



## Quarks & Co

### Sternengeflüster

Autoren:

Heinz Greuling, Ulrich Grünewald, Juri Klebanov, Daniel Münter,  
Corinna Sachs, Silvio Wenzel

Redaktion:

Monika Grebe / Wolfgang Lemme

Seit jeher blicken die Menschen in den Himmel. Und seit jeher beflügelt dieser Anblick ihre Phantasie und ihren Forschergeist: Nach welchen Gesetzen bewegen sich die Planeten und die Sterne? Welchen Platz nehmen die Erde und ihre Bewohner im Kosmos ein? Und wo liegt das Ende unseres Universums?

Ranga Yogeshwar „fliegt“ selber zum Mond und beweist, dass Apollo 11 mit Sicherheit auf unserem Erdtrabanten gelandet ist.

Außerdem geht **Quarks & Co** folgenden Fragen nach: Wie viele Planeten haben wir eigentlich? Wie sind die Sterne entstanden? Warum hatten die Menschen jahrhundertlang Angst vor Kometen? Was ist eine Galaxie? Welche Form hat die Milchstraße? Was sind die so genannten Wurmlöcher? Und gibt es wirklich Parallel-Universen?

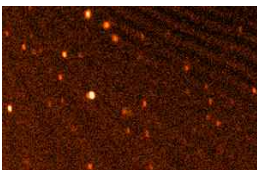
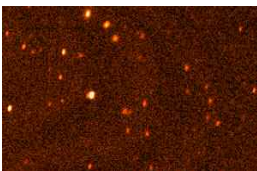
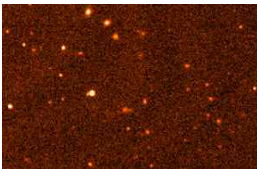
**Quarks & Co** nimmt Sie mit in die Unendlichkeit des Alls und reist durch die Geschichte der Astronomie: von den alten Babyloniern, die schon 500 Jahre v. Chr. den Sternen einen Namen gaben, bis zu den modernsten Teleskopen.

## Der 10. Planet

### Wie viele Planeten gibt es im Sonnensystem?



Sieht so der 10. Planet im Sonnensystem aus?



Auf diesen drei Aufnahmen wurde 2003UB313 entdeckt. Es ist der einzige Lichtpunkt der sich von Aufnahme zu Aufnahme bewegt (Rechte: Michael Brown, CALTECH)

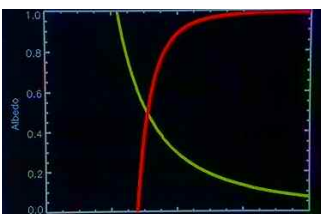
Die meisten Planeten in unserem Sonnensystem sind als helle Punkte mit bloßem Auge am Nachthimmel zu sehen und daher schon seit Jahrtausenden bekannt. Die drei, die am weitesten entfernt sind - Uranus, Neptun und Pluto - wurden erst mit Hilfe von Teleskopen entdeckt, zuletzt war es der Pluto im Jahr 1930. Er ist am weitesten von der Sonne entfernt und dazu der kleinste Planet unseres Sonnensystems. Seitdem steht jedenfalls fest, dass es neun Planeten gibt, das lernt jedes Kind in der Schule. Es gibt dazu einen Spruch als Eselsbrücke, mit dem man sich die Namen, die Anzahl und die Reihenfolge der Planeten merken kann: „**M**ein **V**ater **e**rkält **m**ir **j**eden **S**onntag **u**nsere **n**eun **P**laneten.“ Die Anfangsbuchstaben **M, V, E, M, J, S, U, N** und **P** entsprechen den Anfangsbuchstaben der Planeten: **M**erkur, **V**enus, **E**rde, **M**ars, **J**upiter, **S**aturn, **U**ranus, **N**eptun, **P**luto. Doch vielleicht müssen die Kinder sich bald einen neuen Namen merken - denn es könnte noch ein Buchstabe dazukommen: Wissenschaftler sind dem 10. Planeten auf der Spur.

### Neuer Planet entdeckt?

Der Astronom Michael Brown vom California Institute of Technology in den USA sucht seit Jahren nach Objekten in unserem äußeren Sonnensystem, und zwar jenseits des Pluto. Auf einer Serie von drei Aufnahmen entdeckte er im Januar 2005 einen Lichtpunkt, der sich bewegt. Der Himmelskörper bekam den etwas unhandlichen Namen 2003UB313. Und aus seinen Positionen berechnete Brown mit Hilfe der Gravitationsgesetze die Umlaufbahn. Sie ist fast doppelt so groß wie die des Pluto. Rund 560 Jahre braucht das Objekt für einen Umlauf um die Sonne, ein Jahr auf dem 2003UB313 dauert also 560 Erdenjahre. Viele Wissenschaftler vermuten, dass es sich um einen bisher unbekanntem Planeten handeln könnte.

### Größer als der Pluto

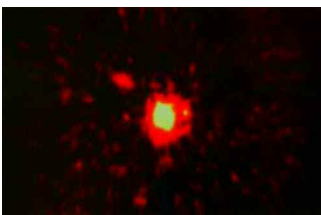
Um diese Vermutung zu bestätigen, haben sie die Größe des Objektes bestimmt. Das ging allerdings nicht so einfach, denn im Gegensatz zu anderen Planeten, etwa Jupiter oder Saturn, bleibt der 2003UB313 auch durch ein leistungsfähiges Teleskop betrachtet nur ein einzelner Lichtpunkt. Man sieht ihn nicht als Scheibe und konnte daher auch nicht ohne weiteres seinen Durchmesser bestimmen. Astronomen um den Bonner Professor Frank Bertoldi haben dennoch eine Möglichkeit dazu gefunden: Sie haben eine spezielle wärmeempfindliche Kamera entwickelt, die mit dem 30-Meter-IRAM-Radioteleskop in Südspanien verbunden wird. Damit können sie die Wärmestrahlung messen, die der 2003UB313 abstrahlt. Diese Daten kombinieren sie dann mit Messungen des reflektierten, sichtbaren Lichts. Das Ergebnis: Der



Aus den Kurven des reflektierten sichtbaren Lichts und der Wärmestrahlung können Astronomen den Durchmesser des mutmaßlichen Planeten bestimmen. (Rechte: Frank Bertoldi, Uni Bonn)

2003UB313 hat einen Durchmesser von rund 3100 Kilometern. Er ist damit um fast ein Viertel größer als der Pluto. Das Lichtspektrum verrät Frank Bertoldi außerdem, dass seine Oberfläche leicht rötlich und mit einer Eiskruste aus Methan überzogen ist.

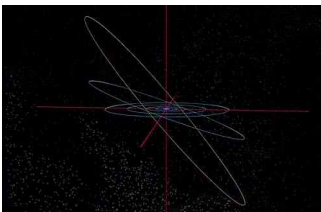
### Das Objekt hat einen Mond



Die Aufnahme des Keck-Teleskops zeigt den Mond von 2003UB313 (Rechte: W.M. Keck Observatory, Hawaii)

Am 10. September 2005 meldeten Astronomen eine weitere Entdeckung: Auf einer Aufnahme des Keck-Observatoriums auf Hawaii, des größten irdischen Teleskops, ist ein weiterer kleiner Lichtpunkt zu sehen, der sich zusammen mit dem 2003UB313 bewegt. Es scheint also, als habe der neu entdeckte Planet auch einen Mond!

### Die Planetenzahl könnte sich bald verändern



Umlaufbahn des „neuen Planeten“ (Rechte: WDR)

Doch ist das Objekt 2003UB313 tatsächlich der 10. Planet in unserem Sonnensystem? Was ist überhaupt ein Planet? Bisher hat man einfach alle Objekte, die um die Sonne kreisen, kugelförmig sind und eine gewisse Größe haben, als Planeten bezeichnet. Nach dieser Definition müsste der neue Stern also ein Planet sein. Auf der anderen Seite gibt es aber auch Unterschiede: Fast alle Planeten haben eine nahezu kreisförmige Bahn um die Sonne und liegen praktisch auf einer Ebene. Die Bahn von 2003UB313 ist dagegen sehr elliptisch und stark gegenüber den üblichen Bahnebenen geneigt. Pikant ist, dass die Bahn des Pluto genau zwischen diesem neuen Objekt und denen der andern acht Planeten liegt. Man könnte also sagen, dass auch Pluto kein echter Planet ist, zumal er vergleichsweise klein ist. Einige Wissenschaftler wollen ihm diesen Status daher tatsächlich aberkennen. Die Diskussion dauert an, und noch hat sich die Internationale Astronomische Union nicht für eine Planetendefinition entschieden. Auch der Name des neuen Sterns steht noch nicht fest, bei der Kombination aus Zahlen und Buchstaben wird es nämlich nicht bleiben. Doch eines scheint zurzeit absehbar: Entweder wir haben in unserem Sonnensystem zehn oder sogar mehr Planeten, oder die Zahl schrumpft auf acht.

Ulrich Grünewald

## Der Stern von Bethlehem

### Ein astronomischer Historienkrimi



So sah der südwestliche Winterhimmel zur Zeit der Geburt Jesu aus

Auf die Frage „Wann wurde Jesus geboren?“ werden die meisten antworten: „Klar, zu Weihnachten, am 25. Dezember, im Jahre Null!“ Doch das ist nicht der wahre Geburtstag des Messias - es war der 12. November im Jahre 7 vor Christus! So jedenfalls lautet die Antwort ernst zu nehmender Astronomen und Historiker auf die Frage nach dem Geburtsdatum Jesu. Wer's nicht glaubt, lasse sich von **Quarks&Co** mitnehmen auf einen astronomischen Historienkrimi.

### Der Tag der unbesiegten Sonne

Warum eigentlich der 25. Dezember? Dazu muss man wissen, dass beim Weihnachtsfest die frühen Kirchenväter eindeutig die Hand im Spiel hatten. Die Christen feierten die Geburt ihres Erlösers nämlich keineswegs von Anfang an - ganz im Gegensatz zum Osterfest, das an den Tod und die Auferstehung Jesu erinnert und auf das jüdische Passahfest fällt: Jesus wurde nach biblischem Zeugnis am Freitag vor einem Passah, dem ersten Frühlingsvollmond, in Jerusalem gekreuzigt. Das Osterdatum hat also einen direkten Bezug zu den Berichten über das Leben des Jesus von Nazareth. Doch die Feier seines Geburtstages wurde erst im dritten Jahrhundert in der römischen Kirche eingeführt, selbstverständlich durch einen. Und es verdrängte ein heidnisches Winterfest: Am 25. Dezember feierten die Römer in der Spätantike den herannahenden Sieg der Sonne über den Winter. „Sol invictus“ - die unbesiegte Sonne - war für die frühen Christen natürlich Christus selbst, die „Sonne der Gerechtigkeit“, wie es beim Propheten Maleachi heißt. Das erklärt den Bezug zum 25. Dezember: Unser Weihnachtstermin beruht also auf einer bewussten Setzung und nicht auf einem konkreten Geburtsdatum.

### Das Jahr Null gibt es gar nicht

Zwar keine willkürliche Setzung, sondern eher ein historisches Missverständnis ist das Jahr Null - denn das gibt es gar nicht. Wenn man im Kalender rückwärts zählt, dann kommt vor dem Jahr Eins nach Christus sofort das Jahr Eins vor Christi Geburt. Eine Null dazwischen existiert nicht. Die Zählung unseres Kalenders - also die Jahre nach Christi Geburt - ist auch noch nicht so alt: Erst im Jahre 525 nach der heutigen Zeitrechnung hat sich ein gelehrter Mönch in Rom, Dionysius Exiguus, daran gemacht, aus allen verfügbaren Quellen das wahrscheinlichste Geburtsdatum Jesu zurückzurechnen. Seither gilt er als Begründer der christlichen Zeitrechnung - doch bei solchen Unternehmen sind Fehler unvermeidlich. Schon das legt nahe, dass Jesus in einem Jahr vor Christi Geburt - so absurd es klingt - geboren sein könnte. Und vieles spricht tatsächlich dafür.

## Astronomen und die Sterne aus der Bibel

Die im neuen Testament überlieferte Weihnachtsgeschichte hat Historikern und Astronomen jede Menge Stoff zum Knobeln gegeben. Es ist die Erzählung von Krippe und Stall, von den Hirten, den drei Königen und dem Stern von Bethlehem. Jahrhunderte lang fragten sich Forscher, ob es nicht möglich wäre, aus diesen – zugegeben spärlichen – Angaben das Geburtsdatum Jesu genau zu bestimmen. Schließlich ist dabei von einem spektakulären Himmelschauspiel die Rede! Und ausgestattet mit den Segnungen der mathematischen Kunst, glaubten sie, das Bild des Himmels von damals zurückrechnen zu können und dabei auf auffällige Ereignisse zu stoßen. Die Liste der ernst zu nehmenden Wissenschaftler, die das versuchten, verzeichnet fast alle, die in diesem Metier Rang und Namen haben, darunter Johannes Kepler, den deutschen Astronom, Edmond Halley, den englischen Kometenforscher, oder Isaac Newton, das Physikgenie.

### Es begab sich aber zu der Zeit...



So liest sich der griechische Text des Matthäusevangeliums: Wir haben Seinen Stern aufgehen sehen...

Ab hier wird die Geschichte wirklich spannend. Denn mit etwas Kombinationsgabe lassen sich aus verschiedenen Bibelstellen historische Hinweise herauslesen, die sehr konkret sind und Anknüpfungspunkte für weiteres Knobeln geben. Wer's nachschauen will, lese selbst die ersten Verse im zweiten Kapitel des Matthäusevangeliums. Hier steht folgendes:

*„Als Jesus zur Zeit des Königs Herodes in Bethlehem in Judäa geboren worden war, kamen Sterndeuter aus dem Osten nach Jerusalem und fragten: Wo ist der neugeborene König der Juden? Wir haben Seinen Stern aufgehen sehen und sind gekommen, um Ihm zu huldigen.“*

Es ist von vielem die Rede: von Sterndeutern, Magiern oder Weisen aus dem Osten. Man könnte auch Wissenschaftler, Gelehrte oder Astronomen sagen - die Volksfrömmigkeit hat aus ihnen drei Könige gemacht. Dann ist vom Aufgehen eines Sterns die Rede. Und wir hören von einem König Herodes – und genau dieser Herodes ist eine verbürgte historische Gestalt. Aus nichtbiblischen Quellen erfahren wir von ihm nichts Gutes: Machthungrig und von Roms Gnaden auf dem Thron, hatte er jeden, der ihm gefährlich werden konnte, brutal beseitigen lassen, sogar zwei seiner Söhne ins Gefängnis geworfen. Von diesem Herodes I. wissen wir sicher, dass er im März des Jahres 4 vor Christus in Jericho gestorben ist. Und aus dem Lukas-Evangelium wissen wir von der berühmten Steuer-Einschreibung unter dem Statthalter Quirinus – die, die Josef dazu veranlasste, mit seiner schwangeren Braut Maria zu seinem Geburtsort Bethlehem zu ziehen. Nach den Verzeichnissen der römischen Beamten war dieser Publius Sulpicius Quirinus einer der Konsuln im Jahre 12 vor Christus. In diesem Zeitraum, nach realistischen Schätzungen also zwischen etwa 8 bis 4 vor Christus, kann Jesus also nur geboren worden sein.

## Auch die Chinesen haben einen Stern gesehen

Wenn die Erzählung der Bibel stimmt, müsste also kurz vor unserer Zeitenwende ein besonderer Stern am Himmel erschienen sein. Und hier beginnt der astronomische Teil unserer Weihnachtsgeschichte. Es gab nämlich eine Erscheinung kurz vor der Zeitenwende, die vielen frühen Astronomen schon aufgefallen ist. Es war der Komet Halley. Viele vermuteten, dieser Komet könnte der Stern von Bethlehem gewesen sein. Auch der Entdecker dieses Sterns, Edmond Halley, glaubte das. Der Halleysche Komet erscheint etwa alle 76 Jahre, so auch vor ungefähr 2000 Jahren – es gibt sogar Aufzeichnungen aus China, die das Himmelsphänomen damals verzeichnet haben. Doch hält man sich an die verbürgten historischen Hinweise aus der Bibel, kann das nicht der Stern von Bethlehem gewesen sein. Der Halley erschien dafür etwas zu früh, nämlich zwischen August und Oktober im Jahre 12 vor Christus.

## Babylonische Tontafeln verraten das Geheimnis



Eine der Tontafeln des britischen Museums, die genau die Dreierbegegnung am Himmel zur Zeit Jesu verzeichnet (Nachbildung)

Das spricht für eine andere Lösung, und der Erste, der sie vorgeschlagen hat, war Johannes Kepler. Doch erst heute fügen sich alle Details des Puzzles zu einem Bild. Dazu gehören auch einige kleine Tontafeln, die heute im britischen Museum in London aufbewahrt werden – zweitausend Jahre alte Aufzeichnungen babylonischer Astronomen. Johannes Kepler jedenfalls vermutete eine spektakuläre Planetenkonstellation am Himmel, eine Konstellation, so außergewöhnlich und selten, dass sie von babylonischen Astronomen sicher beobachtet und gedeutet worden sein könnte. Er tippte auf ganz nahe Vorübergänge der beiden Planeten Jupiter und Saturn am Himmel – so nahe, dass die beiden hellen Sterne fast zu einem Lichtpunkt verschmelzen. Diese so genannten Konjunktionen sind äußerst selten; aber sie wurden tatsächlich – und hier kommen die Tontafeln ins Spiel – von babylonischen Astronomen vorausgerechnet und beobachtet. Ganz besonders selten sind Konjunktionen, die dreimal kurz hintereinander stattfinden – die letzte Dreierbegegnung fand 1980/1981 statt; die nächste wird sich 2238 am Himmel wiederholen.



So sahen die Babylonier den Sternenhimmel im November 7 vor Christus in südwestlicher Richtung. Die beiden Planeten Jupiter und Saturn stehen im Sternbild Fische – ein Sternbild, so wie wir es auch heute noch kennen

## Das himmlische Jerusalem im Sternbild der Fische

Kepler berechnete das Jahr 7 vor Christus für die spektakuläre Konjunktion. Und genau so ist es, zusammen mit vielen anderen Details, auf den Tontafeln des Britischen Museums vermerkt, in Keilschrift fein säuberlich aufgelistet: drei Konjunktionen am 15. März, 20. Juli und 12. November im Jahre 7 vor Christus, und zwar jeweils im Sternbild Fische. Und mit dieser Dreierbegegnung könnten die drei Weisen aus dem Morgenland – Babylon – zu tun haben. Wichtig für Astronomen damals war aber nicht die bloße Beobachtung, sondern eine Deutung des Himmelsschauspiels. Für sie waren Planeten keine Himmelskörper, sondern Götter, und der Himmel die direkte Entsprechung der Geschehnisse auf der Erde. Jupiter, dieser hell glänzende Stern, der im Winter wieder in südwestlicher Richtung eindrucksvoll zu sehen ist, stand für den höchsten babylonischen Gott Marduk – er war

der Stern schlechthin. Saturn entsprach dem Kajmanu, einem Wandelstern, der immer nur mit dem König von Israel in Verbindung gebracht wurde. Dieser Kajmanu taucht sogar in der Bibel auf, nämlich unter seinem aramäischen Namen Kewan im Buch Amos (Am 5,26) und im Neuen Testament als Romfa in der Apostelgeschichte (Apg 7,43). Und eben dieser Saturn stand auch noch im Sternbild Fische, dem himmlischen Ort des Landes Israel. Für die babylonischen Astronomen war also klar: Jetzt ist in Israel ein neuer König geboren und der König von Babylon soll hingehen, um ihm zu huldigen.

### **Babylonische Sterndeuter in Jerusalem**

Von hier ab häufen sich die Übereinstimmungen so sehr, dass eigentlich kein Zweifel mehr bestehen kann. Denn die Babylonischen Gelehrten haben, das beweisen die Tontafeln, schon die erste Konjunktion der Planeten Jupiter und Saturn gesehen. Wenn sie dann ihren König darüber informiert haben, was sich da am Himmel abspielte, dann hätten sie ab dem 15. September, dem ersten Abendgang der Planeten am Himmel von Babylon, die Stadt auf Kamelen, wie damals üblich, verlassen können. Im Osten hätten sie dann die beiden Planeten superhell am Himmel gesehen - und für die Reise gerade genug Zeit gehabt, um vor dem 12. November in Jerusalem anzukommen, dem von ihnen schon voraus berechneten letzten und dritten Zusammentreffen der Sterne. Ihre Ankunft in Jerusalem wäre sicher eine Sensation gewesen - zumal die Stadt vor Gerüchten überkochte.

### **Als Jupiter und Saturn sich kreuzten**

Herodes war bekanntlich nicht erfreut darüber, dass ein unbekannter Thronanwärter auftauchte. Für seine Schriftgelehrten dürfte aber auch klar gewesen sein, wo dieser Jemand zu suchen wäre: in Bethlehem, einer Stadt kaum 10 Kilometer südlich von Jerusalem. Angenommen, die Delegation aus Babylon wäre am 12. November rechtzeitig angekommen, dann müsste sie Zeuge eines denkwürdigen Schauspiels am Himmel gewesen sein: ungefähr in 50 Grad Höhe über dem Horizont, fast genau in Richtung des Weges, den sie ritten, zog ihnen ein heller Stern voran.

Im Matthäus-Evangelium steht es:

*„... und sie machten sich auf den Weg. Und der Stern, den sie hatten aufgehen sehen, zog vor ihnen her bis zu dem Ort, wo das Kind war; dort blieb er stehen. Als sie den Stern sahen, wurden sie von sehr großer Freude erfüllt.*

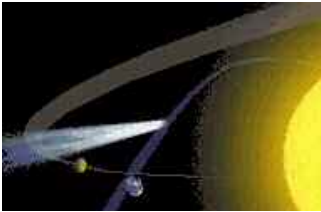
*Sie gingen in das Haus und sahen das Kind und Maria, seine Mutter; da fielen sie nieder und huldigten ihm. Dann holten sie ihre Schätze hervor und brachten ihm Gold, Weihrauch und Myrrhe als Gaben dar.“*

Ob die Weisen aus dem Morgenland ihn gefunden haben, den „König der Juden“, das steht nicht auf den Tontafeln des Britischen Museum, so lesen wir es nur in der Bibel. Ob es sie überhaupt gegeben hat – auch das wissen wir nicht. Nur eines wissen wir sicher: „Sein Stern“ ging auf am 12. November im Jahre 7 vor Christus.

Heinz Greuling

## Der Halleysche Komet

### War er der Weihnachtsstern?



Bahn des Halleyschen Kometen

Jahrhunderte lang haben Gelehrte und Astronomen versucht, für den Stern von Bethlehem eine wissenschaftliche Erklärung zu finden - hat es diese Himmelserscheinung wirklich gegeben? Ist sie vielleicht mit bekannten Phänomenen zu erklären? Einer der am meisten diskutierten Lösungsversuche verweist auf den Halley'schen Kometen. Der erscheint etwa alle 76 Jahre und ist recht spektakulär - er zischt recht nahe an der Erde vorbei, ist mit bloßem Auge zu sehen und hat einen beeindruckenden Kometenschweif. War er der Stern, der die drei Weisen aus dem Morgenland nach Bethlehem geleitet hat? Heute schließen Wissenschaftler das mit Sicherheit aus. Denn die Bahn und damit die periodische Wiederkehr dieses Kometen ist sehr gut bekannt. Und genau deswegen kann es Halley nicht gewesen sein. Denn in dem Zeitraum, den Historiker für die Geburt des Jesus von Nazareth ermittelt haben, war Halley gerade weit weg von der Erde im Sonnensystem unterwegs. Trotzdem hat dieser Stern eine interessante Geschichte - denn mit der wissenschaftlichen Berechnung seiner Bahn wurden die Kometen entzaubert.

### Rätsel am Himmel

Über Jahrtausende hatte man sie für Vorboten von Unglück und Katastrophen, auf jeden Fall aber für ein besonderes Himmelszeichen gehalten. Das galt bis zur Mitte des 16. Jahrhunderts - bestenfalls hielten sich die eher rational orientierten Zeitgenossen an Aristoteles: Nach seiner Interpretation aus dem vierten Jahrhundert vor Christus waren Kometen atmosphärische Phänomene. Schlechte und giftige Gase würden der Erde entweichen, aufsteigen und sich in großer Höhe entzünden, vermutete der griechische Philosoph.

### Kometen als Unglücksboten



Einblattdruck zum Kometen 1556  
(Rechte: akj)

Weitaus verbreiteter aber war die Deutung von Kometen als schlechtes Omen oder als Zeichen für eine bevorstehende Strafe Gottes für das sündige Leben der Menschen. Im Jahr 1066 n. Chr. hatte der Komet, der später der Halley'sche Komet genannt werden sollte, einen großen Auftritt. Er tauchte im Frühjahr auf - zu einer Zeit der politischen Instabilität. Harold der Zweite hatte in England den Thron bestiegen. William der Eroberer überquerte daraufhin mit seinem Heer den Ärmelkanal, um Harold herauszufordern. Harold fiel in der Schlacht von Hastings und viele Menschen sahen sich in der Deutung des Kometen als Unheilsbringer bestätigt. Besonders im 16. und 17. Jahrhundert grassierte die Kometenangst - angefacht von illustrierten Flugblättern, die Kometen für Erdbeben, Dürre und Hungersnot verantwortlich machten. Selbst der Reformator Martin Luther - ein erklärter Gegner der Astrologie - meinte: „Die Heiden schreiben, dass Kometen von natürlichen Ursachen kommen, aber Gott schafft keinen, der nicht sicheres Unglück anzeigen würde.“

## Wegbereiter der Wissenschaft

Doch im Jahr 1577 machte der dänische Astronom Tycho Brahe den ersten großen Schritt hin zu einer wissenschaftlichen Betrachtung der Kometen. Er beobachtete die Bahn eines Kometen im Jahr 1577 sehr akribisch und verglich seine Messungen mit denen eines Kollegen aus Prag. Aus diesem Vergleich schloss er richtig, dass die Bahn des Kometen deutlich weiter entfernt von der Erde verlaufen musste als die des Mondes. Die Deutung als atmosphärisches Phänomen aus brennenden Gasen war damit widerlegt.



Edmond Halley (1656-1743)  
(Rechte: akg)

Der Durchbruch in der Kometenforschung kam rund hundert Jahre später mit den beiden englischen Astronomen Edmond Halley und Isaac Newton. Im Jahr 1687 veröffentlichte Newton eines der wichtigsten Bücher der Wissenschaftsgeschichte: seine „Principia“. In diesem Buch formulierte er zum ersten Mal das Gesetz der Schwerkraft. Dieses Naturgesetz beschreibt die gegenseitige Massenanziehung aller Körper. So konnte Newton nicht nur auf einfache Art die Bahnen der Planeten um die Sonne erklären, sondern auch die Bewegung der Kometen. Newtons Freund und Kollege Edmond Halley übernahm die Fleißarbeit: Er machte sich an die Bahnberechnung von 24 historischen Kometen. Im Laufe dieser Rechnungen bemerkte er, dass drei Kometen der Jahre 1531, 1607 und 1682 n. Chr. auffallend ähnliche Bahnen besaßen. Er schloss daraus, dass es sich jedes Mal um den gleichen Kometen gehandelt haben musste und sagte die Wiederkehr der Himmelserscheinung für das Jahr 1758 voraus.

## Halley kehrt zurück

Edmond Halley hat die Rückkehr seines Kometen nicht erlebt, er starb um das Jahr 1742 lange vor dem berechneten Zeitpunkt. Doch ein großer Kreis der gebildeten Zeitgenossen wartete gespannt auf das Erscheinen des Kometen. Überraschenderweise war es dann ein Amateur, der im vorausgesagten Jahr melden konnte, dass der Engländer Recht hatte: Der sächsische Bauer und Hobbyastronom Johann Georg Palitzsch erspähte den Halleyschen Kometen am 25. Dezember 1758. Es war ein Triumph für die Wissenschaft, der endgültige Beweis für Newtons Theorie – und die Kometen waren endgültig entzaubert. Newton und Halley hatten ihnen einen festen Platz im Spiel der Himmelskörper zugewiesen.

Daniel Münter

# Mondrätzel

## Waren die Amerikaner wirklich auf dem Mond?

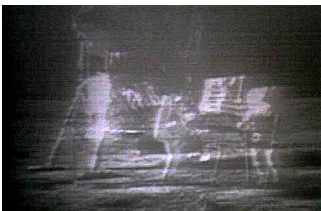
Am 21. Juli 1969 betrat der Amerikaner Neil Armstrong als erster Mensch den Mond. Damit gewann Amerika den Wettlauf im All gegen die Sowjetunion. Doch bis heute glaubt bis zu einem Drittel der Amerikaner, dieser erste Schritt habe nicht auf dem Mond, sondern in einem geheimen Filmstudio in Hollywood stattgefunden! Obwohl über 500 Millionen Zuschauer die Landung der Apollo-11-Mission live im Fernsehen verfolgt haben, fällt es der NASA schwer, stichhaltige Beweise für die Mondlandung zu liefern. Die Zahl der Zweifler wächst, und immer wieder stoßen sie auf neue Ungereimtheiten – ein Überblick über ihre Zweifel und über die Erklärungsversuche, die die NASA dagegen setzt.

### 1. Die Fahne

#### Was die Zweifler sagen:

Auf den Fernsehbildern und Fotos weht die US-Flagge; dabei gibt es auf dem Mond keine Atmosphäre und folglich auch keinen Wind.

**Wie es die NASA erklärt:** Die Fahne schwingt noch vom Einschlag des Fahnenmastes in den harten Boden. Damit sie nicht schlaff herunter hängt, ist die Flagge oben durch eine waagerechte Aluminiumstange verstärkt. Die Fahne bewegt sich länger als auf der Erde, weil es auf dem Mond keine Atmosphäre gibt: ohne Atmosphäre keine Luft und ohne Luft keine abbremsende Reibung.



Bewegende oder bewegte Bilder?

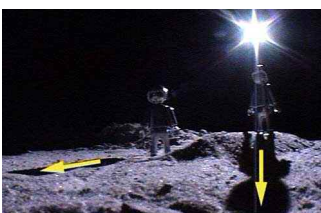
### 2. Die Schatten

**Was die Zweifler sagen:** Auf vielen Aufnahmen der Mondlandung werfen die Astronauten Schatten in verschiedene Richtungen. Die Sonne als alleinige Lichtquelle auf dem Mond dürfte jedoch nur Schatten in eine Richtung hervorrufen. Die Zweifler glauben daher, dass die Aufnahmen in einem Filmstudio unter dem Licht mehrerer Scheinwerfer gemacht wurden.

**Wie es die NASA erklärt:** Das ist nur eine optische Täuschung. Auf dem Mond gibt es viele Bodenwellen. Da die Sonne zum Zeitpunkt der Landung niedrig stand, wurden die Schatten durch die Bodenwellen scheinbar in unterschiedliche Richtungen gelenkt. Andere Bilder sehen so aus, als ob die Schatten in der Mitte zusammen laufen. Doch dieser Effekt entsteht durch ein starkes Weitwinkelobjektiv. Deshalb sieht man sogar den Schatten des fotografierenden Astronauten.



Für die Zweifler ein Beweis – für die NASA optische Täuschung



Im Studio nachgestellt: Eine Lichtquelle – zwei verschiedene Schatten!

### 3. Der Staub

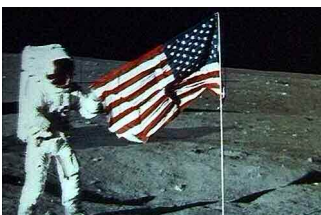


Mondfahrzeug

**Was die Zweifler sagen:** Der aufgewirbelte Staub rieselt genau so schnell wieder auf die Mondoberfläche zurück wie auf der Erde. Da auf dem Mond jedoch nur ein Sechstel der Anziehungskraft der Erde herrscht, müsste der Staub eigentlich viel langsamer zu Boden schweben.

**Wie es die NASA erklärt:** Auf den Staub wirken zwei physikalische Phänomene, die sich gegenseitig aufheben: Zum einen ist die Anziehungskraft des Mondes geringer als auf der Erde: Der Staub müsste also langsamer zu Boden fallen. Zum anderen gibt es auf dem Mond keine Atmosphäre, die den Staub bremst. Beide Phänomene gleichen sich letztlich aus. Deshalb fällt der Staub auf dem Mond fast genau so schnell wie auf der Erde.

### 4. Fotos ohne Sterne



Sterne nur auf der US-Flagge

**Was die Zweifler sagen:** Auf keinem der Mondlandungsfotos sind Sterne am Himmel zu sehen.

**Wie es die NASA erklärt:** Für die Sterne reicht der Kontrastumfang der Filme nicht aus. Um die Sterne am Himmel auf Film zu bannen, hätte man so lange Belichtungszeiten wählen müssen, dass die Astronauten völlig überbelichtet gewesen wären.

### 5. Überreste der Mondlandungen



Für Teleskope und Satelliten noch unsichtbar

**Was die Zweifler sagen:** Moderne Teleskope oder Satelliten hätten schon längst die Hinterlassenschaften der Astronauten auf dem Mond entdecken müssen. Spionagesatelliten können sogar schon Nummernschilder auf der Erde fotografieren.

**Wie es die NASA erklärt:** Der Mond ist dafür zu weit weg: Sein Abstand zur Erde beträgt mindestens 360.000 Kilometer. Selbst neueste Teleskope können bei dieser Entfernung nur Gegenstände von der Größe eines Einfamilienhauses erkennen. Auch Satelliten kommen nicht nah genug an den Mond heran, um etwa die Reste der Mondlandefähre oder das Mondauto zu entdecken.



Keine Angst vor Krankheitserregern vom Mond?

**Weitere Argumente der Zweifler:** Im Funkverkehr waren die Pausen nicht lang genug! Die Astronauten und die Zentrale in Houston unterhielten sich in fast normalem Tempo miteinander. Aufgrund der Entfernung zwischen Mond und Erde kommt ein Satz jedoch erst nach rund 1,3 Sekunden an. Die Antwort braucht zurück genau so lange. Also müsste die Verzögerung ungefähr drei Sekunden betragen.

**Die NASA erwidert auf diesen Einwand,** dass die Kommunikation sehr wohl verzögert war. Das kann man auf den NASA Seiten selbst überprüfen.

Die Astronauten kamen genauso munter und fröhlich winkend wieder an, wie sie losgeflogen waren, obwohl härteste Strapazen hinter ihnen lagen. Nach ihrer Ankunft sollten die Astronauten für drei Wochen in Quarantäne gehen, weil die NASA Angst vor fremden Krankheitserregern vom Mond hatte. Auf dem Weg dorthin liefen sie ganz dicht an leichtbekleideten Menschen vorbei: Äußerst leichtsinnig für Astronauten, die die NASA als mögliche Träger gefährlicher und ansteckender Krankheitserreger eingestuft hatte.

**Die Zweifel hören nicht auf, endlos ist die Reihe der Vermutungen:** Da die Mondfähre auf der Erde nie funktioniert habe, sei sehr fragwürdig, sagen die Zweifler, wie die NASA ein solch unsicheres Fahrzeug auf dem Mond habe einsetzen können. Und dort funktionierte es dann sogar einwandfrei – ohne jeden Fehler!

Das Mondauto Rover sei mit 32 Kilo zu leicht für den Mond gewesen: Bei einem Sechstel der Erdanziehung habe es eine zu geringe Haftung, um damit auf dem Mond zu fahren oder gar zu bremsen.

#### **Andere Fragen der Zweifler lauten:**



Einen eindeutigen Beweis zu erbringen, ist schwierig!

Wie kamen die Astronauten durch die radioaktive Strahlung des Van-Allen-Gürtels? Wie überstanden die Filme in den Fotoapparaten die unglaublichen Temperaturschwankungen von +130 bis -180 °C unbeschadet?

Bis heute beschäftigen all diese Fragen auch die NASA-Historiker - sie suchen ebenfalls nach einem eindeutigen Beweis für die Mondlandung. Die NASA wollte sogar ein Buch herausbringen, um alle Zweifel endgültig zu beseitigen, der renommierte Weltraumautor James Oberg sollte es schreiben. Allerdings ging sein Vertrag mit der NASA in die Brüche - aus welchem Grund wurde nicht bekannt.

Corinna Sachs

## Das Licht der Sterne

### Astronomen entziffern Botschaften der Sterne

Binahe alles, was wir heute über das Universum wissen, wissen wir vom Licht der Sterne. Denn aus dem Licht, das die Himmelskörper zum Teil vor langer Zeit ausgesandt haben, erfahren Astronomen etwas über Bewegung, Temperatur, und Dichte der Sterne, sogar über ihre chemische Zusammensetzung und mehr. Jeden Stern ordnen die Wissenschaftler einer bestimmten Kategorie zu, der so genannten Spektralklasse.

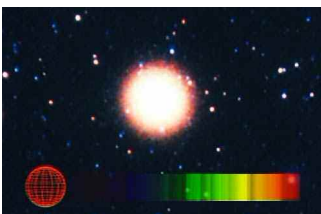
### Die Farbe



Der Stern Rigel im Sternbild des Orion hat eine Oberflächentemperatur von 15.000 Grad. Das ist schon ziemlich heiß – der Rigel leuchtet bläulich

Wie heiß ein Stern ist, lässt sich aus seinem Farbspektrum ermitteln. Das gilt übrigens nicht nur für Sterne, sondern für alle heißen Objekte, wie man im Alltag beobachten kann: ein glühender Draht leuchtet erst rot, dann gelb, dann weiß und schließlich bläulich. Dieses Licht lässt sich ebenso wie das Licht der Sterne mit einem Spektrometer in seine Bestandteile aufspalten. So kann man auch die Temperatur der Sterne bestimmen – je heißer ein Stern ist, desto stärker sind die blauen Anteile in seinem Spektrum. Bei kühleren Sternen dominiert dagegen der Rotanteil.

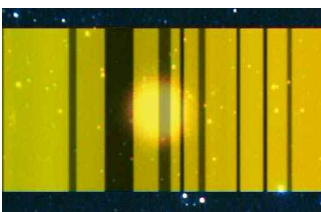
### Die Leuchtkraft



Der Stern Beteigeuze hat eine Oberflächentemperatur von 3.000 Grad und leuchtet rötlich

Wie stark der Stern strahlt, erlaubt Rückschlüsse auf seine Masse. Für die meisten Sterne gilt die Faustregel: Je heller, desto schwerer und heißer. Es gibt aber auch Ausnahmen von dieser Regel: Der gut sichtbare Beteigeuze, ebenfalls im Sternbild des Orion zu finden, ist zum Beispiel 60.000mal heller als die Sonne - aber nur halb so heiß. Man nennt Sterne seines Typs „Rote Riesen“. In der Astronomie ist es üblich, die Sterne in ein so genanntes „Hertzsprung-Russel-Diagramm“ einzutragen. Dieses Diagramm zeigt auf der einen Achse die Spektralklasse und auf der anderen die Leuchtkraft an. Sterne, die der Faustregel folgen, liegen auf einer Linie und heißen auch „Hauptreihensterne“. Sterne wie der Beteigeuze gehören in eine andere Kurve.

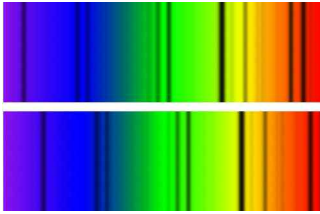
### Chemische Zusammensetzung



Das Linienmuster eines Sterns - feine Lücken im Spektrum verraten die chemische Zusammensetzung

Das Spektrum eines Sterns verrät aber auch etwas über die chemische Zusammensetzung seiner Atmosphäre: es weist charakteristische Linien auf. Das liegt daran, dass die Elemente der äußeren Sternenschichten das Licht bestimmter Wellenlinien verschlucken. Das gilt für jeden chemischen Stoff, er schluckt eine ganz bestimmte Reihe von Wellenlängen und hinterlässt so etwas wie einen Fingerabdruck. Je nachdem, aus welchen Stoffen oder Gasen der Stern sich zusammensetzt, bildet sich ein spezielles Linienmuster heraus. In jungen Sternen gibt es zum Beispiel fast nur Wasserstoff und Helium. Wenn der Stern altert, werden auch schwerere Elemente wie Kohlenstoff oder, ganz am Ende, Eisen produziert. Dann ändert sich das Linienmuster seines Spektrums. Der Fingerabdruck im Sternenlicht sagt also auch etwas darüber aus, wie lange ein Stern noch zu leben hat.

## Planeten



Spektrum eines Stern

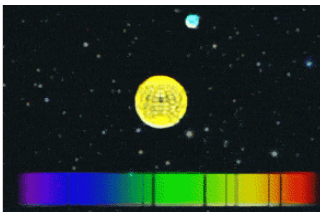
Oben: relativ zum Beobachter unbewegt

Unten: relativ vom Beobachter wegbewegt

Der so genannte Dopplereffekt verrät die Geschwindigkeit, mit der sich der Stern von uns weg bewegt. Je schneller er flieht, desto stärker sind die Absorptionslinien in seinem Spektrum in Richtung Rot verschoben. Mit dieser Methode lässt sich auch die Distanz entfernter Galaxien bestimmen, denn je weiter ein Stern von uns entfernt ist, desto schneller bewegt er sich von uns weg. Grund dafür ist die Ausdehnung des Raumes.

Bei manchen Sternen lässt sich ein ganz leichtes Wackeln der Linien beobachten. Sie wandern oft innerhalb von mehreren hundert Tagen einmal minimal hin und her. Dieses Schwanken der Spektrallinien lässt die Astronomen vermuten, dass der Stern einen oder mehrere Planeten besitzt, die um ihn kreisen: Im Rhythmus seines Umlauf verschieben sich die Linien - eine sehr schwache Variante des Dopplereffekts. Die Stärke und Frequenz der Schwankung lässt sogar Schlüsse auf die Größe und Umlaufbahn der Planeten zu. Mit dieser Methode hat man in den vergangenen Jahren etliche Planeten aufgespürt.

Daniel Münter



Der Stern HD33636 verrät seinen Planeten durch das Wackeln der Absorptionslinien, am unteren Bildrand im Spektrum zu sehen

## Galaxienreise

### Die Milchstraße



#### Milchstraße

Längengrad (l°): 0  
 Breitengrad (b°): 0  
 Lichtjahre (lj): 26.000 (Zentrum)

Die Milchstraße ist unsere eigene Galaxie – das Sonnensystem mit der Erde und acht weiteren Planeten gehört dazu. Wir können einen Teil der Milchstraße zart am Nachthimmel schimmern sehen. Doch so wunderbar ihr Anblick für Romantiker auch sein mag: Für Astronomen ist sie manchmal ein Ärgernis. Denn immerhin verdeckt sie den Blick auf zwanzig Prozent des Kosmos. Dahinter liegende Gebiete können nicht erforscht werden. Die Milchstraße besteht aus über 100 Milliarden Sternen, darunter unsere Sonne. Sie ist 26.000 Lichtjahre vom galaktischen Zentrum entfernt. 250 Millionen Jahren braucht sie, um einmal um dieses Zentrum zu kreisen.

Nach neuesten Erkenntnissen ist die Milchstraße eine so genannte Balkengalaxie. Im Zentrum solcher Galaxien befindet sich eine deutlich erkennbare, balkenförmige Ansammlung von Sternen, die meist viele Tausend Lichtjahre lang ist.

Die Milchstraße hat einen Durchmesser von 100.000 Lichtjahren und der so genannte Balken, der sich durch ihren Mittelpunkt zieht, ist rund 27.000 Lichtjahre lang. In Zentrum der Milchstraße befindet sich offenbar ein schwarzes Loch. Dort ist die Materie so stark verdichtet, dass nichts ihrer Anziehungskraft entkommen kann – nicht einmal Licht. Astronomen vermuten, dass es in allen Zentren von Galaxien solche schwarzen Löcher gibt.

### NGC 300



#### NGC 300

l°: 299,21  
 b°: -79,42  
 lj: 7.000.000

Mit 6,1 Millionen Lichtjahren Entfernung ist NGC 300 noch so nah, dass man mit großen Teleskopen sogar einzelne Sterne erkennen kann. Diese Spiralgalaxie befindet sich im Sternbild Bildhauer. Das Sternbild ist kaum bekannt, da seine Sterne nur sehr schwach leuchten und sehr nah am Horizont stehen. Der Kern der NGC 300 besteht aus Milliarden von älteren Sternen. Diese schimmern deshalb auch leicht gelblich. Das Blau der äußeren Bereiche wird durch junge Sterne verursacht. Die roten Knoten stammen von Wasserstoffwolken, die von Sternen zum Leuchten angeregt werden. Am Nachthimmel überspannt die Galaxie einen Bereich von der Größe des Vollmondes. Allerdings leuchtet sie zu schwach, um sie mit bloßem Auge zu entdecken. Bei guten Sichtverhältnissen kann man die NGC 300 jedoch schon mit einem guten Fernglas sehen und dann sogar ihre Spiralstruktur erkennen.

### NGC 1365



#### NGC 1365

l°: 237,95  
 b°: -54,60  
 lj: 60.000.000

Diese Galaxie ist die bekannteste Balkengalaxie des Himmels. Sie befindet sich im Sternbild Ofen, einem sehr kleinen Sternbild, das im Herbst von Südeuropa aus beobachtet werden kann. Die NGC 1365 liegt 60 Millionen Lichtjahre weit weg von der Erde.

Warum NGC 1365 eine Balkengalaxie genannt wird, kann man sich erklären, wenn man das Foto genauer betrachtet: Ein massiver, gerader Balken läuft quer durch die

Galaxie. In seinem Zentrum befindet sich auch der Mittelpunkt der Galaxis. Dieser Balken enthält hauptsächlich ältere Sterne, die ihm auch seine rote Färbung verleihen.

Die Spiralarme an den Enden des Riegels werden durch Anziehungskräfte von interstellarem Gas und riesigen Staubwolken gebildet. Diese ziehen mit ihrer Schwerkraft so sehr an der Galaxie, dass die Spiralarme entstehen. Der Balken und die Arme drehen sich im Uhrzeigersinn in 350 Millionen Jahren einmal um 360 Grad.

### Stephans Quintett (NGC 7319)



NGC 7319

l°: 93,28

b°: -22,99

lj: 270.000.000

Zerstörung und Geburt liegen im All oft dicht beieinander. Dies erkennt man eindrucksvoll an Stephans Quintett, einer Gruppe von fünf Galaxien im Sternbild Pegasus. Sie liegen 270 Millionen Lichtjahren von der Erde entfernt.

Die Sternhaufen in diesem Gebiet sind zwischen zwei Millionen und zwei Milliarden Jahre alt. Je älter ein Sternhaufen ist, desto weniger blaue und umso mehr rote Sterne sind in ihm zu finden, denn die Farbe der Sterne hängt unter anderem mit ihrem Alter zusammen. Astronomen können also in Stephans Quintett die verschiedenen Epochen der Sternentstehung beobachten. Dadurch lernen sie viel über die Entwicklung unseres Universums.

### Whirlpool-Galaxie (M 51)



M 51

l°: 104,85

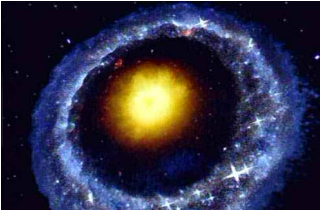
b°: 68,56

lj: 31.000.000

Diese Galaxie wurde 1773 entdeckt. Damals beschrieb der französische Astronom Charles Messier sie noch als „blassen Nebel ohne Sterne“. Heute weiß man, dass dies nicht stimmt. M 51 ist die erste Galaxie, bei der die typische Spiralstruktur von Galaxien entdeckt wurde. Dies gelang 1845 in Irland mit dem damals größten Teleskop der Welt. In dunklen Nächten findet man die 31 Millionen Lichtjahre entfernte Galaxie schon mit einem guten Feldstecher im Sternbild Jagdhunde. Mit 100.000 Lichtjahren Durchmesser ist sie genauso groß wie die Milchstraße. 1994 entdeckten zwei Amateurastronomen in M 51 eine Supernova - eine gewaltige Sternexplosion.

Auf dem Foto sieht man noch eine zweite Galaxie: NGC 5195. Beide scheinen sich gegenseitig anzuziehen und dadurch zu beeinflussen. Der Name "Whirlpool" beschreibt die dadurch entstandene Form der Galaxie recht gut.

## Hoags Objekt



**Hoags Objekt**

l°: 31,51

b°: 56,45

lj: 600.000.000

Hoags Objekt ist eine sehr ungewöhnliche Galaxie. Sie ist etwas größer als die Milchstraße und befindet sich im Sternbild Schlange.

Der nahezu perfekte Ring besteht aus heißen, blauen, jungen Sternen, während im gelben Kern hauptsächlich ältere Sterne leuchten. Zwischen Ring und Kern ist so gut wie nichts zu sehen. Man kann durch diese Lücke schauen und im Hintergrund auf der Ein-Uhr-Position ein weiteres Objekt erkennen, das genau die gleiche Struktur zu haben scheint. Die Trennung zwischen Kern und Armen ist in jedem Falle für Galaxien höchst ungewöhnlich. Die Astronomen vermuten, dass Hoags Objekt durch die Kollision zweier Galaxien entstanden sein könnte: Eine kleine Galaxie ist durch eine große hindurch geflogen. Die Schockwelle hat den Ring hervorgebracht.

## M 83



**M 83**

l°: 314,58

b°: 31,97

lj: 15.000.000

Bei M 83 erscheinen alle 10 bis 15 Jahre gewaltige Sternexplosionen. In keiner anderen Galaxie kommt dies häufiger vor. In unserer Milchstraße tritt eine solche Supernova zum Beispiel nur etwa alle 30 bis 50 Jahre auf. Die 15 Millionen Lichtjahre entfernte Galaxie M 83 zeichnet sich durch besonders gut ausgeprägte Spiralarme aus. Außerdem ist sie außerordentlich aktiv. Das erkennt man an den vielen roten Knoten auf dem Foto. Dies sind Gasnebel, in denen Sterne entstehen. Die blauen Regionen sind Gebiete, in denen junge Sterne vor relativ kurzer Zeit – also vor einigen Millionen Jahren – entstanden sind.

## NGC 1232



**NGC 1232**

l°: 208,77

b°: -57,81

lj: 100.000.000

Diese Spiralgalaxie ist mit 200.000 Lichtjahren Durchmesser doppelt so groß wie unsere Milchstraße. Von der Erde aus gesehen befindet sie sich im Sternbild Eridanus in einer Entfernung von 100 Millionen Lichtjahren.

Auf dem Bild sind die Farben der verschiedenen Gebiete in der Galaxie gut zu erkennen. Im zentralen Bereich sind ältere, rote Sterne, während die Spiralarme aus jungen, blauen Sternen bestehen. Dort sind auch die Gebiete, in denen neue Sterne geboren werden.

**NGC 2997****NGC 2997**l<sup>o</sup>: 262,58b<sup>o</sup>: 16,76

lj: 55.000.000

Diese schöne Spiralgalaxie ist 55 Millionen Lichtjahre von uns entfernt. Man findet sie im Sternbild Luftpumpe. Das Sternbild wurde erst 1752 eingeführt und besteht nur aus wenigen, leuchtschwachen Sternen. Besonders auffällig ist der rechte Spiralarm, der ungewöhnlich lang und verbogen ist.

**NGC 1288****NGC 1288**l<sup>o</sup>: 231,70b<sup>o</sup>: 58,08

lj: 300.000.000

NGC 1288 ist auf der Flucht. Sie entfernt sich von uns mit einer Geschwindigkeit von 4.500 Kilometern pro Sekunde. Zurzeit ist sie ungefähr 300 Millionen Lichtjahre entfernt. Ihr Durchmesser beträgt 200.000 Lichtjahre, sie ist also doppelt so groß wie die Milchstraße.

**ESO 269-57****ESO 269-57**l<sup>o</sup>: 306,28b<sup>o</sup>: 16,31

lj: 150.000.000

Eine Spiralgalaxie mit einem inneren Ring. Sie befindet sich im Sternbild Centaurus in 150 Millionen Lichtjahren Entfernung. In dieser Richtung können die Astronomen viele Galaxien beobachten. Einige von ihnen bilden mit ESO 269-57 eine lockere Galaxien-Gruppe.

Die ESO 269-57 hat eine sehr komplexe Struktur. Einige ihrer Spiralarme sind ziemlich zerrissen. Im äußeren Bereich befinden sich außerdem noch zwei Arme, die sich in mehrere Zweige teilen.

**NGC 2613****NGC 2613**l<sup>o</sup>: 245,36b<sup>o</sup>: 10,06

lj: 150.000.000

Diese 150 Millionen Lichtjahre entfernte Galaxie ähnelt unserer Milchstraße. Von der Erde aus gesehen befindet sie sich im Sternbild Kompass. In klaren Nächten kann man sie außerhalb größerer Ortschaften bereits mit bloßem Auge entdecken.

## M 100



**M 100**

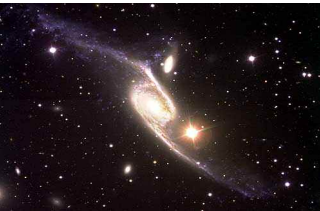
l°: 271,14

b°: 76,90

lj: 60.000.000

M 100 im Sternbild Jungfrau ist eine der hellsten Spiralgalaxien, die unser Nachthimmel zu bieten hat. Sie weist zwei auffällige, aus jungen, blauen Sternen bestehende, sowie einige schwächere Spiralarme auf. Die blauen Sterne sind sehr heiß und massereich. Sie sind vor relativ kurzer Zeit durch Wechselwirkung mit anderen Galaxien entstanden.

## NGC 6872 und IC 4970



**NGC 6872 und IC 4970**

l°: 324,26

b°: -32,51

lj: 300.000.000

NGC 6872 hat wirklich gigantische Ausmaße: Mit einem Durchmesser von 750.000 Lichtjahren (!) ist sie mehr als sieben Mal so groß wie unsere Milchstraße. Damit ist sie eine der größten bekannten Spiralgalaxien.

Auf dem Foto ist direkt über dem Zentrum von NGC 6872 noch eine weitere Galaxie zu sehen, IC 4970. Möglicherweise ist sie gerade durch die riesige Spiralgalaxie geflogen. Dies würde auch Folgendes erklären: der obere linke Spiralarm von NGC 6872 ist beträchtlich zerstört und enthält eine Menge blauer Objekte. Viele von diesen könnten junge Sterne sein – sie entstehen typischerweise nach dem Zusammenstoß von Galaxien.

## Antennengalaxie (NGC 4038/39)



**NGC 4038/39**

l°: 286,96

b°: 42,46

lj: 65.000.000

Die Antennengalaxie ist bei den Astronomen ein äußerst beliebtes Objekt. Denn man kann am Teleskop verfolgen, wie in 65 Millionen Lichtjahren Entfernung im Sternbild Rabe gerade zwei Galaxien miteinander kollidieren.

Ihren Namen bekam die Galaxie durch ihre charakteristischen Arme. Dies sind Ausläufer, die durch die großen gegenseitigen Anziehungskräfte der beiden Galaxien entstanden sind. Dabei wirken ganz ähnlich wie bei Ebbe und Flut Massenkräfte, deshalb sprechen Astronomen hier von Gezeitenarmen.

Als Folge des Zusammenstoßes gibt es in der Antennengalaxie mehrere Sternentstehungsgebiete. Junge Sterne leuchten meist blau und sind daher gut auf dem Foto zu erkennen.

### Sombrero-Galaxie (M 104)



**M 104**

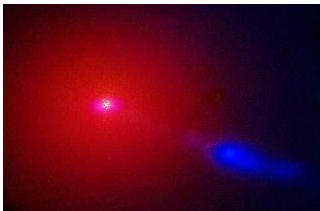
l°: 298,46

b°: 51,15

lj: 50.000.000

Die Sombrero-Galaxie ist im Sternbild Jungfrau in 50 Millionen Lichtjahren Entfernung zu finden. Bemerkenswert ist die auffallende Ausbuchtung in ihrem Zentrum, Astronomen bezeichnen sie mit dem englischen Wort „bulge“ (sprich: „baldsch“). Einen solchen Bulge haben alle Galaxien, er ist immer dichter als der äußere Bereich. Bei der Sombrero-Galaxie ist er aber ungewöhnlich dominant. Der Bulge besteht hauptsächlich aus älteren Sternen. Die äußere Scheibe ist aus Sternen, Gas und komplizierten Staubstrukturen aufgebaut.

### M 87



**M 87**

l°: 283,78

b°: 74,49

lj: 60.000.000

M 87 ist eine riesige elliptische Galaxie im Sternbild Jungfrau. Anders als bei den Spiralgalaxien sausen die Sterne hier nicht geordnet um das galaktische Zentrum. Vielmehr bewegen sich die Sterne in elliptischen Galaxien chaotisch. Im Zentrum der Galaxie befindet sich ein Schwarzes Loch. Es treibt einen gerichteten, sehr energiereichen Teilchenstrom an, den so genannten Jet (auf dem Foto blau). Dieser durchdringt den inneren Teil der Galaxie. Ein Jet ist eine relativ schmale Strömung energiereicher Materie. Solche Jets oder die von ihnen durchdrungenen Gaswolken senden Strahlung der verschiedensten Wellenlängen aus.

Elliptische Galaxien sind recht alte Galaxien. Sie bestehen also zumeist aus betagten Sternen, die rot leuchten. Der sehr kraftvolle Jet dagegen erscheint auf dem Foto blau. Er strahlt sehr viel von seiner Energie als ultraviolette Strahlung ab.

### NGC 4650A



**NGC 4650A**

l°: 301,58

b°: 22,14

lj: 165.000.000

In 165 Millionen Lichtjahren Entfernung findet man diese ungewöhnliche Galaxie im Sternbild Centaur. Insgesamt sind nur 100 derartige Objekte im Weltraum bekannt. Ihre merkwürdige Ring-Scheiben-Struktur ist noch nicht wirklich verstanden. Es könnte sein, dass der Ring das Überbleibsel einer gewaltigen Kollision von zwei Galaxien vor über einer Milliarde Jahre ist. Der Ring und die Scheibe drehen sich in zwei Ebenen, die senkrecht aufeinander stehen.

Auf dem Foto erkennt man sehr gut, dass der Ring hauptsächlich aus jungen, blauen Sternen besteht. Die Scheibe dagegen enthält zumeist alte, rot leuchtende Sterne.

## Centaurus A



**Centaurus A**

l°: 309,52

b°: 19,42

lj: 11.000.000

Centaurus A, rund elf Millionen Lichtjahre von der Erde entfernt, ist schon seit vielen Jahren ein bevorzugtes Beobachtungsobjekt von Astronomen: Bei der Galaxie handelt es sich nämlich um den nächstgelegenen Vertreter eines besonderen Galaxientyps. Es sind die so genannten aktiven Galaxien. In ihrem Inneren wird ein gewaltiges schwarzes Loch vermutet.

Die Galaxie Centaurus A ist eines der am besten untersuchten Objekte am Südhimmel und wurde 1847 von dem britischen Astronomen William Herschel als außergewöhnlich aussehender Nebel katalogisiert. Das ungewöhnliche Erscheinungsbild der Galaxie rührt von riesigen Staubschwaden her, die ihr Zentrum Centaurus A verdecken. Dieser Staub, so vermuten Astronomen, ist das Überbleibsel der Verschmelzung einer elliptischen Riesengalaxie mit einer kleineren Spiralgalaxie mit relativ viel Staub.

Beobachtet man Centaurus A im Radiobereich - also mit energieärmerer elektromagnetischer Strahlung - erlebt man eine weitere Überraschung: Die Galaxie ist eine der stärksten Radioquellen am Himmel. Die starke Radiostrahlung stammt von ihrem Mittelpunkt. Daher glaubten die Astronomen schon länger, dass sich hier ein Schwarzes Loch verbergen könnte und die Strahlung von Material erzeugt wird, das gerade in das Schwarze Loch stürzt.

## Schmetterlings-Nebel (NGC 6302)



**NGC 6302**

l°: 349,51

b°: 1,06

lj: 1.900

Nebel sind kosmische Erscheinungen, die das Ende eines Sterns begleiten. Dabei dehnen sich manche Sterne zu wahren Riesen aus. Ihr Wasserstoff strömt als kräftiger Sternenwind in die äußeren Schichten des Himmelskörpers. Danach ziehen diese sich zusammen, bis ein so genannter weißer Zwerg entstanden ist.

Nach dem Ausstoß des Gases leuchtet der Stern tausendfach heller und ist viel, viel heißer als die Sonne. Die dabei ausgesandte, sehr starke ultraviolette Strahlung überträgt viel Energie auf das zuvor hinaus geschleuderte Gas. Dadurch leuchtet dieses, bevor es sich im Weltraum verteilt. So entsteht der Nebel, den wir beobachten können. Der Schmetterlings-Nebel ist der Erde relativ nahe und nur 1.900 Lichtjahre von uns entfernt.

### IC 4406



IC 4406

l°: 319,69

b°: 15,74

lj: 5.000

Dieser Nebel trägt keinen besonderen Namen. Dennoch ist er höchst ungewöhnlich. IC 4406 ist nämlich nahezu rechtwinklig. Wie weit er von der Erde weg ist, ist nicht ganz geklärt, es dürften etwa 5.000 Lichtjahre sein. Zu sehen ist dieser Nebel nur von der Südhalbkugel der Erde im Sternbild Wolf.

Wie der Schmetterlings-Nebel gehört auch IC 4406 zu den so genannten bipolaren Nebeln. Dies bedeutet, dass die leuchtende Gaswolke durch eine Art Scheibe geteilt ist. Diese Scheibe ist so dunkel, dass wir den Stern, der sich dahinter verbirgt, gar nicht sehen können.

### Hantel-Nebel (M 27 oder auch NGC 6853)



M 27/NGC 6853

l°: 60,83

b°: -3,70

lj: 1.200

Der Hantel-Nebel ist im Sommer mit den Teleskopen kleinerer Sternwarten bereits sehr gut zu sehen. Im Sternbild Füschen ist dieses 1.200 Lichtjahre entfernte Objekt leicht zu finden. Es wurde bereits 1764 von dem französischen Astronomen Charles Messier entdeckt.

Der Hantel-Nebel gehört ebenso wie der Schmetterlings-Nebel und IC 4406 zu den so genannten Planeten-Nebeln. Der Name kommt daher, dass derartige Nebel in kleinen Teleskopen wie Planeten aussehen.

### Pferdekopf-Nebel (Barnard 33)



Barnard 33

l°: 206,69

b°: -16,78

lj: 1.400

Der Pferdekopf-Nebel ist der wohl bekannteste Nebel. Er steht im Sternbild Orion, unterhalb des durch drei Sterne gebildeten Gürtels. Seine Entfernung zu uns beträgt ungefähr 1.400 Lichtjahre.

Auf dem Foto sind drei verschiedene Farben zu sehen. Das Rot stammt vom Wasserstoff, das von einem Stern ausströmt. Die braunen Farbtöne entstehen durch Staub, der den Vordergrund verdunkelt. Das Blau-Grün schließlich ist durch den Staub gestreutes Sternenlicht.

In den blau-grünen Bereichen ist besonders viel interstellarer Staub zu finden. Die Mähne des Pferdes dagegen ist ein Gebiet, in dem es weniger Staub gibt. Deshalb können wir das im Hintergrund leuchtende Gas sehen.

### Adler-Nebel (M 16)



**M 16**

l°: 16,79

b°: 0,80

lj: 7.000

Auch die Sterne sind Teil eines andauernden Zyklus aus Geburt, Tod und Erneuerung. Sie entstehen aus Gas des interstellaren Raums und hinterlassen bei ihrem Sterben einen Nebel aus Energie und Materie. Aus diesen Nebeln können aber wieder neue Sterne geboren werden. Eindrücklich zu sehen ist das beim Adlernebel – auch M 16 genannt. Er liegt zwischen den Sternbildern des Schützen und der Schlange. Der eigentliche Nebel bildet eine Art schüsselförmiger Blase an der Seite einer dichten Wolke aus interstellarem Gas. Der größte Teil dieser Wolke ist so dicht und kühl, dass seine Wasserstoffatome sich zu Molekülen zusammenlagern können und so das Rohmaterial für den Bau neuer Sterne bilden. Die Wolke enthält außerdem winzige Kohlenstoffpartikel und andere Substanzen, die das sichtbare Licht verschlucken und dadurch den Blick auf die Vorgänge im Inneren der Wolke verschleiern.

Am Rand des schüsselförmigen Adlernebels drängen sich rund 100 neugeborene Sterne, die hellsten von ihnen leuchten bis zu 100.000 Mal heller als unsere Sonne. Auf ihrer Oberfläche herrschen Temperaturen von bis zu 50.000 °Celsius. Diese jungen Sterne senden intensive ultraviolette Strahlung aus, die das sie umgebende Gas aufheizt und zum Leuchten bringt.

Eine Besonderheit des Adlernebels ist seine Ausrichtung: Im Gegensatz zu anderen Sternennebeln kann man im Adlernebel eine Sternengeburts-Region erstmals von der Seite beobachten. Den Namen „Adlernebel“ erhielt M 16 wegen seiner symmetrischen Form, die entfernt an einen sitzenden Greifvogel mit ausgestreckten Flügeln erinnert. Die Krallen des Adlers, eine Reihe von dichten Gassäulen, die ins Innere des Nebels ragen, spielen eine entscheidende Rolle bei der Geburt von neuen Sternen.

### RCW 38 (Sternentstehungsgebiet)



**RCW 38**

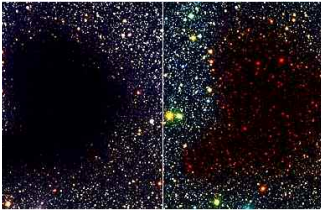
l°: 268,03

b°: -0,98

lj: 5.000

RCW 38 ist ein 5.000 Lichtjahre entferntes Sternentstehungsgebiet. Es gehört also noch zu unserer Galaxie, der Milchstraße. Die noch ganz jungen Sterne sind aber hinter Wolken aus Gas und Staub verborgen. Deshalb kann man sie nicht mit gewöhnlichen Teleskopen beobachten. Wissenschaftler können jedoch mit Röntgen- und mit Infrarotteleskopen einen Blick auf RCW 38 werfen.

### Barnard 68



**Barnard 68**

l°: 1,52

b°: 7,10

lj: 410

Mit nur 410 Lichtjahren Entfernung ist Barnard 68 eine der nächsten dunklen Wolken im Weltall. Sie ist drei Billionen (eine 3 mit 12 Nullen!) Kilometer groß. Dies entspricht ungefähr dem 12.500fachen Abstand der Erde von der Sonne. Dabei wiegt die gesamte Wolke aber nur doppelt so viel wie unsere Sonne.

Für sichtbares Licht ist die dunkle Wolke undurchsichtig. Nimmt man sie dagegen mit Infrarotlicht auf, so kann man durch sie hindurch sehen. Hier erscheinen jetzt viele Sterne, die sich hinter der Wolke befinden. Solche Aufnahmen ermöglichen den Astronomen tiefere Einblicke in den Aufbau dieses Sternennebels.

### Tarantel-Nebel in LMC



**NGC 2070**

l°: 279,46

b°: -31,67

lj: 170.000

Der Tarantel-Nebel liegt in der Kleinen Magellanschen Wolke, einer kleineren Galaxie aus der näheren galaktischen Umgebung der Milchstraße. Der Nebel ist 170.000 Lichtjahre weit weg. Er ist der einzige extragalaktische Nebel, den man mit bloßem Augen sehen kann.

### HH-34 Nebel mit Jet



**HH 34**

l°: 210,07

b°: -19,82

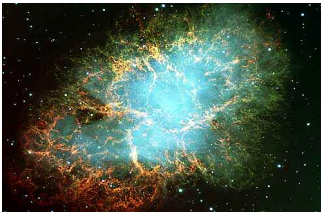
lj: 1.500

Ein gerade entstehender Stern. HH-34 ist 1.500 Lichtjahre entfernt und befindet sich im Sternbild Orion.

Die Struktur von HH-34 ist sehr kompliziert. Man sieht zwei entgegengesetzte Ströme, die sich in die sie umgebende interstellare Materie rammen. Solche so genannten Jets entstehen, wenn ein Stern einem Maschinengewehr gleich Kugeln aus sehr dichtem Gas mit hoher Geschwindigkeit (ca. 250 Kilometer pro Sekunde) verschießt. Meist geschieht das am Ende eines Sternenlebens.

Interessant ist auch Struktur auf der linken Seite des Bildes, die aussieht wie ein Wasserfall. Bisher ist es den Astronomen nicht gelungen, für dieses Gebilde eine Erklärung zu finden.

### Krebs-Nebel (Rest einer Supernova)



M 1

l°: 184,56

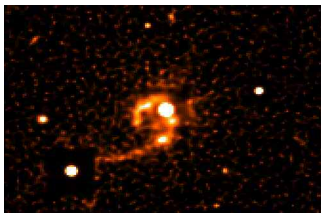
b°: -5,78

lj: 6.000

Der Krebs-Nebel ist der Überrest einer gewaltigen Sternen-Explosion - einer so genannten Supernova. Im Jahre 1054 explodierte sie mit einer derartigen Gewalt, dass sie damals 23 Tage lang am Taghimmel zu sehen war. In der Nähe des Zentrums in diesem Nebel befindet sich ein Neutronenstern. Er dreht sich pro Sekunde 30 Mal um seine eigene Achse. Diese spezielle Sorte der Neutronensterne werden Pulsare genannt. Sie haben einen Durchmesser von nur 20 bis 30 Kilometern. Ihre Strahlungsleistung übertrifft die unserer Sonne aber um ein Vielfaches.

Der 6.000 Lichtjahre entfernte Nebel kann auch schon mit kleineren Teleskopen im Sternbild Stier ausgemacht werden. Bei den in der Abbildung grün erscheinenden Bereichen handelt es sich um leuchtenden Wasserstoff. Dieser strömt immer noch von Überresten des vor über 1.000 Jahren explodierten Stern aus.

### Quasar HE 1013-2136



HE 1013-2136

l°: 261,53

b°: 28,23

lj: 10.000.000.000

Auf Himmelsaufnahmen unterscheiden sich Quasare kaum von Sternen. Sie gehören zu den exotischsten Objekten im Universum und sind in jedem Falle sehr weit von der Erde entfernt, zum Teil mehr als 10 Milliarden Lichtjahre. Da man sie trotzdem sehen kann, müssen sie eine enorme Leuchtkraft haben. Ein Quasar leuchtet etwa 100 Mal heller als die leuchtkräftigsten Galaxien (über 1.000 Sonnenleuchtkräfte, also eine Zahl mit 14 Nullen). Im Zentrum von Quasaren vermutet man schwarze Löcher, die als Energiequelle dienen könnten.

Quasare sind also leuchtende Zentren von aktiven Galaxien. Man kennt heute mehr als 15.000 Quasare. HE 1013-2136 liegt im Sternbild Wasserschlange in einer Entfernung von ca. 10 Milliarden Lichtjahren. Auf dem Foto erkennt man sehr gut, dass eine Wechselwirkung zu einer benachbarten Galaxie besteht. So ist der Schweif von HE 1013-2136 zu der Galaxie am rechten Bildrand mehr als 150.000 Lichtjahre lang. Im Vergleich dazu hat unsere Milchstraße nur einen Durchmesser von 100.000 Lichtjahren.

### Deep-Field-Messung



Deep Field Messung

l°: 232,60

b°: -54,50

lj: 2.500.000.000 bis 8.000.000.000

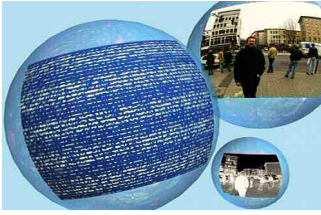
Im November 2002 konnten Heidelberger Astronomen mit dem Weltraumteleskop Hubble in die Tiefe des Weltraums spähen. Sie untersuchten bei einer so genannten Deep-Field-Messung einen weit entfernten Bereich des Universums.

Der gezeigte Bereich ist etwa so groß wie der Vollmond am Nachthimmel. In diesem Gebiet konnten die Heidelberger nun sehr genaue Aufnahmen von 450 Galaxien machen. Diese waren von der Erde aus immer nur als verwischte Lichtflecken zu sehen. Die Galaxien sind zwischen zweieinhalb Milliarden und acht Milliarden Lichtjahre entfernt. Aus diesen Aufnahmen können die Wissenschaftler lernen, wie unsere Galaxie vor langer, langer Zeit entwickelt hat.

Silvio Wenzel

## Jenseits des Universums

### Eine unendlich brodelnde Suppe



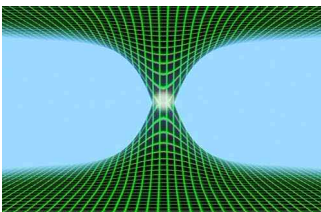
Science oder Fiction: Welche Naturgesetze herrschen in den Parallel-Universen?

Die Erde ist nicht das Zentrum der Welt, sondern nur ein einzelner, kleiner Planet in einem riesigen Sonnensystem. Das wissen wir seit langem. Auch unsere Sonne ist nur eine von vielen Sonnen in der Milchstraße. Und selbst die Milchstraße ist nur eine kleine Galaxie neben unendlich vielen anderen Galaxien in einem unfassbar großen Universum. Und Physiker glauben heute, dass auch das Universum nur ein winziges, unbedeutendes Teilchen in einem noch viel größeren Gebilde ist! Das ist eine echte Herausforderung für die menschliche Vorstellungskraft: man rechnet darin nämlich nicht nur mit den drei Raum-Dimensionen, die wir kennen, nämlich Länge, Breite und Höhe. Für eine Vorstellung von der Natur des Universums sind mindestens vier Dimensionen erforderlich: Es kommt die Zeit noch dazu. Nach den Vorstellungen der Fachleute soll das Universum einem Topf mit kochendem Wasser ähneln: Durch spontane Energie-Sprünge – so genannte Raum-Zeit-Fluktuationen – bilden sich ständig kleine Bläschen heraus, die rasch expandieren. Und unser Universum befindet sich an der Oberfläche eines solchen Bläschens, das vor 15 Milliarden Jahren entstanden ist und seither ununterbrochen expandiert. Unendlich viele andere Blasen-Universen entstehen, expandieren, kollabieren, platzen und kollidieren miteinander. Das ist die interkosmische Suppe, genannt Multiversum.

### Unsere Nachbarn im Multiversum

Welche Naturgesetze in den anderen Blasen-Welten herrschen, entscheidet der physikalische Zufall. Einige Welten sind vielleicht aus Anti-Materie aufgebaut. In anderen könnten Raum oder Zeit auf merkwürdige Weise verformt sein. Bizarre Phantasien von Science-Fiction-Autoren, wie Spiegel-Welten oder Rückwärts-Welten, in denen die Zeit rückwärts läuft, könnten theoretisch in unserer Nachbarschaft wirklich existieren. Auch Welten, die sich von unserer kaum unterscheiden und in denen möglicherweise sogar unsere Doppelgänger leben, wären prinzipiell denkbar. Die Physiker glauben allerdings, dass es in den meisten Blasen-Welten überhaupt keine Materie gibt. Wenn eine Blase nur ein wenig langsamer oder schneller als unsere expandiert, dann ist sie entweder zu heiß und zu dicht oder, im Gegensatz dazu, zu kalt, als dass sich dort die Bausteine des Lebens hätten bilden können.

### Eine Reise zum Parallel-Universum

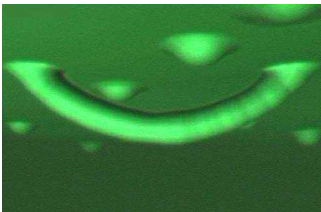


Einstein-Rosen-Brücke: ein Geheimgang zwischen Parallelwelten

Nicht nur Science-Fiction-Autoren, sondern auch viele Forscher glauben, dass es zwischen den einzelnen Blasen-Universen Verbindungen gibt, die uns eine Reise in Parallelwelten ermöglichen könnten. Diese Idee geht auf Albert Einstein zurück. Nach seiner Relativitätstheorie sind Raum und Zeit elastisch wie Gummi. Unter dem Einfluss der Masse wird das Raum-Zeit-Kontinuum gekrümmt. Schon kleinere Sterne können durch ihre Schwerkraft eine messbare Delle im Raum verursachen. Verdichtet sich Materie besonders stark, wie etwa nach der Explosion eines Sterns, wird diese Delle tiefer: Ein Schwarzes Loch entsteht. Die extreme Gravitation führt

dazu, dass aus der Verformung im Raum-Zeit-Gefüge ein Tunnel entsteht. Dieser Tunnel, die so genannte Einstein-Rosen-Brücke, führt möglicherweise in ein Parallel-Universum! Eine verlockende Reismöglichkeit: Man könnte in den Tunnel von einer Seite eintauchen und schon in wenigen Augenblicken in einem anderen Universum sein. Das einzige Problem dabei wäre die extreme Gravitation im Inneren des Tunnels. Sie würde den Reisenden in kleinste Stückchen zerquetschen.

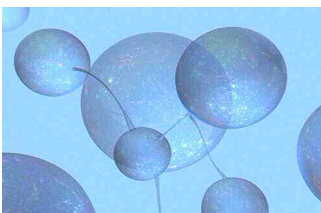
### Kosmische Brücken: die Wurm Löcher



Wurmlöcher im Raum-Zeit-Schaum: Theoretisch können sie Milliarden von Lichtjahren überbrücken

Erst in den 80er Jahren des vorigen Jahrhunderts haben Physiker eine andere Möglichkeit für Reisen in die Parallelwelten gefunden und zwar in allerwinzigsten Größenordnungen – so klein, dass sie mit Mikroskopen nicht mehr zu erkennen sind. Nach den Gesetzen der Quantenmechanik ist das Vakuum in ultrakleinen Dimensionen nicht leer. In jedem Kubikmillimeter bilden sich ständig winzige Verformungen und Mini-Tunnel durch die Raumzeit, so genannte Wurmlöcher. Obwohl sie unscheinbar aussehen, können sie theoretisch Millionen von Lichtjahren überbrücken. Entfernungen spielen für sie keine Rolle. Das Problem bei den Wurmlöchern ist: Sie sind extrem klein und kurzlebig. Einen Massetransport können sie nicht leisten. Der amerikanische Physiker Kip Thorne berechnete jedoch, dass man solche winzigen Wurmlöcher künstlich ausdehnen und stabilisieren könnte! Allerdings ist die Zeit für solche Manipulationen noch nicht reif: Man benötigt dafür mehr Energie, als auf der ganzen Erde überhaupt zur Verfügung steht.

### Ausgang ungewiss



„Wurm-U-Bahn“ im Multiversum: ein interkosmisches Tunnelnetz

Für den russischen Astrophysiker Sergej Krasnikov ist das jedoch kein Grund, die Hoffnung auf Raum-Zeit-Reisen aufzugeben: Er berechnete, dass einzelne Wurmlöcher, die noch in den Zeiten des Urknalls entstanden sind, zusammen mit dem Universum expandieren und sich selbst stabilisieren können. Ein ganzes Tunnelnetz von Verbindungen zwischen den Blasen-Welten wäre denkbar! Solche Wurmlöcher wären groß genug, dass ein Mensch oder sogar ein Raumschiff sie durchfliegen könnte. Man müsste also nur noch die Eingänge finden.

Da im Innern der Wurmlöcher nicht nur Raum, sondern auch Zeit gekrümmt sind, dauerte die Reise durch ein solches Loch nur wenige Augenblicke. Niemand könnte aber vorhersagen, an welcher Stelle man wieder herauskäme: Ein Parallel-Universum als Austrittsort wäre ebenso wahrscheinlich wie die Bushaltestelle zwei Straßen weiter.

Juri Klebanov

## **Lesetipps**

### **Die dunkle Seite von Apollo**

Autor: Gernod L. Geise  
Verlagsangaben: MVV Verlag  
ISBN: 38 95 39607 9  
Sonstiges: Broschiert, 354 Seiten, Preis 25,90 Euro

Der deutsche Autor Gernod L. Geise fasst die Zweifel an den Mondlandungen auf über 350 Seiten zusammen. Mit vielen Fakten und Daten zu den Apollo-Missionen. Die Widersprüche sind detailliert geschildert und wecken zumindest Zweifel, ob die Mondlandung wirklich stattgefunden hat. An Beispielen werden die Argumente der Verschwörungstheoretiker bildhaft illustriert.

### **Apollo 11: Wir sehen die Erde**

Autor: Jesco von Puttkamer  
Verlagsangaben: Herbig Verlag  
ISBN: 37 76 67056 8  
Sonstiges: Gebunden, 256 Seiten, Preis ca. 24,90 Euro

Jesco von Puttkamer schildert in einem authentischen Bericht die „Apollo 11 Mission“. Er war dabei: Seit 1962 arbeitete er als Ingenieur für die US-Raumfahrtbehörde NASA und gilt als einer der führenden Raumfahrtexperten. Jesco von Puttkamer schildert seine Erlebnisse und liefert Augenzeugenberichte der Crew.

### **Die Erforschung unseres Sonnensystems - Atemberaubende Bilder aus dem Weltall**

Autor: Nicholas Booth  
Verlagsangaben: Bertelsmann Lexikon Verlag  
ISBN: 34 05 15022 1  
Sonstiges: Kartoniert, 177 Seiten

Der frühere NASA-Mitarbeiter und Wissenschaftsjournalist beschreibt die atemberaubende Welt unseres Planetensystems.

### **Die Wunder des Nachthimmels**

Autor: Bob Berman  
Verlagsangaben: Piper Verlag  
ISBN: 34 92 04054 3  
Sonstiges: gebunden, 392 Seiten, Preis ca. 29,90 Euro

Der amerikanische Astronom Bob Berman nimmt den Leser in diesem Buch mit auf eine vergnügliche und leicht verständlich geschriebene nächtliche Sternführung – über den Lauf eines ganzen Jahres.

### **Im Hyperraum. Eine Reise durch Zeittunnel und Paralleluniversen**

Autor: Michio Kaku

Verlagsangaben: Rowohlt Verlag

ISBN: 3499603608

Sonstiges: Broschiert, 432 Seiten, Preis ca. 12,00 Euro

Spannend und unterhaltend erklärt der Physiker Michio Kaku die modernsten kosmologischen Ideen. Der Leser wird in die verrückte Welt des Hyperraumes entführt, der nicht lächerliche vier, sondern zehn Dimensionen hat und nicht Teilchen, sondern schwingende kosmische Fäden namens Superstrings beherbergt.

### **Gekrümmter Raum und verborgene Zeit. Einsteins Vermächtnis**

Autor: Kip S. Thorne

Verlagsangaben: Droemer Verlag

ISBN: 38 28 93400 5

Sonstiges: Taschenbuch, Preis ca. 13,00 Euro

Ein spannendes Buch über Wurm Löcher vom Wurmloch-Entdecker Kip Thorne.

### **Schwarze Löcher, Wurmlöcher und Zeitmaschinen**

Autor: Jim Al Khalili

Verlagsangaben: Spektrum Akademischer Verlag

ISBN: 38 27 41018 5

Sonstiges: Gebunden, 334 Seiten, Preis ca. 20,00 Euro

„Dieses Buch ist für jeden gedacht, der mehr über so exotisch klingende Dinge wie Schwarze Löcher, gekrümmte Räume, Urknall, Zeitreisen und parallele Universen wissen will - und das ist praktisch jeder, den ich kenne. Ich stelle mich mit diesem Buch der Aufgabe, auch blutigen Laien etwas über einige Konzepte der modernen Physik zu vermitteln, ohne dass sie ins Grübeln geraten, ob Ihr IQ dazu wohl ausreicht.“ (Aus der Einleitung)

## Linktipps

### ZU „DER 10. PLANET“

Webseite des Entdeckers Michael Brown über das neue Objekt 2003UB313 (Englisch)

<http://www.gps.caltech.edu/~mbrown/planetlila/index.html>

Webseite des Astronomen Frank Bertoldi, der die Größe von 2003UB313 berechnet hat.

<http://www.mpifr-bonn.mpg.de/staff/bertoldi/>

Webseite des Keck Observatoriums auf Hawaii zur Entdeckung des Mondes „Gabrielle“ (Englisch)

<http://www2.keck.hawaii.edu/optics/staff/mvandam/gabrielle.html>

International Astronomische Union (Englisch)

<http://www.iau.org/>

Interaktiver Simulator zur Umlaufbahn des Objektes 2003UB313 (Englisch)

[http://neo.jpl.nasa.gov/cgi-bin/db\\_shm?sstr=2003+UB313&group=all&search=Search](http://neo.jpl.nasa.gov/cgi-bin/db_shm?sstr=2003+UB313&group=all&search=Search)

### ZU: „VOYAGER-SONDE“

Die Voyager Mission, Webseite der NASA mit Auszügen aus der „Golden Record“

<http://voyager.jpl.nasa.gov/>

### ZU „DER HALLEYSCHKE KOMET“

Linksammlung zum Thema Kometen (Englisch)

<http://www.milkyweb.de/astrolinks/kometen.htm>

Kometen-Seite des JPLs der NASA. (Englisch)

[http://www.jpl.nasa.gov/solar\\_system/asteroids\\_comets/comets\\_index.html](http://www.jpl.nasa.gov/solar_system/asteroids_comets/comets_index.html)

Bildergalerie der NASA zu Kometen und anderen kleinen Objekten im Sonnensystem.

<http://photojournal.jpl.nasa.gov/target/Other>

Aktuelle NASA-Mission, zur Kollision der Sonde „Deep Impact“ mit dem Kometen Tempel 1. (Englisch)

[http://www.nasa.gov/mission\\_pages/deepimpact/main/index.html](http://www.nasa.gov/mission_pages/deepimpact/main/index.html)

## **ZU „MONDRÄTSEL“**

War die Technik von 1969 schon in der Lage auf dem Mond zu landen? Das fragen sich nicht nur Computerexperten. Die Zweifel erscheinen zumindest nicht unbegründet – und finden immer mehr Zulauf.

**<http://www.heise.de>**

Diese Rede sollte man kennen: "Moon disaster speech" von Präsident Nixon. Diese Rede hatte er vorbereitet, falls die Astronauten aus irgendwelchen Gründen auf dem Mond hätten bleiben müssen:

**<http://www.watergate.info>**

Auf den Seiten der NASA finden sich auf englisch Hintergründe und Details zu den verschiedenen Apollo Missionen:

**<http://www.hq.nasa.gov>**

Die NASA verweist gerne auf die Seiten von Phil Plait. Kein Wunder: Er ist unabhängig und widerlegt die verschiedenen Argumente der Zweifler.

**<http://www.badastronomy.com>**

Wer mehr über die legendären Hasselbladkameras wissen möchte, kann unter Hasselblad in Space auf Englisch die Geschichte der Fotos nachlesen. Aber Informationen wie die Filme die Temperaturen auf dem Mond von -130 °C bis +180 °C überstanden, findet man auch hier nicht.

**<http://www.hasselblad.com>**

## **ZU „DAS LICHT DER STERNE“**

Kompakte Infos zur Spektralanalyse

**<http://www.gmbasel.ch>**

„The Extrasolar Planets Encyclopaedia“ - Umfassende Infos zu Planeten in anderen Sonnensystemen (Englisch)

**<http://www.obspm.fr>**

Erklärung zur Methode der Planetenentdeckung

**<http://exoplanets.org>**

Beschreibung der zweiten Methode extrasolare Planeten zu entdecken: der Transitmethode

**<http://www.pro-physik.de>**

Seiten der NASA zu extrasolaren Planeten mit vielen multimedialen Angeboten (Englisch)

**[http://planetquest.jpl.nasa.gov/gallery/gallery\\_index.cfm](http://planetquest.jpl.nasa.gov/gallery/gallery_index.cfm)**

### **ZU „GALAXIENREISE“**

Auf dieser Seite finden Sie eine vollständige Liste aller bisher entdeckten Planeten, die zu anderen Sternen gehören.

**<http://www.obspm.fr>**

Weitere spektakuläre Bilder aus dem Universum finden Sie bei der ESO.

**<http://www.eso.org>**

Impressum:

Herausgegeben  
vom Westdeutschen Rundfunk Köln

Verantwortlich:  
Quarks & Co  
Claudia Heiss

Redaktion:  
Monika Grebe / Wolfgang Lemme

Gestaltung:  
Designbureau Kremer & Mahler

Bildrechte:  
Alle: © WDR

außer: wie bezeichnet

© WDR 2005