



Im Kreis laufendes Sternenlicht

*Nils Montenegro
Felix Montenegro
Markus Montenegro*

Jugend forscht Wettbewerb 2010/2011





Inhaltsverzeichnis

Einführung.....	2
1. Beschreibung unseres Modells.....	2
2. Recherche / wissenschaftliche Beobachtungen.....	3
3. Wiederkehr des Lichtes.....	4
4. Beschreibung unseres Simulationsprogramms.....	6
5. Simulationsergebnisse.....	9
6. Programmcode (C++).....	13
7. Quellen.....	14
Filme.....	14
Danksagung.....	14

Einführung

Wie groß ist das Universum? Im Allgemeinen geht man davon aus, dass es unendlich groß ist, mit einer Unzahl von Sternen und kosmischen Objekten. Sie sind nicht etwa zufällig verteilt, sondern bilden Strukturen.

Diese kann man sehen und messen, man findet jedoch keine Patentlösung zu ihrer Erklärung. Einen Erklärungsansatz und eine etwa bestimmbare Größe des Universums bietet unser Modell mit einer Computersimulation.

1. Beschreibung unseres Modells

Wir nehmen an, dass das Universum kein unendlich großer Raum ist. Stattdessen ist es in eine vierte Dimension gekrümmt, und zwar so, dass unser dreidimensionales Universum die Oberfläche einer gigantischen, vierdimensionalen Kugel ist.

Das könnte zum Beispiel der Fall sein, wenn sich so etwas wie ein großes Schwarzes Loch im Mittelpunkt der Kugel befindet. Dann läge unser gesamtes bekanntes Universum auf dem vierdimensionalen Ereignishorizont eines vierdimensionalen Schwarzen Loches.

Alles, was sich in unserem Universum scheinbar geradlinig bewegt, beschreibe dann eine Kreisbahn auf dieser Kugel und käme so nach langer Reise an seinen Ausgangsort zurück. Genau so verhielte es sich auch mit dem Licht: Jede Galaxie strahlt Licht in alle Richtungen aus. Uns interessieren nur zwei dieser Richtungen: das Licht, das direkt auf unsere Erde zukommt und das, welches direkt von uns weggeht. Das erste Licht sehen wir, nachdem es die Strecke zwischen Ursprungsgalaxie und unserer zurückgelegt hat. Das Licht, das direkt von uns weggeht, bewegt sich einmal um die Kugel und erreicht uns (möglicherweise Millionen Jahre später) von der anderen Seite. So kann man von der Erde aus schon zwei sich gegenüberliegende Galaxien beobachten, eine davon viel weiter weg. Aber beide Lichtstrahlen bewegen sich weiter auf der Kugel und kommen immer wieder an der Erde vorbei. Jedes Mal steigt die Anzahl der sichtbaren oder messbaren Galaxien um eins. Jede erscheint weiter weg als die vorherige, denn das Licht hat wieder



eine weite Reise (um das Universum) hinter sich.

Durch Verformungen in der vierdimensionalen Kugel, zum Beispiel durch Gravitation, bewegt sich das Licht nicht auf genauen Kreisbahnen, so dass das Abbild der Galaxien ungenau sein kann. Außerdem bewegen und verändern sich die Galaxien im Laufe der Zeit, so dass man nie zwei gleiche Galaxien entdecken wird. Sie stellen ja nicht ihren aktuellen Zustand dar, sondern wie sie waren, als sie das Licht aussandten, das jetzt ankommt.

2. Recherche / wissenschaftliche Beobachtungen

So weit unsere Theorie. Kommen wir nun dazu, welche Strukturen im Universum beobachtbar sind, wie es aufgebaut ist. Wie oben erwähnt, gibt es zum einen die "Schwammstruktur", siehe Abbildung 1.

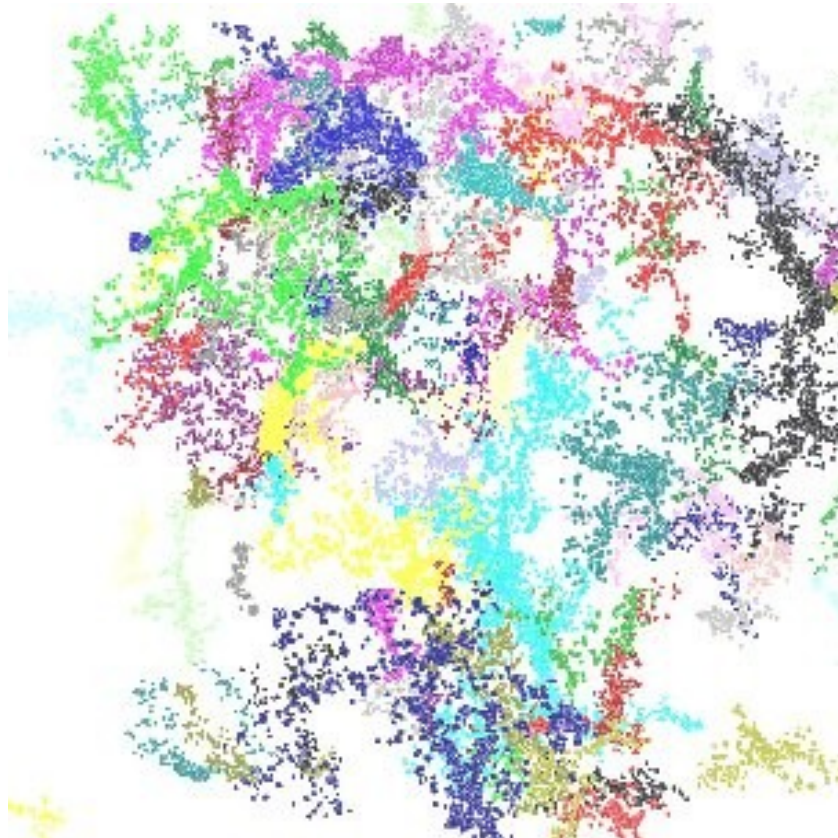


Abbildung 1: Karte der Strukturen

Leere Blasen grenzen an mit Galaxien gefüllte Räume, so dass eine Struktur entsteht, die an einen Schwamm erinnert [1]. Die mit Galaxien gefüllten Bereiche nennt man



Superhaufen, sie bestehen aus vielen Galaxienhaufen. Die sternleeren Blasen werden Voids genannt, sie trennen die Superhaufen voneinander. Aber es gibt weitaus größere Strukturen. Die Große Mauer zum Beispiel ist eine Kette von Superhaufen 200 Millionen Lichtjahre von hier entfernt und ist etwa 500 Millionen Lichtjahre lang und 15 Millionen Lichtjahre dick. Auf der Karte (Abb. 2) erkennt man die Große Mauer zwischen 9 und 16 Uhr.

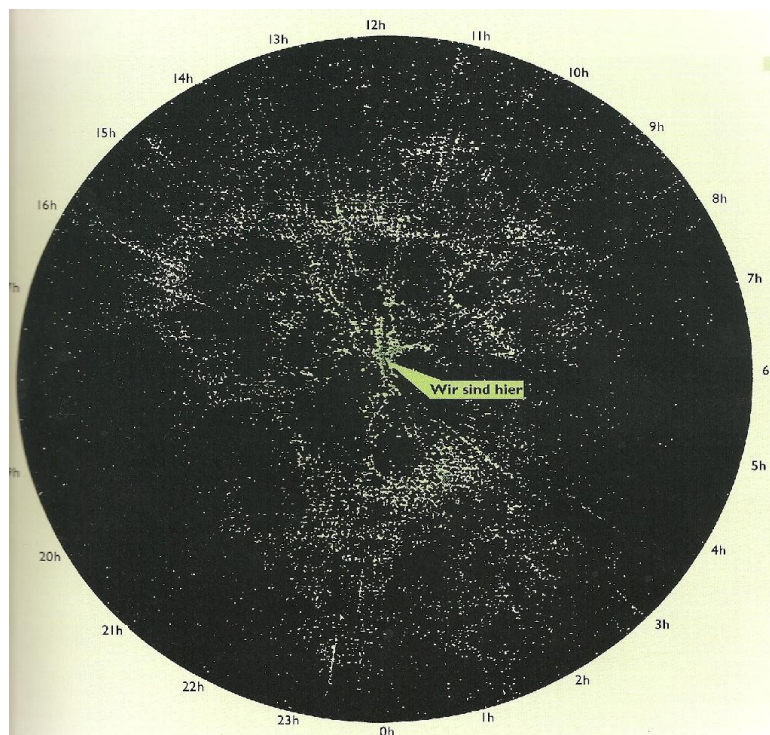


Abbildung 2: Schwammstruktur: Die schwarzen Stellen sind weitestgehend leer, die weißen sind sternhaltig.

Andere Galaxien treten häufig in besonderen Abständen von uns auf, so dass man eine Struktur mit Schalen aus Galaxien, ähnlich einer Zwiebel, erahnen kann. Auch das erkennt man auf der Karte. Auffallend sind auch die „Finger Gottes“, Galaxienhaufen, die wie Finger konzentrisch in unsere Richtung zeigen (siehe Abbildung 2).

3. Wiederkehr des Lichtes

Zur Veranschaulichung des mathematischen Modells hinter unserer Theorie stellen wir verschiedene Abschnitte von Lichtstrahlen in verschiedenen Farben dar. Zu jedem Zeitpunkt kann ein Beobachter die Spitze eines Strahls sehen. Licht, das später kommt, wird mit einer anderen Farbe dargestellt.

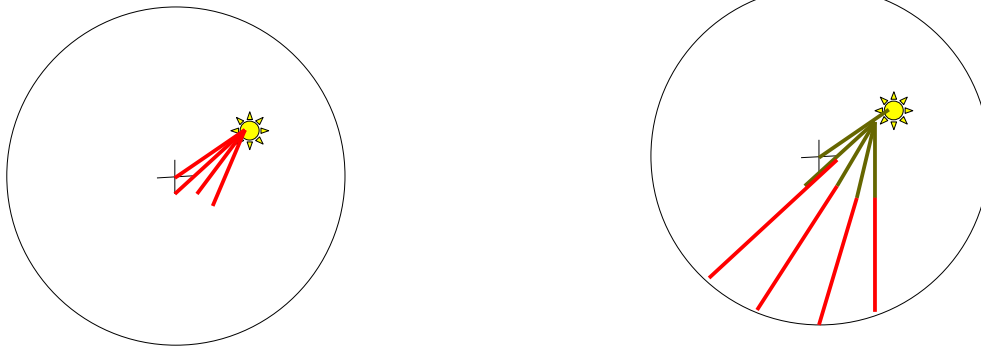


Abbildung 3: Strahlen von einem Stern, einige erreichen die Erde (+), andere gehen an uns vorbei.

Das Licht, das zur Erde gekommen ist und wir beobachten können, endet hier. Unendlich andere Strahlen, die die Erde nicht berührt haben, gehen weiter (siehe die roten Strahlen in Abbildung 3) und eine Untermenge davon könnte in Zukunft wiederkommen, einige davon könnte ein Beobachter sehen.

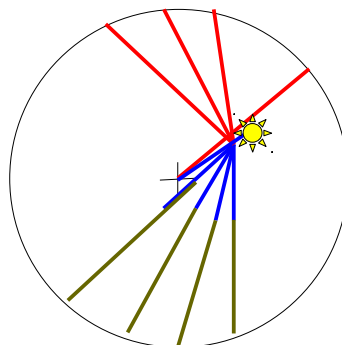


Abbildung 4: Ein Beobachter kann zwei Strahlen (rot und blau) vom selben Stern sehen.

Zum Zeitpunkt von Abbildung 4 sehen wir den blauen Strahl, der erst vor „Kurzem“ ausgesandt wurde und den roten Strahl, der schon vor Langem ausgesandt wurde.



4. Beschreibung unseres Simulationsprogramms

Unser dreidimensionaler Raum wird zur Vereinfachung nur in zwei Dimensionen dargestellt. Die Ausgabe des Simulationsprogramms ist eine Karte des Universums, wie es aussähe, wenn unsere Theorie zuträfe. Es generiert keinen Sternenhimmel oder die Ansicht von einem bestimmten Punkt im Weltall aus, sondern eine Karte der Galaxienhaufen, wie wir es von außen betrachten könnten. Im Mittelpunkt der Karte stehen wir, nicht weil wir die Mitte des Universums wären, sondern weil wir uns in der Mitte der Beobachtungen befinden (wir können nur von hier aus beobachten).

Das Programm simuliert innerhalb eines Kreises in der Mitte eine bestimmte Anzahl an Galaxienhaufen als weiße Pixel. Dazu werden 500 mal zufällige Koordinaten erzeugt und ein weißer Pixel an die Stelle gesetzt, falls der Abstand zum Mittelpunkt den Radius unseres Universums (50 Pixel) nicht überschreiten wird.

Unsere Theorie geht davon aus, dass das Licht, das einen imaginären Rand überschreitet, am gegenüberliegenden "Ende" des Universums wieder auftaucht (siehe Punkte A und B in der Abbildung 5). Deshalb nehmen wir das Licht, das von Sternen kommt, mehrfach wahr.

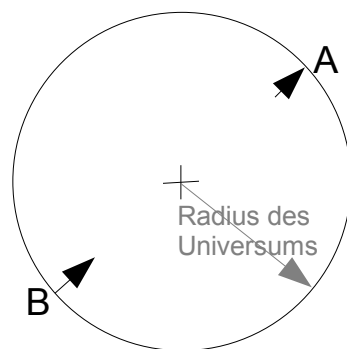


Abbildung 5: Wiederauftauchen des Lichts auf der anderen Seite

In unserem Modell sind Punkt A und Punkt B in derselben Position. Deswegen erreicht das Licht, das Punkt A erreicht, gleichzeitig Punkt B und bewegt sich von dort weiter.

Unser Programm setzt nun außerhalb des Kreises die gleichen Galaxien nochmals dorthin, wo wir sie wiederholt sehen, und zwar in Richtung der Galaxie einen Durchmesser des Universums weiter entfernt. Obwohl die Wiederholung der Galaxie genau hinter ihr liegt, können wir sie sehen, da sich die Galaxie in der Zeit, die das Licht braucht, um uns von ihrer Wiederholung zu erreichen, weiterbewegt. Diese Bewegung fällt aber in der Gesamtdarstellung des Universums unter die Rundungsgrenze (unter einen Pixel) und



wird daher im Programm vernachlässigt.

In der Realität wird nicht jeder Lichtstrahl wieder und wieder vorbeikommen, da Staub und andere dunkle Körper das Licht absorbieren. Dies wird in unserer Simulation auch nicht berücksichtigt.

Die erste Galaxie (die reale) hat z.B. die Koordinaten (x,y) , wobei der Mittelpunkt des Kreises der Koordinatenursprung ist (Gedächtnisstütze: Unsere Erde ist nicht notwendigerweise im Mittelpunkt des Universums, aber im Mittelpunkt der Beobachtungen). Der Abstand von der Galaxie zum Mittelpunkt (unsere Erde) wird mit dem Satz des Pythagoras berechnet (siehe Abbildung 6).

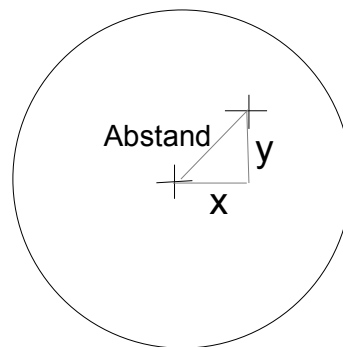


Abbildung 6: Abstand einer Galaxie zur Erde

In jeder Runde, die das Licht um das Universum dreht, sehen wir zweimal die Wiederkehr des Lichts jeder Galaxie, einmal von vorne (Richtung der Galaxie, Koordinaten mit Index v_1, v_2, v_3 usw.) und einmal von hinten (in der Gegenrichtung der Galaxie, Koordinaten mit Index h_1, h_2, h_3 usw.).

Der scheinbare Abstand der Wiederholung von hinten ist Radius-Abstand + Radius, siehe die Länge der rote Linien in der Abbildung 7.

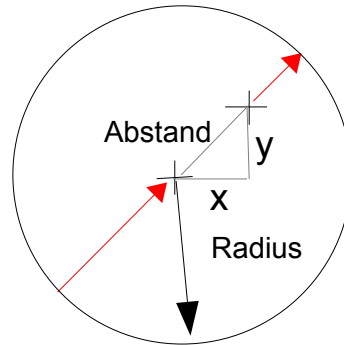


Abbildung 7: Wiederkehr des Lichts von hinten

$$\text{Abstand}_{h1} = \text{Radius} - \text{Abstand} + \text{Radius} = 2\text{Radius} - \text{Abstand}$$

Diese Wiederkehr sehen wir mit den Koordinaten (x_{h1}, y_{h1}) zum Ursprung. Nach den Strahlensätzen gilt nun

$$x_{h1}/x = y_{h1}/y = \text{Abstand}_{h1}/\text{Abstand}.$$

So lässt sich der $\text{Abstandsfaktor} = \text{Abstand}_{h1}/\text{Abstand}$ berechnen, mit dem die Koordinaten der ersten Galaxie multipliziert werden und so die Koordinaten der Wiederholung ergeben.

Eine weitere Wiederkehr sehen wir von vorn (Richtung der Galaxie). Das Licht kommt einmal (nah) an uns vorbei, geht bis zum "Ende" des Universums und kommt von der anderen Seite wieder, siehe die Länge der rote Linien in der Abbildung 8.

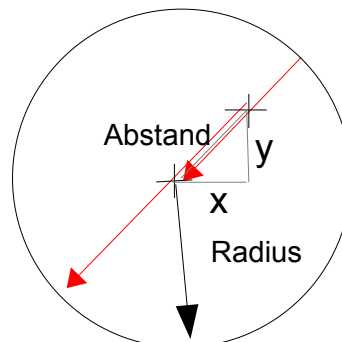


Abbildung 8: Wiederkehr des Lichtes von vorn



Der scheinbare Abstand ist dieses Mal

$$\text{Abstand}_{v1} = \text{Abstand} + \text{Radius} + \text{Radius} = 2\text{Radius} + \text{Abstand}$$

Diese Wiederkehr sehen wir mit den Koordinaten (x_{v1}, y_{v1}) zum Ursprung. Nach den Strahlensätzen gilt nun

$$x_{v1}/x = y_{v1}/y = \text{Abstand}_{v1}/\text{Abstand}$$

Das ganze wiederholt sich bis ins Unendliche. Bei der nächsten Wiederholung haben wir:

$$\begin{aligned} \text{Abstand}_{v2} &= \text{Abstand} + 2*2*\text{Radius} \\ \text{Abstand}_{h2} &= -\text{Abstand} + 2*2*\text{Radius}. \end{aligned}$$

Allgemein gilt:

$$\begin{aligned} \text{Abstand}_{vn} &= \text{Abstand} + n*2*\text{Radius}. \\ \text{Abstand}_{hn} &= -\text{Abstand} + n*2*\text{Radius}. \end{aligned}$$

Dabei errechnen sich die neuen Koordinaten folgendermaßen:

$$\begin{aligned} x_{vn} &= x * \text{Abstand}_{vn} / \text{Abstand} \\ y_{vn} &= y * \text{Abstand}_{vn} / \text{Abstand} \end{aligned}$$

und

$$\begin{aligned} x_{hn} &= x * \text{Abstand}_{hn} / \text{Abstand} \\ y_{hn} &= y * \text{Abstand}_{hn} / \text{Abstand} \end{aligned}$$

5. Simulationsergebnisse

Die Abbildung 9 zeigt die zufällig generierten Galaxienhaufen. Die dort erkennbaren Strukturen und Blasen sind ein Zufallsprodukt.

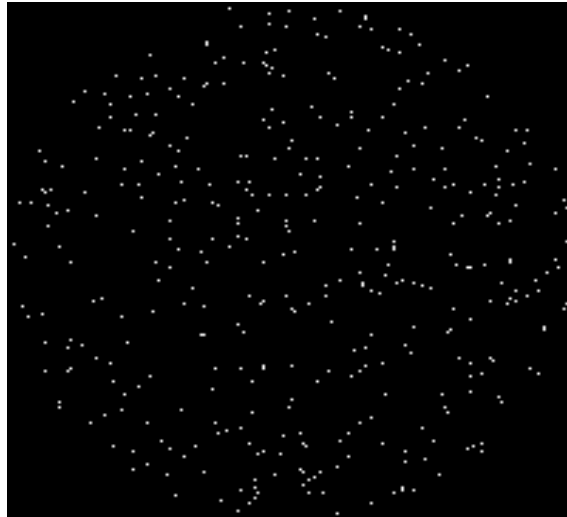


Abbildung 9: Programmausgabe ohne Wiederholungen

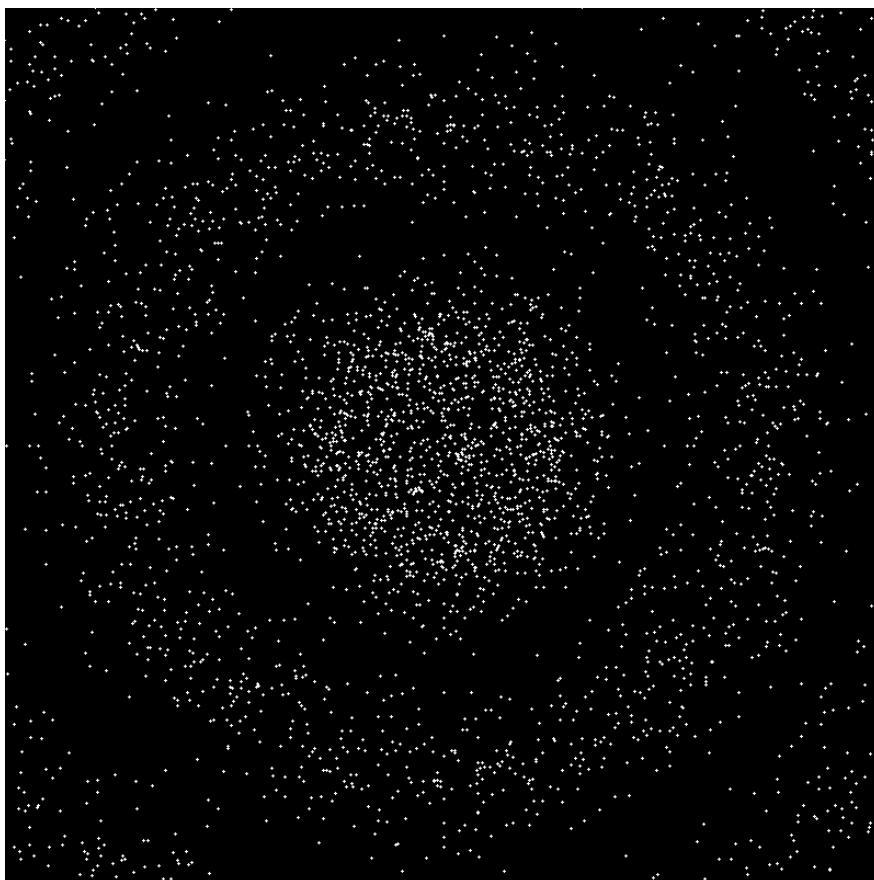


Abbildung 10: erste und zweite Wiederkehr des Lichtes der Galaxienhaufen der Abbildung 9.



Die Ausgabe unserer Simulation entspricht tatsächlich in etwa der schematischen Karte unseres Universums. In beiden erkennt man offensichtlich die schalenhafte Anordnung der Galaxienhaufen, zwischen denen sich beinahe leere Räume befinden, die Voids. Die Große Mauer erkennt man auch in unserem Simulationsergebnis, es handelt sich hierbei aber schon um die zweite Wiederkehr des Lichts.

Wenn unsere Theorie also zutrifft, sind die Sterne der Großen Mauer nicht real, sondern es ist das Licht von näheren Sternen, das uns über einen langen Umweg erreicht.

Dann wäre die reale Größe unseres Universums die Hälfte des gemessenen Abstands zur Großen Mauer, nämlich 100 Millionen Lichtjahre (siehe Abbildung 11).

Interessanterweise sieht man auch die „Finger Gottes“, besonders in den Bilddiagonalen. Dann sind sie keine Messfehler unsererseits sondern Lichteffekte, die bei der Wiederkehr des Lichts entstehen.

Natürlich gibt es auch Unterschiede zwischen dem Simulationsergebnis und der gemessenen „Realität“. Unsere Simulation sieht im Vergleich zu einer Karte viel regelmäßiger aus, so dass sich die Voids, Superhaufen und Finger Gottes nur schlecht unterscheiden lassen. Die Realität unterscheidet sich insofern von der Simulation, als dass in echt häufig eine Klumpung auftritt. Wo ein Galaxienhaufen auftritt, ist wahrscheinlich auch ein anderer, da sie sich durch Gravitation anziehen. Dafür bleiben andere Stellen im Universum frei. Unser Programm berücksichtigt das nicht, die Punkte wurden zufällig verteilt.

Der rot markierte Kreis in der Abbildung 11 sei also das „Originaluniversum“, das real existierende. Der Kreis von Galaxienhaufen, der gelb markiert ist, wäre also die erste Lichtwiederkehr, die Große Mauer darüber schon die zweite. Dem Maßstab nach hat der rote Kreis einen Durchmesser von etwas mehr als 100 Mio. Lichtjahren, was dem Weg von einem Punkt im Universum wieder dorthin entspricht, also dem Umfang der vierdimensionalen Kugel, auf der unser Weltall liegt.

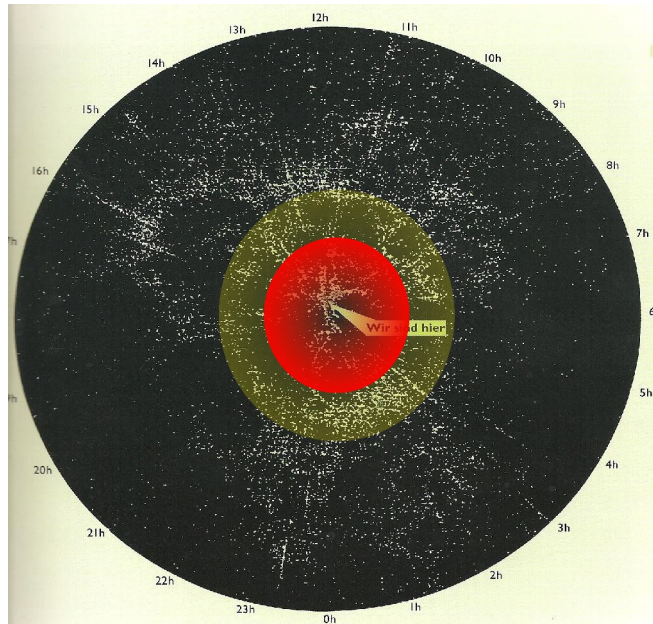


Abbildung 11: Reale Größe des Universums

Was bedeutet das nun? Unsere Theorie kann viele Erscheinungen im Universum und seine große Struktur erklären, ohne viele unbegründete oder unmessbare Annahmen zu machen. Eine dieser nicht messbaren Annahmen gibt es, und zwar die vierdimensionale Gestalt unseres Weltalls. Diese Idee erscheint aber auch in vielen anderen Theorien, die im Zusammenhang mit dem Universum aufgestellt wurden. Auch das Universum bleibt „überschaubar klein“.

Anhand der Simulationsergebnisse kann man nur sagen, unsere Theorie könnte zutreffen.



6. Programmcode (C++)

```
#include <stdlib.h>
#include <stdio.h>
#include <math.h>
#include "bmp.h"

static const int RADIUS = 100;
static const int WIEDERHOLUNGEN = 4;
static const int PICTURE_SIZE = 2 * RADIUS * WIEDERHOLUNGEN;
static const int NUM_OF_GALGRUPPE = 3000;

class Universum : public BMP {
public:
    Universum() {
        init(PICTURE_SIZE, PICTURE_SIZE);
    }

    void addGalGruppe(int x, int y) {

        x = x + PICTURE_SIZE / 2;
        y = y + PICTURE_SIZE / 2;

        if(x < 0 || x >= PICTURE_SIZE) return;
        if(y < 0 || y >= PICTURE_SIZE) return;

        PIXEL(x,y,RED) = 255;
        PIXEL(x,y,GREEN) = 255;
        PIXEL(x,y,BLUE) = 255;
    }
};
```

```
int main(int argc, char *argv[]) {
    Universum univers;

    for(int i = 0; i < NUM_OF_GALGRUPPE; i++) {
        int galX = (rand() % (RADIUS*2)) - RADIUS;
        int galY = (rand() % (RADIUS*2)) - RADIUS;
        double abstand = sqrt (galX*galX+galY*galY);
        if (abstand <= RADIUS){
            univers.addGalGruppe(galX, galY);
            for(int j = 0; j < WIEDERHOLUNGEN; j++) {
                double abstandsfaktor;
                abstandsfaktor = (2*j*RADIUS + abstand)/abstand;
                univers.addGalGruppe(galX*abstandsfaktor,galY*abstandsfaktor);

                abstandsfaktor = -(2*j*RADIUS - abstand)/abstand;
                univers.addGalGruppe(galX*abstandsfaktor,galY*abstandsfaktor);
            }
        }
    }

    univers.write((char*)"output.bmp");

    return EXIT_SUCCESS;
}
```

Quellen



7.Quellen

[1] http://de.wikipedia.org/wiki/Struktur_des_Kosmos, 02.12.2010

Cold Dark Matter[1]

http://hera.ph1.uni-koeln.de/~heintzma/U1/MIV_DarkM.htm

Das Universum

<http://www.gym-vaterstetten.de/faecher/astro/Universum/Universum.html>

Voids - Die dunklen Blasen im Weltall

<http://weltderwunder.de.msn.com/weltraum-article.aspx?cp-documentid=153041520>

Die Verteilung der Materie

<http://www.db-wissen.de/index/Materieverteilung/Kosmologie/Astronomie/Wissenschaft>

The visible Universe

<http://www.shekpvar.net/~dna/Publications/Cosmos/ScalePages/26-TheVisibleUniverse.html>

Filme

"Journey to the Stars", NASA & American Museum of Natural History, 2010

powers of 10: Wie groß ist das Universum?

<http://www.youtube.com/watch?v=ExqoBNEwJb8>

The true scale of the universe

<http://www.youtube.com/watch?v=dwOSo41WH2Q>

journey to the edge of universe

<http://www.youtube.com/watch?v=Zr7wNQw12l8&feature=related>

Cosmic Super Zoom

http://www.youtube.com/watch?v=dAzJy_DECyQ

Formation of large scale structures

<http://www.youtube.com/watch?v=FBkYlqtYb0I>

Danksagung

Wir danken unseren Eltern für interessantes Diskutieren und Anregungen