

Dimensionen der Welt

Eine Reise durch unsere Welt, von den kleinsten bis zu den größten Skalen

Inhalt:

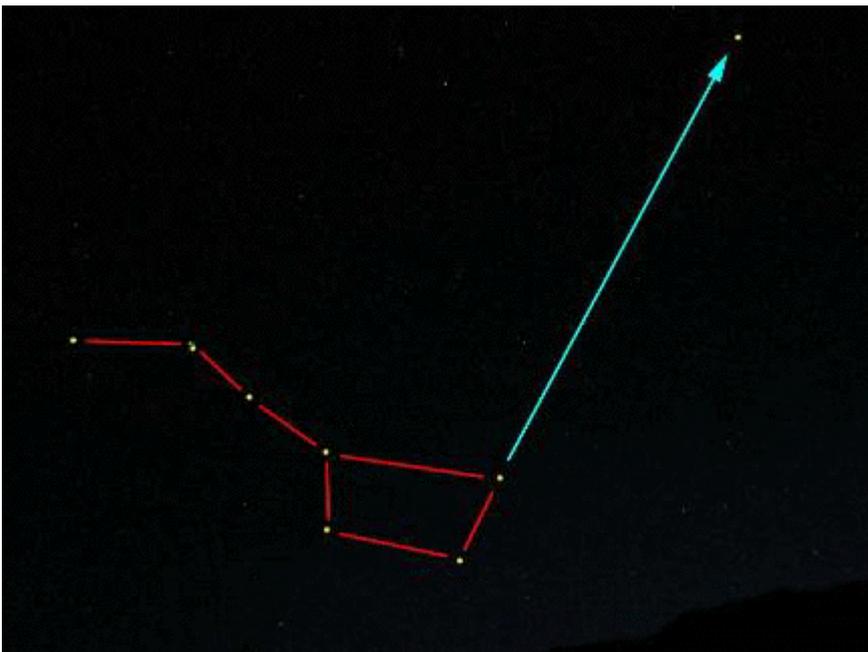
Teil 1	Seite 1
Teil 2	Seite 11
Teil 3	Seite 20

Dimensionen der Welt

Teil 1

Wenn wir uns in unserer Umwelt bewegen, stellen wir unbewusst ständig Vergleiche an. Stehen wir vor einem Haus, denken wir vermutlich "Aha, es ist etwa 5-mal so hoch wie ich selbst", also vielleicht 10 [m]. Jedes Mal beziehen wir uns bei allem was wir sehen auf eine bekannte, "begreifbare" Vergleichsgröße. Die Abmessungen einer Stecknadel, eines Autos, Hauses, Baumes oder Berges sind uns geläufig, unser Gehirn speicherte die Vergleichsgrößen seit frühester Kindheit. Das ist unsere gewohnte Alltagswelt, in der es uns nicht schwer fällt sie zu visualisieren.

Was aber, wenn sich die Dimensionen ändern? Wenn wir im Flieger sitzen, "spüren" wir weder die Geschwindigkeit von 900 [Km/h] noch die Flughöhe von 10 000 [m] in irgendeiner Weise. Können wir uns diese Distanz zum Erdboden überhaupt noch richtiggehend vorstellen? Wohl eher nicht. In diesem Kapitel wird beschrieben, dass die Welt, in der wir leben, noch ganz andere Größenordnungen enthält. Völlig klar erfassen können wir diese mit unseren Sinnesorganen nicht mehr, dazu fehlen die erlernten Vergleichsgrößen. Dennoch sind es Dimensionen, die unser Leben bestimmen und sogar überhaupt ermöglichen. Hierzu vorab ein Beispiel:



Wenn der Himmel heute Abend unbewölkt ist, gehen Sie doch einmal aus dem Haus und suchen mit Hilfe des markanten Sternbildes Großer Wagen (auch Großer Bär genannt) den Polarstern (Polaris) auf. Er ist etwa 680 Lichtjahre von der Erde entfernt. Ein Lichtjahr, die Strecke die ein Lichtteilchen in einem Jahr zurücklegt, hat eine Länge von 9.460.528.000.000 Kilometern. Polaris ist damit rund $6,433 \times 10^{12}$ [Km] entfernt. Um uns eine Vorstellung von dieser Entfernung zu machen,

wollen wir mit einem (imaginären!) Auto dorthin reisen. Mit der Richtgeschwindigkeit von 130 [Km/h] werden wir

5 649 068 Jahre

benötigen! Eine nicht mehr vorstellbare Entfernung! Dabei zählt Polaris noch zu unseren näheren "Nachbarn" im All...

Doch beginnen wir mit etwas Kleinerem! Morgen können Sie vom Spaziergang vielleicht eine kleine Handvoll Heu mitbringen.

Am besten von einer ehemals überschwemmten Wiese, der Versuch gelingt aber auch mit "normalem", getrocknetem Gras. Man legt es in ein großes Glas, füllt dieses zu etwa 1/3 mit Wasser auf und wartet 1, 2 Tage. Dann können wir einen Tropfen dieses Heuaufgusses auf ein Objektträgerglas platzieren. Wer ein Aquarium besitzt, kann auch einfach dort einen Tropfen Wasser entnehmen, oder aus einem Teich.

Mit bloßem Auge können wir natürlich nichts erkennen, es ist eben nur ein Tropfen Wasser! Doch unter dem Mikroskop betrachtet, erschrecken wir fast: der Wassertropfen wimmelt nur so vor Leben. **Amöben** tummeln sich neben **Pantoffel-** oder **Rädertierchen** und vielen anderen mehr. Nebenstehendes Bild zeigt beispielsweise Pantoffeltierchen, die nur zwischen 0,18 und 0,30 [mm] groß sind.



Mit freundlicher Genehmigung von Eckart Hillenkamp, weitere Informationen unter www.mikroskopieren.de

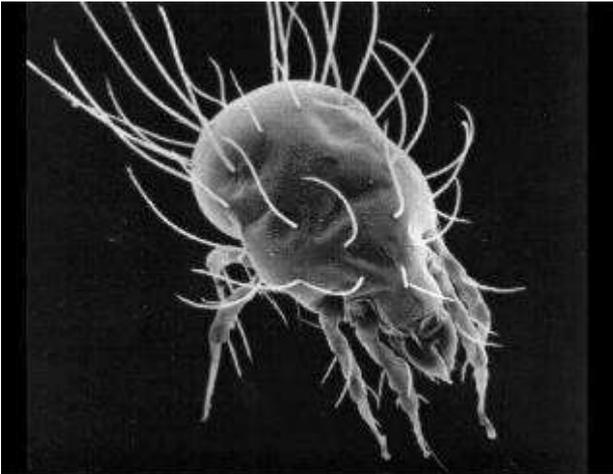
Eine andere Möglichkeit für eigene Experimente: man suche sich ein Stück Moos, am besten von einer kalkhaltigen Wand. Über Nacht legt man es mit dem Grün nach unten in eine Schale mit Wasser.



Am nächsten Tag kann man im Wasser mit einem kleinen Mikroskop auf die Suche nach den wunderbaren **Bärtierchen** gehen, die nur 0,3 bis 0,5 [mm] groß sind. Eine weitere Welt hat sich uns eröffnet, die vielleicht bislang für den einen oder anderen völlig im Verborgenen lag. Bärtierchen findet man praktisch überall auf der Erde, ein paar Tropfen Wasser genügen ihnen als Lebensraum. Sie sind jedoch auch wahre Überlebenskünstler. Gibt es einmal kein Wasser, wandeln sie sich in eine Trockenform um und können das viele Jahre aushalten. Kommen sie dann wieder in den Genuss von Wasser, erwachen sie minutenschnell zu quirligem Leben...

Copyright und weitere Informationen: www.baertierchen.de

Wir haben jetzt (oberflächlich!) gesehen, dass neben "unserer Welt", die wir alltäglich erleben, in ein paar Tropfen Wasser eine eigene, völlig fremde belebte Welt existiert. Doch um solche Welten zu entdecken, ist nicht einmal Wasser vonnöten...



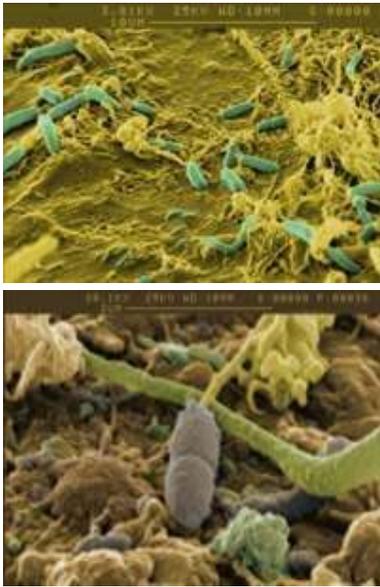
Wenn Sie heute Nacht zu Bett gehen, untersuchen Sie Ihre Bettwäsche lieber nicht mit dem Mikroskop. Sonst könnten Sie durch Anblicke wie nebenstehend um Ihren Schlaf gebracht werden!

Wir sehen REM- Aufnahmen von Hausmilben, die sich durchaus auch in Ihrem Bett tummeln. Solch ein "Minimonster" ist nur etwa 400 Mikrometer (0,4 [mm]) groß und wiegt gerade rund 8 Mikrogramm (= 0,000008 [g]!). Diese netten Gesellen, denen so mancher Zeitgenosse eine Allergie verdankt, nehmen täglich die Hälfte ihres eigenen Gewichts an Nahrung auf - in Form von menschlichen Hautschüppchen! Davon verliert ein Mensch in einer Nacht etwa 0,5 Gramm, das ist ausreichend, um rund 120 000 Milben täglich artgerecht satt zu bekommen. Mehr zu dieser interessanten Rechnung unter [Mensch und Milbe \(PDF\)](#) sowie viele weit reichende Informationen zur Milbenforschung.

Copyright Milbenaufnahmen: [Dr. rer. nat. J.-Th. Franz](#)

Dies ist natürlich nur ein winziger Einblick in die Welt der "Minilebewesen". Nicht angesprochen haben wir die Mikroflora, z.B. die vielfältigen Moose, Flechten und Pilze, die überall die Erde bevölkern. Man mag es vielleicht nicht glauben, aber ein Stückchen Moos oder eine Flechte an einem Ast ist die Heimat für Tausende verschiedener Lebewesen, eine uns meist unbekannte Welt, weil wir sie nicht sehen können. Erst durch unsere Technik können wir Einblicke gewinnen. Ein Löffel Gartenerde bietet Platz für Millionen von Individuen, ein Komposthaufen ist ein Paradies, wenn es um Artenvielfalt geht. Im Rahmen dieses Beitrags ist es kaum möglich, auf all diese Lebensformen einzugehen, bitte holen Sie bei Interesse dazu eigene Informationen ein. Doch stellen Sie sich einmal vor, was eine Ameise, ein Bärtierchen oder gar ein Pantoffeltierchen empfinden würde, wenn es bewusst den Blick zu einem Menschen oder gar zum nächtlichen Sternenhimmel erheben könnte...

Gehen wir einen Schritt weiter in noch kleinere Dimensionen. Hier treffen wir auf den fast unübersehbaren Artenreichtum der Bakterien. Damit stoßen wir in einen Bereich vor, in welchem die Lebewesen nur noch eine Ausdehnung im Bereich von Tausendstel Millimetern ($1 \mu\text{m} = 0,001 \text{ [mm]}$) haben.



Hier sehen wir in zwei Aufnahmen, die mit einem **Rasterelektronenmikroskop** ("**REM**") gewonnen wurden, einige Bakterien auf einem verrottenden Blatt. Diese einzelligen Lebewesen besitzen *keinen* Zellkern und man zählt sie deshalb zu den **Prokaryonten**, im Gegensatz zu den schon oben erwähnten Amöben oder Pantoffeltierchen, die einen Zellkern aufweisen und man sie deshalb als **Eukaryoten** bezeichnet. Zwar können wir die Tierchen nicht sehen (obwohl es Ausnahmen bis zu 2 mm Größe gibt), aber sie beherrschen vollständig unser Leben. Unser Mund ist genauso von ihnen bevölkert wie unser Darm, in welchem sie uns durchaus gute Dienste leisten. In der Luft, im Wasser und im Boden - Bakterien findet man praktisch überall.

Beide Aufnahmen: © B.Wiedemann <http://www.bewie.de/>

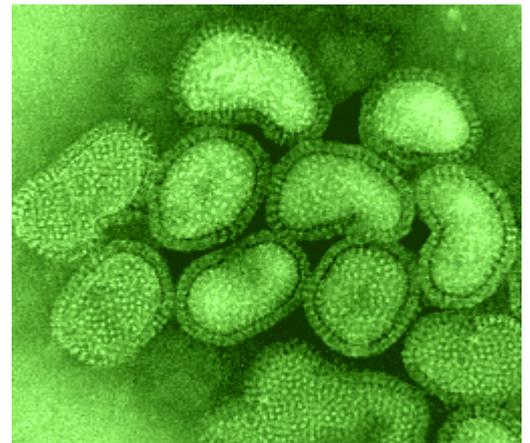
Übrigens: Es ist gar nicht so schwer, sich ein eigenes Rastertunnelmikroskop herzustellen, mit dem man die Welt des Kleinsten selbst erforschen kann! Nähere Informationen siehe unter <http://sxm4.uni-muenster.de/stm-de/>.

Plagt uns einmal ein Magengeschwür, legen wir uns durch einen Zeckenbiss eine Borreliose zu oder "erfreut" sich der Mensch an der Cholera - jedes Mal sind Bakterien die Verursacher. Die vielen Arten können kugelförmig, als Stäbchen oder Spiralen erscheinen. Manche von ihnen bilden Dauerstadien in Form von Sporen, die extremste Umweltbedingungen aushalten. Grob unterscheiden kann man Bakterien noch in **aerobe** Arten, die Sauerstoff benötigen, sowie **anaerobe**, für die Sauerstoff Gift ist. Letztere Lebewesen dürften übrigens die ersten gewesen sein, die unsere Erde bevölkerten, denn die damalige Atmosphäre enthielt noch keinen Sauerstoff.

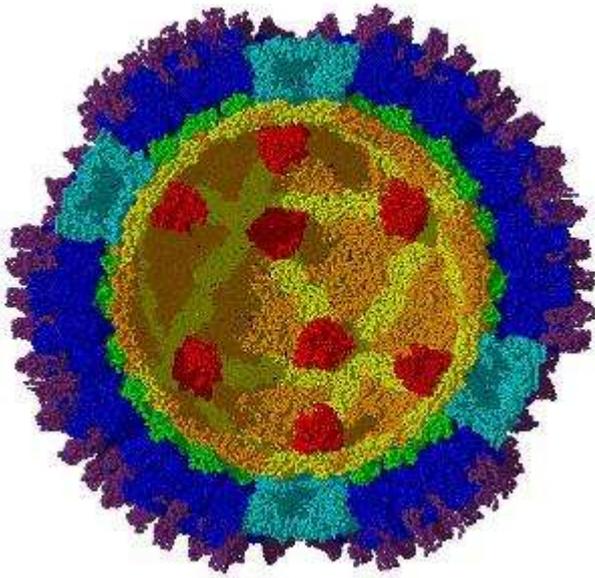
Viren, womit jetzt keine der allzu "beliebten" Computerviren gemeint sind, bringen uns noch eine Ebene tiefer in die **Nanowelt**. Die Ausdehnungen bewegen sich im Bereich von Nanometern, wobei $1 \text{ [nm]} = 0.000 \text{ 001 [mm]}$ oder 10^{-9} [m] entspricht.

Als ein Beispiel sehen wir hier den Influenza- Virus, der einen Durchmesser von etwa 200 [nm] hat. Streng genommen zählt man Viren nicht mehr zu den lebenden Organismen, da sie sich selbst nicht vermehren können. Hierzu benötigen sie einen Wirtskörper, eine Zelle, in die sie eindringen und zur "Produktion" von weiteren Viren zwingen. Verlassen die neuen Viren die Zelle, stirbt diese ab.

Quelle: <http://www.uct.ac.za/depts/mmi/stannard/linda.html>
Copyright Linda M. Stannard, 1995



Viren sind für vielerlei Krankheiten verantwortlich, genannt seien hier nur HIV und Hepatitis. Aber auch an den unangenehmen Lebensmittelvergiftungen tragen sie ihren Anteil. Unter den Viren finden sich Spezialisten, die zu ihrer Vermehrung Bakterien benötigen. Man nennt sie **Phagen**. Mit einem Lichtmikroskop können wir diese Winzlinge nicht mehr sehen, dazu bedarf es eines Rasterelektronenmikroskops. Allgemein sind Viren zwischen etwa 20 und 300 [nm] groß, man betrachtet sie als Partikel, die aus einer Proteinhülle bestehen, in welcher die Erbinformationen in Form einer Nukleinsäure (als DNA, *Desoxyribonukleinsäure* oder RNA, *Ribonukleinsäure*) gespeichert sind.



Hier können wir einen sensationellen Blick in das Innere eines so genannten **Reovirus** (*respiratory enteric orphan virus*) werfen. Der Name besagt, dass man sie im Respirations- und Darmtrakt findet und sie nicht direkt mit irgendwelchen Krankheiten in Verbindung stehen. Diese Viren sind vom RNA- Typ, d.h. sie weisen ein doppelsträngiges RNA- Genom auf, wir sehen sie als rote Partikel im Innern des Virus. Das sind die "Fabrikanten", die eine befallene Zelle zur Produktion weiterer Viren zwingen. Wir sehen hier Einzelheiten bis herunter zu etwa 7×10^{-10} [m]!

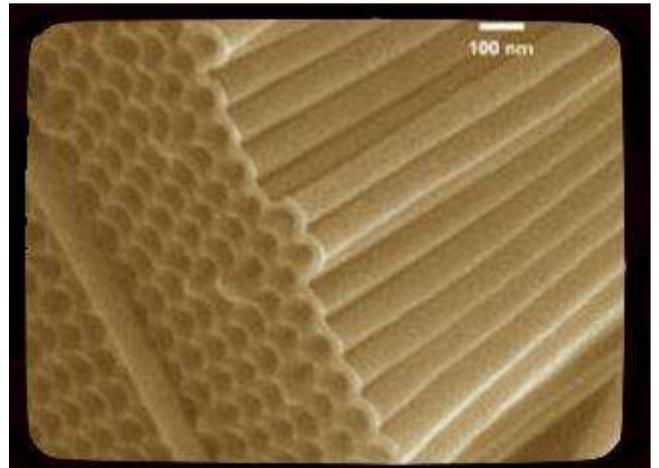
Quelle: [Timothy S. Baker](#)

Weitere, gut verständliche Informationen zu Viren unter <http://www.biokurs.de/skripten/13/bs13-9.htm>.

Verlassen wir nun die belebte Mikrowelt und werfen noch einen Blick auf die zukunftssträngige **Nanotechnologie**.

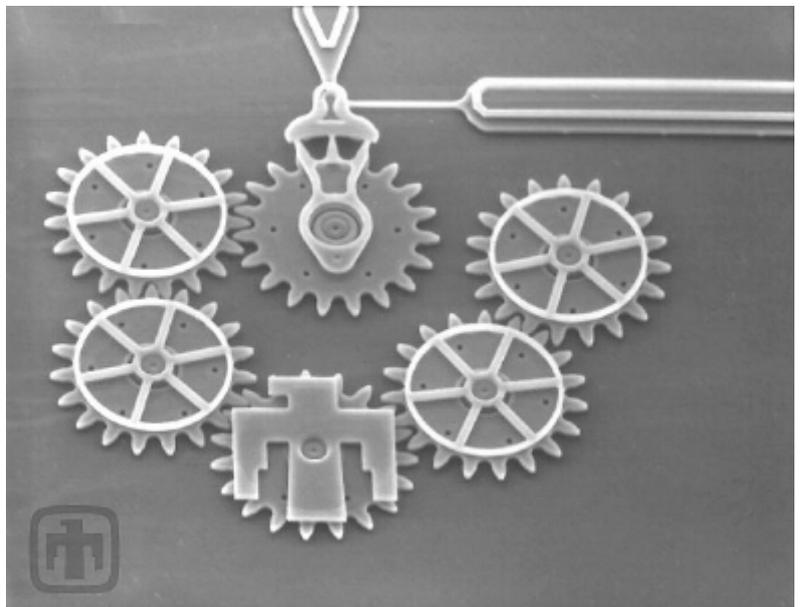
Was wir hier im Bild sehen sind so genannte Nanoröhrchen. Man stellt sie her, indem man Kohlenstoff in Aluminium- Schablonen implantiert. Der Innendurchmesser eines einzelnen Röhrchens liegt unter 1 [nm], im Bereich der Größe von Molekülen! Das prädestiniert solche Röhrchen für Anwendungen, in denen man beispielsweise hochreine Stoffe gewinnen möchte und sogar einzelne Fremdmoleküle aussieben kann.

Quelle: [Charles Martin](#)



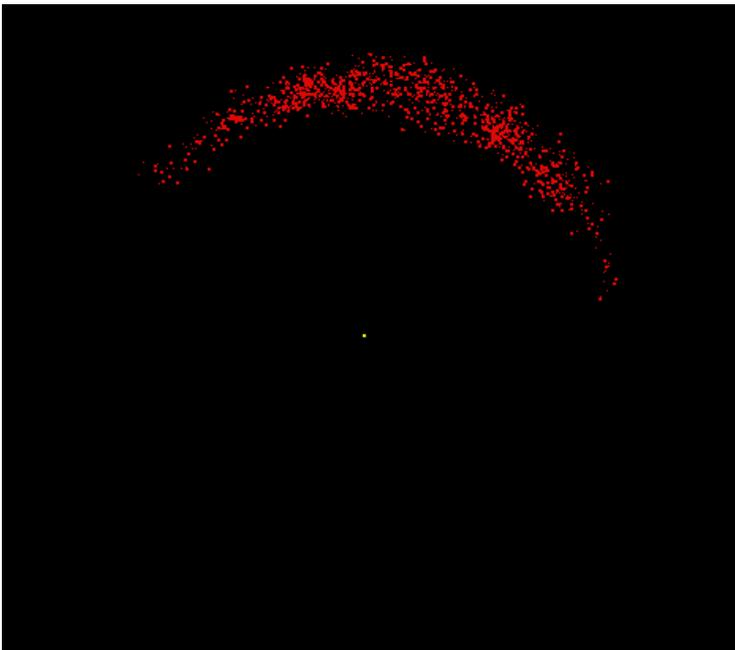
Die Nanotechnologie hat uns inzwischen völlig neue Welten und Möglichkeiten eröffnet. Nicht nur die Beschichtung von Waschbecken oder Glasscheiben mit Nanopulvern zur Wasser- und Schmutzabweisung ist Ziel dieses Forschungsgebietes. Man erhofft sich beispielsweise, eines Tages winzig kleine Mikroroboter als medizinische Helfer in den menschlichen Körper einbringen zu können, welche dann an Ort und Stelle die erforderlichen "Reparaturen" durchführen.

Hier sehen wir als nur ein Beispiel ein Mikrogetriebe, nur wenige $[\mu\text{m}]$ groß. Es handelt sich dabei um ein Sechsgang-Getriebe, jedes einzelne Zahnrad kann sequentiell durch in der oberen Bildmitte zu sehende Schaltung angesteuert werden. Solche Getriebe wurden schon bis 250 000 Umdrehungen pro Minute belastet. Viele weitere Aufnahmen und Informationen zu dieser Technik der Zukunft unter nachstehendem Link.



Quelle: [Courtesy Sandia National Laboratories, SUMMITM Technologies](#)

Noch sind wir längst nicht am Ende unserer Stippvisite in die Welt des Kleinsten gelangt. Vor uns liegt jetzt das Reich der Moleküle und Atome. Moleküle, die Zusammenlagerung mehrerer oder vieler, gleicher oder unterschiedlicher Atome, können in ihren Abmessungen sehr unterschiedlich sein. Das uns allen bekannte Wassermolekül - H_2O - weist einen Durchmesser von nur einem Zehnmillionstel Millimeter auf, währenddessen man organische Riesenmoleküle kennt, in denen Millionen von Atomen lange Ketten oder Netze bis in den Millimeterbereich ausbilden.



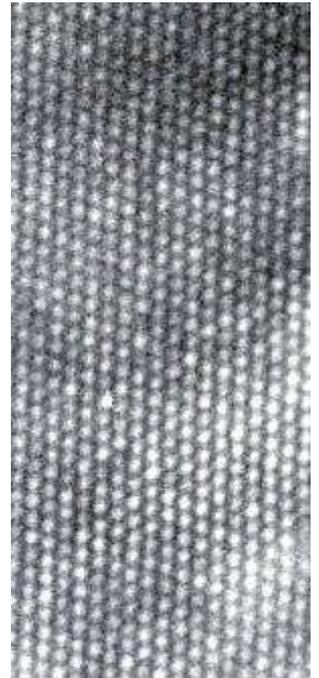
Daher ignorieren wir jetzt die fast unübersehbare Welt der Moleküle und wenden uns gleich den Atomen zu. Das kleinste von ihnen ist das Wasserstoffatom mit einem Durchmesser von etwa $8 \times 10^{-11} [\text{m}]$. Wasserstoff ist dasjenige Element, welches man am häufigsten im ganzen Universum antrifft. Es besteht aus nur einem **Proton**, welches von einem **Elektron** umgeben ist. Das Proton ist dabei fast der alleinige Masseträger, es "wiegt" $1.672648 \times 10^{-27} [\text{Kg}]$ bei einem Durchmesser von nur $2 \times 10^{-15} [\text{m}]$ und ist damit rund zehntausendfach kleiner als das Atom.

Bild: Thomas Terry, [The Biology Place](#)

Das elektrisch negativ geladene Elektron (e^-) "umkreist" dabei das positive Proton (p^+) in relativ großem Abstand, so dass das Atom nach außen hin elektrisch neutral erscheint. Würde man ein solches Atom auf einen Durchmesser von $100 [\text{m}]$ "aufblasen", so wäre der Atomkern nur $1 [\text{cm}]$ groß, kaum sichtbar. Das Elektron, rund 2000-fach leichter als das Proton, umgibt den Atomkern in Form einer Wolke. Wir könnten niemals aufgrund der Unschärferelation sagen, wo gerade sich das Elektron aufhält. An diesem einfachen Beispiel sehen wir jedoch leicht, dass der größte Teil eines Atoms aus - *Nichts* besteht!

Ein kleiner, aber relativ schwerer Kern, der fast allein für die Masse des Atoms verantwortlich ist, ist umgeben von einem Vakuum, und erst in großem Abstand sehen wir eine Elektronenwolke, Orbitale genannt, in der sich irgendwo mit großer Wahrscheinlichkeit das Elektron aufhält.

Nun ist Wasserstoff das einfachste chemische Element, die anderen der bisher 118 bekannten Elemente werden aufgebaut, indem sich immer mehr Protonen im Kern ansiedeln (und dabei von neutralen **Neutronen** "stabilisiert" werden), die in der Atomhülle von einer äquivalenten Anzahl Elektronen zum Ladungsausgleich umgeben sind. In nebenstehender TEM-Aufnahme (*Transmissionselektronenmikroskop*) sehen wir Siliziumatome in einem Kristall dieses Elements. Ein Kreis entspricht dabei je zwei Atomen.



Quelle: Siemens

Bisher sprachen wir nur von der elektrischen Ladung der Teilchen, welche Rolle spielt eigentlich die Gravitation im Atom? Keine! Gravitation ist die schwächste aller Naturkräfte und nur verschwindend gering im Vergleich zur hier dominierenden elektrischen Anziehungskraft. Es soll nun an dieser Stelle nicht weiter auf die Struktur und den Aufbau der einzelnen Atomsorten ("*chemische Elemente*") eingegangen werden, dazu gibt es genug andere Informationen im Web, z.B.:

<http://www.chemlin.de/chemie/atomtheorie.htm>

<http://www.chemie.uni-giessen.de/dl/det/froeba/297/>

[http://www2.uni-](http://www2.uni-wuppertal.de/FB8/groups/Teilchenphysik/oeffentlichkeit/Animationen/Atomaufbau.html)

[wuppertal.de/FB8/groups/Teilchenphysik/oeffentlichkeit/Animationen/Atomaufbau.html](http://www2.uni-wuppertal.de/FB8/groups/Teilchenphysik/oeffentlichkeit/Animationen/Atomaufbau.html)

Sie haben richtig geraten, wenn Sie meinen, dass wir immer noch nicht in die allerkleinsten Bereiche der Natur vorgestoßen sind! Als der griechische Philosoph **Demokrit** das Atom benannte (*á-tomo*, *das Unteilbare*), war dies für die damalige Zeit eine herausragende Leistung menschlichen Geistes. Auch heute noch gilt, dass ein Atom durch chemische Methoden nicht weiter geteilt werden kann.

Die Physiker haben jedoch eine Art "Messer" erfunden, mit dem man auch Atome teilen kann. Man wusste z.B., dass bestimmte schwere Elemente wie Uran oder Plutonium durch Beschuss mit einem Neutron in zwei Atom"hälften" zerfielen. Dabei wurden dann wiederum Neutronen freigesetzt. Bringt man genügend Material eines solchen Elementes zusammen (*kritische Masse*), so verläuft der Prozess autark, wir haben es mit einer Kettenreaktion zu tun. Weil dabei große Energiemengen freigesetzt werden, will der Experimentator nicht gerne selbst in der Nähe sein, deshalb teilt er die kritische Masse in zwei Hälften auf, die dann irgendwo mittels einer chemischen Sprengladung zusammengeführt werden. Der Beschuss mit nur einem Neutron ist dann ausreichend, um der Natur gewaltig ins Handwerk zu pfuschen - erstmalig geschehen durch die Hiroshima- Bombe! Nähere Informationen hierzu:

http://chemie7b2002.tripod.com/christian_balau.html.

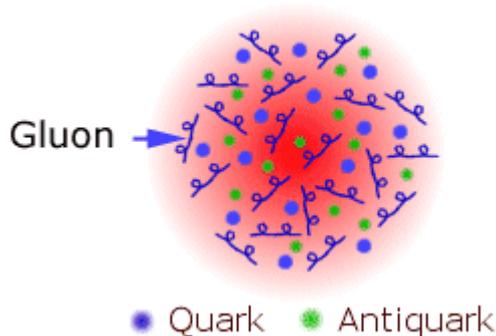
Es gibt allerdings auch friedlichere Lösungen dieses Prinzips, verwirklicht in unseren nicht sehr geliebten Atomkraftwerken. Indem man darauf achtet, die freigesetzten Neutronen alsbald einzufangen und die entstehende Wärme abzuführen ist eine sanfte Spaltung der Atomkerne durchaus nutzbringend.

Aber wir wollen ja nicht nur Atome zertrümmern, sondern möglichst noch ihre "Bauteilchen". Ist das überhaupt noch möglich? Im Falle des Elektrons wohl nicht mehr, es wird heute allgemein als fundamentales Teilchen betrachtet. Protonen und Neutronen dagegen können wir durchaus noch auf den Pelz rücken!

Protonen und Neutronen sind nicht elementar, sondern theoretisch noch weiter teilbar. Schon 1964 vorausgesagt, konnten die Hochenergiephysiker in ihren Teilchenbeschleunigern die wirkliche Existenz der so genannten **Quarks** nachweisen, aus denen Protonen und Neutronen bestehen. Der Name hat nichts mit Milchprodukten zu tun, sondern ist eher zufällig.

Man kennt 6 verschiedene **Quarks** mit den seltsam anmutenden Namen **up, down, charme, strange, bottom und top**, von den Physikern humorvoll als Geschmack (*flavour*) bezeichnet (wahrscheinlich dachten sie dabei doch an Erdbeer- oder Vanillequark). Sie unterscheiden sich nicht nur durch ihre elektrische, sondern auch durch eine "Farbladung" (rot, grün, blau). Zu jedem Quark existiert auch ein Antiquark, welches dann antirot, antigrün oder antiblau ist.

Leider sind Quarks keine freien Teilchen, sie kommen niemals einzeln vor. Vielmehr werden sie von so genannten **Gluonen** (*engl. glue= Klebstoff*) derart zusammen gehalten, dass es nicht möglich ist, ein einzelnes Quark isoliert zu beobachten.



Ihre Existenz lässt sich nur nachweisen, indem man z.B. ein Proton immer wieder mit Elektronen beschießt und dann je nach Aufprallstelle unterschiedliche Reaktionen ausgelöst werden, die durch die verschiedenen Eigenschaften der Quarks bedingt sind. Ein Proton besteht aus 2 up- und einem down-Quark, beim Neutron ist es umgekehrt. Tatsächlich ist der Aufbau z.B. des Protons noch weitaus komplizierter, können doch die Gluonen ihrerseits kurzfristig zu Quark-Antiquarkpaaren werden, weshalb ein Proton

eigentlich eine brodelnde "Suppe" aus Quarks, Quark- Antiquarkpaaren und Gluonen darstellt.

Bildquelle: [DESY](#)

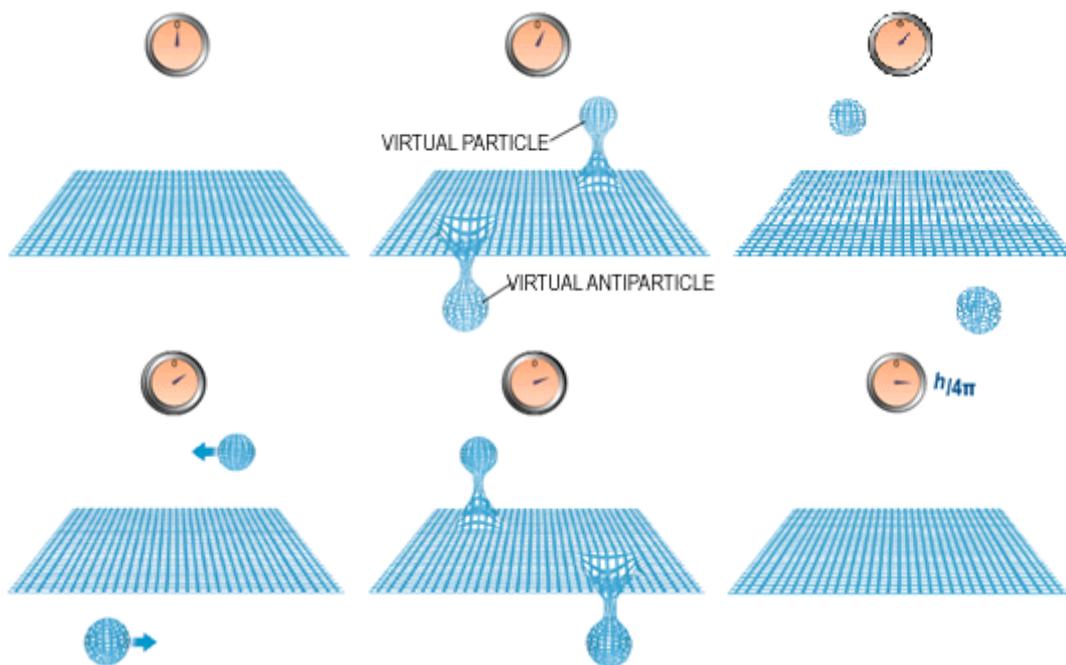
Wie "groß" ist eigentlich solch ein Quark? Nun, es ist noch tausendmal kleiner als das Proton, misst also rund 10^{-18} [m] im Durchmesser. In derselben Größenordnung treffen wir wieder auf ein uns schon geläufiges Teilchen, das Elektron. Würden wir ein Quark auf 1 [mm] Größe bringen, hätte das Proton einen Durchmesser von 1 [m] und ein Atom wäre bereits 100 [Km] groß!

Bis heute geht man davon aus, dass die Quarks und Elektronen die fundamentalen Bauteilchen der Materie sind, sie lassen sich nicht weiter zertrümmern. Ganz sicher ist man sich allerdings noch nicht, eventuell sind Quarks aus noch kleineren Subteilchen zusammengesetzt, die bisher unbekannt sind. Die Zukunft wird es zeigen!

Ja verflixt, dürfte mancher sagen, jetzt muss aber langsam Schluss sein mit der Reise in immer kleinere Welten. Gerade deshalb, weil doch vielleicht Quarks nicht weiter teilbar sind? Leider haben wir aber das Ende der Skala noch nicht erreicht!

Zum Schluss unseres Ausflugs in die Welt des Kleinsten müssen wir jetzt nämlich den gewaltigsten Sprung überhaupt vornehmen: In die Quantenwelt. Wir stoßen an die unterste Grenze der Physik, die durch die so genannte Plancklänge definiert ist, einer "Strecke" von nur noch 10^{-35} [m]. Etwas sinnvoll Kleineres gibt es nun nicht mehr. Doch was könnten wir überhaupt erwarten, auf diesen Skalen sehen zu können (wirklich *sehen* kann man hier nun in der Tat nichts mehr, hier versagt selbst die ausgefeilteste Technik)?

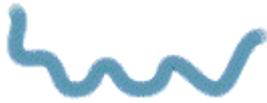
Wir aber besitzen ein imaginäres Supermikroskop und betrachten den "leeren" Raum zwischen den uns nun schon bekannten Teilchen. Dieses Vakuum ist nicht einfach leerer Raum, uns fallen sofort ungezählte Teilchen auf, die plötzlich aus dem Nichts entstehen! Es sind **virtuelle Teilchenpaare**, bestehend z.B. aus je einem Elektron und Positron oder einem Photon und Antiphoton. Um zu existieren, leihen sich diese Teilchen die zu ihrer Entstehung notwendige Energie quasi vom Vakuum und geben sie alsbald wieder zurück, indem sie sich gegenseitig wieder vernichten. Die Zeichnung verdeutlicht den Vorgang:



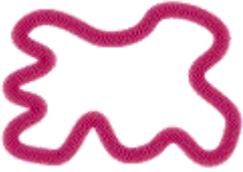
Quelle: [University of Oregon](#) / Encyclopedia Britannica

Wir sehen hier keinen "glatten", leeren Raum, sondern vielmehr eine Art brodelnden "See", in dem ständig Teilchenpaare entstehen und wieder vergehen. Virtuelle Teilchen, und seien sie auch noch so groß, kann man im Gegensatz zu realen nicht sehen oder "vermessen". Denn bei einem solchen Vorgang würden sie allein durch die Beobachtung so viel an Energie gewinnen, dass sie sofort zu einem realen Teilchen und entfliehen würden. Diesen brodelnden See nennen wir auch **Quantenschaum** und können uns diesen auch als ein ständiges Fluktuationen ausgesetztes Vakuum vorstellen. Dem Vakuum wohnt eine gewisse Energie inne, die an einer Stelle in einem Moment positiv, im nächsten Augenblick aber schon wieder auf negative Werte abgerutscht sein kann - dargestellt durch die virtuellen Teilchenpaare. Aus diesem ständigen Auf und Ab, Kommen und Gehen ergibt sich eine schaumartige Struktur.

Wenn wir schon so "tief abgerutscht" sind auf die Ebene der Plancklänge, dann müssen hier auch noch kurz die **Strings** angesprochen werden. Trifft diese Theorie zu, dann bestehen nämlich alle Teilchen aus feinsten Fädchen.



Hoch gespannt schwingen sie hin und her wie eine angezupfte Gitarrensaite, daher auch ihr Name. Je nachdem, wie schnell und in welcher Art sie schwingen, stellen sie die verschiedenen Teilchen dar wie wir sie schon kennen: Elektronen oder Quarks, Gluonen und alle anderen Teilchen.



Strings können als offene Fäden auftreten, jedoch auch als geschlossene Schleifen. Korrekterweise spricht man nicht von der, sondern von *den* Stringtheorien, denn es gibt davon mehrere Unterarten. Zusammengefasst werden sie in der so genannten **M-Theorie**, wonach wir es nicht mehr mit schwingenden Saiten, sondern mit *branes*, auch Brane genannt (abgeleitet von Membran) zu tun haben. Nachteil all dieser Theorien ist, dass zu ihrer Beschreibung mindestens 7 zusätzliche Dimensionen, die völlig unsichtbar winzig klein aufgerollt sein sollen, benötigt werden. Noch eklatanter ist, dass diese Theorien keine nachprüfbareren Voraussagen machen können. Am Ende könnte dennoch daraus eine Theorie der Quantengravitation resultieren, mit deren Hilfe wir z.B. Schwarze Löcher viel besser verstehen könnten.

Bilder und weitere Informationen: superstringtheory.com

Sehen wir uns nun an, wie es um die großen Dimensionen bestellt ist!

Dimensionen der Welt

Teil 2

Kehren wir nun zunächst einmal kurz zum Anfang des ersten Teils zurück. Dort wollten wir mit dem Auto zum Polarstern fahren, einem ziemlich sinnlosen Unterfangen von 5 649 068 Jahren. Doch diese bereits beeindruckende Zahl soll uns den Weg in die richtig großen Dimensionen unserer Heimat weisen - unserem Universum.



Bleiben wir zunächst im Auto sitzen und nehmen uns eine übersichtliche Strecke vor - eine Umrundung der Erde. Der Umfang unseres Planeten von rund 40 000 [Km] stellt kosmisch gesehen eine Winzigkeit dar, auch wenn es bereits sehr schwer fallen dürfte, sich diese Distanz vor dem geistigen Auge vorzustellen! Mit unserem Auto bewältigen wir diese Umrundung in "nur" rund 308 Stunden, das sind knapp 13 Tage Nonstop und natürlich ohne Berücksichtigung von Hindernissen wie Gebirgen oder Meeren. Im Düsenjet geht's schon schneller: Bei etwa 900 [Km/h] schafft er eine Runde in nur noch 44 Stunden. Wehe aber, wir wollten die Erde erwandern. Bei gutem Schritt erkämpfen wir 5 [Km] in der Stunde und müssen ganze 333 Tage und Nächte ohne jede Pause laufen. Blasen und Hühneraugen dürften die Folgen solcher Vorhaben sein...

Versuchen wir jetzt, unser Sonnensystem zu erobern. Zum nächstgelegenen Himmelskörper, dem Mond, ist es astronomisch ja nur ein Katzensprung - rund 384 000 [Km]. Wie lange brauchen wir mit dem Auto? 123 Tage Nonstop - das ist immerhin ein Viertel Jahr! Selbst mit dem Jet fallen noch 18 Tage reine Flugzeit an - wir brauchen also etwas Schnelleres, wenn wir weiter hinaus ins Sonnensystem wollen.

Doch gemach, zunächst einmal müssen wir überhaupt die Erde verlassen können! Um das zu erreichen, ist nämlich eine bestimmte Geschwindigkeit erforderlich, die **Fluchtgeschwindigkeit**. Nur wenn sie erreicht oder überschritten wird, kann die Gravitation der Erde überwunden werden. Wollen wir gar das Sonnensystem verlassen, ist eine noch höhere Geschwindigkeit notwendig, weil wir auch die Anziehung von Sonne und Planeten zu überwinden haben. Die unterschiedlichen Fluchtgeschwindigkeiten nennt man auch **kosmische Geschwindigkeiten**:

- **Erste kosmische Geschwindigkeit**
Diese Geschwindigkeit muss erreicht werden, soll eine Rakete senkrecht bis zum doppelten Radius des Planeten aufsteigen. Auf der Erde sind das 7,9 [Km/s]
- **Zweite kosmische Geschwindigkeit**
Die eigentliche Fluchtgeschwindigkeit, die erreicht werden muss, will man das Schwerefeld eines Körpers verlassen. Erde: 11,2 [Km/s]
- **Dritte kosmische Geschwindigkeit**
Die Geschwindigkeit, die ein von der Erde startender Körper zum Verlassen des Sonnen- Gravitationsfeldes benötigt: 42 [Km/s]. Nutzt man die Bahngeschwindigkeit der Erde aus, kann die Geschwindigkeit auf 16,6 [Km/s] reduziert werden.
- **Vierte kosmische Geschwindigkeit**
Diese Geschwindigkeit muss eine von der Erde, in Bewegungsrichtung der Sonne um das Milchstraßenzentrum abgefeuerte Rakete haben, wenn sie die Galaxis verlassen will: 100 [Km/s]

Nach Überwindung dieser Probleme können wir nun unsere (imaginäre) Rakete auftanken und den Kosmos erobern. Eine Saturn V beispielsweise, die für die Apollo- Mondlandungen benutzt wurde, erreichte 39 000 [Km/h] als "Reisegeschwindigkeit". Durch die Beschleunigungs- und Abbremsphasen dauerte die Reise zum Mond jedoch immerhin noch rund 95 Stunden. Das ist jedenfalls schneller als unser Auto. Doch wir wollen uns nicht länger mit dem Mond aufhalten, sondern "richtige" Entfernungen zurücklegen!

Wir sind stolze Besitzer eines hypermodernen Raumschiffes, das beliebige Geschwindigkeiten erreichen kann und dazu nicht einmal beschleunigen muss. Da wir sofort mit fast Lichtgeschwindigkeit fliegen, passieren wir in nur 3 Minuten bereits den Mars, der mit 55 Millionen [Km]zufällig seinen erdnächsten Punkt eingenommen hat. Mit dem Auto würde man diese Strecke in 17 600 Tagen bewältigen, immerhin 48 Jahre...

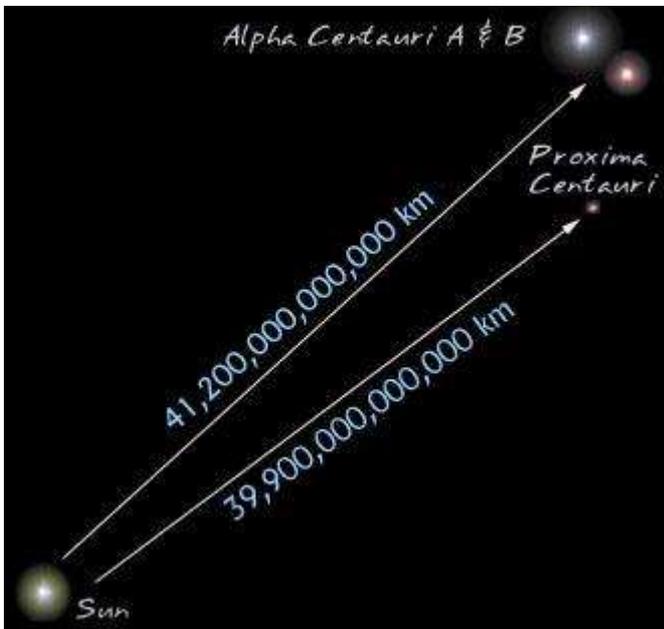
Was wir auf unserer folgenden Reise vernachlässigen sind die relativistischen Effekte! Unsere Borduhr würde, von der Erde aus gesehen, viel langsamer gehen. Und eigentlich müsste sich die Raumzeit in Flugrichtung vor uns zusammen stauchen, wodurch wir deutlich geringere Strecken zurücklegen müssten. Das alles übersehen wir zunächst einmal großzügig...

Da uns etwas langweilig ist, versuchen wir uns einen Maßstab unseres Sonnensystems auszudenken, um die Distanzen leichter zu verstehen. Wir verkleinern einfach alles um den Faktor 1 Milliarde. Aha, die Sonne hat jetzt einen handlichen Durchmesser von 1,4 Metern. Unsere gute Erde ist nur noch 13 Millimeter groß und umrundet die Sonne in 150 [m] Entfernung. Auf den Riesenplaneten Jupiter stossen wir nach 750 Metern und den 2 Millimeter großen Pluto erst nach 6 [Km]. Bis zum nächsten Stern, *Proxima Centauri*, muss unser Modell auf 40 000 [Km] ausgedehnt werden...

Inzwischen sind 50 Minuten vergangen und wir passieren mit fast Lichtgeschwindigkeit den Gasriesen Jupiter, der sich gerade seinem Apogäum (erdfernster Punkt) von 967 Millionen [Km] nähert. Nachdem wir nun 1 Stunde und 20 Minuten seit unserem Start unterwegs sind, füllt Saturn unseren Bildschirm aus. Wir haben jetzt bereits 1 425 000 000 [Km] zurückgelegt. Wie lange würde wohl das Auto hierzu benötigen? 1251 Jahre Nonstop...!

Erst am Abend unseres ersten Reisetages, nach knapp 7 Stunden, fliegen wir am äußersten Planeten des Sonnensystems, Pluto, vorbei. Er entfernt sich bis zu 50 [AE] (Astronomische Einheiten) von der Erde, das sind 7 484 935 000 [Km]. Im Auto wären wir nach 6570 Jahren längst zu Mumien geworden! Nun wird es etwas langweilig, wenn auch das Schiff immer wieder von Erschütterungen geplagt wird. Das ist eine Folge der ständigen Kollisionen mit Kometen und kleineren Trümmerstücken, denn wir durchfliegen gerade den *Kuiper- Gürtel*. Erst nach 69 Stunden Flugzeit (500 [AE]) haben wir ihn hinter uns gebracht. Die ständigen Einschläge der Bruchstücke hören dennoch nicht auf, denn wir müssen nun auch noch die *Oortsche Wolke* überstehen. Wir können uns nun aber bequem zurück lehnen und unsere Freizeit genießen, zu sehen gibt es vorerst nicht mehr viel. In 2,4 Jahren werden wir dann endgültig die äußersten Regionen des Sonnensystems erreicht haben. Wohlgemerkt, wir fliegen ohne Unterbrechung mit fast Lichtgeschwindigkeit! Unser Auto müsste da schon etwas länger fahren, 19 717 953 Jahre!

Langsam wird es wirklich langweilig im Schiff. Wir sind jetzt schon fast 4 Jahre seit unserem Start unterwegs und durchkreuzen überwiegend nichts als leeren Raum.



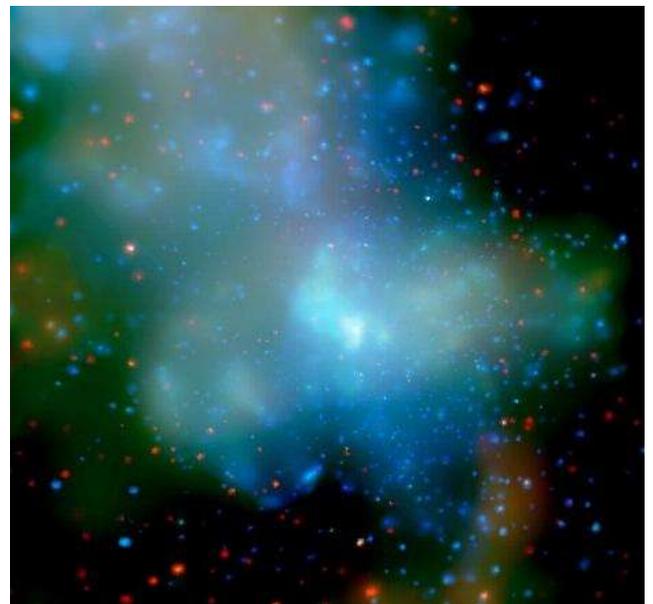
Nun endlich gibt es etwas zu sehen! Vor uns erscheinen, schnell größer werdend, 3 Sterne. Es sind die der Erde nächstgelegenen Mitglieder des Systems Alpha Centauri. Zunächst stoßen wir auf Proxima Centauri, einem dunklen, roten Zwergstern mit nur 11 % der Sonnenmasse, der 4,2 Lichtjahre von der Erde entfernt ist. Etwas weiter weg, in 4,4 Lichtjahren Erddistanz, sehen wir Alpha Centauri A, ein sonnenähnlicher Stern, der aber heller wie die Sonne strahlt. Begleitet wird er von einem dunklen Stern, der nicht einmal halb so hell wie die Sonne ist, obwohl seine Masse 90 % der Sonnenmasse beträgt.

Mit freundlicher Genehmigung von ESO/NASA

Vergeblich halten wir Ausschau nach Planeten und setzen enttäuscht unsere Reise fort.

Unser Schiff ist ja hypermodern und mit allem erdenklichen Luxus ausgestattet. Als nächstes Ziel unserer Expedition haben wir das Milchstraßenzentrum anvisiert. Weil die Reisedauer nun doch stark unsere Nerven strapazieren wird und aller Komfort des Schiffes keine Abwechslung mehr bietet, lassen wir uns in einen Tiefschlaf versetzen. Der Bordrechner ist schon programmiert und wird uns pünktlich aufwecken... Leider sehen wir nicht das wunderbare Schauspiel, wenn unser Schiff an unzähligen großen und kleinen, jungen und alten Sternen, an Planetensystemen, in prächtigen Farben leuchtenden Gasnebeln vorbeizieht. Nur der Bordcomputer zeichnet alles zu Archivierungszwecken auf.

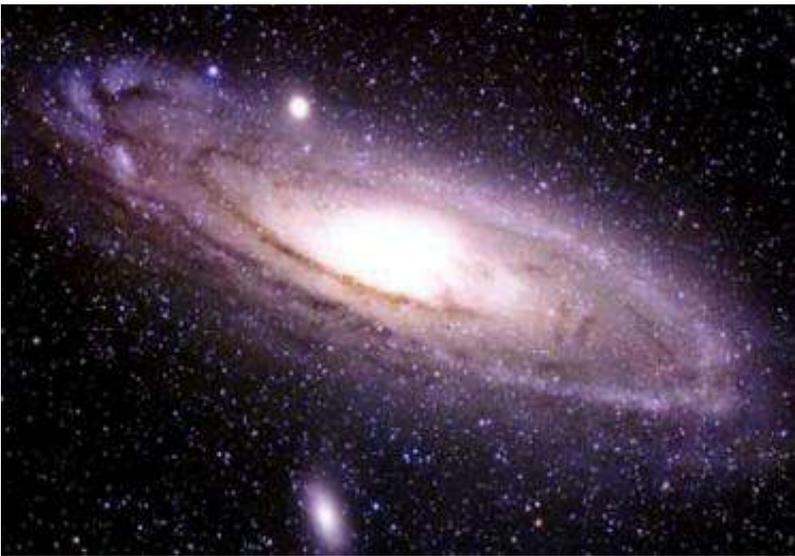
Eines Morgens öffnen wir verschlafen die Augen und gehen zur Steuerungszentrale. Deutlich sind leichte Erschütterungen des ganzen Schiffes zu spüren. Erschrocken geht unser Blick zum Kalender: Wir haben fast 25 000 Jahre geschlafen! Ein Blick durch unsere Außenoptik, die automatisch auf den Röntgenbereich umgeschaltet hatte, lässt uns den Grund der Schifferschütterungen erkennen: Wir sind nahe dem Milchstraßenzentrum. Explodierende Sterne und deren Druckwellen, Gammastrahlen und Röntgenblitze durchheilen den Raum. Unkontrolliert umherirrende [Neutronensterne](#) fordern die Navigationsautomatik bis fast an ihre Grenze. Und fast magisch wird unser Blick auf das gigantische Mahlwerk im Zentrum gelenkt: Das rotierende [Schwarze Loch](#) von rund zweieinhalb Millionen Sonnenmassen! Allein sein Ereignishorizont hat einen Durchmesser von fast 8 Millionen [Km], den wir natürlich nicht sehen können. Wir sehen aber den blendendweißen Feuerball zerrissener und hoch erhitzter Materie (etwa Bildmitte), die das Loch als Akkretionsscheibe umgibt. Wir beschließen ziemlich schnell, diesen ungastlichen Ort umgehend zu verlassen.



Mit freundlicher Genehmigung von NASA/CXC/UCLA/MIT/ M.Muno et al

Fast haben wir es vergessen: das mit 130 [Km/h] fahrende Auto hätte bis zum Milchstraßenzentrum 207 Milliarden Jahre benötigt...

Inzwischen haben wir eingesehen, dass es sinnlos wäre wieder zur Erde zufliegen. Dort kennt uns inzwischen niemand mehr. So nehmen wir uns vor, die Andromeda- Galaxie zu besuchen. Um die Flugzeit zu verkürzen, schalten wir jetzt Einsteins Gesetze wieder ein und genießen fortan die Vorzüge der [Raumstauchung](#), die uns den Weg in Flugrichtung deutlich verkürzt. Eine kurze Berechnung mit dem Bordcomputer zeigt, dass durch unsere Geschwindigkeit von 99,999999 % der Lichtgeschwindigkeit die Strecke von rund 2,2 Millionen Lichtjahren auf nur 220 Lichtjahre schrumpft. Eine Prüfung der Triebwerke zeigt, dass sogar 99,99999999% Licht möglich sind: Die Distanz zur Andromeda beträgt dann nur noch 22 Lichtjahre! Das reicht uns gerade für ein kurzes Nickerchen in der Tiefschlafkammer...



Gut erholt begeben wir uns nach einem ausgiebigen Frühstück an die Monitore: Da schwebt sie vor uns, die [Andromeda](#)- Galaxie mit ihren 6 Begleitern, alles kleine Zwerggalaxien. Unsere Heimat, die [Milchstraße](#), sah eigentlich genauso aus, jetzt erkennen wir sie nur noch als blasses kleines Fleckchen. Während wir die Galaxie aus einiger Distanz betrachten, tönen aus dem Funkempfänger seltsam anmutende Klänge. Es sind wohl künstliche Signale, von unzähligen fremden Intelligenzen

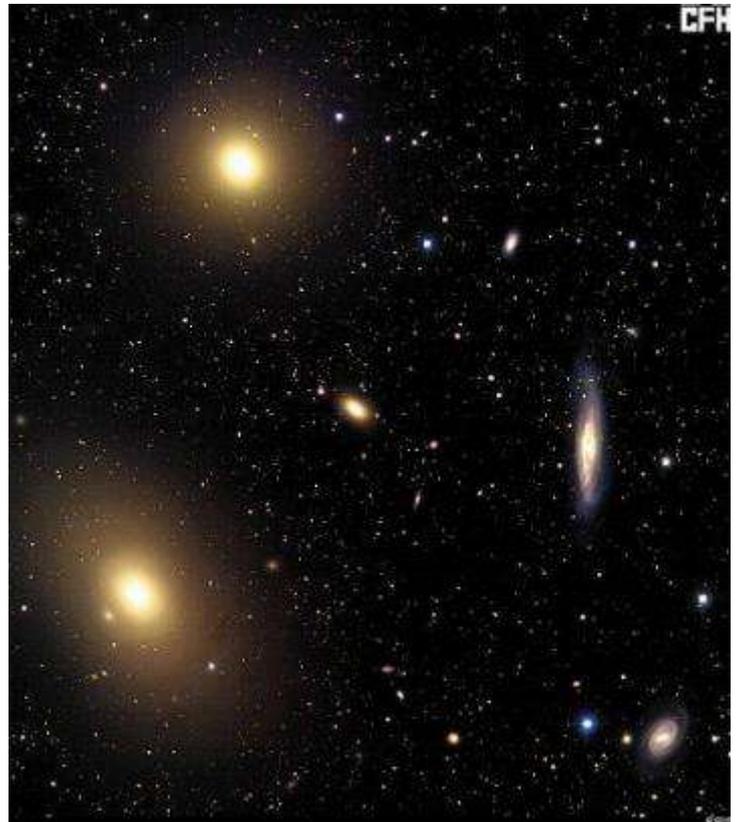
produziert, die in der Andromeda beheimatet sind. Kontakt wollen wir jedoch lieber nicht zu ihnen aufnehmen, denn jetzt haben wir den festen Entschluss gefasst, uns das ganze Universum anzusehen. Milchstraße und Andromeda- Galaxie gehören beide zur [Lokalen Gruppe](#) , einem kleinen Galaxienhaufen. Nun wollen wir aber einmal einen richtig großen Haufen aus der Nähe zu Gesicht bekommen!

Bild: Copyright Jason Ware

Die nächste Etappe unserer Reise führt nun in wirklich kosmische Distanzen. Während die bisherigen Ausflüge nur "Steinwürfe" waren, werden wir jetzt die riesigen Leerräume des Universums durchqueren müssen. Wir hatten ja viel Freizeit, und die wurde genutzt, um den Antrieb besser kennen zu lernen und zu optimieren. Jetzt können wir noch viel näher an die "Lichtmauer" heran und unsere Reisezeit in angenehme Abschnitte lenken.

Unser nächstes Ziel heißt **Virgo- Haufen**, es ist der uns nächstgelegene Galaxienhaufen. Aus dem Bordarchiv entnehmen wir, dass er aus rund 2500 Galaxien besteht, die sich in einem Abstand von 50 Millionen Lichtjahren zur Erde befinden. In seinem Zentrum stehen die Galaxien so nahe, dass Kollisionen oder Beinahezusammenstöße an der Tagesordnung sind. Spiralgalaxien, wie unsere Milchstraße oder die Andromeda haben hier kaum eine Überlebenschance. Für unsere Reise hierhin, die wir nun schon hinter uns haben, brauchten wir dank Einsteinscher Physik nur noch 50 Jahre, da wir die Geschwindigkeit auf 99,9999999999% der Lichtgeschwindigkeit steigern konnten. Tja, da Auto? Es müsste 4×10^{14} Jahre fahren...

Bild: CFHT



Der Virgo- Haufen (Virgo= Sternbild Jungfrau) bildet zusammen mit der Lokalen Gruppe und einem weiteren Galaxienhaufen im Sternbild Haar der Berenike (Coma- Haufen, **Coma Berenices**) einen so genannten Supercluster, den Lokalen Superhaufen. Der Virgo- Haufen, der selbst schon eine Ausdehnung von 10 Millionen Lichtjahren hat, bildet dabei mit seiner riesigen Masseansammlung das Zentrum des Superhaufens. Durch seine Gravitation wird die Lokale Gruppe mit etwa 100 bis 400 [Km/s] dort hingezogen. Die Galaxien des Virgohaufens haben durch die große Massekonzentration im Zentrum enorme Eigengeschwindigkeiten von bis über 1500 [Km/s]. Zwischen den Galaxien finden sich viele Einzelsterne und **Planetarische Nebel**, die wohl durch die Wechselwirkung der Galaxien untereinander verloren gingen.

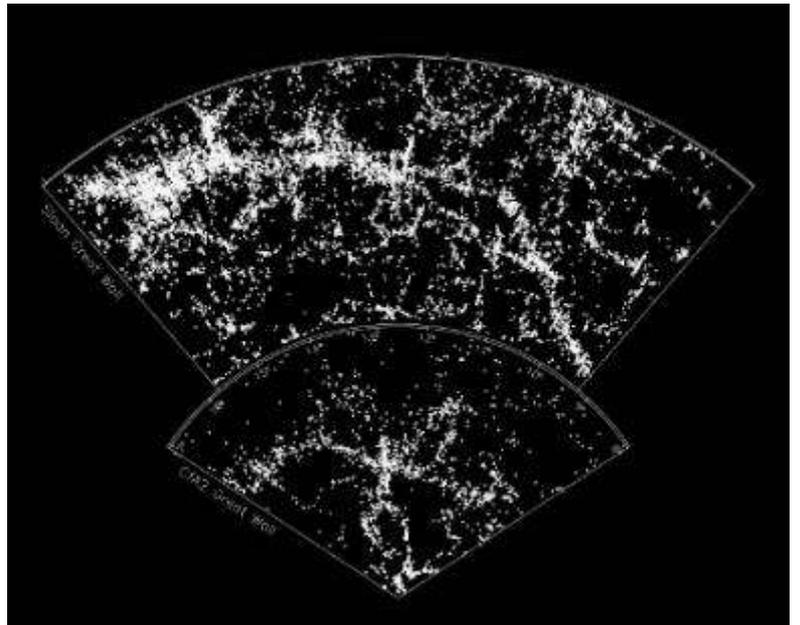
Unsere Geschwindigkeit hatten wir natürlich gedrosselt, um die Schönheit der riesigen Galaxienansammlung aus gehöriger Distanz in Ruhe zu bewundern. An diesem Schauspiel kann man sich fast nicht satt sehen und es geht einem durch den Kopf, wie viel bewohnte Planeten es dort draußen wohl geben mag. Schließlich detektieren unsere Empfangsgeräte auf allen Wellenlängen einen undefinierbaren Wirrwarr künstlicher Signale in der Nähe fast jeder Galaxie...

Doch wir wollen uns ja weiter steigern und beschließen, nun auch eine noch größere Struktur im Universum aufzusuchen, den Sculptor Supercluster. Wir lassen schon einmal die Triebwerke warm laufen, denn dieser Superhaufen ist rund 1 Milliarde Lichtjahre von der Erde entfernt! Dabei hat er die gigantische Ausdehnung von 250 Millionen Lichtjahren.

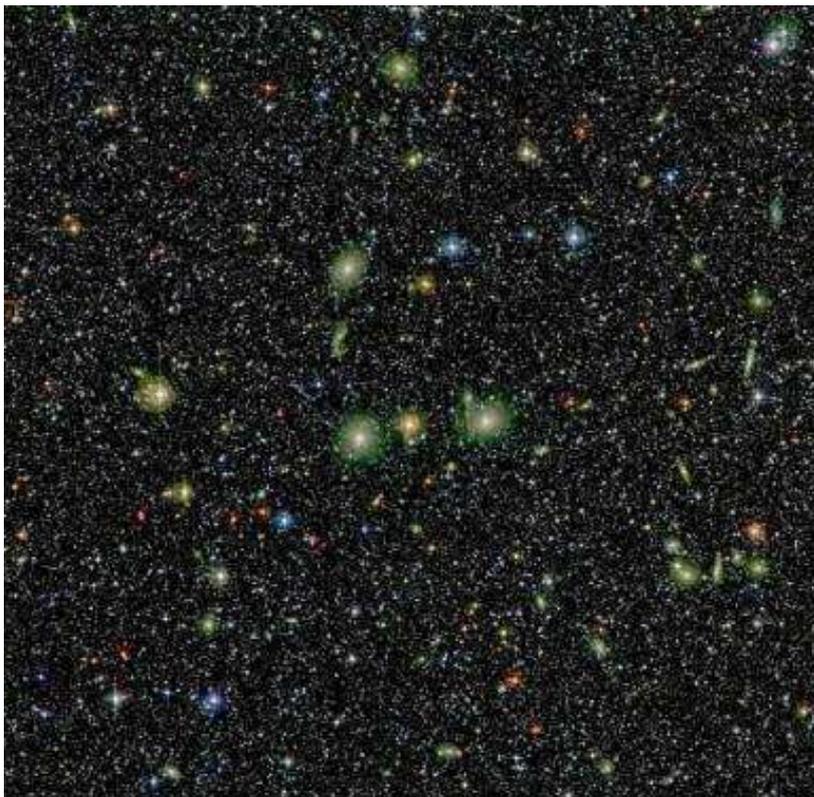
Unsere Geschwindigkeit haben wir jetzt auf den fantastischen Wert von 99,99999999999999% der Lichtgeschwindigkeit steigern können, bei diesem Tempo ist für uns die restliche Strecke von 950 Millionen Lichtjahren nur noch lächerliche 30 Lichtjahre lang. Bevor wir uns nochmals "kurz auf's Ohr legen", interessieren uns nochmals die großen Strukturen im Kosmos und wir blättern deshalb im Bordarchiv.

Wir lesen:

Bis etwa 1989 waren die Galaxiensuperhaufen die größten bekannten Strukturen im Universum, sie werden getrennt durch riesige, Millionen von Lichtjahren große Blasen leeren Raums, die man **voids** nennt. Erst im genannten Jahr gelang es den Astronomen Margaret Geller und John Huchra anhand von Rotverschiebungen eine dreidimensionale Galaxienkarte zu erstellen. Sie fanden dabei eine gigantische Struktur, einen Galaxienbogen von 500 Millionen Lichtjahren Länge. Bei einer Tiefe von 200 Millionen Lichtjahren ist diese ungeheure Materieansammlung, welche **Die**



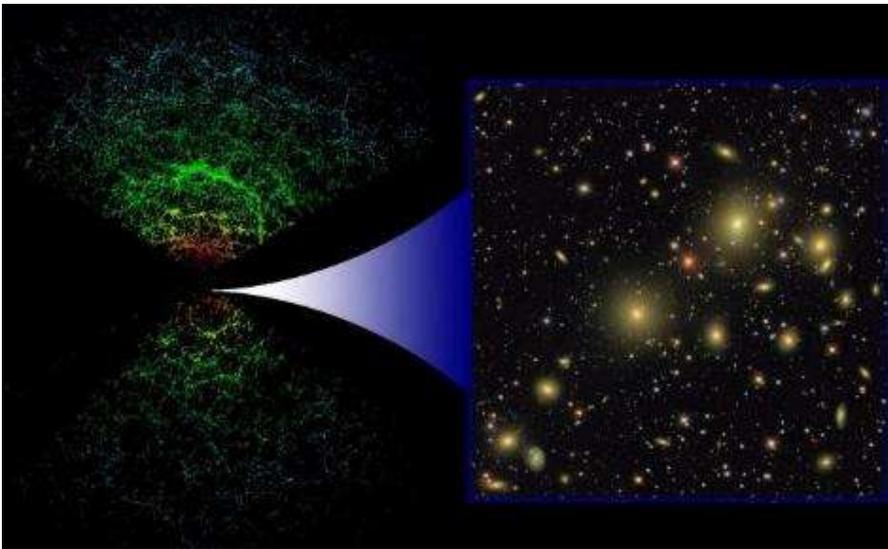
große Mauer getauft wurde, nur 15 Millionen Lichtjahre dick. Wir sehen im unteren Bild das so genannte **Geller- Huchra- Männchen**, eine Anordnung der bis dahin insgesamt 1732 gezählten Galaxien in etwa menschenähnlicher Gestalt. Die "Arme" bilden dabei die Große Mauer. Darüber sehen wir den **Sloan Great Wall** (siehe auch weiter unten), eine auf 11 243 Galaxien erweiterte Darstellung der Großen Mauer.



Schon 1986 wurde eine ähnliche Materieansammlung erkannt, der **Große Attraktor**. Er liegt zwischen 150 und 250 Millionen Lichtjahren von der Erde entfernt in Richtung der Sternbilder Hydra und Centaurus. Diese Masse zieht unzählige Galaxien über Millionen von Lichtjahren an. Was wir hier als leuchtende Materie in Form von Galaxien sehen, macht nur einen Bruchteil der Masse aus, etwa 5 bis 10- Mal mehr dürfte in der unsichtbaren Dunklen Materie verborgen sein. Die im Bild zu sehenden Galaxien sind Teil eines Clusters mit Namen **ACO 3627**, der sich nahe dem Zentrum des Großen Attraktors befindet. Dieser auch als **Norma Cluster** bekannte Haufen war

lange nicht untersucht, weil der Staub in der Scheibe der Milchstrasse den größten Teil seines Lichts verschluckt

Mit freundlicher Genehmigung der [ESO](#)



Auf einem Foto finden wir noch ein Bild einer umfangreichen Himmelsdurchmusterung, dem so genannten [Sloan Digital Sky Survey](http://www.sdss.org) (SDSS). Hier wurden insgesamt 205 443 Galaxien bis in eine Entfernung von 2 Milliarden Lichtjahren zunächst in einer 2D-Darstellung (rechtes Bild) vermessen, und anschließend aus ihren Spektren die Distanz zur Erde ermittelt. Als Ergebnis

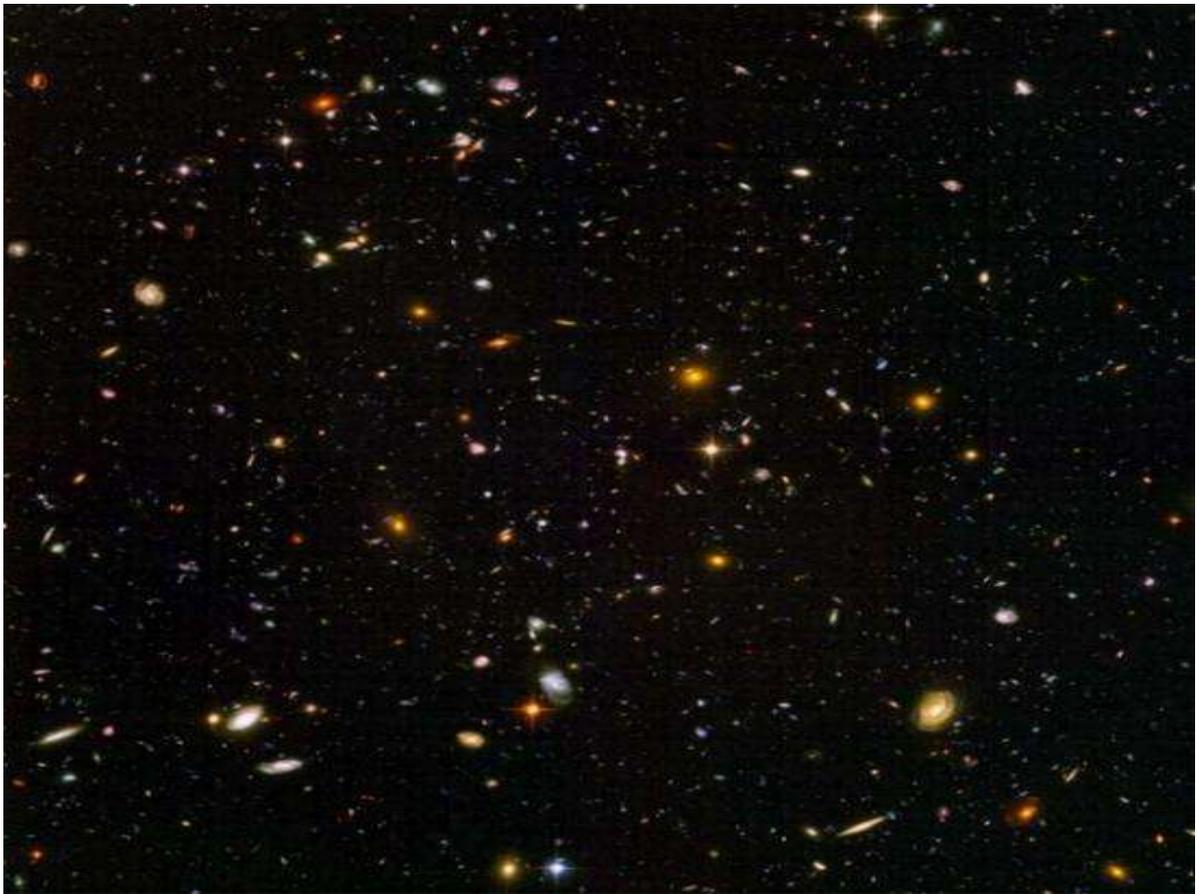
erhielt man eine 3D- Karte von Galaxien, die sich nahe dem Himmelsäquator befinden. Jeder Punkt stellt eine Galaxie dar, die Farben symbolisieren die Leuchtkraft. Dargestellt sind hier allerdings nur 66 976 Galaxien.

Mit freundlicher Genehmigung von <http://www.sdss.org>

Vielleicht können wir auf unserem Flug noch größere Strukturen ausfindig machen? Jetzt wird es aber erst einmal Zeit für die Schlafkammer!

Eine kleine Ewigkeit später...

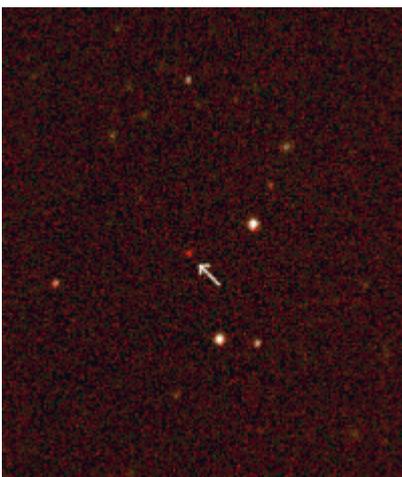
Völlig erschöpft und schlaftrunken entsteigen wir unserer Tiefschlafkammer. Mit einem ersten Blick in die Kommandozentrale erkennen wir sofort: Irgendetwas stimmt hier nicht! Der Sculptor- Cluster, den wir uns eigentlich ansehen wollten, liegt bereits weit hinter uns. Allem Anschein nach hat die Automatik versagt und uns viel zu spät geweckt. Es ist aber nicht mehr zu ändern: Wir sind nun schon 8 Milliarden Lichtjahre von daheim entfernt. Ein Blick auf den Monitor der Außenoptik lässt uns das Missgeschick jedoch schnell vergessen und uns fast eine Gänsehaut über den Rücken laufen:



Mit freundlicher Genehmigung von: NASA, ESA, S. Beckwith (STScI) und HUDF Team

Der Anblick ist einfach fantastisch! Wir sehen direkt auf Tausende von Galaxien, die fast so alt sind wie das Universum selbst. Unsere Analytoren bestätigen die Vermutung: Diese Galaxien sind gerade mal zwischen 1 und 2 Milliarden Jahre alt! Wenn wir dort hinfliegen, und das ist jetzt unser Ziel, sind wir etwa 11 oder 12 Milliarden Lichtjahre von der Erde entfernt. Unser Auto? Es müsste 10×10^{16} Jahre fahren, um so weit zu kommen. Um genau zu sein:

9 968 914 647 000 000 Jahre!



Wir durchsuchen den Galaxienschwung nach einem für uns interessanten Objekt und stoßen auf den entferntesten Quasar, den je ein Mensch von der Erde aus erblickte. Er trägt die Bezeichnung GB1508+5714 und ist 12 Milliarden Jahre von der Erde entfernt. Ein solch junges Objekt wollen wir uns doch einmal aus der Nähe ansehen! Und die nächsten 4 Milliarden Lichtjahre sind bei unserer noch weiter gesteigerten Reisegeschwindigkeit fast eine Kleinigkeit. Also machen wir uns wieder auf den Weg...

Mit freundlicher Genehmigung von Stephen Kent, SDSS Collaboration

Ein paar Jahre später...



Wir haben unser letztes Ziel erreicht, sind fast 12 Milliarden Lichtjahre durchs Universum gereist und sehen jetzt den sehr jungen Quasar GB1508+5714 vor uns im Raum stehen. Es ist eine junge Galaxie, in deren Zentrum ein riesiges Schwarzes Loch umgebende Materie förmlich an sich reißt. Ganze Sterne werden zerrissen und unbarmherzig in den Mahlstrom aus ultrahoch erhitzter Materie gezogen.

Mit freundlicher Genehmigung von Wolfram Freudling et al., (STECF), ESO, ESA, NASA

Gerade, als wir errechnen, dass wir die unglaubliche Distanz von über 113 Trilliarden, 1.13×10^{23} [Km] zurückgelegt haben, das sind

113 526 432 000 000 000 000 000 [Km],

fällt uns auf, dass wir einem Irrtum unterlegen sind. Das was wir hier sehen, kann unmöglich der Quasar sein! Das Bild, welches die irdischen Astronomen aufgenommen hatten, zeigte den Quasar ja in einem Alter von etwas mehr als 1 Milliarde Jahre. Jetzt aber, wo wir hier sind, ist er 12 Milliarden Jahre älter! Und vor allem, er hatte 12 Milliarden Jahre Zeit, sich weiter durch die Expansion des Alls von der Erde zu entfernen. Der Quasar, den wir suchten, ist längst auf und davon und aus unseren Blicken entschwunden. Was unsere Außenoptik zeigt, ist ein völlig unbekanntes Objekt...

Was nun? Am Ende unserer Reise mangelt es an lohnenswerten Zielen. Zur Erde zurückkehren? Nein, das wäre völlig sinnlos, denn sie ist längst im Glutball der zum Roten Riesen aufgeblähten Sonne vergangen. Sie existiert nicht mehr, und die Sonne ist nur noch ein sich langsam abkühlender Weißer Zwerg.

Wir könnten vielleicht beginnen, die Sterne des Universums zu katalogisieren? Bei der geschätzten Anzahl von über 10 Trilliarden eine kaum zu bewältigende Aufgabe. Die Hoffnungslosigkeit unserer Lage wird uns jetzt richtig bewusst. Im Bordarchiv finden wir noch einige Angaben, wie es mit dem Universum weitergehen wird: in etwa 10^{14} Jahren werden die letzten Sterne im All verlöschen - es wird absolut finster. In 10^{32} Jahren könnten die Protonen zerfallen - die Atome lösen sich auf. In jedem Fall aber werden sich die Galaxien in 10^{64} Jahren auflösen. Die stabilsten Objekte im All, die Schwarzen Löcher, verdampfen in 10^{600} Jahren...

Wir wollen gar nicht weiter darüber nachdenken, diese Zeiträume sind einfach unvorstellbar groß. So beschließen wir, die Rakete nochmals zu starten und in einer hübschen Galaxie einen bewohnbaren Planeten zu suchen, auf dem wir den Rest unserer Tage verbringen können...

Dimensionen der Welt

Teil 3

Die nachstehende Tabelle wurde freundlicherweise von **Werner Braun** (<http://www.aphorismen.de/>) zur Verfügung gestellt. Sie gibt uns eine fantastische Übersicht - in Zahlen ausgedrückt - in welcher grandioser Welt wir leben. Danke für die mühevollen und umfangreichen Zusammenstellung!

Um seine Aphorismen zu sehen, bitte auf den Link klicken und im Suchfenster seinen Namen eintragen. Es wäre zu schön, wenn er sich noch einmal bei mir melden würde, aber das lässt seine Krankheit wohl nicht mehr zu. Ich wünsche ihm alles nur erdenklich Gute!

Größe	USA	DEUTSCHLAND	Beschreibung
10^{-51}	--	Oktilliardstel	Ein Photon hat weniger als 10^{-51} Gramm Ruhemasse
10^{-29}	--	Quadrilliardstel	Theoretische Größe des Weltalls beim Urknall oder Big Bang: 10^{-29} [mm]
10^{-27}	--	Quadrilliardstel	Quark, Elektron und Positron haben je $0,9 \times 10^{-27}$ Gramm Ruhemasse
10^{-24}	septillionth	Quadrillionstel (yocto-)	Ein Proton, H-Atom und Neutron haben je $1,67 \times 10^{-24}$ Gramm Ruhemasse
10^{-21}	sextillionth	Trilliardstel (zepto-)	Zeit, die Licht braucht um ein Proton zu durchqueren: 3×10^{-23} Sekunden
10^{-18}	quintillionth	Trillionstel (atto-)	Ein Quark misst 10^{-18} Meter (je 3 Quarks bilden 1 Neutron oder Proton)
10^{-15}	quadrillionth	Billiardstel (femto-)	Die durchschnittliche Stromstärke einer Körperzelle beträgt 4 trillionstel Ampere Ein Virus wiegt 10 Femtogramm = 10 Billiardstel Gramm (und besteht aus 6000 bis 70.000 Atomen.)
10^{-12}	trillionth	Billionstel (pico-)	Ein Quark oder Elektron misst 10^{-15} [mm] Durchmesser eines Atomkerns: 10^{-14} - 10^{-15} Meter = 1/100 Billionstel Meter Eine Bakterie wiegt 1 Billionstel Gramm (=1 picogramm) Ein Proton/Neutron misst 10^{-12} [mm] In 3 Picosekunden legt das Licht einen Millimeter zurück

		Milliardstel	
10^{-9}	billionth	(nano-)1 Nanometer = 1 Milliardstel Meter = 1 Millionstel [mm]	Der Durchmesser des Atomkerns beträgt 10^{-11} - 10^{-12} [mm] (1/100 Milliardstel [mm] bis 1 Billionstel [mm])
10^{-6}	millionth	Millionstel (micro-) (1 Nanometer ist 1 Millionstel [mm])	Ein Atom misst rund 10^{-7} [mm] (= 1 Zehnmillionstel [mm]) Durchmesser DNS/DNA: 2 Millionstel [mm] (1 Chromosom besteht aus DNS, 3% der DNS sind Gene) In einer 300 Millionstel Sekunde legt das Licht einen Meter zurück Ein Virus misst 1 bis 30 Hunderttausendstel [mm] (10^{-5} bis 3×10^{-4} [mm])
10^{-5}	hundred thousandth	Hunderttausendstel	Die kleinste Bakterie misst 2/100.000 [mm] (besteht aus 2,5 Milliarden Atomen) Ein Hunderttausendstel Gramm: 1 Trillion Atome Für einen km braucht das Licht eine Dreihunderttausendstel Sekunde
10^{-4}	ten thousandth	Zehntausendstel Tausendstel	Die maximale Größe eine Virus beträgt 3 Zehntausendstel [mm] Die Wellenlänge des Lichts beträgt 0,0005 [mm] (= 5 Zehntausendstel [mm]) Ein Rauchpartikel misst 3 Zehntausendstel [mm] Eine normale Bakterie misst durchschnittlich 1/1000 [mm]
10^{-3}	thousandth	(milli-) 1 Tausendstel [mm] = 1 Mikrometer	Ein rotes Blutkörperchen mißt 8/1000 [mm] Eine Zelle mißt durchschnittlich 1/1000 [mm]
10^{-2}	hundredth	Hundertstel (zenti-)	Ein Spermium misst 0,05 [mm] = 5/100 [mm] Lametta ist 0,022 [mm] dick

			Ein Haar misst rund 1 Zehntel bis 5 Hundertstel [mm] (= 1 Million Atome Breite)
10^{-1}	tenth	Zehntel (dezi-)	Ein Haar von 0,1 [mm] Breite entspricht 1 Million Atomen oder 1000 bis 10 000 Viren oder 100 Bakterien nebeneinander
			Die kleinste Milbe misst 1 Zehntel [mm]
			Eine Amöbe misst rund 0,2 [mm] Der größte Mensch war 2,72 Meter groß, der kleinste Erwachsene (eine Frau) 59 [cm]
10^0	one	Eins	Wäre ein Haar von 0,1 [mm] 1 km breit, dann entspräche 1 [mm] einem Atom
			Der größte Dinosaurier (Supersaurus) wurde bis 40 [m] groß. Er war bis heute das größte Tier. Der heute lebende Blauwal bringt es "nur" auf 33 [m], wiegt aber mehr als der Supersaurus
10^1	ten	Zehn	
10^2	hundred	Hundert	Der schwerste Mann wog 635 Kilogramm, die schwerste Frau 476 Kilogramm
10^3	thousand	Tausend	Die Erdumdrehung am Äquator beträgt 1670 [Km/h]
			Der größte bekannte Galaxienhaufen (Coma-Haufen) umfaßt 10 000 Galaxien
10^4	tenthousand	Zehntausend	
			Ein durchschnittlicher Mensch wird keine 30 000 Tage alt (= 82,1 Jahre)
10^5	hundredthousand	Hunderttausend	Die Erde dreht sich mit 107 000 [Km/h] um die Sonne (940 Mio. [Km] Bahnumfang)

Ein Jahr hat 31,536 Millionen Sekunden. (3×10^7 [s])

Das Licht ist 10 Millionen mal schneller als ein Auto mit 110 [Km/h]

Der Virgo- Galaxienhaufen ist 100 Millionen Lichtjahre groß (Es gibt wohl Haufen bis zu 1 Mrd. [Lj])

Die Milchstraße reist mit 2 160 000 [Km/h] Richtung Virgohaufen

Die Sonne hat einen Durchmesser von 1,4 Mio. [Km] und ist 150 Mio. [Km] entfernt

10^6

million

Million

Zehn Millionen Atome nebeneinander entsprechen 1 [mm]

Eine Million Minuten entsprechen 1,9 Jahren

Eine Million Sekunden entsprechen 11,5 Tagen

Eine Million Stunden entsprechen 114 Jahren

Ein Jahr hat 31,5 Millionen Sekunden

Ein [mm] Materie entspricht rund 10 Millionen Atomen nebeneinander

10⁹

billion

Milliarde

Der Durchmesser des Sonnensystems beträgt 12 Mrd. [Km] (1 Mio. mal Erddurchmesser)

Das Licht reist pro Stunde über 1 Mrd. [Km], pro Tag 26 Mrd. [Km] und im Monat 788 Mrd. [Km]

Eine durchschnittliche Galaxie besteht aus 100 Milliarden Sternen

Das Alter des Universums beträgt mindestens 13,7 Mrd. Jahre

Vor rund 3,8 Milliarden Jahren Entstehung des Lebens auf der Erde

Auf der Erde gibt es 1,4 Milliarden Kubikkilometer Wasser

Die größte bekannte Sonne, Epsilon Aurigae, hat einen Durchmesser von 3,7 Mrd. [Km]

Eine Milliarde Sekunden entsprechen 31,7 Jahren

Alter des Universums: 5 Bio. Tage oder 120 Bio. Stunden (= 13,7 Mrd. Jahre)

1 Lichtjahr sind 9,4605 Bio. [Km]

Proxima Centauri, der nächste Stern, ist 39,7 Bio. [Km] entfernt

10¹²

trillion

Billion

(= 1 Million Millionen)

In 100 Billionen (10¹⁴) Jahren sind alle Sonnen des Universums erloschen

Ein menschliches Spermium besteht aus 2 Billionen Atomen

Der Mensch hat ungefähr 100 Billionen Zellen.(umstritten, auch 10 Milliarden möglich)

			Alter des Universums: 7,2 Billiarden Minuten oder 432 Billiarden Sekunden
			1000 Lichtjahre sind rund 10 Billiarden [Km]
10¹⁵	quadrillion	Billiarde	Die Milchstraße (Durchmesser 100 000 Lichtjahre) misst 946 Billiarden [Km] (rund 1 Trillion).
			Es gibt circa 10 Billiarden Ameisen auf der Erde
			Eine Amöbe besteht aus 500 Billiarden Atomen
			1 Million Lichtjahre sind 10 Trillionen [Km]
			1 [mm ³] = 100 Trio. Atome (Sandkorn, Stecknadelkopf...)
10¹⁸	quintillion	Trillion (= 1 Milliarden)	Ein Hunderttausendstel Gramm = 1 Trillion Atome
		Milliarde	In 1 Trillion Jahren gibt es nur noch Schwarze Löcher, Schwarze Zwerge und Neutronensterne im Universum
			Ein Mensch ist 1 Trillion mal größer als ein Elektron

10²¹

sexillion

Trilliarde

Anzahl der Sterne im bekannten Universum: $10^{22} = 10$ Trilliarden

1 [g] (=1 [cm³]) Wasser hat 100 Trilliarden Atome

1 Milliarde Lichtjahre sind 10 Trilliarden [Km]

Durchmesser Weltall: 300 Trilliarden [Km]

Damit ist das uns bekannte Universum 300 000 mal so groß wie die Milchstraße und über 2 Trillionen mal so groß wie der Durchmesser der Erde

Avogadrozahl: $6 \times 10^{23} =$ Zahl der Atome in 12 Gramm Kohlenstoff

Auf der Erde gibt es mindestens 500 Trilliarden Sandkörner

Auf der Erde gibt es 1,4 Trilliarden Liter Wasser

Auf der Erde gibt es über 10 Trilliarden Insekten

Der Durchmesser des Weltalls (30 Mrd. [Lj])= 285 Quadrillionen Meter

10 Gramm Wasser = 1 Quadrillion Atome(= 10^{24})

10²⁴

septillion

Quadrillion
(= 1 Billion Billionen)

1 Kilogramm oder 1 Liter Wasser = 100 Quadrillionen Atome

Die Erde wiegt 6 Quadrillionen Kilo

1 Quadrillion Meter sind 100 Millionen Lichtjahre

Die Weltmeere bestehen

aus rund 45 Quadrillionen Tropfen Wasser

			Der Durchmesser des Weltalls (30 Mrd. [Lj])= 285 Quadrilliarden [mm]
10^{27}	octillion	Quadrilliarde	Der Mensch (70 Kilogramm) besteht aus $7 \times 10^{27} = 7$ Quadrilliarden Atomen
			In 1 Quadrilliarden Jahren ist unsere Milchstraße nur noch ein einziges Schwarzes Loch Auf der Erde gibt es rund 1 Quintillion Bakterien
			Die Lebensdauer eines Protons beträgt im Schnitt zehn Quintillionen Jahre
10^{30}	nonillion	Quintillion	Die Sonne wiegt 2 Quintillionen [Kg]
			Die höchste Temperatur, die es je gab, war $1,4 \times 10^{32}$ [K] (beim Urknall)
10^{33}	decillion	Quintilliarden	Die Sonne wiegt 2 Quintilliarden Gramm
			2,85 Sextillionen Atome nebeneinander entsprechen 30 Mrd. [Lj] (Durchmesser Universum) In 10 Sextillionen
10^{36}	undecillion	Sextillion	
			Jahren sind alle Protonen zerfallen
10^{39}	--	Sextilliarden	Die Milchstraße wiegt 250 Sextilliarden Kilogramm Die Sonne erzeugt pro Sekunde 2×10^{44} Neutrinos (oder evtl. 200 Sextillionen)
10^{42}	--	Septillion	In der Erdatmosphäre sind 10^{44} Luftatome
			Zahl aller möglichen Schachzüge: 2 Septillionen (oder sogar 30 Septilliarden)
10^{45}	--	Septilliarden	--
10^{48}	--	Oktillion	Die Erde besteht aus $6 \times 10^{49} = 60$ Oktillionen Atomen
10^{51}	--	Oktilliarden	Die Masse des Universums beträgt $1,44 \times 10^{53}$ Kilogramm (144 Oktilliarden [Kg])
10^{54}	--	Nonillion	Die Masse des Universums beträgt $1,44 \times 10^{56}$ Gramm

10^{57}	--	Nonilliarde	Die Sonne besteht aus $10^{57} = 1$ Nonilliarde Atomen
10^{60}	--	Dezillion	--
10^{63}	--	Dezilliarde	--
10^{66}	--	Undezillion	Die Milchstraße besteht aus $10^{68} = 100$ Undezillionen Atomen
10^{69}	--	Undezilliarde	--
10^{72}	--	Duodezillion	--
10^{75}	--	Duodezilliarde	--
10^{78}	--	Tredezillion	Das (bekannte) Weltall besteht aus $10^{79} = 10$ Tredezillionen Atomen
10^{81}	--	Tredizilliarde	--
10^{84}	--	Quattuordezillion	--
10^{87}	--	Quattuordezilliarde	Geschätzte Zahl der Photonen im All: 10^{89} (100 Quattuordezilliarden)
10^{90}	--	Quindecillion	10^{89} : Zahl der Neutrinos (1 Milliarde mal Zahl der Protonen)
10^{100}	googol	Googol (10 Sexdezilliarden)	In 1 Googol Jahren sind alle Schwarzen Löcher zerstrahlt in Elektronen, Positronen und Photonen
10^{120}	--	Vigintillion	--
10^{126}	--	Unvigintillion	10^{128} : Hypothetische Zahl der Elementarteilchen, wenn Universum voller Elementarteilchen wäre (also ohne Leerräume)
10^{600}	--	Zentillion	In 10^{500} Jahren könnte (Theorie Asimov) aus Quantenfluktuationen wieder neue Materie entstehen, vielleicht ein neues Universum)
10^{googol}	--	Googolplex	???

Wenn unser Sonnensystem (Durchmesser 12 Mrd. [Km]) 1 [mm] groß wäre, wäre unsere Milchstraße (950 Milliarden [Km]) 80 [Km] groß

Die nächste Sonne Proxima Centauri in 4 Lichtjahren (40 Bio. [Km]) wäre dann 3,45 [m] entfernt

--

Wäre die Milchstraße auf 1 [Km] reduziert, dann wäre das Sonnensystem 0,0125 [mm] groß!

Reduziert man die Milchstraße auf 1 [mm], wäre das Universum eine Kugel von 300 Metern Durchmesser

Der Durchmesser der Milchstraße entspricht 80 Millionen Mal der unseres Sonnensystems