

WER NICHTS WEISS, MUSS ALLES GLAUBEN



Jetzt mit
Weltformel

SCIENCE BUSTERS

WERNER GRUBER
HEINZ OBERHUMMER
MARTIN PUNTIGAM

ecowin

Gruber/Oberhammer/Puntigam

WER NICHTS WEISS, MUSS ALLES GLAUBEN

Gruber/Oberhammer/Puntigam

WER NICHTS WEISS, MUSS ALLES GLAUBEN

Science Busters

ecowin

Werner Gruber/Heinz Oberhummer/Martin Puntigam
Wer nichts weiß, muss alles glauben

Umschlagidee und -gestaltung: kratkys.net



1. Auflage
© 2010 Ecowin Verlag, Salzburg
Lektorat: Mag. Josef Rabl
Grafiken & Daumenkino: Werner Gruber
Coverfoto der Science Busters: Ingo Pertramer
Gesamtherstellung: www.theiss.at
Gesetzt aus der Sabon
Printed in Austria

ISBN 978-3-7110-5002-1

www.ecowin.at

*Gewidmet den Assistenten der Science Busters
im Rabenhof Theater:
Alexander, Doris, Martina, Abdula,
Josch, Harald, Renato und seinem Team*

Einleitung

ABDULA!!!

Wenn Werner Gruber beim Aufbau eines Experiments Hilfe braucht, oder einfach nur um einen Kaffee bittet, den er dann aber meistens sowieso kalt werden lässt, dann schallt sein kräftiges Organ in Überzimmerlautstärke durch das Wiener Rabenhof Theater. Und alle wissen: Die Science Busters sind wieder indahouse.

Mit „Herzlich willkommen bei einer neuen Show der Science Busters!“ beginnt nahezu jede Vorführung. 27 verschiedene Programme werden es bis zum Erscheinen dieses Buches sein, die die Science Busters in knapp drei Jahren als Uraufführungen auf die Bühne gebracht haben. Praktisch von Beginn an ausverkauft. Keine Show ist wie die andere, einfach deshalb, weil es keinen fertigen Text gibt. Es gibt zwar einen genauen Ablaufplan, wann welches Thema verhandelt wird, der Rest ist Improvisation. Wer übrigens beim Namen Abdula an einen wehrlosen Hilfsarbeiter mit Migrationshintergrund denkt, der von den Science Busters schamlos ausgebeutet wird, während sie selbst in warmer Eselsmilch baden, der irrt. Herr Abdula, oder davor Alexander, Doris, Martina, die für die Produktionsassistenten verantwortlich zeichnen, sowie Josch und Harald, die für Ton und Licht sorgen, haben keinen geringen Anteil am Gelingen der Shows, weshalb ihnen dieses Buch gewidmet ist.

Nach einer kurzen Aufwärmphase im Rahmen des Projekts „Science in Film“[\[1\]](#) lernten Univ.-Prof. Heinz Oberhammer (Theoretische Physik, TU Wien), Univ.-Lekt. Werner Gruber (Experimentalphysik, Univ. Wien) und Martin Puntigam (Studienabbrecher, Univ. Graz) den Visual Artist und Art

Director Christian Gallei kennen und wurden die Science Busters. Thomas Gratzler und sein Team im Wiener Rabenhof Theater boten der schärfsten Science Boygroup der Milchstraße Herberge an und am 7. November 2007 ging es los mit der ersten Premiere „Im Weltall gibt es keine Bohnen – Warum der Mensch zum Mond will und wie“.

Seitdem ist kein Ende abzusehen. Die Science Busters schlagen mit einer regelmäßigen Radiokolumne auf FM4, Auftritten in der Fernsehsendung „Dorfers Donnerstalk“, der Show „Science Busters for Kids“ (Koproduktion mit dem Rabenhof Theater und dem Theater der Jugend, Wien) eine Schneise der naturwissenschaftlichen Aufklärung durch das Land. Und mittlerweile auch darüber hinaus. Liechtenstein und Deutschland sind schon gefallen, die Schweiz braucht gar nicht so zu schauen, sie kommt auch noch dran.

Aber warum?

Ein sehr dicker Experimentalphysiker, ein dicker Kabarettist und ein alter Professor für Theoretische Physik, unterstützt von einem glatzköpfigen VJ[2] – warum wollen sich die Menschen das anschauen?

Noch dazu, wo Physik in der Schule bei den Kindern ungefähr so beliebt ist wie ein eitriger Steißbeinzwilling. Man weiß: das gibt es, es ist sicher unangenehm und man möchte auf jeden Fall nichts damit zu tun haben.#

Warum also? Ganz einfach. Weil Physik fantastisch sein kann. Alles im Universum ist Physik, und die Science Busters sind in der Lage, das verständlich und unterhaltsam zu präsentieren. Farbenfroh, live und sexy. Mit Filmausschnitten, teilweise unfassbaren Grafiken und zahlreichen Experimenten, zum Teil überwältigend, zum Teil unverschämt einfach, aber gerade dadurch faszinierend. Etwa wie man Außerirdische jederzeit mit einem Feuerball begrüßen kann, ohne die ganze Zeit einen auffälligen Flammenwerfer im Vorzimmer liegen haben zu müssen. Man

braucht dafür nur einen Kanister, ein Kunststoffpanzerrohr, Lycopodium und ein paar Kerzen, solche, wie man sie auf eine Geburtstagstorte steckt, wo sind jetzt die Kerzen wieder, die müssen doch irgendwo sein, vielleicht in der Garderobe, sonst muss noch schnell wer zum Supermarkt ...

A B D U L A ! ! !

TEIL I

Wer nichts weiß...

Kapitel 1: Universum

Ein inniges Gebet ist eine hervorragende Mordwaffe. Wenn die Umstände passen, tötet es effektiv, unauffällig und ohne Spuren zu hinterlassen. Und der Superbonus dabei: Beten ist nicht schwer, das kann jeder. Man braucht dazu keine Kraft – wie beim Erwürgen, keinen Waffenschein – wie beim Erschießen, keine technischen Kenntnisse – wie beim Bau einer Bombe. „Mein Herz ist klein, darf niemand rein, außer du, mein liebes Jesulein“, und schon muss der Notar die Hinterlassenschaft regeln.

Untersucht haben die potenzielle Gemeingefährlichkeit des Betens Forscherinnen und Forscher in den USA, unter anderem der Harvard Medical School, im Rahmen der Langzeitstudie STEP. (STEP steht für „Study of the Therapeutic Effects of Intercessory Prayer“ – Studie zum therapeutischen Einfluss fürsprechenden Betens.)

Es handelt sich dabei um die bislang ausführlichste Studie zu der Frage, ob für jemanden zu beten tatsächlich seine Heilungschancen erhöht, sie umfasste 1800 Bypass-Patienten, die operiert wurden, und dauerte fast zehn Jahre. Fragen Sie nicht, warum man so was nach 2000 Jahren Christentum noch macht, da könnte man eigentlich wissen, dass beten nicht der Schlüssel zum Glück ist angesichts der letzten zwei Jahrtausende, aber bitte. Bevor man betet, kann man von mir aus auch übers Beten forschen. Hauptsache, die Kinder nehmen keine Drogen ...

Wie wurde geprüft?

Gläubige sollten für die Bypass-Patienten beten, das Fürsprachegebet durften sie frei nach ihrer religiösen Gewohnheit gestalten. Einzige Bedingung: Im Gebet musste die Bitte um „eine erfolgreiche Operation mit einer schnellen gesundheitlichen Genesung und ohne Komplikationen“ enthalten sein. Theologisch natürlich eine

Frechheit, so ein Pipifax-Kindergebet, aber man kann getrost davon ausgehen, dass die Menschen in der Regel nicht um viel mehr beten als um ihren eigenen Vorteil.

Die 1800 Probanden wurden in drei Gruppen von jeweils rund 600 Operationskandidatinnen und -kandidaten aufgeteilt: Für Gruppe eins wurde gebetet, sie wusste aber nichts davon. Für Gruppe zwei wurde nicht gebetet. Die 600 Probanden der dritten Gruppe wurden in die Gebete ihrer Kirchen-Gemeinden eingeschlossen und darüber informiert, dass für sie gebetet würde.

Das Ergebnis: In Gruppe eins und zwei traten ungefähr in gleich vielen Fällen Komplikationen auf. In Gruppe drei aber traten in deutlich mehr Fällen Komplikationen auf, und zwar um fast zehn Prozent mehr.

Warum war das so?

Es entsteht ein gewisser Stressfaktor, der die Genesung behindern kann. Der Patient mag sich denken: „Die beten für mich, also muss es mir wirklich schlecht gehen.“ Oder: „Ich muss schnell gesund werden, weil die ja alle für mich beten.“ Oder er denkt sich: „Wenn die jetzt auch noch beten für mich, dann schleich ich mich endgültig.“ Wie auch immer.

Dass Gebete wirkungslos sind, ist nicht besonders sensationell, das war zu erwarten, aber die Pointe an der Geschichte lautet: Ein nicht unbeträchtlicher finanzieller Beitrag zur Studie wurde von der Templeton Foundation bereitgestellt. John Marks Templeton war ein erfolgreicher britischer Börsenmakler, als Presbyterianer aber auch sehr gläubig. Mit seinem TempletonPreis, der weltweit höchstdotierten Auszeichnung für Einzelpersonen (1.000.000 Pfund Sterling), werden Menschen gewürdigt, die die Verbindung zwischen Wissenschaft und Religion untermauern. Als ob das wer brauchen würde. Wer glauben will, soll glauben, wozu braucht wer noch Wissenschaft, wenn er Wunder für möglich hält?

Eigentlich sollte STEP natürlich beweisen, welche positive Kraft im Gebet steckt, herausgekommen ist das Gegenteil.

Dabei handelt es sich nicht um einen Einzelfall. Millionen Dollar sind in den vergangenen Jahren in die Erforschung von Glauben und Religion investiert worden, unter anderem um zu beweisen, dass Glaube genetisch determiniert ist.

Gezeigt hat sich – wenig überraschend –, dass Glaube und Religion vor allem gesellschaftspolitische Phänomene sind: Je mehr Angst Menschen haben, je unsicherer ihr sozialer Status ist und je stärker sie an hierarchische Strukturen glauben und ihnen folgen, desto eher sind sie bereit, an einen Gott zu glauben. Wohlhabende, aufgeklärte und furchtlose Menschen haben Religion also gar nicht nötig. Oder, um es mit den Worten von Marie von Ebner-Eschenbach zu sagen: Wer nichts weiß, muss alles glauben.

Aber was wissen wir überhaupt?

Dass beten nicht hilft. Gut, aber das wird auch zukünftige Zöglingsgenerationen nicht vor dem handfesten Zugriff ihrer spirituellen Vorgesetzten schützen.

Die Fortschritte in den Naturwissenschaften in den letzten 200 Jahren waren enorm, aber was wissen wir wirklich?

Wenn wir einmal davon ausgehen, dass es keinen Gott gibt, wofür es sehr gute Gründe gibt, woher kommen wir dann? Wie sind wir entstanden und wann und warum? Und warum sollen wir das alles wissen wollen, und was nützt uns dieses Wissen, wenn wir nicht einmal wissen, dass man Investmentbankern nicht über den Weg trauen darf?

Der Reihe nach.

Setzen Sie sich jetzt bitte gut hin und halten Sie sich fest, denn was nun kommt, ist eine große Unverschämtheit: Warum etwas passiert, ist in der Physik grundsätzlich einmal egal. Komplett wurscht. Powidl. Blunzn, wie der Österreicher so sagt. Suchen Sie sich was aus. Da können Sie alle Physikerinnen und Physiker am Spieß braten und Ihnen

gleichzeitig androhen, dass sie lebenslang nur noch belebtes Wasser trinken müssen, und zwar kostenpflichtig, die werden Ihnen nichts anderes sagen.

Und wer ist dran schuld?

Weiß man auch nicht. Was man aber weiß, ist, dass man Fragen nach dem „Warum“ einfach nicht immer beantworten kann, wenn man sich in Physik auskennt.

Der Erste, der das erkannt hat, war der Erste der Physiker: Galileo Galilei. Fragt man nach dem „Warum“, impliziert das, dass es jemand veranlasst hat. Also meinte Galilei, dass wir uns in der Physik darauf beschränken sollten, nach dem „Wie“ zu fragen.

„Warum fallen Körper nach unten?“ wäre ein schönes Beispiel für eine „Warum“-Frage. Die Antwort könnte lauten: „aufgrund der Schwerkraft“ oder fachlich besser formuliert: „aufgrund der Gravitation“. Die Begriffe *Schwerkraft* und *Gravitation* sind aber nur Wörter. Genauso gut könnte man antworten: „Na, weil sie immer schon nach unten gefallen sind.“

Stellen wir uns aber die Frage „Wie fallen Körper nach unten?“, können wir eine eindeutige Antwort geben:

$$s(t) = |h(t) - h_0| = \frac{1}{2}gt^2$$

Dabei versteht man unter $s(t)$ die in der Zeit t zurückgelegte Strecke s , g ist die Erdbeschleunigung mit $g = 9,81 \text{ m/s}^2$. h_0 entspricht der Starthöhe, und $h(t)$ ist die Höhe zum Zeitpunkt t . Damit wissen wir, wann sich ein Körper unter Vernachlässigung des Luftwiderstandes in der Nähe der Erde befindet.

Durch Einstein hat sich dann eine Verbesserung der Formel ergeben. Aber auch Einstein konnte „nur“ die Frage nach dem „Wie“ klären und auch nicht das „Warum“.

Betrachten wir das allgemeine Gravitationsgesetz:

$$F = -G \frac{m_1 m_2}{r^2}$$

G ist die Gravitationskonstante, m_1 und m_2 sind die beiden Massen, die sich anziehen, und r ist der Abstand der beiden Massen. Daraus ergibt sich dann eine Anziehungskraft F .

Warum steht über dem r ein Zweier? Eine gute Frage, aber sie kann nicht beantwortet werden. Es ist das Gravitationsgesetz und es funktioniert, wenn man die Natur beschreiben will.

Aber Vorsicht, es gibt auch Ausnahmen. Die Frage „Warum ist der Himmel blau?“ kann in der Physik beantwortet werden. Man benötigt hierfür einige Effekte aus den Naturgesetzen und schon kann man diese Frage erklären.[\[3\]](#) Das kommt daher, dass diese Frage eher eine technische Frage ist. In der Technik und teilweise in der Biologie kann man die Frage nach dem „Warum“ stellen: Warum erwärmt der Mikrowellenherd Speisen? Warum ist es in der Nacht dunkel? Warum ist das Cordon bleu so beliebt? Die Antwort auf die letzte Frage ist allerdings sehr leicht: Das Cordon bleu ist deshalb so beliebt, weil der Mensch an sich gierig ist. Und wenn er Schinken, Käse und ein Wiener Schnitzel auf einmal bekommen kann, dann nimmt er das lieber als nur ein Schnitzel.

Die Frage „Warum *wollen* wir das alles wissen?“ ist schon wieder deutlich schwerer zu beantworten. Nicht zuletzt deshalb, weil niemand genau sagen kann, ob wir wirklich etwas wissen wollen können. Der sogenannte freie Wille ist in den letzten Jahren nämlich ganz schön ins Gerede gekommen, und Geisteswissenschaften und

Naturwissenschaften stehen einander in dieser Frage als nahezu unversöhnliche Feinde gegenüber.

Wobei die Neurowissenschaft diesbezüglich relativ entspannt ist. Ihrer Meinung nach haben wir keinen freien Willen, das wird aber nicht groß diskutiert. Nach Meinung der Philosophie, vor allem im deutschsprachigen Raum, hat die Neurowissenschaft keine Ahnung, wovon sie spricht.

Von Albert Einstein gibt es folgendes Zitat: „Ich weiß ehrlich nicht, was die Leute meinen, wenn sie von der Freiheit des menschlichen Willens sprechen. Ich habe zum Beispiel das Gefühl, dass ich irgendetwas will; aber was das mit Freiheit zu tun hat, kann ich überhaupt nicht verstehen. Ich spüre, dass ich meine Pfeife anzünden will und tue das auch; aber wie kann ich das mit der Idee der Freiheit verbinden? Was liegt hinter dem Willensakt, dass ich meine Pfeife anzünden will? Ein anderer Willensakt? Schopenhauer hat einmal gesagt: ‚Der Mensch kann tun was er will; er kann aber nicht wollen was er will.‘“

Das Thema beschäftigt die Menschen also schon länger. Auch wir wollen uns später etwas eingehender damit befassen, an dieser Stelle nur so viel: Dem Gehirn ist es völlig egal, ob es einen freien Willen hat oder nicht. Das Gehirn kann nur Muster. Erkennen und herstellen. That's it.

Dass wir überhaupt etwas wissen, oder zumindest zu wissen glauben können, ist ein Phänomen, das wir uns noch immer nicht ganz erklären können, und jetzt kommt's: Dass wir uns überhaupt Gedanken machen können, was im Gehirn passiert, dazu brauchen wir das Gehirn selbst. Das Gehirn ist praktisch sein eigener Untersuchungsausschuss. Zustände wie in der katholischen Kirche Österreichs, wo der Kardinal die Kommission zur Untersuchung der Gewalttaten und Missbrauchsfälle in seiner Firma selbst bestellt.

Darüber hinaus ist das Gehirn selbst praktisch auch noch blind; das Gehirn, das für unser Bild der Außenwelt und somit die Repräsentation der Realität verantwortlich ist,

sieht diese Welt gar nicht direkt. Nur über die Augen. Unsere Wahrnehmung der Welt sind von einem Supercomputer hochgerechnete Mutmaßungen und Sinneseindrücke.

Warum soll man so jemandem über den Weg trauen?

Gut, wenden da die Anatomen ein, die Augen sind eigentlich ein Teil des Gehirns, also sieht das Gehirn die Welt sehr wohl. Und was ist dann mit blinden Menschen, hören die deshalb auf zu denken? Dem Vernehmen nach ist rund die Hälfte des menschlichen Gehirns mit der Verarbeitung von Seheindrücken beschäftigt. Hat diese Hälfte bei blinden Menschen dann die ganze Zeit frei?

Ja, wahrscheinlich, werden manche denken, denn angeblich verwenden wir ja nur zehn Prozent unseres Gehirns. Aber das ist auch Unsinn, wir verwenden natürlich 100 Prozent unseres Gehirns, es kommt nur darauf an, was wir daraus machen. Und manchmal ist das eben nicht besonders viel. Aber es sind trotzdem 100 Prozent.

Das mit den zehn Prozent ist ein Trugschluss und geht zurück auf Marie-Jean-Pierre Flourens, einen französischen Physiologen, der im 19. Jahrhundert Tauben Teile des Gehirns entfernte. Und zwar Taubenvögeln, nicht tauben Menschen, dafür war dann erst das 20. Jahrhundert zuständig.

Flourens entfernte alles, bis nur noch zehn Prozent übrig waren. Die meisten Tauben waren danach aber nicht mehr quietschfidel, sondern sind daran gestorben, und nur jene, die die Prozedur überlebten, konnten mit zehn Prozent der Gehirnmasse gerade noch den Futternapf finden und die Wasserschale. Mehr nicht. In freier Wildbahn hätten sie keine Chance gehabt. Wenn man aber mit zehn Prozent des Gehirns noch den Futternapf findet und die Wasserschale, dann hat Flourens mit seinen Versuchen quasi den Cluburlaub vorweggenommen. Und dort ist man mit zehn Prozent mitunter sogar noch eher overdressed.

Was es mit dem Gehirn auf sich hat und mit seinen Mustern, was es kann und was nicht, und warum man es regelmäßig gießen soll, darauf kommen wir im Kapitel 4 zu sprechen. Davor wollen (oder möchten, wenn Ihnen das besser gefällt) wir aber einmal schauen, was wir heute eigentlich wissen. Über uns und das gesamte Universum und überhaupt alles.

Das ist einerseits ganz schön viel, andererseits ist das, was die Physik da an Wissen und Thesen anbietet, mitunter eine ziemliche Zumutung. Manche Theorien sind so obskur, dass man, wenn man bereit ist, sie zu akzeptieren, eigentlich gleich an einen Gott glauben kann. Es heißt zwar, Glauben ist kein Konzept der Physik, aber wenn Sie für das Kommende zumindest viel guten Willen mitbringen, schadet es nicht.

Mein Kommando wird lauten: Auf die Plätze, Feuer machen, los!

Mein Kommando gilt: Auf die Plätze, Feuer machen, los! Blättern Sie bitte um und schauen Sie die nächste Seite genau an.

Sehen Sie was?

In der Mitte der Seite.

Sie müssen genau schauen!

Bitte konzentrieren Sie sich, Sie machen das ja nicht für mich.

Wenn Sie etwas sehen, dann haben Sie zu lange ins Licht geschaut oder Sie können Singularitäten erkennen. Gratuliere.

Sie dürfen sich was aus der Naschlade nehmen.

Und ich hab gleich noch etwas für Sie.

Wieder umblättern, bitte.

Noch eine Singularität. Spitze, oder? Und Sie haben es sicher erkannt, es sind zwei vollkommen unterschiedliche Singularitäten. Die eine ist ein Schwarzes Loch, die andere ein Urknall. Aber wem sage ich das. Natürlich handelt es sich nur um Symbolfotos. Wären es echte Singularitäten, wären sie extrem dicht und Sie wären längst in ihnen drin. Spaghettifiziert wären Sie, in die Länge gezogen wie eine Nudel, aber das wissen Sie vermutlich schon, dass in Schwarzen Löchern mit der Gravitation nicht zu spaßen ist.

[4]

Vermutlich. Denn eigentlich können wir über Singularitäten nichts Endgültiges sagen, weil wir keine passende Theorie dafür haben. Die beste Theorie zur Beschreibung unseres Universums, die Allgemeine Relativitätstheorie, versagt nämlich, wenn die Dichte in einem Punkt unendlich groß wird. Was sowohl bei Schwarzen Löchern als auch beim Urknall der Fall ist. Möglicherweise hilft es, wenn man im Bereich mikroskopischer Größenordnungen Quanteneffekte berücksichtigt, möglicherweise aber auch nicht.

Zurück zu den Singularitäten. Mit welcher wollen Sie anfangen?

Wer ist für Urknall? Dann bitte jetzt Hände in die Höhe. Und wer ist für Schwarzes Loch? Gut, das ist die Mehrheit – Schwarzes Loch it is.

Schwarze Löcher gelten als die gefährlichsten Objekte im Universum. Quasi Weltallmeister im Gefährlichsein. Sie besitzen eine so große Schwerkraft, dass sie die gesamte Materie in ihrer Umgebung verschlucken und nichts mehr aus ihnen entkommen kann. Es handelt sich gewissermaßen um Gravitations-Hochsicherheitsgefängnisse. Die Schwerkraft eines Schwarzen Lochs ist so stark, dass sie alles anzieht – sogar das Licht. Wie in dem berühmten Witz über Schwarze Löcher. Kennen Sie nicht?

Zwei Schwarze Löcher gehen abends aus. Fragt das eine: „Schatz, was soll ich anziehen?“ Drauf das andere: „Alles.“ Gern geschehen.

Das alles weiß man über Schwarze Löcher, aber man kann sie eigentlich nicht wirklich sehen. Vereinfacht gesagt, sind Schwarze Löcher punktförmig klein, eben Singularitäten, können aber bis zu mehrere Millionen Sonnenmassen haben. Da muss man schon beide Hände nehmen, wenn man die aufheben will. Den Punkt kann man aber auch nicht sehen, man kann ihn nur vermuten, dort, wo es rundherum besonders hell ist. Allerdings nicht wie bei Festbeleuchtung im Weltall, so als ob jemand vergessen hätte, das Licht abzuschalten, oder alle Lichter aufgedreht hat, weil er sich im Dunkeln fürchtet, sondern Röntgenlicht-hell. Man braucht zur Beobachtung von Schwarzen Löchern einen Röntgensatelliten. Den bekommen Sie aber nicht als Lockangebot bei Tchibo, ein passabler Röntgensatellit kostet etwa 700 Millionen Euro. Nur dass Sie das auch wissen.

Und hell ist es rund um Schwarze Löcher, weil alles Licht eingesaugt wird. Und alles andere auch, das beim, na ja, sagen wir, Eintritt ins Schwarze Loch verglüht und leuchtet. In einem Schwarzen Loch schaut es also aus wie in einer gigantischen Verschrottungsanlage, früher hätte man gesagt, hier fehlt die Hausfrau. Es existieren nur mehr die zermanschten Überreste von Gas, Staub, Licht, Sternen und Galaxien. Nicht einmal Atome und Elementarteilchen bleiben im Schwarzen Loch übrig, sondern nur mehr reine Masse. Wahrscheinlich. Hineinschauen kann man, ähnlich wie bei Menschen, in ein Schwarzes Loch nämlich nicht. Je näher man an ein Schwarzes Loch gerät, desto langsamer vergeht die Zeit. Und im Schwarzen Loch selbst gibt es gar keine Zeit mehr. Das wissen wir woher? Kann man sich ausrechnen anhand der Allgemeinen Relativitätstheorie. Sie wissen schon, die, die in dieser Dimension eigentlich versagt.

Guter Erfolg, oder?

Gesehen hat ein Schwarzes Loch nämlich auch noch niemand, sondern nur das Drumherum. Es ist aber sehr wahrscheinlich, dass es Schwarze Löcher tatsächlich gibt. Immerhin. Man kann sich das ungefähr so vorstellen wie die Autogrammstunde eines umjubelten Bestsellerautors. Eine riesengroße Schar Autogrammjäger versammelt sich mit Büchern und Fotos um einen Tisch herum, und dazwischen sitzt sehr wahrscheinlich jemand, der Autogramme schreibt. Aber sehen kann man ihn nicht und man kommt auch nicht hin.

Singularität

Als Singularität bezeichnet man in Physik und Astronomie einen Bereich, in dem in einer Theorie eine physikalische Größe unendlich wird. Das ist zum Beispiel in der Allgemeinen Relativitätstheorie der Fall, wo die Dichte im Zentrum eines Schwarzen Lochs unendlich groß wird. Das widerspricht unserer Erfahrung und zeigt, dass die Allgemeine Relativitätstheorie dort nicht mehr gültig ist und angewendet werden kann.

Schwarze Löcher

Schwarze Löcher können nur indirekt nachgewiesen werden, nämlich durch die entstehende Strahlung bei der Einverleibung von Materie ins Schwarze Loch. Sobald sich Sterne, Staub und Gas einem Schwarzen Loch nähern, werden sie vom Schwarzen Loch angesaugt und erhitzen sich durch Reibung auf dem Weg zum Schwarzen Loch auf einige Millionen Grad. Die dabei entstehende Röntgenstrahlung kann man beobachten und so indirekt auf ein Schwarzes Loch schließen.

Ereignishorizont

Der Ereignishorizont beschreibt den Umfang eines Schwarzen Lochs. Innerhalb des Ereignishorizonts kann weder Materie noch Licht aus dem Schwarzen Loch austreten. Der Ereignishorizont ist umso größer, je mehr Masse das Schwarze Loch besitzt. Für ein Schwarzes Loch mit der Masse der Erde beträgt der Ereignishorizont nur neun Millimeter, für ein Schwarzes Loch mit der Masse der Sonne etwa drei Kilometer.

Quantenvakuum

Die Quantentheorie betrachtet ein Vakuum nicht als völlig leer, sondern darin können immer wieder Teilchenpaare entstehen, die nach extrem kurzer Zeit aber wieder verschwinden. Ein Vakuum darf man sich also nicht als eine starre und unbewegliche Leere vorstellen, sondern wie einen sich stets verändernden Zustand von Teilchen, die erzeugt werden, ganz kurz existieren, um dann gleich wieder zu vergehen.

Hawking-Strahlung

Bis 1970 vermutete man, dass es Schwarze Löcher gar nicht geben kann, weil sie keine Temperatur besitzen und keine Wärmestrahlung abgeben. Durch die Thermodynamik wurde die Relativitätstheorie ad absurdum geführt: Es kann keine Körper ohne Temperatur geben. Im Jahre 1970 folgerte Stephen Hawking, dass aus einem Schwarzen Loch doch Teilchen austreten können. In der Nähe des Ereignishorizonts können der Quantentheorie zufolge immer wieder Teilchenpaare entstehen. Eines der Teilchen wird vom Schwarzen Loch verschluckt, während das andere den Einflussbereich des Schwarzen Lochs verlassen kann. Die aus dem Schwarzen Loch austretenden Teilchen nennt man Hawking-Strahlung. Das austretende Teilchen trägt Masse mit sich, sodass die Masse des Schwarzen Lochs mit der Zeit abnimmt. Die Hawking-

Strahlung konnte aber bis jetzt noch nicht beobachtet werden.

Bastelanleitung: Schwarzes Loch to go

*Dafür benötigt man eine große durchsichtige Glasschüssel oder ein Goldfischglas oder am besten ein Aquarium, das mehr lang und hoch als breit ist (30 mal 5 mal 20 cm),
1 kg Zucker,
4 Tropfen Milch,
eine Rührschüssel,
einen Laserpointer,
einen Strohhalm mit Knick und
eine kleine schwarze Kugel.*

Als Erstes vermengen Sie in der Rührschüssel 1 kg Zucker mit 1,5 l heißem Wasser. Unter ständigem Rühren löst sich der Zucker auf. Während des Rührens geben Sie 2 Tropfen Milch dazu. Sobald sich der Zucker aufgelöst hat, gießen Sie die Zuckerflüssigkeit in das Aquarium.

Danach reinigen Sie die Rührschüssel, geben 1,5 l Wasser hinzu und verrühren das Wasser mit 2 Tropfen Milch. Legen Sie nun ein Blatt Papier vorsichtig auf das Zuckerwasser und gießen Sie das normale Wasser ganz vorsichtig auf das Papier. Wenn das Aquarium gut gefüllt ist, ziehen Sie das Papier heraus. Wenn Sie von der Seite in das Aquarium schauen, erkennen Sie eine Trennfläche zwischen den unterschiedlichen Wassersorten. Nehmen Sie nun den Strohhalm mit Knick und verwirbeln Sie vorsichtig die Trennschicht. Nicht zu viel, aber die Trennschicht soll gerade nicht mehr zu erkennen sein.

Legen Sie nun die schwarze Kugel – die das Schwarze Loch repräsentiert – weit weg vom Aquarium. Leuchten Sie parallel zum Wasserspiegel im unteren oder im oberen Bereich durch das Aquarium. Der Lichtstrahl sollte schön gerade und durch die Milch gut erkennbar sein. Licht breitet sich immer geradlinig aus – immer, wirklich immer (s. Abb. 1).

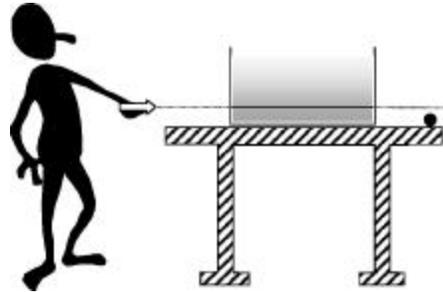


Abb. 1

Nun legen Sie das Schwarze Loch direkt vor das Aquarium. Leuchten Sie von schräg unten flach in den Bereich, in dem vorher die Trennschicht zu erkennen war. Das Licht wird sich verbiegen – nur durch die Kraft der schwarzen Kugel. Nur Schwarze Löcher können das und die sanfte Totalreflexion. Und wer genau wissen will, wie es geht, der leuchtet die Wasseroberfläche von unten in einem sehr flachen Winkel an (s. Abb. 2).

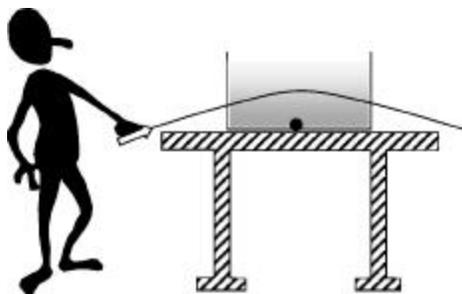


Abb. 2

Wenn Sie meinen, dass es bei Schwarzen Löchern ganz schön viele Unklarheiten gibt, dann darf ich Ihnen jetzt

Schwarze Sterne präsentieren.

Was das ist?

Sekkieren[5] Sie wen anderen, woher soll ich das wissen? Aber es gibt Spekulationen.

Wenn es um die Singularität geht, scheitert die Relativitätstheorie beim Schwarzen Loch. Das wissen wir schon, aber repetitio est mater studiorum. Weiß jedes Kind. Dort, bei der Singularität, müsste man eine Theorie der Quantengravitation heranziehen, die die Relativitäts- und die Quantentheorie unter einen Hut bringt. So eine Theorie gibt es aber noch nicht. In diesem Fall ist die Physik einmal sehr lebensnah. Man will etwas haben, was man braucht, aber man findet nichts. Kennt man vom Einkaufen.

Deshalb, weil man - physikalisch gesehen - nicht zur Singularität hinschauen kann, kann es sein, dass gar keine Schwarzen Löcher entstehen, sondern nur Schwarze Sterne. In der Quantentheorie gibt es keine punktförmigen Singularitäten - die kleinste Länge ist die Planck-Länge. Sie ist mit circa 10^{-35} Meter sehr, sehr klein.[6] Dort kann die Dichte zwar sehr groß werden, aber nicht unendlich. Zum Unterschied von einem Schwarzen Loch wird im Zentrum eines Schwarzen Sterns die Dichte nicht mehr unendlich. Das sind sozusagen die Loser unter den Schwarzen Löchern. Große Sterne, die im Endstadium ihres Lebens kollabiert sind, also unter der eigenen Schwerkraft zusammenbrechen, es aber nicht einmal zu einem Schwarzen Loch geschafft haben. Quasi zu faul, um ein Schwarzes Loch zu werden.

Und wenn wir schon bei schwarzen Dingen sind, die noch nie ein Mensch gesehen hat, hier gleich der nächste Patient.

Es gibt nämlich nicht nur hinter den sieben Bergen sieben Zwerge, sondern auch in unserem Universum. Gelbe, rote, weiße, blaue, orange, braune und schwarze. Alles Zwerge.

Und jetzt raten Sie einmal, welche man davon beobachten kann und welchen nicht.

Genau. Der Schwarze Zwerg ist natürlich wieder nur eine Idee.

Am Ende ihres Lebens blähen sich Sterne zu Roten Riesen auf. Das machen die einfach, darauf sind sie gar nicht besonders stolz, das ist wie bei den Menschen, im Alter wird man gern ein wenig dicker. Auch mit unserer Sonne wird das in etwa sieben bis acht Milliarden Jahren geschehen. In den Phasen maximaler Ausdehnung reicht die Sonne dann bis an die heutige Erdbahn heran. Das heißt, die Erde verschrumpelt dann wie eine Kletze^[7] im Ofen. Die Oberfläche der Roten Riesen wird aber durch die Aufblähung kühler und leuchtet dann rötlich. Logisch, wenn die gleiche Energie eine größere Oberfläche heizen muss, dann wird es an der Oberfläche kühler. Vom roten Leuchten hat der Rote Riese auch seinen Namen.

Und was hat das alles mit Schwarzen Sternen zu tun? Ha?
Nur Geduld.

Was nach der Aufblähung zum Roten Riesen passiert, hängt von der Masse des Sterns ab. Bei Sternen unter acht Sonnenmassen – das ist für einen Stern nicht sehr viel – wird die äußere Hülle des Sterns in den Weltraum abgestoßen, und es bleibt nur der innere heiße Teil übrig. Diesen Rest des Sterns nennt man Weißer Zwerg, quasi ein geschälter Heißsporn. Er ist einerseits sehr klein und andererseits sehr heiß und kühlt durch Strahlung in den Weltraum wie ein verglimmendes Glutstück über Jahrmilliarden langsam ab.

So, jetzt haben Sie brav gewartet, jetzt kommt die Belohnung. Wenn ein Weißer Zwerg sich so weit abgekühlt hat, dass er praktisch kein sichtbares Licht und schließlich auch keine Wärme mehr abstrahlt, wird er zu einem sogenannten Schwarzen Zwerg. Der Schwarze Zwerg ist quasi der unverwertbare Rest eines Sternenbegräbnisses. Das, was niemand haben will und niemand braucht. Nach

der vorherrschenden Meinung ist das Universum mit seinen 13,7 Milliarden Jahren aber noch nicht alt genug, um solche Schwarze Zwerge hervorgebracht zu haben, die praktisch gar nichts mehr abstrahlen. Man könnte Schwarze Zwerge auch nur indirekt durch deren Schwerkraft nachweisen, weil sie ja keine Strahlung aussenden. Das heißt, da hat etwas einen Namen, das es gar nicht gibt, und wenn es es gäbe, könnte man es nicht beweisen, sondern wäre auf Zeugenaussagen von der Schwerkraft angewiesen.

Damit Sie aber nicht glauben, in der Physik ist alles nur dann ein bisschen ungewiss, wenn das Adjektiv *schwarz* davor steht, habe ich einen Trost für Sie parat. Wenn das Adjektiv *dunkel* auf den Plan tritt, wird es noch viel schlimmer, wie wir im nächsten Kapitel sehen werden.