

JEAN-PIERRE PETIT

DIE ABENTEUER DES ANSELM WÜßTEGERN

**ALLES IST
RELATIV**



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.



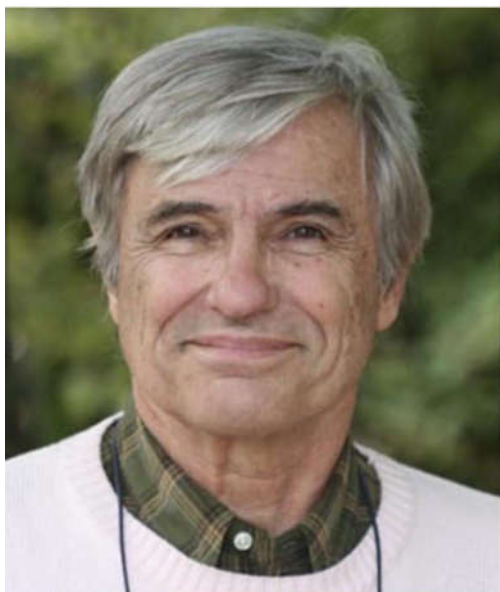
Jean-Pierre Petit plant zahlreiche weitere Werke, zugänglich für ein noch größeres Publikum. Einige werden selbst von Analphabeten gelesen werden können, dadurch, daß die Textepartien "zu sprechen beginnen" sobald ein Klick auf sie erfolgt. Diese Werke werden also als Stütze zur Alphabetisierung verwendet 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.

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>



Sophie, manchmal frage ich mich...

Was, mein Lieber?

... ich weiß nicht, ... ob die Dinge wirklich so sind, wie sie aussehen, ... ob die Realität real ist, ...


... ob es keine Dinge hinter den Dingen gibt...

Achtung!
Ein Universum kann sich in einem anderen verstecken.

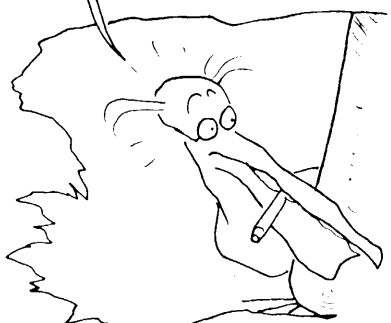


Du brauchst nur hier hindurch zu gehen, um nachzusehen.






Da spielt
jemand Geige.



Sind dort
die Katakomben
des Physik?

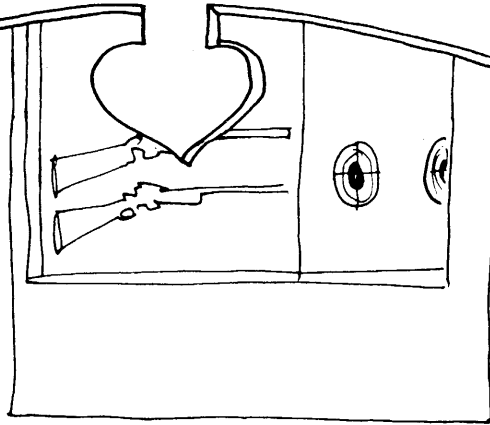


Komm mit!
Hier kannst Du
ein paar Tricks
lernen.

ALBERT'S COSMOS-PARK

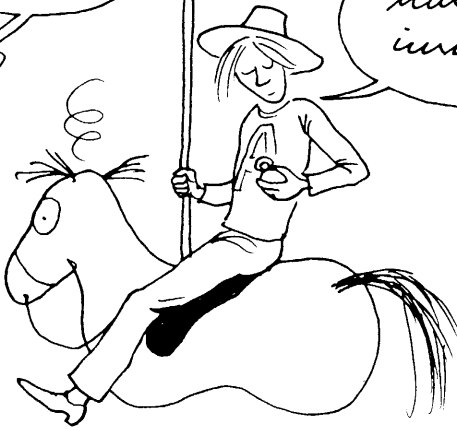


Es kommt
von
dahinter.





Bitte
absteigen!



Sagen Sie mal,
hat bei Ihnen die Minute
immer nur neunundfünfzig
Sekunden?

Keineswegs! Ich habe
genau eine Minute...



...und es ist eine
Chronoperfecta.
Die misst die Zeit
mit absoluter
Genauigkeit.



Auch ich habe
eine Chronoperfecta.
Obendrein ist sie neu.
Vielleicht kommt sie
aus einer schlechten
Serie?

Egal...
noch steht sie
unter Garantie.



Deine Uhr ist
in Ordnung, Anselm.
Eine Chronoperfecta
geht weder vor
noch nach.

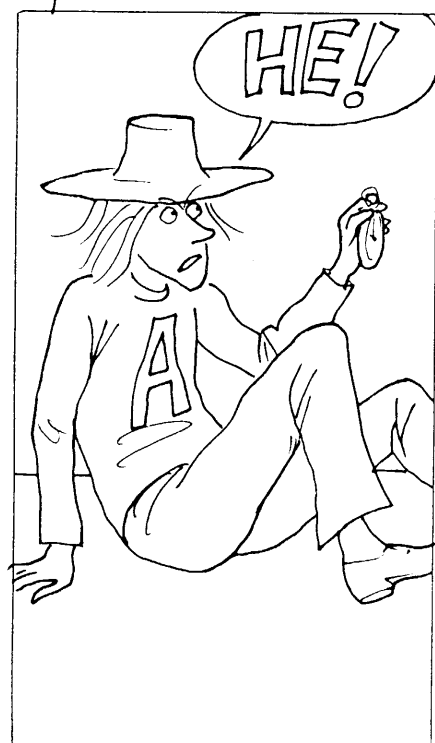
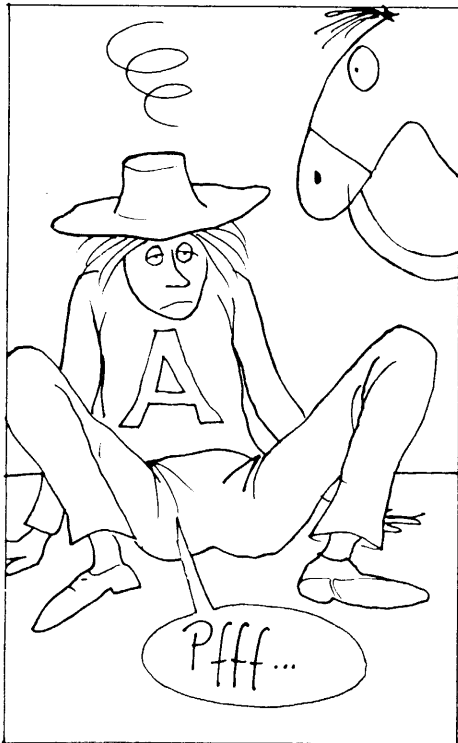
Also kommt es
vom Karussell.



Sagen Sie, Herr Albert,
können Sie Ihr Karussell
auch rückwärts
laufen lassen?

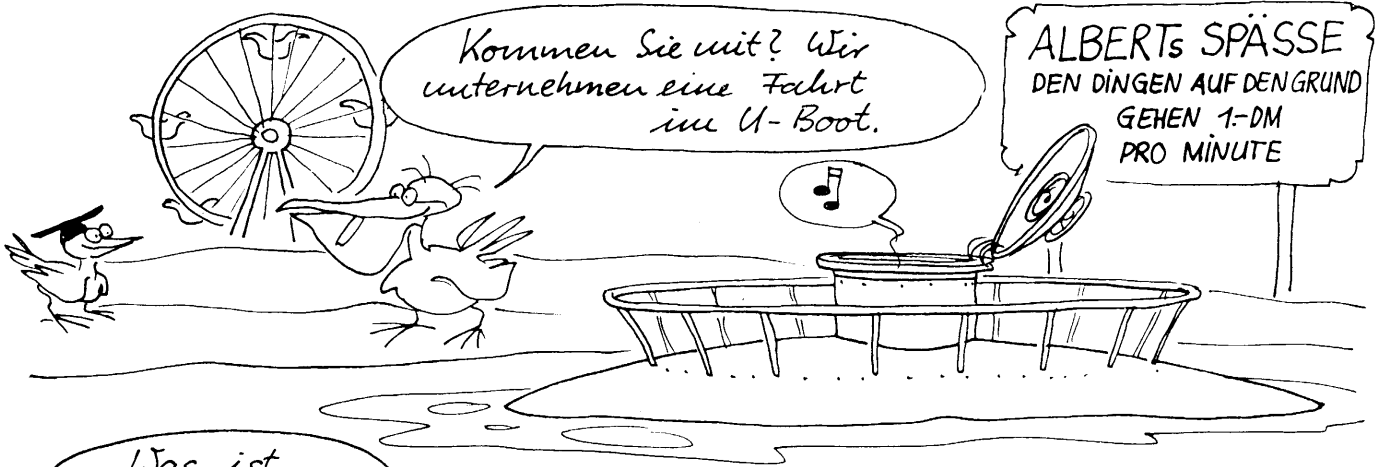


Kein Problem. Es kostet immer eine Mark pro Minute.

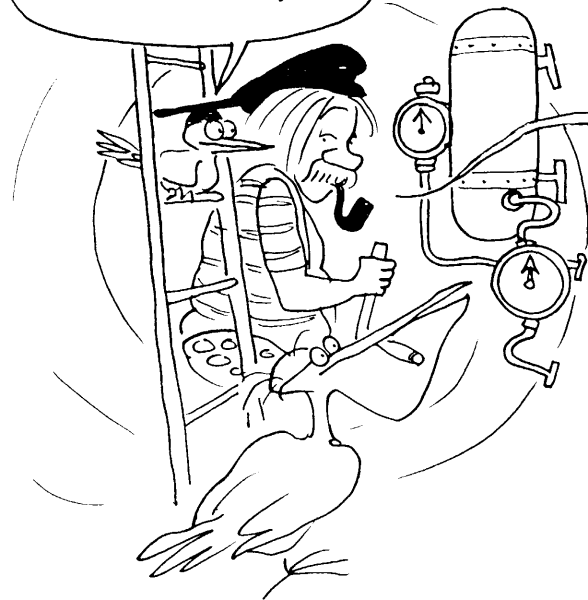




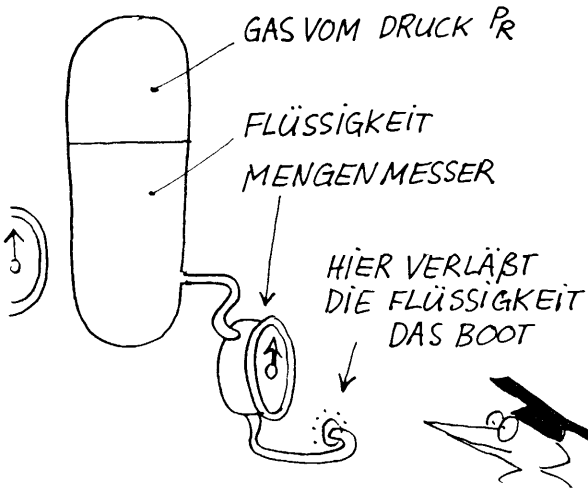
WÄHREND DIESER ZEIT...^{ooo}



Was ist denn das?



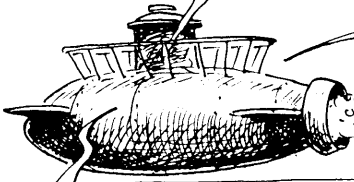
Das ist eine hydraulische Uhr. Über der Flüssigkeit im Behälter befindet sich ein Gas mit dem Druck P_R . Es drückt die Flüssigkeit durch einen Mengemesser aus dem Boot nach außen.



Warum ist die Skala des Mengemessers in Sekunden unterteilt?

Auf diese Weise zeigt sie,
wie die Zeit vergeht.
Das alte Prinzip der
Wasseruhr.

Die Menge des
ausfließenden Wassers ist
proportional zum Unterschied
zwischen dem Druck im Behälter
und dem Druck, der
außen herrscht.



Mein U-Boot ist mit Tauchrüdern
ausgerüstet. Sie lassen es umso tiefer
sinken, je schneller es fährt.

Um die Geschwindigkeit
zu messen, genügt Ihnen also
ein Manometer, das den
Außendruck anzeigt.

Ich hab's
kapiert.

Sagen Sie,
fährt Ihr U-Boot nicht
verdammt schnell?

Gut, steigen wir
wieder auf. Die
Minute ist fast
abgelaufen.

Aho, schaut her!
Es ist unglaublich.
Wir sind auf Seite 25.



9 Während sich Max und Leo mit ihrem unterseeischen Abenteuer beschäftigen, kümmern wir uns wieder um Anselm:



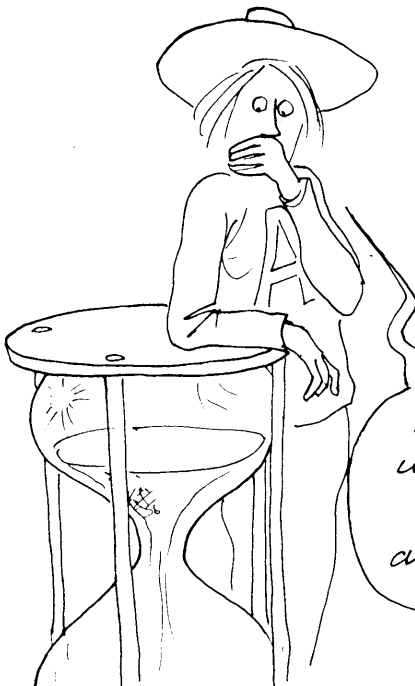
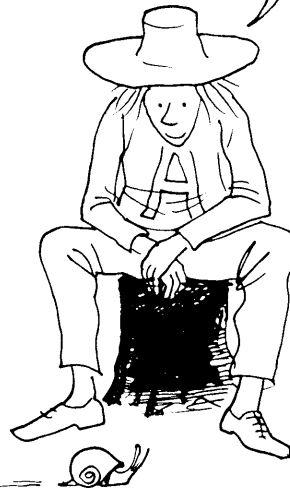
Es ist lustig, wenn man darüber nachdenkt. Egal, in welche Richtung man geht, immer kann man auf demselben Weg zurückkehren, indem man in die entgegengesetzte Richtung geht.

Warum soll ich mich aufregen?

Ich kann schneller gehen als die Schnecke Tiresias und kann sie überholen.



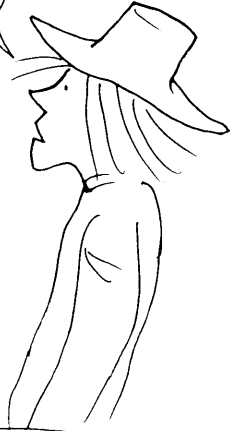
Ich kann auch sitzen bleiben und mich überholen lassen.



Aber wenn es um die Zeit geht, scheint alles anders zu sein.



Offensichtlich darf man hier nicht parken.



Wenn's knallt, kann man nicht mehr zurückkehren.



Herr Tiresias, ich habe ein Einschreiben für Sie.



Herr oder Frau?



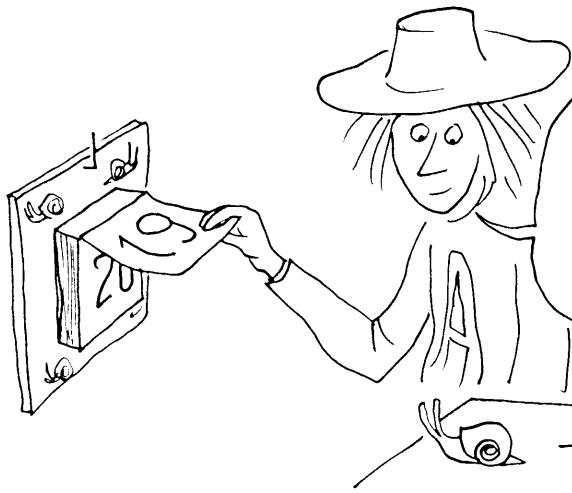
Spielt keine Rolle.



Hm... es ist ein Kalender.



Siehst Du, Anselm, jedesmal, wenn Du ein Blatt wegnimmst, vergeht ein Tag.



Aber nein, Tiresias, wir können doch den Lauf der Zeit nicht beeinflussen. Um dieses Blatt abzureißen, mußt Du bis zum nächsten Tag warten.

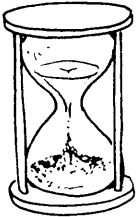
Ach so.

ZEIT-RAUM



Sophie, was ist Zeit?

Sie ist eine Dimension wie jede andere. Setz' Dich auf die Schaukel! Ich werde es Dir erklären.



Was die für Sorgen haben!





Warum zum Beispiel geht die Zeit immer nur in die Zukunft und nie in die Vergangenheit?

Paß auf!
Ich filme
Dich.

Na
und?

Gib mir
bitte mal die
Schere!

Sie hat wirklich entzückende Augen.

Jedes Bild dieses Films hält einen Augenblick Gegenwart fest. In jeder Sekunde sind vierundzwanzig Bilder entstanden. Sie zeigen eine diskontinuierliche Folge von Ereignissen.

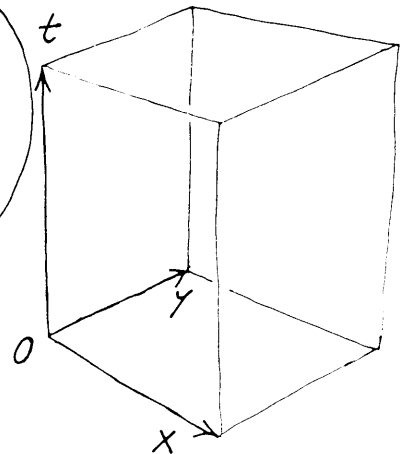
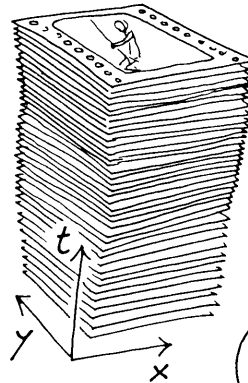
Jetzt zeige ich Dir einen Trick. Wenn Du diese Bilder aufeinanderlegst, ...

... so erhältst Du einen Zeit-Raum.

Einen Zeit-Raum?

Wäre die Zahl der Bilder unendlich groß, so ergäben sie einen kontinuierlichen Zeit-Raum mit drei Dimensionen, ...

... zwei des Raumes und eine der Zeit.





Erinnere Dich, daß die Zahl der Dimensionen eines Raumes gleich der Zahl der Größen ist, die man braucht, um einen Punkt in diesem Raum festzulegen und wiederzufinden.

Wir leben in einem Zeit-Raum von vier Dimensionen, denn man braucht vier Angaben, um sich mit jemandem zu verabreden, das heißt, um sich an einem Punkt dieses Raumes zu einer bestimmten Zeit zu treffen.

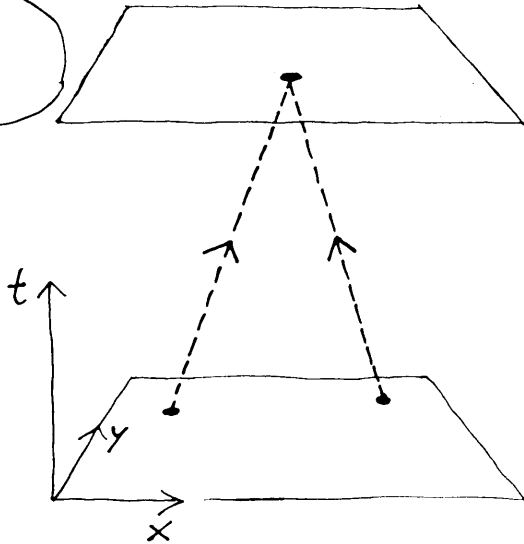
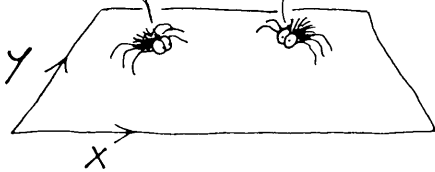
Tiresias schreibt mir, ich solle ins dritte Stockwerk des zwölften Hauses in der vierten Straße kommen. Aber er hat vergessen, mir die Zeit anzugeben. Was ist er doch für ein Schüssel!



Damit unsere Überlegungen einfacher werden, wollen wir bei Zeit-Räumen von drei Dimensionen (zwei des Raumes und einer der Zeit) bleiben.

Wissen Sie, liebe Freundin, daß wir uns in der Zeit bewegen?

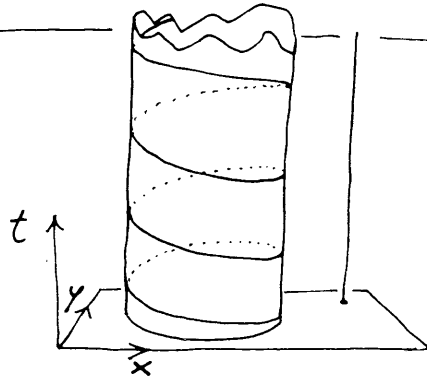
Aber... hier sind wir unbeweglich!



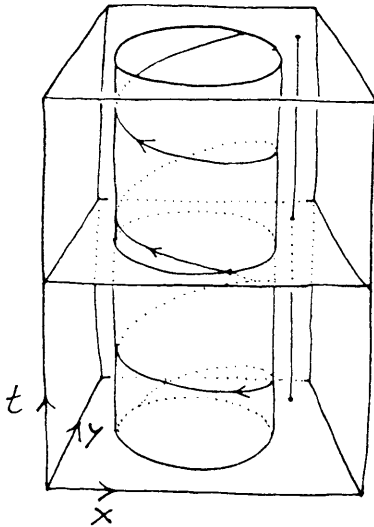
Die Bewegung der beiden Spinnen zum gleichen Punkt im dreidimensionalen Zeit-Raum geben die gestrichelten Linien im rechten Bild wieder.

Wenn ich mich im Kreis bewege, so hat meine Bahn im dreidimensionalen Zeit-Raum die Form einer Spiralfeder.

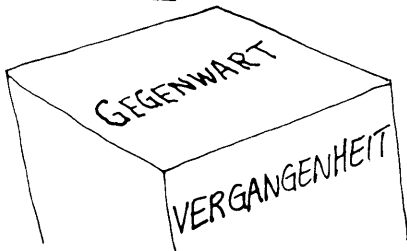
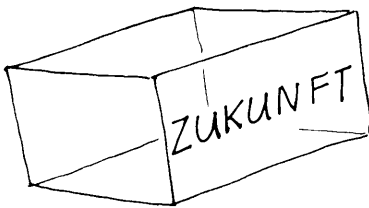
Wie lustig!



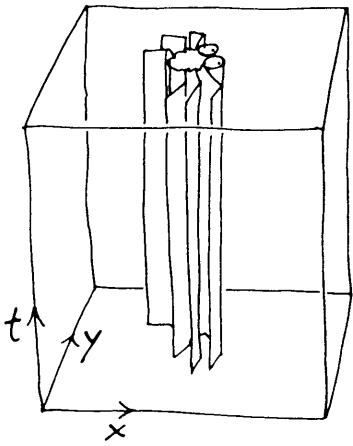
Deinmal ist die absolute Gegenwart ein ebener Schnitt durch diesen Zeit-Raum.



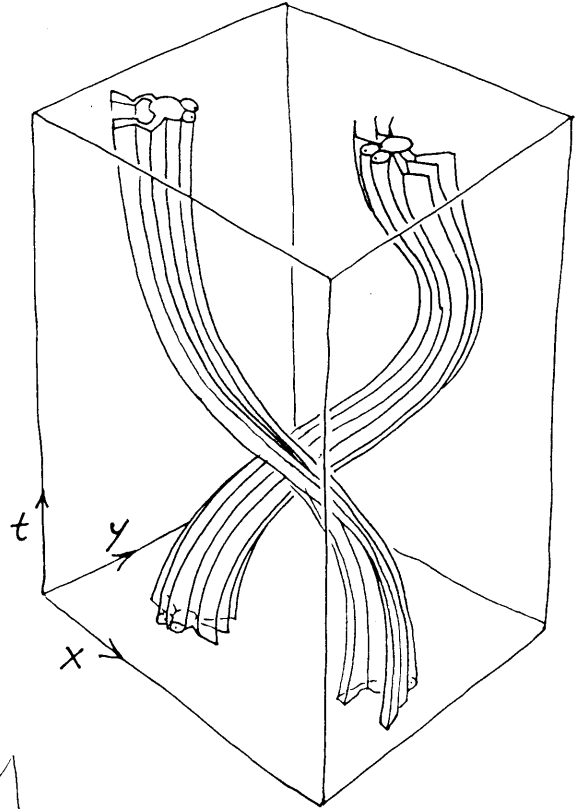
Was sich oberhalb dieses Schnitts befindet, heißt Zukunft. Was darunter liegt, heißt Vergangenheit.



Als Erster hat Aristoteles die Idee entwickelt, daß die Gegenwart die Dicke Null hat.



Steng genommen müßten wir eine Spinne im dreidimensionalen Zeit-Raum so zeichnen:

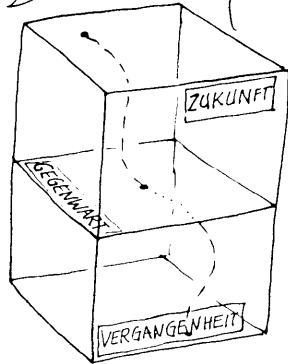


Überleben kann die Spinne nur, wenn sich ihre Bahn im Zeit-Raum nicht mit der des Frosches schneidet.

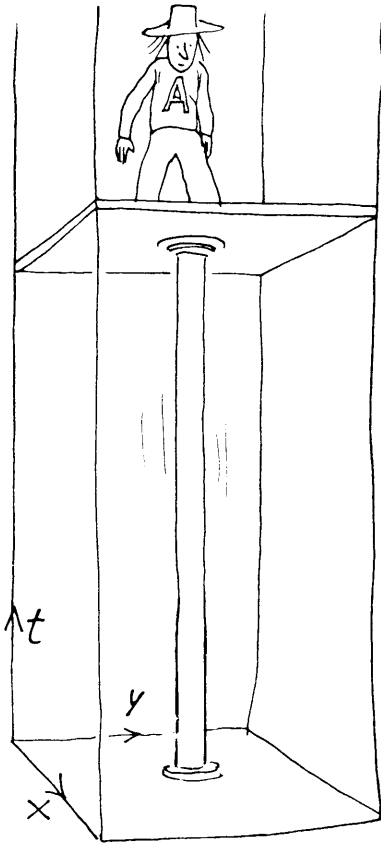


Kurzes Treffen im Zeit-Raum.

Aber warum nehmen wir diese Bahnen im Zeit-Raum nicht wahr?



Ganz einfach, weil wir immer nur die Gegenwart wahrnehmen können.



Wir sind unerbittlich im Fahrstuhl der Zeit gefangen. Weder hält er an, noch fährt er wieder nach unten.

MO DI MI DO FR SA SO



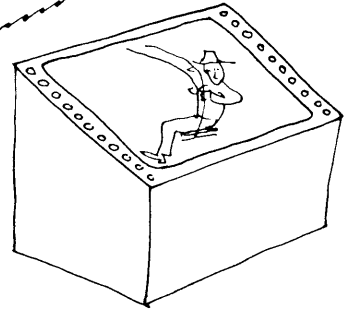
Ein Fahrstuhl ohne Tür...

...und ohne Knöpfe. Wie beängstigend!

Zum Glück gibt es Sophie.



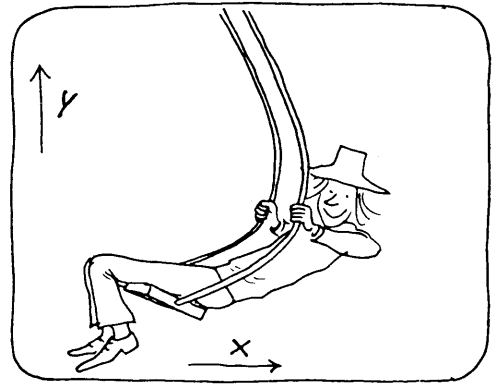
Sophie, schau her! Ich habe den Zeit-Raum schräg durchgeschnitten.



Ich komme.



Diesen Trick benutzt man in Zeichentrickfilmen.



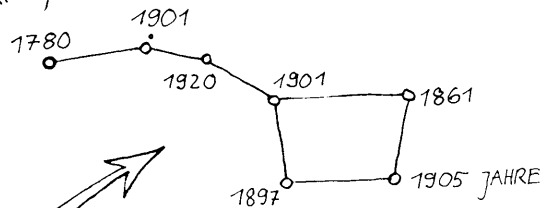
DER LICHTKEGEL



In Wirklichkeit blicken wir immer schräg auf die Dinge.



Was willst Du damit sagen?



Das Licht braucht Zeit, um von den Gegenständen zu uns zu gelangen. Hier ist angegeben, wie alt das Licht ist, das von den Sternen des Großen Bären kommt, wenn es uns erreicht.



Das heißt, die Sterne, die ich sehe, könnten sich längst verflüchtigt haben, und ich würde es nicht bemerken?

Man ist überhaupt nicht informiert.

Mit einem Teleskop empfangen wir das Bild der Andromeda-Galaxie so, wie sie vor zwei Millionen Jahren war.

Wir sehen die Sonne so, wie sie vor acht Minuten war.

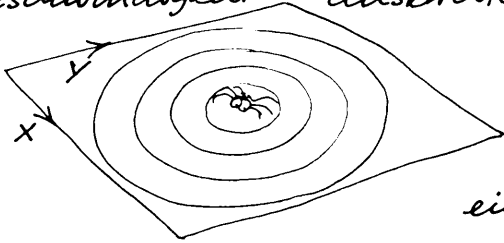
Und meine Füße sind älter als meine Nase?

Offenbar ist nichts schwieriger wahrzunehmen als die Gegenwart. Vielleicht ist ein Gegenstand auf meiner Netzhaut gegenwärtig?

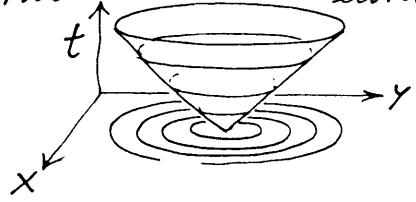
Nein, Anselm, man kann immer nur in die Vergangenheit blicken. Was man auf diese Weise als Gegenwart empfindet, nennt man **RELATIVE GEGENWART**.



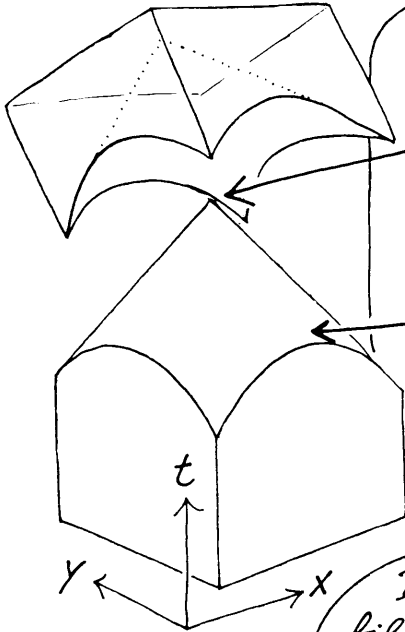
Hier ist eine Spinne ins Wasser gefallen. Ihre Bewegungen erzeugen konzentrische Wellen, die sich auf dem Wasser mit konstanter Geschwindigkeit ausbreiten.



Im dreidimensionalen Zeit-Raum bekommt jede Welle die Form eines Kegels.



Gleiches gilt für das Licht, das sich mit einer Geschwindigkeit von 300 000 km/s ausbreitet.



Umgekehrt kommen die Lichtsignale, die ein **BEOBACHTER** empfängt, von Punkten des Zeit-Raums, die sich auf einem **LICHTKEGEL** befinden.

Dieser Kegel bildet die relative Gegenwart des Beobachters.



Also... ist der Himmel ein Kegel?

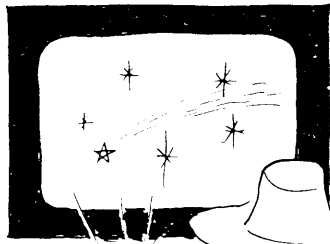
Ja, Anselm, er ist ein dreidimensionaler, kegelförmiger Ausschnitt aus unserem vierdimensionalen Zeit-Raum.



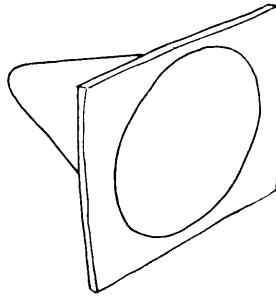
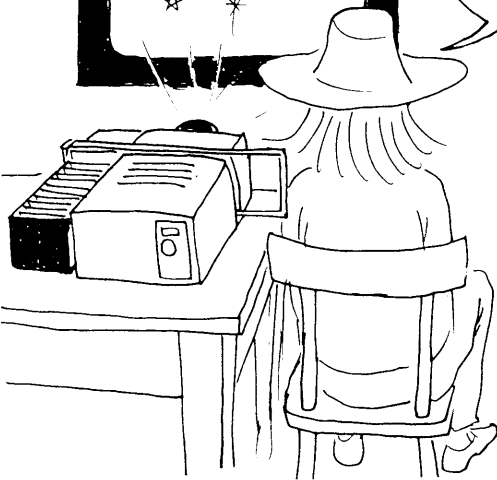
Ein dreidimensionaler Ausschnitt aus einem vierdimensionalen Zeit-Raum?

Hm...

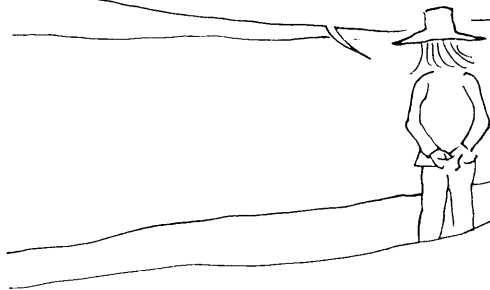
Ein Konzept, zu dessen Aufnahme das menschliche Gehirn schlecht geeignet ist. Unsere Raumvorstellungen sind auf drei Dimensionen beschränkt. Am besten kommst Du schnell zurück zu unserem Zeit-Raum von drei Dimensionen.



Es ist prächtig, den Zeit-Raum zu beobachten. Aber um alles richtig zu machen, muß man Kegel-förmige Dias benutzen. Anselms Patent.



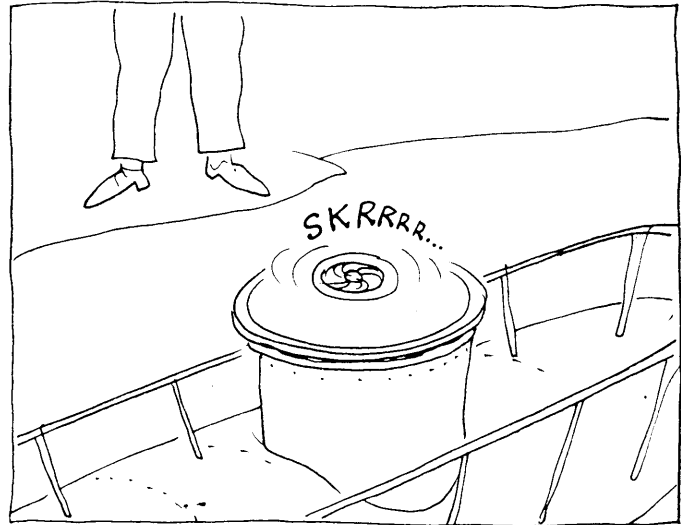
Was machen eigentlich Leo und Max. Seit fünfzehn Seiten sind sie verschwunden.



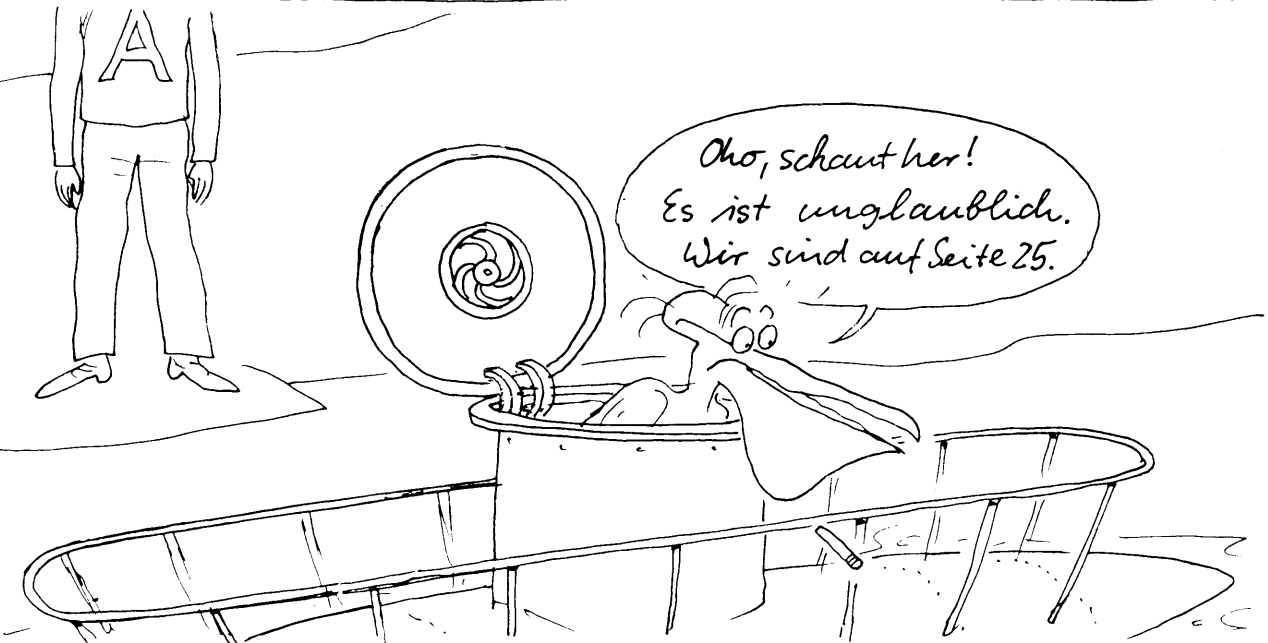
Zuletzt sah ich sie in das U-Boot steigen. Sie wollten eine Tauchfahrt von einer Minute unternehmen, aber sie sind schon wesentlich länger weg.

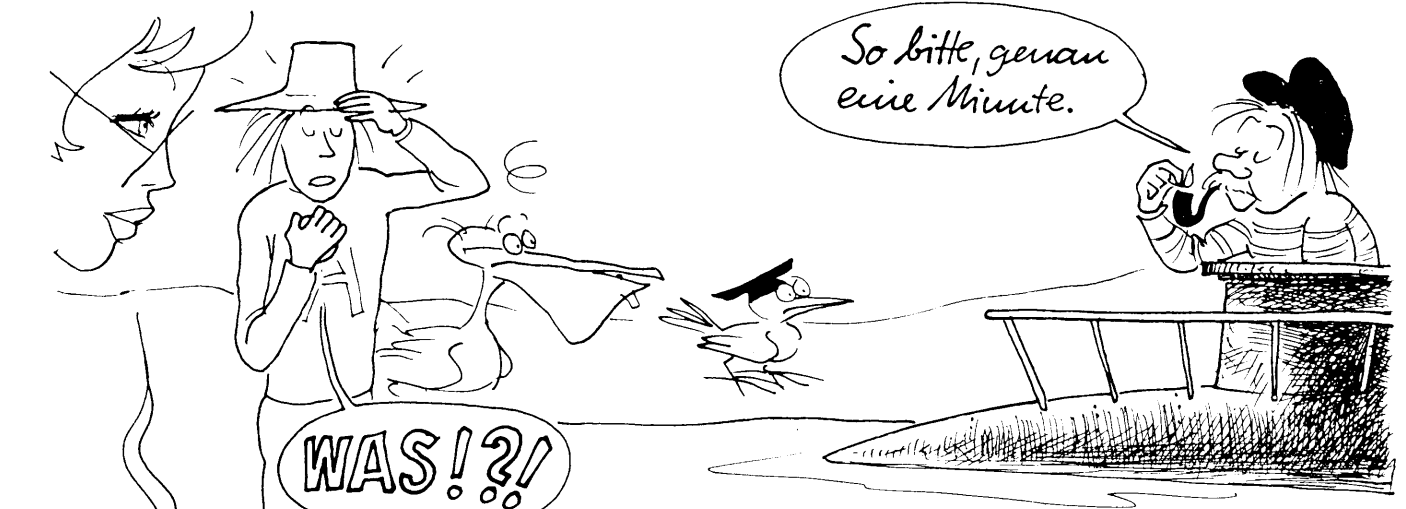


Ah, dort tauchen sie auf.



Oh, schaut her!
Es ist unglaublich.
Wir sind auf Seite 25.






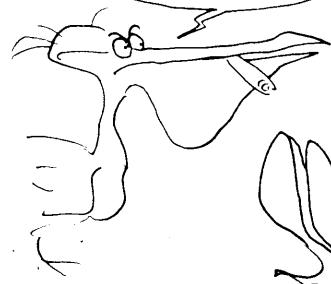
So bitte, genau
eine Minute.

WAS!?!

Genau
wie beim
Karussell.

Anselm, die Zeit ist
keine absolute Sache.

Schon
wieder
was neues!



Die Kleine hat recht,
Anselm. Je schneller man
sich bewegt, umso weniger
altert man.



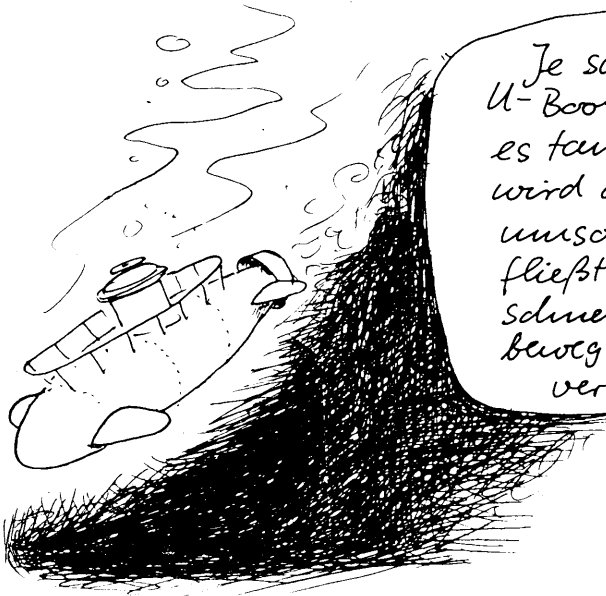
Man sagt: Fortgeh'n ist ein bisschen
sterben. Ist das Gegenteil richtig?



Schaut mal auf Alberts Wasseruhr! Gibt sie die Zeit an, die im U-Boot wirklich verging?



Natürlich! Wie ich Euch gesagt habe, besitzt diese Uhr ein Vorratsgefäß mit konstantem Druck P_R und außerhalb des U-Bootes ein Rohr, an dessen Mündung der Druck P_E herrscht. Die Menge des ausströmenden Wassers ist proportional zur Druckdifferenz $P_R - P_E$.



Je schneller sich das U-Boot bewegt und je tiefer es taucht, umso größer wird der Druck P_E und umso weniger Wasser fließt aus der Uhr. Je schneller man sich also bewegt, umso langsamer vergeht die Zeit.



Warte! Was soll das? Woher weiß man, wie schnell die Zeit vergeht, wenn man unbeweglich ist?



Unbeweglich in Bezug auf was?

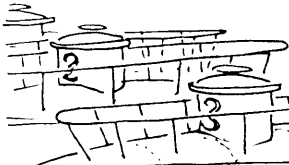
Man erfährt das von einer gleichartigen Uhr in einem Boot, das auf dem Wasser verankert ist.



Das muß ich zu verstehen suchen.



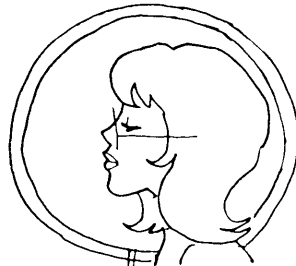
Was heißt unbeweglich sein?



Sophie, Du nimmst das Boot Nummer 2. Ich nehme Nummer 1. Boot Nummer 3 bleibt am Landungssteg, und wir werden beide mit der gleichen Geschwindigkeit V fahren.

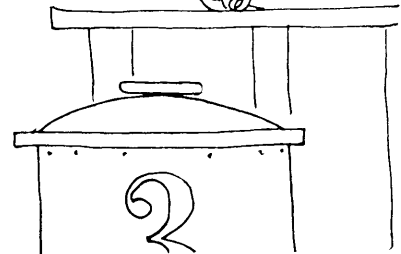


1

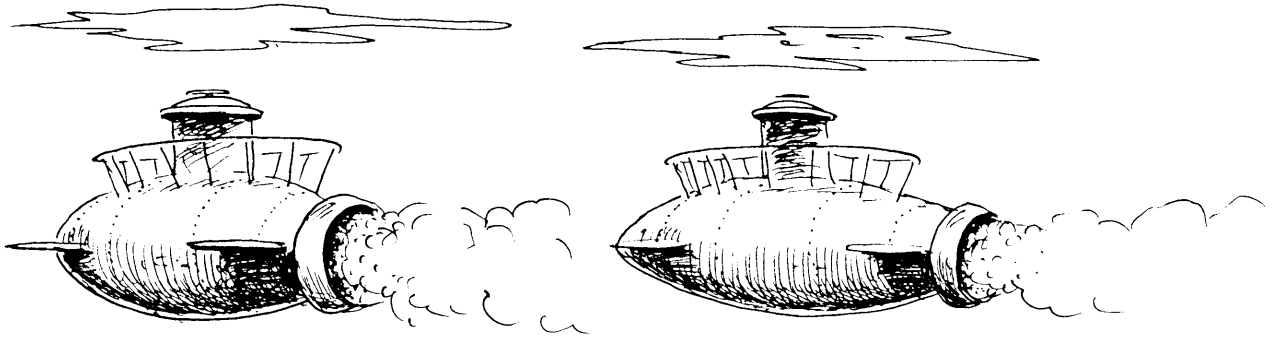


2

Sie werden sich also bewegen.



2



Sie fahren mit gleicher Geschwindigkeit in die gleiche Richtung und in gleicher Tiefe.

Experimente macht man, wenn man sich einer Sache nicht sicher ist.

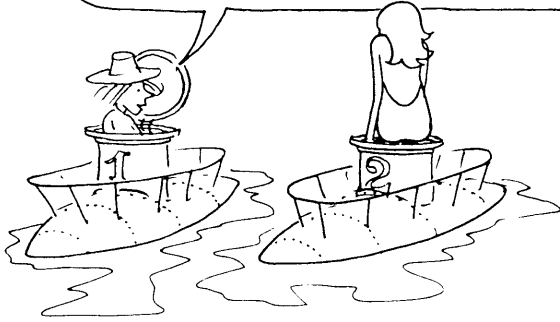
Herr Albert, würden Sie mir bitte sagen, was Bewegung ist?

BLUB
BLUB
BLUB

Das ist eine gute Frage, Tiresias. Ob ein Gegenstand oder eine Gruppe von Gegenständen, Du, ich oder der Anlegeplatz stillstehen oder sich bewegen, ist eine Frage des Bezugspunktes. Jede Bewegung ist RELATIV. So sind jetzt zum Beispiel Sophie und Anselm RELATIV ZU UNS IN BEWEGUNG, aber Sophie bewegt sich RELATIV ZU ANSELM NICHT (und umgekehrt).



Jetzt sind wir zum Ausgangspunkt zurückgekehrt.
Aus unseren Uhren sind gleiche Wassermengen geflossen.
Sie zeigen die gleiche Zeit t' an.



Zwei Systeme, die sich in
Verhältnis zueinander
nicht bewegen, sind
synchron.



Die Kontrolluhr
vom Boot Nummer 3,
das am Landungssteg
geblieben ist,
zeigt eine längere
Zeit an,
nämlich t .

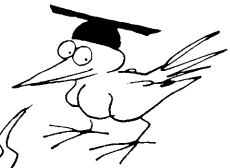
Herr Albert,
irgendetwas stimmt
hier nicht.

Hm...

Was,
mein Sohn?

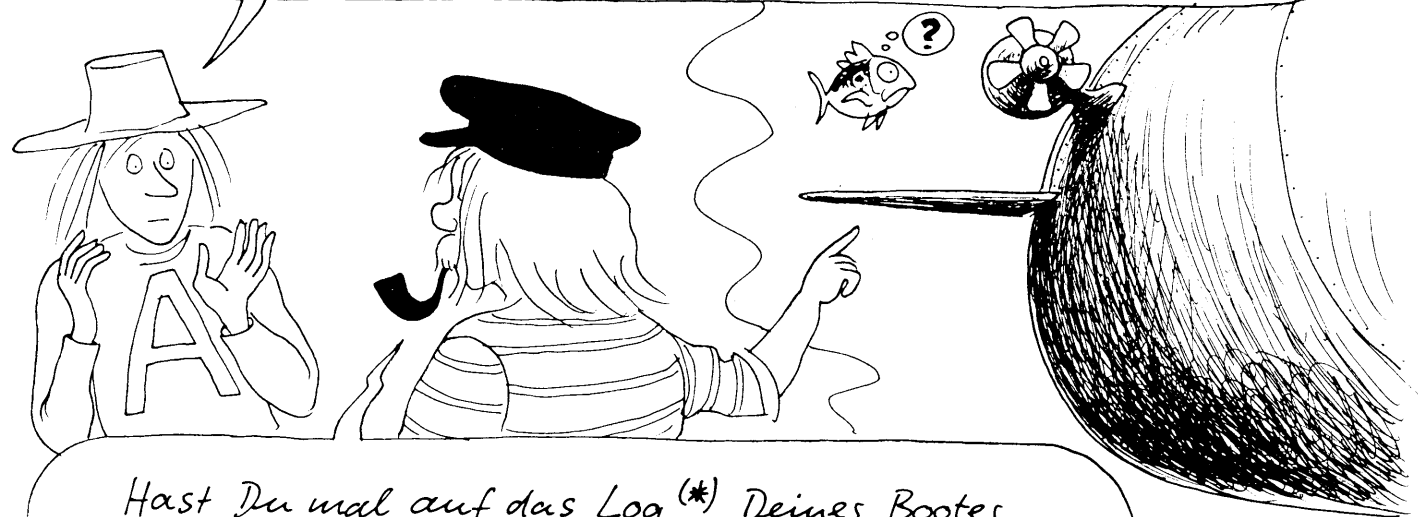


Vom Ufer aus konnten Sie
die Strecke D , die wir zurück-
legten, und die Zeit t , die wir
dafür brauchten, mit der
Uhr im Boot Nummer 3 messen.
Daraus ergibt sich als unsere
Geschwindigkeit $v = D/t$.



Diese Messungen
hat ein ruhender Beobachter
vorgenommen.

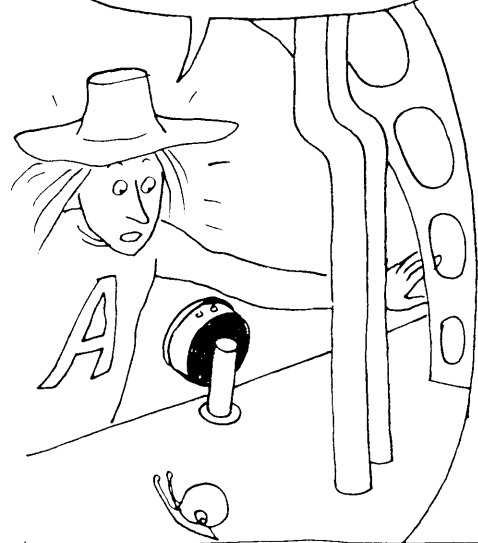
In den Booten 1 und 2 ist die Zeit langsamer verlossen.
Das ergibt eine Geschwindigkeit $V' = \frac{D}{t'}$, die größer
ist als $V = \frac{D}{t}$.



Hast Du mal auf das Log (*) Deines Bootes
geschaut? Es gibt Dir die Entfernung D' ,
die Du zurückgelegt hast.

Es zeigt
eine Entfernung D' ,
die kleiner ist als D .

Das wird
immer verrückter.



(*) Das Log ist ein Instrument, an dem sich ablesen läßt, welche
Entfernung ein Schiff zurückgelegt hat.

DIE KONTRAKTION DER LÄNGEN



$\frac{D}{t} = \frac{D'}{t'}$ das ergibt
die gleiche
Geschwindigkeit v .

Aber das
bedeutet doch, daß
sich der Raum
zusammengezogen hat
wie ein Akkordeon, oder?

Zeit und Länge
sind nur Erscheinungen.
Eine absolute Zeit gibt es
ebenso wenig wie einen
absoluten Raum.



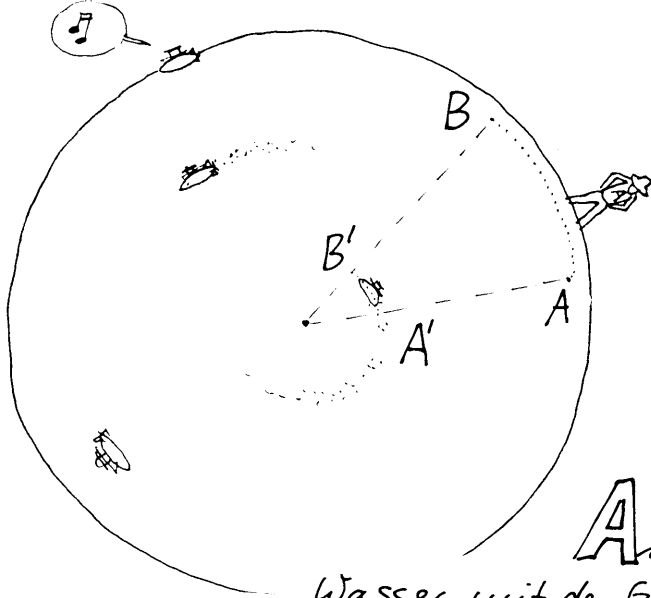
Beängstigend!



Der Cosmos-Park, in dem wir
uns befinden, und sein Ozean,
der Chronos, sind Modelle, die
die seltsame Struktur unseres
Zeit-Raums deutlich
werden lassen.



Um eine Vorstellung von der Kontraktion der Längen zu gewinnen (die man übrigens auch Lorentz-Kontraktion nennt), wollen wir uns den Cosmos-Park als eine Wasserkugel denken.



Anselmus U-Boot bewegt sich unter Wasser mit der Geschwindigkeit V und legt die bogenförmige Strecke $\widehat{A'B'} = D'$ in der an Bord gemessenen eigentlichen Zeit t' zurück. Für einen Beobachter an der Oberfläche der Kugel legt Anselmus Boot die Strecke $AB = D$ in der Zeit t zurück, und es ergibt sich

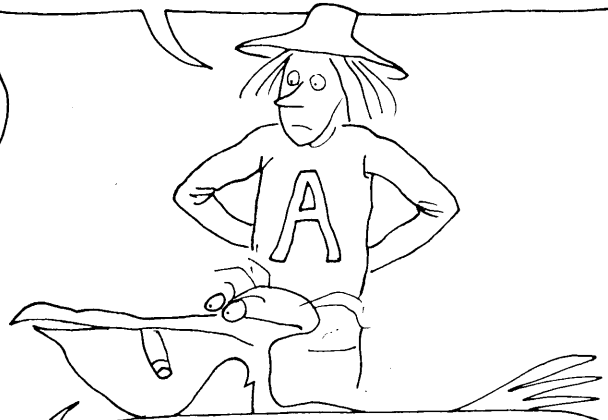
$$\frac{D'}{t'} = \frac{D}{t} = V$$

Komisch! Die Bewegung durchläuft den gleichen Winkel, und es ist die Wahrnehmung, die ihn in unterschiedliche Entfernungen verwandelt.



Warum hat man sich bloß so etwas kompliziert ausgedacht? Zeiten, die ins Schlendern geraten, und Entfernungen, die schrumpfen!

Der Grund ist die Lichtgeschwindigkeit, mein Sohn. Du wirst das noch verstehen.



Ich nehme an, daß dann alles einleuchtet?

Das ist alles gut und schön, die Geschichte mit dem U-Boot in der Wasserkugel und der Verkürzung der Längen. Aber wie soll man sich das physikalisch erklären?



Steig wieder auf das Karussell, mein Freund!



?...?

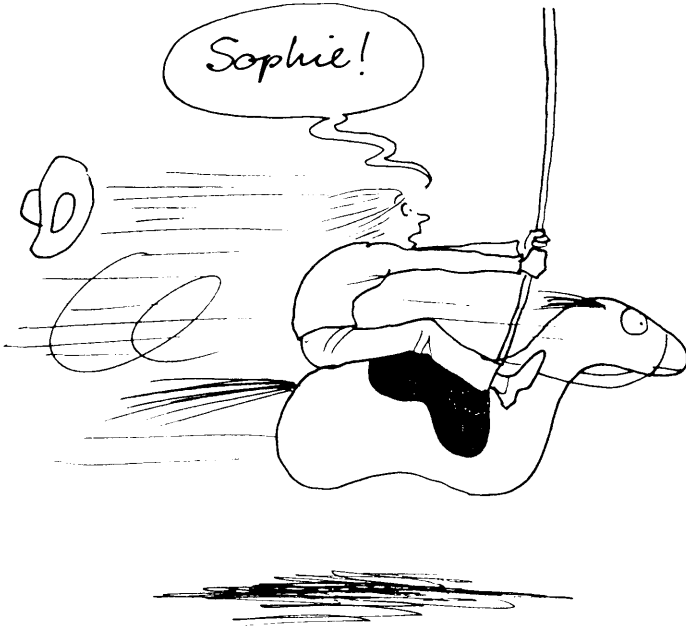


Ich bin bereit.



Du wirst sehen, was Du wissen möchtest.

Sophie!



Eutsetzlich!



Mein Lieber,
komm wieder zu Dir!
Es ist schon vorbei.

Die Physik
ist ja furchtbar!

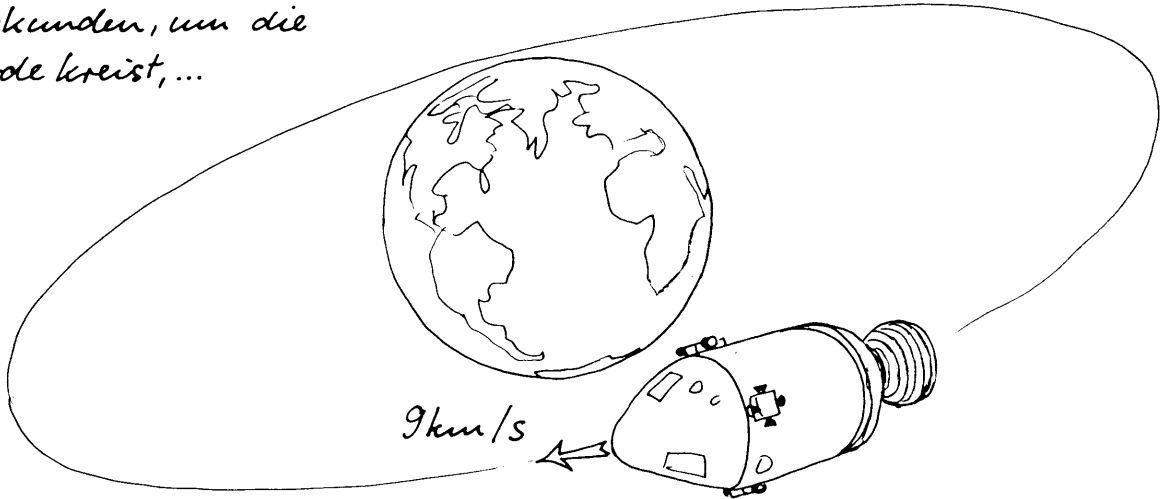


Ein Glück für uns, daß diese
Phänomene nur auftreten, wenn
unsere Geschwindigkeit in die
Nähe der Lichtgeschwindig-
keit kommt.

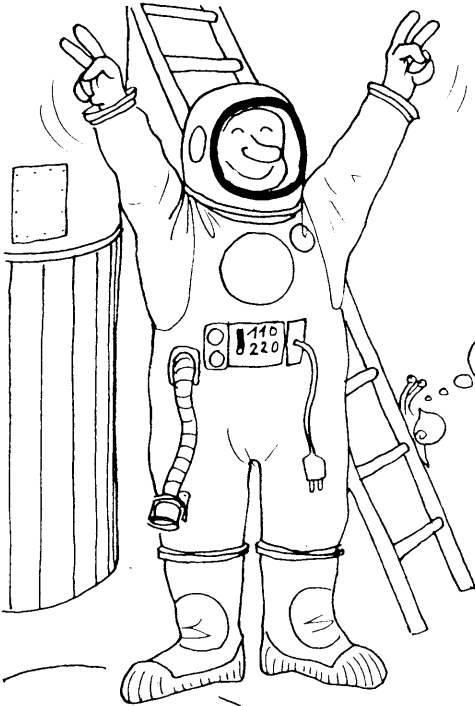


Läge die Lichtgeschwindigkeit bei
einigen Metern pro Sekunde, so wäre
unser Leben absolut unmöglich.

Wenn ein Kosmonaut 6 Monate, das heißt mehr als 15 Millionen Sekunden, um die Erde kreist, ...

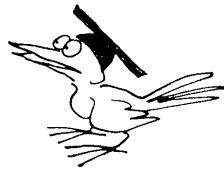


... So ist er um 1,4 Hundertstel Sekunden weniger gealtert.



Was für ein Abenteuer!

Wenn er zurückkommt, steht ihm das ins Gesicht geschrieben.



Hm...



Die Welt der Relativität ist von unserem Alltagsleben weit entfernt.

Nur die Spezialisten von der Hochenergie-Physik(*) sind an ihrer interessiert...



... und einige Personen, die eine besondere Vorliebe für Versuche im Freien haben.

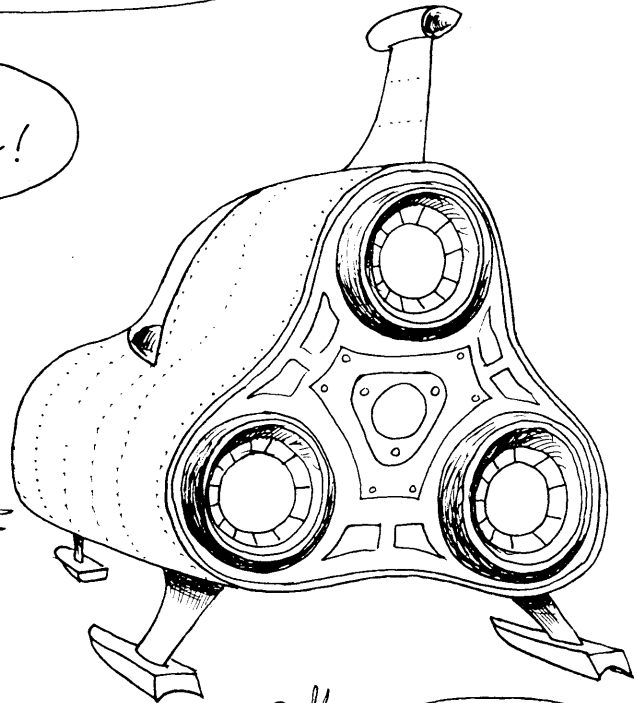
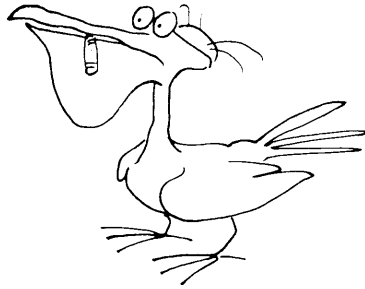


(*) Auch Plutophysik genannt, weil sie so teuer ist...

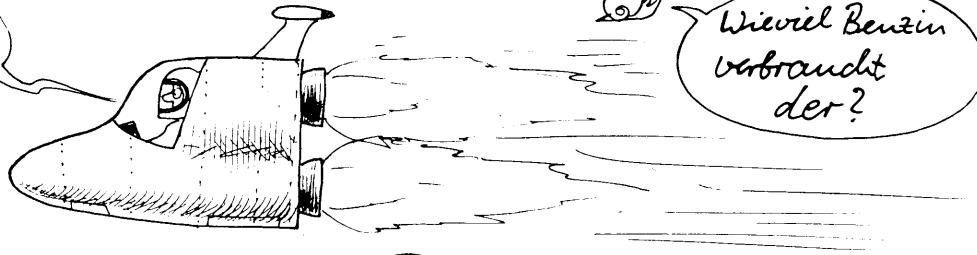
Wenn ich meine Geschwindigkeit erhöhe, schrumpft dann wirklich das Universum?



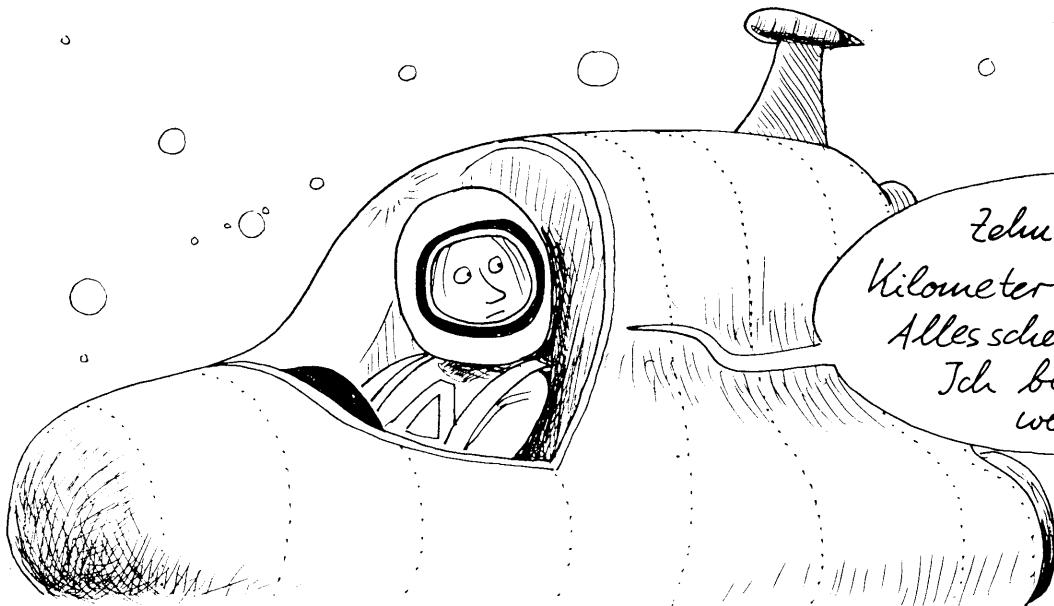
Blödsinn!



HURRAH!



Wieviel Benzin verbraucht der?

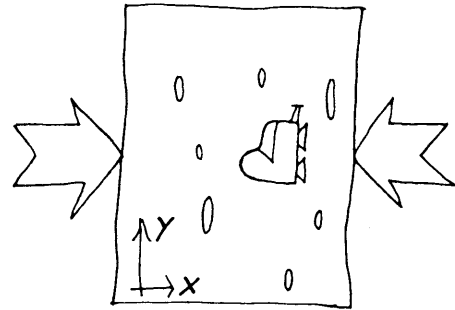
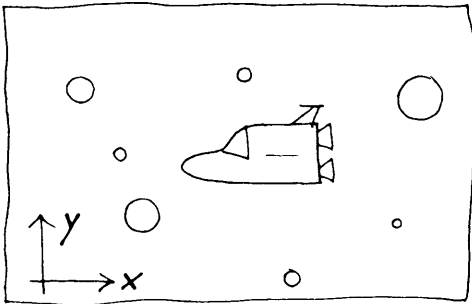


Zehntausend Kilometer pro Sekunde. Alles scheint normal. Ich beschleunige weiter!

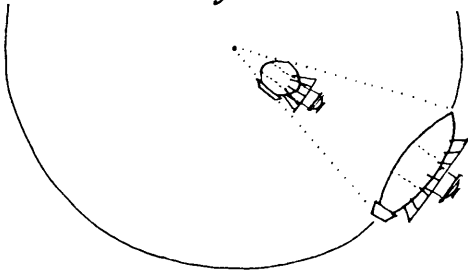
260 000 km/s. Donnerwetter,
die Sterne sehen aus wie Ellipsen
mit einem Achsen-Verhältnis
von zwei zu eins.

AMTLICHE MITTEILUNG:

Anselm konnte die Lorentz-Kontraktion gar nicht beobachten,
denn es schrumpft alles: das Universum, Anselm und sein Raum-
schiff.



Aus dem gleichen Grund nehmen die Fahrgäste des U-Bootes
im Ozean des Cosmos-Parks das
Schrumpfen ihres Bootes nicht wahr.



Die Divergenz

Also, wenn ich, Tiresias, mich beschleunige, drücke ich
das ganze Universum in der Richtung, in der ich mich
bewege, wie ein Akkordeon zusammen.



Welche Macht!

Das ist absurd! Eine Schnecke kann doch das Universum nicht schrumpfen lassen?



Ich schon!



Es dreht sich nicht darum, das Universum zusammenzudrücken oder den Lauf der Zeit zu bremsen. Entfernungen und Zeiten sind nur Erscheinungen. Alles ist Einbildung. Nichts ist absolut. Das ist die Welt der RELATIVITÄT.



Aber wie sieht das Universum denn nun wirklich aus?

Alles hängt von der Geschwindigkeit des Beobachters ab.

Geschwindigkeit in Bezug auf was?

Zwei Personen, die sich in gleicher Richtung mit der gleichen Geschwindigkeit V bewegen, sehen und erleben das Universum in gleicher Weise.

Aber wir sind im Cosmos-Park, und hier kannst Du erleben, daß das Weltall unter bestimmten Umständen ein eigenartiges Aussehen gewinnt.



WENN DIE ZEIT STILLSTEHT

ODER: DIE SEELENZUSTÄNDE DES PHOTONS



Es müßte doch eine Kombination aus Geschwindigkeit und Tiefe geben, für die der Druck außerhalb des U-Bootes gleich dem Druck im Vorratsbehälter seiner Wasserukat ist.



Und was passiert dann?

Logischerweise muß dann die Zeit stehenbleiben.



Man ist am Nullpunkt der Zeit.

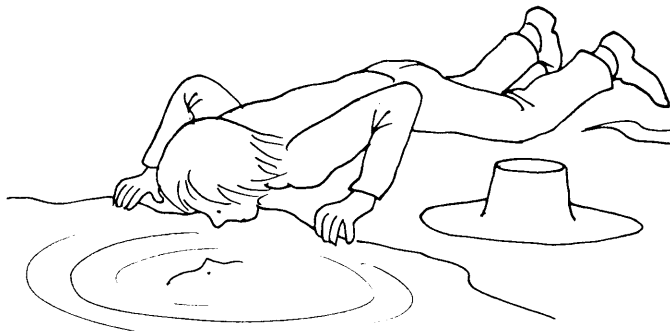
Im Cosmos-Park ereignet sich das, sobald man den Mittelpunkt der Wasserkugel erreicht.



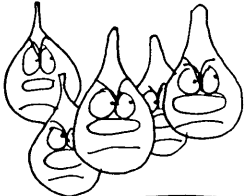
Es ist die Tiefe, in der die Geschwindigkeit 300 000 km/s beträgt.

Dort ist der Grund aller Dinge. Tiefer kann man nicht gehen.





Aber wer lebt im Mittelpunkt dieses Chronos, dort, wo der Nullpunkt der Zeit ist?



Mit der Zeit haben wir nichts zu tun.

Die PHOTONEN...

Für uns gibt es kein Leben.



... sozusagen die Körner, aus denen das Licht besteht.



Aber ich kann die Geschwindigkeit dieser Photonen messen. Sie legen in der Zeit t die Strecke D zurück, und ihre Geschwindigkeit ist $D/t = 300\,000 \text{ km/s}$.

Verfließt... sie werden geboren, sie sterben...

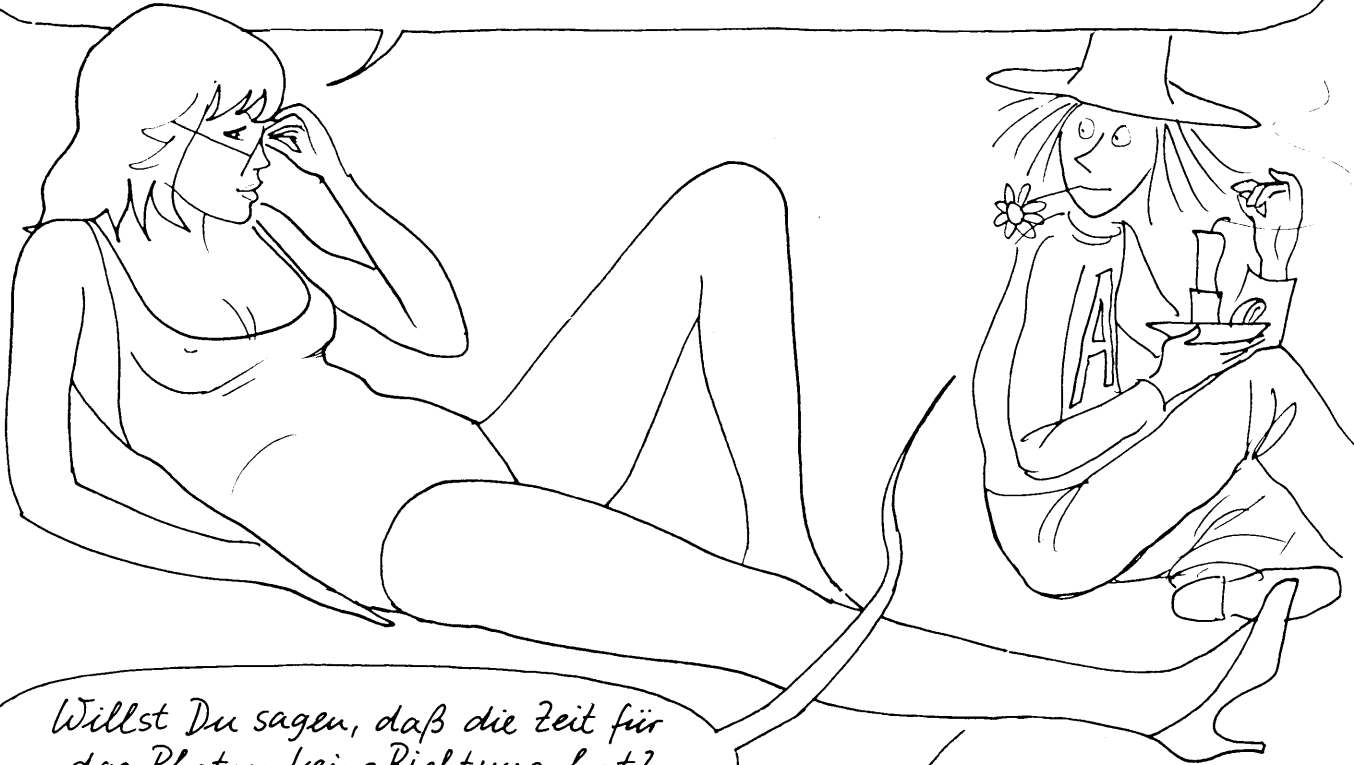


BLUB
BLUB



Aber Anselm, Du weißt doch, daß man von der Zeit auch den Plural bilden kann.

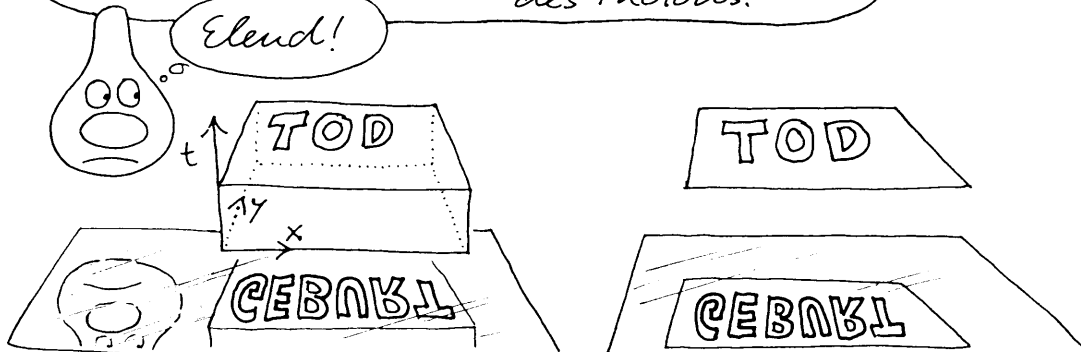
Das ist Deine Art, die Zeit zu erleben. Für ein Photon ist das ganz anders. In seinem System sind Geburt und Tod die beiden Seiten einer Medaille.



Willst Du sagen, daß die Zeit für das Photon keine Richtung hat?

Die eigentliche Zeit des Photons faßt sich in einer unendlich dünnen Gegenwart zusammen, die zwischen dem Augenblick seiner Geburt und dem seines Todes liegt. Wenn Du den dreidimensionalen Zeit-Raum in Richtung der Zeit zusammendrückst, verbleibt eine Fläche, die eine Vorderseite und eine Rückseite hat. Nach dem Unterschied zwischen Vorder- und Rückseite richtet sich die Zeit des Photons.

Eleud!



Siehst Du, Anselm, alles ist relativ. Wenn man bestimmte Geschöpfe laufen sieht, könnte man glauben, sie leben. In Wirklichkeit leben sie nicht.

Ich wüßte nur gern, ob wir endlich jemand sagt, warum die Zeit nur aus der Vergangenheit in die Zukunft geht und nicht umgekehrt.

BLUB
BLUB...

Ist das so wichtig? Im Zug der Zeit sitzt man immer in Fahrtrichtung.

Das heißt also, daß es niemand bemerken würde, wenn sich die Richtung der Zeit plötzlich umkehrte?

Sagen Sie mal, sind Sie verrückt geworden?

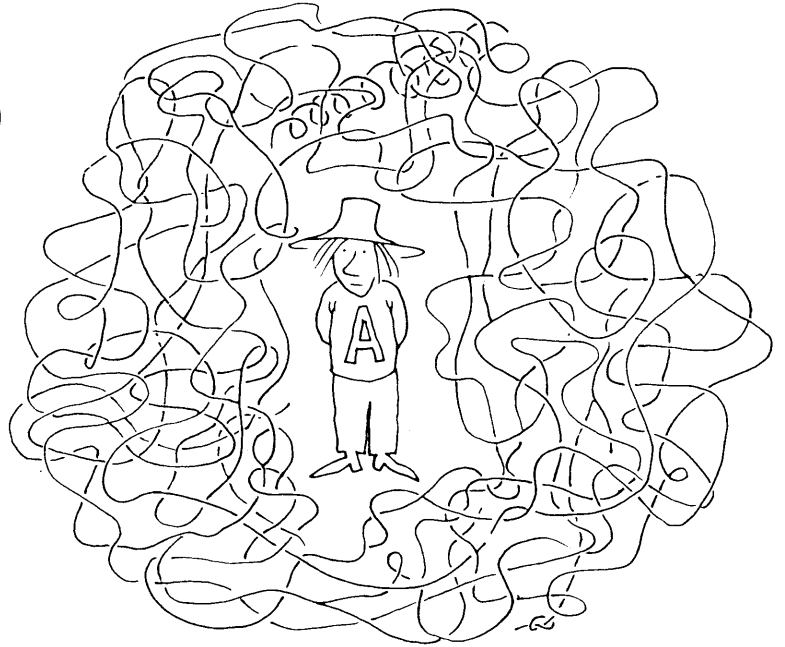
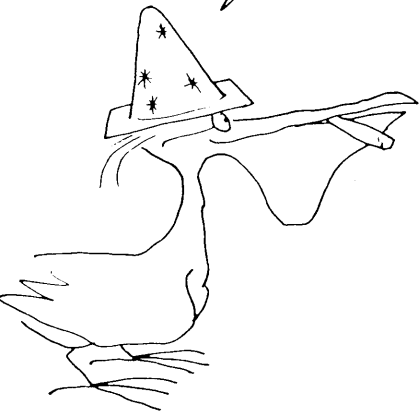


Ich möchte nur für einen Augenblick ein Photon sein, um zu erfahren, wie es das Universum sieht.

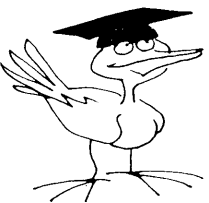


Es ist uns unmöglich, einen vierdimensionalen Zeit-Raum zu zeichnen. Aber man kann in einem dreidimensionalen Raum die Bahnen aller Dinge im Universum darstellen, so wie sie ein unbewegter Beobachter während seines Lebens sieht.

Man bekommt so etwas wie eine sehr lange belichtete, dreidimensionale Photographie.

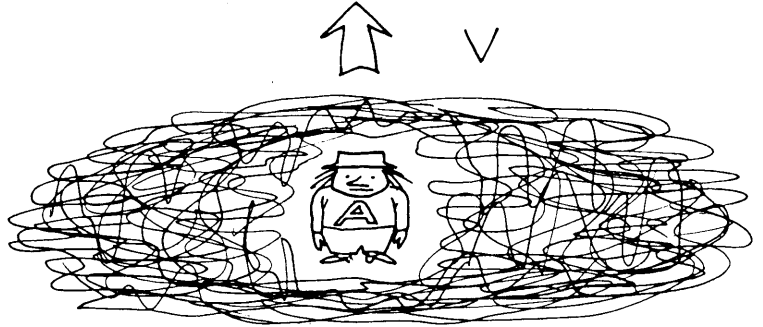
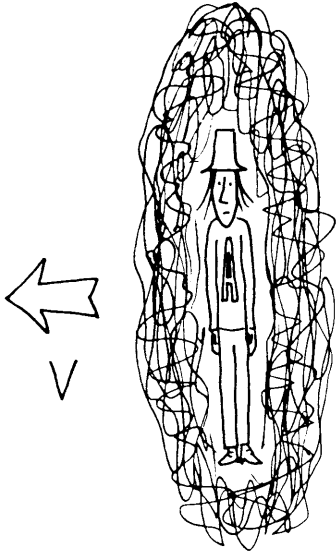


Sieht aus wie ein Sack voll Spaghetti.



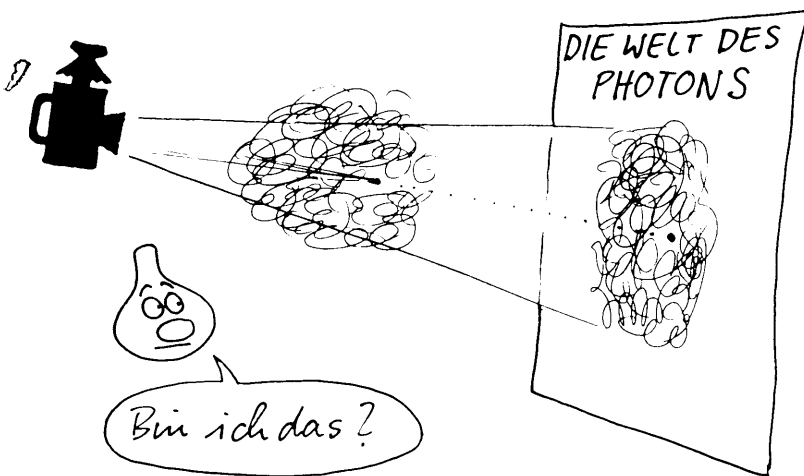
Mich erinnert das an einen Bausch Stahlwolle.

Hinsichtlich der Längen ist dieses Universum elastisch. Wenn ein anderer Beobachter mit der Geschwindigkeit V an diesem Universum vorbeifliegt, so sieht es für ihn aus, als wäre es in der Richtung seines Fluges zusammengedrückt.

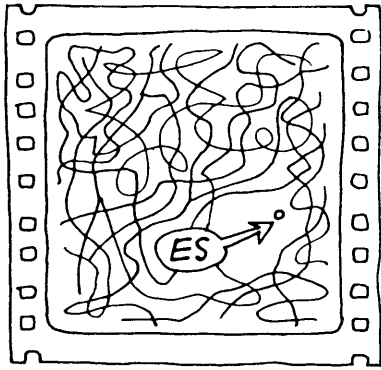


Das Photon treibt diesen Kontraktions-effekt aufs Äußerste. Wir haben gesehen, daß seine eigentliche Zeit ganz flachgedrückt ist. Ebenso empfindet ein

Photon das Universum in der Richtung, in der es sich bewegt, als vollkommen flach. Die Welt des Photons ist zweidimensional, und es ist selbst in dieser seltsamen Welt ein kleines, flaches Stück Kouffetti.



Dieses Bild erhält man, wenn man den „Sack voll Spaghetti“, der den unbewegten Beobachter umgibt, mit einer Loupe durchstrahlt, denn das Photon bewegt sich in der Richtung des Lichtstrahls.

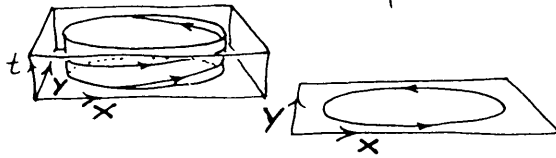
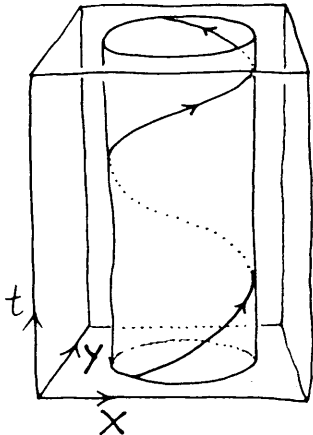


Um die Welt so wie ein Photon zu sehen, müßte man mit einer Filmkamera in Richtung seiner Bewegung fahren und alle Bilder des Films übereinanderlegen.

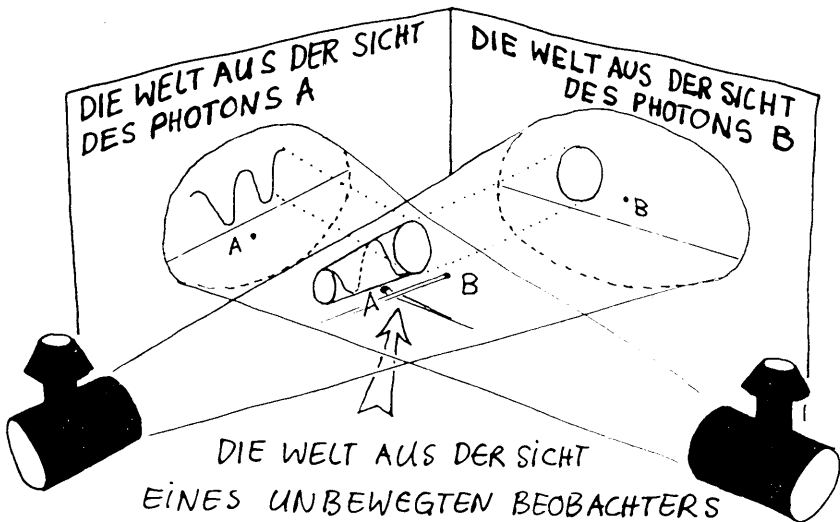


URAUFFÜHRUNG:
DIE WELT DES PHOTONS

So wie hier.



In Richtung der Zeitachse zusammengeedrückt, würde die Bahn der Spinne wieder zu einem Kreis!

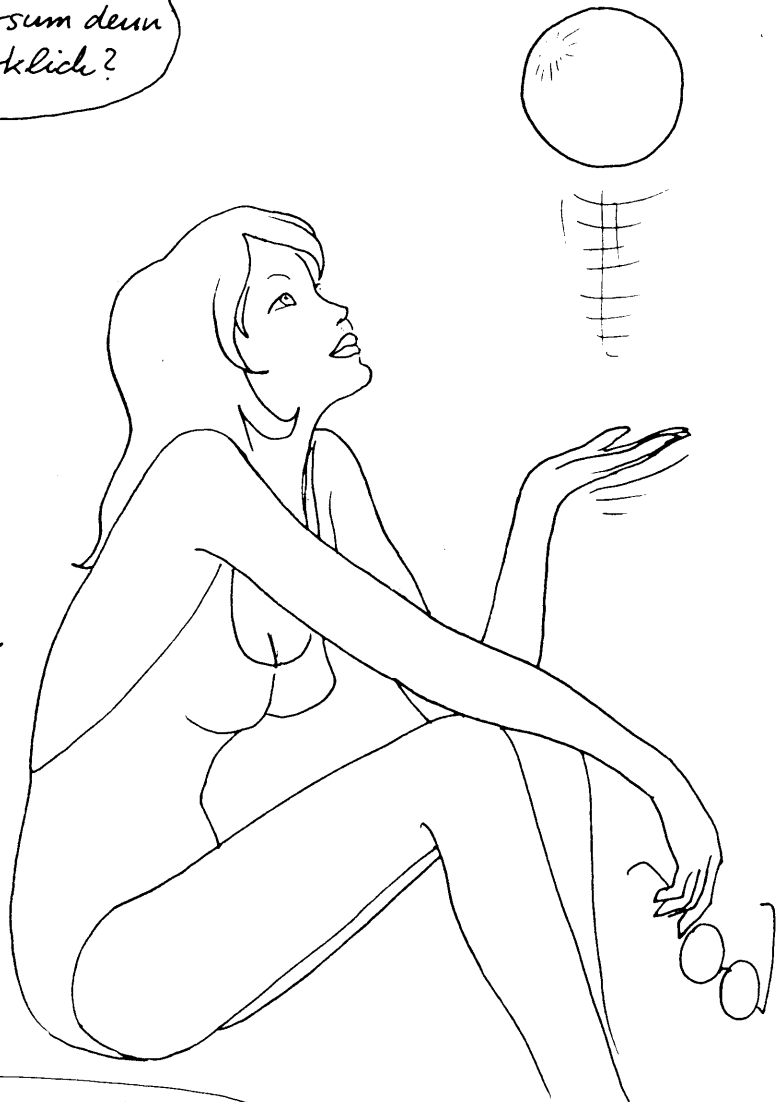


Zwei Photonen mit unterschiedlichen Bewegungsrichtungen haben verschiedene Vorstellungen von der Welt.





Aber was ist das Universum denn nun wirklich?



Es ist alles und nichts zugleich. Es gibt tausend und eine Möglichkeiten, es zu sehen und zu erleben.



x, y, t... Das ist alles ein riesiger Schwindel!

Schäm Dich!
So kommst Du nicht weiter.

Immer vor schnell,
diese Jugend!



UNVERÄNDERLICHE LICHTGESCHWINDIGKEIT, VERÄNDERLICHE MASSE



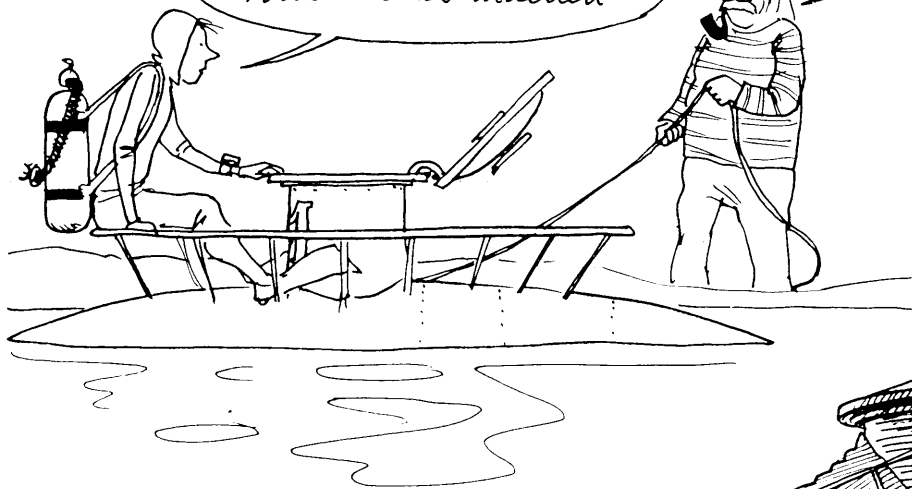
Sophie,
ich werde in den
Chronos tauchen.
Ich will auf den
Grund der Dinge
kommen.

Sei vorsichtig
mein Lieber!



AB-
scheulich!

Herr Albert, ich
würde gern eine Tauchfahrt
im Chronos machen



Wie Du willst, mein Sohn.

Fest entschlossen, den
Photonen in die Augen
zu blicken, hat sich
Anselm auf der Brücke
des U-Bootes fest-
gebunden.





Die Photonen!
Ich sehe sie.

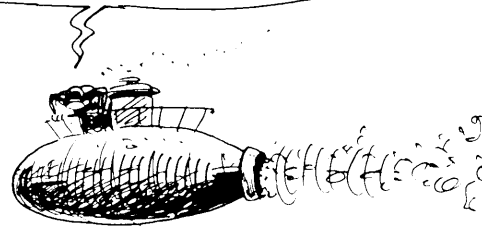
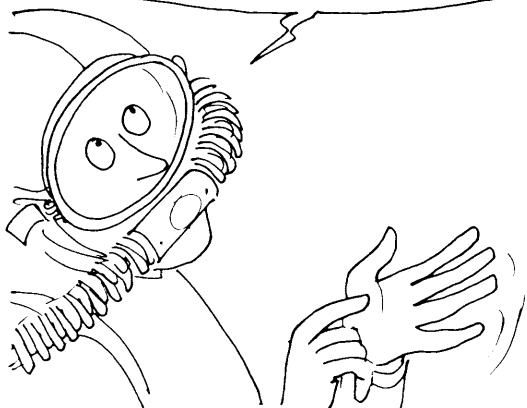
Wie tief der
Chronos ist!

Mein Tiefenmesser
zeigt die
Geschwindigkeit v_1 .

Dieses Photon legt die Strecke D_1
in der Zeit t_1 zurück.

Ich dividiere D_1 durch t_1
und erhalte
300 000 km/s.

Beschleunigen Sie,
Herr Albert,
beschleunigen Sie!



Jetzt bin ich bei der Geschwindigkeit v_2 . Sie ist größer als v_1 , und ich werde die nächste Messung machen.



Dieses Photon durchläuft D_2 in der Zeit t_2 .

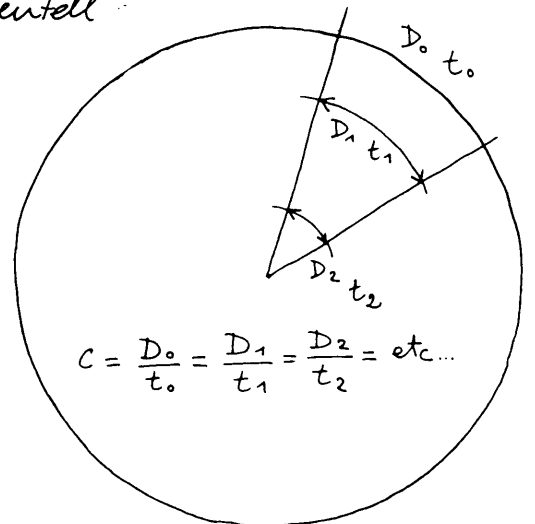
Seine Geschwindigkeit ist $D_2/t_2 = 300\,000\text{ km/s}$. Seltsam.

Es ist genau so schnell.

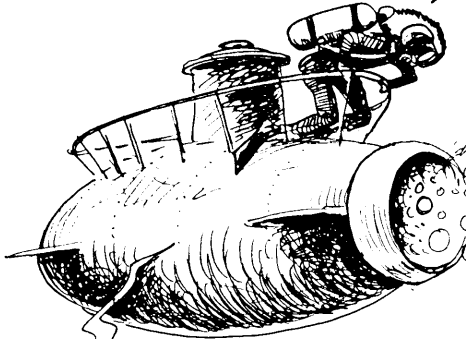
Alle Beobachter, einerlei wie schnell sie sich bewegen, messen für die Photonen die gleiche Geschwindigkeit c . Offenbar haben die Photonen im Cosmos-Park wirklich eine außergewöhnliche Stellung. Sie verhalten sich wie kleine Scheinwerfer, die sich mit konstanter Winkelgeschwindigkeit drehen. Durch das doppelte Spiel der Änderung der Länge und der eigentlichen Zeit findet jeder Beobachter immer $c = \frac{D}{t} = 300\,000\text{ km/s}$. Diese Konstanz der Lichtgeschwindigkeit wurde 1881 von Michelson und Morley experimentell bewiesen.

Vierunddreißig Jahre später warf Albert Einstein das klassische Modell des Zeit-Raums, mit dem sich diese Konstanz nicht erklären ließ, auf den Müll und baute einen neuen Zeit-Raum auf, von dem der Cosmos-Park eine Vorstellung gibt:

Den Zeit-Raum der RELATIVITÄT.



Wir holen sie ein!
Beschleunigen Sie, Herr Albert,
beschleunigen Sie noch mehr!



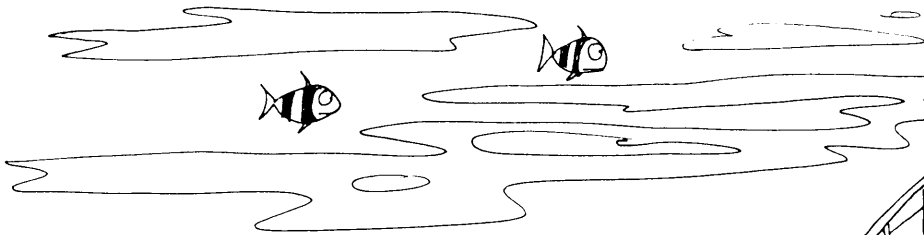
BLUB

BLUB

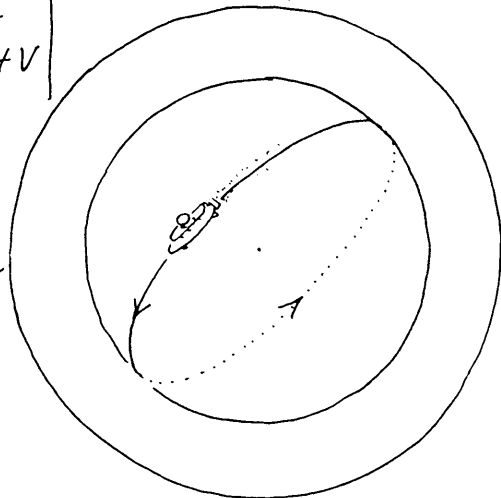
BLUB

Unmöglich,
mein Sohn.

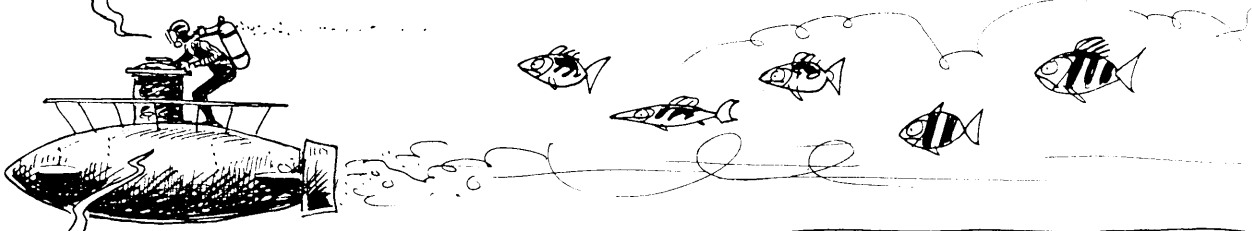
Warum?



Chronos setzt meinem Boot keinen Widerstand entgegen (daher hat mein Boot ein Düsentriebwerk). Ich muß nur die Trägheit des Bootes überwinden. Sobald ich eine Geschwindigkeit V erreicht habe, kann ich den Motor abstellen. Das Boot fährt dann immer auf einem Großkreis der Kugel, die seiner Tiefe entspricht.



Wo liegt das Problem? Stellen Sie den Motor wieder an und beschleunigen Sie weiter, damit wir diese verdammten Photonen einholen können!



Das wird uns nicht gelingen. Je tiefer wir gehen, umso dichter wird Chloros und umso stärker füllen sich unsere Ballasttanks. Wir werden unheimlich schwer. Unsere Masse wächst.

AMTLICHE MITTEILUNG:

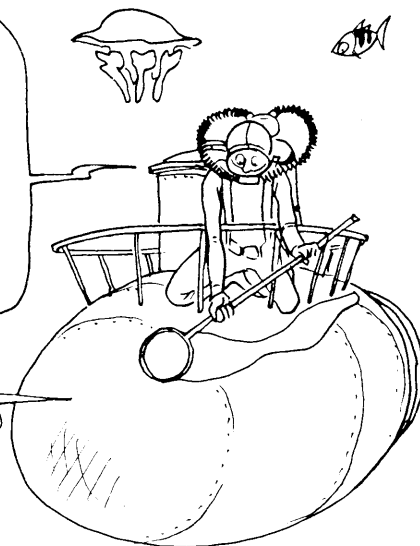
Man hüte sich vor dem Glauben, daß man sich nur bewegen müsse, um schlank zu werden. In Wirklichkeit nimmt die Masse m_0 , die man in der Ruhelage hat, auf den Wert $m = m_0 / \sqrt{1 - v^2/c^2}$ zu, sobald man sich mit der Geschwindigkeit v bewegt. Erst wenn man stehenbleibt, hat man wieder seine ursprüngliche Masse m_0 .

Die Direktion

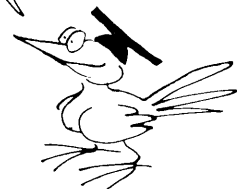


Aber das ist unsinnig! Wir haben es bald geschafft. Wir sind schon bei $0,995c$, und ich kann sie schon fast berühren.

Wir haben jetzt die zehnfache Masse und beschleunigen kaum noch.



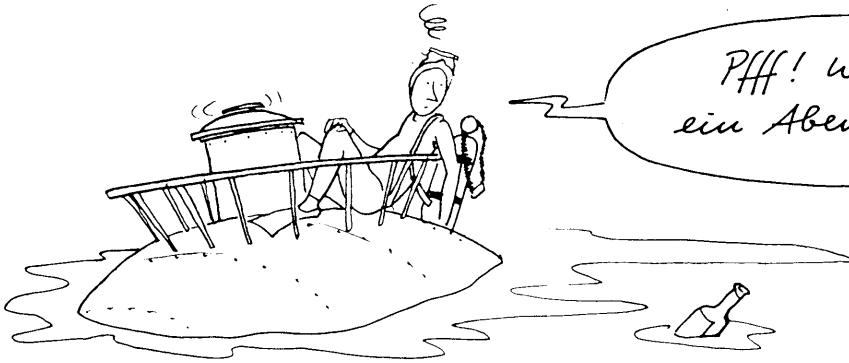
Bei $v = 0,99999c$ wächst ihre Masse auf das 224-fache.



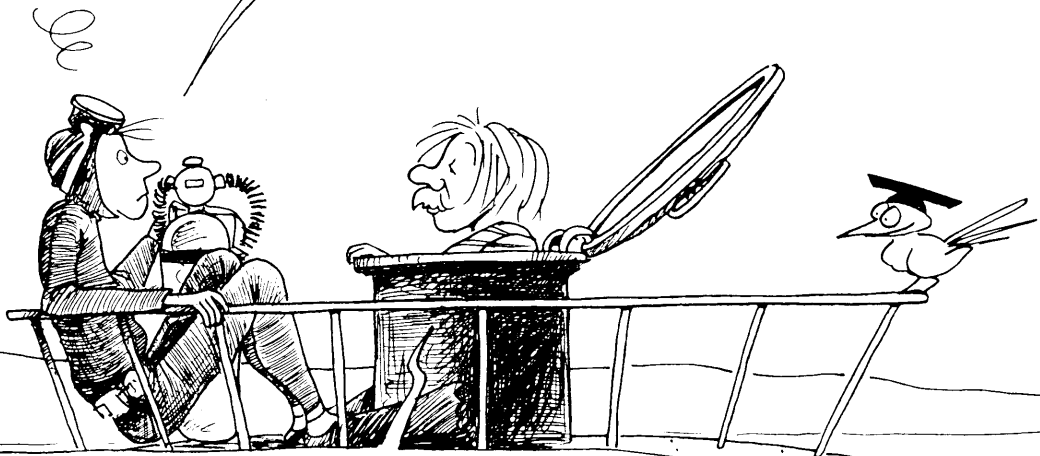
Es ist nutzlos, auf einer weiteren Beschleunigung zu bestehen. Wir würden unendlich viel Energie verbrauchen, wollten wir versuchen, die Photonen einzuholen. Vorsicht, ich fahre langsamer!



Pfff! Was für ein Abenteuer!



Wenn ich es recht verstehe, erhöht man die Masse eines Körpers umso stärker, je mehr Energie man ihm überträgt?

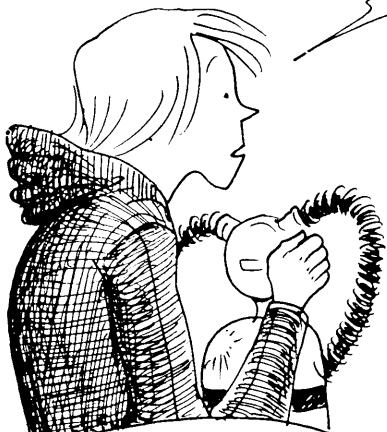


Das ist ganz normal. Energie und Masse sind schließlich gleichartige Dinge.



Bis auf eine Konstante (das Quadrat der Lichtgeschwindigkeit c) sind sie sogar mathematisch gleich, das heißt, man kann schreiben $E = m \times c^2$.
Und wenn wir als Einheit der Länge eine Strecke von dreihundertmillionen Meter nehmen, so könnten wir auch schreiben: $E = m$.
Es ist nur eine Frage der verwendeten Einheiten.

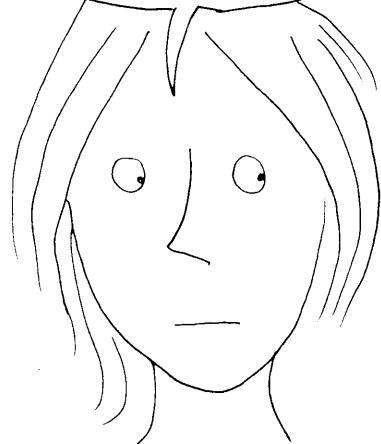
Aber woher kommt dieser Wert von dreihundertmillionen Meter pro Sekunde?



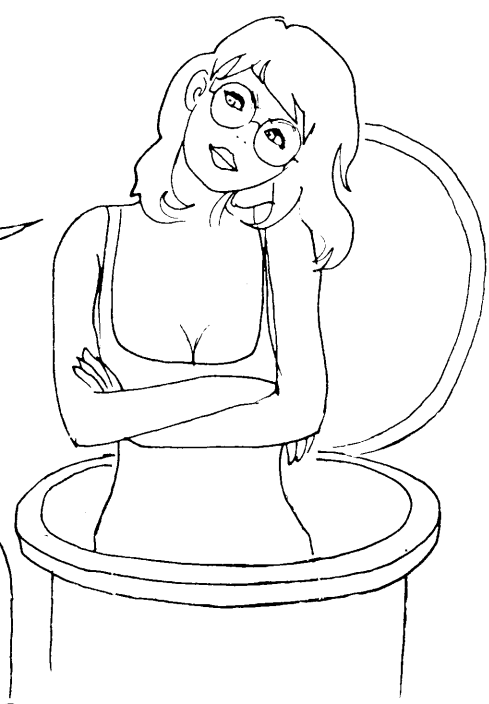
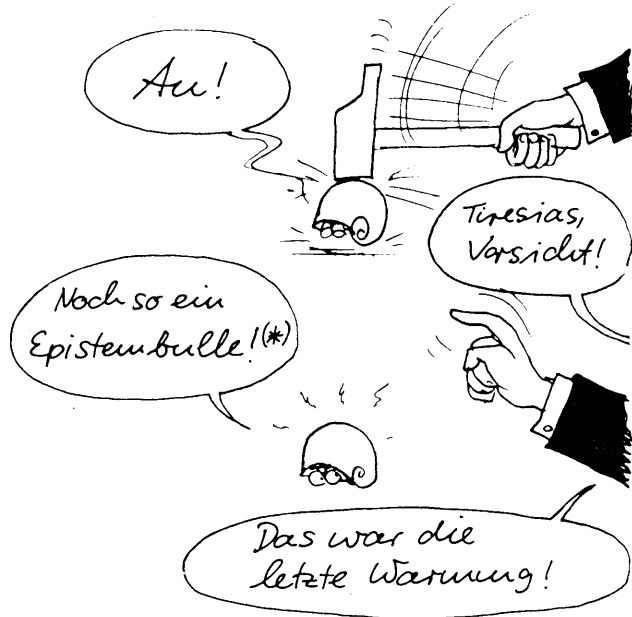
Was soll ich?



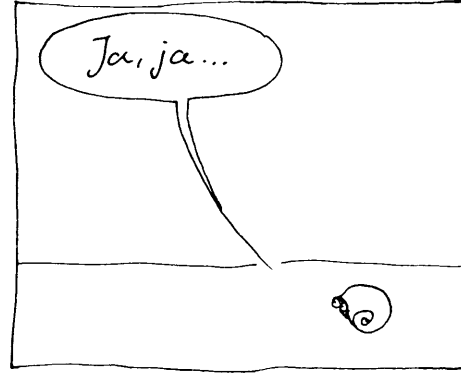
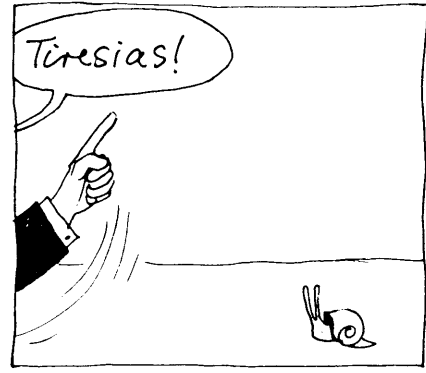
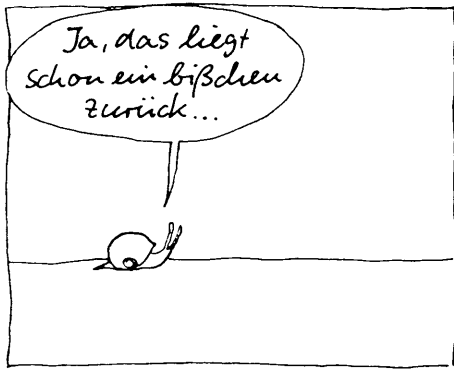
An Deiner Stelle würde ich die Frage umkehren: Woher stammt das Meter pro Sekunde?



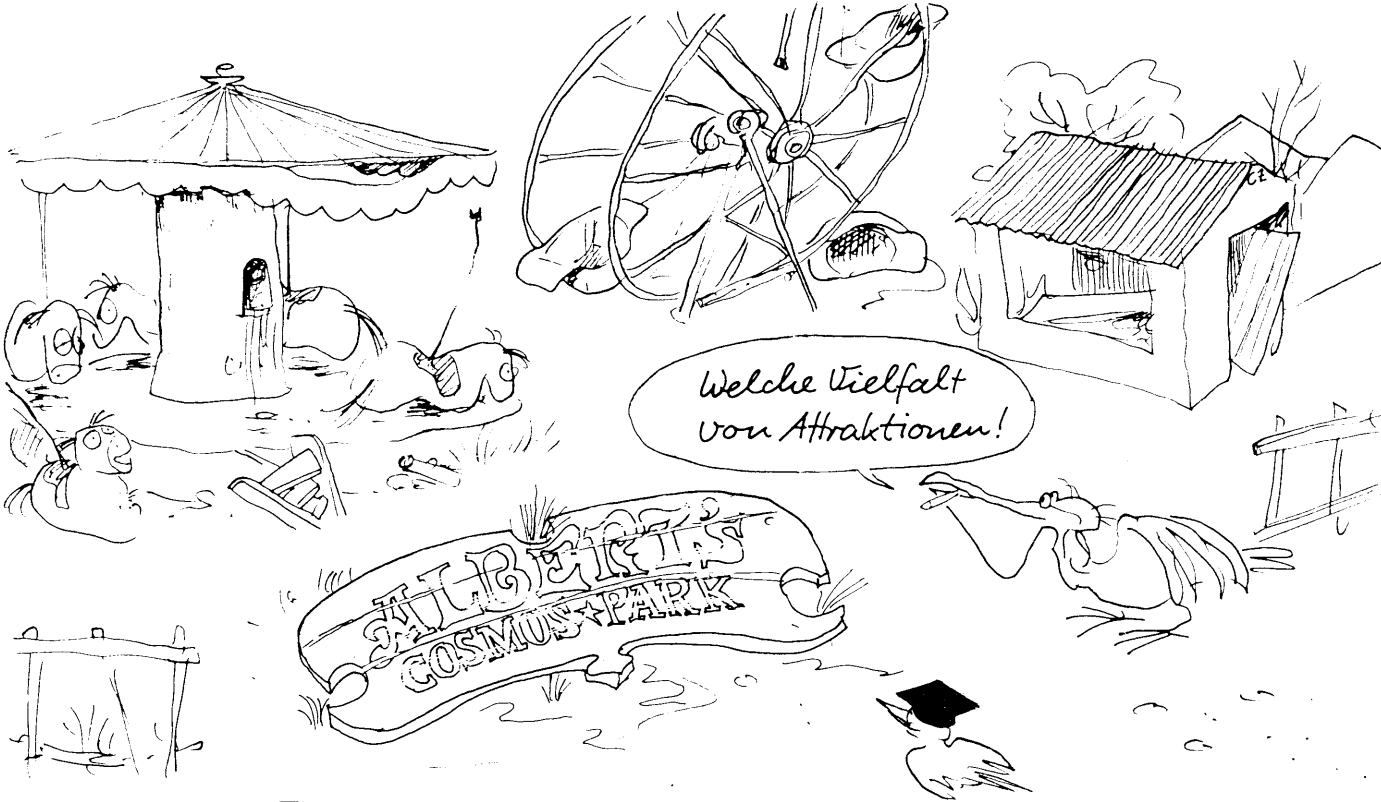
Die Lichtgeschwindigkeit c ist die eigentliche, kosmische und allgemeine Einheit der Geschwindigkeit. Unser Meter pro Sekunde ist nichts weiter als ein lumpiges Stück davon.



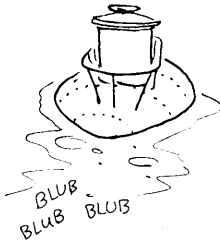
(*) EPISTEM (GRIECH.): WISSEN ; BULLE (DTSCH.): POLIZIST.



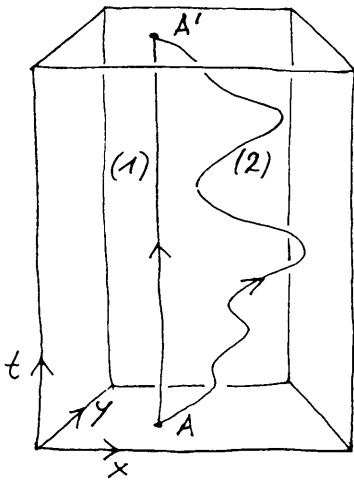
Das Gebäude der Wissenschaft bekommt immer wieder Risse und stürzt an einigen Stellen ein, aber stets erwächst es neu aus seinen Ruinen.



Was wollte er
damit sagen?

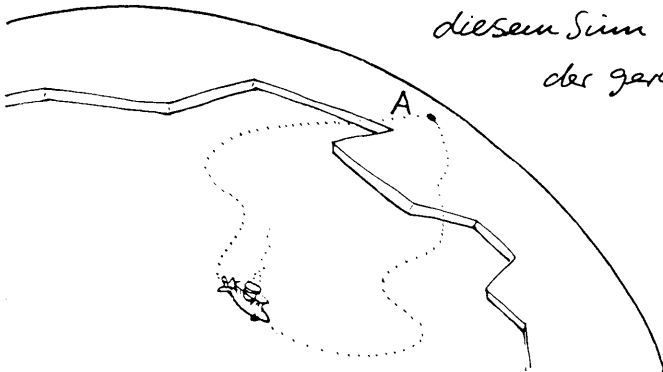


Ganz einfach, daß in unserem
Zeit-Raum die Gerade der längste
Weg von einem Punkt zum
anderen ist.



B Beispielsweise ergibt sich der gerade Weg (1) von
A nach A', wenn man an der Stelle A stehen bleibt.
Der kurvenreiche Weg (2) bedeutet, daß eine Person den
Punkt A verläßt und zu ihm zurückkehrt. Da sich
die Person auf dem Weg (2) mit wechselnder Geschwin-
digkeit bewegt, läuft ihre eigentliche Zeit langsamer
ab als die eines unbewegten Beobachters.

D Die wahre Entfernung in unserem Zeit-Raum
entspricht der abgelaufenen eigentlichen Zeit. In
diesem Sinn ist der kurvenreiche Weg „kürzer“ als
der gerade.



Auseln!



Es ist verrückt, daß man
einen Weg Zurücklegen muß,
um an der gleichen Stelle
zu bleiben!



DIE UNMÖGLICHE REISE



Sophie,
was weiß man von
den Sternen?

Über Cosmos-Park
ist es Nacht
geworden.

Sie
sind Sonnen
wie die
unsere.

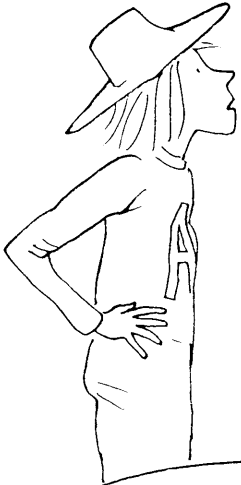


Ja, Anselm.

Also dreht sich die Erde
um den Sonnenstern?
Haben die anderen
Sonnen auch Planeten,
andere Erden?



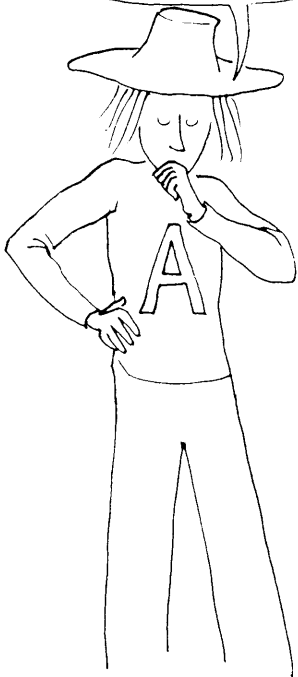
Die Sonne,
die der unsrigen am
nächsten liegt, ist...?



... der Stern Alpha im
Sternbild des Stiers. Sein Licht
braucht vier Jahre, um zu uns
zu kommen.



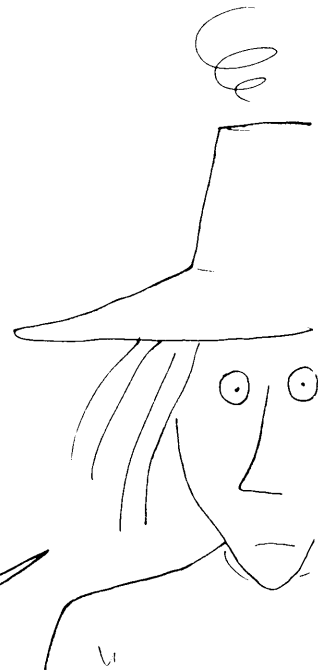
Das heißt, ...
dieser Stern ist
vierzigtausend Milliarden
Kilometer weit weg, ...



... wogegen Pluto an der
Grenze unseres Sonnensystems
nur fünf Milliarden Kilometer von
uns entfernt ist. Das entspricht
etwas weniger als fünf Lichtstunden.



Die nächste Sonne ist also rund
zehntausendmal weiter weg. Das Universum
ist ja entsetzliche groß.

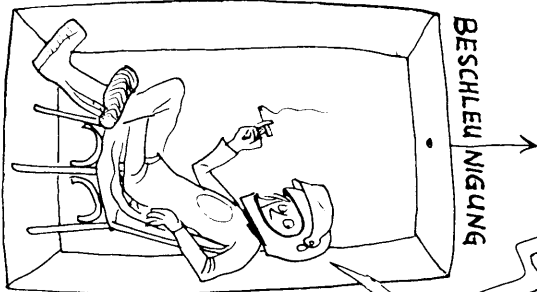


Herr Albert hat mir erklärt, daß man sehr viel Energie braucht, um sich der Lichtgeschwindigkeit auch nur ein Stück zu nähern, um also etwa 100000 km/s zu erreichen.

Nehmen wir an, ich hätte einen Raketenmotor, der meinem Gefährt eine Beschleunigung von einem g gibt, der meine Geschwindigkeit also in jeder Sekunde um zehn Meter pro Sekunde wachsen läßt,...



Hier ist Anselms zwei-Zimmerwohnung mit Küche und Bad.



... dann entspricht meine Schwere meinem Gewicht, und ich kann sie beliebig lange ertragen.

Bei dieser Beschleunigung würde es vier Monate dauern, bis ich die Geschwindigkeit von 100000 km/s erreiche. In dieser Zeit würde ich ein Hundertstel des Weges bis zur nächsten Sonne zurücklegen.

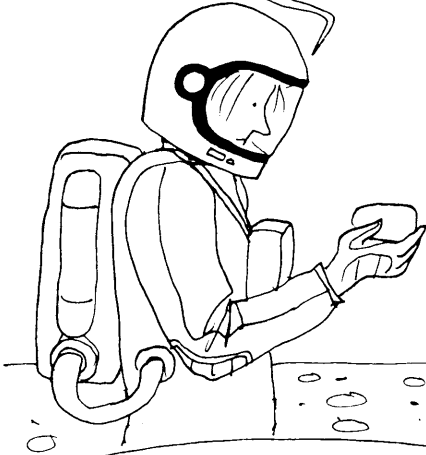


Dann verbleiben zwölf Jahre zum Reisen, ohne die vier Monate zu zählen, die ich zum Bremsen brauche.

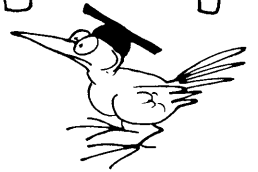
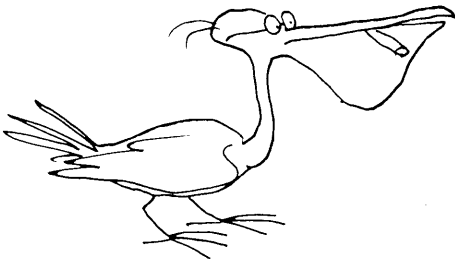


Noch einmal so viel Zeit wäre nötig, um auf die Erde zurück zu kehren, damit ich erzählen kann, was ich erlebt habe.

Es ist unwahrscheinlich, daß wir im Universum die einzigen Lebewesen sind. Aber wenn es bewohnte Planeten gibt, ist der nächste sicher weiter entfernt als vier Lichtjahre.



Mit anderen Worten: man müßte sein Leben opfern, wollte man nach den Gesetzen des Cosmos-Parks dort hin reisen.



Was bleibt zu tun?

Ist die Reise ganz unmöglich?



Hört diese Junge denn nie auf, Fragen zu stellen?



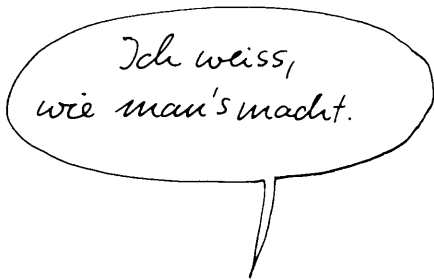
Der Versuch, schneller als mit Lichtgeschwindigkeit zu fliegen, hat keinen Sinn. Ebenso gut könnte man versuchen, in der Wasserkugel des Cosmos-Parks tiefer zu tauchen als bis zum Mittelpunkt.



Vielleicht ist ja der Cosmos-Park nicht das beste Modell?



Das hilft mir gar nichts!
Das sagt mir nicht, wie ich in einer vernünftigen Zeit zu den Sternen fliegen kann.



ENDE