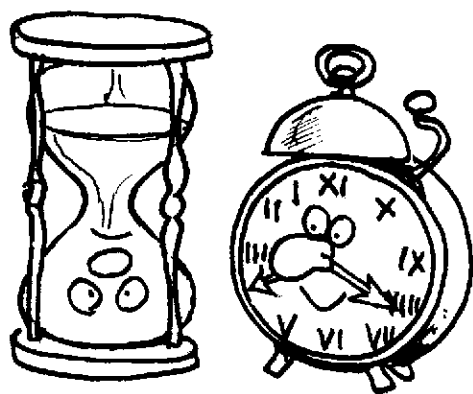


Das Chronologikon

Jean-Pierre Petit



Aus dem Französischen von Thierry Rousseau

Wissen ohne Grenzen

Gemeinnützige Vereinigung, die 2005 gegründet wurde und von zwei französischen Wissenschaftlern geleitet wird. Ziel: Verbreitung wissenschaftlicher Erkenntnisse mit Hilfe des Bandes, das durch kostenlos herunterladbare PDFs gezogen wird. Im Jahr 2020: 565 Übersetzungen in 40 Sprachen wurden so erreicht. Mit mehr als 500.000 Downloads.



Jean-Pierre Petit

Gilles d'Agostini

Die Vereinigung ist vollkommen freiwillig. Das Geld wird vollständig den Übersetzern gespendet.

Um eine Spende zu tätigen, verwenden Sie die PayPal-Schaltfläche auf der Startseite:

<http://www.savoir-sans-frontieres.com>



Die Vereinigung « Wissen ohne Grenzen », gegründet und unter dem Vorsitz von Professor Jean-Pierre Petit, Astrophysiker, hat zum Ziel, wissenschaftliches und technisches Wissen in der größtmöglichen Zahl von Ländern und Sprachen zu verbreiten. Zu diesem Zweck hat Professor Jean-Pierre Petit sein gesamtes populärwissenschaftliches Werk aus dreissig Jahren, und im besonderen die illustrierten Alben, frei zugänglich gemacht. Dementsprechend ist ein jeder frei, die vorliegende Datei zu vervielfältigen, entweder in digitaler Form oder in Form gedruckter Kopien und sie in Bibliotheken oder im Rahmen von Schule, Universität oder Vereinen zu verbreiten, deren Ziel die gleichen sind wie von « Wissen ohne Grenzen », unter der Bedingung, daraus keinen Profit zu erzielen und ohne dass ihre Verbreitung eine politische, sektiererische oder religiöse Konnotation beinhaltet. Diese Dateien im Format pdf können auch ins Computernetzwerk von Schul- oder Universitätsbibliotheken gestellt werden.



Jean-Pierre Petit plant zahlreiche weitere Werke, zugänglich für ein noch größeres Publikum. Einige werden selbst von Analphabeten gelesen werden können, dadurch, daß die Textepartien "zu sprechen beginnen" sobald ein Klick auf sie erfolgt. Diese Werke werden also als Stütze zur Alphabetisierung verwendet werden können. Andere Alben werden « zweisprachig » sein, indem man durch einen einfachen Klick von einer Sprache zur anderen wechseln kann, nachdem die Sprachkombination zuvor gewählt wurde. So entsteht eine neue Stütze zum Erlernen von Fremdsprachen.

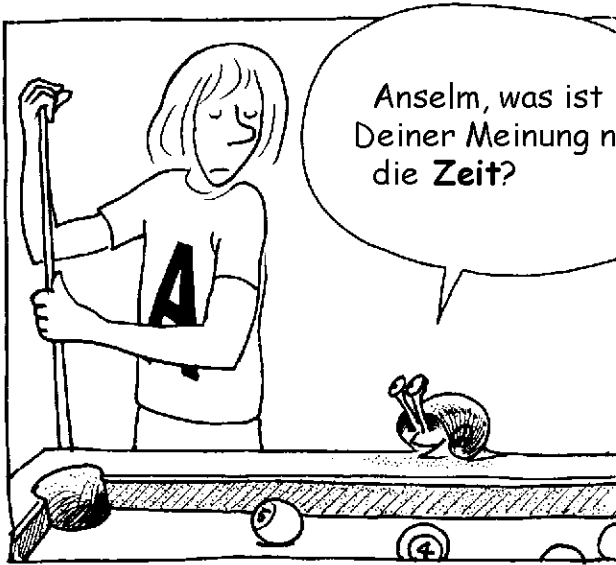
Jean-Pierre Petit ist 1937 geboren. Er hat seine berufliche Laufbahn in der französischen Wissenschaft gemacht. Er ist Plasmaphysiker gewesen (plasma physicist), hat ein Informatikzentrum geleitet, Programme entwickelt, hunderte von Artikeln der unterschiedlichsten Wissensgebiete in wissenschaftlichen Zeitschriften veröffentlicht, von der Mechanik der Flüssigkeiten bis zur theoretischen Kosmologie reichend. Er hat ungefähr dreissig Werke veröffentlicht, die in eine Vielzahl von Sprachen übersetzt wurden.

Kontakt zu « Wissen ohne Grenzen » kann über die Website <http://www.savoir-sans-frontieres.com> aufgenommen werden.

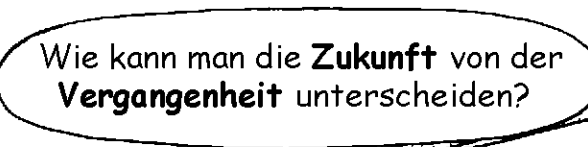
Wüßtegern ist ein seltsamer Kerl, der gerne mehr wissen möchte... Klar!
Waren aber auch nicht Kepler, Newton, Darwin oder gar Einstein
neugierige, seltsame Kerle? Wenn sich die Wissenschaft nur auf
eingefahrenen Bahnen bewegen würde, würde sie kaum vorankommen!

~~Wüßte~~
Jean-Claude Pecker

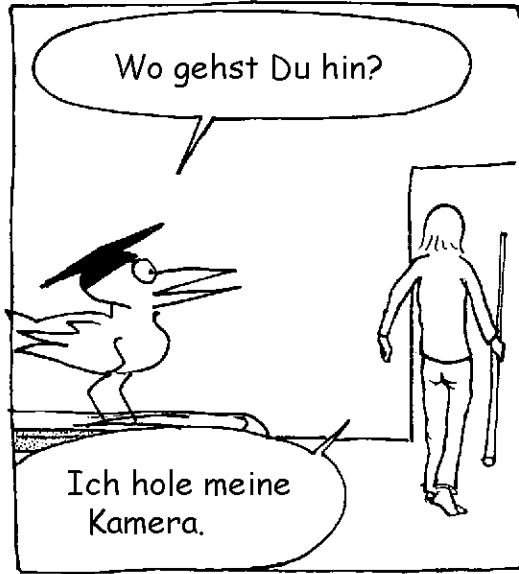
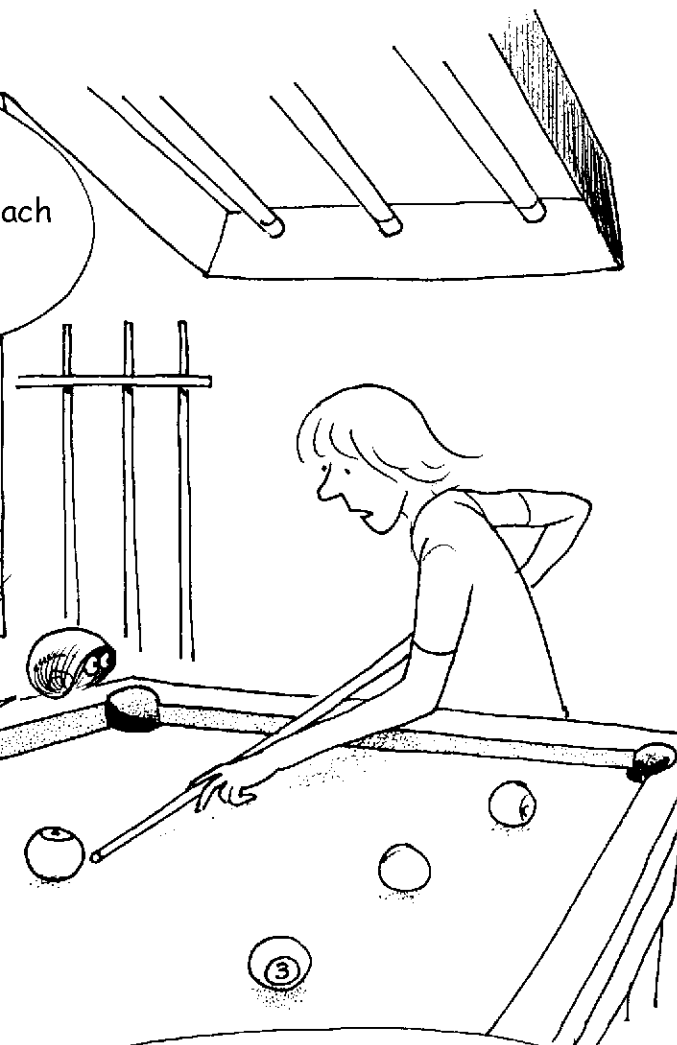
PROLOG



Anselm, was ist Deiner Meinung nach die Zeit?



Wie kann man die **Zukunft** von der **Vergangenheit** unterscheiden?

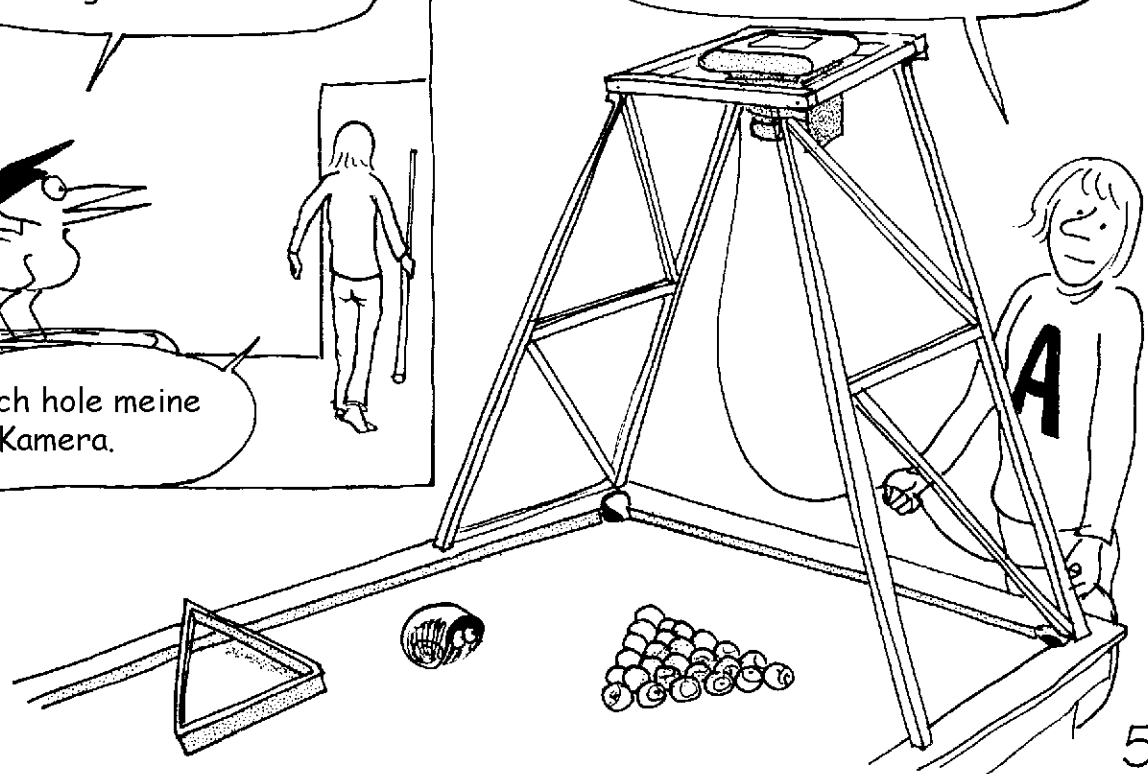


Wo gehst Du hin?

Ich hole meine Kamera.

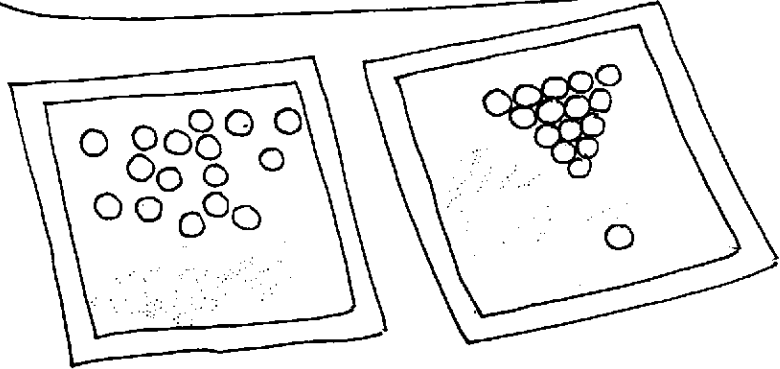


So, so isses gut...

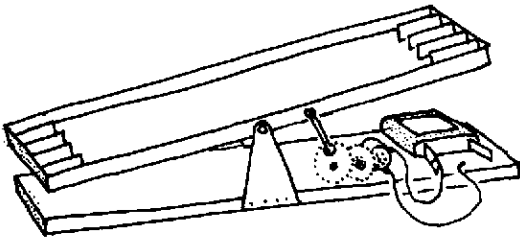


Sophie!

Schau mal diese beiden Fotos an. Sie wurden **nacheinander** aufgenommen. Es muß doch einen Weg geben, diese beiden Aufnahmen zeitlich einzuordnen und die **Chronologie** der Ereignisse zu bestimmen.



WAHRSCHEINLICHKEIT

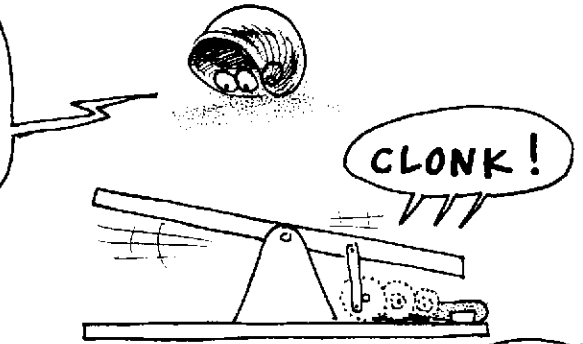


Das ist eine gute Idee, aber schau mal: hier ist eine Maschine, mit der man das alles besser erklären kann.

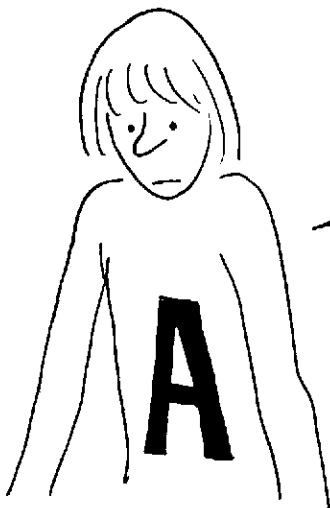
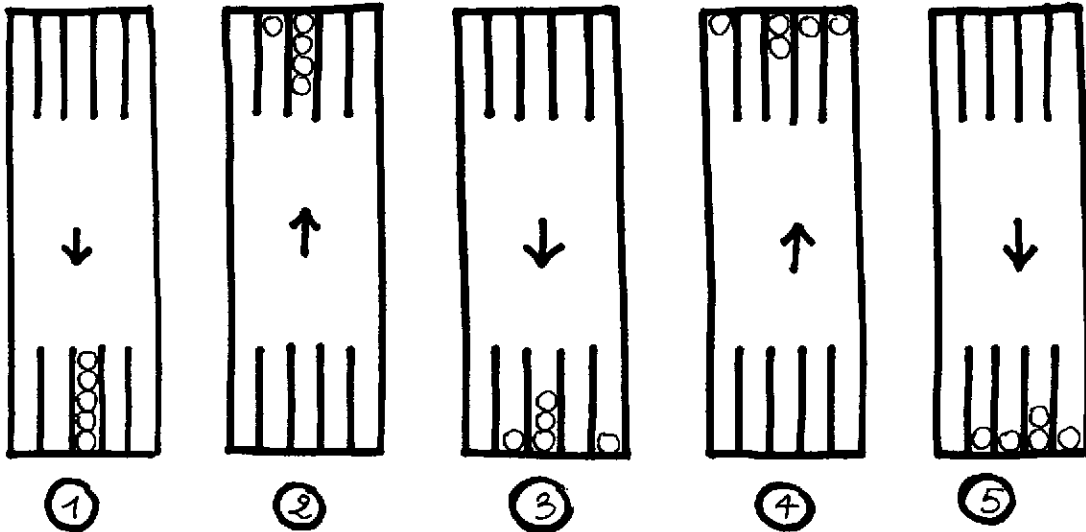
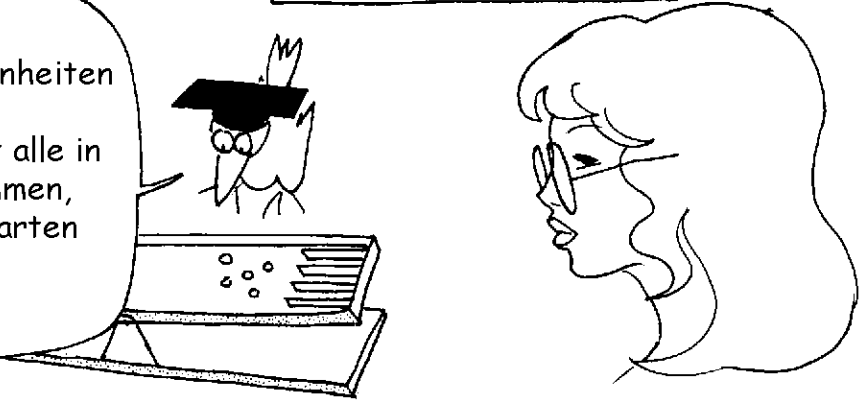
Sie ähnelt einer Wippe, auf der symmetrische Kästchen angebracht sind.

Bevor wir die Maschine betätigen, habe ich fünf Murmeln in das mittlere Kästchen gelegt.

So, nun geht's los! Die Platte, deren Achse genau waagrecht angebracht ist, bewegt sich langsam auf und ab. Dadurch rollen die Murmeln hin und her, von einem Rand zum Anderen.



Schaut mal: Die winzigen Unebenheiten der Platte sowie die Luftwirbel bewirken, dass die Murmeln nicht alle in das mittlere Kästchen zurückkommen, sondern sich auch in die benachbarten Kästchen verteilen.



Die Murmeln rollen hin und her, aber sie scheinen nicht die geringste Lust zu verspüren, zurück in das mittlere Kästchen zu kommen.

Das liegt daran, dass diese Verteilung viel zu **unwahrscheinlich** ist.



Was meinst Du?

Denk mal nach. Die Chance beträgt ein Fünftel, dass eine Murmel in einem bestimmten Fach landet, sagen wir dem Fach Nr. 2. Und die Chance betrug ebenfalls ein Fünftel, dass eine andere Murmel sich bereits dort befindet. Daher ergibt sich eine Chance von einem Fünfundzwanzigstel, dass zwei Murmeln in diesem Kästchen landen.





Wahrscheinlichkeiten
multipliziert man und dabei
kommt heraus:
 $1/5 \times 1/5 = 1/25$.

Das Gleiche gilt, wenn man drei Murmeln verwendet. Es ergibt sich dann eine Chance von einem Hundertfünfundzwanzigstel ($1/5 \times 1/5 \times 1/5 = 1/125$), am Ende alle Murmeln in ein bestimmtes Fach zu bekommen.

Die Situation links entspricht einer Chance von $5 \times 5 \times 5 = 125$ und die Situation rechts einer Chance von $5^5 = 3125$, d.h. einer Wahrscheinlichkeit von $1/3125 = 0,00032$.

Wenn man alle Kästchen als gleichberechtigt annimmt, beträgt die Wahrscheinlichkeit, alle Murmeln im selben Kästchen zu finden: $P = 5 \times 0,00032 = 0,0016$.

Betrachtet man alle Kästchen als gleichwertig, so ergeben sich folgende Wahrscheinlichkeiten für die entsprechenden Verteilungen:

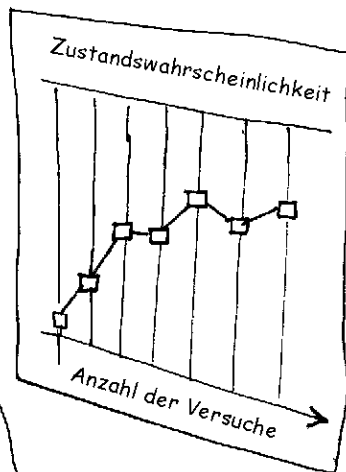
	\Rightarrow	$P = 0,0016$
 + 0	\Rightarrow	$P = 0,032$
0 + 0 + 0 + 0 + 0	\Rightarrow	$P = 0,0384$
 + 8	\Rightarrow	$P = 0,064$
 + 0 + 0	\Rightarrow	$P = 0,192$
8 + 8 + 0	\Rightarrow	$P = 0,288$
8 + 0 + 0 + 0	\Rightarrow	$P = 0,384$

Das ist ja drollig: Der wahrscheinlichste Fall ist nicht der, wo sich eine Murmel in jedem Kästchen befindet.

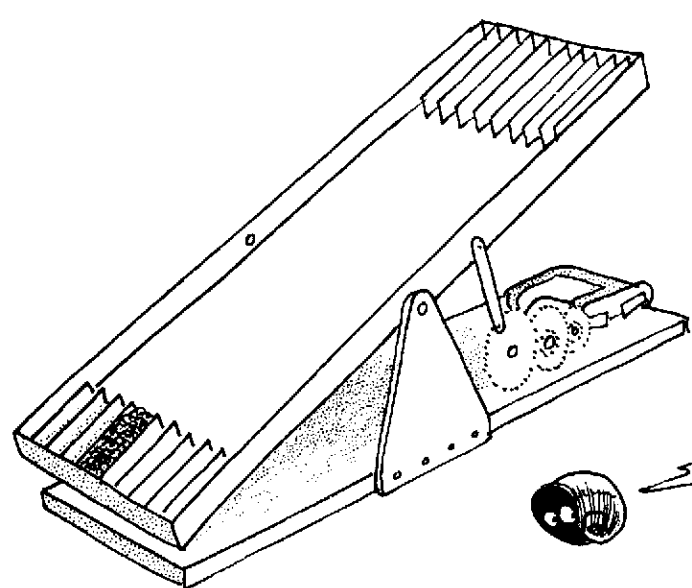
Wir wollen die jeweiligen Verteilungswahrscheinlichkeiten unseres Experiments aufschreiben.

ZWEITES PRINZIP DER THERMODYNAMIK

Sophie, es ergibt sich ein klares Bild: Die Zustandswahrscheinlichkeit steigt rapide an, dann ergeben sich die Zustände mit den höchsten Wahrscheinlichkeiten.



Probier es doch mal mit 10 Kästchen und 1000 Murmeln.



Anselm hat sich Schrotkugeln besorgt. Die Wahrscheinlichkeit, am Ende alle 1000 Kugeln in das selbe Kästchen zu bekommen, ist: $(1/10)^{1000} \times 10$, d.h.:

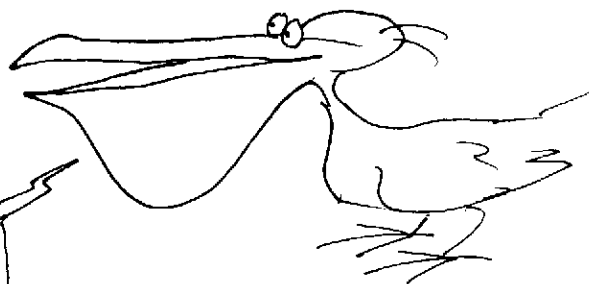
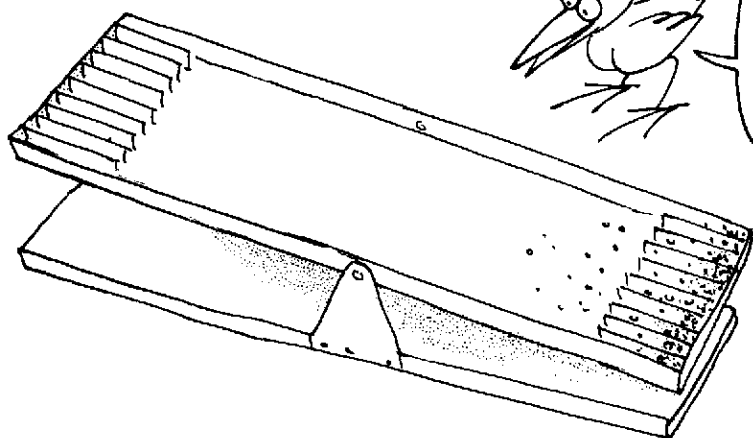
$$P = 0,0000\dots\dots001$$

(998 Nullen!)

Sie ist vernachlässigbar klein.

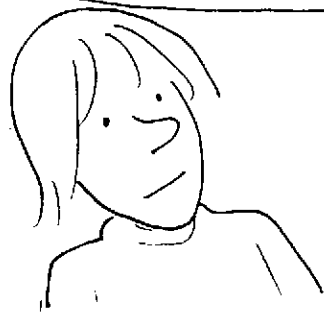


Sobald die Maschine startet, fangen die Kugeln an, sich quasi gleichmäßig in alle Kästchen zu verteilen.



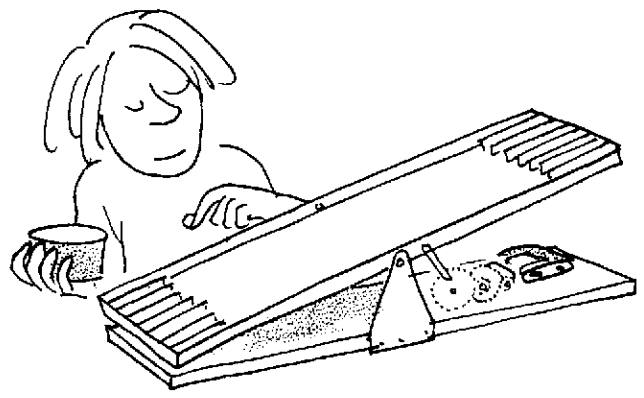
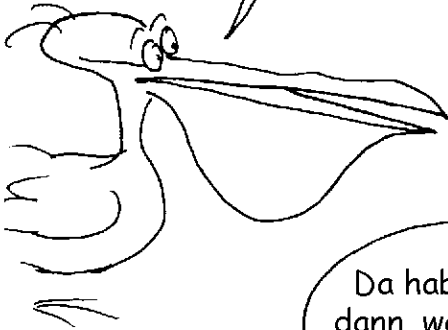
Alle sich ergebenden Zustände kommen einem mittleren Zustand sehr nahe, bei dem alle Kästchen die selbe Anzahl an Kugeln enthalten. (*)

Dies ergibt sich aus dem **zweiten Prinzip der Thermodynamik**, welches besagt, dass **jedes isoliertes System nach seinem wahrscheinlichsten Zustand strebt**.

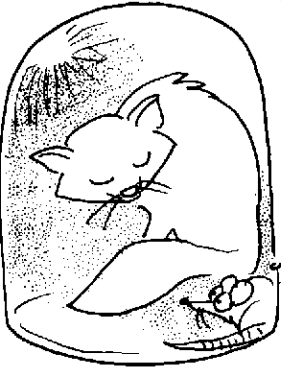


(*) Ein solches statistisch stabiles System nennt man **ergodisch**.

Was wäre ein nicht-isoliertes System?



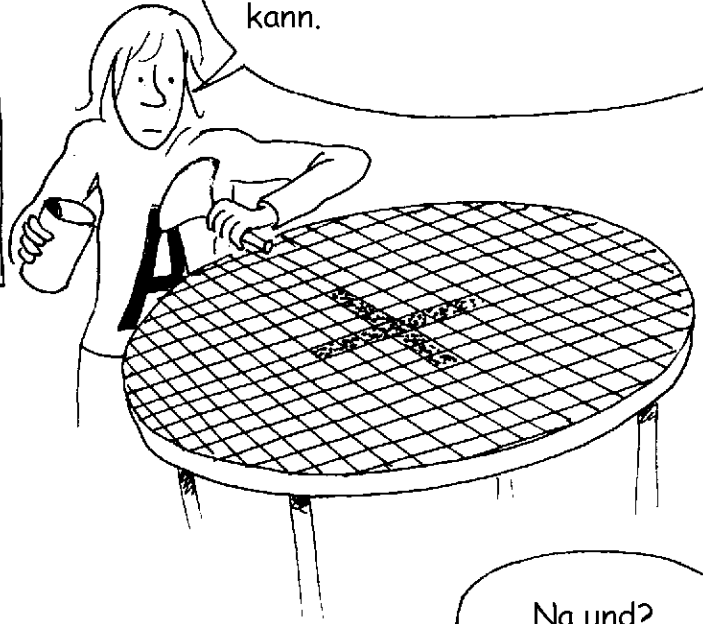
Da haben wir z.B. eines: Nämlich dann, wenn Anselm eingreift, um die Kugeln einzuordnen.



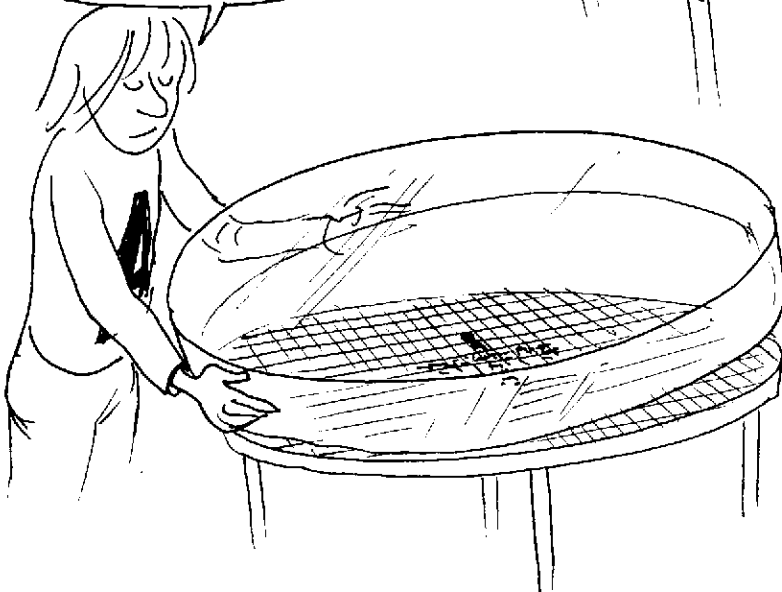
Es sei denn, er ist Vegetarier...

Sophie, schau mal. Ich habe das System verbessert. Auf dieser Platte habe ich Kästchen angebracht und ich habe Schrotkugeln, mit denen ich geometrische Muster zeichnen kann.

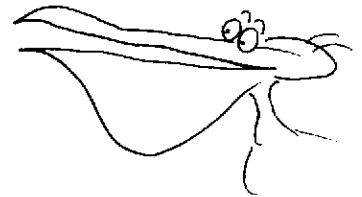
Isoliertes System, bereit, sich einem Zustand der größten Wahrscheinlichkeit anzunähern.



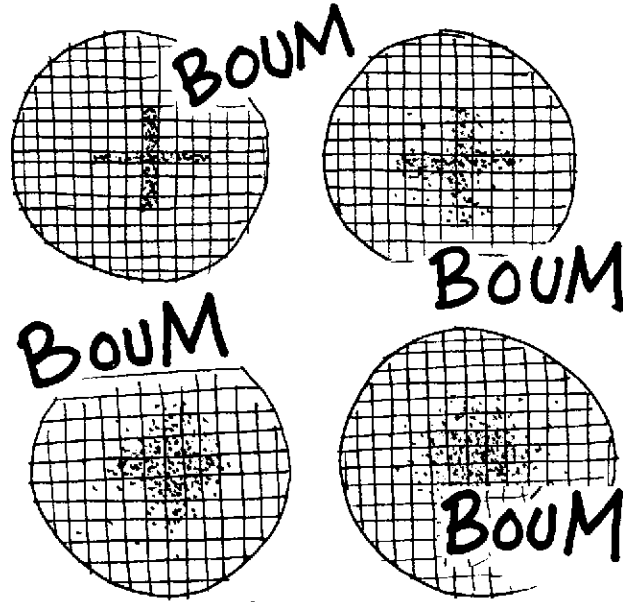
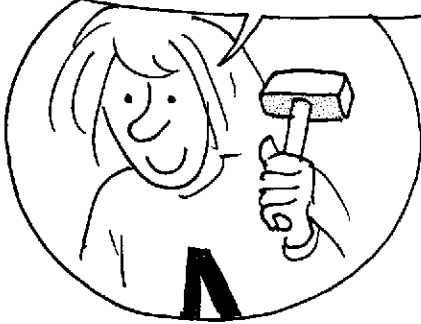
Das Ganze bedecke ich mit einer durchsichtigen Glocke.



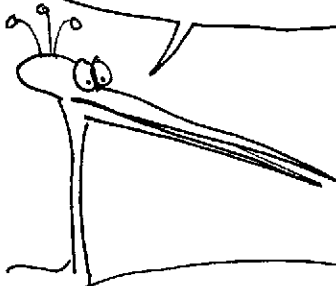
Na und?



Nun muß man nur noch von unten mit einem Hammer klopfen.

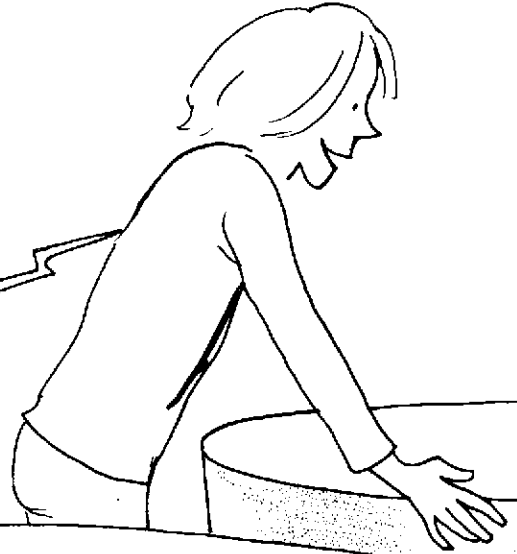


Was geht hier vor?
Wird jemand umgebracht?



Nee, Anselm lässt nur sein System nach dem Zustand mit der größtmöglichen Wahrscheinlichkeit streben.

Klare Sache. Das Bild wird immer verschwommener. Die **Information** verschwindet nach und nach.



Mit anderen Worten: Das ist die Lösung, um zwei Zustände eines isolierten Systems **chronologisch** einzuordnen. Derjenige mit der **informationsreicheren Struktur** ist der Ältteste.

immerwird

Siehst Du, Anselm, die natürliche Diffusion wird diese Nachricht nach und nach löschen, die wir an den Himmel geschrieben haben.

Alles OK?

Böörk!

Prinzipiell kann man aber nicht ausschließen, dass sich die Farbmoleküle von selbst wieder sammeln und die Nachricht rekonstruieren.

Auch kann man nicht gänzlich ausschließen, dass ein besonders glücklicher Hammerschlag es schafft, das Kreuz von soeben neu zu bilden.

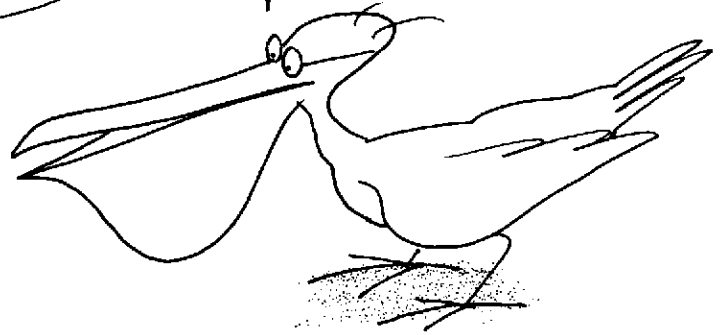
Oder dass Moleküle eines Farbstoffs mit der selben Dichte wie Wasser von selbst den ursprünglichen Tropfen wieder bilden.

Da aber die Wahrscheinlichkeiten dieser Zustände verschwindend gering sind, werden sie als vernachlässigbar klein angesehen.

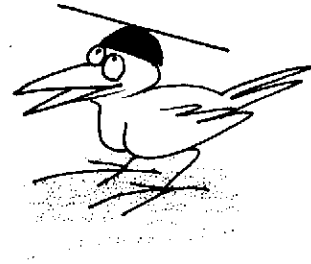
Dann strebt aber das ganze
Universum dem **Chaos** entgegen.
Vanille-Eiskugeln schmelzen, Berge
fallen in sich zusammen...



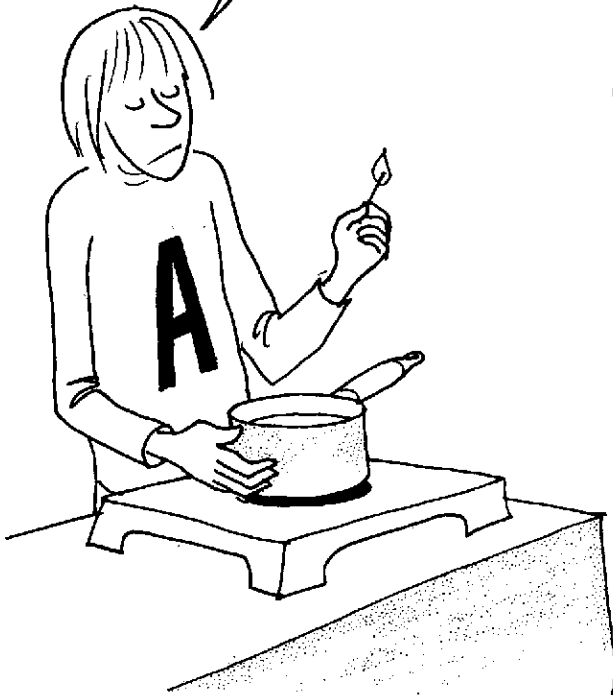
Kurzum: **Alles geht
den Bach runter.**



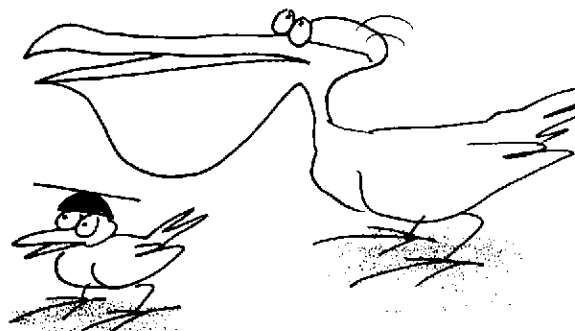
Dieses Phänomen beschreibt man mit dem
irreversiblen Zuwachs einer Größe, die man
die **Entropie** nennt. (*)



Das alles ist vollkommen befremdlich.
Ich werde mir einen Tee machen.

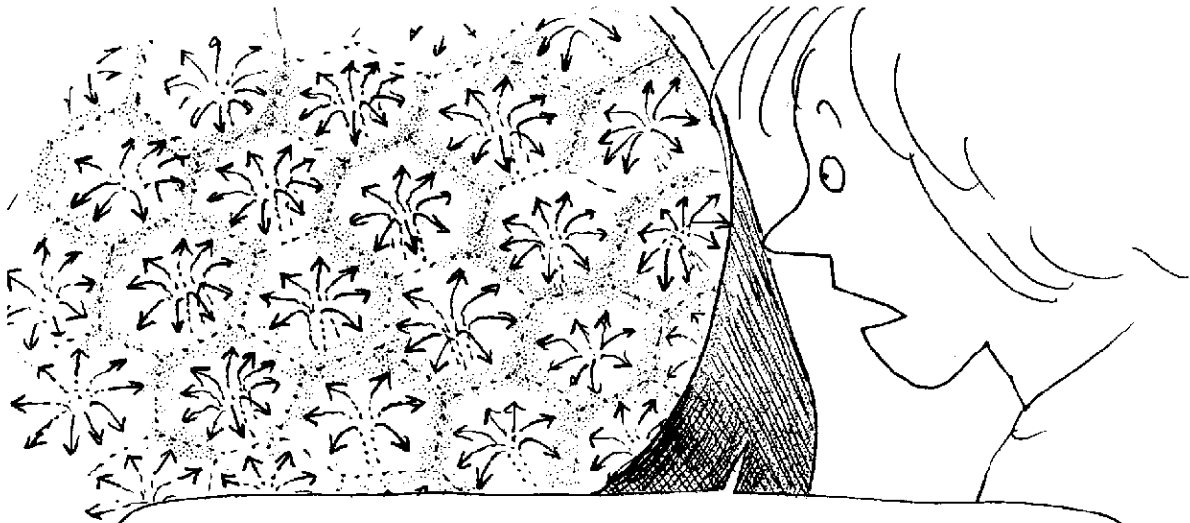


Dies scheint die Antwort
zu sein. Da die ENTROPIE
MESSBAR ist, kann man damit
die Zustände eines Systems
CHRONOLOGISCH ordnen.

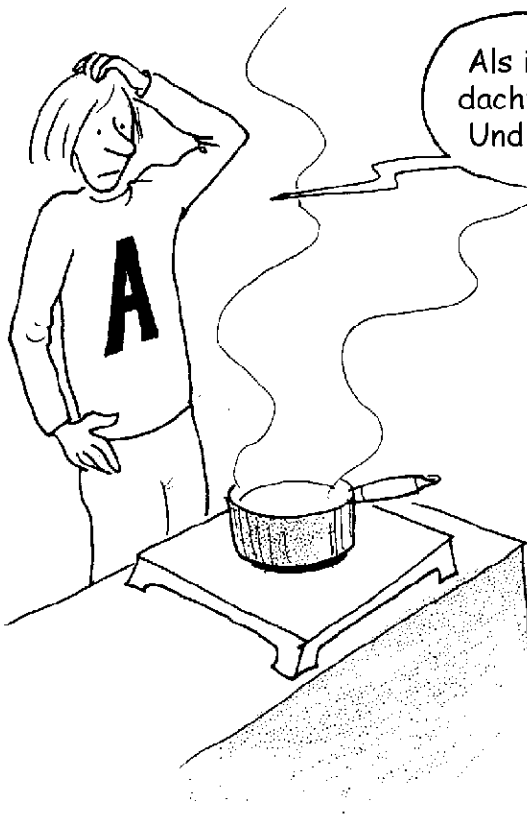


(*) Ist **P** die Zustandswahrscheinlichkeit, so lautet die Entropie:
 $S = -P \log P$, wobei Log den Logarithmus bezeichnet. 14

DISSIPATIONSZELLEN



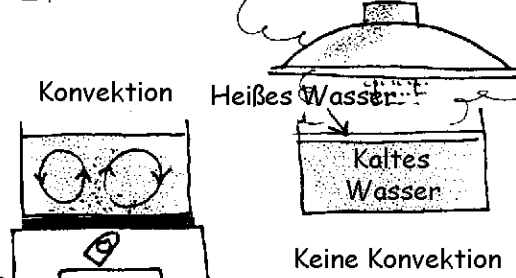
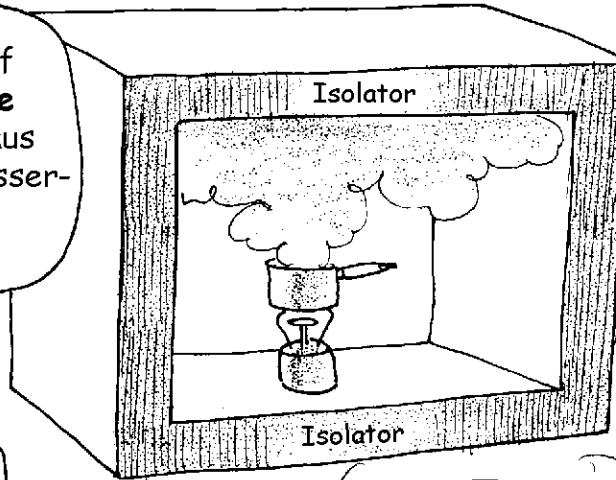
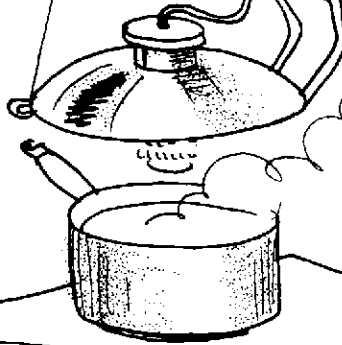
Unglaublich! Wenn ich das Wasser aufheize, erscheint ein Wirbelsystem mit einem sechseckigen Muster, da wo früher nichts war, und das obwohl meine Kochplatte eine sehr gleichmäßige Wärme liefert.



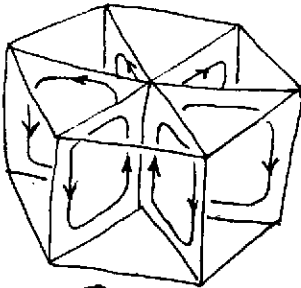
Als ich dieses Wasser zum Kochen brachte, dachte ich, ich würde Unordnung erzeugen. Und stattdessen erzeuge ich Ordnung???

Das bedeutet, dass es kochendes Wasser schafft, die Entropie zu verringern?

Das bedeutet lediglich, dass der Begriff der **Entropie** nur für **das ganze isolierte System** gültig ist. Hier besteht dieses aus dem Ensemble Kochplatte-Kochtopf-Wasser-Atmosphäre.



Im Übrigen kann man durchaus all dieses Wasser auch ohne Wirbel oder jegliche Konvektionsbewegung verdampfen lassen, indem man es mittels einer einfachen parabolischen Heizvorrichtung von oben durch Strahlung aufheizt. (*)



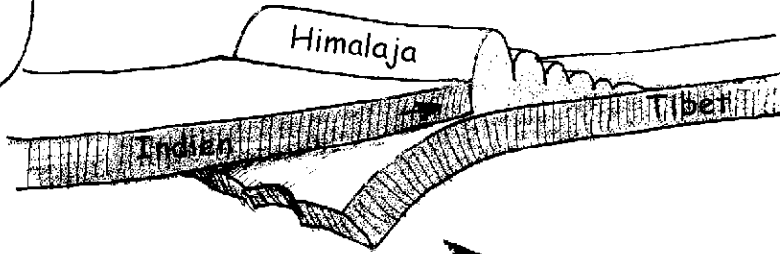
Der Zuwachs an Entropie eines Systems bedeutet nicht, dass dieses zwangsläufig **amorph** wird. Es können **Dissipationszellen** auftreten: Sie bewirken, dass die Verdampfung und der Zuwachs der Gesamtentropie begünstigt wird.



So z.B. fallen zwar Berge von selbst zusammen, aber das durch die Wolken herbeigebrachte Wasser beschleunigt die Erosion.

(*) Siehe **Warum kann ich nicht fliegen?**

Aber... auf der Erde gibt es doch Berge, die gerade erst dabei sind, zu entstehen, wie z.B. den Himalaja?



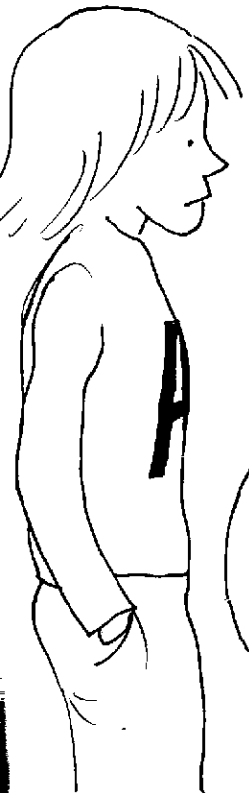
In der Tat. Man sagt, die Kollision der „indischen Platte“ mit der tibetischen hätte diesen Berg erzeugt.



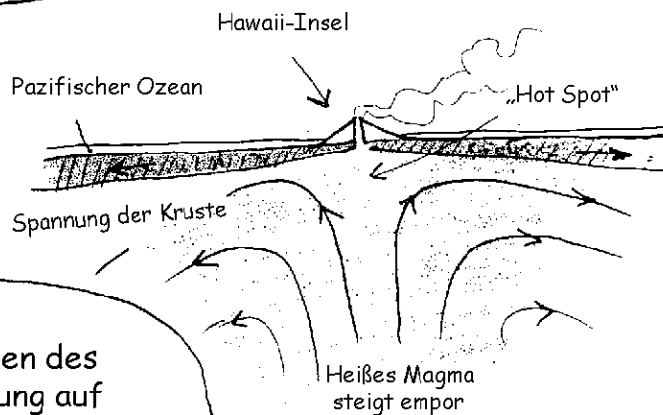
Das alles ist das Werk der Konvektionsströme, die das **Magma** bewegen und dafür sorgen, dass dieses seine Wärme abgeben kann, die von der Spaltung des ursprünglichen Urans 235 herrührt.



Meinst Du damit, es gäbe im Magma Dissipationszellen?



Klar. Und die Bewegungen des Magmas üben eine Spannung auf die Kruste der Erde aus, die hier und da zerbricht, was z.B. den Vulkanismus hawaiischen Typs verursacht.



Hmm, na ja, natürlich, wenn man Krusten auseinander zieht, heilen Wunden auch nicht.

Wir leben auf der Gischte eines dreidimensionalen Kochtopfs, den man Erde nennt.

Waaas???

Moment mal... Das ist ja schön und gut, aber woher kommt das Uran?

Aus einem Stern, als dieser explodiert ist und zur **Supernova** wurde. (*)

STERN

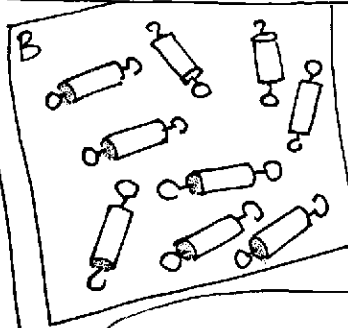
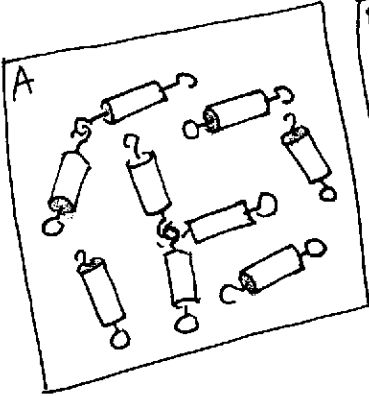
INNERES
KRAFTWERK

In den Sternen finden auch mächtige Konvektionsströme statt, die die Wärme, die von der Wasserstofffusion im Zentrum des Sternes erzeugt wird zum Rand hin transportieren.

Der Kochtopf, die Erde, der Stern, alle funktionieren mittels eines Netzwerks an **Dissipationszellen**.

MORPHOGENESIS

Anselm, diese Objekte waren in einer Schachtel, die man heftig geschüttelt hat. Kannst Du die beiden Fotos chronologisch ordnen?



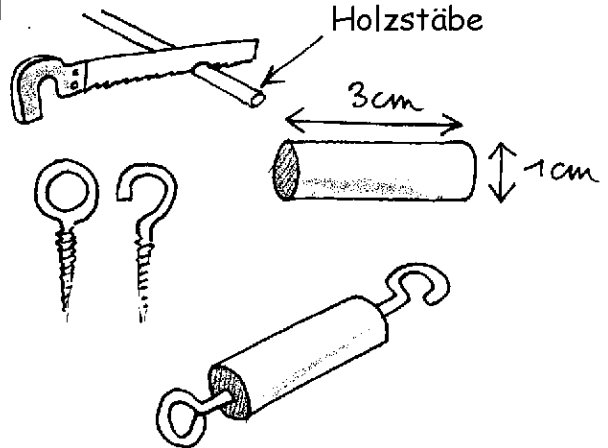
Na ja, ich nehme an, die Reihenfolge stimmt, so wie sie ist. Bestimmt hat man die kleinen Ketten aus zwei oder drei Elementen auseinandergeschüttelt.

Was hast Du vor?

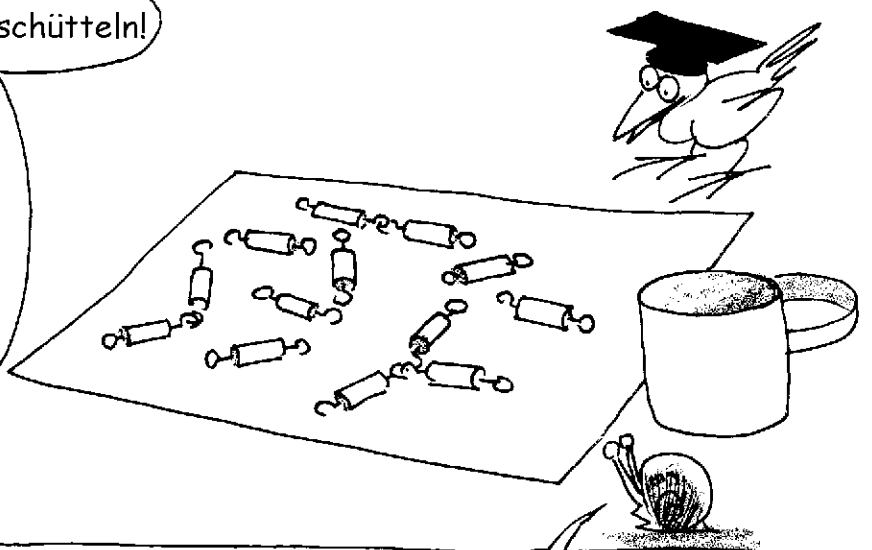
Angeblich habe ich schon wieder alles falsch gedacht. Aber probieren geht über studieren.



UTENSILIEN:



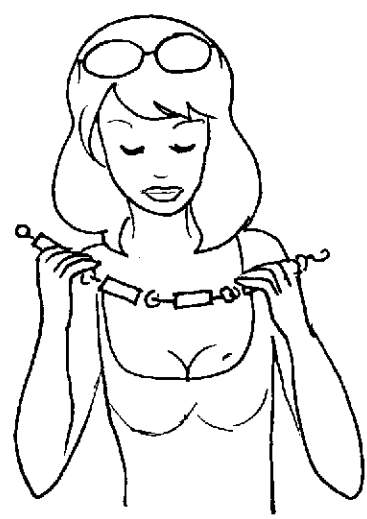
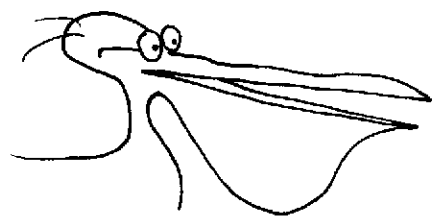
mindestens 20 Stück



Unglaublich! Auch wenn Anselm viele Versuche macht, bekommt er jedes Mal Ketten von zwei oder sogar drei Elementen!



Wenn es Dir nicht gelingt, dieses „mechanische Polymär“ zu erzeugen, dann bedeutet das einfach, dass es sehr unwahrscheinlich ist.

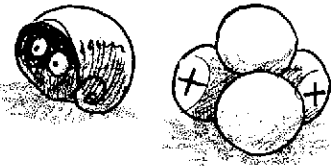


Weißt Du, die Natur ist so gemacht, dass ein zu einem gegebenen Zeitpunkt **sehr wahrscheinliches** Ereignis tatsächlich immer stattfindet.

Und umgekehrt nehme ich an:
Wenn etwas unwahrscheinlich ist,
dann geschieht es auch nicht.

Und wenn ein Ereignis während
der ganzen Lebensdauer des
Universums extrem unwahrscheinlich
bleibt, dann betrachtet man es als
unmöglich. Ok...

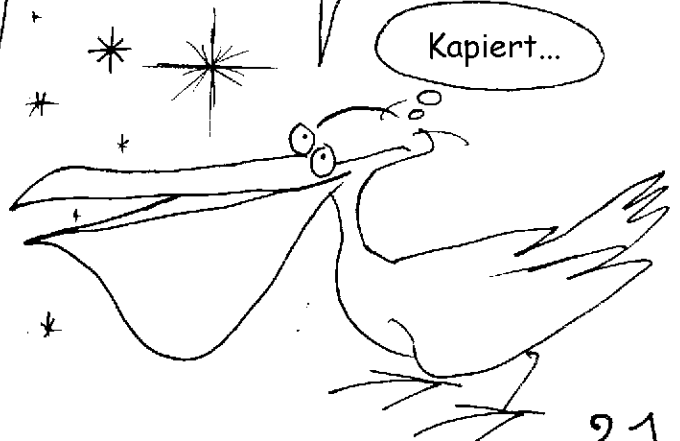
Während des URKNALLS war die
Erzeugung von Helium extrem
wahrscheinlich. Daher beinhaltet das
Universum auch welches!



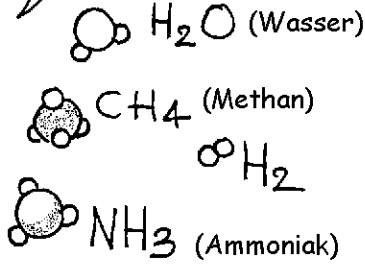
Dagegen kann man errechnen,
dass die Sonne infolge der extrem
geringen Sternendichte unserer
Galaxie nur eine zehnmillionstel
Chance hat, während der nächsten
zehn Milliarden Jahren mit einem
anderen Stern zu kollidieren.

Daher betrachtet man dieses
Ereignis als unmöglich.

Kapiert...

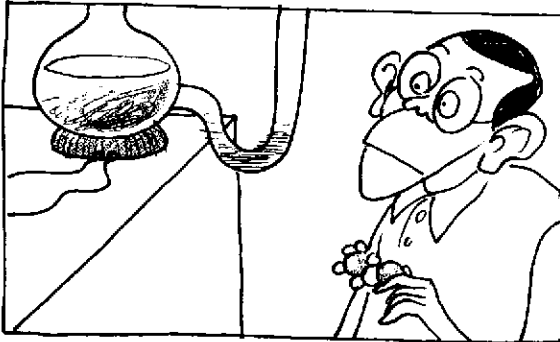


Wasserdampf, Methan, Ammoniak, Wasserstoff sind sehr einfache, symmetrische Moleküle, die man mit Deinen kleinen Ketten von soeben vergleichen könnte.

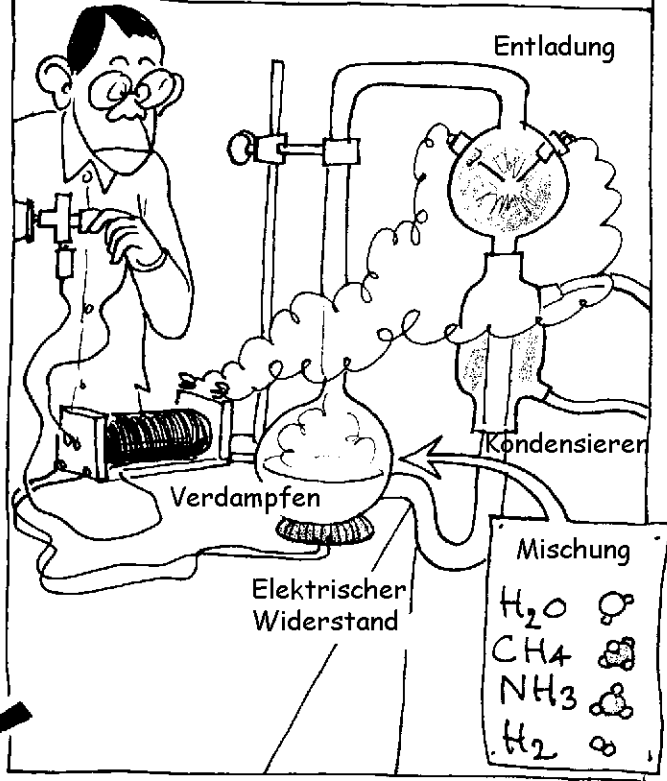


Daher waren sie auch gängige Bestandteile der Uratmosphäre unseres Planeten.

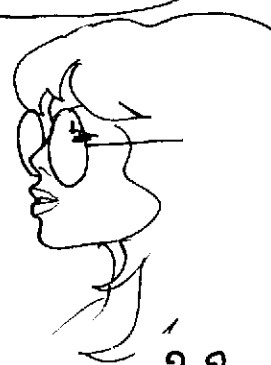
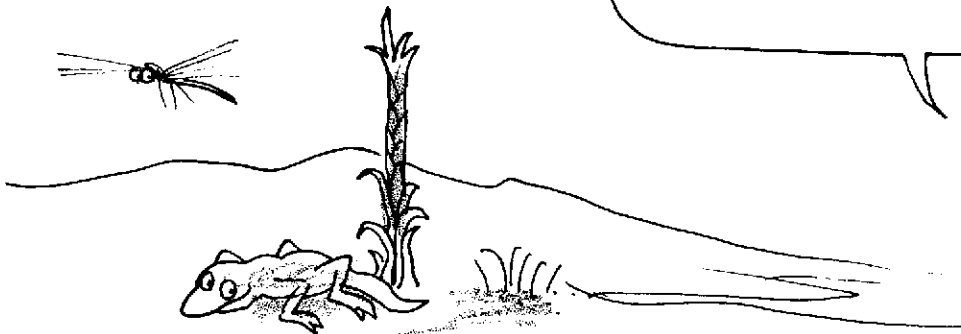
Nach einer Woche war die farblose Mischung orange geworden. Diese Änderung war der Anwesenheit von Aminosäure zurückzuführen. Das sind Moleküle, die aus etwa 15 Atomen bestehen.



1950 hatte Miller, damals als junger Student, die Idee, alle diese Elemente in einem Behälter zu sammeln und sie mittels elektrischer Entladungen „durchzuschütteln“.

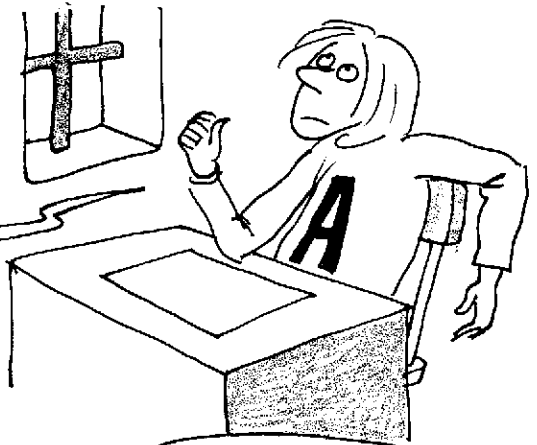


Da diese Moleküle wiederum die Bestandteile von PROTEINEN waren, fing man an, die Idee zu akzeptieren, dass auf einem Planet wie der Erde das **Leben** nicht nur ein wahrscheinliches, sondern möglicherweise ein **zwangsläufiges** Ereignis wäre.

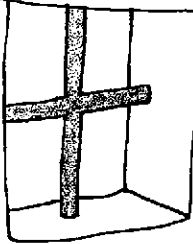


NEGENTROPIE ?

Gut, fassen wir alles zusammen. Es gibt Systeme, die schlicht und ergreifend nach dem **Chaos** streben. Es gibt andere, die **Dissipationsstrukturen** bilden, die aber am Ende zum gleichen Ergebnis gelangen.



Dann gibt es auch solche Systeme, die nach **Ordnung** streben, die also die Entropie verringern. Man nennt sie **negentropisch**...



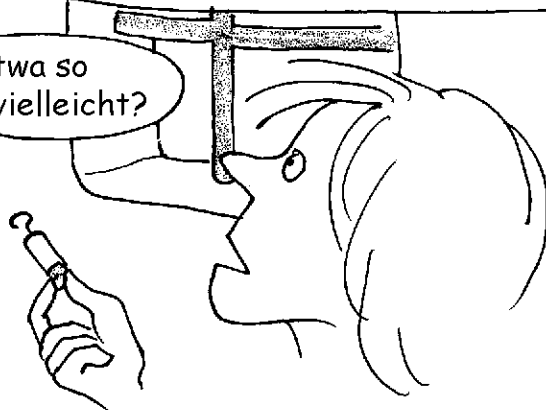
...wie dieses Spiel, das Spiel des **Lebens**.



SNAP!

Moment mal! Und wie hast Du die Energie erzeugt, mit der Du die Schachtel durchgeschüttelt hast, oder mit der Du den Funken erzeugt hast, der die Synthese der Moleküle verursacht?

Etwas so vielleicht?



Hierfür musste man ja irgendwann Öl verbrennen, Wasser fließen lassen oder einige Zuckermoleküle „verbrennen“.



Oder glaubst Du etwa, dass das **Leben** nichts kostet? Was sorgt denn dafür, dass Bäume wachsen und dass Äpfel reifen?



Es ist... die Sonne, die die Energie zur Verfügung stellt. Sie ist der **Motor des Lebens**.



Sehr gut, Tiresias!

Aber die Sonne ist nicht immer die Energiequelle der lebendigen Welt.

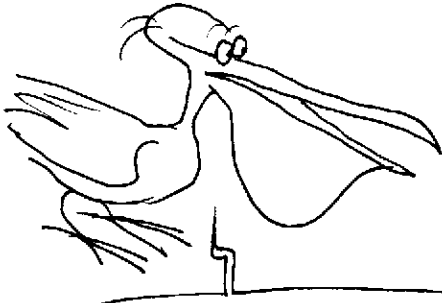
Ja, so ist das. Man muß nämlich das **GANZE SYSTEM** betrachten, d.h. die **BIOSPHERE**, das **BIOTOP** und die Energiequelle, die Sonne. Und dann steigt auch die *Gesamtentropie* dieses Systems.



In den Tiefseeegräben stützt sich das Leben auf die Energie der unterseeischen Warmwasserquellen.

Das spielt hier keine Rolle! (*)

Verdammt, wäre etwa das Leben nur eine weitere Dissipationszelle?



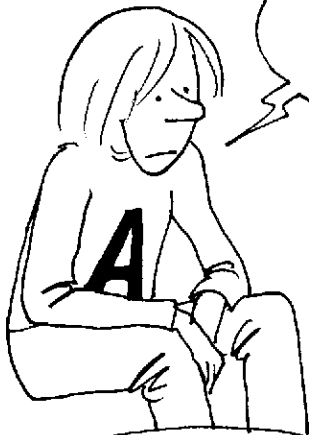
Aber meine Güte: Das Ziel alles Lebendigen besteht doch nicht NUR darin, Energie zu dissipieren?

Um ehrlich zu sein, hat man zu dieser Frage noch keine klare Antwort gefunden...



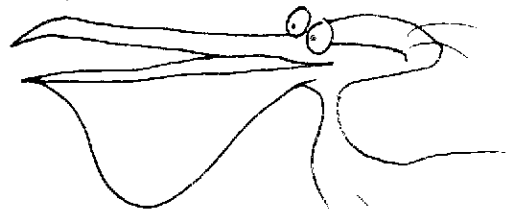
ENTROPIE

Entropie, Zeit, Wahrscheinlichkeit... Das alles bringe ich nun etwas durcheinander.



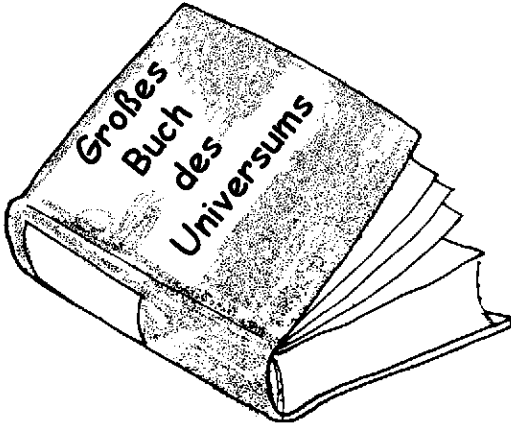
Das Alles ergibt doch keinen Sinn.

Die Lösung findet man vielleicht, indem man den Ursprung des Universums untersucht, als alles anfing.



(*) Das Alles wird Gegenstand des Biologikons sein.

Das Leben, die Planeten, die Sterne,
das alles ist zu kompliziert! Gab es nicht
in der Vergangenheit eine Zeit, wo das
Universum einfacher zu verstehen
war?



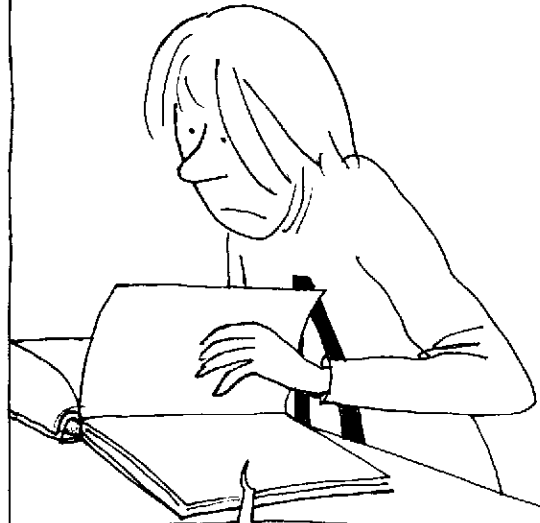
Schauen wir mal in die
Geschichte des Universums, wie
die Menschen sie geschrieben
haben.



Schauen wir mal nach... $t =$ Hundert
Millionen Jahre. Dies entspricht
der Geburt der Galaxien. Nee...
Es ist immer noch zu kompliziert...




Mal schauen... $t = 100.000$ Jahre...




Unglaublich!!! Da war ist das Universum
absolut homogen! (*)

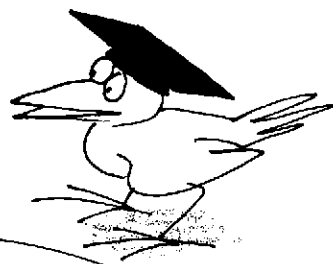
(*) Siehe 1000 Milliarden Sonnen



Wie kann sich ein perfekt
homogenes Universum entwickeln,
wenn NICHTS passiert?




Homogene Ensembles
haben doch keine
Geschichte.



Wie kann Zeit vergehen,
wenn es nicht die geringste
Bestrebung zu einer größeren
Unordnung geben kann, da diese
ohnehin schon MAXIMAL ist?

Moment mal! Es geschieht
doch etwas, da dieses Universum
abkühlt.

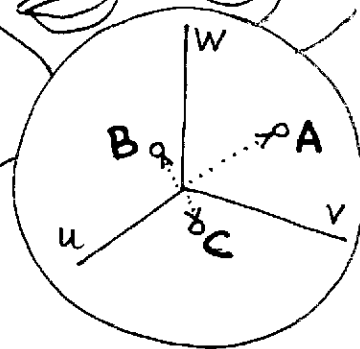
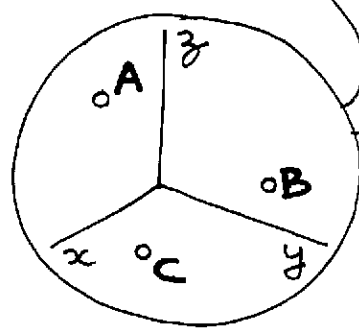
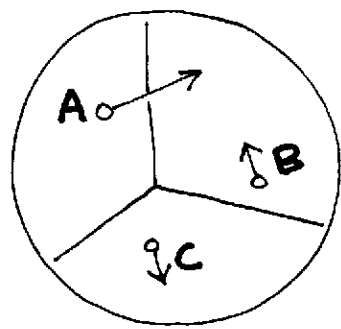


Um zu einem gegebenen Zeitpunkt ein
Ensemble von Teilchen vollständig zu beschreiben,
muß man nicht nur deren Positionen berücksichtigen,
sondern auch deren *Geschwindigkeiten*.

Ja, klar. **Geschwindigkeit**
stellt auch eine **Information**
dar.



Anstatt die Teilchen mit Pfeilen zu versehen, kann man sie auch in zwei dreidimensionalen Räumen darstellen, dem **Ortsraum** und dem **Geschwindigkeitsraum**.



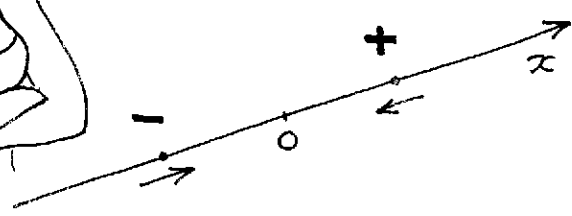
ORT

GESCHWINDIGKEIT

Diese vollständige Beschreibung mit sechs Koordinaten kann einem 6-dimensionalen Raum gleichgesetzt werden, dem sogenannten **Phasenraum**.



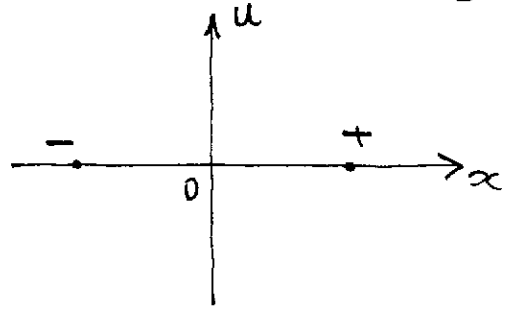
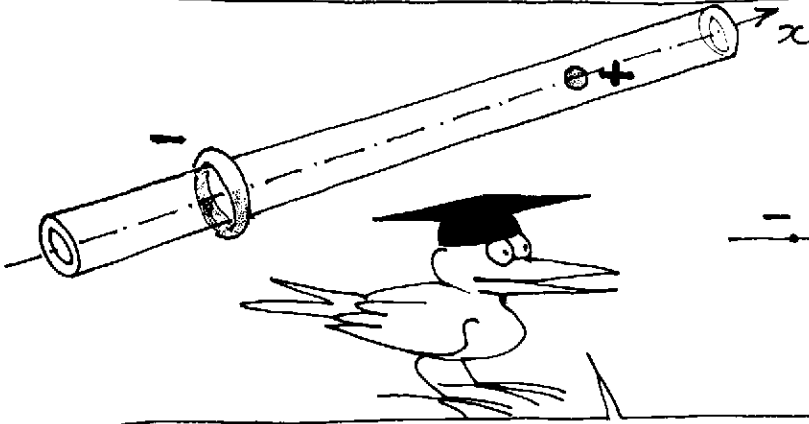
Vereinfachen wir die Situation und stellen wir uns ein Universum mit einem eindimensionalen Raum vor (einer bloßen Gerade), wo zwei Punkte Teilchen mit entgegengesetzten Ladungen darstellen, die sich gleichzeitig anziehen.



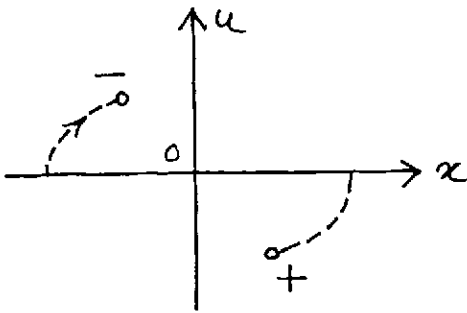
Aber wie können sie aneinander vorbei gleiten?



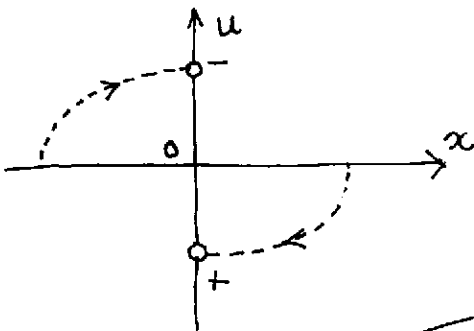
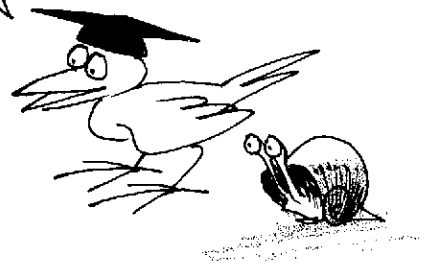
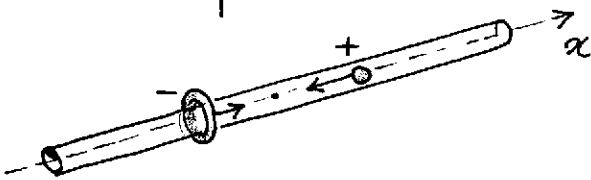
Richtig, es ist besser, sich eine kleine positiv geladene Murmel in einem Rohr vorzustellen, sowie einen negativ geladenen Ring, dem das Rohr als Führungsschiene dient.



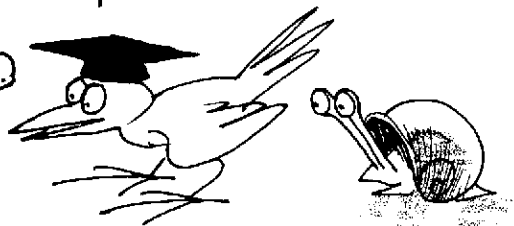
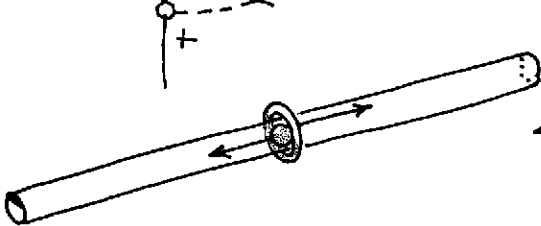
Wenn man dieses System im PHASENRAUM (x,u) darstellt, wo x für den ORT und u für die GESCHWINDIGKEIT steht, so bekommt man zum Zeitpunkt Null obiges Schema, falls die Anfangsgeschwindigkeiten Null sind.

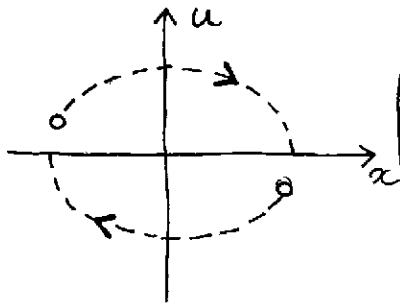


Die Teilchen ziehen sich an und beginnen mit einer Bewegung auf einander zu.

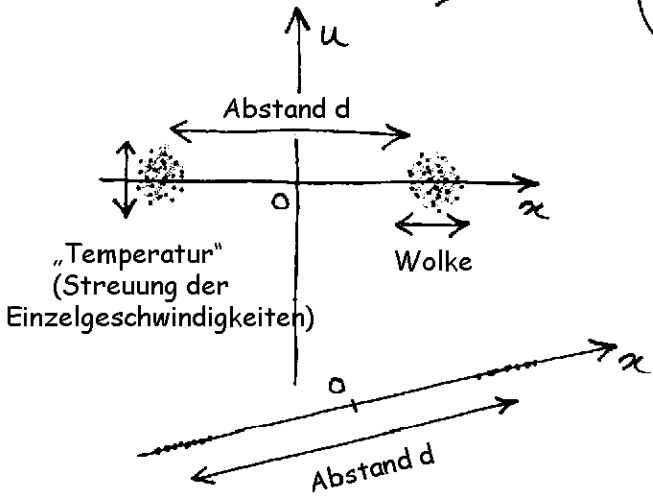


Nun gleiten sie mit maximalen Geschwindigkeiten aneinander vorbei.



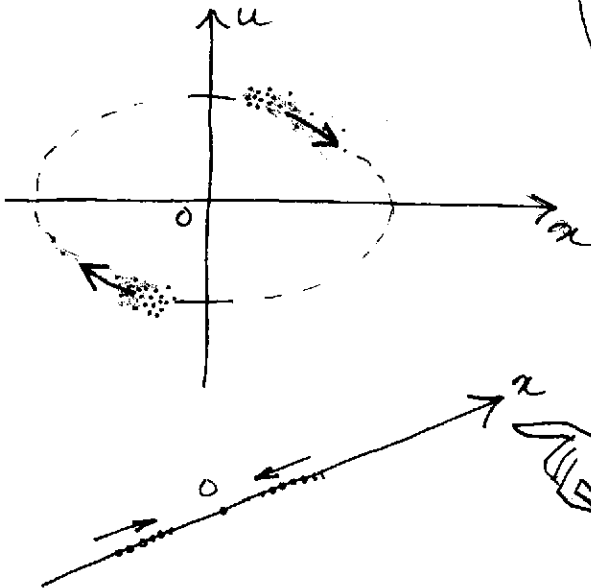


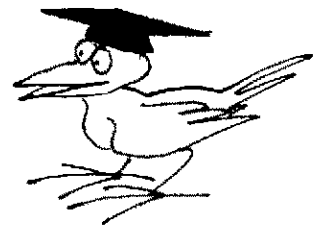
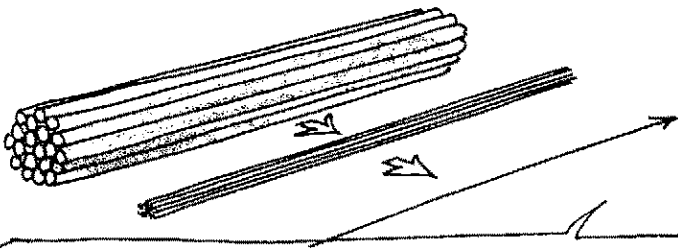
Die Schwingungsbewegung der Teilchen um ihren gemeinsamen Schwerpunkt ergibt im Phasenraum elliptische Bahnen.



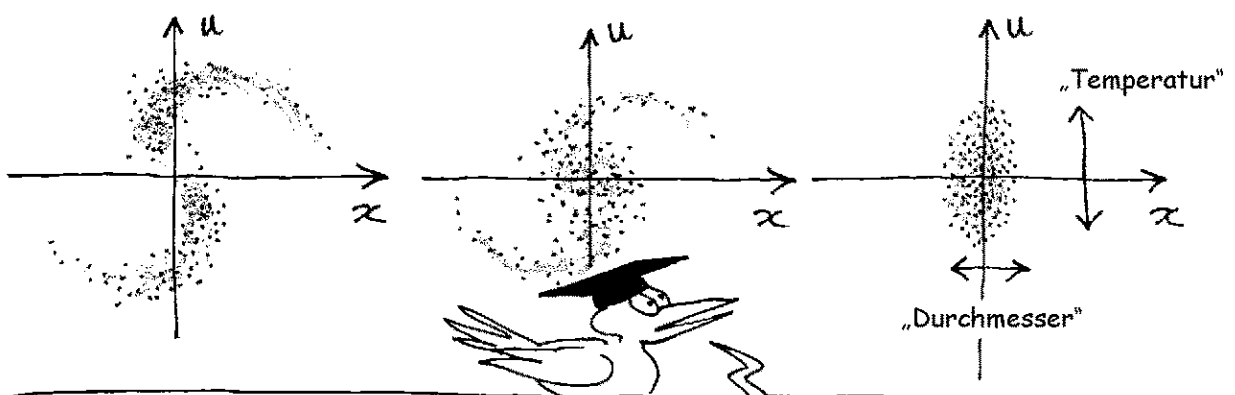
Nun werden zwei Ensembles von Teilchen dargestellt. Deren globale Geschwindigkeit ist zwar Null (beide Ensembles befinden sich auf der Ox Achse), aber die **thermische Bewegung** der Teilchen verursacht eine Streuung ihrer Einzelgeschwindigkeiten.

Durch die Wirkung ihrer gegenseitigen Anziehung „fallen“ nun beide Ensembles aufeinander.



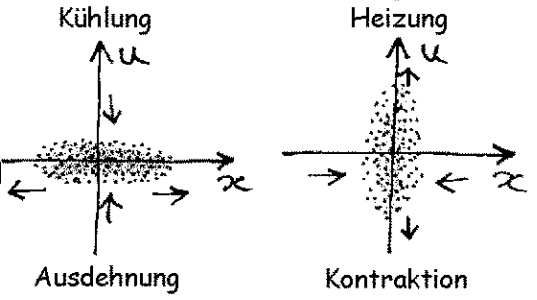


Praktisch könnte man sich vorstellen, dass die Teilchen sich aneinander vorbei bewegen, ohne miteinander zu kollidieren, indem man sie in sehr dünne Röhren steckt.



Die zwei ursprünglichen Wolken vermischen sich zu einer einzigen Wolke. Die gewonnene KINETISCHE ENERGIE verteilt sich zufällig. Daraus ergibt sich eine „Aufheizung“, eine Verteilung in die u-Richtung. Insgesamt ist der von den Teilchen besetzte Flächeninhalt größer geworden. Und diese Zunahme IST gerade die **Entropie**.

Das System oszilliert. Die **AUSDEHNUNG** kommt einer Abnahme der **TEMPERATUR**, d.h. der **Geschwindigkeit** (der thermischen Bewegung) der Teilchen gleich. Das **Gegenteil** geschieht während der **Kontraktion**.



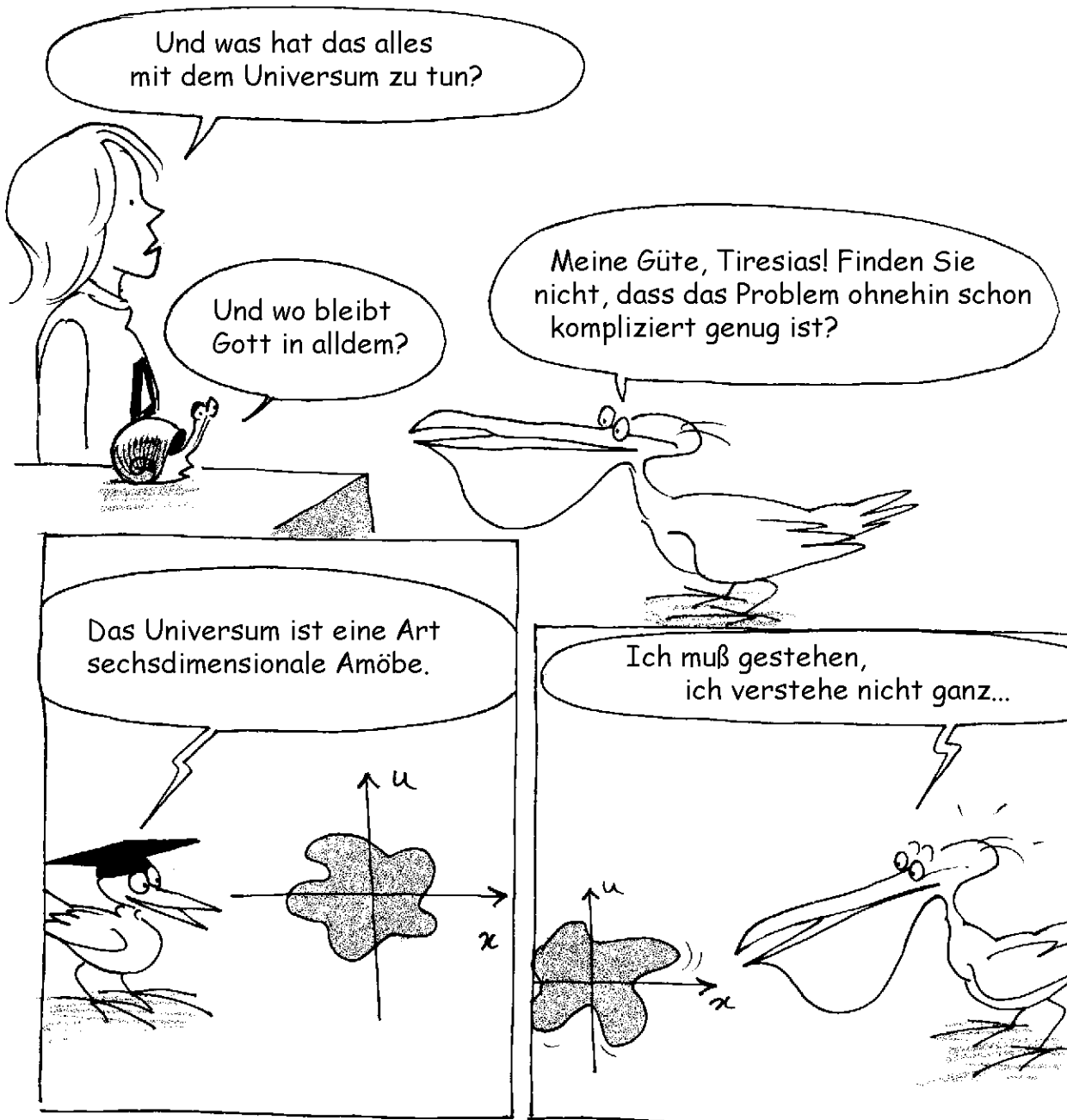
Es sieht wie eine zwei-dimensionale Seifenblase aus.



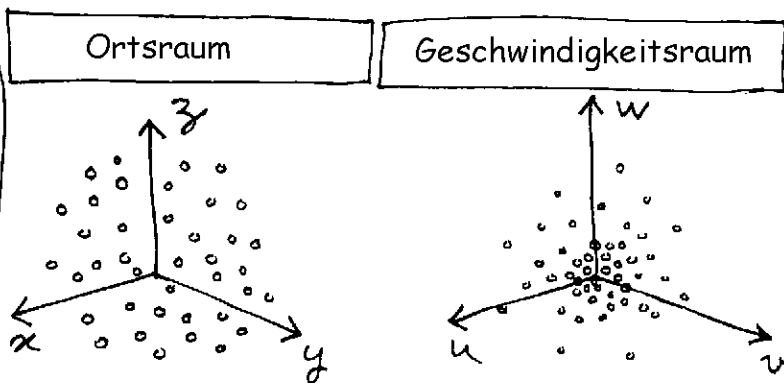
Aber die Oszillationen dieser seltsamen Amöbe, die den PHASENRAUM bewohnt, erfolgen bei konstantem Flächeninhalt, bei **konstanter Entropie**. (*)

(*) In diesem Beispiel kollidieren die Teilchen nicht miteinander.

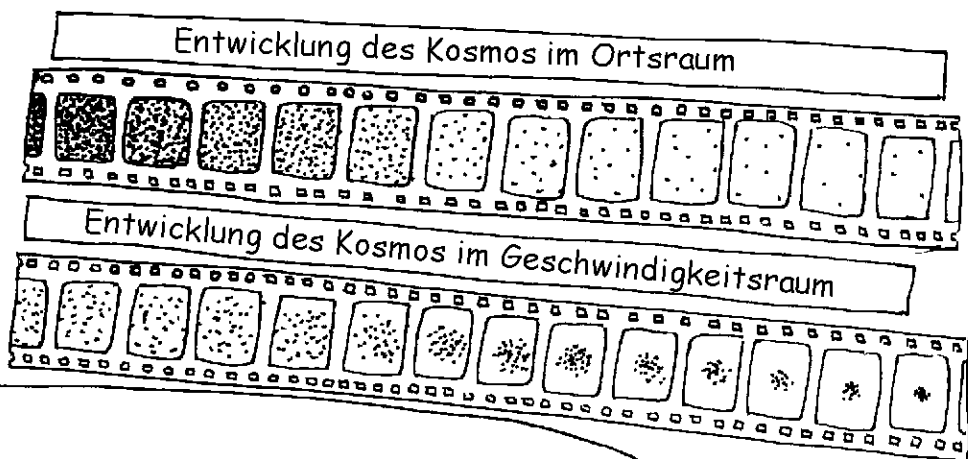
ERSTES KOSMOLOGISCHES PARADOXON



Um sich diesen 6-dimensionalen Phasenraum (3 Dimensionen für den Ort, 3 für die Geschwindigkeit) vorzustellen, kann man ihn in zwei dreidimensionale Darstellungen „entfalten“.



Im **Ortsraum** verdünnt sich das Universum, und diese Ausdehnung kommt einer **Unordnung** gleich. Umgekehrt nimmt die Geschwindigkeit der thermischen Bewegung der Teilchen ab. Im **Geschwindigkeitsraum** kontrahiert also das Universum, was einer Bestrebung nach **Ordnung** gleich kommt.



Insgesamt bleibt in dieser 6-dimensionalen Darstellung die **geordnete Struktur** des Universums unveränderbar. Die **Entropie**, die sein **Hypervolumen** darstellt, d.h. das Produkt seines Volumens im Ortsraum mit seinem Volumen im Phasenraum, bleibt gleich. (*)



Mit anderen Worten: In seiner 6-dimensionalen Darstellung ist der Kosmos ein unkomprimierbares Gas.



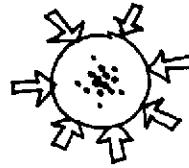
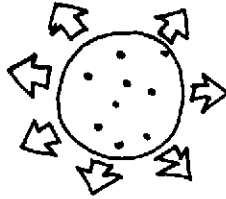
(*) Satz von **Liouville**, franz. Mathematiker (1802-1882)



Anders gesagt, dehnt er sich in Bezug auf die **Positionen** aus, während er in Bezug auf die **Geschwindigkeiten** kleiner wird.

ORTSRAUM

GESCHWINDIGKEITSRAUM




Aber warte mal! Da das **zweite Prinzip** besagt, dass **Entropie mit der Zeit wächst**, wie kann sich denn der Kosmos bei konstanter Entropie entwickeln?

In der Tat ist dieses Paradoxon einer der Schwachpunkte der klassischen kosmologischen Modelle.

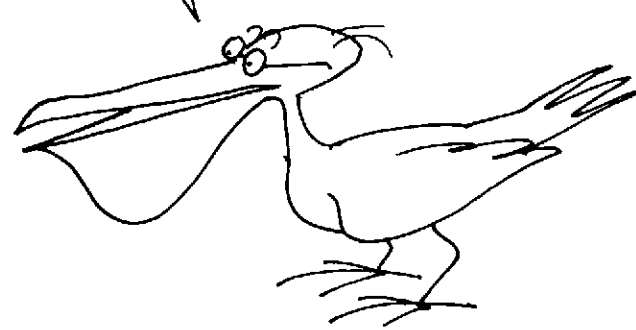
Es ist zum
totlachen,
hi, hi, hi!



Kurzum: Ein Modell wie das **STANDARDMODELL DER KOSMOLOGIE** muß noch lange nicht deswegen kohärent sein, nur weil es sich auf komplizierte Berechnungen stützt...



Aber verfügt denn die Wissenschaft nicht einmal über den Schimmer einer Antwort, über die Skizze einer Theorie dazu?

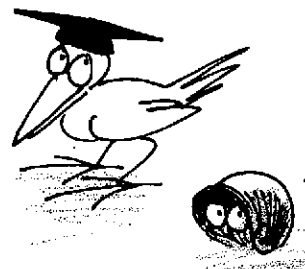


Leider nicht: Diese enormen Zeiträume, die das Universum bei konstanter Entropie durchlebt, sind eine der Schwächen unserer Vorstellungen über den Kosmos.


Die Zeit geht also voran, und keiner weiß warum. Das ist ja die Höhe!

Und mir sagt keiner was...

Von diesem Paradoxon wusste ich auch nichts. Na ja, es ist auch nicht etwas, das die Wissenschaftler an der großen Glocke hängen...



Oje, ist das peinlich...



Es ist auch nicht nur so, dass die ENTROPIE mit der Zeit gleich bleibt, sondern sie ist auch noch dazu **maximal**, da während des **Urknalls** die **Unordnung** am Größten war.


ZWEITES KOSMOLOGISCHES PARADOXON

Gut, so schwierig ist es nun auch wieder nicht. In einem Teilchensystem wie einem GAS oder wie in der **kosmischen Ursuppe** sind es die **Kollisionen**, die die Unordnung erzeugen und aufrecht erhalten.

Ja, es ist doch klar:
Das frühe Universum war
sehr stark **von Kollisionen**
geprägt.

Dadurch wurde diese **frühe Unordnung**
erzeugt, die man noch heute beobachtet. (*)


(*) Tatsächlich ist das Universum in allen Richtungen extrem homogen.



Leider findet man genau das **GEGENTEIL**: Das Ur-Universum hätte eben **NICHT VON KOLLISIONEN GEPRÄGT** sein sollen.



Was meinst Du?

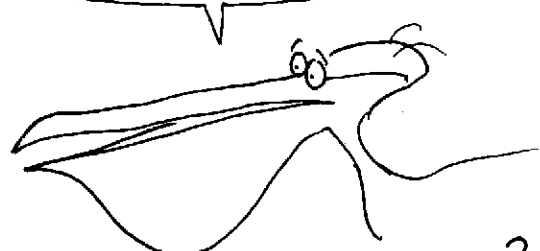


Es ist doch so, dass das frühe Universum eine Art Billardtisch ist, der sich so schnell ausdehnt, dass die darin befindlichen Teilchen keine Chance haben, aufeinander zu treffen (*), auch wenn sie sich mit **LICHTGESCHWINDIGKEIT** bewegen.

Das bedeutet, dass sich die Teilchen im frühen Universum mit **Überlichtgeschwindigkeit** bewegt haben müssen! Das ist doch absurd...



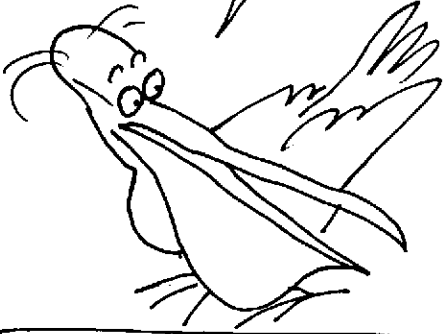
Ich weiß...



Komm, Tiresias. In solchen Fällen ist es besser, sich dezent zurückzuziehen...

(* Siehe Anhang B

Na ja, vielleicht hat sich Gott einfach das Universum als homogen gedacht, nicht wahr?

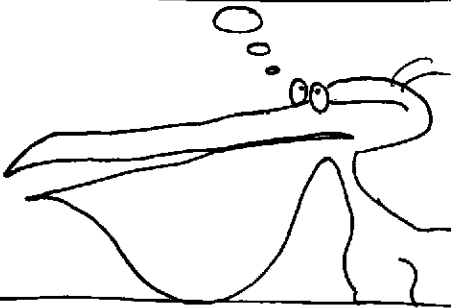


O je, wenn die Wissenschaft auf die Hilfe Gottes angewiesen ist, dann hat sie aber ein richtiges Problem! ...



Das ist ja seltsam... In diesen Comics lief doch bisher alles ziemlich glatt, aber diesmal scheint alles schief zu gehen...

Es ist bestimmt eine gute Idee, sich **das ganz frühe Universum** genauer anzuschauen.



Vielleicht finden wir dort des Rätsels Lösung?



Wir können ja versuchen, das **Große Buch des Universums** bis zur ersten Seite rückwärts zu lesen.

Du meinst, bis zum Vorwort, da wo der Autor erklärt, was sein Ziel ist?



Je weiter man zurück in die Vergangenheit geht, desto heißer war das Universum, und desto schneller waren daher die thermischen Bewegungen der Teilchen. (*)



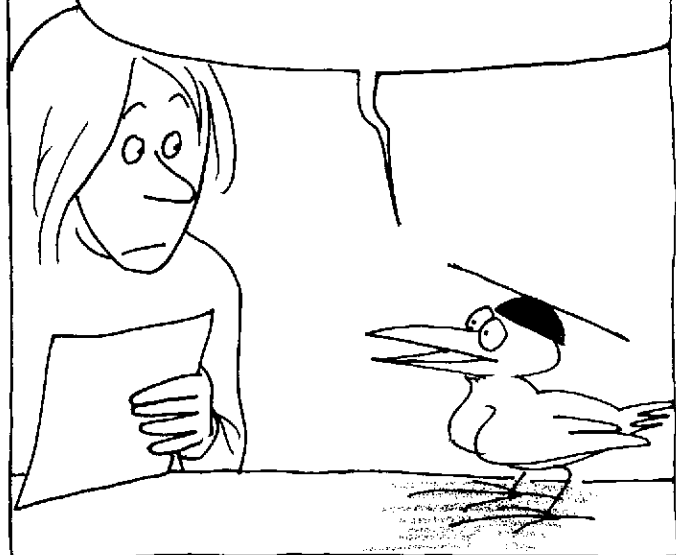
Nach dem **Standardmodell** bewegten sich vor der ersten Hundertstel Sekunde alle Teilchen fast mit Lichtgeschwindigkeit.

Aber sag mal... Nach der **Speziellen Relativitätstheorie** ändert sich doch die Zeit, wenn man sich der Lichtgeschwindigkeit nähert, oder?... (**)

Genauer gesagt: Ein Teilchen, das sich mit Lichtgeschwindigkeit bewegt, kann unendlich viele Ereignisse erleben... innerhalb der Zeitspanne ... Null!




Die Zeit „friert ein“, analog dem Quecksilber in einem Thermometer?



(*) Die **Temperatur** eines Gases ist nichts Anderes als ein Maß für die mittlere kinetische Energie ($\frac{1}{2} m v^2$) der thermischen Bewegung der Teilchen, vgl. **Warum kann ich nicht fliegen?**

(**) Siehe **Alles ist relativ**



Ja, es ist tatsächlich so, wie ich es mir gedacht hatte: je weiter ich zurückblättere, desto **dünn**er werden die Seiten.

Eigentlich müsste man unendlich viele Seiten hinter sich bringen, um den **Anfang aller Dinge** zu erreichen.

Ich weiß...

Aber was bedeutet dann diese letzte Zeitspanne von einer Hundertstel Sekunde, die uns von $t = 0$ trennt?

Ich glaube, dass sie eigentlich nicht viel zu bedeuten hat. Es handelt sich eher um ein bloßes **Gedankenspiel**.

Ihr meint, es wäre **physikalisch** unmöglich, bis zum **Anfang der Zeit** zurückzukehren und geschweige denn, ihn zu durchbrechen?

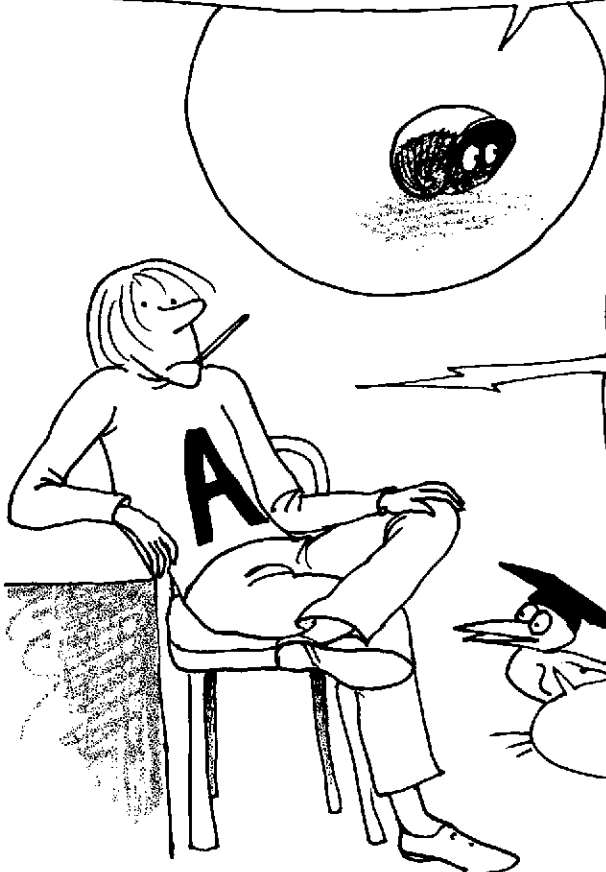
Ja klar, denn man bräuchte ein aus normaler Materie bestehendes Raumschiff (sowie einen Beobachter), um diese gefürchteten raumzeitlichen Gewässer zu befahren.

Und in der Nähe von $t = 0$ bewegt sich alles, was existiert, mit Lichtgeschwindigkeit!



Aber... was ist das für eine Sache, die man sich vorgestellt hat, die man aber physikalisch nicht untersuchen kann?

Ich glaube, dieser sog. **Urknall** ist lediglich eine Fantasie der Wissenschaftler.



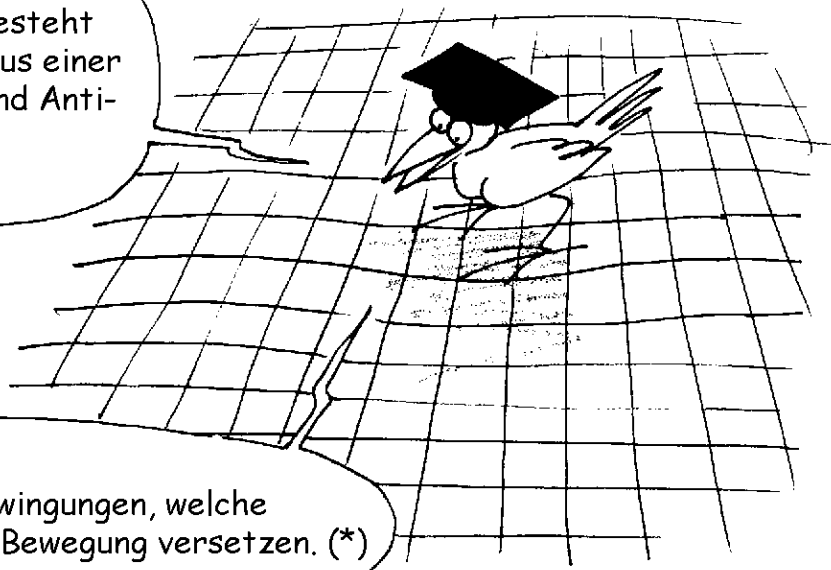
Kurzum: Den aktuellen Modellen nach wäre das Universum aus einem **sinnlosen** Augenblick heraus geboren. Keiner weiß, warum es sich in solch einem **Chaos** befand, oder warum dieser Zustand andauerte. Da seine Entwicklung dann isentropisch abgelaufen ist, bleibt es ein völliges Rätsel, warum Zeit überhaupt vergangen ist.

6, setzen!

DRITTES KOSMOLOGISCHES PARADOXON



Nach dem Engländer **Dirac** besteht das, was wir **Vakuum** nennen, aus einer engen Mischung aus **Materie** und **Antimaterie**.

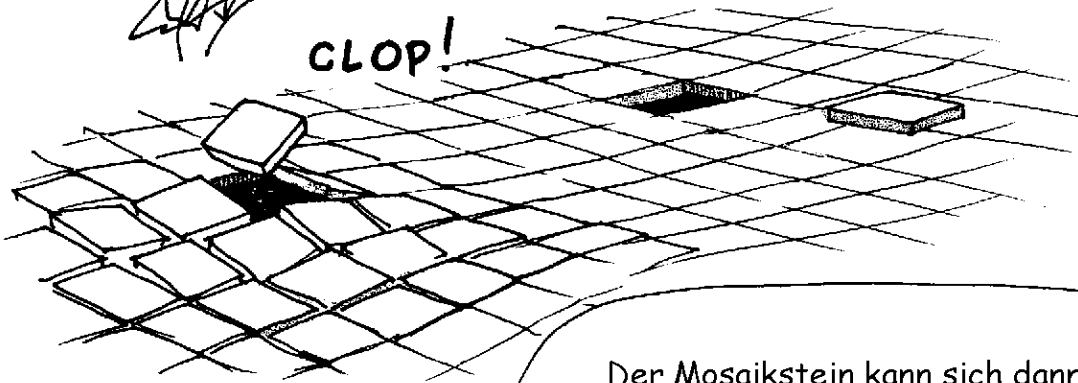


Photonen sind dann Schwingungen, welche dieses räumliche Mosaik in Bewegung versetzen. (*)

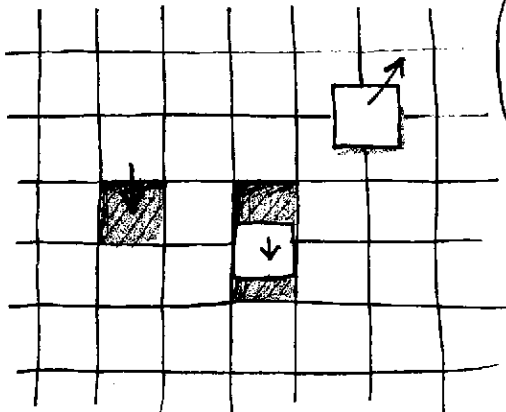
Wenn zwei solche Schwingungen stark genug sind und aufeinander treffen, lockern sie einen Mosaikstein. Der befreite Mosaikstein entspricht der **Materie** und das Loch, das er hinterlässt, der **Antimaterie**.



CLOP!



Der Mosaikstein kann sich dann frei bewegen, aber auch das Loch, indem es die benachbarten Mosaiksteine verrückt, wie an einem **Zauberwürfel**.

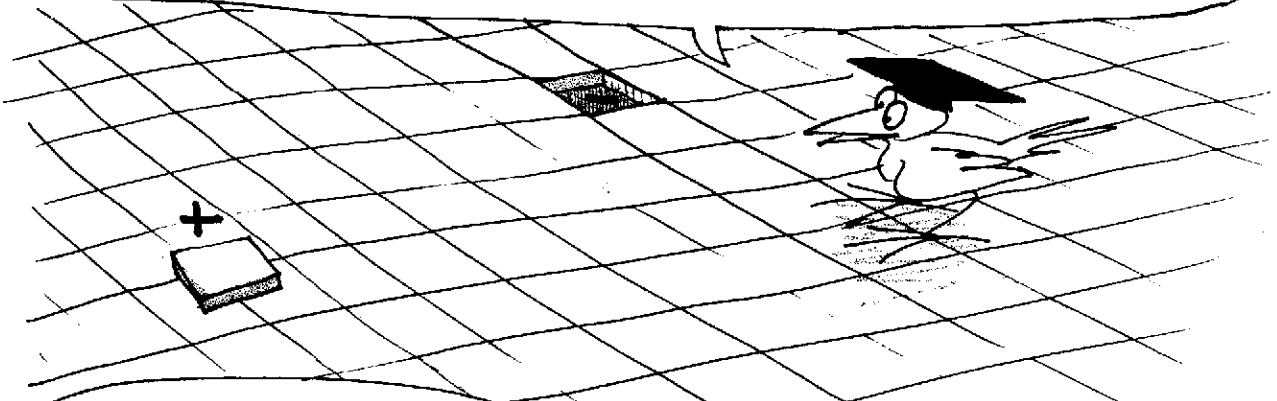


(*) Siehe **Der Urknall**

Im Augenblick des **Urknalls** waren die Schwingungen (die Temperatur) des Raumes beträchtlich. Die Mosaiksteine waren in ständiger Bewegung. Ständig lockerten sie sich und prallten in einem fantastischen Tohuwabohu aufeinander.



Als sich die Temperatur genügend gesenkt hatte (*), kamen fast alle Mosaiksteine zurück in die verfügbaren Löcher. Und zwar alle... bis auf einen von einer Milliarde. Und die Schwingungen, die den Raum durchquerten, wurden dann so schwach, dass sie nicht ausreichten, um neue Mosaiksteine zu lockern.

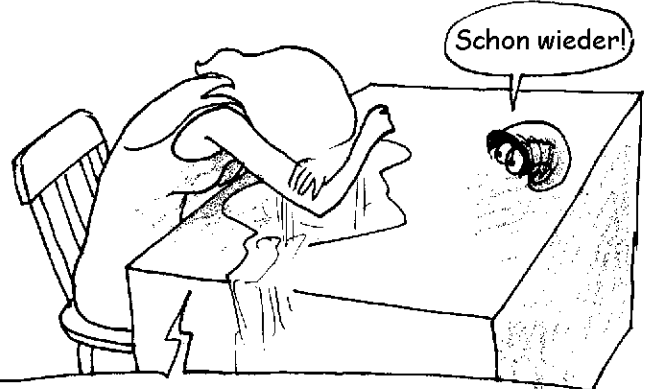


Aber das Risiko einer vollständigen Vernichtung blieb bestehen. Da Materie und Antimaterie gegenseitige Ladungen trugen, zogen sie sich gegenseitig stark an.



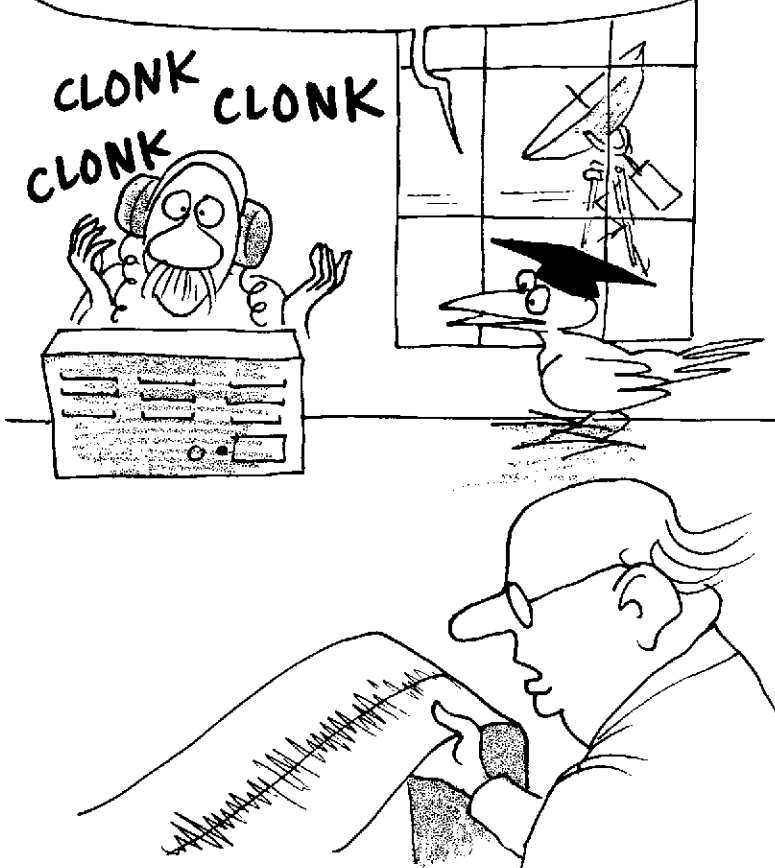
(*) D.h. nach 13 Sekunden. Die Temperatur des Universums betrug dann nur noch drei Milliarden Grad.

Nanu, es ist doch ganz einfach. Wie es Sophie soeben sagte, hat die außerordentlich schnelle Ausdehnung des Raumes diese zwei verfeindeten Geschwister getrennt und damit verhindert, dass sie sich gegenseitig zerstören.

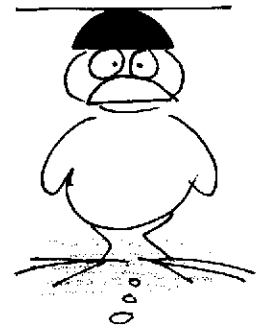


Ja, aber das Universum wurde in der Zwischenzeit von Kollisionen dominiert. Wenn es Galaxien aus Materie und andere aus Antimaterie gäbe, würden sie von Zeit zu Zeit aufeinander prallen.

Und das würde im Radiobereich einen solchen Lärm verursachen, dass man es im ganzen Universum hören würde.



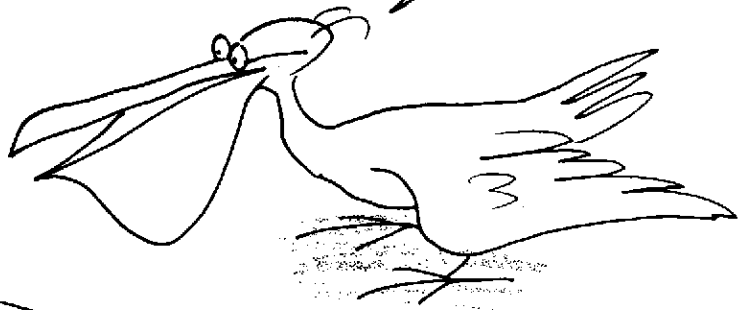
Fakt ist aber, dass man diese gegenseitige Vernichtung von Materie und Antimaterie nicht beobachtet.



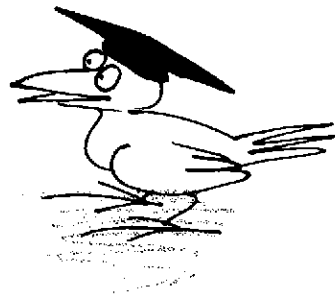
Erschreckend...

Wenn ich richtig verstehe,
ist es ein wahrhaftiges Wunder,
dass wir überhaupt existieren.

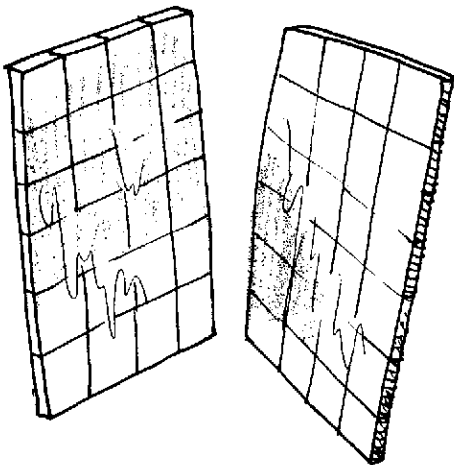
Tiresias, ich bitte Sie,
treiben Sie es nicht zu weit!



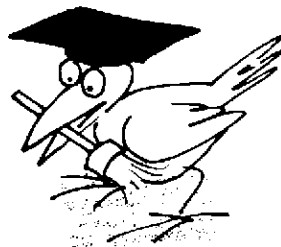
Wenn wir logisch sein wollen,
müssen wir wohl annehmen, dass die
Antimaterie, wenn sie sich nicht in
unserem Universum befindet,
eben woanders ist.



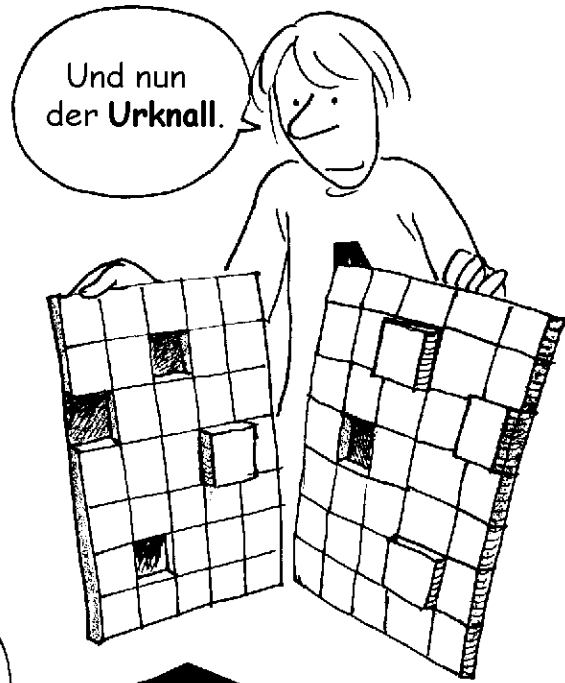
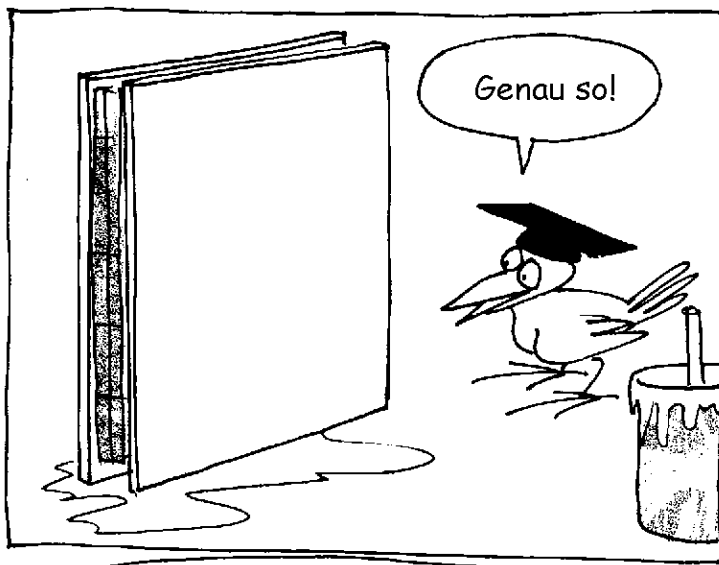
THEORIEN VON A. SAKHAROW UND VON J.-P. PETIT (*)



Betrachten wir zwei verbundene
Universen, im Augenblick des Urknalls
aneinander geklebt.



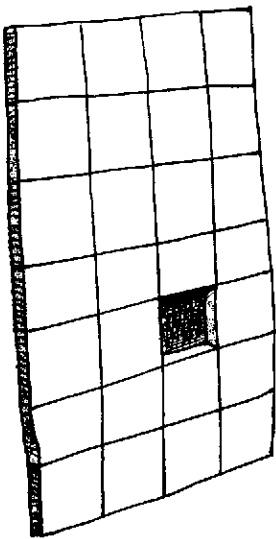
(*) Siehe : J.-P. Petit: *Univers énantiomorphes à temps propres opposés*
und: *Univers en interaction avec leur image dans le miroir du temps* in: *Comptes-rendus*
de l'Académie des Sciences de Paris, Bd. 284 (23. Mai 1977), Série A p. 1315
resp. Bd. 284 (6. Juni 1977) p. 1413.



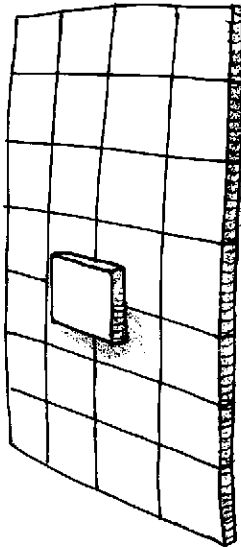
Wenn sich die zwei Universen trennen, kann es vorkommen, dass manche einige Mosaiksteine aus dem einen Universum gerissen wurden und sich nun im zweiten Universum befinden.



In jedem dieser Universen werden sich die überschüssigen Fliesen in freie Löcher verkriechen. Wenn die Situation in beiden Universen symmetrisch ist, wird die ursprüngliche Parität wiederhergestellt.

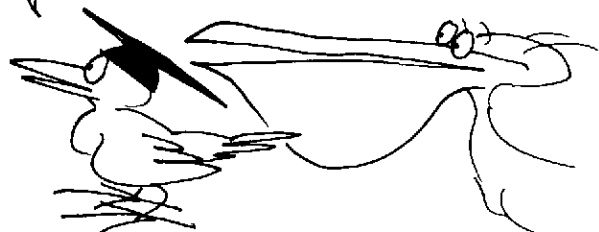


Anti-Universum
(Antimaterie)

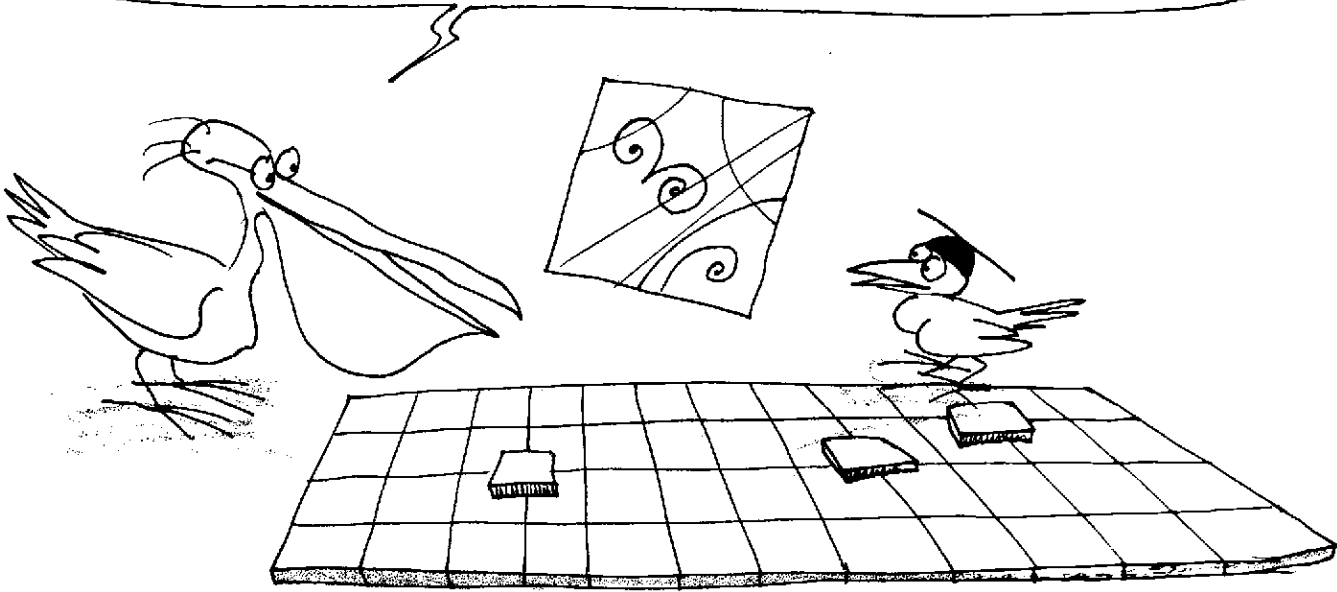


Universum
(Materie)

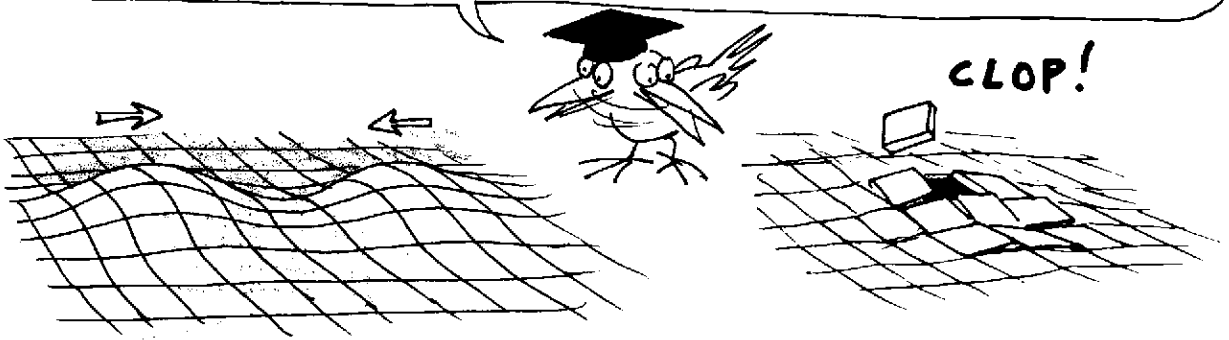
Wenn aber ein **Symmetriebruch** stattfindet, wird es in dem einen Universum einen Materie-Überschuß und im Anderen einen Antimaterie-Überschuß geben. Materie und Antimaterie können sich nicht mehr gegenseitig vollständig vernichten.



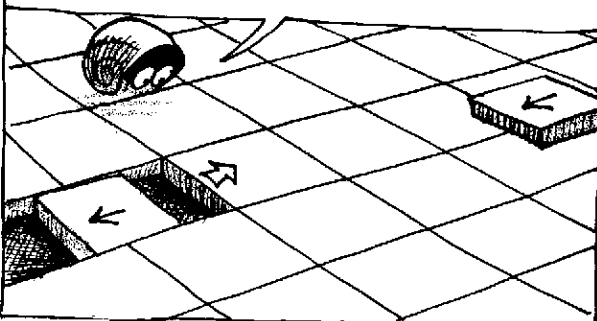
Aber... was entspricht der Antimaterie, die kurze Zeit nach Diracs Entdeckung in den kosmischen Strahlen tatsächlich nachgewiesen wurde, oder die man in Laboratorien herstellen kann?



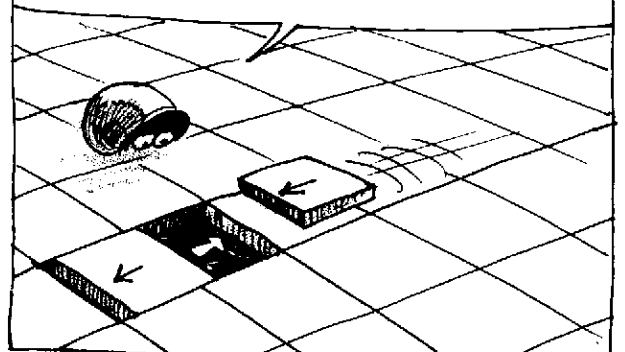
Nichts hindert uns daran, in unseren großen Teilchenbeschleunigern sehr starke Energiekonzentrationen zu erzeugen. Damit können wir einen neuen Mosaikstein lockern und ein **Paar** aus Materie und Antimaterie herstellen.



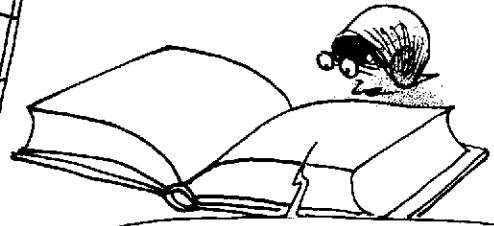
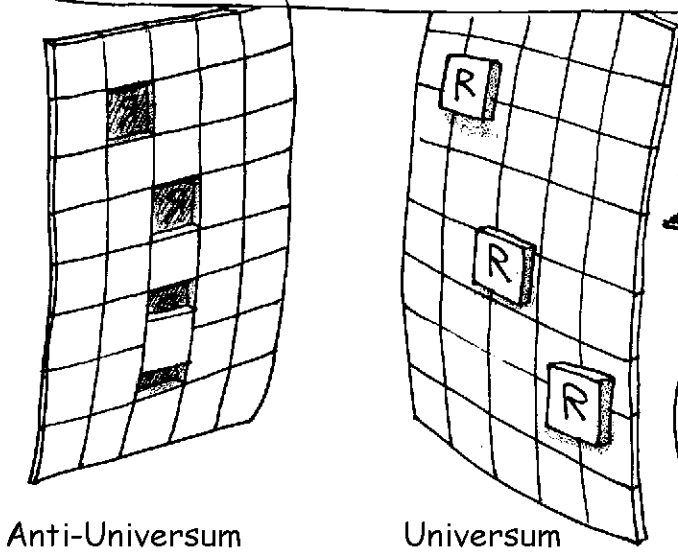
Aber wenn Du nicht aufpasst und diese Antimaterie nicht fern von jeglicher Materie aufhältst...



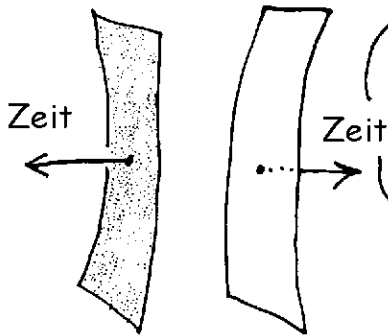
...werden sich beide sofort vernichten.



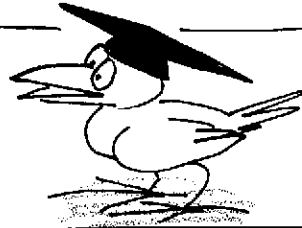
Andreii Sakharow hat sich dieser Idee der Zwillingen-Universen bedient, um die anscheinende Abwesenheit von Antimaterie auf unserer „Seite“ des Universums zu erklären.



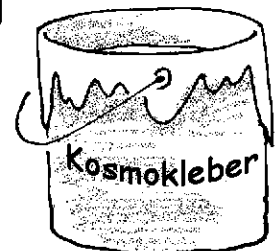
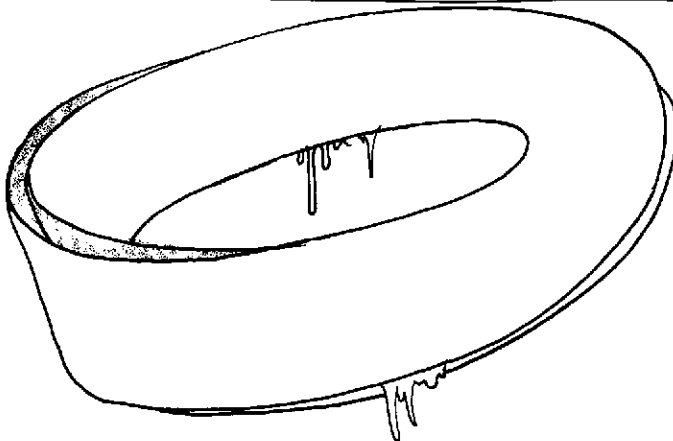
Beide **Zwillingen-Universen** zeigen umgekehrte Paritäten (**Links-Rechts** Symmetriebruch).

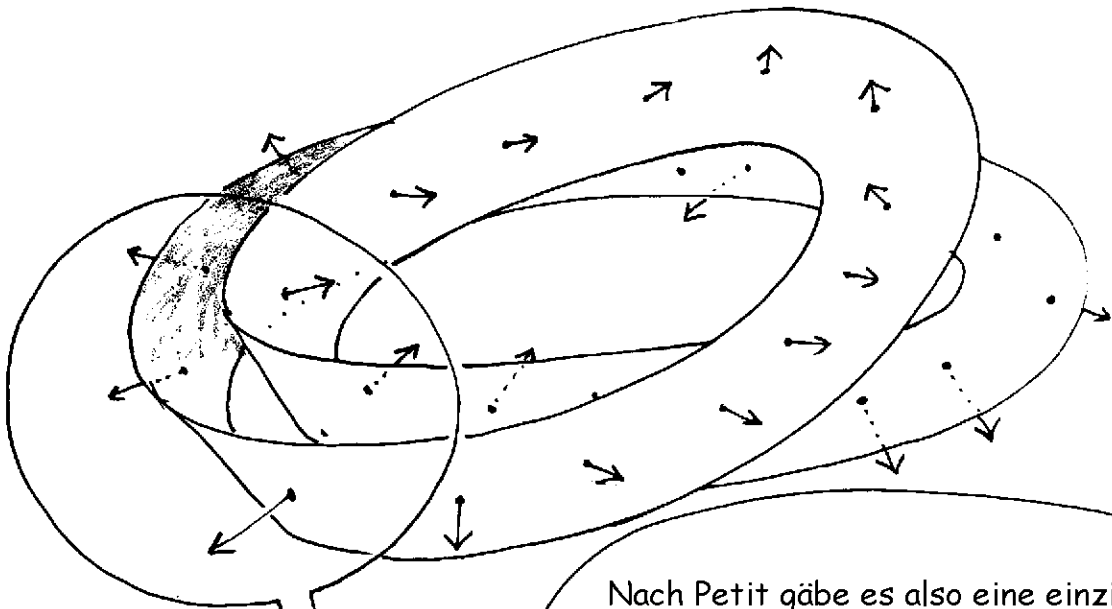


Darüber hinaus zeigen sie gegenseitige **Zeitrichtungen**, die Zukunft des einen Universums liegt in der Vergangenheit des Anderen.

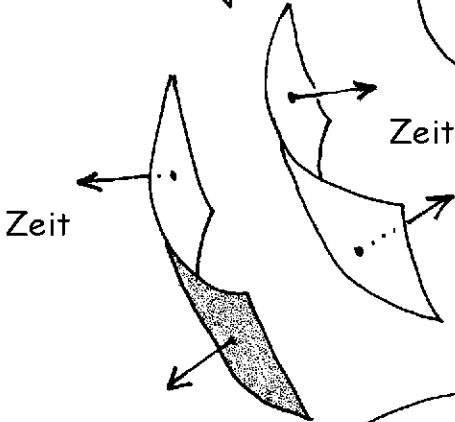


Unabhängig davon ist Jean-Pierre Petit 1977 einem ähnlichen Gedankengang gefolgt. Allerdings dachte er, dass es ursprünglich nur ein einziges Universum gab, das längs auf sich selbst geklebt war und ein „in sich verschlungenes, dreidimensionales Möbius-Band“ bildete.

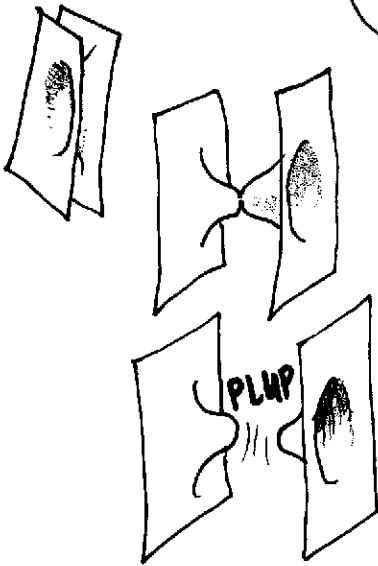




Nach Petit gäbe es also eine einzige Zeitrichtung, und es sei lediglich ein Effekt der Geometrie der Raumzeit (*), der für die Illusion einer **Zwillingsstruktur** verantwortlich wäre.



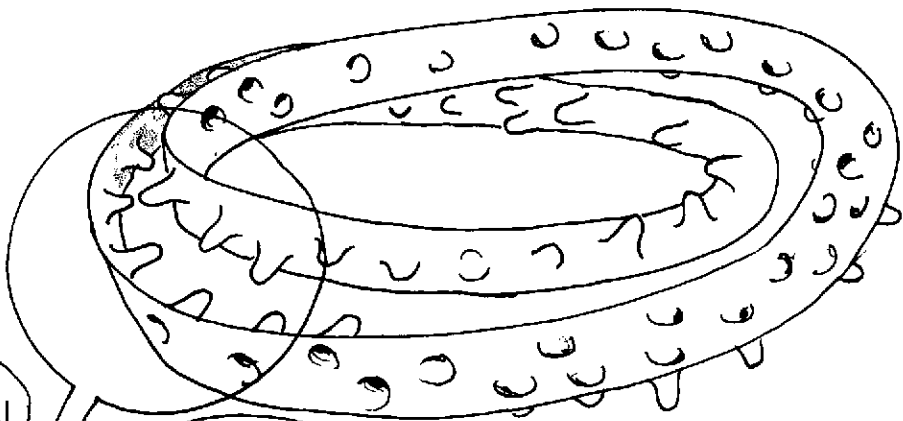
Es gäbe auch nur eine Art Materie. Antimaterie sei, nach den Worten des Priesters Lemaître, lediglich Materie, die „von einer anderen Seite aus“ gesehen würde.



Beide wären lediglich perfekt symmetrische Krümmungsresiduen.



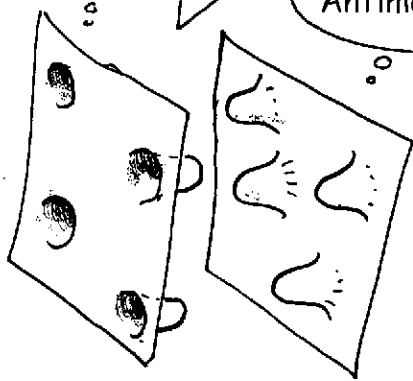
(*) Siehe **Das Topologikon**



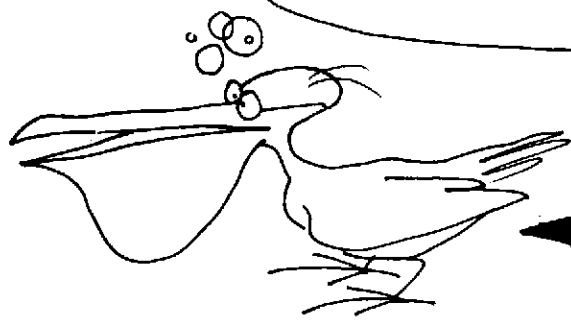
Nanu, Antimaterie!

Nanu, Antimaterie!

Geometrische Konfiguration, welche den Anschein einer Dualität von Materie und Antimaterie erweckt.

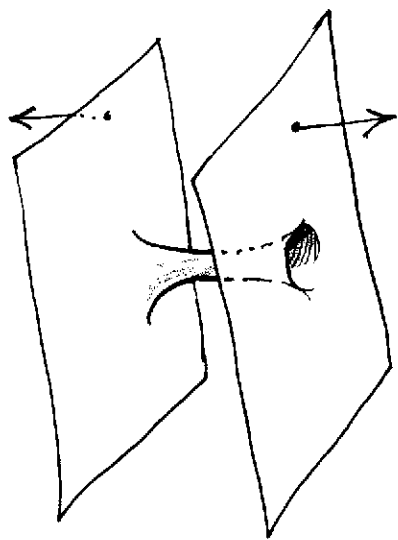


Wenn ich richtig verstanden habe, ist es erstens unmöglich, die Grenze des **Urknalls** zu überschreiten, weil dann die Zeit einfriert. Aber da drüben leben die Leute in jedem Fall in der entgegengesetzten Zeitrichtung.



Und Sophie, geht's ihr besser?

Ja.

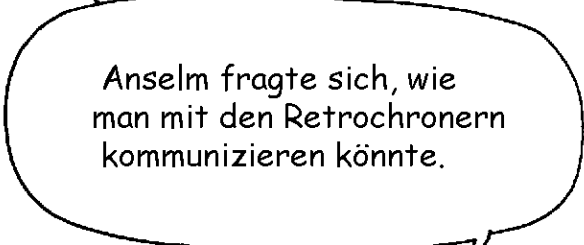
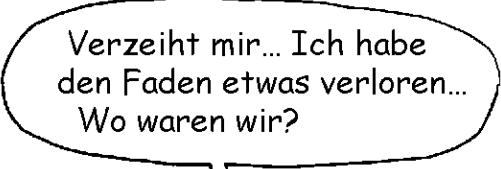
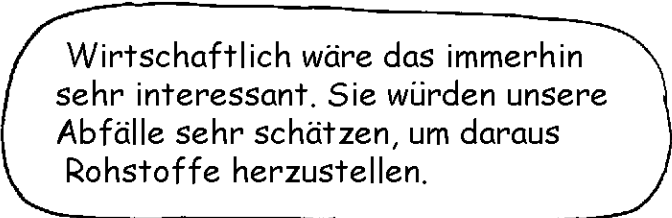


Könnte man etwa mittels schwarzer Löchern auf die andere Seite gelangen und bei den **Retrochronern** landen?

Oje!...

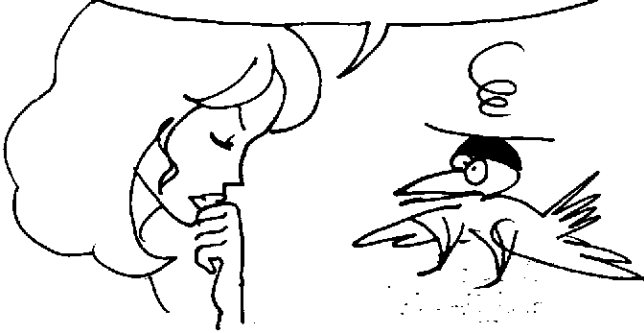


DIACHRON UND RETROCHRON



Hmm, es scheint sehr schwierig zu sein, denn wenn wir ihnen eine Nachricht schicken und sie empfangen sie, so versenden sie diese doch in ihrer eigenen Zeit.

Mit diesen Leuten wäre jegliches Gespräch unmöglich?



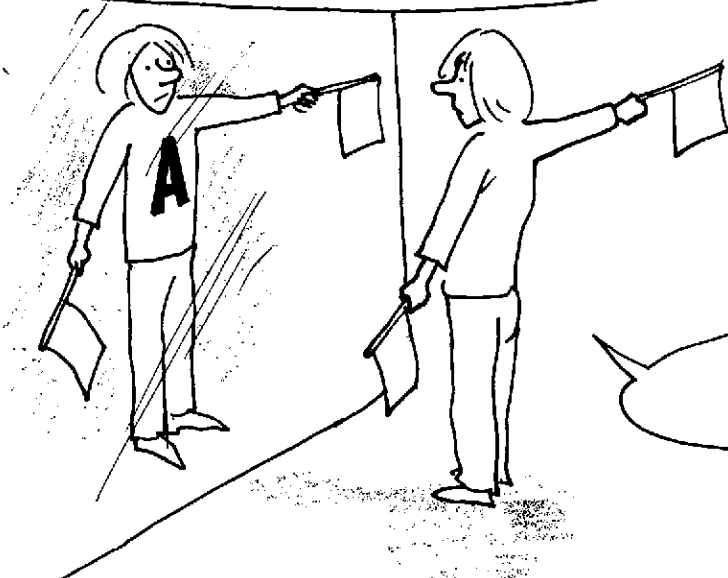
Na ja, es existiert ja immer jemand, mit dem man keine Information austauschen kann.

Man selbst!



Versuch mal, Dir selbst eine Nachricht mittels eines Spiegels zu schicken.

Sehr viel wirst Du nicht erfahren.

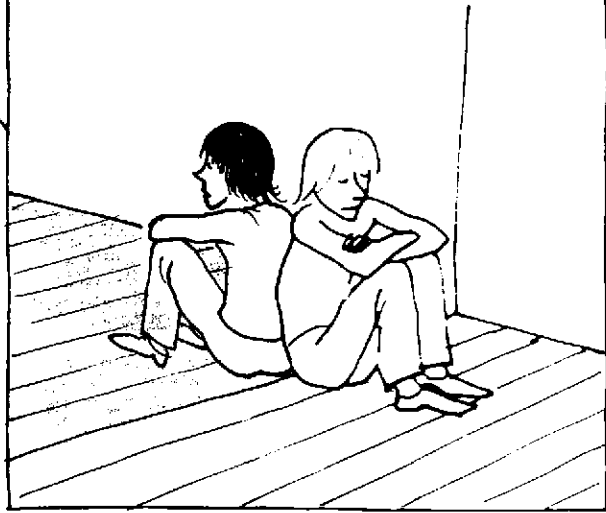


Aber... wie ist das denn für das Universum?

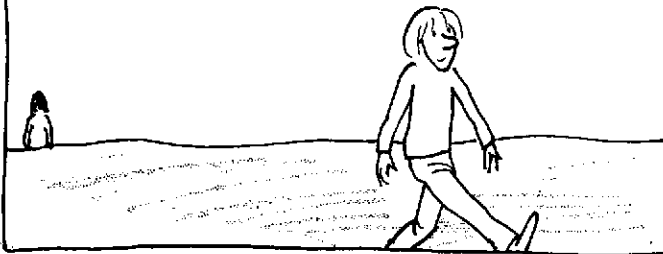
Mögt Ihr Märchen?
Ich werde Euch eins erzählen.



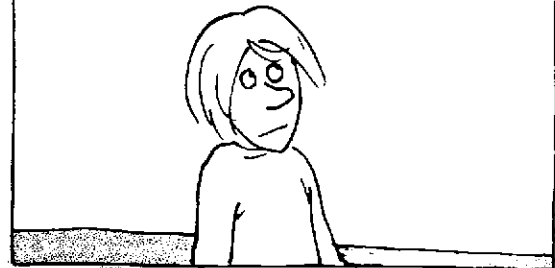
Es waren ein Mal zwei Jungen,
welche ihre ganze Zeit aneinander-
gelehnt wie zwei Buchstützen mit-
einander verbrachten.



Sie bewohnten das selbe Haus und waren
unmittelbare Nachbarn. Eines Tages ging
jeder von ihnen gerade aus, der Dunkel-
haarige gen Westen, der Blonde gen
Osten.



Der Blonde dachte: „Wenn die
Welt rund ist und man immer
geradeaus geht, so sollten wir
uns bei einer Umrundung auf
halber Strecke treffen.“



Die Reise dauerte unvorstellbar lange. Der Blonde fürchtete, dass er nicht
lange genug leben würde, um deren Ende zu erleben.



Es ist unglaublich, wie sehr sich meine
Augen verschlechtert haben, und ich habe fast
mein ganzes Haar verloren.



Eines Tages, als er gerade aß, machte er eine ungeschickte Bewegung und verlor seinen Korkenzieher in einem Brunnen.

Als er sich nach der Hälfte der Umrundung am Ende der Welt war, hatte er unter strenger Kälte zu leiden, denn er hatte ja all sein Haar verloren. Vergebens wartete er auf seinen Freund.



Bestimmt hat er sich verlaufen. Oder aber ist er während der Reise verstorben...

Traurig trat er die Rückreise an.

Diese ganze Reise für **Nichts!**



Seine Lage verbesserte sich aber. Die Sonne fing an zu scheinen...



Ach... Gut so!

Unglaublich! Mein Haar wächst wieder, und ich kann praktisch ohne Brille sehen!

Die Zeit verging...



Er vermisste seinen Korkenzieher sehr. Aber eines Tages, als er sich am Rande eines Brunnens stärkte, sprang plötzlich ein Korkenzieher aus diesem.

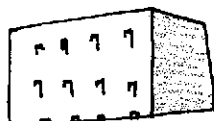
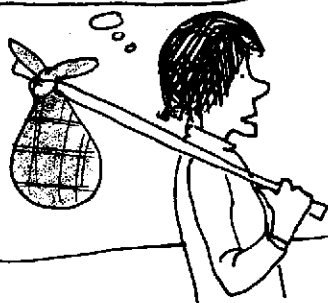


Aber trotz all seiner Anstrengungen gelang es ihm nicht, ihn zu benutzen.

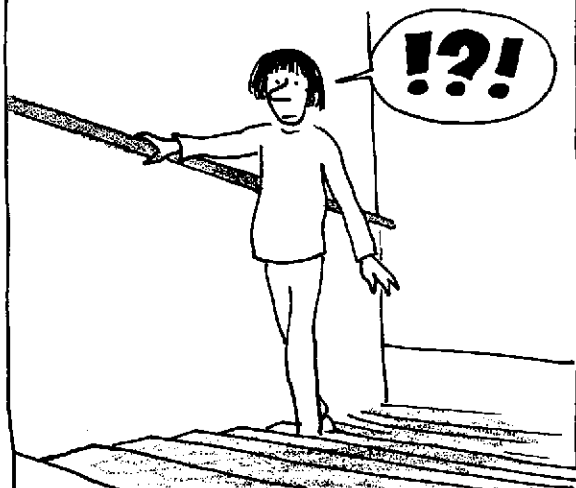


Am Ende erblickte er wieder das Haus, das er vor so langer Zeit verlassen hatte.

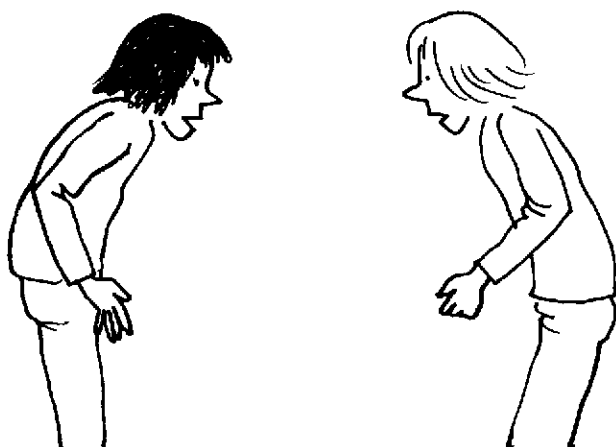
Damit schließt sich der Kreis.



Er ging die Treppe hinauf und traf...

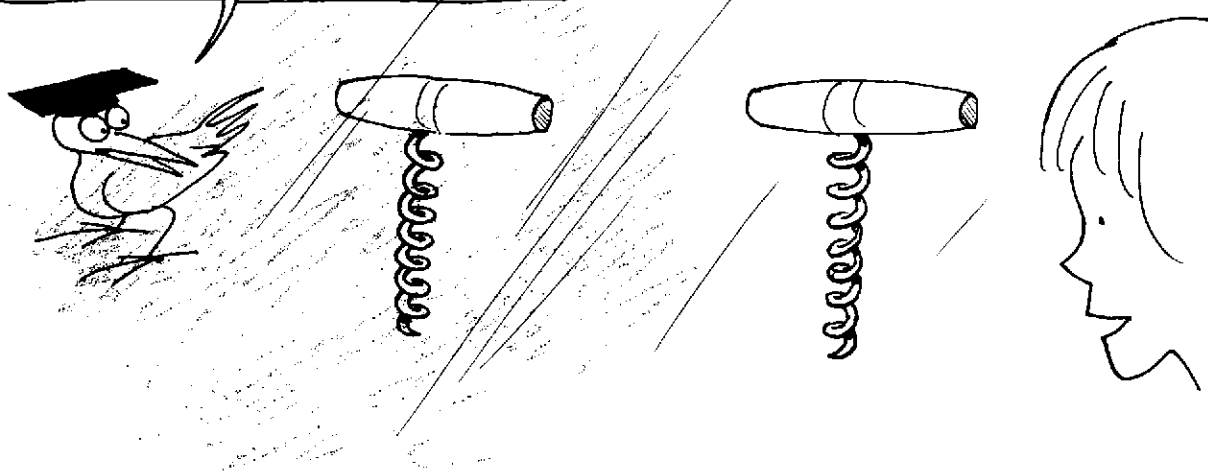


...einen blonden Jungen...





Ich glaube, dass der erste Brunnen ein **schwarzes Loch** war, und der zweite eine **weiße Quelle**. Ich denke, er konnte seine Flasche deswegen nicht öffnen, weil der Korkenzieher **enantiomorph** geworden war: Er wurde in sein Spiegelbild verkehrt. (*)



(*) Siehe **Das schwarze Loch**, Seite 61.

ZEIT UND QUANTEN-MECHANIK

Und die Zeit, was halten die Quantenphysiker davon?

Für die Quantenphysiker reduziert sich das Universum auf die SCHRÖDINGER-Gleichung, in der die **Plancksche Konstante h** eine Rolle spielt.

Alle **Ereignisse** im Universum sind Lösungen dieser Gleichung.

Das nenne ich eine Theorie, die zu Allem eine Antwort hat!

Mit dieser Gleichung ist eine charakteristische Zeit verbunden, die sog. **Plancksche Zeit** (*), die $0,53 \cdot 10^{-43}$ Sekunden beträgt. Anhand der Schrödinger-Gleichung ist es prinzipiell unmöglich, ein Ereignis zu beschreiben, dessen Dauer die Plancksche Zeit t_p unterschreitet.

Na so was!

(*) Siehe Anhang D

Dies bedeutet ja, dass die Gegenwart eine endliche Dichte hat!

Das bedeutet auch, dass für die Quantenphysiker die Vergangenheit mit 10^{-43} Sekunden aufhört. Nach ihrer Vorstellung ist die Zeit $t = 0$ nicht zu erreichen.

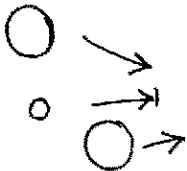
Es will kein Ende nehmen...

So, gut. Wovon wollen wir genau sprechen? Wenn das Universum eine Maschine wäre, was wären ihre Hauptkomponenten?

Grob gesagt, das uns bekannte Universum besteht aus einer Mischung aus Photonen und aus Teilchen in einem Verhältnis von einer Milliarde zu eins. Die Schwerkraft bewirkt eine Zusammenballung von Materie und in diesen Materiekumpen wandelt **Fusion** permanent Materie in Strahlung um. Die Produkte aus diesen Reaktionen nennt man „Atome“.(*)

Diese Produkte der **Nukleosynthese** können miteinander reagieren, und zwar entweder spontan oder aber, indem sie Photonen absorbieren (**Photosynthese**) und Gebilde namens Moleküle hervorbringen. Atome können auch unter Aussendung von Photonen auseinander brechen (**Kernspaltung**).

Atome



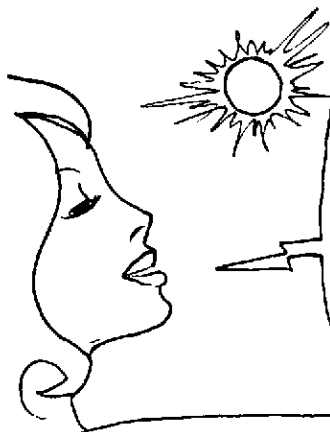
Moleküle



Spaltung

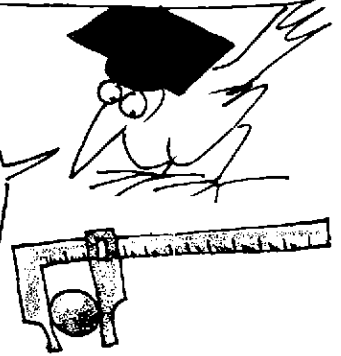


(*) Siehe 1000 Milliarden Sonnen



Materie und Licht bilden lediglich zwei Seiten der selben Medaille, **Energie-Materie**. Alle die beschriebenen Phänomene bedeuten nichts anderes als eine langsame Umwandlung eines Teils der Materie in Photonen.

Am Anfang des 20. Jahrhunderts hat man angenommen, dass die Materieteilchen ihre Größe immer beibehalten d.h., dass sie immer die selbe Menge an Energie-Materie beinhalten.

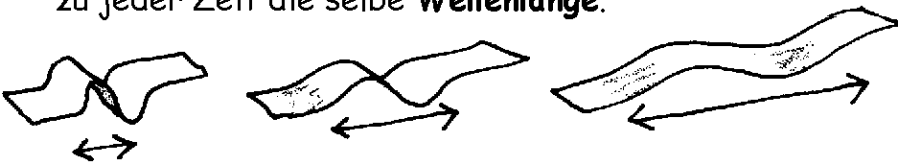


Was ist das für eine magische Verbindung zwischen der Größe der Objekte und deren Energieinhalt?

Aber Du weißt doch: In der Quantenmechanik werden alle Teilchen als kleine Raumwellen, als sog. **Wellenpakete** betrachtet. Wenn E die Menge an Energie-Materie eines Teilchens ist, so definiert man die zugeordnete Wellenlänge mit: $\lambda = h c / E$ (*)

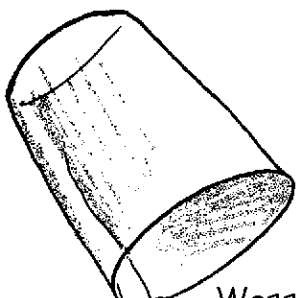


Das Wellenpaket, das ein **Materie**-Teilchen darstellt, behält zu jeder Zeit die selbe **Wellenlänge**.



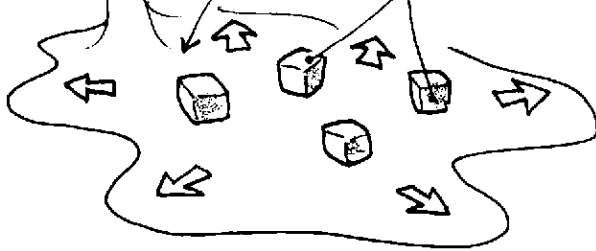
Das **Photon** folgt der Ausdehnung des Universums.

(*) h = Plancksche Konstante, c = Lichtgeschwindigkeit

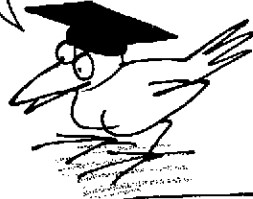


Wasser

Eiswürfel

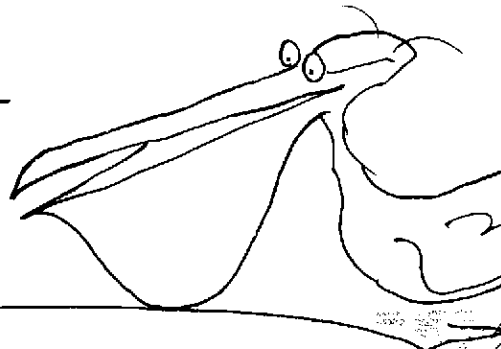


Materie und Photonen sind zwei Formen der **Energie-Materie**, die die Ausdehnung des Universums nicht auf gleiche Art und Weise erleben.



Ja, Materie ist eine Art **eingefrorene Energie-Materie**. (*)

Kurzum, das Universum besteht aus **Materiekörnchen** und aus Photonen mit viel **Vakuum** drum herum.



Aber nein, Leon: Das **Vakuum** existiert nicht. In der Quantenmechanik bildet das Universum eine Fläche, die nirgendwo „**glatt**“ ist. Manche Falten verhalten sich wie gestärkt und stellen die Materie dar. Andere Falten, die die Photonen darstellen, können sich ausdehnen, und das ist es gerade, was die Ausdehnung des Universums ermöglicht.

Ja, aber... wartet mal... Wenn die Energie umgekehrt proportional der räumlichen Wellenlänge eines Teilchens ist, dann bedeutet diese Ausdehnung der Photonen einen **stetigen Energieverlust** des Universums?!?



Und natürlich tut jeder so, als sei alles in Ordnung...

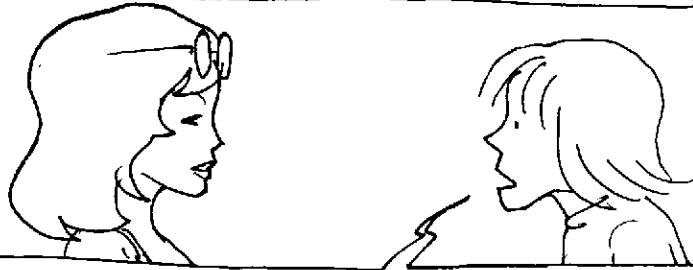


(*) Siehe Der Urknall

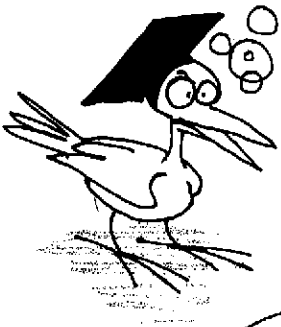
DIE AUSDEHNUNG DES UNIVERSUMS



Na ja, statt ein Universum mit konstanter Entropie und variablem Energieinhalt wäre es natürlich schöner gewesen, das Umgekehrte zu haben...



Wenn ich richtig verstehe, geht die **Ausdehnung des Universums** mit der Zunahme des Raumes einher, der von den allerersten Photonen besetzt wurde, welche die **kosmologische Hintergrundstrahlung** bilden. Folglich sollte sich das Universum **überall** ausdehnen.

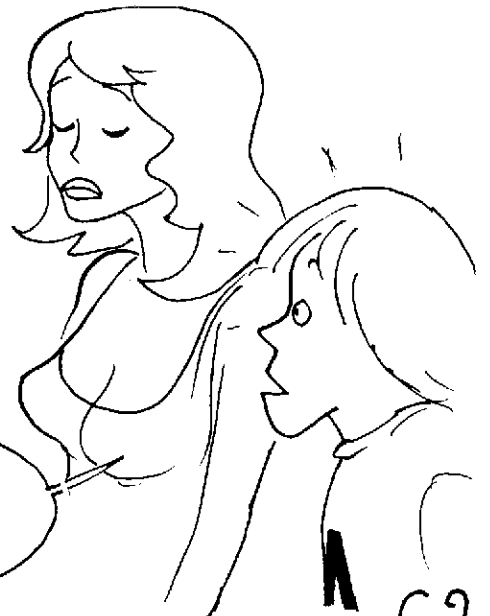


Nun, nach Meinung der Astrophysiker dehnen sich weder das Sonnensystem noch die fernen Galaxien oder gar die Galaxienhaufen aus. **Worin zeigt sich sich also die Ausdehnung?!**

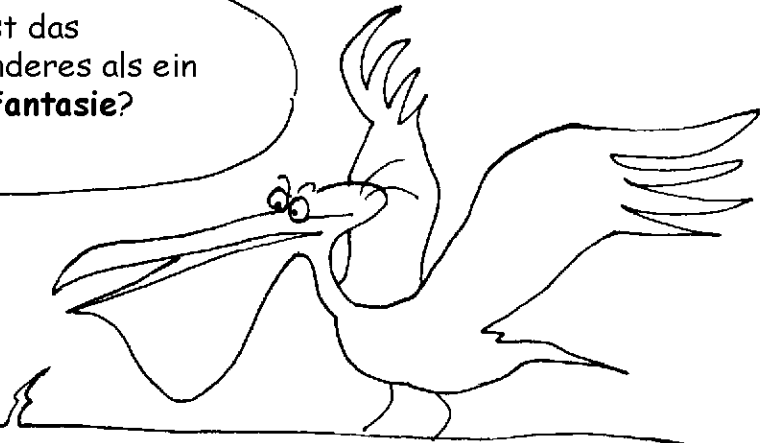
Na, Sophie?

Hmm...

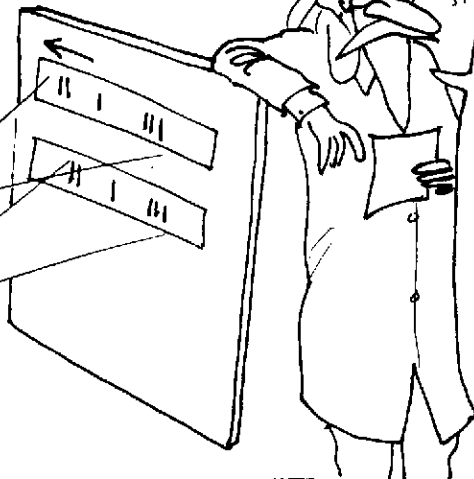
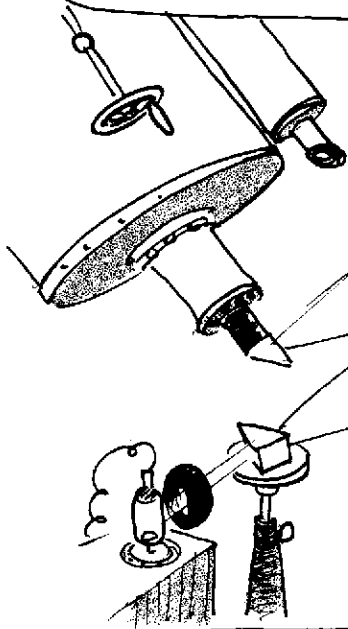
Sagt mal, die theoretische Kosmologie ist doch eine ernste Sache, oder?



Na ja, vielleicht ist das Universum nichts anderes als ein Produkt unserer **Fantasie**?



Nun Tiresias, werden Sie nicht albern. Was ist denn mit den **experimentellen Ergebnissen**, aus den **Beobachtungen**?! Die Idee der Ausdehnung des Universums stützt sich auf die **Rotverschiebung** der Galaxienspektren.



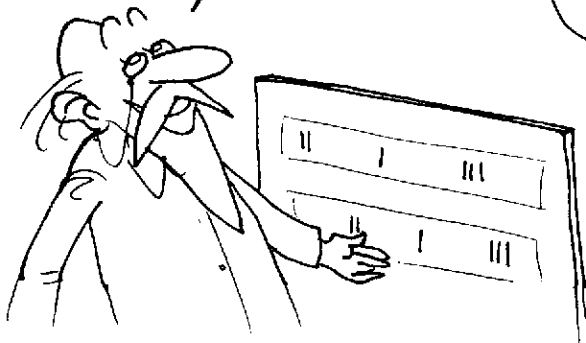
Schauen Sie mal diese beiden Spektren an. Das Eine stammt aus Wasserstoff, der im Labor erhitzt wurde. Das Andere besteht aus dem zerlegten Licht einer fernen Galaxie und weist eine beträchtliche **Rotverschiebung** auf. Von diesen **Daten** ausgehend können wir die **Fluchtgeschwindigkeit** der Galaxie errechnen. Was hat das mit Fantasie zu tun?

Wie können Sie sicher sein, dass diese Rotverschiebung vom **Doppler-Effekt** verursacht wird?

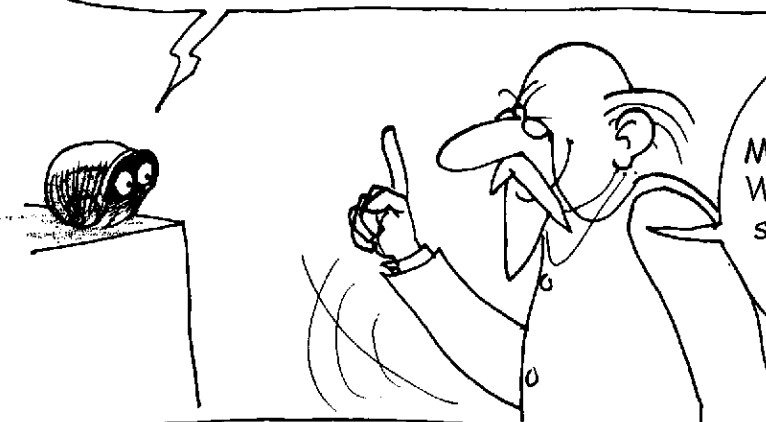


Nanu, woher soll sie sonst stammen? Ermüdet etwa das Licht?...

Der Philosoph und Kosmologe **Milne** lehnte die Idee der Ausdehnung des Universums ab und führte diese Frequenzverschiebung der Photonen auf einen ganz anderen Effekt zurück.



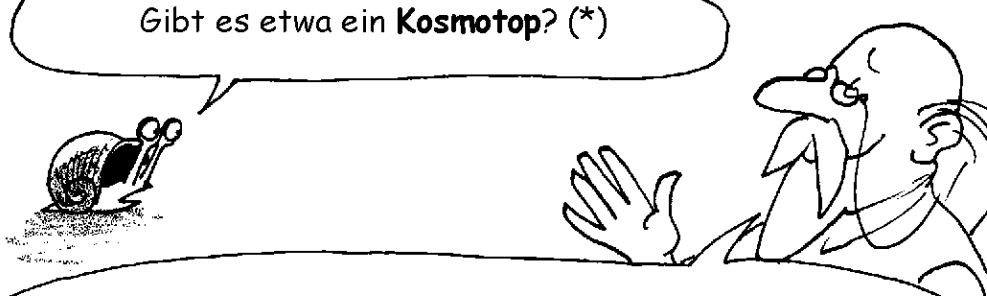
Die Energie eines Photons lautet $h\nu$, wo h die Plancksche Konstante und ν die Frequenz ist. Milne sagte: Nehmen wir an, die Energie eines Photons sei konstant, aber h nähme mit der Zeit zu. Dann würde man ohne Doppler-Effekt und ohne Ausdehnung auch eine kleinere Frequenz ν messen.



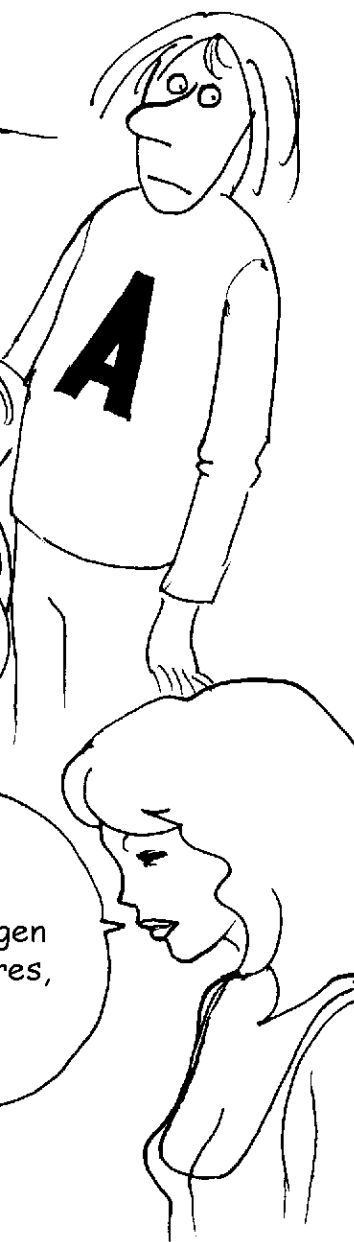
Ein **statisches** Universum! Mein Lieber, das funktioniert nicht. Was machen Sie aus der Hintergrundstrahlung, die das Echo des **Urknalls** ist?

Gut, kehren wir also zu einem expandierenden Universum zurück. Aber in Beziehung zu **was** dehnt es sich aus?

Gibt es etwa ein **Kosmotop**? (*)



Absurd! Sowohl die Hülle als auch sein Inhalt sind ein und dieselbe Sache. Das einzig Wichtige ist die Messung der Rotverschiebung.



Für Objekte, die Milliarden Lichtjahre entfernt sind, können wir eh nicht vor Ort messen. Wir müssen lediglich ein **Darstellungssystem** entwerfen, das mit den Beobachtungen im Einklang steht. In der Wissenschaft tut man nichts anderes, als **den Schein zu wahren**.

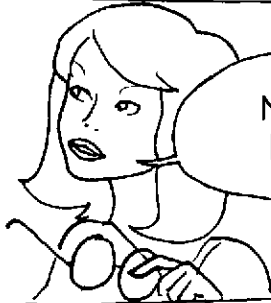


(*) Wörtlich: „Der Ort, wo sich das Universum befindet.“

EICHMODELLE (*)



Nun, um sich ein expandierendes Universum vorzustellen, nimmt man üblicherweise das Bild eines Luftballons, den man aufbläst, nachdem man darauf kleine Flecken angebracht hat, die die Galaxienhaufen darstellen sollen.



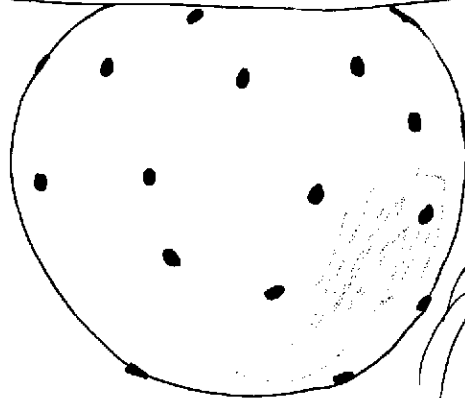
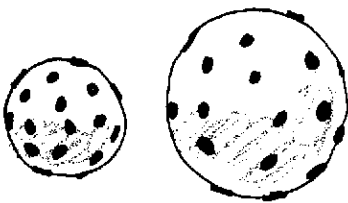
Nein, so funktioniert das klassische Modell nicht.




Auf den Luftballon müßtest Du eigentlich kleine runde Sticker anbringen, denn die Galaxienhaufen sollen sich nicht mit der Zeit ausdehnen.




In diesem Falle veranschaulichen folgende Bilder die kosmische Ausdehnung.



(*) Siehe J.-P. Petit: *An Interpretation of Cosmological Models with Variable Light Velocity*, in: *Modern Physics Letters A* Vol. 3 n°16 (1988), S. 1527-1532 und J.-P. Petit: *Cosmological Models with Variable Light Velocity. The Interpretation of Redshifts*, in: *Modern Physics Letters A* Vol. 3 n°18 (1988), S. 1733-1744




Warum aber dehnen sich alle im Universum befindlichen Objekte nicht mit ihm aus, ob Galaxien, Sonnensysteme oder Elementarteilchen?



Mein junger Freund, die Größe dieser Objekte wird doch durch ein Reihe von Naturkonstanten bestimmt: Es sind die Gravitationskonstante G , die Plancksche Konstante h , die Protonenmasse m und die Lichtgeschwindigkeit c .

All das ist doch gut bekannt, wissen Sie...



Aber warum sollen denn G , h , m , c unveränderlich bleiben?

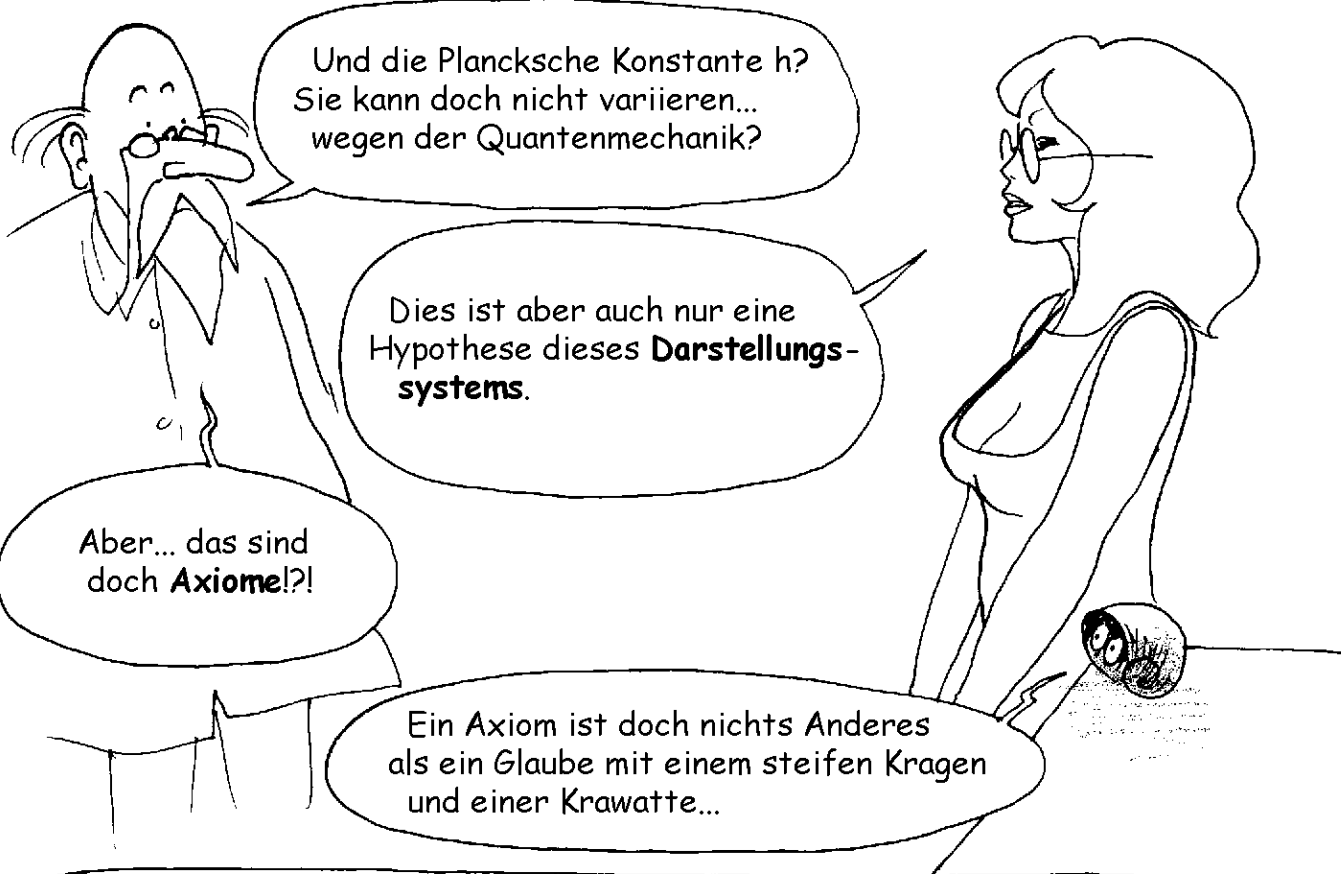
Aber... weil sie Konstanten sind!

Nun ja, sicher nicht von einem Tag zum Nächsten. Aber warum sollten die Größen seit Milliarden Jahren ihre Werte nicht geändert haben?

Ich nehme an, daß die Lichtgeschwindigkeit c wegen der Allgemeinen Relativitätstheorie konstant sein soll...

Das steht aber nirgendwo geschrieben...

Wirklich?...



Und die Plancksche Konstante h ?
Sie kann doch nicht variieren...
wegen der Quantenmechanik?

Dies ist aber auch nur eine
Hypothese dieses **Darstellungs-**
systems.

Aber... das sind
doch **Axiome**!?!

Ein Axiom ist doch nichts Anderes
als ein Glaube mit einem steifen Kragen
und einer Krawatte...

Meinen Sie etwa, daß man erst am Anfang des 20. Jh. diese Größen gemessen hat,
die in die Gleichungen eingeflossen sind, wobei manche dieser Konstanten in dieser
Zeit überhaupt erst entdeckt wurden? Und schließlich wurde ein **stillschweigender**
Konsens gefunden, indem ihre **absolute Konstanz** vorausgesetzt wurde?



Was soll daran erstaunlich sein, Leon? Die Menschen
haben immer versucht, dem Universum durch ihre
gegenwärtigen Vorstellungen Grenzen zu setzen. Da gab
es ja Platos Polyäder (*) oder die vier Elemente. Heute
sind das... die Naturkonstanten.

(*) Siehe **Kosmische Geschichten**, S. 26



Vorsicht, nicht so schnell! Es wurde doch gezeigt, dass Widersprüche zu Beobachtungen die Folge wären, wenn man bestimmte Naturkonstanten antasten würde!

Ja, aber wenn man davon ausgeht, dass **alle** Naturkonstanten variieren, einschließlich der **Lichtgeschwindigkeit**?

Die Lichtgeschwindigkeit!?

Wenn Du alle Naturkonstanten als Funktion der Zeit variieren läßt, wenn Du ihnen ihre „Freiheit“ zurück gibst, dann mußt Du auch genauso viele Naturgesetze erfinden, damit das gesamte Gebäude der Physik weiterhin stehen bleiben kann.

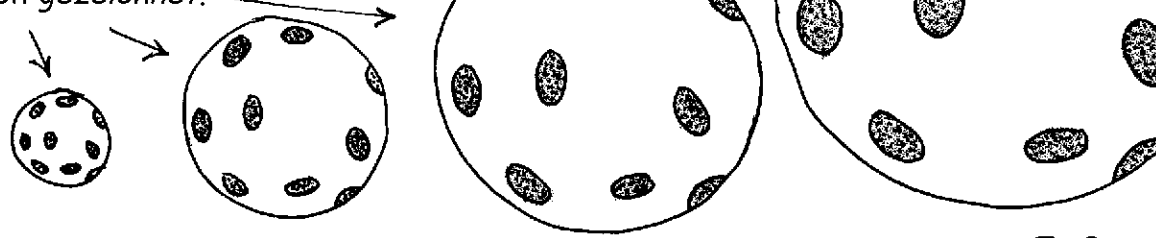
SUPER-RELATIVITÄT




Ich hab´ s! Man muß nur die **Energieerhaltung** postulieren und nicht mehr die **Massenerhaltung** und annehmen, daß sich die im Universum befindlichen Objekte **mit ihm ausdehnen**.

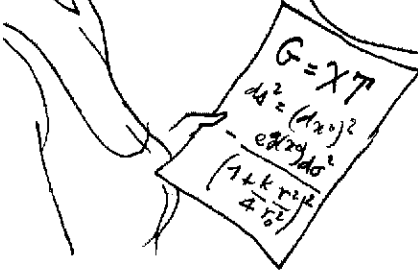
Alle Objekte, d.h. die Galaxien, das Sonnensystem, die schwarzen Löcher aber auch die Protonen oder die Neutronen.

Die Objekte sind nun auf den Ballon gezeichnet.






In der Tat ergibt sich eine unendlich hohe Lichtgeschwindigkeit bei $t = 0$, welche danach kontinuierlich abnimmt. (*) Die Masse steigt an, aber die Energie mc^2 bleibt konstant. Die Gravitationskonstante variiert umgekehrt proportional zur Masse... und das alles ist eine valide Lösung der berühmten **Einsteinschen Tensorgleichung**, der Grundgleichung der **Allgemeinen Relativitätstheorie**.

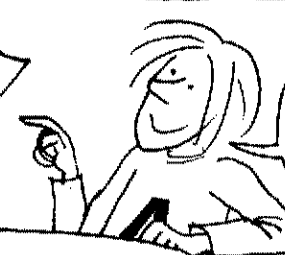

$$G = \chi T$$
$$dA^2 = (dx^0)^2 - c^2(dx^1)^2$$
$$\left(\frac{1 + k r^2}{4 r^2} \right)$$



Na sowas?!




Dieses Modell des Universums ist ein Monster, eine Chimäre. Was machen Sie denn aus der **Rotverschiebung**?




Schauen Sie mal, da ist es! Man kann sehen, daß die Plancksche Konstante proportional zur Zeit t variiert, und die Idee von Milne taucht wieder auf.

Es ist teuflisch!



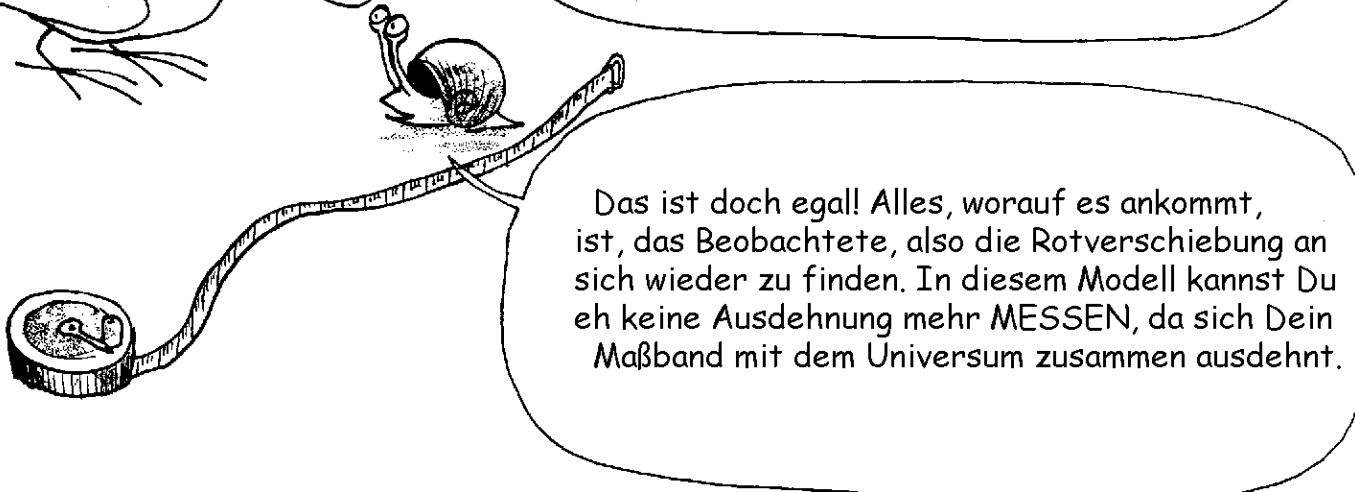
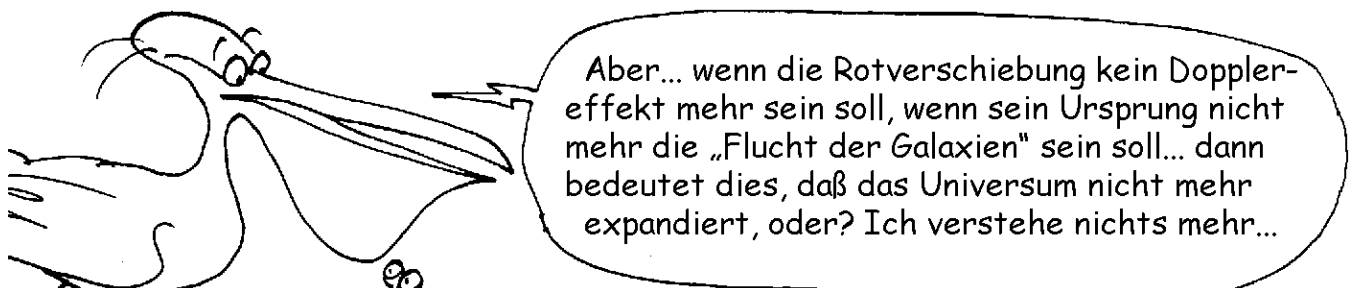
Schauen wir mal... Ein Photon wird mit einer bestimmten ENERGIE $h\nu$ emittiert, welche über die Zeit erhalten bleibt. Während seiner Reise wächst die Plancksche Konstante h , so daß seine Frequenz ν eine andere sein wird, wenn das Photon von einem Beobachter empfangen wird (**).
Hmm... Seltsam!...



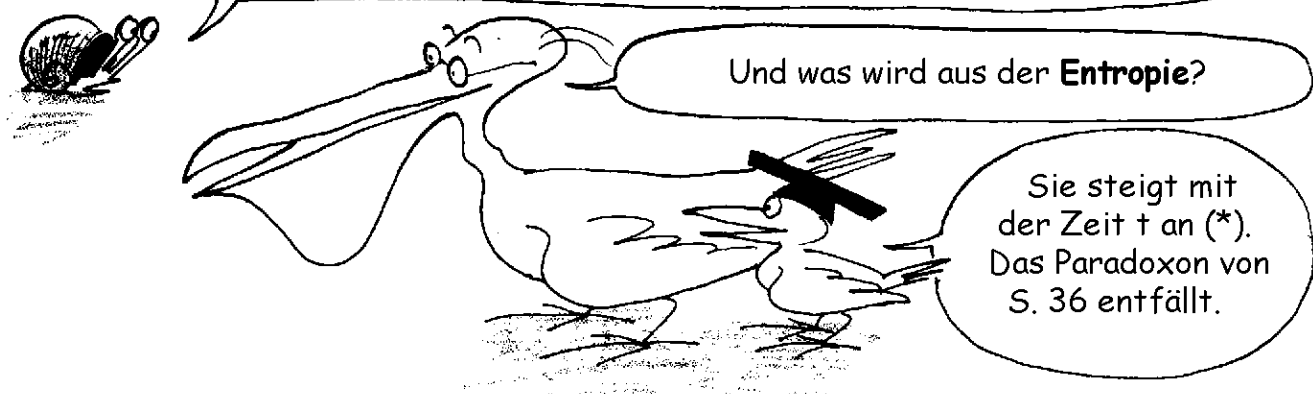
Boah ey!

(*) In diesem Modell variiert die Lichtgeschwindigkeit mit $t^{-3/2}$.

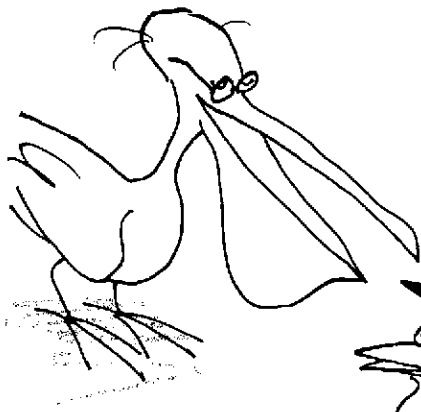
(**) Der Frequenzunterschied $\Delta\nu$ ist proportional dem Abstand zur Quelle. Daraus ergibt sich das **Gesetz von Hubble**.



Genauso wenig könntest Du **lokal** die Variation von h , c , G , m usw. nachweisen, denn alle Messinstrumente würden sich „parallel“ dazu auch ändern.



(*) In diesem Modell variiert die Entropie S wie $\text{Log}(t)$, vgl. **Anhang F**.



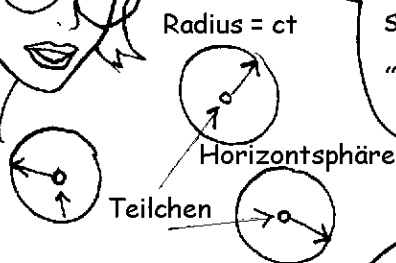
Wenn man die **chronologische Variable t** durch die **Entropie S** ersetzt, so verschwindet die Singularität, denn die sog. „GEBURT DES UNIVERSUMS“ entspricht dann $S = -\infty$ (*). Die Frage nach dem Zustand des Universums vor dem Urknall ergibt gar keinen Sinn mehr.



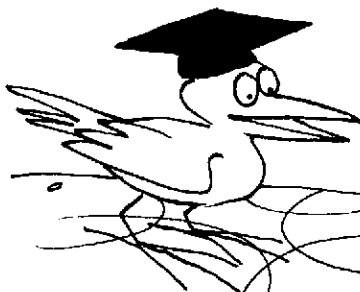
Das bedeutet, daß die **Zeit** nicht die richtige **Variable** wäre, um **Ereignisse** zu beschreiben, sondern nur noch eine Art betrügerische Fata Morgana.



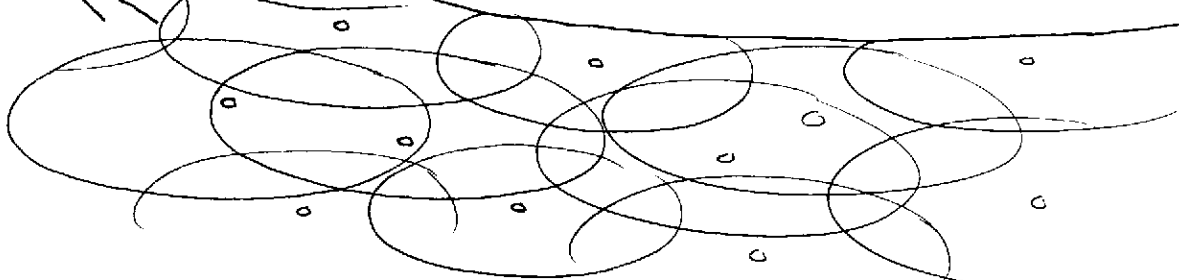
Da wir gerade dabei sind, Paradoxien aus dem Weg zu räumen: Auf S. 36 hatten wir gesehen, daß man bisher nicht in der Lage war, die augenscheinliche Unordnung und die erstaunliche Homogenität des Universums zu erklären, da sich während seiner Kindheit alle Teilchen hätten gegenseitig ignorieren müssen.



Diese Teilchen haben zum Zeitpunkt $t = 0$ eine Lichtwelle mit der Geschwindigkeit c ausgesendet, aber sie entfernen sich so schnell voneinander, daß ihre „**Horizontsphären**“ nicht miteinander in Wechselwirkung treten können. Sie verhalten sich absolut **autistisch** (*).



Dagegen bleiben die Horizontshären im Rahmen der **Super-Relativität** ständig in Wechselwirkung, da sie sich mit der selben Geschwindigkeit wie das Universum selbst ausdehnen: Die Teilchen treten in Wechselwirkung, die **Unordnung** und die **Homogenität** des Universums erklären sich von selbst.



(*) So bezeichnet man in der Psychiatrie Leute, die sich weigern, mit Anderen zu kommunizieren.

Aber die Plancksche Zeit, sie bleibt doch ein Problem, oder? Sie können doch nicht alle Paradoxien eliminieren?!?

Schauen wir mal. Die Plancksche Zeit lautet $\sqrt{(\hbar G/c^5)}$... Sekunde mal, ich sehe nach...

Die Plancksche Zeit variiert mit ... t !
Die Plancksche Grenze verschwindet (*)

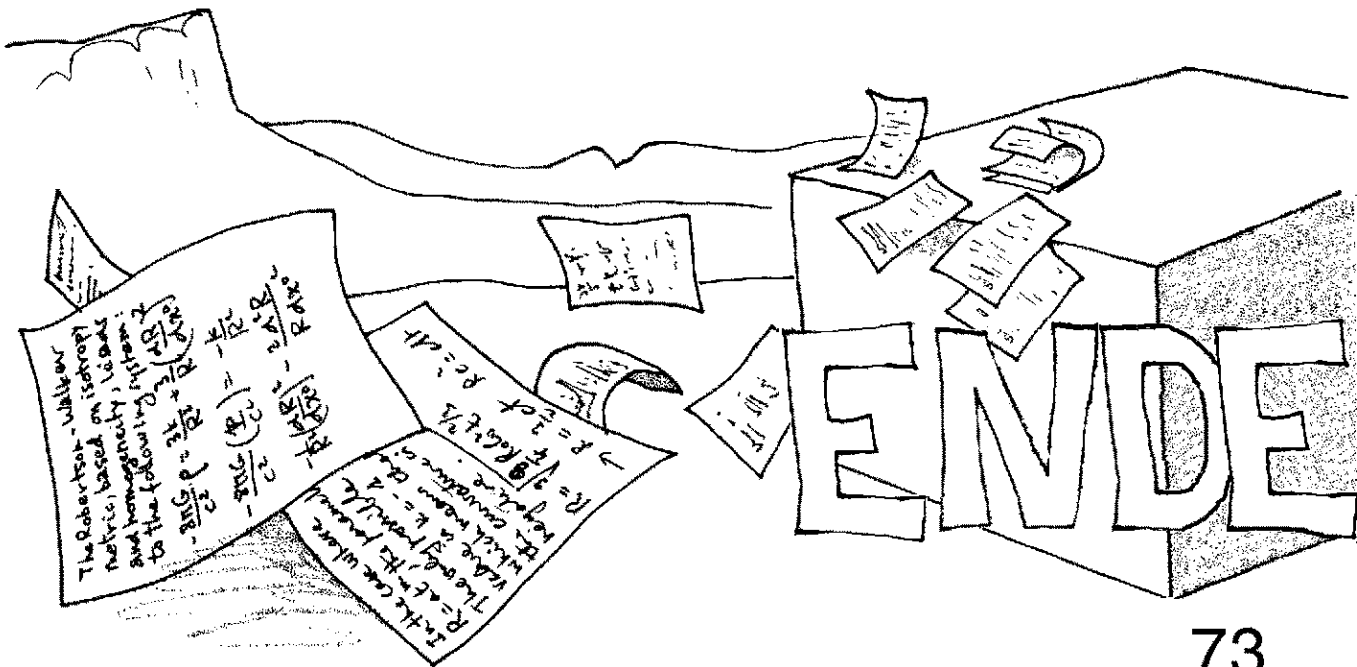
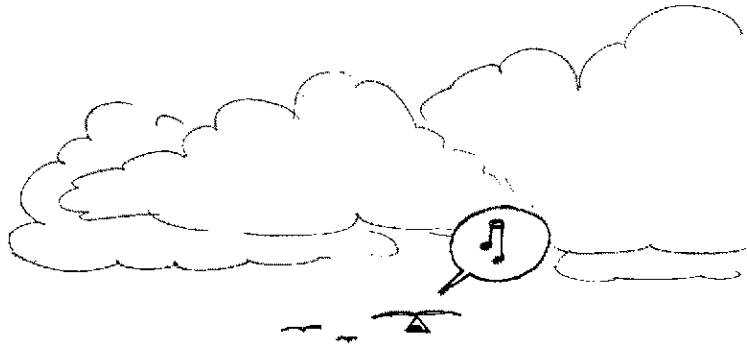
Noch etwas?

Grrr...

Tiresias, wo ist Anselm?

Ich glaube, er ist da oben.

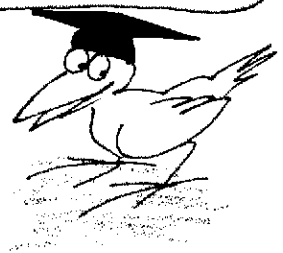
(*) Siehe Anhang F.





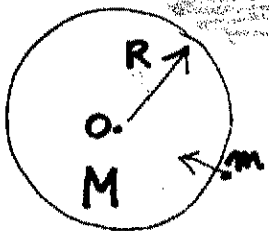
Die moderne Wissenschaft hat den Ruf, aus schrecklich komplizierten Gleichungen zu bestehen, die nur eine ganz kleine Anzahl von Superhirnen verstehen kann. Dabei sind die Grundideen immer sehr einfach und sehr oft kann man sie mit sehr einfachen Mitteln durchaus korrekt veranschaulichen.

Die folgenden Seiten sind Beispiele dafür.



Anhang A

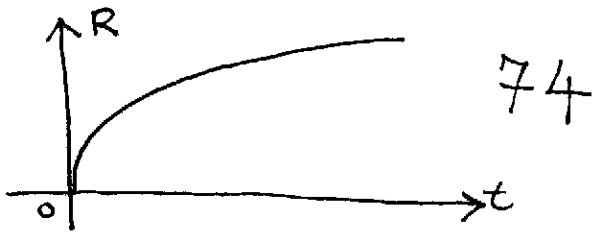
Oder: Wie kann man in drei Zeilen die Gesetze herleiten, die die Entwicklung des Universums beschreiben.



Stellen wir uns das Universum als einen homogenen Staubklumpen mit dem Radius R und der Masse M vor. Betrachten wir nun ein an seiner Oberfläche befindliches Staubkorn mit der Masse m . Man kann zeigen, daß die auf dieses Staubkorn wirkende Kraft dieselbe ist, als wäre die ganze Masse M im Zentrum O des Staubklumpens konzentriert, d.h. $F = -GMm/R^2$. Wenden wir die Grundgleichung der Mechanik $F = m \gamma$ an. Es gilt: $-mR'' = GMm/R^2$, oder: $R^2 R'' + GM = 0$, d.h. die berühmte **Friedman-Gleichung**. Wir wollen eine der drei Lösungen dieser Differentialgleichung herleiten. Hierzu geben wir der Funktion $R(t)$ die Form $a \cdot t^b$, wobei a und b die zu bestimmenden Konstanten sind.

$R = a \cdot t^b \Rightarrow R' = a \cdot b \cdot t^{b-1} \Rightarrow R'' = a \cdot b \cdot (b-1) \cdot t^{b-2}$. Das Einsetzen in die Differentialgleichung ergibt: $b \cdot (b-1) \cdot a^3 \cdot t^{3b-2} + GM = 0$. Da diese Gleichung für alle Werte von t gültig sein soll, muß der Exponent zwangsläufig gleich Null sein, d.h. $b = 2/3$, woraus folgt: $a = (9GM/2)^{3/2}$ und $R = (9GM/2)^{3/2} \cdot t^{2/3}$

$R(t)$ ist die charakteristische Länge dieses Universums und kann entweder seinem Krümmungsradius oder dem durchschnittlichen Abstand zwischen zwei Teilchen gleichgesetzt werden.

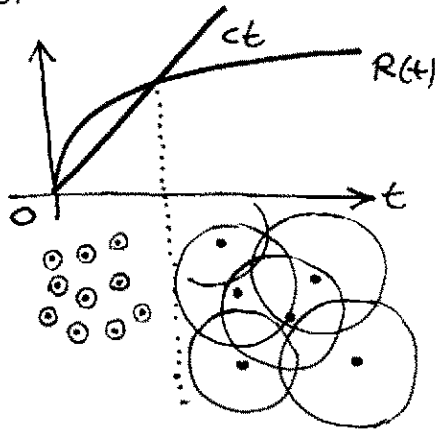


Anhang B

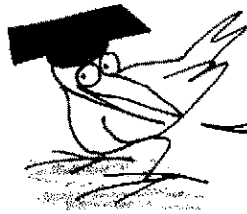


Das autistische Universum

Ein Blick auf die Kurve $R(t)$ zeigt schon, daß die Ausdehnung des Universums explosionsartig angefangen hat und daß sich die Ausdehnungsrate danach verlangsamt hat. Setzt man $R(t)$ dem durchschnittlichen Abstand zweier Teilchen gleich und betrachtet man $c \cdot t$ als den Radius einer zum Zeitpunkt 0 gesendeten elektromagnetischen Welle, so sieht man, daß bei konstanter Lichtgeschwindigkeit der Radius dieser „Horizontsphäre“ bzw. dieser Kausalsphäre eine Zeit lang kleiner ist als der durchschnittliche Abstand zweier Teilchen, welche sich in dieser Zeitspanne vollkommen ignorieren.



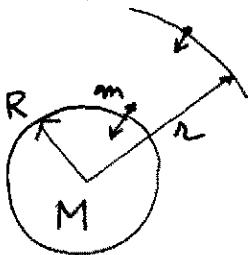
Anhang C



Die Berechnung des Radius eines **Schwarzen Loches**

Es sei ein Objekt mit dem Radius R und der Masse M sowie eine „Probemasse“ m an seiner Oberfläche. Nehmen wir an, diese sei eine Rakete.

Sie kann keine größere Energie als mc^2 freisetzen, da dies gerade die äquivalente Energie zur Masse m darstellt.



Wir wollen die benötigte Energie berechnen, damit diese Masse m das Gravitationsfeld des Objekts überwinden kann. Die Kraft beträgt $F = -GMm/r^2$, die Arbeit ist $(-GMm/r^2) \cdot dr$, wobei dr eine infinitesimale Verschiebung darstellt. Die freizusetzende Energie ist also: $E = -\int_R^\infty (GMm/r^2) \cdot dr = GMm/R$.

Diese freizusetzende Energie übertrifft die zur Verfügung stehende Energie, wenn: $GMm/R > mc^2$, d.h. wenn: $R < GM/c^2$

(**Schwarzschild-Radius**). Eine sorgfältigere Berechnung, die die

Verringerung der Masse berücksichtigen würde, würde den richtigen Wert liefern: $R_S = 2GM/c^2$. Ist eine Masse M innerhalb ihres Schwarzschild-Radius gefangen, so kann kein Objekt von dort entkommen, da die freizusetzende Energie größer mc^2 wäre. Der Schwarzschild-Radius der Sonne beträgt 3,7 km.

Ein Photon besitzt eine Energie von $h\nu$, der eine äquivalente Masse $m_\phi = h\nu/c^2$ entspricht, aus der wiederum die freizusetzende Energie berechnet werden kann, damit das Photon das Gravitationsfeld der Masse M überwindet:
 $-\int_R^\infty (GMm_\phi/r^2) dr = h\nu \cdot GM/Rc^2$. Die Energie eines Photons, das das Objekt verlässt, beträgt: $E = h\nu (1 - GM/Rc^2) < h\nu$ (gravitationelle Rotverschiebung).
 Wenn $R < GM/c^2$ ist, kann das Objekt kein Licht aussenden: Es ist ein schwarzes Loch.

Anhang D



Und nun die Planckschen Größen...

Die räumliche Ausdehnung eines Teilchens mit der Masse m ist gegeben durch die COMPTON-LÄNGE: $\lambda_c = h/mc$. Nehmen wir an, dieses Teilchen sei ein schwarzes Loch. Dann ist seine Länge λ_c gleich dem Schwarzschild-Radius, d.h.: $h/mc = GM/c^2$. Dies ergibt die **Plancksche Masse**: $m_p = \sqrt{hc/G}$, d.h. 10^{-5} Gramm. Es kann kein schwereres Teilchen existieren. Der Radius des Teilchens ist gegeben durch: $h/mc = (h/c) \cdot \sqrt{G/hc}$, d.h.: $L_p = \sqrt{Gh/c^3}$. Das ist die **Plancksche Länge** ($1,6 \cdot 10^{-33}$ cm). Im Universum kann nichts Kleineres existieren.

Das ist der kleinstmögliche Baustein im Universum.

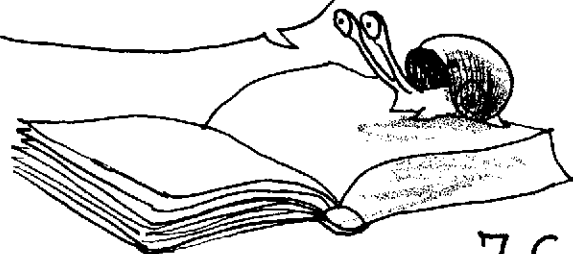


Gegeben sei ein Photon mit der Wellenlänge $\lambda = c/\nu$. Seine Energie beträgt $E = hc/\lambda$ und die äquivalente Masse $m_\phi = E/c^2 = h/\lambda c$. Der dazugehörige Schwarzschild-Radius ist nimmt einen Wert von $R_s = Gm_\phi/c^2 = Gh/\lambda c^3$ an, welcher der Wellenlänge des Photons gleich ist, falls: $\lambda = \sqrt{Gh/c^3} = L_p$.

Sobald die Wellenlänge eines Photons gleich seinem Schwarzschild-Radius wird, fängt dieses an, sich um sich selbst zu drehen wie ein Hund, der seinen eigenen Schwanz jagt, und es kann keine Information fließen. Dieser Länge wird die **Plancksche Zeit**: $T_p = L_p/c = 0,54 \cdot 10^{-43}$ Sekunden zugeordnet.

Es ist die Dicke der Gegenwart...

...die Dicke der Seiten des Buches!

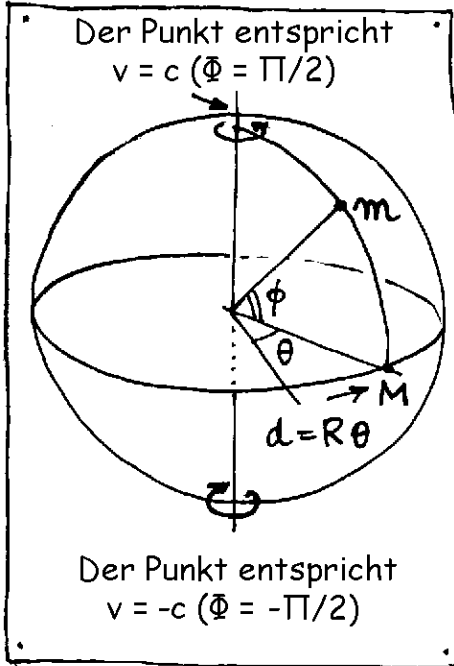


Anhang E

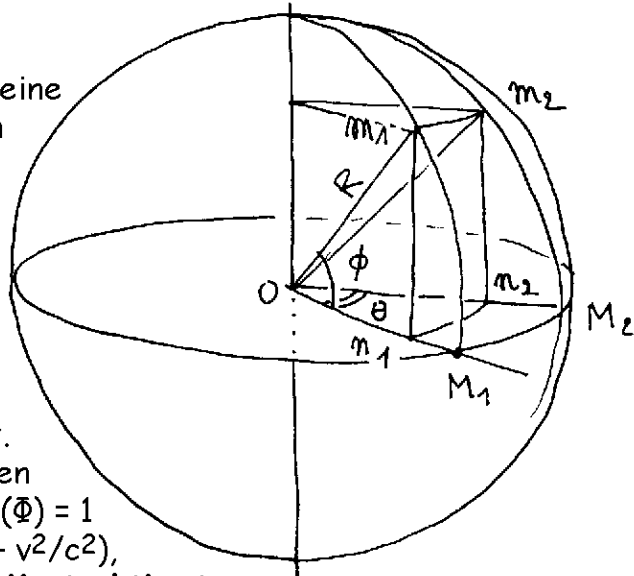
Der relativistische Phasenraum

Er ist gekrümmt, sowohl was die Orte als auch was die Geschwindigkeiten angeht. Hier wollen wir uns auf eine Dimension für den Ort und eine Dimension für die

Geschwindigkeit beschränken. Orte werden mit dem Index θ und Geschwindigkeiten mit dem Index Φ versehen. Für einen ruhenden Beobachter ist die Strecke eines sich mit der Geschwindigkeit V bewegenden Objekts $d = R\theta$, während dessen Geschwindigkeit mit dem Winkel Φ durch die Gleichung $v = c \cdot \sin(\Phi)$ verbunden ist. Für diesen Beobachter kreisen die Photonen um die Pole und beschreiben Bahnen der Länge Null (siehe **Alles ist relativ**).

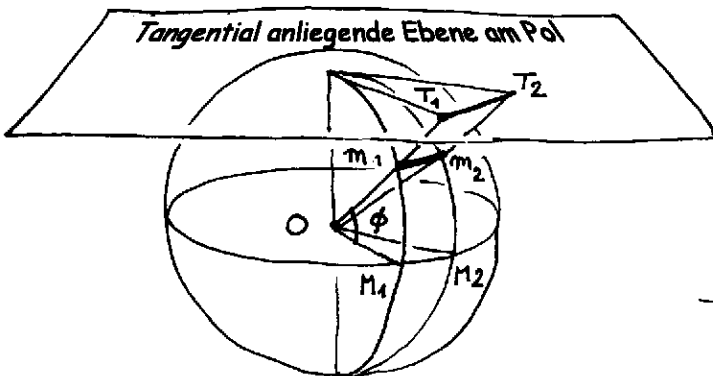


Es sei $\widehat{M_1M_2} = R\theta$ eine von dem ruhenden Beobachter gemessene Bewegung. Im Phasenraum entspricht

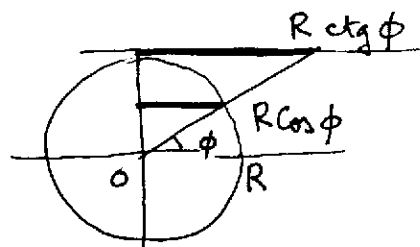


die tatsächliche Bewegung dem Kreisabschnitt $\widehat{m_1m_2}$, dessen Projektion auf die äquatoriale Ebene der Kreisabschnitt n_1n_2 ist. Für die Strecke On_1 gilt: $On_1 = R \cos(\theta)$, für den Bogen $\widehat{n_1n_2}$: $\widehat{n_1n_2} = On_1 \theta$. Wegen $\cos^2(\Phi) + \sin^2(\Phi) = 1$ und $\sin(\Phi) = v/c$ ergibt sich: $\widehat{m_1m_2} = \widehat{M_1M_2} \sqrt{1 - v^2/c^2}$, was nichts Anderes als die berühmte **Lorentz-Kontraktion** ist.

Im Phasenraum stellt die Zeit keine freie Variable dar. Die **Eigenzeit** τ lässt sich leicht berechnen: Sie ist proportional dem Kreisabschnitt $\widehat{T_1T_2}$, welcher die Projektion des Kreisabschnitts $\widehat{m_1m_2}$ auf die tangential anliegende Ebene am Pol ist.



Es gilt: $\tau = \widehat{T_1T_2} / c = \theta R \cotg(\theta) / c$



Die Geschwindigkeit V ist gleich dem Quotienten aus Strecke/Zeit = $(\widehat{m_1 m_2} / \widehat{T_1 T_2}) \cdot c$

$$v = c \frac{R \cos \phi \theta}{R \cotg \phi \theta} = c \sin \phi$$

Anhang F

Die Super-Relativität

* Man gibt allen „Naturkonstanten“ ihre „Freiheit“ zurück, z.B.: G , der Gravitationskonstanten, h , der Planckschen Konstanten, c , der Lichtgeschwindigkeit, m , der Masse des Protons oder des Neutrons.

* In der Einsteinschen Tensorgleichung der Allgemeinen Relativitätstheorie muß die EINSTEINSCHES KONSTANTE $X = -8\pi G/c^2$ eine ABSOLUTE KONSTANTE sein. Daher gilt $G \sim c^2$.

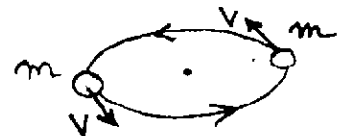
(\sim bedeutet „ist proportional zu“.)

* Es wird angenommen, daß die Energie $E = mc^2$ zu allen Zeiten erhalten bleibt, wobei m die Ruhemasse eines Teilchen darstellt.

* Es wird angenommen, daß die Galaxien, das Sonnensystem, die schwarzen Löcher, die Protonen und die Neutronen sich mit dem Universum zusammen ausdehnen, dessen Umfang mit Hilfe von 2TTR berechnet wird.

Der Radius eines schwarzen Loches (Schwarzschild-Radius) variiert also gemäß $R \Rightarrow Gm/c^2 \sim R$. Da G/c^2 konstant sein soll, gilt: $M \sim R$

Da außerdem gilt: $mc^2 = \text{Konst}$ bzw. $Rc^2 = \text{Konst}$, erhält man:



$$c \sim 1/\sqrt{R} \text{ und } G \sim 1/R$$

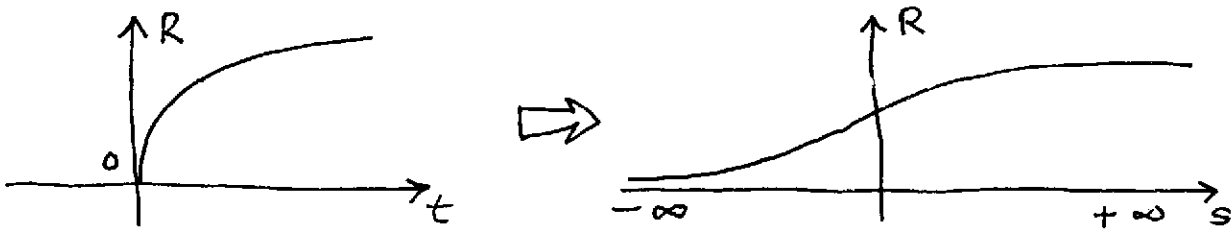
Betrachten wir zwei Sterne mit der selben Masse, welche eine kreisförmige Bahn mit dem Radius r um ihren gemeinsamen Schwerpunkt beschreiben. Die Zentrifugalkraft ist mv^2/r , deren gemeinsame gravitationelle Anziehungskraft ist $Gm^2/4r^2$. Wenn r wie entsprechend R variiert, dann gilt: $Gm^2/R^2 \sim mv^2/R$, woraus folgt $v \sim 1/\sqrt{R}$. Das Verhältnis $\beta = v/c$ bleibt über die Zeit erhalten, genau so wie die Energie $E = mc^2/\sqrt{1-v^2/c^2}$. Da außerdem die räumliche Ausdehnung eines Protons durch seine Compton-Länge $h/mc \sim R$ gegeben ist, erhält man: $h \sim R^{3/2}$

Löst man die EINSTEINSCHEN Gleichung unter der Annahme der Homogenität und der Isotropie des Universums (Robertson-Walker Metrik), so ergibt sich folgende Differentialgleichung:

$$2R''/R + R'^2/R^2 (2 + \beta^2) + kc^2/R^2 (1 + \beta^2) = 0,$$



wobei $v = \beta c$ die Geschwindigkeit der thermischen Bewegung der Galaxien im „kosmologischen Fluidum“ ist. Sucht man nach einer Lösung des Typs $R = a \cdot t^b$, so sieht man, daß β eliminiert wird und daß $k = -1$ die Lösung $R \sim t^{2/3}$ liefert, wobei k die Krümmung darstellt. Dieses Universum zeigt also eine negative Krümmung. (*) Der kosmologische Horizont wird durch das Integral $H = \int_0^t c(\tau) \cdot d\tau$ definiert, und man erhält: $H = R(t)$, was die Homogenität dieses Universums zu jeder Zeit rechtfertigt. Die Entropie wird zu: $S \sim \text{Log}(t)$. In dieser Beschreibung, in der die Entropie die Zeitvariable gänzlich ersetzt, verschwindet einfach die Anfangssingularität:



Alle Gleichungen der Physik (Schrödinger, Maxwell, Boltzmann) sind invariant unter den hier gewonnenen Transformationen. Man kann erkennen, daß die Rotverschiebung proportional der Entfernung zu einer Quelle ist (Gesetz von Hubble). Bis hin zu ein paar Milliarden Lichtjahren sind die für die Quellen berechneten Entfernungen fast identisch mit denen, die im Rahmen des Standardmodells bestimmt wurden. Da die Energie $h\nu$ eines Photons (wie jegliche andere Energie) als zeitinvariant angenommen wurde und da $h \sim t$, ergibt sich: $\nu \sim 1/t$. Die Rotverschiebung wird also nicht mehr von einem Doppler-Effekt verursacht, sondern sie ergibt sich aus der zeitlichen Variation der Planckschen Konstante.

1988 haben BARTHELL und MILEY (Nature Vol. 333, Mai 1988) gezeigt, dass die Größe der Quasare umgekehrt proportional zu deren Entfernung ist. Dies passt gut zu dem Modell, in dem sich die Quasare mit dem Universum selbst ausdehnen.

(*) Siehe Das Geometrikon und Das schwarze Loch.



Bisher widerspricht Anselms Modell keiner Beobachtung...

...und was die Quasare angeht, funktioniert es sogar besser als das Standard-Modell.

Und Sie, Sophie, was ist Ihre Meinung?

Anselms Modell ist noch nicht fertig. Es existieren noch andere Naturkonstanten aus der Atom- und Kernphysik, und er muß noch deren Variationen herausfinden, um diese Phänomene beschreiben zu können, die auch Bestandteil der Kosmologie sind.

Oder es wird ein Widerspruch auftauchen, und es wird alles vorbei sein...

Er macht sich bestimmt tierische Sorgen...

Glaubst Du? ...