

LAURENT SCHAFFER

COSMIX

KOSMOS

VOM URKNALL BIS
ZUM MENSCHEN



GRAPHIC
NOVEL

LAURENT SCHAFFER

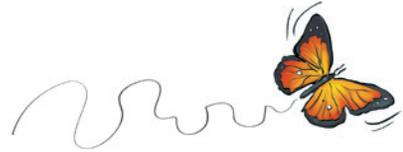
COSMIX

VOM URKNALL BIS ZUM MENSCHEN

AUS DEM FRANZÖSISCHEN
VON RALF PANNOWITSCH

KOSMOS

Inhalt



Die Personen	7
Prolog	<i>WOHER KOMMEN WIR?</i>	8
Kapitel 1	<i>FALL UND ZUFALL</i>	12
Kapitel 2	<i>DIE ERDZEITALTER</i>	37
Kapitel 3	<i>DER UNORDNUNG ENTGEGEN</i>	57
Kapitel 4	<i>AUF DEM WEG ZUR ORDNUNG</i>	79
Kapitel 5	<i>DIE UNWAHRSCHEINLICHE ODYSSEE</i>	103
Kapitel 6	<i>VOM UNBELEBTEN ZUM LEBENDIGEN</i>	117
Kapitel 7	<i>DIE UNBERECHENBARE EVOLUTION</i>	142
Kapitel 8	<i>DIE SELTSAME ZWISCHENWELT</i>	162
Kapitel 9	<i>DAS NICHTLOKALE UNIVERSUM</i>	174
Kapitel 10	<i>REALITÄT UND BEWUSSTSEIN</i>	200
Auswahlbibliografie	223
Dank	224





Welches Thema dich auch begeistert - auf unsere Expertise kannst du dich verlassen. Und das schon seit über 200 Jahren.

Unser Anspruch ist es, dich mit wertvollem Rat zu begleiten, dich zu inspirieren und deinen Horizont zu erweitern.

BEGEISTERUNG DURCH KOMPETENZ

Unsere Autorinnen und Autoren vereinen professionelles Know-how mit großer Leidenschaft für ihre Themen.

WISSEN, DAS DICH WEITERBRINGT

Leicht verständlich, lebensnah und informativ für dich auf den Punkt gebracht.

SACHVERSTAND, DEN MAN SEHEN KANN

Mit aussagestarken Fotos, Zeichnungen und Grafiken werden Inhalte besonders anschaulich aufbereitet.

QUALITÄT FÜR HEUTE UND MORGEN

Dafür sorgen langlebige Verarbeitung und ressourcenschonende Produktion.

Du hast noch Fragen oder Anregungen?
Dann schreibe uns: [kosmos.de/servicecenter](https://www.kosmos.de/servicecenter)

Die Personen

MAI, eine Journalistin,
die besessen von Asien
und der Kawaii-Kultur ist



MAX, Mais Partner.
Computerfreak und ...
Leckermaul



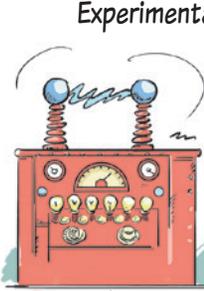
Der **COTYLORHYNCHUS**,
ein Vorfahre der
Dinosaurier



QIAN, Geologin
und große Reisende

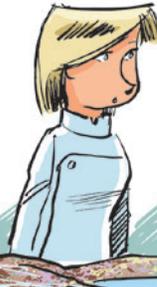


Das ist **HILBERT**, der
Lebensgefährte von Luce
— eine Koryphäe in
Experimentalphysik



ADAM, ein Fan
von unmöglichem
Krimskrams

ZOÉ, neugierig und
geistreich



LUCE, die Tochter
von Zoé und Adam,
naturwissenschaftlich
hochbegabt

Begrüßen Sie auch
LUCA, Ihren ältesten
Verwandten!

GERDA, die hühnerhafteste
Heldin dieses Abenteuers



BASTIEN, 10 Jahre, ist der
Neffe von Adam und Zoé.
Er ist oft bei ihnen.

ADONIE,
Qians Tochter



Prolog

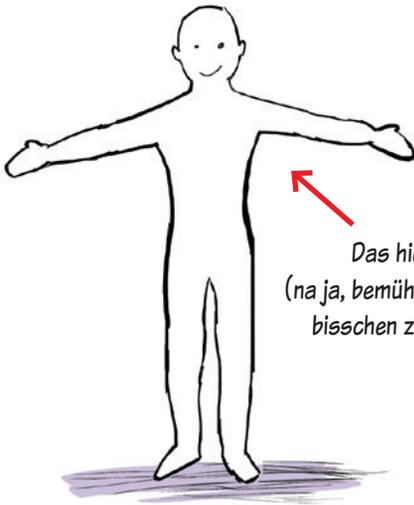
WOHER KOMMEN WIR?

„Wir sind nicht ‚auf die Welt gekommen‘, wir sind ‚aus ihr hervorgegangen‘, wie Blätter aus einem Baum. Wie der Ozean ‚wogt‘, so ‚bevölkert‘ sich das Universum. Jeder Einzelne ist ein Ausdruck des ganzen Reichs der Natur, eine einmalige Handlung des gesamten Universums.“

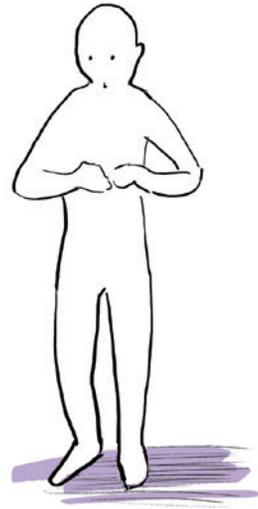
Alan Wilson Watts, *Die Illusion des Ich*

Glückwunsch, Sie sind da! Sie existieren in diesem Universum. Das ist eine echte Großtat! (Und außerdem lesen Sie gute Bücher).

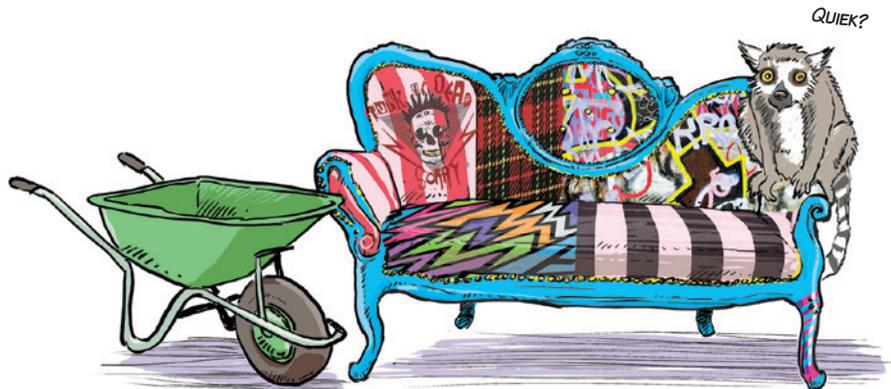
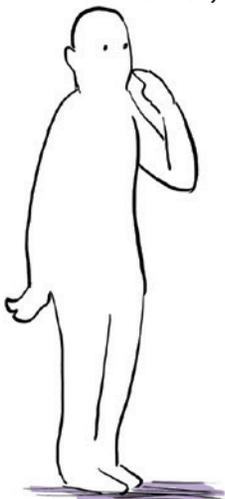
Machen Sie sich das bewusst: Es hat Milliarden von Jahren gebraucht, um die Milliarden und Abermilliarden Atome zu schaffen, aus denen Sie zusammengesetzt sind.



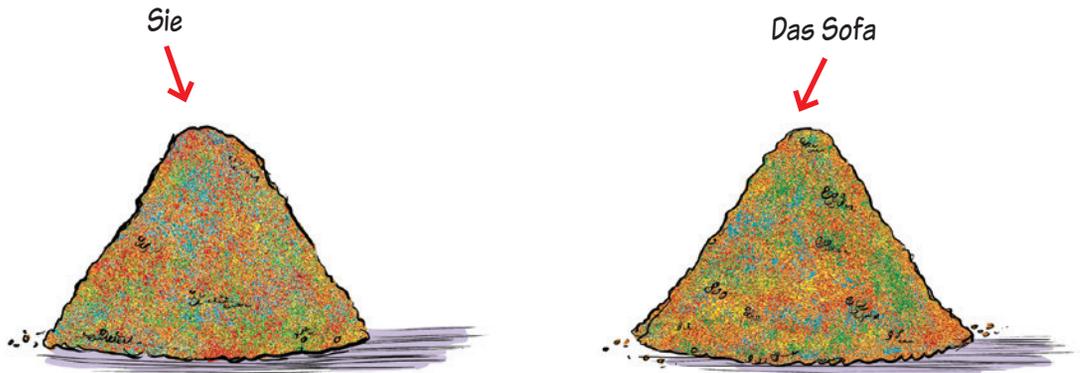
Das hier sind „Sie“
(na ja, bemühen Sie sich mal, ein bisschen zu abstrahieren).



Diese Atome haben sich extra für Sie zusammengefunden. Und sie müssen ausreichend lange zusammenwirken, damit Sie weiterhin „Sie“ sind. Ein Glücksfall! Sie hätten auch ein Lemur sein können, eine Schubkarre oder ein Sofa im neoindustriell-postnihilistischen Stil.



Das Sofa und Sie bestehen aus exakt denselben Elementen. Auf der Ebene der Atome unterscheidet Sie beide absolut nichts voneinander. Schon der britisch-amerikanische Autor Bill Bryson merkte boshaft an, das einzig Besondere an den Atomen, die Sie bilden, sei, dass sie Sie bilden.
 Banaler ausgedrückt: Sie sind genau wie das Sofa ein Haufen von Teilchen.

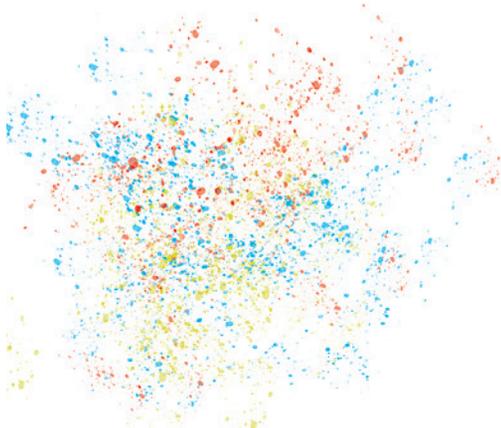


Aufgepasst: Sie waren bereits da, bevor Sie Sie waren! All die Teilchen, aus denen Sie bestehen, und auch all die Teilchen des Sofas irrten schon irgendwo im Kosmos umher. Einfach nur in einem etwas breitgestreuteren Zustand als heute. Anders gesagt: Eine wichtige Seite Ihrer persönlichen Geschichte entzieht sich Ihnen.



Aber wie ist die Montage abgelaufen? Wie konnten die überallhin verstreuten Teilchen ...

... all solche Dinge erzeugen? In diesem Fall in einem kleinen Winkel des Universums, auf einem Felsblock namens Erde.



Eine formenreiche, wimmelnde Welt. Mit Lebenszyklen, die so ausgefeilt sind, dass man es manchmal kaum glauben kann.

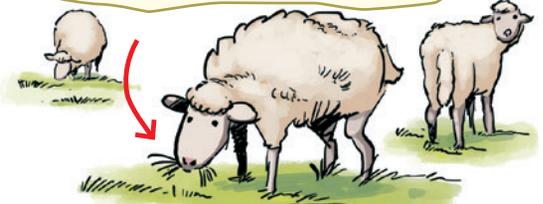
DAS IST EINE ZOMBIE-AMEISE! EIN PARASITÄRER WURM NAMENS KLEINER LEBEREGEL HAT DIE KONTROLLE ÜBER IHR GEHIRN ÜBERNOMMEN.

Nature-TV

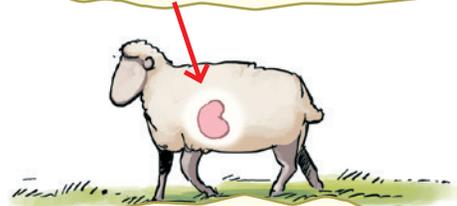
DIESER PLATTWURM ZWINGT DIE AMEISE ZU VERLASSEN SICH ANS OBERE ENDE EINES GRASHALMS ZU KLAMMERN.

OH! IST SO WAS MÖGLICH?

DER GRASHALM WIRD MIT IHM AUCH VON EINEM VORBEIKOMMENDEN SCHAF GEFRESSEN, WAS DIESER FURCHTBARE PARASITENWURM GENAU BEZWECKT HAT.



DER PARASIT LEGT NUN IN DER LEBER DES SCHAFES SEINE EIER AB – EIN IDEALER SCHUTZRAUM.



DIE EIER WERDEN MIT DEM KOT AUSGESCHIEDEN UND SIND EIN LECKERBISSEN FÜR MANCHE SCHNECKEN.



DIE LARVEN DES WURMS SCHLÜPFEN IN DER SCHNECKE. DANN WANDERN SIE DURCH IHR ATEMSYSTEM UND WERDEN, WENN SIE NIEST, ÜBER IHREN SCHLEIM HINAUSBEFÖRDERT.



DIESER SCHLEIM WIRD VON EINER VORBEIKRABBELNDEN AMEISE VERSCHLUNGEN.

DIE PARASITENWÜRMER ÜBERNEHMEN NUN WIEDER DAS KOMMANDO ÜBER DIE NEURONEN, WELCHE DIE MUSKELBEWEGUNGEN DER AMEISE KONTROLLIEREN.



DIE ZOMBIE-AMEISE SUCHT SICH EINEN GRASHALM, UM GEFRESSEN ZU WERDEN, UND DER ZYKLUS BEGINNT VON NEUEM ...



Das Universum hat auch ein Wunderding erschaffen: das menschliche Gehirn.

PeopleTV

SAMANTHA, DIE LAGE ERFORDERT ANALYSE UND REFLEXION.



Unser Gehirn, Sitz des Bewusstseins und subtiler Gedanken.

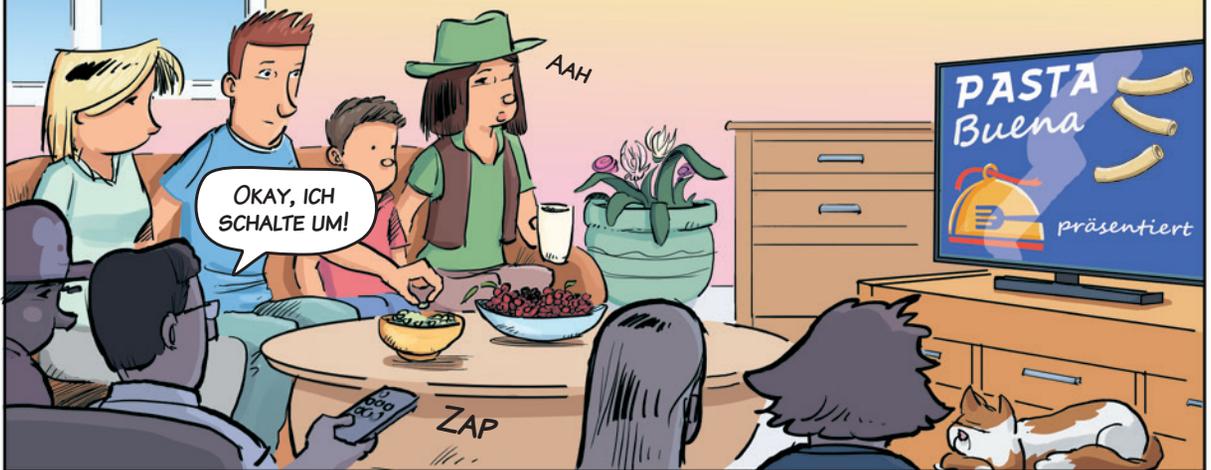
ICH BIN SICHER, DASS ICH DIESE NUSS MIT MEINEN ARSCHBACKEN KNACKEN KANN!

HIHL... ÄHM ... NICHT GANZ EINFACH, MIT MEINEN NEUEN LIPPEN ZU LACHEN.





Dass das Gehirn all das leisten kann, wozu es imstande ist, und dabei aus denselben Zutaten besteht wie ein Blumentopf, eine Erdnuss oder ein Couchtisch, macht es noch außergewöhnlicher.



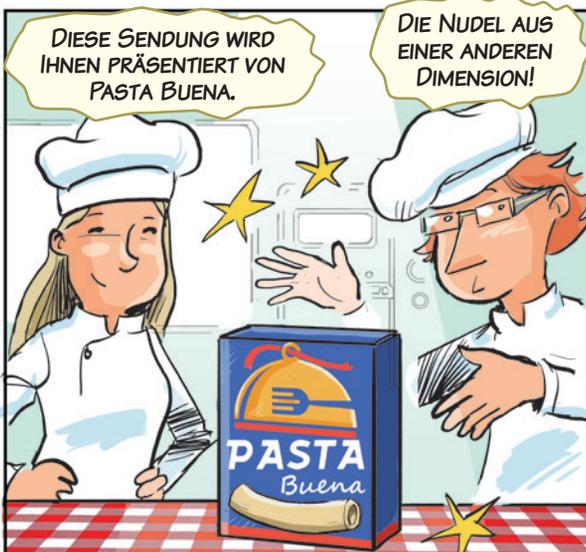
Die Existenz von Gehirnen, Ameisen, Couchtischen, Erdnüssen und überhaupt allem ist durch nicht mehr als zwei Grundzutaten möglich ...

Kapitel 1

FALL UND ZUFALL

Rezept für ein Universum – Sicherheitshinweis: „Wir lehnen jede Haftung für Schäden an Küchengeräten oder für existenzielle Krisen ab, falls Ihr Universum in eine Art von intelligenzbegabtem Leben münden sollte, das sich über das Chaos seiner Existenz beschwert.“

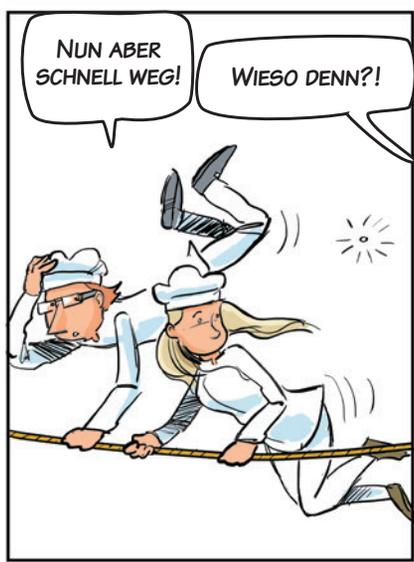
Brian Cox und Robin Ince, *Wie man ein Universum baut*

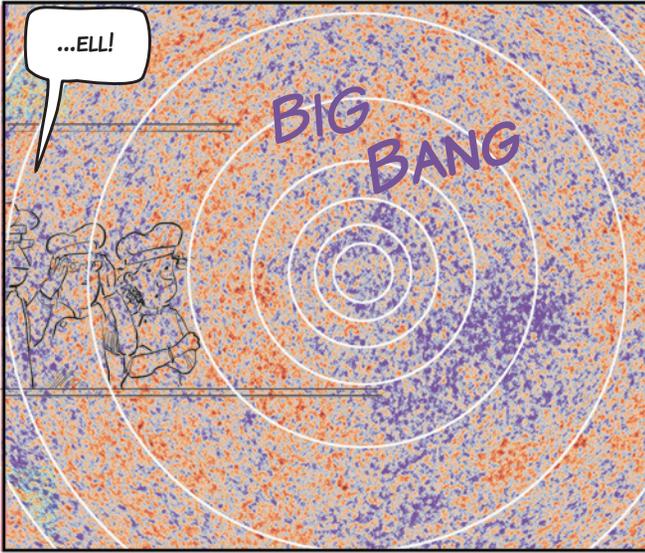


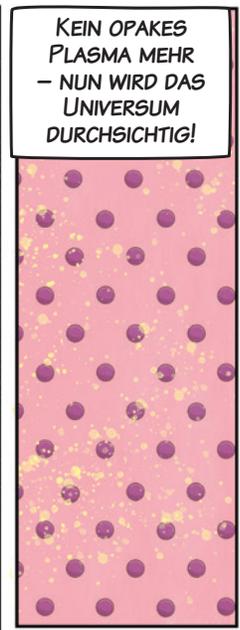
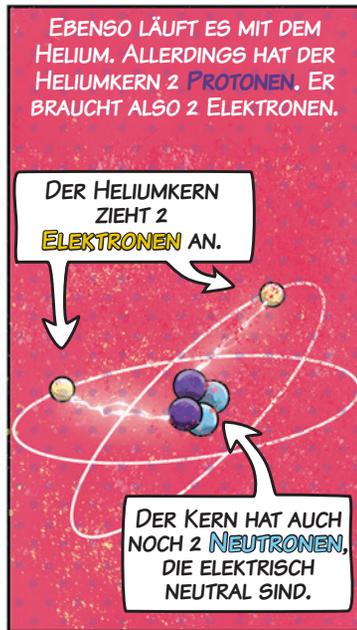
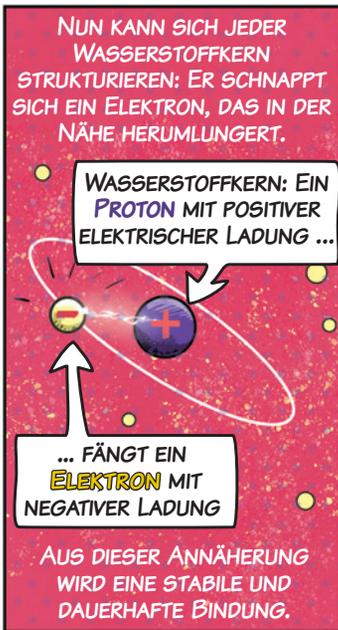
Rezept für ein Universum

Wichtigste Zutat:
nichts
(braucht etwas Zeit)

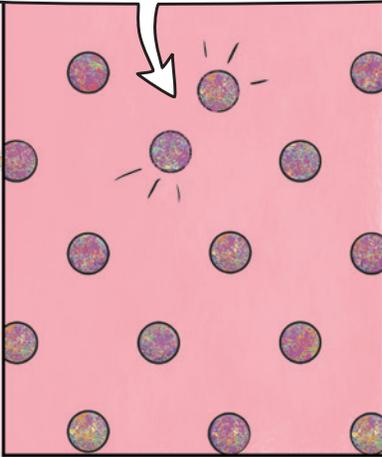




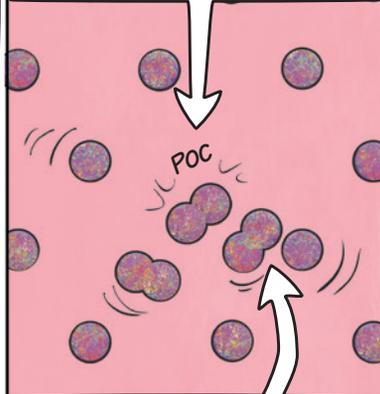




NACH DEM GRAVITATIONSGESETZ ZIEHEN SICH KÖRPER GEMÄSS IHRER MASSE GEGENSEITIG AN. DIE ETWAS DICHTEREN BEREICHE SIND AUS UNTERSCHIEDLICHEN BESTANDTEILEN ZUSAMMENGESETZT, DEREN NATUR UNS TEILWEISE UNBEKANNT IST.

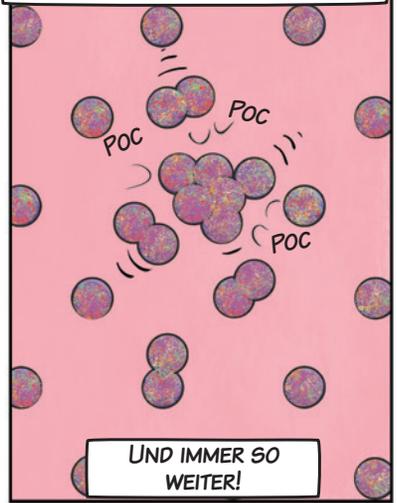


ZWEI BEREICHE ZIEHEN DANK IHRER GRAVITATIONS-KRAFT ALSO EINANDER AN.



DIESE NEU GRUPPIERTEN MATERIEZONEN ZIEHEN DANN WEITERE ZONEN AN, WAS ZU NOCH MEHR MASSE- UND ENERGIEDICHTE FÜHRT.

DIE KLEINE ANHÄUFUNG ERMÖGLICHT ES, WEITERE ELEMENTE AUFZUSAMMELN – UND DAMIT DIE DICHTEN AN MASSE UND ENERGIE WEITER ZU ERHÖHEN.



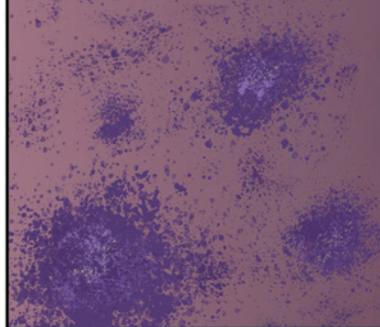
UND IMMER SO WEITER!

IM GROSSEN BALLSAAL DES UNIVERSUMS HAT ALSO DER VON DER GRAVITATION ORCHESTRIERTE TANZ BEGONNEN. NICHTS KANN IHN AUFHALTEN. VOR ALLEM DIE WASSERSTOFFATOME DRÄNGEN SICH IMMER DICHTER ZUSAMMEN.

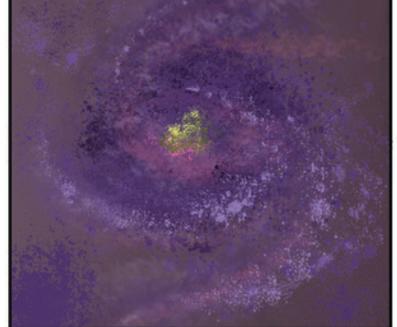


HIER IST EINES VON IHNEN. NENNEN WIR ES „H3“.

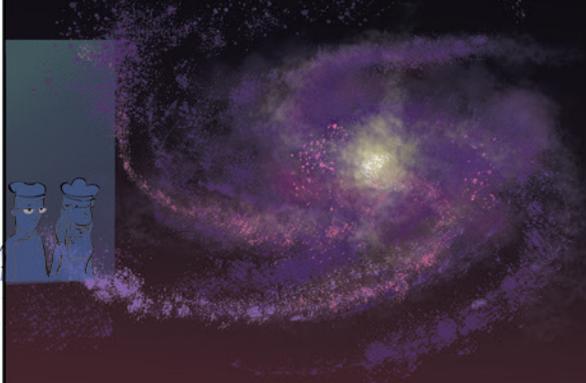
WÄHREND SICH DAS UNIVERSUM WEITER AUSDEHNT UND DABEI ABKÜHLT, BALLEN SICH DIE ATOME – ALSO AUCH H3 – ZUSAMMEN. DABEI HABEN SIE DIE GEDULD VON JEMANDEM, DER ALLE ZEIT DER WELT NOCH VOR SICH HAT.



IM LAUFE VON MILLIONEN UND ABERMILLIONEN JAHREN VERWANDeln SICH DIE BESCHIEDENEN ANSAMMLUNGEN IN IMMER GRÖßERE GASBALLUNGEN AUS WASSERSTOFF UND HELIUM.



DIE ATOME WERDEN ZUSAMMENGEDRÜCKT UND SCHLAGEN ANEINANDER. SIE ERHITZEN SICH UNTER DER GRAVITATIONS-KRAFT, DIE IMMER STÄRKER INS INNERE DER WIRBELNDEN WOLKE DRÜCKT.



DIE ATOMWOLKE ZIEHT IMMER MEHR ELEMENTE AUS DER UMGEBUNG AN, WODURCH DER DRUCK NACH INNEN WEITER WÄCHST. DIESER PROZESS HÄLT SICH SELBST AM LAUFEN.



DIE UM DIE ATOMKERNE KREISENDEN ELEKTRONEN WERDEN IN DIESEN GLUTKESSEL HINEINGEZOGEN, LÖSEN SICH AB UND WIRBELN IN ALLE RICHTUNGEN!

DIE ATOMKERNE HINGEGEN WIDERSTEHEN NOCH. DAS HIER SIND WASSERSTOFFKERNE.

ABER WENN DIE TEMPERATUR MEHRERE MILLIONEN GRAD ERREICHT, FUSIONIEREN SIE!

DIE WASSERSTOFFATOME SCHLIESSEN SICH ZUSAMMEN UND BILDEN EIN HELIUMATOM.

DIE VERSCHMELZUNG VON ATOMKERNEN („KERNFUSION“) ERZEUGT GEWALTIGE ENERGIEN, DIE AM ÄUSSEREN RAND DER WOLKE FREIGESETZT WERDEN.

DIESE NACH AUSSEN ABGELEITETE ENERGIE BALANCIERT DIE SCHWERKRAFT AUS, DIE NACH INNEN WIRKT: DIE KONTRAKTION ZUM ZENTRUM DER WOLKE HIN ENDET, UND EIN GLEICHGEWICHT BILDET SICH AUS.

OOOH!

ANDERS GESAGT: EIN STERN WIRD GEBOREN!

DAS MUSS GEFEIERT WERDEN! DIE GEBURT DER ERSTEN STERNENGENERATIONEN ERMÖGLICHT DAS ENTSTEHEN VON NEUEN ÜBERRASCHUNGSZUTATEN!

YUPPI!

Überraschungszutaten:

- Kohlenstoff
- Sauerstoff
- Stickstoff

DER STERN WIRD NÄMLICH NOCH HEISSER UND ERZEUGT NEUE ATOME. DAS IST DIE **STELLARE NUKLEOSYNTHESE**.

DIESMAL SIND DIE HELIUMATOME DRAN, SIE VERSCHMELZEN UND BILDEN ANDERE TYPEN VON ATOMEN MIT SCHWEREREN KERNEN. SIE HABEN MEHR PROTONEN.

ÄHM ... WIR RISKIEREN HIER NICHTS, ODER?!

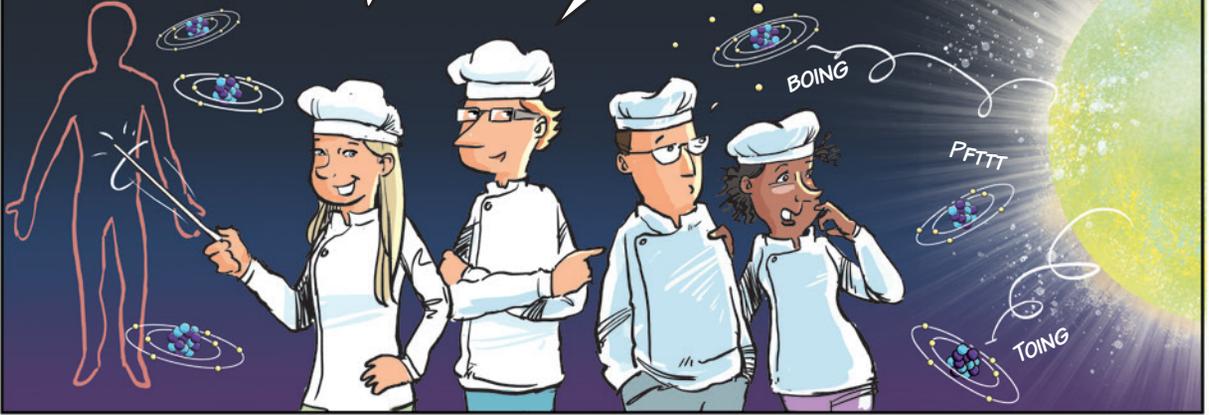
Kohlenstoff (C): 6 Protonen

Stickstoff (N): 7 Protonen

Sauerstoff (O): 8 Protonen

DIESE NEUEN ATOME – KOHLENSTOFF, STICKSTOFF UND SAUERSTOFF – WERDEN ZUSAMMEN MIT DEM WASSERSTOFF MEHR ALS 90 % DER ATOME IHRES KÜNFTIGEN „ICH“ BILDEN.

UND DER GROSSE FUSIONS-RUMMEL GEHT WEITER. JE HÖHER DIE TEMPERATUR IM HERZEN DES STERNS IST, DESTO SCHWERER SIND DIE ENTSTEHENDEN KERNE.



DER STERN IST WIE EINE ZWIEBEL, ZUSAMMENGESETZT AUS SCHICHTEN VON ELEMENTEN, DIE ZUR MITTE HIN IMMER SCHWERER WERDEN. IM LAUFE SEINER ENTWICKLUNG WIRD ER SEINE FARBE UND SEINE GRÖSSE ÄNDERN.

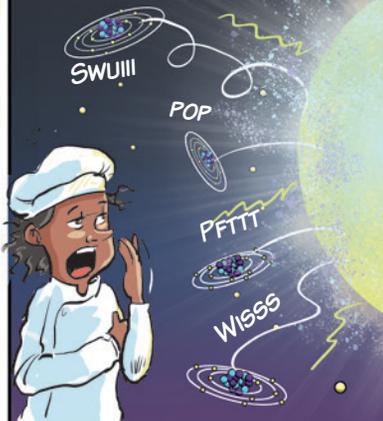
UND DAS BEDEUTET: NEUE FUSIONEN VON ATOMKERNEN! UND NEUE ÜBERRASCHUNGSZUTATEN!



DER STERN VERBRENNT ALSO SEINE LEICHTEN ELEMENTE, UM IMMER SCHWERERE ZU ERZEUGEN.

ALUMINIUM UND SEINE 13 PROTONEN; SILIZIUM MIT 14 PROTONEN ... UND DAS GEHT IMMER NOCH WEITER!

ETWA NEON, DESSEN KERN 10 PROTONEN ENTHÄLT; NATRIUM MIT 11 PROTONEN; MAGNESIUM MIT 12 PROTONEN ...

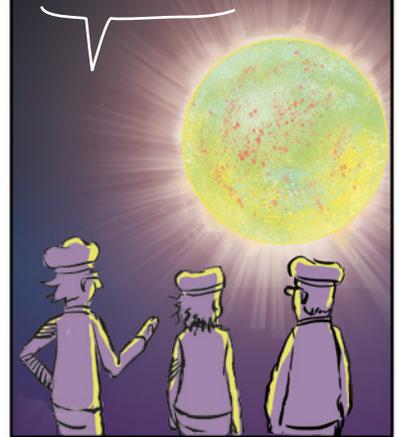




DAS LETZTE ATOM, DAS IM HERZEN DES STERNS ERZEUGT WIRD, IST EISEN: EIN HÜBSCHES, 26 PROTONEN SCHWERES BABY. DAS SCHWERSTE, DAS SO EIN STERN ERSCHEFFEN KANN. UND AUCH DAS STABILSTE.



DIESES EISEN, DAS FÜR IHR BLUT SO WICHTIG IST UND IHM SEINE ROTE FÄRBUNG VERLEIHT, IST IN DEN STERNEN ZUR WELT GEKOMMEN.





EIN
BISSCHEN?!
#@%*&

AUCH EINE SUPERNOVA IST EINE
GUTE NACHRICHT, DENN SIE
ERZEUGT ...

ÄHM ... LASST MICH RATEN ...
NEUE ZUTATEN?



SO IST ES! DANK DER SUPERNOVAE UND ANDERER
KILONOVAE*, DIE MIT NOCH HÖHEREN TEMPERATUREN UND
DRÜCKEN AUSGESTATTET SIND, ENTSTEHEN DIE ATOME VON
BLEI, URAN, SILBER, GOLD, PLATIN, QUECKSILBER, NICKEL,
KUPFER, ZINK ...

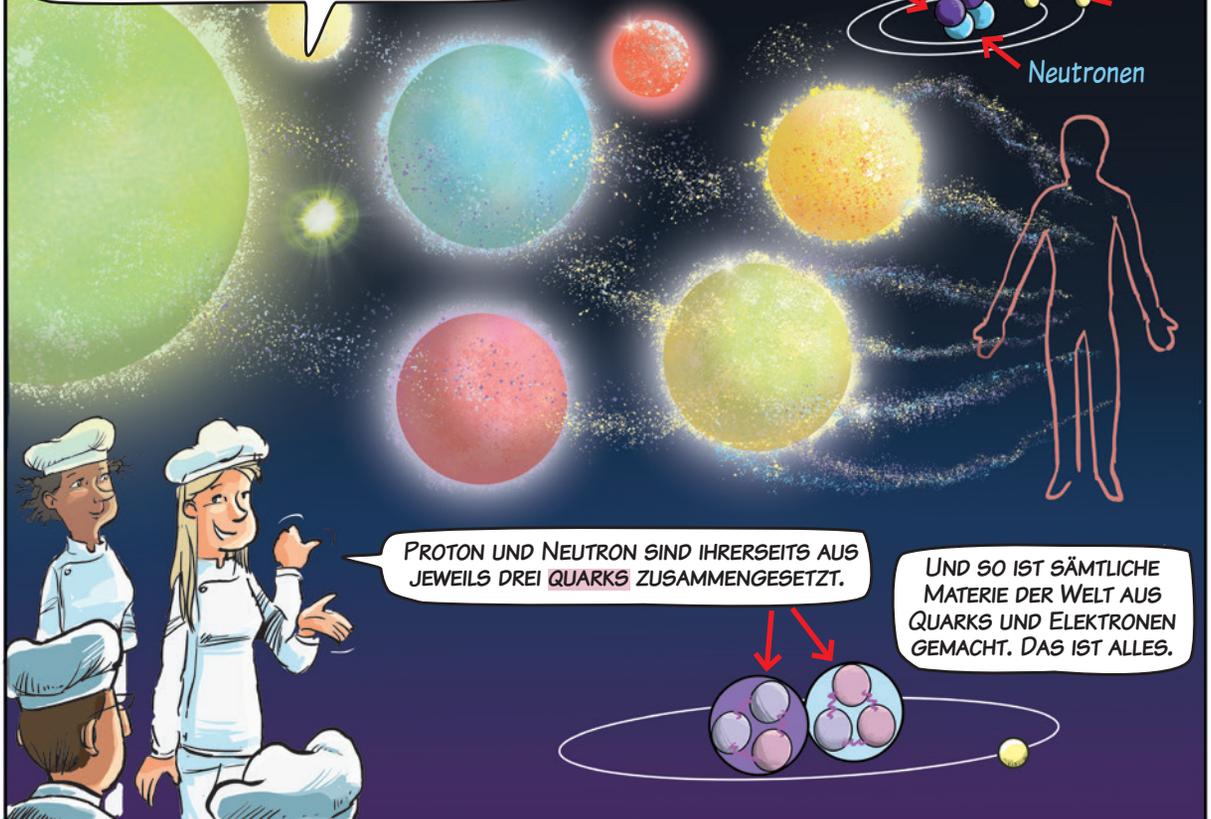
ÜBERRASCHUNG! *Überraschungs-*
zutaten:

NA JA,
INZWISCHEN
NICHT MEHR SO
GANZ.

Blei,
Uran,
Silber,
Gold,
Platin,
usw.

VON IHRER ENTSTEHUNG BIS ZUR EXPLOSION
FOLGTEN MEHRERE GENERATIONEN VON STERNEN
AUFEINANDER, WAS MEHR ALS 13 MILLIARDEN
JAHRE DAUERTE. SIE HABEN DEN WELTRAUM MIT
EINER UNMENGE VON MATERIETEILCHEN
ANGEREICHERT – DEN ATOMEN.

UNSERE ATOME SIND FAST ALLE IN DEN STERNEN
FABRIZIERT WORDEN.** SIE SIND EIN VERBUND AUS GANZ
EINFACHEN BESTANDTEILEN: PROTONEN, NEUTRONEN
UND ELEKTRONEN IN UNTERSCHIEDLICHEN MENGEN.



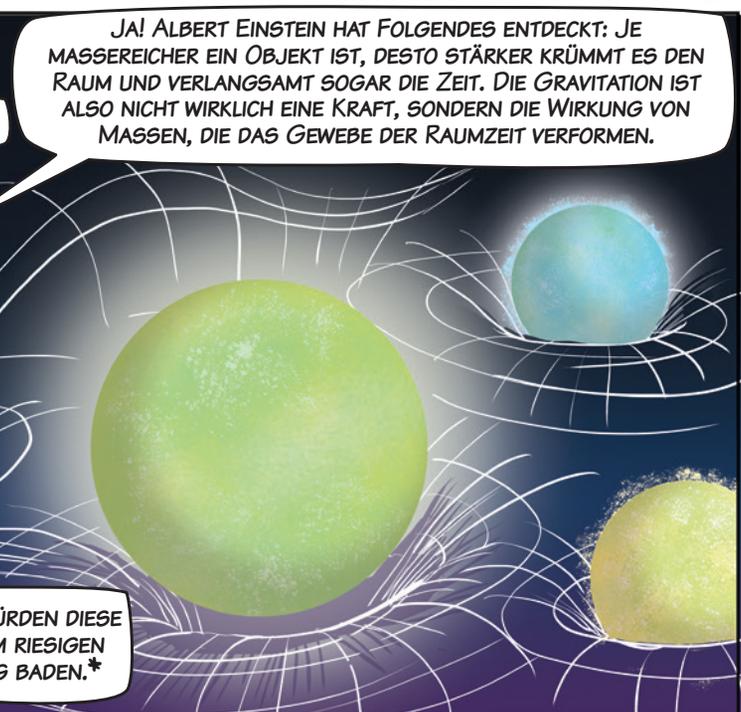
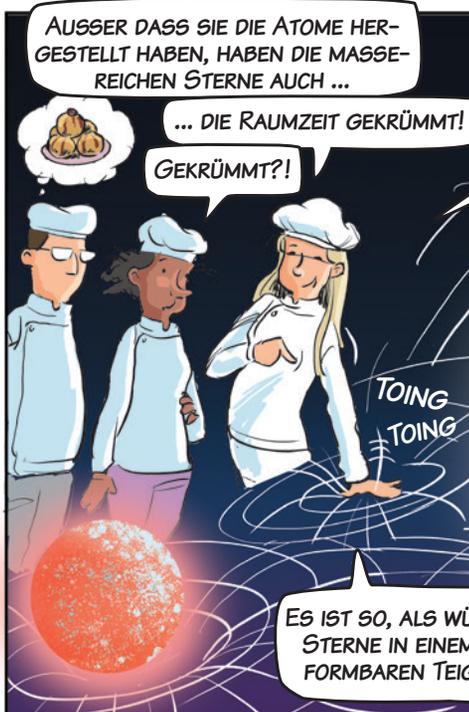
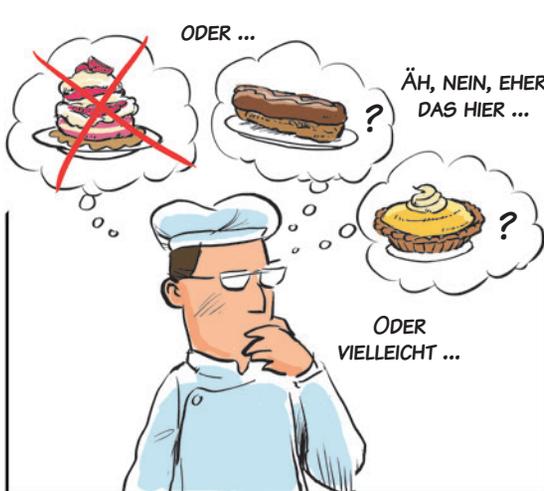
Protonen Elektronen
Neutronen

PROTON UND NEUTRON SIND IHRERSEITS AUS
JEWEILS DREI QUARKS ZUSAMMENGESETZT.

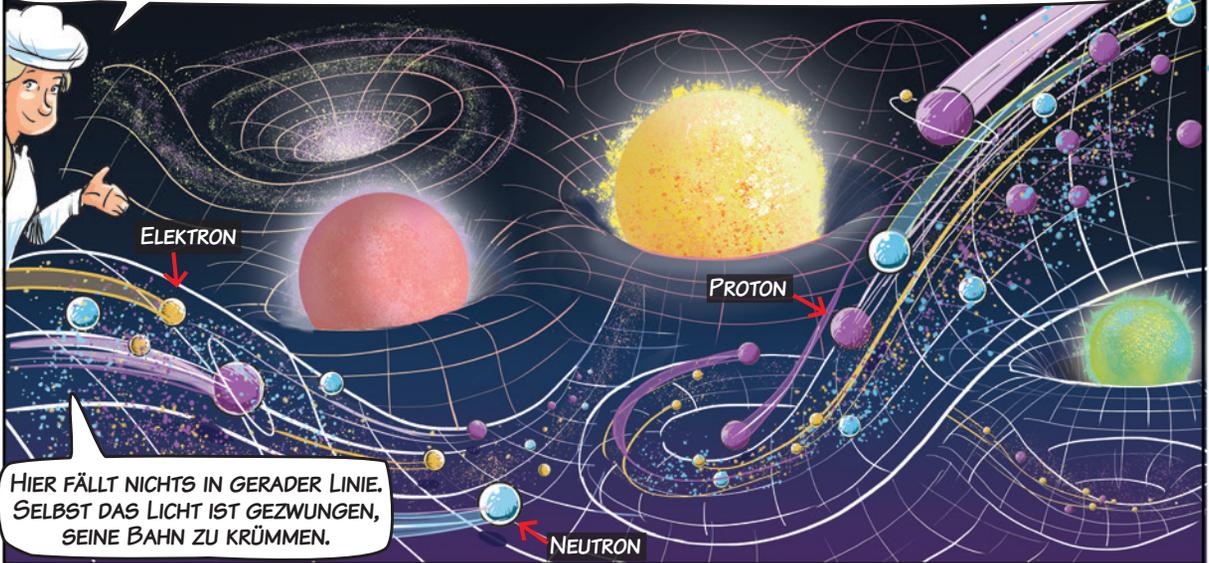
UND SO IST SÄMTLICHE
MATERIE DER WELT AUS
QUARKS UND ELEKTRONEN
GEMACHT. DAS IST ALLES.

* Kollision von sehr massereichen Neutronensternen

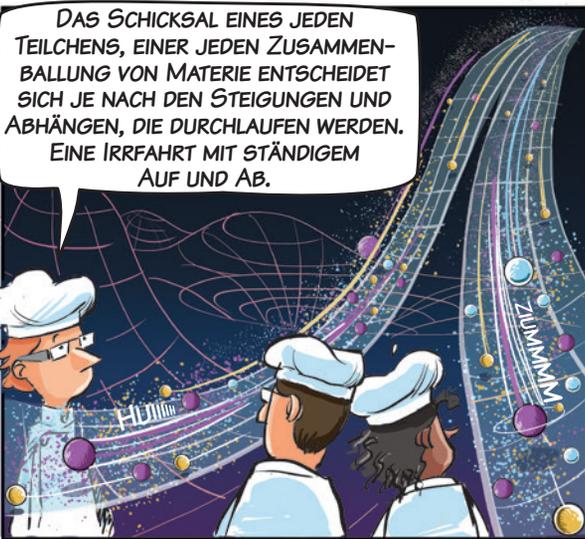
** Abgesehen vom Wasserstoff. Und manche Atome sind durch Zersplitterung von schwereren Kernen entstanden.



DIE RAUMZEIT WIRD VON DER MATERIE DEFORMIERT, SODASS SIE AUSSIEHT WIE EIN UNSICHTBARES RELIEF VON HÜGELN UND TÄLERN. EINE KOSMISCHE ACHTERBAHN, AUF DER DIE MATERIETEILCHEN ENDLOS GLEITEN UND FALLEN. DAS FALLEN IST, WIE DER PHYSIKER CHRISTOPHE GOLFARD SCHREIBT, „DIE NATÜRLICHSTE BEWEGUNG IM GESAMTEN UNIVERSUM“.



HIER FÄLLT NICHTS IN GERADER LINIE. SELBST DAS LICHT IST GEZWUNGEN, SEINE BAHN ZU KRÜMMEN.



DAS SCHICKSAL EINES JEDEN TEILCHENS, EINER JEDEN ZUSAMMENBALLUNG VON MATERIE ENTSCHIEDET SICH JE NACH DEN STEIGUNGEN UND ABHÄNGEN, DIE DURCHLAUFEN WERDEN. EINE IRRFAHRT MIT STÄNDIGEM AUF UND AB.



EINE IRRFAHRT, DIE MAL BESCHLEUNIGT WIRD DURCH DEN SWING-BY-EFFEKT IM ORBIT EINES STERNS ...

... MAL JÄH GESTOPPT DURCH EINEN ANDEREN HIMMELSKÖRPER, DER IM WEGE STEHT.



DIE MATERIETeilchen DURCHSTREIFEN ALSO DAS ALL IN ABHÄNGIGKEIT VON DEN WÖLBUNGEN DER RAUMZEIT. WAS DIE STERNE BETRIFFT, SO GRUPPIERT SIE SICH ZU GROSSEN HAUFEN UND BILDEN SO RICHTIGE GRAVITATIONS-STAUSSAUGER.



DIE VON EINER DIESER UNZÄHLIGEN GALAXIEN AUSGEÜBTE GRAVITATION SCHNAPPT SICH EINE TEILCHENWOLKE – MATERIESTAUB, DEN DER ZUFALL NACH SEHR LANGER REISE HIER VORBEIGEFÜHRT HAT.

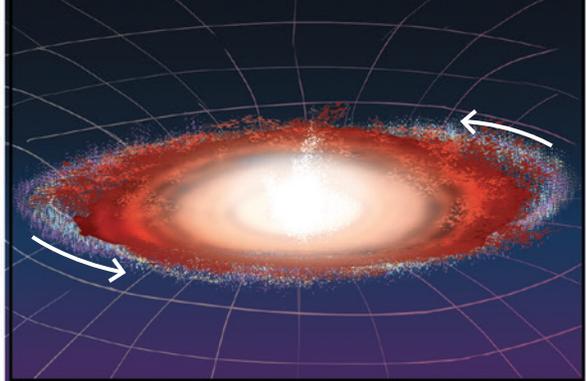
GENAU HIER PASSIERT'S!

AUFGRUND EINER KLEINEN STÖRUNG IN BESAGTER GALAXIE STÜRZT EINE MATERIEWOLKE IN SICH ZUSAMMEN. IM ZENTRUM BILDET SICH EIN PROTOSTERN. MITTEN UNTER EINIGEN HUNDERT MILLIARDEN VON STERNEN, DIE DIESE GALAXIE BEVÖLKERN.

HIER IST DAS GUTE ALTE WASSERSTOFFATOM H_{23} . ERKENNEN SIE ES WIEDER?



DIE WOLKE FLACHT SICH AB UND BILDET EINE SCHEIBE, DIE SICH UM DEN SICH BILDENDEN STERN HERUM IM PERMANENTEN FALL BEFINDET.

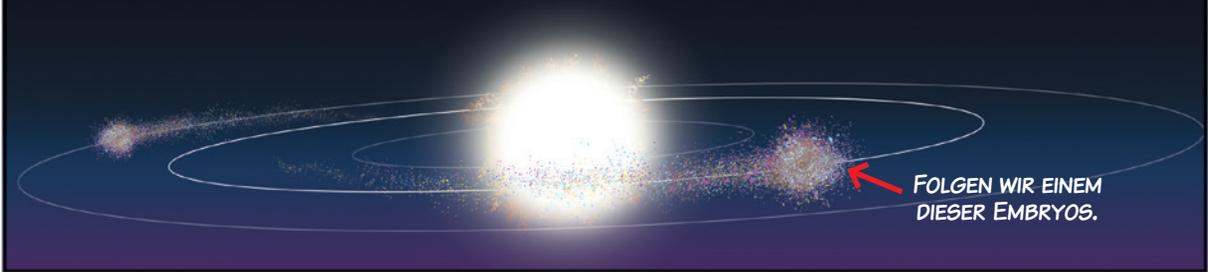


IM LAUFE VON MILLIONEN UND ABERMILLIONEN JAHREN DRÄNGEN SICH DIE ATOME VON EISEN, SAUERSTOFF, SILIZIUM, CALCIUM, NATRIUM, KALIUM UND MAGNESIUM ZUSAMMEN – NACH WIE VOR DANK DER GRAVITATION.



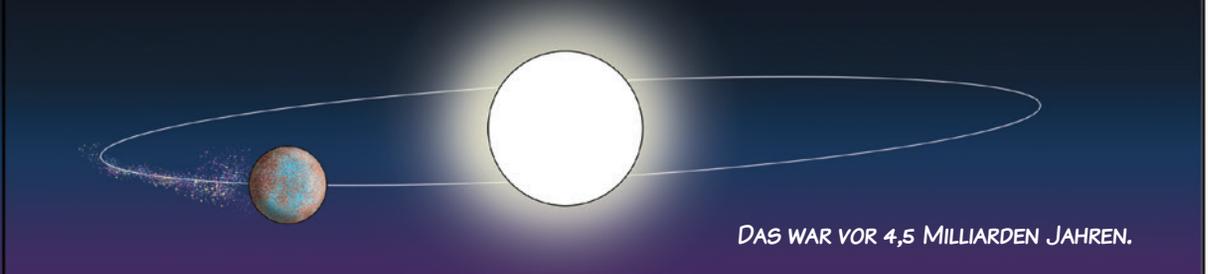
ALS DER PROTOSTERN BEGINNT, ENERGIE FREIZUSETZEN, BLÄST SEIN STRAHLUNGSFLUSS MANCHE LEICHTERE ATOME NACH AUSSEN, VOR ALLEM WASSERSTOFF UND HELIUM.

UM DEN PROTOSTERN HERUM KREISEN NUNMEHR DIE EMBRYOS VON PLANETEN. ALLE ATOME, AUS DENEN SIE GEBILDET SIND, WURDEN VON GENERATIONEN FERNER STERNE GESCHAFFEN.

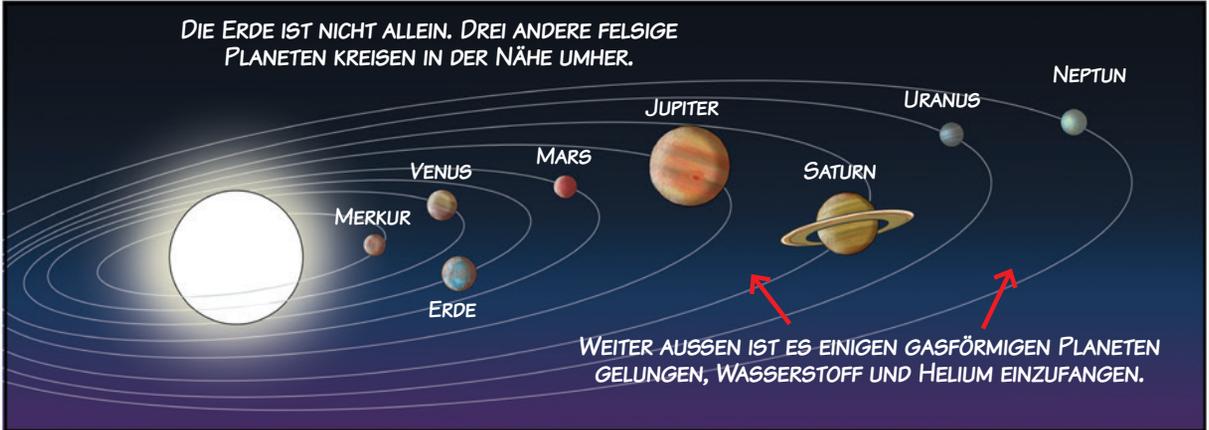


FOLGEN WIR EINEM DIESER EMBRYOS.

DER EMBRYO SAMMELT WEITERHIN GESTEINSSTAUB UND METALLE, DIE IN DER NÄHE SEINES GRAVITATIONSFELDES UNTERWEGS SIND. ER VERSCHMILZT AUCH MIT ANDEREN EMBRYOS UND BILDET AM ENDE EINEN BESCHIEDENEN PLANETEN IN DEN RIESIGEN WEITEN DES ALLS – DIE ERDE, NOCH KAUM ZU ERKENNEN. UND DER STERN IST NATÜRLICH UNSERE SONNE.



DAS WAR VOR 4,5 MILLIARDEN JAHREN.



VERFÜGBARE ENERGIE, DAS SIND IMMER NOCH DIE STERNE! NACHDEM SIE ATOME GESCHAFFEN UND DIE RAUMZEIT GEKRÜMMT HABEN, IST IHR DRITTER JOB IN DER KÜCHE DES UNIVERSUMS, DIE EINGEFANGENE ENERGIE FREIZUSETZEN ...

EINGEFANGEN?! WELCHE ENERGIE?

DIE DER MATERIE!



ENERGIE = MASSE, UND UMGEKEHRT!

NACH EINSTEINS BERÜHMTER FORMEL $E = mc^2$.

HAHA



HAHA
ÄH, JA

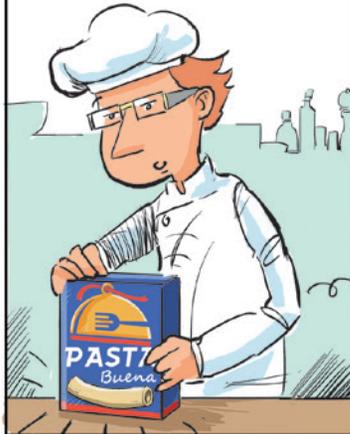


UNSER NICKEN MUSS NICHT SEHR ÜBERZEUGEND GEWIRKT HABEN ...

ICH KOMME GLEICH WIEDER!



NEHMEN WIR ZUM BEISPIEL DIESE PACKUNG NUDELN.



EINE SCHÖNE PACKUNG DER KÖSTLICHEN MAKKARONI VON PASTA BUENA! DIE NUDEL AUS EINER ANDEREN DIMENSION!

DIE HABEN EIN SCHMALES BUDGET, ODER?!

KÖNNTE MAN MEINEN!



DIESE SCHACHEL SENDET WELLEN AUS – LICHTWELLEN! DAS LICHT KANN SICHTBAR ODER UNSICHTBAR SEIN. ES WIRD VON PHOTONEN GETRAGEN.



LICHT IST NICHTS ANDERES ALS ELEKTROMAGNETISCHE STRALUNG.

SICHTBARES LICHT? UNSICHTBARES? STRALUNG? WELLEN?

ELEKTRO-MAGNETISCH??

PHOTONEN ??



OKAY, OKAY ... ES IST VIEL EINFACHER, ALS ES SICH ANHÖRT. ALL DIESE BEGRIFFE BEZEICHNEN IN WAHRHEIT EIN EINZIGES PHÄNOMEN ...

... DIE ENERGIE!

DIESE ENERGIE REIST MITTELS ELEKTROMAGNETISCHER WELLEN.

MIT EINER GESCHWINDIGKEIT VON UMGEFÄHR 300.000 KILOMETERN PRO SEKUNDE.





DIESE WELLEN BESTEHEN AUS EINEM STROM WINZIGER TEILCHEN – DER PHOTONEN.



ALL UNSERE WAHRNEHMUNGEN BEWEGEN SICH IN DIESEM ELEKTROMAGNETISCHEN FLUSS AUS PHOTONEN.

DIE STRALUNG DER SONNE? ELEKTROMAGNETISMUS.

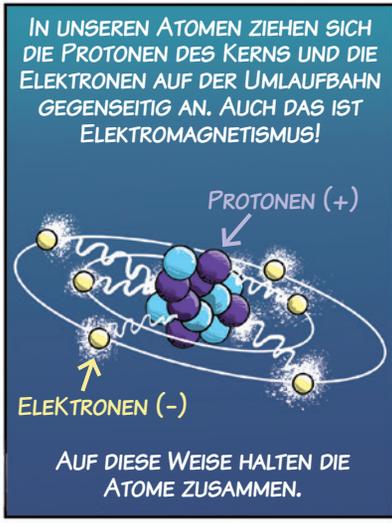


ALLES, WAS WIR SEHEN? ELEKTROMAGNETISMUS! PHOTONEN, DIE UNS AN DIE NETZHAUT SPRINGEN.

ANDERS GESAGT: DAS SICHTBARE LICHT. WELLEN, DIE UNSER GEHIRN IN FARBEN VERWANDELT.



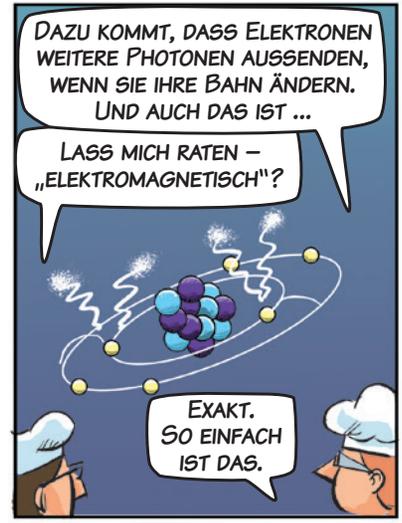
DIE WÄRME, DIE JEDES DING ABSTRAHLT (WIR SELBST INBEGRIFFEN)? AUCH DAS IST LICHT! ABER DIESMAL EIN UNSICHTBARES: EINE ELEKTROMAGNETISCHE WELLE, DIE UNSER AUGE NICHT WAHRNEHMEN KANN.



IN UNSEREN ATOMEN ZIEHEN SICH DIE PROTONEN DES KERNS UND DIE ELEKTRONEN AUF DER UMLAUFBAHN GEGENSEITIG AN. AUCH DAS IST ELEKTROMAGNETISMUS!

PROTONEN (+)
ELEKTRONEN (-)

AUF DIESE WEISE HALTEN DIE ATOME ZUSAMMEN.



DAZU KOMMT, DASS ELEKTRONEN WEITERE PHOTONEN AUSSENDEN, WENN SIE IHRE BAHN ÄNDERN. UND AUCH DAS IST ...

LASS MICH RATEN – „ELEKTROMAGNETISCH“?

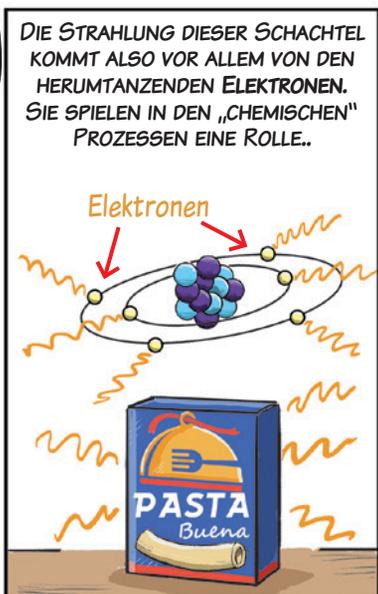
EXAKT. SO EINFACH IST DAS.



KOMMEN WIR ZU UNSERER MAKKARONIPACKUNG ZURÜCK. STELLEN WIR UNS VOR, DASS SIE ENERGIE AUSSTRAHLT ...

ALSO ELEKTROMAGNETISMUS.
STRALUNG.
WELLEN!
LICHT, UND ZWAR UNSICHTBARES.
ICH WÜRD E Sogar behaupten: EINEN STROM VON PHOTONEN!

ÄHM ... JA, IHR HABT DAS PRINZIP ERFAST.



DIE STRALUNG DIESER SCHACHEL KOMMT ALSO VOR ALLEM VON DEN HERUMTANZENDEN ELEKTRONEN. SIE SPIELEN IN DEN „CHEMISCHEN“ PROZESSEN EINE ROLLE..

Elektronen

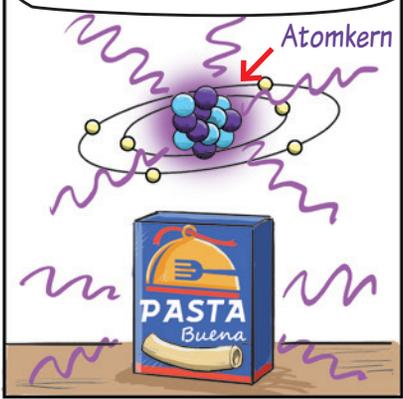
PASTA Buena



UND DAS IST EIN STÄNDIGES GEZAPPEL: DIESE SCHACHEL EMITTIERT IN DIESEM MOMENT STRALUNG. UND ICH WIEDERHOLE ES NOCH MAL: SO LÄUFT ES MIT ALLEM, WAS EXISTIERT.* ABER DENKEN WIR UNS JETZT MAL IN EINEN THEORETISCHEREN FALL HINEIN ...

* Und dessen Temperatur über dem absoluten Nullpunkt von minus 273,15 Grad Celsius liegt.

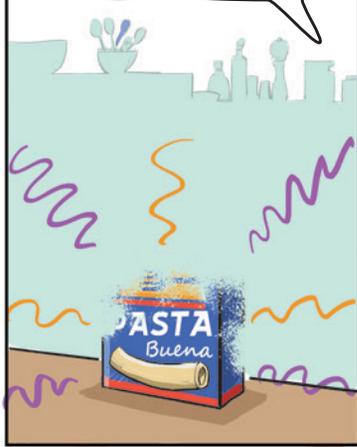
STELLEN WIR UNS VOR, DASS NICHT NUR DIE ELEKTRONEN STRAHLUNG EMITTIEREN, SONDERN AUCH DIE ATOMKERNE DIESER NUDELPACKUNG. GENAU WIE ES EIN STERN TUN WÜRD!



DANN WÜRD FOLGENDES PASSIEREN: DIE STRAHLUNGEN DER ATOME DER MAKKARONIPACKUNG WÜRDEN NACH UND NACH DIE MASSE DES GEGENSTANDES VERRINGERN. DABEI HABEN DIESE STRAHLUNGEN SELBST ÜBERHAUPT KEINE MASSE!



DAS BEDEUTET, DASS SICH DIE MASSE DER SCHACHTEL LANGSAM IN ENERGIE UMWANDLEN WÜRD



WARTET MAN LANGE GENUG, WÜRD DIE NUDELPACKUNG FAST VÖLLIG VERSCHWINDEN!*



VERRÜCKT, ODER?! UND DAS WÜRD AUCH FÜR UNS GELTEN. ALLES GEMÄSS $E = MC^2$.



WIE VIEL ELEKTROMAGNETISCHE ENERGIE „E“ IST NÖTIG, DAMIT DAS OBJEKT VERSCHWINDET?

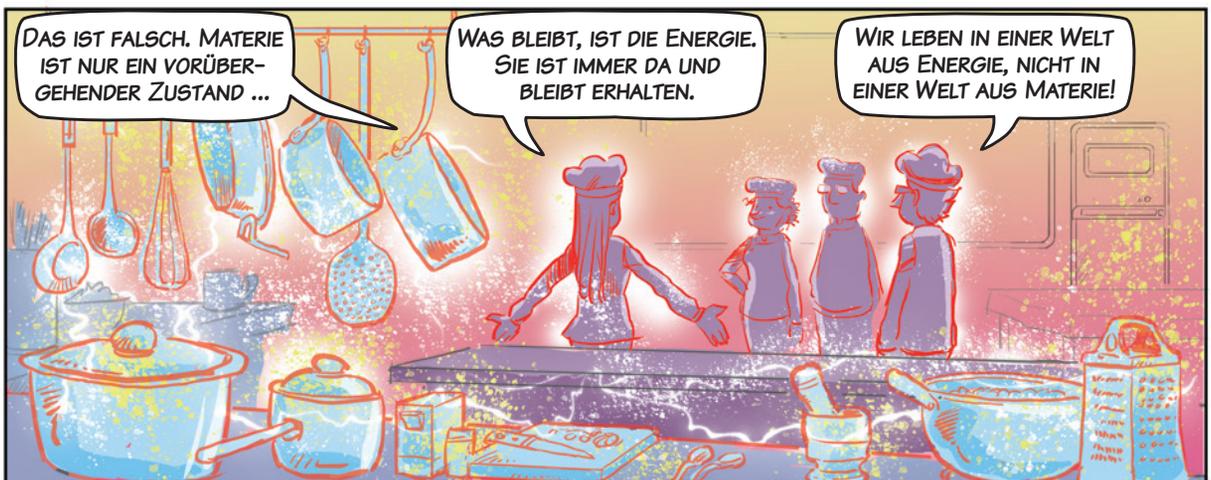
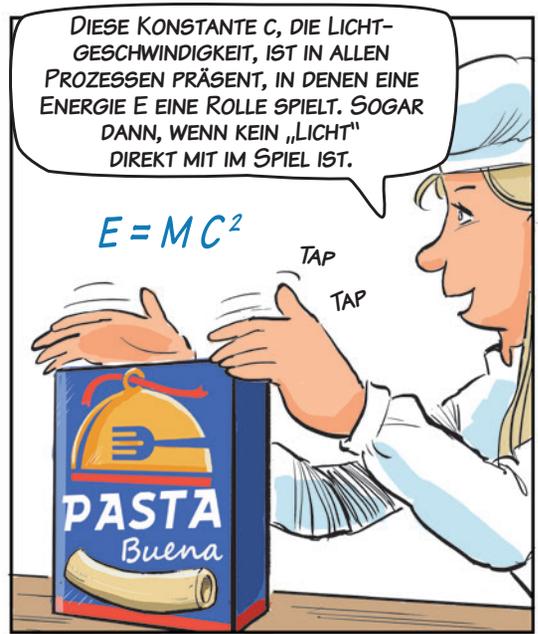


DIE IN DIESER PACKUNG ENTHALTENE GESAMTENERGIE E HAT DEN GLEICHEN WERT WIE MC^2 – ALSO DIE MASSE M IN KILO MULTIPLIERT MIT DER GESCHWINDIGKEIT DER ELEKTROMAGNETISCHEN STRAHLUNG C (MAN KANN AUCH SAGEN: DER LICHTGESCHWINDIGKEIT) IM QUADRAT.



KURZ UND GUT, DIESE MAKKARONI ENTHALTEN DAS ÄQUIVALENT DER ENERGIE, DIE MEHRERE ATOMKRAFTWERKE IN EINEM JAHR PRODUZIEREN!





UNSERE MASSE IST ÜBRIGENS NICHT DIE SUMME DER ATOME, AUS DENEN WIR BESTEHEN. SIE WIRD ZU 99 % VON DER ENERGIE DER QUARKS ERZEUGT, DIE SICH IM INNEREN UNSERER ATOME HERUMBEBEWEGEN. DIESE ENERGIE ERSCHAFFT UNSERE MASSE.

UND SIE KOMMT VOM QUANTENVAKUUM.

UNSERE MASSE IST ENERGIE, DIE ... AUS DEM VAKUUM KOMMT?!

Quarks

GURGEL

BLOB

DIE RIESIGE ENERGIEMENGE, DIE IN EINER MASSE ENHALTEN IST, KANN NUR SCHWER GENUTZT WERDEN: EIN ENORMER DRUCK UND GIGANTISCHE TEMPERATUREN SIND NOTIG, UM DIE ATOMKERNE VERSCHMELZEN ZU LASSEN.

DIESE HEISSE KOHLE ZUM BEISPIEL IST NUR DURCH EINEN CHEMISCHEN PROZESS IN WASSERDAMPF, KOHLENDIOXID UND ANDERE NEBENPRODUKTE DER VERBRENNUNG VERWANDELT WORDEN.

HIUVON SIND NUR DIE ELEKTRONEN DER ATOME BETROFFEN.

Elektronen

UND SO WIRD NUR EIN WINZIGER TEIL DER MASSE DIESER KOHLE WIRKLICH IN WÄRMEENERGIE GEMÄSS $E = mc^2$ UMGEWANDELT: EINE CHEMISCHE REAKTION GREIFT NICHT DIE SEHR STABILEN ATOMKERNE AN.

UNSERE MAKKARONIPACKUNG WIRD NICHT SO SCHNELL VERSCHWINDEN.

KOMMEN WIR ABER AUF UNSERE STERNE ZURÜCK: SIE SIND DIE WAHREN CHAMPIONS DER ENERGIE-ENTZIEHUNG! JEDEN AUGENBLICK BESCHÄFTIGEN SIE SICH MIT ...

HMPFF ... MIT DER FUSION VON ATOMKERNEN?

JAAA!

SUPER

TÜT-TÜT

UNSERE SONNE ETWA FUSIONIERT VOR ALLEM WASSERSTOFF UND VERWANDELT ES DABEI IN HELIUM.

WASSERSTOFF-ATOME

HELIUMATOME

100 KG

99,3 KG

BEI DER FUSION VON 100 KILO WASSERSTOFF ENTSTEHEN UNGEFÄHR 99,3 KILO HELIUM.

WAS IST AUS DEN ÜBRIGEN 0,7 KILO GEWORDEN? NA?!

GENAU! ELEKTROMAGNETISCHE WELLEN! PURE ENERGIE. LICHT, DAS IN DEN RAUM FREISETZT WIRD.

ÖH ... VIELLEICHT STRAHLUNG?



ANDERS GESAGT, EIN TEIL DER MASSE UNSERER SONNE IST IN ENERGIE UMGEWANDELT WORDEN.
 $E = MC^2!$

IN JEDER SEKUNDE VERLIERT DIE SONNE 4 MILLIONEN TONNEN ...

... DIE IN REINE ENERGIE TRANSFORMIERT WERDEN!



DIE SONNE HAT ES ERMÖGLICHT, DASS WIR SIND – DASS IHR HIER SEID!

DAMIT ENDET DIE ERSTE FOLGE UNSERER REIHE „WUNDERKÜCHE DER WISSENSCHAFT“.



DANKE FÜRS ZUSCHAUEN.

UND GROSSEN DANK AN MAI UND MAX, DIE UNS BEGLEITET HABEN!

MAX, WIR MÜSSEN ECHT DARAN ARBEITEN, NATÜRLICH ZU WIRKEN ...

KANN MAN NATÜRLICHKEIT TRAINIEREN?



COOL, IHR WART IM FERNSEHEN!

BRAVO, EINE SCHÖNE SENDUNG!

LUCE UND HILBERT HABEN TOLLE ARBEIT GELEISTET!

Das war
WUNDERKÜCHE
DER
WISSENSCHAFT

DIESE SENDUNG WURDE IHNEN PRÄSENTIERT VON PASTA BUENA, DER NUDEL AUS EINER ANDEREN DIMENSION!



UND, HABEN EUCH DIE NUDELN VOM HOCKER GERISSEN?

ICH HABE NOCH NICHT MEINEN MASTER IN MAK-KARONIWISSENSCHAFTEN ...

... ABER TROTZDEM ÄHNELN SIE ANDEREN MAKKARONI SEHR.

VIELLEICHT IST DIE KONSISTENZ EIN GANZ KLEINES BISSCHEN ANDERS ...

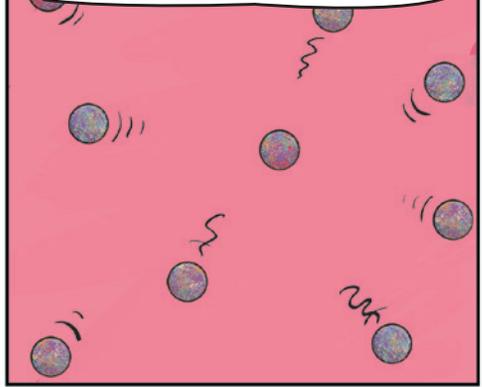
JA, TRÄUME ICH, ODER HABEN DIE VON DER ENTSTEHUNG DER WELT NICHTS IM KOPF BEHALTEN ALS DIE KONSISTENZ VON MAKKARONI?

SAG ICH DIR JA – DIE MENSCHHEIT IST NOCH NICHT BEREIT, DIE GALAXIS ZU EROBERN.

ES HÄTTE DIE AUSDEHNUNG DES UNIVERSUMS GEBREMST UND SCHLIESSLICH UMGEKEHRT. DAS WELTALL WÄRE IN DER WINZIGEN SPANNE VON ETWA 1 MILLION JAHREN IN SICH ZUSAMMENGESTÜRZT. EIN BIG CRUNCH, DER NOCH GAR NICHT DRAN WAR!



WÄRE DIE INITIALDICHTEN HINGEGEN EIN KLEIN WENIG GERINGER GEWESEN, DANN HÄTTE DIE GRAVITATION NICHT AUSGEREICHT! DIE MATERIE TEILCHEN HÄTTEN SICH MIT DER AUSDEHNUNG DES UNIVERSUMS ÜBERALLHIN VERSTREUT.



SO WÄRE DIE MATERIE IM ZUSTAND HERUMSCHWEBENDER TEILCHEN VERBLIBEN – WIE EINE RIESIGE GASWOLKE.

WO SIND DENN DIE ERDNÜSSE?!



IN DIESEM STERILEN UNIVERSUM GÄBE ES WEDER STERNE NOCH PLANETEN, WEDER GALAXIEN NOCH ERDNÜSSE. NICHTS!

DIE WAHRSCHEINLICHKEIT EINER AUF GENAU 10^{-60} EINGESTELLTEN INITIALDICHTEN DES UNIVERSUMS BLEIBT SCHWER ZU FASSEN. TRINH XUAN THUAN VERGLEICHT DIE ATEMBERAUBENDE PRÄZISION DIESER DICHTEN MIT DER EINES BOGENSCHÜTZEN, DER ...



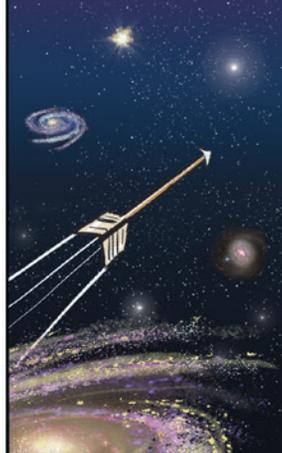
... EINEN EINZIGEN PFEIL IN DEN HIMMEL SCHIESST.



DIESER PFEIL WÜRD SICH VON DER ERDE ENTFERNEN ...



... DURCH DAS GESAMTE SICHTBARE UNIVERSUM FLIEGEN ...



... UND SCHLIESSLICH EINE ZIELSCHEIBE VON 1 ZENTIMETER DURCHMESSER GENAU IN DER MITTE TREFFEN. UND DAS 14 MILLIARDEN LICHTJAHRE VON DER ERDE ENTFERNT!



