall-Mobil». Er beriet die Uhrenfirma IWC bei der Entwicklung einer 750 000 Franken teuren Armbanduhr, deren Rückseite einen auf eine beliebige Position einstellbaren, rotierenden Sternenhimmel zeigt.

Seine Vielseitigkeit und sein Talent, Laien für sein komplexes Forschungsgebiet zu begeistern, machen ihn zu einer gefragten Persönlichkeit. Nie gibt er seinen Gesprächspartnern das Gefühl, unklug oder unwissend zu sein. Wenn man einwendet, man verstehe dieses oder jenes nicht, so lacht er und sagt in charmanter Bescheidenheit: «Ich auch nicht.»

Sie sind Astrophysiker, wissen aber auch sehr viel über Neurologie, biologische Evolution und Philosophie. Dieser universale Ansatz ist selten geworden. Ist das ein Problem?

Ja. Für mich ist die Zusammenarbeit sehr wichtig. Wir verfügen zum Beispiel über das Know-how, auf einem der besten Supercomputer der Welt hochkomplexe Vorgänge zu simulieren. Dieses Know-how gebe ich gerne den Neurowissenschaftlern weiter, schliesslich ist das Hirn ähnlich komplex. In der Zusammenarbeit verschiedener Fachrichtungen liegt ein riesiges Potenzial, trotzdem findet sie nur selten statt. Ich habe eine Lösung für das Problem, allerdings eine sehr kostspielige: Ich träume von einem Forschungszentrum in den Schweizer Alpen, wo die weltbesten Wissenschaftler aus verschiedenen Fächern zusammenkommen und an einem bestimmten Problem arbeiten. In den USA gibt es das schon, zum Beispiel das Santa Barbara Center. Es wäre grossartig, so etwas in der Schweiz zu installieren, allerdings kostet ein solches Center etwa hundert Millionen Franken.

Genau der Betrag, den die ETH eben bekommen hat ...

Ja, ich wüsste sehr genau, wie ich das Geld sinnvoll einsetzen könnte.

Sie beklagen, dass nach den alten Griechen, die bereits sehr viel über das Universum

wussten, 1500 Jahre «religiöse Verblendung» folgten, in der alles Wissen verlorenging. Erst in der Renaissance setzten Vernunft, Neugier und damit auch wissenschaftlicher Fortschritt wieder ein. Könnte eine solche dunkle Phase wiederkommen?

Diese Gefahr besteht tatsächlich. In den USA gibt es Schulen, in denen die Evolutionstheorie nicht unterrichtet werden darf. Und in Italien wurden Wissenschaftler eben dafür verurteilt, dass sie ein Erdbeben nicht vorausgesehen haben. Bloss: Ein solches Erdbeben kann man gar nicht voraussehen. Das sind schon beängstigende Vorgänge.

Wie beurteilen Sie die Forschungssituation in der Schweiz?

Wir werden von allen beneidet, besonders in den USA gab es in den letzten Jahren beträchtliche Kürzungen im Forschungsbereich. Die besten Leute der Welt kommen zu uns, das ist für mich natürlich wunderbar. In meinem Bereich, der computergestützten Astrophysik, gehören wir zu den Besten der Welt. Es ist nicht selbstverständlich, dass ein Bereich, der keinen unmittelbaren Nutzen für die Wirtschaft verspricht, dermassen intensiv gefördert wird.

Bringt die Astrophysik tatsächlich keinen Nutzen? Die ganze Atomtechnik stammt doch aus ihrem Bereich.

Oft dauert es Jahre, bis man den Nutzen erkennt. Wir arbeiten aber nicht mit dem Ziel, dass man unsere Forschungsergebnisse gewinnbringend einsetzen kann. Umso wichtiger ist es, dass wir der Gesellschaft die Forschungsergebnisse zugänglich machen in einer Sprache, die die Leute auch verstehen.

Ihre akademische Laufbahn führte Sie via Seattle, Berkeley und Durham (England) nach Zürich, wo sie mit erst 35 Jahren eine neue Forschungsgruppe für Astrophysik ins Leben riefen. Wie kam es dazu?

Die Möglichkeit, eine eigene Forschungsgruppe aufzubauen und dabei auf die besten Leute der Welt zurückgreifen zu können, war eine einmalige Chance. Als ich vor zehn Jahren in Zürich anfang, war ich alleine, mittlerweile arbeiten rund vierzig Leute an unserem Institut, vom Doktoranden bis zum Professor. Die Infrastruktur hier ist grossartig – und man stellte mir Geld zur Verfügung, um einen eigenen Supercomputer zu bauen. Mittlerweile haben wir das Problem, dass die jungen Leute alle hierbleiben möchten. Ich habe einige grossartige Postdoktoranden, die Professuren an Top-Universitäten in aller Welt angeboten bekommen haben, die aber nicht weg wollen. Auch mir geht es so: Vor wenigen Jahren hat mich die Harvard University für eine Professur angefragt – hier ist das Forschungsumfeld und die Infrastruktur viel attraktiver.

Kurz nachdem Moore seine Professur in Zürich angetreten hatte, plante er die Anschaffung eines Supercomputers. Bloss: Ein solches Gerät war unglaublich teuer. Bei einem Bier mit seinem Kollegen Joachim Stadel in der Bar «El Lokal» entschloss sich Moore, selbst eines zu bauen. Noch in der Bar skizzierte Stadel den Entwurf für einen der leistungsfähigsten Rechner der Welt. Kurz darauf schraubte das gesamte Institut einen Computer nach diesen Plänen zusammen. Sieben Jahre lang war die «zBox» im Einsatz. In diesen Wochen wurde der Hochleistungsrechner ersetzt, wieder durch ein selbstkonstruiertes Modell.

Weshalb haben Sie wieder einen Supercomputer selbst gebaut?

Dadurch kostete er nur 750 000 Franken. Hätten wir ihn fertig gekauft, hätte er mindestens eine Million Franken mehr gekostet. Es war grossartig, zu sehen, wie unser

ganzes Team an dem Computer Teile zusammenschraubte. Wir sind alle sehr aufgeregt wegen der neuen Maschine.

Was kann der Computer, was der alte nicht konnte?

Wir können viel grössere und detailreichere Simulationen machen. Die Rechenleistung entspricht etwa jener von 3000 handelsüblichen Personal Computern oder einem Prozent des menschlichen Gehirns. Wir kommen dem Gehirn immer näher ...

Die Computer werden das menschliche Gehirn bald überflügeln.

Ja, sicher. Davor muss man sich aber nicht fürchten. Unheimlich würde es erst, wenn man eine Software entwickeln könnte, damit der Computer auf eine intelligente Weise mit seinem Umfeld in Kontakt treten kann und eine Art Selbstbewusstsein erhält. Ich weiss aber nicht, ob dies je möglich wird. Aber sicher werden wir das Hirn bald mit einem Computer sinnvoll verbinden können.

Selbst wenn wir das Überleben unserer Spezies dank laserbetriebenen Segelschiffen, dem Verbinden des Hirns mit Computern oder anderer Technik verlängern können, irgendwann ist endgültig Schluss. Zehn Billionen Jahre nach dem Urknall werden alle Sterne in unserer Galaxie verglüht sein; es bleiben Kälte und Dunkelheit. Angesichts der Weite des Universums und des riesigen Zeithorizonts erweist sich unser Leben ohnehin als lächerlich unbedeutend. «Deshalb», sagt Moore, «sollte man jeden Augenblick des Lebens in vollen Zügen geniessen.»



Ben Moore

Elefanten im All – Unser Platz im Universum. Kein & Aber. 380 S., Fr. 32.90
www.astroparticle.net



SANTA LUCIA Teatro

In der neuen Santa Lucia Teatro im Schauspielhaus. Finden Sie alle Köstlichkeiten der italienischen Küche. Pasta, Pizza, Risotto, Prosciutto, Scaloppine ...

Und Ausschnitte aus dem grossartigen Lebenswerk. Unserer Freundin und Kunstmalerin Hanny Fries. Wir freuen uns auf Ihren Besuch.

Santa Lucia Teatro | Rämistrasse 32 | 8001 Zürich
T 044 262 04 44 | www.bindella.ch