A

Gravitation

verknüpft mit

Eigenschaften des Lichts

Gravitation Correlated with Light

von Rudolf Kiesslinger

Weitergabe und Verbreitung dieses Buches
ist erwünscht.

ZUR ERINNERUNG

an meine Mutter

Margarete Kießlinger.

Sie ließ mich hineinwachsen

in die vielen Welten

in denen wir leben

© *Rudolf Kiesslinger*
Nussdorfer Straße 25
D – 88662 Überlingen am Bodensee
Bundesrepublik Deutschland
Telefon: (07551) 6 11 17
kiesslinger@rudolf-kiesslinger.de

September 2010 (Erstmals veröffentlicht 1993 und 1994).

ISBN 978-3-00-026841-0 (deutsche Ausgabe)

Falls Sie eine *neue* Theorie zur Gravitation oder zur Relativität erwarten, … dann könnte Ihnen dieses Buch unverständlich erscheinen.

Einige Leser glaubten wirklich, die hier dargestellte Theorie sei zu einfach um wahr zu sein.
Doch sie bedarf keiner abstrakten Hypothese. Sie *ist* einfacher als jede mir bekannte Theorie.

Wer glaubt, und sei es ein Physiker, eine Masse ändere sich *innerlich* wenn man ihr eine Geschwindigkeit erteilt, der hat die Relativitätstheorie nicht verstanden.
Richtig ist, daß eine Masse durch Geschwindigkeit für einen *außen* stehenden Beobachter größer wird, aber "innerlich" ändert sie sich nicht, d.h. ihre Struktur bleibt unverändert.

Nur wenn Sie das für möglich halten (gelegentlicher Lehrbuchweisheit widersprechend), dann werden Sie dieses Buch verstehen – oder mir erlauben, Sie mit folgendem Beispiel davon zu überzeugen.

Sie haben vielleicht einmal – in einem Bahnhof stehend – einen durchfahrenden Zug gesehen. Während der Zug an Ihnen vorbeifuhr sahen Sie ihn in voller Größe, doch in dem Maß, als er sich entfernt, sehen Sie ihn kleiner werden. Wären die Geleise endlos, dann schrumpfte er in einen Fluchtpunkt – aus *Ihrer Sicht*, d.h. *relativ* zu Ihnen im Bahnhof. Wenn Sie aber über Ihr Handy mit einem mitfahrenden Passagier sprechen, dann wird Ihnen dieser versichern, daß weder er noch der Zug geschrumpft sind.

Trifft der Zug auf einen stehenden Zug, dann führt der Zusammenstoß in eine Katastrophe. Wenn aber im Augenblick des Auffahrens der zweite Zug die gleiche Geschwindigkeit hat wie der erste, dann ist Berührung ohne Energieumsetzung möglich, obwohl der auffahrende Zug dieselbe Bewegungsenergie hat wie im ersten Fall. Für Sie ist klar: *Relativ* zum *gleich* bewegten Zug gibt es keine Bewegungsenergie.
Anders gesagt: Relativ zum fahrenden Zug hat der auffahrende Zug die Bewegungsenergie Null.
Relativ zu einem *stehenden* Zug ist diese Energie nicht Null.

Energie ist also eine *relative*, keine absolute Größe. Jeder Körper hat zur gleichen Zeit jede beliebige Energie, denn diese hängt *nur* von der Relativgeschwindigkeit *jedes beliebigen Beobachters* zu ihm ab.

<u>Allgemeine Folgerung</u>:

So wie ein von uns wegfahrender Zug nicht *in sich* zu einem Punkt zusammenschrumpft, so schrumpft auch das ganze Universum nicht zu einem Punkt. Denn wenn es schrumpft, dann – wie ein vorbeifahrender Zug – in den Fluchtpunkt, das ist die Zukunft *in perspektivischer Sicht* für Zurückbleibende.

Bis zu dieser Stelle unserer Argumentation stimmt die Klassische Physik mit der **Speziellen Relativitäts-Theorie** (**SRT**) überein. Doch die **SRT** enthält weit darüber hinausgehende Aussagen. Deshalb sei noch bewiesen, daß die soeben gewonnene Erkenntnis über die Energie bereits die ganze Relativitätstheorie enthält. Damit ist gemeint: Wir benötigen keine über die klassische (Newtonsche) Theorie hinausgehende neue Formulierung, um die Bewegung von Massen *relativistisch* zu beschreiben. Die soeben vorgeführte Formulierung genügt. Wir müssen nur endlich Newtons Theorie mit den meßbaren Erkenntnissen der **SRT** durchführen – das heißt: mit den gleichen Formeln, mit der Newton die Klassische Dynamik genau beschrieben hat, nämlich mit den Gleichungen des Gravitationsgesetzes, *aber unter Einbeziehung seiner Dynamik*:

Die **Anziehungskraft ist proportional M_1 mal M_2 durch R^2**.

Randbemerkung: Als wir den Zug betrachteten, der, aus unserer Sicht, in den Fluchtpunkt entschwindet, haben wir stillschweigend angenommen, daß wir den Zug immer dort sehen, wo er gerade ist. Aber wir sehen ihn in bestimmter Weise näher wegen der Zeit, die das Licht vom Zug zu uns benötigt. Wegen der Laufzeit des Lichts haben wir für die Entfernung des Zuges einen zu kleinen Betrag in die Formel eingesetzt. Das ist in der Rechnung zu berücksichtigen. Außerdem wissen wir, daß die *Lichtgeschwindigkeit* die gleiche ist für alle Beobachter, d.h. sie (und nur sie) ist **un**abhängig von der relativen Bewegung des Beobachters.

Wir haben also erkannt, daß die Bewegungsenergie eine *relative* Größe ist. Aus der **SRT** wissen wir, daß jede Energie **E** eine Masse $\mathbf{E/c^2}$ hat und daß sich diese Masse bei Bewegung verändert – nicht in sich selbst, aber aus der Sicht eines Unbewegten. Die **SRT** sagt allgemein, wie die physikalischen Bestimmungsgrößen, nämlich *Längen*, *Zeitintervalle* und *Massen*, umzurechnen sind, wenn wir denselben Vorgang aus einem anderen Bezugssystem betrachten. Sie sind umzurechnen nach der sogenannten **Lorentz Transformation.**
Selbstverständlich müssen sich in ein und derselben Beweiskette alle Bestimmungsgrößen (deren Messungen) auf das *gleiche* Bezugssystem (Referenzsystem) beziehen.

Führen wir diese *relativistischen* Massen m und M in die Newtonschen Bewegungsgesetze – die Dynamik – ein, also in die Formel GMm/c^2, dann erhalten wir ausnahmslos genau die (relativistischen!) Bewegungen, die wir beobachten – und dies *ohne* zusätzliche Annahmen. Das ist für viele Physiker überraschend.

Die Spezielle Relativitätstheorie und die Klassische Physik schließen einander keineswegs aus, sie bedingen einander. Die Bedeutung der klassischen Bestimmungsgrößen **Länge**, **Zeit** und **Masse** liegt durch die Spezielle Relativitätstheorie (*und* durch das Gravitationsgesetz) fest. Für diese Größen gelten die Erhaltungssätze für Energie, Impuls und Drehimpuls. Sie sind damit voneinander abhängig – im Unterschied zur Klassischen Theorie, in der diese Größen als konstant oder voneinander unabhängig vermutet wurden.

Natürlich ändert die Einführung relativistischer Bestimmungsgrößen das Newtonsche Grav.-Gesetz grundlegend, aber die Formel GMm/c^2 bleibt dieselbe. Was sich ändert sind die physikalisch definierten Bestimmungsgrößen (die Parameter): <u>Massen</u> sind nicht länger konstant, auch <u>Entfernungen</u> und <u>Zeit</u>angaben unterliegen relativistischen Änderungen. Doch diese Größen ändern sich nicht relativ zu sich selbst, d.h. nicht in ihrem Inneren, sondern *nur* aus der Sicht der Anderen, so wie der fahrende Zug sich für Passagiere nicht ändert. Nur *ein* Parameter ist in allen Bezugsystemen unveränderbar der gleiche: die <u>Lichtgeschwindigkeit</u>.

Obwohl wir feststellen, daß und wie Längen, Zeitintervalle und Massen sich "relativistisch" ändern, so bleiben also diese Größen *in sich* unverändert. Verändert sind sie nur aus der Sicht des Beobachters.
Die **SRT** beschreibt also nicht eine Änderung dieser physikalischen Größen *in sich*, sie beschreibt, wie ein Beobachter sie von seinem Standpunkt *wahr* nimmt. Uns sollte aber bewußt bleiben, daß kein Beobachter über diese Größen mehr wissen kann als das, was *wahrnehmbar* ist. Was z.B. eine Masse "an sich" ist bleibt völlig unbekannt und ist so rätselhaft wie zuvor. Das Weltall bleibt nicht erklär-, nicht begründbar.

Der Unterschied zwischen der klassischen und der relativistischen Physik liegt also "einfach" darin, daß an Stelle der klassisch definierten Bestimmungsgrößen für Masse, Länge, Zeit die relativistisch definierten Größen in die *gleichen* Formeln, die aus der Klassischen Physik bekannt sind, einzusetzen sind. Z.B. sind die Massen im Klassischen Gesetz konstant, aber nach der **SRT** ist jede Masse **m** gespeicherte Energie $\mathbf{E = mc^2}$; als solche verändert sie sich bei Beschleunigung. Sie verändert sich relativ, und zwar um die Energie, die ihr durch eine Kraft (z.B. durch Gravitation) entlang eines Weges zugeführt (bzw. davon abgeführt) wird. Diese *veränderte Masse* ist in das Gravitationsgesetz einzuführen. Konsequent durchgeführt verwandelt das die Klassische Theorie in die Relativitätstheorie. Dazu muß man natürlich die an sich einfachen Rechenverfahren beherrschen. Die sind erlern- und auch vorstellbar – wenn auch nicht unbedingt ohne Mühe.

Dazu ist *keine* der vielen vorgeschlagenen höchst "abstrakten" (das heißt schwer oder gar nicht vorstellbaren) kosmologischen Theorien notwendig, die erdacht worden sind zur "Erklärung" je eines *spezielles* Phänomens, aber erdacht um den Preis, in anderen Zusammenhängen zu neuen Problemen zu führen, die mit zusätzlichen Hypothesen "erklärt" werden mußten – in teils endloser Kette.

Wenn man hingegen in den klassischen Formeln alle Bestimmungsgrößen durch ihre relativivistischen Ausdrücke ersetzt, dann lösen sich die wichtigsten Probleme von selbst ohne zusätzliche "Theoreme".
Das wird in dieser Arbeit vorgeführt.
Hier seien die berühmtesten Probleme, die – ohne neue Hypothesen – keine der sogenannten "Standardtheorien" vollständig und widerspruchslos lösen konnte, zunächst ohne Erklärung nur kurz aufgezählt:

- *Expansion* des Universums. Die gibt es nicht, folglich auch keine *beschleunigte*. Es zeigt sich:
  Die Rotverschiebung *fossiler* Galaxien folgt nicht aus Expansion, sie folgt in meßbarer Weise aus der Gravitation – *ohne* Beschleunigung, ohne Urknall;
- Die bisher unerklärliche Verzögerung der Pioneer-Sonden;
- Die korrekte (anstelle der falschen) Erklärung, warum der Nachthimmel dunkel ist;
- Definition von "Dunkler Masse" bzw. "Dunkler Energie";
- Schwarze Löcher gibt es nicht, auch nicht bei beliebig großen Massenkonzentrationen;
- Periheldrehung der Planetenbahnen; die Liste ließe sich forstetzen.

Die "Standard"-Theorien "erklären" diese Probleme stets nur bruchstückhaft mit Zusatzhypothesen. Die im folgenden vorgeführten Erklärungen muß der Leser nicht alle im Einzelnen studieren, sie wurden hier nur vollständig dargestellt, um dem Vorwurf zuvorzukommen, sie seien nicht beachtet worden.

Diese Einleitung schien mir wichtig als Vorbemerkung, damit der Leser auf die ungewohnte Einfachheit gefaßt ist und nicht sogleich die gewohnten komplizierteren Theoremen einzufügen versucht.

Rudolf Kiesslinger

Abstract

All physical principles must be traced back to their roots where relativistic physics, especially gravitation, is fundamentally correlated with the qualities of light. This opens a new window to reality. All measurable discoveries of Einstein are verified, without any new hypothesis or theory – especially without the assumption of a hypothetical source-free field.

The only requirement is application of Special Relativity to *all* empirical facts and to Newton's Law of Gravitation. This means: *If* **Classical Gravitation** is *adapted* to **Energy Conservation** and **Special Relativity** (**Lorentz Invariance**), *then*

1. it explains without a hypothetical energy-supplying field (where energy had to be created without any source):
   a) *relativistic* orbits of planets,
   b) *relativistic* bending of light near large masses,
   c) the *Gravitational* Doppler Shift,
   d) the universe does not expand, and
2. *Additionally* it leads to new discoveries which till now could *not* be explained by General Relativity:
   e) the events occurring inside the Schwarzschild Radius,
   f) the red shift of fossil light (*not* caused by expansion of the universe),
   g) gravitation is the inverse of the Second Law of Thermodynamics,
   h) Calculation (!) of the Hubble Constant.

All results are derived from empirical evidence using only the elementary differential calculus.

Kurzfassung

Die Ursprünge physikalischer Prinzipien müssen wir in ihren Wurzeln suchen. Es sind die Eigenschaften des Lichts, worauf sich die relativistische Physik und mit ihr Gravitation gründet. Das öffnet ein neues Fenster zur Realität – *ohne* neue Theorien oder Hypothesen. Vor allem ohne das Postulat des quellenfreien Feldes werden Einsteins *messbare* Folgerungen bestätigt – allein durch *konsequente* Anwendung der Speziellen Relativitätstheorie auf *alle* empirischen Fakten. *Adaptiert* man nämlich das Klassische Gravitationsgesetz an Energie-Erhaltung und Spezielle Relativität (Lorentz-Invarianz) dann zeigt sich Erstaunliches:

1. Es erklärt, was bisher nur erklärbar schien mit Energie-Entstehung im Feld ohne Quelle, insbesondere:
   a) *Relativistische* Planetenbahnen
   b) *Relativistische* Lichtbeugung an Massen,
   c) *Gravitations-Dopplereffekt*, darüber hinaus
   d) das Universum expandiert nicht, and es führt
2. zu neuen Erkenntnissen, die bisher durch Allgemeine Relativität nicht erklärbar waren, u.a.
   e) was innerhalb des Schwarschild-Radius geschieht,
   f) Rotverschiebung fossilen Lichts (die *nicht* Folge einer Expansion des Universums ist),
   g) Gravitation ist die Umkehrung des Zweiten Hauptsatzes der Thermodynamik,
   h) Berechnung der Hubble-Konstanten.

Alles wird aus empirisch bekannten Fakten mit elementarer Differentialrechnung abgeleitet.

Einladung des Lesers zur Zusammenarbeit

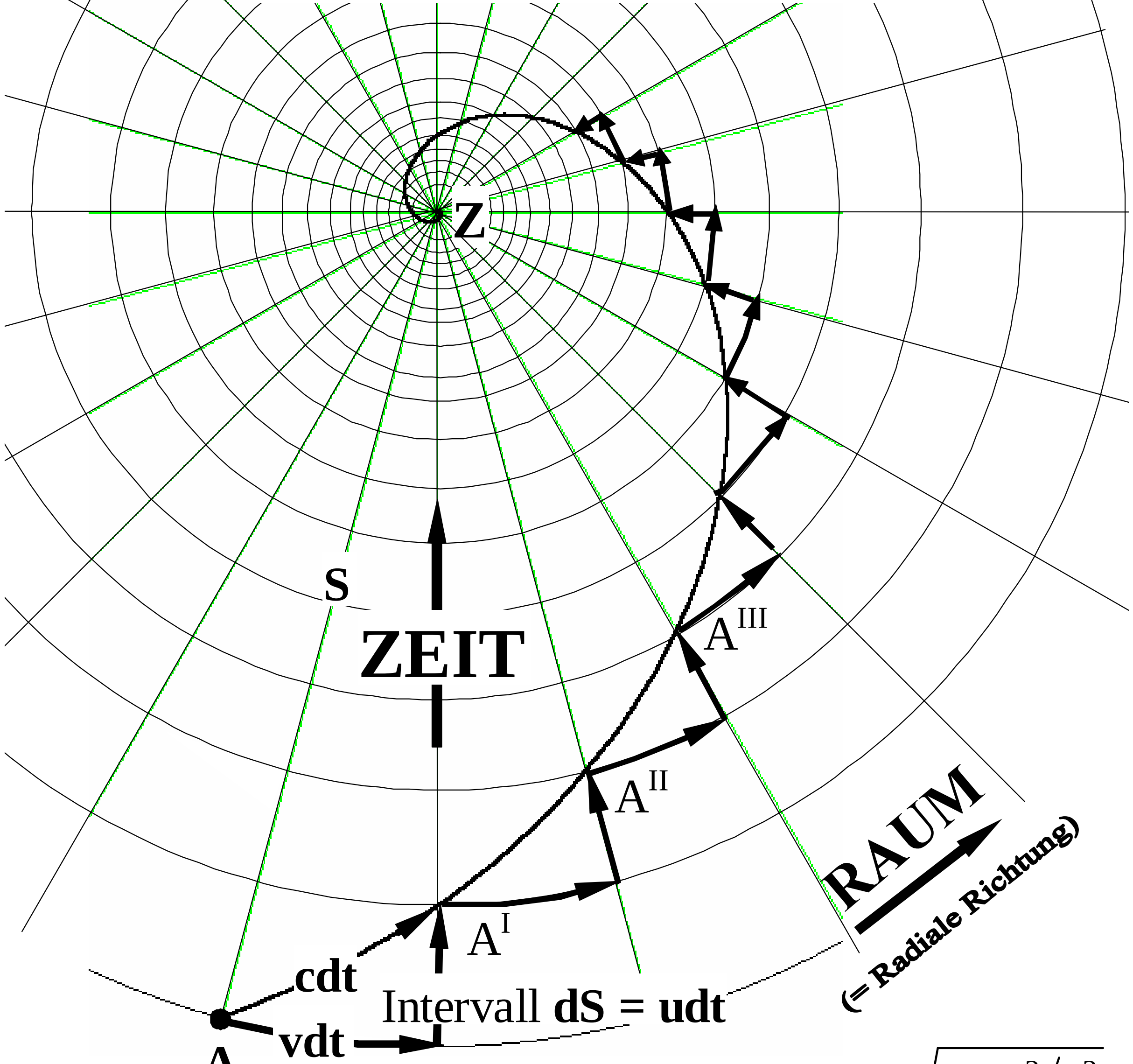
Seit einigen Jahren verhindern viele Redaktionen wissenschaftlicher Journale jeden kritischen Dialog zur Urknall-Hypothese. Dies bewußt und konsequent, und gegen den Protest hervorragender Astronomen wie z.B. Halton C. Arp, Hermann Bondi, Margaret und Geofrey Burbidge, Al Cameron, William Fowler, Thomas Gold, Fred Hoyle, Jayant Narlikar u.a. Der Abdruck von kritschen Leserbriefen, ja sogar von bezahlten Anzeigen, sofern sie wissenschaftliche Gegenargumente oder deren Quellen nennen, wurde verweigert. Auch werden Leserbriefe, wenn sie Quellenhinweise enthalten, nicht gedruckt. Warum umgehen die Redaktionen den kritischen Dialog? Warum suchen sie ihre Leser uninformiert zu lassen? Bis jetzt habe ich dafür keine Erklärung, wenn ich Redlichkeit bei allen Beteiligten voraussetze.

Auch diese Arbeit ist vom Boykott der Redaktionen betroffen, weshalb ich Sie bitte, jede Gelegenheit wahrzunehmen, um einesteils die Redaktionen an ihre Verpflichtung zur objektiven Berichterstattung zu erinnern und andererseits dieses Buch allen, die an Astronomie interessiert sind, als die derzeit wahrscheinlich umfassendste Quelle wissenschaftlich fundierter Gegenargumente zu unhaltbaren Hypothesen zu nennen.

Einige wissenschaftliche Erkenntnisse werden in diesem Buch zum ersten Mal veröffentlicht. Sie sind nicht mehr und nicht weniger als eine bisher kaum beachtete Folgerung aus zwei fundamentalen Theorien der Physik, der **Speziellen Relativitätstheorie** und dem **Erhaltungssatz der Energie**. So ist z.B. auf Seite 106 bewiesen, daß das Universum nicht expandiert, daß also **Urknall** und **Schwarze Löcher** nicht möglich sind. Hubbles Messung der Rotverschiebung ferner Galaxien wird sehr einfach erklärt allein mit der Speziellen Relativitätstheorie und Energie-Erhaltung. Dazu bedurfte es keiner neuen Theorie.

Rudolf Kiesslinger

Gravitation
verknüpft mit
Eigenschaften des Lichts
Stand der Wissenschaft OHNE Hypothesen in verständlicher Mathematik



$$u = dS/dt = c\sqrt{1 - v^2/c^2}$$

<u>Bewegung in Raum</u> (= v) <u>und Zeit</u> (= u)

in der Zeitperspektive

ISBN 978-3-00-026841-0 (deutsche Ausgabe) http://www.rudolf-kiesslinger.de

Für den Nachweis eines inneren Widerspruchs oder eines grundsätzlichen Fehlers in der Ableitung des Energieerhaltenden Gravitationsgesetzes wurde rechtsverbindlich ein Preis von € 25 000,– (Fünfundzwanzig Tausend) ausgeschrieben.
Trotz der fairen Bedingungen hat niemand eine formulierbare Kritik vorgetragen.

Rudolf Kiesslinger
Nussdorfer Straße 25
D–88662 Ueberlingen, Germany
Tel. +49 (0)7551) 61117 **email:** kiesslinger@rudolf-kiesslinger.de
ISBN 978-3-00-026841-0

An die Kritiker zu diesem Buch

Die Kritik zu diesem Buch ist alt: Da maßt sich ein Autor an, an den Grundfesten des eindrucksvollen Gebäudes der modernen Kosmologie zu rütteln, am Urknall gar und an Schwarzen Löchern, als ob diese nicht im Himmel an ihrer enormen Massenkonzentration in großer Zahl nachgewiesen und lokalisiert seien. Kosmologien "dieser Art" werden den Redaktionen astronomischer Zeitschriften zu dutzenden angeboten, zumeist von Autoren, die überzeugt sind, damit ein neues astronomisches Weltbild gefunden zu haben.

Es ist richtig: Dieses Buch öffnet wirklich der Kosmologie eine neue Sicht, die nirgendwo sonst zu finden ist. Falsch ist nur der Adressat, an den sich der Kritiker richtet, sowie Datum und Deutung der kritisierten "neuen Erkenntnisse". Diese wurden schon vor über hundert Jahren veröffentlicht, also lange vor der Geburt des Autors und vor Einsteins berühmten Beiträgen. Der Kritiker hat damit nicht, wie er glauben mag, leichtes Spiel mit einem "verkannten" Autor, er muß seine Kritik gegen **Ludwig Boltzmann** verteidigen, dem großen Mitgestalter der heutigen Physik, den er mit seiner Kritk angreift – ebenso rüde wie einst Ernst Mach u. a.

Dieses Buch folgt nämlich aus der gleichen Formel, die Boltzmann 1896 veröffentlicht hat. Sie steht heute in jedem guten Lehrbuch der Theoretischen Physik, z.B. in Feynmans Vorlesungen. Boltzmann begründete damit die kinetische Gastheorie, und zwar, was damals nur Wenige verstehen konnten, machte er darin zum erstenmal jene visionäre Voraussetzung, in der Einstein ein Jahrzehnt später die Relativitätstheorie erkannt hat. Wie kurz zuvor Maxwell mit seinen Gleichungen hat er hier erstmals *relativistische* Grundprinzipien in mathematischer Strenge eingeführt, nur damals schwerer durchschaubar als heute. Das Visionäre in Boltzmanns Denkweise war die Einführung der Identität von Masse und Energie, indem er von vornherein die Bindungskräfte zwischen Masseneinheiten (den Molekülen) nicht proportional zu den mit Gewichtsmessungen definierten konstanten Massen ansetzte, sondern proportional zur inneren *Energie* von einatomigen Molekülen. Boltzmann erkannte damit schon vor Einstein, daß bei *allen* Zentralkräften, also auch im Newtonschen Gravitationsgesetz, die Massen durch ihre *innere Energie* bestimmt sind, und das besagt, daß sie die Quelle ihrer Bewegungsenergie sind. Dazu sei daran erinnert, was damals bekannt war, nämlich daß sich die Wärmeenergie durch die Temperatur ausdrücken läßt.

Erst in neuester Zeit bemerken einige Physiker (auch sie nur zögernd), daß die innere Energie mc^2 einer fallenden Masse um genau so viel abnehmen muß wie kinetische Fall-Energie entsteht. Nach Boltzmann ist dies analog z.B. der Bindungsenergie eines Atomkerns, oder der chemischen Bindungsenergie in Molekülen. Daß sich auch beim Fallen die Massen in einem Gravitationsfeld entsprechend ändern ist nachzulesen z.B. auf Seite 115 in "Die Suche nach dem Ursprung der Atome" ("The Magic Furnace", 1999) von **Marcus Chown**. Betont wurde es auch von **Harald Lesch** in BR "Alpha-Centauri" am 13.4.2008, 20 Uhr. Aber keiner der Autoren nannte die daraus folgenden *mathematischen Widersprüche* in den von ihnen vertretenen Theorien von Urknall und Schwarzen Löchern.
Das hätte eines Visionärs wie **Ludwig Boltzmann** bedurft. Schon vor 1896, also vor Einstein, berechnete Boltzmann die Massenabnahme bei Beschleunigung durch Zentralkräfte (siehe **Seite 83**).

Rudolf Kiesslinger

INHALT

Einige Formeln, die aus Energie-Erhaltung folgen

Some Formulas resulting from Energy Conservation

R = Distanz der Massen vom Schwerpunkt [cm], M = Zentralmasse [g], a = G(M+m)/c² bzw. GM/c² [cm]
G = Gravitationskonstante = $6{,}67\cdot10^{-8}$ [$cm^3g^{-1}s^{-2}$], ρ = mittlere Dichte des Universums [g cm^{-3}] [Alle im cgs-System]

Freier Fall aus Unendlich bis R *Free Fall from $R_\infty = \infty$ to R*	$v = c\cdot\sqrt{1-e^{-2a/R}}$, **(keine Schwarzen Löcher, *nur* für R= 0 ist v = c)** $\cong c\sqrt{2a/R} = \sqrt{2GM/R}$ für R >>a (wie in der Klassischen Physik)
Gravitationsbeschleunigung: *Gravitational Acceleration*	$b = -\frac{GM}{R^2}\cdot e^{-2a/R}$, **(Gesetz von Boltzmann.** In der Klassischen Physik ist $e^{-2a/R} = 1$)
"Radius" des Universums: *"Radius" of the Universe*	$R_{Univers} = \sqrt{\frac{3c^2}{8G\pi\rho}} = \frac{2GM}{c^2}$ (Definition) (M = Masse des Universums [g])
Lichtablenkung durch M: *Light bending by a Mass* M	$2\varphi_{(R=\infty)} = -\frac{4GM}{c^2R_o}$. ($R_o$ = Distanz des Lichtstrahls zur Masse M)
Distanz vs. Rotverschiebung z: *Distance* R *versus Red Shift* z	$R = 5{,}67\cdot10^{13}\sqrt{\frac{\ln(1+z)}{\rho}}$ **[cm].** (Rotverschiebung in Entfernung R)
Hubble-Konstante v_H : *Hubble Constant* v_H (v_H definiert für R = R_H)	$v_H = c\sqrt{1-e^{-8\pi G\rho R^2/3c^2}} \underset{8G\rho R^2<<c^2}{\cong} 2R_H\sqrt{\frac{2}{3}G\pi\rho} = \frac{R_H}{R_{Univers}}c$ R = R_H = $3{,}1\cdot10^6$ Lichtjahre = **10^6 Parsec** = $3{,}1\cdot10^{24}$ cm. Für ρ = 4 H-Atome/m³ ist v_H = 60 km/(s Mpc).
Radius von Quasaren: *Radius of Quasars*	$R = \frac{GM}{c^2\ln(1+z_{rel})}$. (M = Masse des Quasars) (z_{rel} = relative Rotverschiebung zur assoziierten Galaxie)
Differentialgleichung der relativistischen Planetenbahnen: *Differential Equation for Relativistic Orbits*	$m\ddot{R} - mR\dot{\varphi}^2 = -\frac{GMm}{R^2} - 3\frac{GMmF^2}{c^2R^4}$ (mit Keplers Flächensatz $R^2\dot{\varphi} = F$ = konstant).
Verlangsamung der Zeit *Time Dilatation*	$t = t_o e^{-a/R}$ Zeitablauf im Abstand R von einer Masse M (relativ zu R_∞) *Time proceeds slow at the distance R of a mass M*
Gravitation am Ort ferner Galaxien *at the distance R from us*	$b = \frac{GM}{R^2}e^{-a/R} = GAR\rho\, e^{-\frac{G}{c^2}AR^2\rho}$ (relativ zu uns – *relativ to us*) (das heißt: aus der Sicht von uns - *seen from us*)

Die Theorien nähern sich stufenweise exakter Gravitation, gezeigt an der Zeit-Dilatation t (Intervall):

$$t^2 = t_o^2 e^{-2a/R} = t_o^2\left[1-\frac{2a}{R}+\frac{1}{2}\left(\frac{2a}{R}\right)^2-\frac{1}{3!}\left(\frac{2a}{R}\right)^3+-\ldots\right]$$ = Quadrat des Intervalls t. Zum Vergleich:

1.Näherung: ↑ **Newtons Axiom** - - - - - - - - enthält nur das konstante 1.Glied, d.h. $t = t_o$. Folge:
Zeit und Masse sind von Gravitation unabhängig.

2.Näherung: ↑ **Einsteins Hypothese** - - - bricht nach dem 2.Glied ab (Schwarzes Loch bei R = 2a).
Folge: (Zeit zu stark verkürzt, Masse zu wenig).

3.Exakte Messung: **Energie-erhaltende Gravitation** - enthält alle Glieder (*kein Schwarzes Loch*)
(durch Gravitation ändern sich Zeit- *und* Masse mit dem *gleichen* Faktor).

Einstein führte (mit t²) das „Intervall" t ausdrücklich als Hypothese ein, d.h. es ist aus keiner Theorie ableitbar, während $t = t_o\, e^{-a/R}$ nicht hypothetisch ist, sondern *abgeleitet* aus Energie-Erhaltung.

02.10.2010 kiesslinger@rudolf-kiesslinger.de - Nussdorfer Str.25 - D-88662 Überlingen -Tel.+49 (0)7551 61117 - **http://www.rudolf-kiesslinger.de**

Haben Sie das gewußt?

Diese Frage an Sie bezieht sich auf einige bisher unbeachtete Ergebnisse der folgenden oft zitierten Messungen:

1. **Rotverschiebung des Lichts weit entfernter Galaxien** (zur Zeit der Ausstrahlung, heute unverändert gemessen).
2. Messung des **Gravitations-Doppler-Effektes**, das ist die von Einstein richtig vorausgesagte Abnahme der Frequenz des Lichts bei Abstrahlung gegen das Schwerefeld.

Vorweg sei betont, daß im Folgenden nichts Neues vorausgesetzt wird. Neu ist nur die Verknüpfung bisher beziehungslos verstreuter theoretischer Ergebnisse, die allgemein anerkannt und durch Messungen bestätigt sind.
Beachten Sie bitte, **daß *keine* zusätzlichen Hypothesen oder Annahmen gemacht** werden.

1.1 Erklärung der Rotverschiebung ferner Galaxien

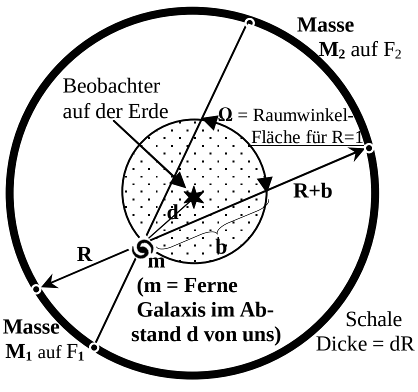
Im Jahre 1971 erregte ein von J. C .Hafele und R. Keating [Science 177, 166 (1972)] vorgestelltes Uhrenexperiment weltweit Aufsehen. Es bestätigte erstmals empirisch die berühmte Voraussage der Allgemeinen Relativitätstheorie, daß sich bei Annäherung an das Gravitationszentrum, also bei wachsender Gravitationsbeschleunigung, der Gang von Uhren – der Zeitablauf – verlangsamt. Als die Genauigkeit dieser H&K-Messung später (ab 1989) angezweifelt wurde war die Zeitabhängigkeit bereits auf andere Weise (z.B. durch das Global Postioning System, GPS) mit höchster Genauigkeit bestätigt. Die Verlangsamung des Zeitablaufs gilt für alle Uhren, die mit Atomuhren synchron gehen. Atome sind Uhren, denn nach der relativistischen Zeitdefinition ist jede atomare Eigenfrequenz ein idealer Taktgeber für die Zeitmessung.

Je stärker das Gravitationsfeld, um so langsamer verstreicht die Zeit. Nun die Überraschung: *Das* ist die Ursache der *Rotverschiebung des Lichts ferner Galaxien*, keinesfalls eine Expansion des Universums, wie in "Standard-Theorien" gelehrt. (Das Feld der Erde oder das der strahlenden Galaxie sind vernachlässigbar).

Beweis: Um den Verdacht auf verborgene Annahmen auszuschließen stützt sich das Folgende nicht auf *Zusatz*hypothesen zur Allgemeinen Relativitätstheorie, sondern allein auf *Messungen* und auf die Voraussetzungen zu Einsteins **S**pezieller **R**elativitäts-**T**heorie (**SRT**) – von *allen* Kritikern anerkannt – im einzelnen:

1. Eine *homogene Massekugel* wirkt nach *außen* gravitativ so, als wäre ihre Masse im Mittelpunkt.
2. Im *Inneren* dieser Kugel nimmt die Gravitation zum Zentrum linear bis Null ab. **Beweis siehe unten**.
3. Kosmologisches Grundprinzip: „*Das Universum ist homogen und isotrop*“, damit ist gemeint: Jeder Punkt *im Universum* ist gleichberechtigt, d.h. keine Richtung und kein Ort ist ausgezeichnet, **jeder** Punkt ist Mittelpunkt, keiner ist Randpunkt (so wie jedes Land der Erde „Reich der Mitte“ ist).
4. **Relativistisches Grundprinzip** (**SRT**): *Uhren in bewegten Bezugssystemen gehen langsamer. Nur im gleichen* Bezugssystem ist der Zeitablauf überall gleich. Wird aber ein Objekt relativ dazu bewegt, d.h. wird es beschleunigt, z.B. durch gravitative Kräfte, dann wird für das bewegte Objekt der Zeitablauf langsamer. Das führte Einstein zu einer bahnbrechenden, äußerst genau meßbaren Entdeckung: **Je stärker das Gravitationsfeld (d.h. je näher die Zentralmasse), umso langsamer verstreicht die Zeit**. Das äußert sich z.B. darin, daß in der Nähe einer Masse das Licht der Atomspektren rotverschoben ist.
5. Genaueste Zeitmessung durch Vergleich mit der Dauer einer atomaren Resonanz-Schwingung.
6. Anziehungskraft $\mathbf{K = \frac{GMm}{R^2}}$. M und m sind die Massen in einem Zwei-Körper-System. (G = Gravitations-Konstante, R = Abstand der Massen.)

Beweis zu Punkt 2:



Behauptung: **Auf eine Masse m im Inneren übt eine äußere Schale keine Gravitation aus.** Beweis in Lehrbüchern (ausführlich **Seite 106**) mittels Integration durch Berechnung der Kraft, die jede äußere Kugelschicht auf eine Masse **m** auf der Oberfläche der getönten Innenkugel ausübt. Die bezüglich **m** gegenüberliegenden Teilmassen $\mathbf{M_1}$ und $\mathbf{M_2}$ jeder Schicht sind proportional ihren Flächen $\mathbf{F_1}$ bzw. $\mathbf{F_2}$, also proportional dem Quadrat des Abstandes R bzw. R+b von **m**, aber deren *Anziehung* auf **m** ist proportional dem *reziproken* Abstands*quadrat* von **m**. Damit heben sich die Anziehungskräfte der je gegenüber liegenden Teilmassen auf die Masse **m** gegenseitig genau auf. Aber **m** wird angezogen von der getönt gezeichneten Innenkugel, denn in Lehrbüchern ist außerdem bewiesen, daß **die Gravitation einer kugel-symmetrischen Masse** auf Massen auf und außerhalb der Oberfläche **so wirkt als ob die Kugelmasse in ihrem Mittelpunkt wäre.** Dringt aber ein Massepunkt in die Zentralmasse ein bis zu einem Abstand $\mathbf{R_{innen}}$ (kleiner als ihr Außenradius $\mathbf{R_0}$), dann wirkt auf diesen Punkt gravitativ nur die Masse der konzentrischen Innenkugel (getönt) mit dem kleinen Radius $\mathbf{R_{innen}}$, nicht jedoch die Masse der Kugelschale zwischen $\mathbf{R_{innen}}$ und $\mathbf{R_0}$ (was schon Newton erkannte). Wäre die Zentralmasse eine Hohlkugel, dann ist die Gravitation im Hohlraum Null. Auf Massen *außerhalb* der Schale wirkt die Schale wie eine Vollkugel so, als ob die Schalenmasse im Mittelpunkt wäre. (So haben übrigens H. Cavendish und J. Priestley 1771 das später nach Coulomb benannte Gesetz $\mathbf{K= e_1 \cdot e_2/R^2}$ für elektrostatische Anziehung bewiesen)..

Überträgt man diese Überlegung auf die Massen **des ganzen Universums**, dann ist die Rechnung besonders einfach wegen des fundamentalen kosmologischen Prinzips, daß es keinen ausgezeichneten Ort im Universum gibt: *Jeder* Punkt ist gleichberechtigter Mittelpunkt, keiner Randpunkt, leicht zu verstehen in Analogie zur Oberfläche der Erde: Die Chinesen nennen ihr Land „Reich der Mitte". Doch „Reich der Mitte" ist *jedes* Land, denn auf der Kugeloberfläche kann sich jedes Land als "Mitte" dieser zweidimensionalen Oberflächen-Welt erklären. Das gilt auch für den Raum. Hat der Raum eine in sich geschlossene Krümmung, so ist die Analogie zur Oberfläche der Kugel offenkundig, sie ist aber auch offenkundig, wenn der Raum unbegrenzt ist und deshalb keine Oberfläche hat.

Nun sei M eine ferne Galaxis. Ihre Distanz zu uns nennen wir $\mathbf{R_{innen}}$, d.h. diese Distanz sei der Radius einer riesigen Kugel mit uns als Mittelpunkt und der Galaxis **M** auf ihrer Oberfläche. Alle von dieser Kugel *umschlossenen* Galaxien wirken auf die ferne Galaxis **M** gravitativ so, als ob sie im Mittelpunkt der Kugel wären, also konzentriert bei uns auf der Erde. Alle Himmelsobjekte *außerhalb* dieser Kugel gehören zur „Schale", haben also keine gravitative Wirkung auf die Galaxis **M** *in* ihrer Oberfläche (erst recht, als mit **Gl. 3.56** auf **S. 37** bewiesen wird, daß $\mathbf{b \to 0}$ für $\mathbf{R} \to \infty$. Siehe auch **Seite 106**).

Aus der mittleren Massendichte des Universums berechnen wir die Masse der Innenkugel (Volumen mal Dichte) und daraus deren Gravitationsbeschleunigung auf die von uns betrachtete Galaxis, also nach Einstein die Beschleunigung, die – wohlgemerkt *aus unserer Sicht* – am Ort dieser fernen Galaxis herrscht.

„Aus unserer Sicht" erwies sich für Kritiker dieses Buches oft als die am schwersten vorstellbare Anforderung der Relativitätstheorie an das Vorstellungsvermögen. Danach sind *alle* Bestimmungsgrößen (Parameter), z.B. Längen, Zeitintervalle, Geschwindigkeit und Massen *relative Größen*, auch Betrag und Richtung der Gravitation sind abhängig vom Standpunkt des Beobachters. Für jedes Objekt gilt die *gleiche* Physik, wenn nur jede Bestimungsgröße für ein und denselben Vorgang relativ zum *gleichen* Referenzsystem definiert ist. Z.B. zeigt eine Uhr auf dem Erdboden für ein und denselben Vorgang eine andere Zeit als dieselbe Uhr, wenn sie in großer Höhe aufgestellt wird. In Bezug auf sich selbst hat ein frei fallender Beobachter (im Flugzeuglabor bei Parabelflug) keine Beschleunigung, d.h. Gravitation Null, obwohl er – relativ zu uns – der Erdbeschleunigung unterliegt. Ein Beobachter, den wir uns von unserer Galaxis weit entfernt denken, hat aus unserer Sicht an seinem Ort die Gravitation (= Beschleunigung) der kosmischen Kugel. Die Gravitation nimmt zwar mit dem Quadrat ihres Abstandes (Radius R) ab, **aber die gravitative Masse dieser Kugel wächst mit dem Volumen (mit $\mathbf{R^3}$), also stärker.** Das ist ja direkt einzusehen: Alle Galaxien stürzen (wenn keine Fliehkräfte dagegen wirken) aufeinander zu – mit umso größerer Beschleunigung (Feldstärke), je weiter sie voneinander entfernt sind (oder sie "fallen" aneinander vorbei). Kurzum: Alle physikalischen Bestimmungsgrößen müssen bei einem Übergang in ein anderes Referenz-System nach den Regeln der Lorentz-Transformation umgerechnet werden.

(1) Eine ferne Galaxis fällt auf uns zu <u>mit einer</u> Beschleunigung, die umso größer ist je größer ihr Abstand von uns. Dazu eine <u>andere Entdeckung Einsteins</u> (nach <u>Punkt 4</u>, Erklärung im nächsten Kapitel):
(2) Licht <u>wird in einem Beschleunigungsfeld rotverschoben</u> – umso mehr, je stärker das Feld.

Aus (**1**) und (**2**) folgt zwingend: **<u>Relativ zu uns</u> ist das Licht der fernen Galaxis rotverschoben.**
Das erklärt – *ohne* Expansion, *ohne* Urknall – die von E.P. Hubble entdeckte Rotverschiebung.
Die Annahme eines „Urknalls ohne Expansion" würde sich selbst widersprechen. (**Siehe auch S. 100–106**).

Das Licht war also bereits bei der Emission in ferner Vergangenheit rotverschoben – relativ zu heute, und „auf der Reise" konnte es sich nicht verändern, weil für Licht – nach der Relativitätstheorie – die Zeit still steht (dessen „*Reise<u>zeit</u>*" ist Null). Aus *unserer* Sicht war das Feld zur Zeit der Emission stärker als heute. Aus dem gleichen Grund sieht ein Beobachter von dort sich selbst nicht rotverschoben, wohl aber *unsere* Vergangenheit.

Würden Raum oder Galaxienabstände expandieren, dann müßten wir das als zusätzliche Rotverschiebung messen, was nicht der Fall ist. Aber H. C. Arp und andere haben bei sorgfältigen Messungen mit Großteleskopen (auf die auch Fred Hoyle und andere seit mehr als 20 Jahren hinweisen) Rotverschiebungen entdeckt, die durch Fluchtgeschwindigkeit nicht, wohl aber mit dieser gravitativen, von der Entfernung abhängigen Rotverschiebung erklärbar sind. Mit derartigen Beobachtungen hat H. C. Arp Pionierarbeit geleistet. (Davon unabhängig entsteht am Ort der Lichtquelle eine meist kleine zusätzliche Rotverschiebung durch örtlich nahe Gravitationsfelder stellarer oder galaktischer Massen oder durch Felder der extrem konzentrierten Massen von Quasaren.)

Betrachten wir als ruhende Zuschauer das Zusammenfallen des Universums, also von einem Standpunkt, der am Zusammenfallen nicht teilnimmt! Im Fallen erreichten die Massen fast Lichtgeschwindigkeit. Während die Abstände abnehmen verkürzt sich infolge der großen Geschwindigkeit **1.** der <u>Längenmaßstab</u> (mit dem Abstände gemessen werden – in jeder Richtung), **2.** mit dem gleichen Faktor ändert sich (*auch* aus unserer Sicht) der <u>Zeitmaßstab</u>. Sind ihre Abstände gerade so viel kleiner geworden wie sich der Längenmaßstab relativistisch verkürzt, dann messen wir von unserem Standpunkt überhaupt keine Veränderung der Distanzen mehr, weil sich beide Veränderungen kompensieren. Gibt es einen solchen Standpunkt? Es gibt ihn, es ist der „Mittelpunkt", in dem sich prinzipiell *jeder* Beobachter im Universum befindet – aus seiner eigenen Sicht. Würden die zusammenfallenden Massen diesen Punkt erreichen, dann hätten sie Lichtgeschwindigkeit, aber dazu bräuchten sie unendliche Zeit.

Es scheint paradox: Das Universum fällt durch eigene Gravitation in sich zusammen und doch bleiben alle Massen relativ zueinander in Ruhe – im Mittel. Das liegt daran, daß aus der Sicht jedes Beobachters das Universum zwar *schrumpft*, aber die *Maßstäbe*, mit denen wir Entfernungen messen, schrumpfen zugleich im selben Verhältnis. Ausgenommen sind nur kleinere Individualgeschwindigkeiten, die einzelne Massen relativ zueinander haben können, z.B. infolge der Gravitation lokaler Massen. Das Einzige, woran man das Zusammenfallen erkennen kann, ist die Verlangsamung des Zeitablaufs *relativ* zu jedem vorangegangenen Zustand, bei dem das Universum größer gewesen ist. Das Universum fällt, aus unserer Sicht, aus der Vergangenheit in die Zukunft. Dieser Prozeß heißt Gegenwart.
Das Licht, das uns von weit entfernten Galaxien nach langer Zeit erreicht, ist uralt. Zur Zeit seiner Emission war das Universum mit allen Maßstäben größer. Da wir alle Maßstäbe durch das Licht definieren, ist die Wellenlänge des Lichts der einzig mögliche Längenmaßstab. Also muß in früherer Zeit die Lichtwellenlänge um ebensoviel größer gewesen sein wie das Universum größer war, verglichen mit heute. Das bedeutet:

Jedes *fossile* Licht ist rotverschoben, und dies umso mehr, je größer Entfernung und Zeitdistanz zur Lichtquelle. Das begründet einmal mehr die Rotverschiebung fossilen Lichtes. (Siehe **Seiten 100 und 106**).

Nun die zweite berühmte Messung. Sie beruht auf den gleichen physikalischen Prinzipien:

1.2 Der Gravitations-Dopplereffekt

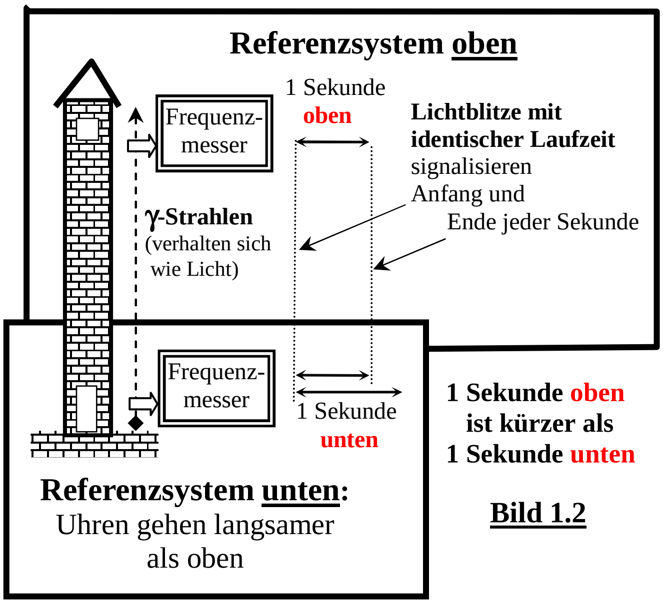


Bild 1.2

Pound, Rebka & Snider maßen 1960 mit Hilfe des Mößbauer-Effektes die Änderung der Frequenz des γ-"Lichts" im Gravitationsfeld. Sie zeigten, daß die Energie (Frequenz) der von der Basis des Turms aufsteigenden Gammastrahlen abnimmt, und zwar – wie von Einstein vorausgesagt – mit dem Faktor **$1/(1+\Delta\varphi/c^2)$**. **$\Delta\varphi$** = Zunahme der Potenziellen Energie (= Energie einer **Masseneinheit**) mit **R**. **$\Delta\varphi/c^2$** ist die Masse, die dieser Energiedifferenz äquivalent ist.

Man beachte: Alle Größen, auch $\Delta\varphi$, beziehen sich auf die Masseneinheit.

Nach *üblicher (falscher)* Erklärung

erhalten umgekehrt in das Gravitations*feld* einfallende Photonen Energie aus dem Feld. Für Photonen, die ja nur kinetische Energie haben, gelte dasselbe wie für fallende Körper, die ihre kinetische Energie aus dem Feld beziehen. Diese verbreitete Erklärung ist falsch, denn es gilt folgende Feststellung (siehe folgende Seite 4):

Die Energie der γ-Photonen (d.h. die Frequenz!) **wird vom Gravitationsfeld nicht verändert. Deshalb entweicht Licht aus jedem beliebigen Schwerefeld ohne Energie-(Frequenz-)Abnahme, als ob es das Feld nicht gäbe. Übrigens schließt das die Möglichkeit Schwarzer Löcher aus.**

Diese Feststellung treibt die Vertreter der bisherigen Theorie auf die Barrikaden, aber sie läßt sich beweisen und mühelos verstehen mit einer anderen Entdeckung Einsteins, und zwar wie folgt:

Nach Einstein verstreicht die Zeit unten mit dem Faktor $1+\Delta\varphi/c^2$ langsamer als oben. Das wurde ab 1971 gemessen (J.C. Hafele & R. Keating 1971, mit steigender Genauigkeit University of Maryland 1976 u.a.). Das heißt: Die Sekunde dauert unten länger als oben – um den Faktor $1+\Delta\varphi/c^2$. Wenn (und nur wenn) die Frequenz sich nicht ändert enthält 1 Sekunde um so viel mehr Schwingungen wie die Sekunde länger dauert. Die Messung beweist, daß die Frequenz der Gammastrahlen unten und oben gleich ist. Daß man unten eine *mit diesem Faktor* erhöhte Frequenz *mißt*, liegt also daran, daß die innere Uhr des unteren Frequenzmessers dem im unteren Referenzsystem geltenden langsameren Gang der Zeit folgt. Der bisherige Gedankenfehler bestand darin, daß man Messungen aus dem oberen mit denen des unteren Referenzsystems vertauschte. Um *vergleichen* zu können ist aber die Sekunde oben und unten mit derselben (ortsfesten!) Uhr zu messen.

Hier fiel mir ein Verteidiger von Urknall und Schwarzen Löchern ins Wort. Er sagte, beide Frequenzmesser wären im *gleichen* Referenzsystem, weil es *prinzipiell* unmöglich sei, ihre Uhren zu synchronisieren. Also sei zu folgern: Wenn der Unterschied des Gravitationsfeldes für jeden Ort andere Meßwerte für Raum und Zeit ergibt, dann doch im *gleichen* Referenzsystem, und das heißt, daß die Frequenzen wirklich verschieden sind. Doch die behauptete Unmöglichkeit der Uhrensynchronisation ist ein Irrtum.

J. A. Wheeler, ein Hauptvertreter der Theorie Schwarzer Löcher, synchronisiert die Uhren, indem der obere Frequenzmesser Anfang und Ende jeder Sekunde durch Lichtblitze signalisiert (in „Gravitation und Raumzeit“, Spektrum Verlag 1989, S. 174). An anderer Stelle erwähnt Wheeler, daß sich Massen durch ein Schwerefeld ändern, nur wurde dies in der Hypothese der Schwarzen Löcher nicht berücksichtigt.

Ein Referenzsystem ist *definiert* durch gleichlaufende (synchronisierte) ruhende Uhren an *allen* Orten. Eicht man die Uhr des unteren Frequenzmessers mit dem Takt der Sekundensignale von oben, dann mißt man für die Gammastrahlen oben und unten die *gleiche* Frequenz. (Laufzeit und Frequenz der *Lichtblitze* sind *ohne* Einfluß, sie durchlaufen stets die gleiche Turmhöhe, egal, ob zu Anfang oder zu Ende jeder Sekunde.)

Der langsamere Zeitablauf an der Basis bedeutet, daß eine fallende Masse mit dem gleichen Faktor abnimmt wie der Zeitablauf. Das folgt aus der von Einstein eingeführten Definition der Entfernung (der Länge) durch die Laufzeit des Lichts (statt Anlegen eines materiellen "Zoll"stocks). Damit ist mit der Masse auch die Zeit festgelegt (nämlich durch die Laufzeit des Lichts). Wer das lieber theoretisch ableiten möchte kann dies folgendermaßen tun:

Weil eine Masse m die Gravitation definiert ändert sich die Feldstärke proportional zur Masse.
Einem Massenelement m proportional ist $E = mc^2$ (Spez.Rel.Theorie), und nach der Quantenphysik ist $E = h\nu$.
(h = Planck Konstante, ν = Zahl der Schwingungen pro Sekunde).
Die Quantenphysik ordnet also jeder Masse eine Schwingung der Frequenz ν zu, auch ihren selbsterhaltenden Teilen (Atomen). (Mittels Resonanz ist ν nachweisbar an externen Effekten.)
Jede einzelne Schwingung hat die gleiche winzige Energie h (= E/ν) (h = Planck Konstante)**.**
Da für jede Masse $E = mc^2 = h\nu$ gilt, hat jede Masse eine Resonanz-Frequenz $\nu = mc^2/h$.
Die so bestimmte Anzahl der Schwingungen pro Sekunde (Frequenz) verknüpft beides:
Die *Energie* mc^2, also die Masse m (= Ursache des Feldes) und die *Dauer* der Sekunde.
Folgerung: Sekundendauer und Masse ändern sich immer mit dem gleichen Faktor.

Diese bis heute meist ignorierte Tatsache ist von fundamentaler Bedeutung: Die Frequenz eines Photons nimmt nicht *während* des Aufsteigens ab, sie ist *schon bei der Emission* an der Basis niedriger.

Die Referenzsysteme der beiden Frequenzmesser kann also derjenige klar unterscheiden und auch umrechnen, der physikalisch argumentiert statt des Vorwurfs eines (nicht existierenden) Widerspruchs zu Einstein.

Der Kritiker behauptet, daß man den unteren Frequenzmesser nicht mit der Sekunde des oberen Frequenzmessers eichen dürfe. Er sagt, man könne und *dürfe* das oben abgestrahlte Licht unten nur mit dem *unveränderten* unteren Frequenzmesser messen, und dann **mißt man eben unten eine höhere Frequenz,** das zeige die Theorie *und* die Messung. Damit sei bewiesen, daß einfallendes Licht Energie aus dem Feld gewinnt.

Aber da hat sich der Kritiker eine harte Nuß eingehandelt. Geeicht ist die Sekunde des oberen Frequenzmessers durch eine genau definierte Zahl von Atomschwingungen, z.B. der des Cäsiums, eingebaut im Frequenzmesser. Nun denke man von oben einen *einzigen* Impuls abgestrahlt mit genau der Anzahl von Schwingungen, die 1 Sekunde definiert (definiert mit *dieser* Frequenz des Cäsiumatoms). Vorher werde ein *identischer* Frequenzmesser von oben nach unten gebracht mitsamt seinen Cäsium-Eich-Atomen. Dieser kann unabhängig vom Gravitationsfeld unten nichts anderes messen als diesen *einen* Impuls, der unten natürlich die *gleiche* Anzahl von Schwingungen hat wie oben. Was also mißt der untere Frequenzmesser, dessen Sekunde mit der *gleichen* Schwingungszahl geeicht ist? Er *kann* nichts anderes messen als die Anzahl der Schwingungen dieses *einen* Impulses, die sich unten genau so auf 1 Sekunde verteilt wie oben, eben weil die Sekundendauer oben und unten exakt gleich definiert ist.

Wie will nun der Kritiker erklären, daß man dennoch unten eine *höhere* Frequenz *mißt* (das ist ja unbestritten sein Argument)? Er könnte höchstens noch postulieren, daß nur die erste Schwingung mit Lichtgeschwindigkeit nach unten läuft, jede folgende aber schneller als Licht, wodurch unten die letzte Schwingung ankommt bevor die Sekunde zu Ende geht. Dann verbliebe bis zum Ende der Sekunde eine Pause für weitere Schwingungen. *Erklärbar* ist die Messung der Frequenzerhöhung (mit dem Faktor $1+\Delta\varphi/c^2$) nur mit dem Energieerhaltenden Gravitationsgesetz, das aus diesen Messungen ableitbar ist, wie nun gezeigt wird.

Zuvor eine Anmerkung: Weil Einstein seine Allg. Rel. Theorie als zwingende Folge allein aus zwei kosmologischen Prinzipien ansah, **Homogenität** und **Isotropie** (d.h. die *mittlere* Massendichte des Universums ist an allen Orten und in jeder Richtung gleich), wurde dies als Argument gegen das Energie-erhaltende Gravitationsgesetz vorgebracht. Im Eifer der Verneinung bemerkte man nicht, daß diese beiden Prinzipien auch bei Energie-Erhaltung gelten. Einsteins Theorie folgt daraus nur, weil in seiner Rechnung noch eine dritte Hypothese verborgen ist, die, weil für „selbstverständlich" gehalten, gar nicht als Hypothese erkannt wird, nämlich daß der „Raum" die Quelle der Fallenergie sei. Ist aber, wie gemessen, die fallende Masse und *nicht* der Raum die Quelle, dann folgt, wie in Kap. 1.1 und 1.2 gezeigt, aus *denselben* Prinzipien Energie-erhaltende Gravitation.

Noch eine Klarstellung: „Der Gang der Zeit" ist darstellbar als Funktion 1. der potentiellen Energie und 2. der Gravitationsbeschleunigung. Diese Darstellungen schließen einander nicht aus. Die beiden Funktionen sind natürlich verschieden, nämlich durch den Faktor $1/R^2$. Proportional ist der Gang der Zeit nur zur potentiellen Energie (in Gestalt der fallenden Masse), eindeutig bestimmt und errrechenbar ist aber der Gang der Zeit auch aus der Gravitationsbeschleunigung. Da beide eine Funktion von R sind, läßt sich die eine durch die andere ausdrücken, man braucht nur R aus der einen zu berechnen und in die andere einzusetzen. Dem Kurvenverlauf der beiden Funktionen ist gemeinsam, daß, wo die eine steigend ist, es auch die andere ist und umgekehrt.

1.3 Das Energie-erhaltende Gravitationsgesetz

Sich des Problems der Energieerhaltung im Gravitationsgeschehen bewußt hielt Newton eine Erweiterung seines Gesetzes für notwendig und möglich, denn er empfahl dazu weitere Forschung. Aber erst mit Einsteins Entdeckung der Äquivalenz von Masse und Energie läßt sich Energie-Erhaltung in das Gravitationsgesetz einbeziehen. Das wäre mit der Relativitätstheorie schon seit 1905 möglich gewesen. Schwer zu begreifen, warum das, soweit mir bekannt, fast ein Jahrhundert lang nie versucht worden ist (Ausnahme: E. Milne 1934, aber nur für die – im Folgenden widerlegte – Hypothese der Expansion des Universums).

Um die Ableitung überzeugender zu machen gehe ich nicht von der Theorie, sondern von *Messungen* aus. Wem die Differentialrechnung weniger liegt kann die jetzt folgende Ableitung überschlagen und muß dann dem Resultat vertrauen. In den ersten Kapiteln wurde erklärt, was heute wohl allgemein akzeptiert ist:

Erhöht sich die Gravitationskraft (z.B. bei Annäherung an eine Zentralmasse), so verstreicht die Zeit langsamer, das heißt: Wird das Gravitationsfeld stärker dann gehen alle Uhren langsamer.

Atome sind Uhren, denn jede ihrer atomaren Eigenfrequenzen eignet sich als Taktgeber für Uhren.

Entscheidend ist Folgendes: **Schwingungsdauer und Masse des Atoms ändern sich im gleichen Verhältnis.** Verlangsamung der atomaren Schwingung bedeutet, daß Masse und Schwingungsdauer des Atoms mit dem *gleichen* Faktor abnehmen, allerdings, wie später erklärt wird, *relativistisch*, das heißt: aus Sicht eines im Ausgangspunkt zurückbleibenden Beobachters. Das folgt aus dem Uhrenexperiment (1971 Hafele & Keating, GPS u.a.). Deshalb muß, aus Sicht dieses Beobachters, eine fallende Masse (*und damit ihre Gravitationskraft*) mit dem Faktor $\mathbf{1-\Delta\varphi/c^2}$ abnehmen ($\mathbf{\Delta\varphi}$ ist die Abnahme der potenziellen Energie). Weil zugleich die kinetische Energie pro Masseneinheit um dieses $\mathbf{\Delta\varphi}$ zunimmt, **ist die Masse selbst die Quelle der Potenziellen Energie**, also *nicht* das Feld der Zentralmasse, wie irrtümlich immer wieder behauptet wird.

Ihre Anfangsenergie (z. B. bei $\mathbf{R=\infty}$) ist $\mathbf{mc^2}$.

Zur Berechnung sei der einfachste Fall vorausgesetzt: ein System aus zwei Körpern, **m** fällt auf **M**.

Der Beobachter sei auf der (zunächst unbewegt im Schwerpunkt angenommenen) Masse **M**.

Der Abstand **R** *ist relativistisch definiert, d.h. Abstände werden gemessen durch die Laufzeit des Lichts.*

Bei Newton sind Massen *konstant*. Die Messung mit Uhren bewies das Gegenteil: sie sind eine Funktion **f(R)** des Abstandes **R**. Setzt man diese Funktion in das Newtonsche Gravitationsgesetz für die Masse ein, dann wird das klassische Gesetz relativistisch. Man kann das z.B. so formulieren, daß man die Ruhemasse **m** mit einem positiven Faktor **f(R)** multipliziert, **mf(R)**, worin $0 < \mathbf{f(R)} < 1$.

Zu berechnen ist der **Faktor f(R)**. Die Anfangsenergie der fallenden Masse (bei $\mathbf{R} = \infty$) ist $\mathbf{mc^2}$.

(1.1) **Gesamte potentielle Energie** = $\mathbf{(M+m)c^2}$. Davon verbleibt im Abstand **R** aus der Sicht von **M**:

(1.2) $\mathbf{E_{pot} = [M+m \cdot f(R)]c^2}$ mit $0 < \mathbf{f(R)} < 1$ (wenn sich $\mathbf{E_{pot}}$ nur auf die fallende Masse **m** bezieht).

Wegen $\mathbf{E_{kin}}$ = (Kraft mal Weg) = $\left|\int_\infty^R \mathbf{KdR}\right|$ und $\mathbf{E_{pot} = (M+m)c^2 - E_{kin}}$ ist die Ableitung nach **R**, also die

Energieumwandlung $\mathbf{E_{pot}}$ in $\mathbf{E_{kin}}$ pro Einheit des Weges R:

(1.3) $|\mathbf{K}| = \dfrac{\mathbf{dE_{pot}}}{\mathbf{dR}} = \mathbf{mc^2 f'(R)}$. Diese **„Energie pro Wegeinheit" heißt „Gravitationskraft" K.**

Mit der relativistisch um die Energie verringerten Masse **m·f(R)** machen wir Newtons Gesetz relativistisch:

(1.4) $\mathbf{K = G\dfrac{M \cdot mf(R)}{R^2}}$. **Außerdem gilt** $\mathbf{E_{pot} = (M+m)c^2 - \int_\infty^R KdR}$, **also** $|\mathbf{K}| = \left|\dfrac{\mathbf{dE_{pot}}}{\mathbf{dR}}\right|$.

Weil die Fall-Energie KdR von der inneren Energie dE_{pot} geliefert wird, müssen beide **K** gleich sein:

Gl.(1.4) = Gl.(1.3): $\mathbf{G\dfrac{Mmf(R)}{R^2} = mc^2 f'(R)}$, **anders geordnet :** $\mathbf{\dfrac{f'}{f} = \dfrac{GM}{c^2} \cdot \dfrac{1}{R^2}}$.

Die linke Seite ist die Ableitung von **lnf(R)**, die Integration der rechten Seite ergibt $\mathbf{-\dfrac{G}{c^2} \cdot \dfrac{M}{R} + const.}$

Somit ist bei Integration von ∞ bis **R**: $\mathbf{\ln f = -\dfrac{G}{c^2}\dfrac{M}{R}}$. Dies als Exponent der Basis **e** ergibt

Das Energie-erhaltende Gravitationsgesetz = Gesetz von Boltzmann

(1.5) $\mathbf{f(R) = e^{-a/R}}$ (Boltzmann) worin $\mathbf{a = \frac{GM}{c^2}}$, [f(0) = 0, f(∞) = 1]

eingesetzt in Gl.(1.2) und (1.4): (Man beachte die unten eingerahmte **Fußnote** *)

(1.6) $\mathbf{E_{pot} = \left(M + me^{-a/R}\right)c^2}$, **(1.7)** $\mathbf{t = t_\infty / e^{-a/R}}$ = ein Intervall im Abstand R,

und wegen $\mathbf{E_{kin} = (M+m)c^2 - E_{pot}}$: $\mathbf{t_\infty}$ ist dasselbe Zeitintervall bei R = ∞.

(1.8) $\mathbf{E_{kin} = mc^2 \cdot (1 - e^{-a/R})}$ und

(1.9) $\mathbf{K = G\frac{Mm}{R^2} \cdot e^{-a/R}}$ (**Gesetz von Boltzmann**)

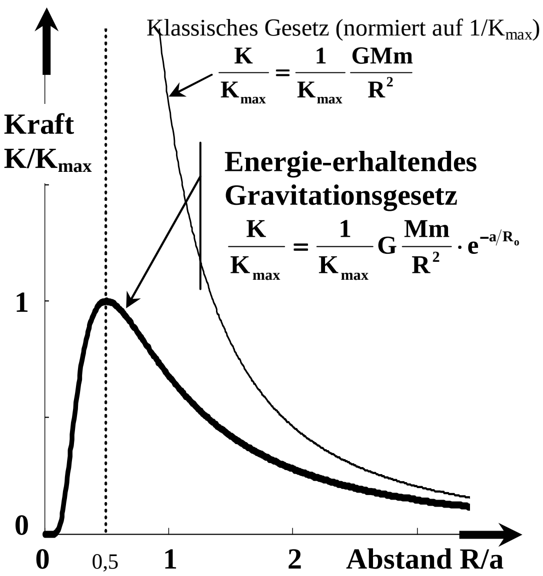
Da die Zeit mit $1/e^{-a/R}$ langsamer vergeht nimmt die Masse mit dem Faktor $e^{-a/R}$ ab, das entspricht dem eingangs erwähnten Uhrenexperiment.

Symmetrie der Massen M und m

Im Kapitel **3.3 (**Seite **23**) wird dazu ergänzend der Beweis geführt, daß – wie in der Klassischen Physik – für den Abstand **R** der Massen immer der Abstand zum gemeinsamen Schwerpunkt gemeint ist. Dann nimmt auch die Zentralmasse **M** ab, auch mit dem Faktor $\mathbf{e^{-a/R}}$, nur gilt für sie $\mathbf{a = Gm/c^2}$ statt $\mathbf{GM/c^2}$. Setzt man aber doch den vollen Abstand der beiden Massen ein, dann muß für **a** im Exponenten $\mathbf{a = G(M+m)/c^2}$ stehen. Das ergibt die Rechnung. Es macht die Formel in beiden Massen symmetrisch.

1.4 Funktionsverlauf des Energie-erhaltenden Gravitationsgesetzes

Sie werden mein Erstaunen nachvollziehen, wenn sich nun schrittweise herausstellt, daß sich die **Klassische** Theorie in die **Allgemeine Relativitätstheorie** verwandelt allein durch diese Anpassung an die Spezielle Relativität und **ohne dazu Feldenergien im gekrümmten Raum anzunehmen!** Damit entfällt die Hypothese von Einstein und Newton, wonach der „leere Raum“, also das Vakuum, eine Energiequelle sei.



Das Diagramm zeigt die Gravitationskraft für den Fall, daß sich die Massen extrem nahe kommen, wozu sie fast punktförmig sein müßten. (Der Abstand **R** ist in Vielfachen von **a** angegeben, **2a** ist der sog. **Schwarzschildradius**. Für die Sonnenmasse **M** ist z.B. **a** = 1484 Meter, für die Erdmasse **a** = 4,5 mm). Für größere Abstände nähern sich die beiden Kurven asymptotisch so sehr, daß sie praktisch zusammenfallen. Das ist der Grund, warum sich die relativistischen Bahnen der Himmelskörper von den klassischen fast nicht unterscheiden. Das Bild zeigt:
Auch wenn sich beliebig große Massen extrem nahe kommen entsteht kein Schwarzes Loch, weil dann die Gravitation viel kleiner ist als nach Newton und Einstein und zuletzt ganz verschwindet. Aber sie prallen zusammen. Wegen extremer Wärmeentwicklung führt das zur vollständigen Zerstrahlung der Energie in dieser größten im Universum möglichen Explosion (**Gamma-Burst**).

Bild 1.3 Gravitationskraft (alle Kurven normiert auf $\mathbf{K/K_{max}}$.) (Einzelheiten siehe **Seite 21** und **83**).

Die Differenz zwischen dem Klassischen Gesetz und Energie-Erhaltender Gravitation entspricht genau der Umwandlung von Potenzieller in Kinetische Energie. Das sei im Folgenden noch eindrucksvoller an den Formeln demonstriert.

*) $\mathbf{m = m_0 e^{-a/R}}$ wird **Boltzmanns Gesetz** genannt. Es wurde von Ludwig Boltzmann schon im 19. Jh (mit der Theorie der Wärme) aus dem Erhaltungssatz für Energie abgeleitet, mit dem Beweis, daß es universell für alle konservativen (d.h. Energie-erhaltenden) Kräfte im Universum gilt (also auch für Gravitation). Man beachte: Boltzmann drückte damit erstmals Massen durch ihre Energie aus! Siehe **die Erklärung** auf **Seite 83**.

1.5 „Der kleine Unterschied" zur Klassischen und zu Einsteins Theorie

Aus dem der *Klassischen* Potenzialtheorie entnommenen *Postulat*, daß die Gravitationsenergie quellenfrei im „leeren Raum" entsteht, schuf Einstein seine berühmten Feldgleichungen. Danach ist im Gravitationsfeld einer Zentralmasse **M** der Zeitmaßstab **t** in unendlicher Entfernung kürzer, verglichen mit $\mathbf{t_o}$ im Abstand **R**. Zunächst zitiere ich hier für das Quadrat eines Zeitintervalls **t** die von Einstein (siehe Seite 80, Grundzüge…)

(1.10) ***postulierte*** **Formel** $\mathbf{t^2 = t_o^2\left(1 - 2GM/c^2R\right) = t_o^2\left(1 - 2a/R\right)}$ (G = Gravitationskonstante)

Es sieht so aus, als ob diese Formel mathematisch abgeleitet wäre, doch sie ist postuliert. Einstein postulierte sie in *Analogie* zur **Poissonschen Gleichung** und betont damit, daß sie *relativistisch* nicht ableitbar ist. Poissons Gleichung repräsentiert das *klassische Postulat* der Quellenfreiheit des Gravitationsfeldes, indem die Quelle der Gravitations-Energie vom Feld ziemlich unklar "in den Raum" verlagert wird. Das Intervall läßt sich auch anders (weniger problematisch) postulieren, das ergäbe eine andere Theorie. Doch das von Einstein durch diese *klassische* **Gl.(1.10)** postulierte Intervall erwies sich als Geniestreich; es war so fruchtbar und überzeugend, daß in den rund acht Jahrzehnten bis heute jeder Zweifel daran als unmöglich verworfen wurde.

Nach Energie-erhaltender Gravitation kann aber der Zeitmaßstab weder so noch überhaupt *postuliert* werden, denn er ist bereits definiert, und zwar (nach Einstein) relativistisch durch die Periodendauer einer Spektralfrequenz. Deshalb ändern sich Masse und Zeit mit dem gleichen Faktor, siehe **Gl.(1.7)** und Seite **4**.

Spektralfrequenzen sind atomaren Energiesprüngen proportional, Energiesprünge sind Massenänderungen. Also ist jede atomare Masse immer auch eine mit dem Gang der Zeit synchron gehende Uhr.

Jede Änderung der Masse mit $\mathbf{e^{-a/R}}$ gilt auch für den Zeitablauf. Ein Zeitintervall $\mathbf{t_o}$ (im Abstand **R** von der Masse **M**) war vorher (zur Zeit **t** bei $\mathbf{R_\infty = \infty}$) kürzer, nämlich $\mathbf{t = t_o e^{-a/R}}$. Um dieses Intervall vergleichen zu können mit dem von Einstein hier zum zweiten Mal postulierten *Quadrat* des Zeitmaßstabs sei die Formel quadriert $\mathbf{t^2 = t_o^2 e^{-2a/R}}$ und dann in eine Reihe entwickelt. Unter die Reihe schreibe ich zum Vergleich Newtons Axiom der absoluten Zeit und Einsteins neuen Zeitmaßstab:

(Gl. 1.11)

$$\mathbf{t^2 = t_o^2 e^{-2a/R} = t_o^2\left[1 - \frac{2a}{R} + \frac{1}{2}\left(\frac{2a}{R}\right)^2 - \frac{1}{3!}\left(\frac{2a}{R}\right)^3 + - \ldots\right]}$$ = Quadrat des Intervalls t. Zum Vergleich:

1.Näherung: ↑**Newtons Axiom** - - - - enthält nur das konstante 1.Glied (Zeit und Masse sind absolut und von Gravitation unabhängig)

2.Näherung: ↑**Einsteins Hypothese** - - bricht ab nach dem 2. Glied (Schwarzes Loch bei R = 2a) Zeit zu stark verkürzt, Masse zu wenig.

3.Gemessen aber wurde: **Energie-erhaltende Gravitation**:- enthält alle Glieder (*kein* Schwarzes Loch), Masse und Zeit ändern sich im Gravitationsfeld mit dem *gleichen* Faktor.

Auf einen Blick ist erkennbar, warum sich die drei Theorien dem gleichen exakten Resultat annähern müssen, wenn durch Einbeziehung vernachlässigter Glieder Abweichungen schrittweise verschwinden:

1. Newtons absoluter Gang der Zeit ergibt sich, wenn die Reihe nach dem konstanten 1. Glied abgebrochen wird. Dann ist $\mathbf{t = t_o}$, Newtons Zeit ist absolut – unabhängig vom Abstand **R** zum Gravitationszentrum.

2. Das von Einstein postulierte Intervall entsteht durch Hinzunahme des negativen 2. Gliedes, **–2a/R**. Für $\mathbf{R >> 2a = 2GM/c^2}$ ist **2a/R** extrem klein. Für die Sonnenmasse ist **2a** ≅ 3 km, der Abstand **R** zur Erde ist 150 Millionen km. Deshalb liefert Einsteins Allgemeine Relativitätstheorie praktisch die gleichen Planetenbahnen wie das äußerst genaue Newtonsche Gesetz. Die gerade noch meßbare Abweichung vom Newtonschen Gesetz ließ sich als glänzende Bestätigung für Einsteins Postulat des Intervalls deuten. Nichts ließ vernachlässigte Glieder höherer Potenz vermuten, da diese um *viele* Zehnerpotenzen unter der Meßgenauigkeit von planetarischen Umlaufzeiten liegen. (Die den Umlaufzeiten überlagerten sehr viel größeren Störungen setzen der Meßgenauigkeit Grenzen.)

Unterschiede treten erst auf in der Nähe des sogenannten Schwarzschild-Radius $\mathbf{R_S = 2a}$. Ist $\mathbf{R = R_S}$, dann ergibt Einsteins Formel $\mathbf{t = t_o(1 - 2a/2a) = 0}$, die Zeit steht still. Damit folgt aus $\mathbf{t_o\sqrt{1 - v^2/c^2}} = 0$ daß bei $\mathbf{R = R_S} > 0$ die Entweichgeschwindigkeit $\mathbf{v = c}$ ist, das ist Definition und Kennzeichen für ein „**Schwarzes Loch**", aus dem "nicht einmal Licht entweichen kann".

3. Werden jedoch nach dem **<u>Energie-erhaltenden Gravitationsgesetz</u>** die restlichen Reihenglieder nicht vernachlässigt, dann gilt $\mathbf{t = t_o e^{-a/R}} > 0$ für *alle* $\mathbf{R} > 0$, und ***nur*** für $\mathbf{R = 0}$ ist die Zeit $\mathbf{t = 0}$ und $\mathbf{v = c}$. Aber **R = 0 bedeutet, daß es kein Schwarzes Loch gibt.**

Außerdem wird bei Einstein die Raumgeometrie verzerrt, denn wenn bei *endlichem* Abstand $\mathbf{R_S} > 0$ alle Zeitabstände verschwinden, dann müssen auch räumliche Abstände mit dem gleichen Faktor verschwinden, weil für Licht der Quotient beider stets die unveränderliche Lichtgeschwindigkeit **c** sein muß.

<u>Folgerungen</u>

Aus der Fülle der Folgerungen aus Energie-erhaltender Gravitation seien diese für einen ersten Überblick zunächst nur kurz erläutert. Die ausführliche Diskussion finden Sie in nachfolgenden Kapiteln. So wird schrittweise erkennbar, daß der mit Gl.(1.5) bis (1.9) definierte Massenbegriff deckungsgleich ist sowohl mit allen Beobachtungen bewegter Massen als auch mit <u>allen</u> bekannten *meßbaren* Ergebnissen der Allgemeinen Relativitätstheorie. Da *Einführung von Energieerhaltung* die Quellenfreiheit des Feldes aufhebt, weichen zwar die Formeln von Einsteins Relativitätstheorie ab, aber nur durch den Faktor $\mathbf{e^{-a/R}}$, der sich für $\mathbf{R >> a}$ von **1** extrem wenig unterscheidet. Die Abweichungen dominieren aber, wenn **R** der sehr kleinen Länge **2a** nahekommt. Bei wesentlich größeren Abständen sind viele Formeln oft dieselben wie bei Einstein oder auch wie in der Klassischen Theorie. Bei Differentiation bleibt $\mathbf{e^{-a/R}}$ erhalten.

1.6 <u>Relativistische Bahnen der Himmelskörper, Lichtablenkung an großen Massen</u>

Es waren vor allem zwei Argumente, welche die Physiker von der Allgemeinen Relativitätstheorie überzeugten. Zunächst konnte Einstein mit der von ihm postulierten Formel **[Gl.(1.10)]** (Seite 7) für das

Zeitintervall **t** $$\mathbf{t^2 = t_o^2\left(1 - 2GM/c^2R\right) = t_o^2\left(1 - 2a/R\right)}$$ (G = Gravitationskonstante)

die mit dem klassischen Gesetz nicht erklärbare Drehung der Bahnellipse des Merkur theoretisch begründen. Damit konkurrierte er allerdings mit anderen Erklärungsversuchen, aber der Durchbruch zugunsten der Einsteinschen Theorie war die mit keiner anderen Theorie erklärbare Ablenkung des Lichtes im Gravitationsfeld der Sonne. Für diese erhielt er in Übereinstimmung mit der Messung einen Winkel, der doppelt so groß ist wie nach der Klassischen Theorie.

Führt man jetzt die gleichen Rechnungen mit dem Energieerhaltenden Gravitationsgesetz durch, so erhält man die gleichen Formeln wie Einstein, aber auf sehr viel einfachere Weise, und dies sowohl für die sogenannte „<u>Periheldrehung</u>“ der Bahnellipsen als auch für die <u>Lichtablenkung an großen Massen</u>.

Daraus folgt übrigens eine Erkenntnis, die den Abhandlungen zur Einsteinschen Theorie schwer zu entnehmen ist. Diese betrifft die Gestalt des Gravitationsfeldes. Nach der Speziellen Relativitätstheorie sind Masse und Energie einander „äquivalent“, das heißt: Jede Masse **m** ist zugleich Energie, nämlich $\mathbf{E = mc^2}$, und jede Energie **E** ist zugleich Masse, $\mathbf{m = E/c^2}$. Wählt man das Einheiten-System so, daß die Lichtgeschwindigkeit **c** = 1 wird, dann kann man **E = m** schreiben, was Einstein oft getan hat.

Ist die Energie in einem „Körper“ gebunden, so ist die Gestalt des Graviationsfeldes kein Problem. Welche Gestalt aber hat das Gravitationsfeld der freien Energie, z.B. der kinetischen Energie?

Dazu muß man wissen, daß die Masse durch ihre Trägheit definiert ist, daß aber in der Speziellen Relativitätstheorie ein und derselbe Körper zwei verschiedene „träge Massen“ hat. Er hat, je nachdem, ob man ihn in Bewegungsrichtung oder quer zur Bewegung beschleunigt, eine „<u>Longitudinale</u>“ und eine „<u>Transversale</u>“ träge Masse, und die eine hat eine dreifach größere Differenz zur „<u>Ruhemasse</u>“ als die andere. Die Differenzenergie muß aber, wie jede Energie, ein Gravitationsfeld haben. Es müssen also von einem Körper zwei Graviationsfelder zugleich existieren. Grenzfall ist Licht, dessen Gravitationsfeld in Ausbreitungsrichtung Null, quer dazu verdoppelt ist. Wie ist das zu erklären? Falls es dazu eine Aussage gibt, dann jedenfalls so versteckt, daß sie kaum einem Physiker bewußt ist, wie man sich leicht durch Umfragen überzeugt.

Die Begriffe „<u>Longitudinale</u>“ und „<u>Transversale</u>“ Masse sind erklärt auf Seite 110.

Das Energie-erhaltende Gravitationsgesetz unterscheidet sich von der Einsteinschen Theorie allein darin, daß es die extremen Raumverzerrungen in der Nähe des Schwarzschildradius nicht enthält. Danach gibt es bei diesem Radius diese Einsteinsche Singularität nicht, bei der die fallende Masse Lichtgeschwindigkeit erreichen würde. Diese mathematisch extrem kompliziert beschriebene Raumverzerrung verschwindet mit Einführung von Energieerhaltung. Das vereinfacht die mathematische Beschreibung drastisch, auch bei *großen*

Abständen. Das Gravitationsgeschehen, das bisher ein Eigenleben hinter einer Festungsmauer aus abstrakten Begriffen führte, wird dann plötzlich für den Physiker durchschaubar, folgt also nicht länger einer nur formalen (d.h. abstrakten) Logik, die, wenn überhaupt, ebenso schwer zu kontrollieren wie vorzustellen ist.

Zunächst wird klar, daß in der Relativitätstheorie die klassische Definition der Masse durch Trägheit nicht beibehalten werden kann, weil in der Relativitätstheorie beides schon definiert ist, die Masse durch Energie, und die Energie durch ihre Gravitation. Natürlich läßt sich die Reihenfolge der Definitionen vertauschen, nur darf eine Größe wie z.B. die Masse nicht zweifach unterschiedlich definiert werden.

Mit Energie-Erhaltung läßt sich nun anschaulich zeigen, daß auch die kinetische Energie ein Gravitationsfeld hat, aber mit zwei unterschiedlichen Beträgen, nämlich Null in Bewegungsrichtung und dafür doppelt so groß quer zur Bewegung! In beiden Richtungen kommt noch das Feld der Energie dazu, die zugeführt wurde, um den Körper auf die vorliegende Geschwindigkeit zu beschleunigen. Diese ist allerdings Null, wenn im Gravitationsfeld ein Körper seine Fall-Energie aus seiner eigenen Masse bezog.

Das sind Resultate, die für Physiker neu sind. (Herleitung in den Kapiteln **3.4+3.5**, Seiten **24-27**).

Angemerkt seien zwei Folgen der Richtungsabhängigkeit der Gravitation der kinetischen Energie:

1. Die **Periheldrehung** der Planetenbahnen und 2. Die ***doppelt so große*** **Lichtablenkung** an großen Massen. Für Licht ist das unmittelbar klar, weil Licht nur kinetische Energie hat, deren Gravitation quer zur Bewegung doppelt so groß ist wie die fehlende Energiezunahme in Ausbreitungsrichtung. Nach der Klassischen Theorie hingegen müßte die Gravitation der kinetischen Energie kugelsymmetrisch sein.

1.7 Der endliche Radius des Universums

Eine Überraschung ergibt sich, wenn man aus der **Kugelsymmetrie** des Universums (gezeigt im Kapitel **1.1 Rotverschiebung entfernter Galaxien**) die Gravitationskraft der Massen des Universums auf eine weit entfernte Galaxis berechnet, so wie sie aus unserer Sicht erscheint. Nach dem klassischen Gravitationsgesetz würde sie mit unbegrenzt wachsendem Abstand linear bis ins Unbegrenzte wachsen. Nicht so mit Energieerhaltender Gravitation nach Gleichung (1.9). Zwar steigt auch nach dieser Gleichung die Gravitation bis in große Entfernung ebenfalls so gut wie linear, aber dann wird der Anstieg immer flacher, erreicht bei einigen Milliarden Lichtjahren Entfernung ein Maximum und fällt danach asymptotisch gegen Null ab. [Berechnet im Kapitel **3.10**, ab Seite **36**, Gl. (**3.56**), Diagramm dazu S.**84**.]

Es ist sinnvoll, die Entfernung bis zum Gravitationsmaximum als **„Radius des Universums“** zu definieren. Sinnvoll deshalb, weil es kaum möglich ist, den Radius aller Himmelskörper auf andere Weise *einheitlich* zu definieren. Große Himmelskörper sind gasförmig. Also steht man vor der Frage, welche Radien nicht vorhandene „Oberflächen“ haben. Fällt eine Probemasse auf einen solchen Himmelskörper, dann „spürt“ sie zunächst mit der Annäherung wachsende Gravitation. Während dieses Eintauchens in die Zentralmasse erreicht die Gravitation bei einem bestimmten Abstand R ein Maximum und nimmt danach in Richtung zum Zentrum ab bis Null. Der Abstand, bei dem die Gravitationsbeschleunigung am größten ist, eignet sich als Definition des Radius, und so kann man auch den „Radius des ganzen Universums“ als *den* Abstand von uns definieren, bei dem *aus unserer Sicht* die Gravitation am größten ist.

Macht man das, dann zeigt sich zunächst, daß der Radius **R** des Universums nur von dessen mittlerer Massendichte ρ abhängt, und zwar ist er ($\rightarrow$Seite **38**) proportional der reziproken Wurzel aus der Dichte

(3.58) $$\mathbf{R = c\sqrt{\frac{3}{8G\pi\rho}}}$$ (**c** = Lichtgeschwindigkeit, **G** = Gravitationskonstante).

Berechnet man die mittlere **Dichte des Universums** ρ aus der geschätzten Gesamtmasse aller *sichtbaren* Objekte am Himmel, dann erhält man $\rho \approx$ Masse eines Wasserstoffatoms pro Kubikmeter. Nimmt man zusätzlich dunkle Materie an, so ist die Dichte des Universums wesentlich größer. Schätzt man sie viermal so groß, dann ergibt die Rechnung für den **Radius des Universums = 16 Milliarden Lichtjahre** [mit Formel (1.9)]. Das entspricht ungefähr den heutigen Schätzungen bei der (nicht haltbaren) Annahme eines expandierenden Universums.

1.8 Kosmologische Konsequenz: Gravitation ist die Umkehrung des Entropiesatzes

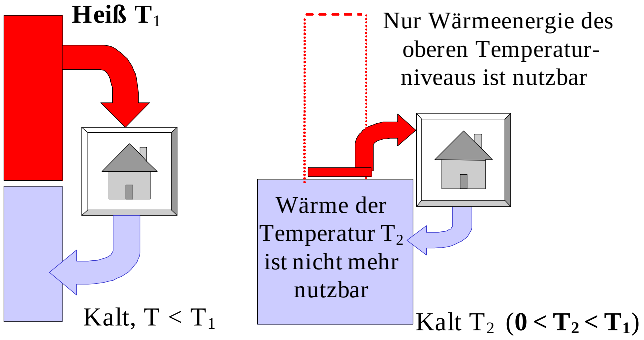


Bild 1.4

Für Wärmeenergie gilt der

2. Hauptsatz der Thermodynamik:

In einem abgeschlossenen System läßt sich von der ganzen Wärmeenergie nur der Teil **E** als mechanische Energie gewinnen, der im Temperaturgefälle $\mathbf{T_1 - T_2}$ steckt, nicht jedoch die Wärme im kältesten Teil $\mathbf{T_2}$ bis **0**. Somit ist der aus Q gewinnbare Energie-Anteil **E**

$$\mathbf{E = Q\,\frac{T_1 - T_2}{T_1}} \quad \text{(nach Carnot).} \tag{1.12}$$

Daraus folgerten W. F. H. Nernst, Lord Kelvin u.a.: Wenn sich in ferner Zukunft alle Sterne auf das **tiefste mögliche Temperaturniveau** abkühlen, dann stirbt das Universum den „Wärmetod“, weil es dann nirgends ein Temperaturgefälle gibt. Ohne Temperaturgefälle ist die Energie des untersten Niveaus auf keine Weise verfügbar, Leben wäre unmöglich. Das sei veranschaulicht im **Bild 1.4**:

Auch die durch Lebewesen genutzte Energie endet schließlich auf der tiefsten Temperatur $\mathbf{T_2}$ als Abwärme, und dieser „Wärmetod der Welt“ ist unumkehrbar. Natürlich gab es Zweifel (von Nernsts Freund A. Arrhenius u.a.), ob der 2. Hauptsatz auch für kosmische Prozesse und Zeiten immer gilt.

Mit dem Energieerhaltenden Gravitationsgesetz sind nun mit einem Schlage diese Zweifel bestätigt. Dieses Gesetz *ist* der kosmische Prozeß, der den 2.Hauptsatz der Wärmelehre umkehrt und damit auf lange Sicht aufhebt, und zwar deshalb, weil die Eigenschaften „Energie“, „Masse“ und „Gravitation“ nicht trennbar sind. Sie sind Aspekte eines einzigen physikalischen Prinzips. Existiert gemäß Energie-erhaltender Gravitation eine dieser Größen, dann liegen auch die anderen fest und bestimmen das dynamische Verhalten aller physikalischen Prozesse dieses Systems. Insbesondere existiert zu jeder Energie *immer* auch die ihr äquivalente Masse *und* deren Gravitation, gleichgültig, in welcher Form die Energie vorliegt. Ein und derselbe Körper hat im heißen Zustand eine größere Masse und damit größere Gravitation als im kalten. Erwirbt nun dieser Körper in einem Gravitationsfeld kinetische Energie, dann anteilmäßig auch auf Kosten der Masse, die der in ihm gespeicherten Wärmeenergie äquivalent ist, *auch dann, wenn die Wärme das tiefste mögliche Temperaturniveau hat*. Mit anderen Worten:

Auch *der* Energieanteil, der aus thermodynamisch nicht nutzbarer Wärme besteht, verwandelt sich beim Fallen im Gravitationsfeld in vollständig nutzbare kinetische Energie! Das ist die Umkehrung des 2. Hauptsatzes der Wärmelehre, und es ändert unser kosmisches Weltbild grundlegend.

Mit einem mal ist es widerspruchslos möglich oder zumindest vorstellbar, die heutigen Beobachtungen versuchsweise wie folgt zu deuten:

In galaktischen Sternsystemen entstehen Sterne und Planeten durch gravitatives Zusammenballen von Materie, die im Raum verstreut ist. Dabei können sich Planetensysteme mit günstigen Entwicklungsbedingungen für lebende Organismen bilden. Während die Sterne ihren Energievorrat aufbrauchen spiralen sie allmählich gegen ein galaktisches Zentrum infolge ihrer gegenseitigen Gravitation (das können sie, weil ihr Drehimpuls in den äußeren Massen verbleibt). Im Zentrum ereignet sich ein mehr oder weniger explosiver Prozeß mit Materieauswurf und Zerstrahlung besonders in axialer Richtung der Galaxis, denn diese Richtung ist nicht von Zentrifugalkräften, kollabierender Materie oder von Magnetfeldern blockiert. Die ausgestoßene Materie verteilt sich im Raum und kann Rohstoff für neue Sterne sein. Also gilt:

Das galaktische Zentrum ist eine Recycling-Maschine für Sterne!

Das ist ein vorstellbarer Prozeß, aber es bleiben zumindest einige Fragen offen: Kann sich auch Strahlung in körperliche Masse neuer Sterngenerationen zurückverwandeln? Nach welchen Mechanismen oder Prinzipien? Ist die Kosmische Hintergrundstrahlung (einschließlich Teilchenstrahlung) vielleicht der Rest aus dieser Vergangenheit? Es wird sich lohnen, darüber nachzudenken.

2 Die Voraussetzungen der Physik

Im einleitenden Text wurden stillschweigend klassische und relativistische Prinzipien ohne Erklärung vorausgesetzt, z.B. Energieerhaltung, die klassischen Axiome von Newton, auch die absolute Konstanz der Lichtgeschwindigkeit mit relativistischen Folgerungen. Dies geschah nicht unbedacht, vielmehr aus der Erkenntnis, daß sich abstrakte Vorreden leicht als Schlafmittel erweisen. Der Autor hält es für besser, wenn der Leser sich zunächst selbst Fragen stellt, als Antworten zu geben, bevor Objekte, auf die sich Fragen beziehen können, vorgestellt sind. Haben wir denn unser Bild von der physikalischen Welt wirklich in systematischer Reihenfolge erworben – oder nicht vielmehr oft rückblickend, indem wir uns selbst ermutigten, scheinbar Begriffenes und „Selbstverständliches" wieder und wieder zu hinterfragen?

Die Frage, auf welchen bewußten oder unbewußten *Voraussetzungen* unsere physikalischen Vorstellungen beruhen, können wir nur klären, wenn wir überhaupt Vorstellungen haben, auch wenn diese falsch sein sollten. Speziell in Mathematik und moderner Physik ist Klarheit über die Voraussetzungen unabdingbar, gerade dann, wenn diese NICHT beweisbar sind. Es klingt paradox, aber exakt wurden diese Wissenschaften erst, als sie auf unbeweisbare (d.h. *vermutlich* nicht widerlegbare) Grundannahmen zurückgeführt wurden, nämlich auf AXIOME, oft mit gleicher Bedeutung PRINZIPIEN genannt.

Wenn man wie ich mitten in der Diskussion über Themen der relativistischen Physik steht, wird offensichtlich, welche Verwirrung oft auch unter Physikern herrscht. Man wird etwa konfrontiert mit der Kritik, daß Einstein doch unmöglich nachgeprüft haben konnte, ob die Lichtgeschwindigkeit wirklich in *allen* bewegten Systemen und im Gravitationsfeld konstant ist. Weil alles zu prüfen unmöglich ist, sei seine ganze Theorie nur ein Phantasiegebilde, unbewiesen, vage, vielleicht sogar widerlegt.

Wer so argumentiert zeigt ein fundamentales Mißverstehen der Physik, denn die Konstanz der Lichtgeschwindigkeit *ist kein Meßergebnis*, sondern ein Axiom. Im Prinzip hätte dieses Axiom auch aufgestellt werden können, bevor die Lichtgeschwindigkeit meßbar wurde. <u>Alle</u> Axiome (Prinzipien) der Physik haben das Kennzeichen gemeinsam, UNBEWEISBAR zu sein. Das heißt: Sie können per Defintion das NICHT sein, was diese Kritiker fordern, eben weil sie nicht Meßergebnisse sondern ANNAHMEN sind. Etwa das Prinzip der Erhaltung von Energie. Niemand kann es beweisen. Das Einzige, was dessen Annahme rechtfertigt, ist die Tatsache, daß es keine Beobachtung gibt, in der es nicht erfüllt ist. Wird ein Prinzip durch eine einzige Messung widerlegt, dann ist es widerlegt und muß als ungültig akzeptiert werden.

Ein anderes Kennzeichen eines jeden Prinzips ist, daß es durch kein anderes aufgehoben oder eingeschränkt werden kann. Unter den Prinzipien gibt es keine Rangordnung, keine „stärkeren" oder „schwächeren". Entweder ein Prinzip gilt, dann immer und überall (was nicht beweisbar ist), oder es ist keines.

Um die vorliegende Arbeit und im Besonderen ihren relativistischen Inhalt verstehen zu können, müssen wir uns Klarheit verschaffen über den fundamentalen Unterschied zwischen den Axiomen der Klassischen Physik und den relativistischen Prinzipien, natürlich auch bezüglich der Konsequenzen.

Mit vorliegender Arbeit wurde nichts Neues beschrieben, ausgenommen nur die *Konsequenz* aus der Messung, daß der Zeitverlauf und *damit die Masse* bei Annäherung an ein Gravitationszentrum abnimmt, und zwar bis Null, wenn sie das Zentrum erreichen würde. Die Fall-Geschwindigkeit der Masse hätte Lichtgeschwindigkeit erst im Gravitationszentrum. Je größer die Ausgangsmasse, umso stärker nimmt diese Masse ab, eben immer bis Null. In *keinem* Abstand $\mathbf{R} > 0$ erscheint ein Ereignishorizont mit $\mathbf{v = c}$ und zugehöriger Masse $> \mathbf{0}$. Kurzum: Es gibt kein Schwarzes Loch. In dem Maß, wie die Masse abnimmt, verwandelt sie sich in kinetische Energie, mit der sich im Zusammenprall die Temperatur solange erhöht, bis es zur *vollständigen* Abstrahlung von Teilchen und Photonen kommt.

Ein unerklärter Bereich bleibt nur dort, wo die Längen- und Massen*definition* der Physik nicht anwendbar ist. Definiert ist ein „Massenabstand" durch die Lichtlaufzeit. Deshalb ist ein Abstand nie genauer angebbar als bis zur Wellenlänge der Photonen. Je kürzer die Wellenlänge der Photonen, umso mehr Masse „verbrauchen" sie von den Massen, deren Abstand sie messen, bis nichts mehr da ist. Dieser Fall ist mehrfach experimentell aufgetreten. Z.B. glaubte man beim Tunneleffekt, man hätte Überlichtgeschwindigkeit gemessen. In diesem Bereich ist die Relativitätstheorie mit der Quantenphysik verknüpft.

2.1 Relativistische und Klassische Prinzipien

Was sind Physikalische Grundeinheiten?

Mit Einsteins Veröffentlichung der Speziellen Relativitätstheorie 1905 und wenig später der Allgemeinen Theorie der Gravitation begann ein in der Wissenschaftsgeschichte beispielloser Wandel im Verständnis der Natur. Dieser Wandel geht nicht allein auf Einstein zurück, er kündigte sich schon Jahrzehnte vorher an, zunächst in grundlegenden Arbeiten bedeutender Mathematiker über mehrdimensionale Geometrien, dann, um die Wende zum 20. Jahrhundert, in physikalisch konkreten Theorieansätzen über Raum und Zeit in bis dahin kaum geahnten Vorstellungen, z.B. bei H. A. Lorentz und H. Poincaré, auch bei Ludwig Boltzmann. Vollzogen bis zur letzten Konsequenz wurde die Abkehr von bisherigen Vorstellungen schließlich von Albert Einstein, und zwar so radikal, daß er manchmal selbst zögerte, d.h. inkonsequent blieb im Versuch, den von ihm teils intuitiv, teils mathematisch geahnten Wegen zu folgen. Die von Kopernikus, Galilei, Newton und anderen begründete Argumentation war in ihrer inneren Logik so überzeugend, daß Einsteins radikaler Neubeginn auch heute noch bei manchen Physikern zu heftigen Abwehrreaktionen führt, vielleicht *weil* er sich noch konsequenter als seine Vorgänger an logische Strenge hielt. Für eingefahrene Denkgewohnheiten ist „noch konsequenter“ oft schwer vorstellbar.

Die erste grundlegend neue Erkenntnis war die, daß es unmöglich ist, ein physikalisches Objekt, z.B. einen Körper, „an sich“ zu erfahren, etwa durch Beobachtung. *Wir beobachten nie „ein Ding an sich“, z.B. sehen wir unsere Mitmenschen nicht. Was wir wirklich sehen, ob Dinge, ob Wesen, sind nur die Bilder, die sich in uns von ihnen "bilden".* Da wir nicht in die erlebte Innerlichkeit eines anderen Wesens eindringen können, sehen oder erfahren wir nichts über das andere Wesen "an sich", wir erschließen es nur in *Analogie* zu unserem eigenen Erleben. Prinzipiell können wir aber aus Analogien nie mehr und nie etwas anderes erschließen als das, was wir aus eigenem Erleben kennen. Sind wir farbenblind geboren, dann wissen wir nichts über die Farben, die ein anderes Wesen sieht, denn das, was wir davon sehen oder vielleicht messen können, ist eine Wirkung, doch gewiß nicht dessen Erlebnis der Farbe.

Das gilt auch für die physische Welt. Ein Körper kann auf einen anderen Körper nur reagieren so weit und so wie er ihn „wahr“ nimmt, das ist als Wirkung. Der andere Körper existiert für ihn *nur* durch das „wahr“ Genommene, nicht durch etwas, was im andern „wirk“lich ist. Was die andere Existenz „in sich“ ist, ja wie weit sie überhaupt existiert, ist *physikalisch* nicht faßbar, erfaßbar ist nur, was sie „im Beobachter“ bewirkt. Für den Beobachter gibt es keine anderen „Wirk“-lichkeiten als *seine* Bilder von der physikalischen Umwelt, natürlich einschließlich dessen, was er mit Meßinstrumenten „wahr“ nimmt. Auch Instrumente zeigen nur Wirkungen an. *Es gibt nichts Objektiveres als das Subjektive*.

Genau das wurde erstmalig mit der Relativitätstheorie für die physische Welt konkret ausgesprochen und berücksichtigt. Man sagt nicht mehr, ein Objekt *hat* die und die Länge, oder die und die Masse, sondern man sagt nur, welche Länge oder Masse ein *bestimmter* Beobachter von einem Objekt *wahr nimmt*. Dessen Wahrnehmung hängt z.B. davon ab, ob sich das beobachtete Objekt relativ zu ihm bewegt, eigentlich eine Selbstverständlichkeit. Aber sie hängt auch vom Gravitationsfeld ab, und dieses wiederum ist abhängig von der Relativgeschwindigkeit. Beobachten wir z.B. von einer Station auf der Erde ein Raumfahrzeug, so messen wir, daß das Raumfahrzeug der Krümmung einer Ellipse um die Erde folgt. Aus der Abweichung von der Geraden schließen wir, daß es von der Erde in bestimmter Weise angezogen wird, das heißt, wir messen die Bahnkrümmung und folgern daraus, daß am Ort des Fahrzeuges ein bestimmtes Gravitationsfeld herrscht. Doch die Astronauten sehen das anders. Sie schweben in ihrem Fahrzeug, sehen sich bewegt oder ruhend nur relativ zum Fahrzeug, das für sie ein sogenanntes „Inertialsystem“ ist. *Relativ zu diesem* existiert keine orbitale Eigenbewegung, $\mathbf{v} = \mathbf{0}$, und die Gravitation ist Null. Hätten sie weder Fenster noch Erinnerung an den Start, dann wüßten sie nichts vom Erdfeld und nichts von ihrer Bewegung relativ zum Feld einer *im* (kleinen) Fahrzeug durch nichts wahrnehmbaren Erde. Schwerelosigkeit gibt es z.B. auch im Inneren eines Flugzeugs bei geeignetem Sturzflug.

<u>Längen und Massen sind also *keine* absoluten Größen</u>, sie können ein Objekt nicht charakterisieren, weil von Lage und Geschwindigkeit des *Beobachters* abhängig. Wenn aber diese Größen relativ sind, dann geraten wir in Schwierigkeiten, sie überhaupt zu definieren. Z. B. wurde die Masseneinheit, das Gramm, durch 1 cm^3 Wasser bei 4° C definiert, und das cm durch das Urmeter in Paris. Sind diese Eichgrößen veränderlich, dann können wir damit nicht zuverlässig messen. Die Relativitätstheorie ist nur durchführbar, wenn wir überall absolute, unveränderliche Maßstäbe für Länge und Masse, aber auch für die Zeit haben. Damit ist klar, daß die gesamte bisherige physikalische Logik in sich zusammenbricht, wenn es nicht gelingt, die Eichgrößen so zu definieren, daß sie für alle Beobachter gleich sind.

Dieses Problem wurde erst erkannt, als einige physikalische Beobachtungen ein zunächst unbegreifliches Resultat zeigten, nämlich, daß für jeden Beobachter, egal, wie er sich bewegt oder wo er sich befindet, die Lichtgeschwindigkeit immer die selbe ist, auch unabhängig von Bewegung und Ort der Lichtquelle. Die radikalste Folgerung aus dieser Beobachtung zog Einstein, indem er *sämtliche* physikalischen Grundgrößen als „relativ“ erkannte und damit als unbrauchbar zur Festlegung von Grundeinheiten. Die Grundgrößen, die Jahrtausende hindurch mehr oder weniger klar die unbezweifelbare Grundlage aller Definitionen und jeder Beobachtung waren, ersetzte er durch neue Definitionen, indem er die Logik umdrehte.

„Definieren“ heißt „Zurückführen auf Axiome“. Statt die Lichtgeschwindigkeit aus der Messung von Strecke und Zeit *abzuleiten* ging er umgekehrt vor: Er *definierte* Länge und Zeit, also Größen, die bislang „selbstverständlich“ als „Eigenschaften“ jedes Körpers absolut und unveränderlich erschienen. Also nicht die Lichtgeschwindigkeit ist definiert = Länge/Zeit, sondern umgekehrt Länge und Zeit sind definiert durch Licht! War das „an sich“ unabänderlich Gegebene für Newton *Raum* und *Zeit*, so erhob jetzt Einstein das *Licht* im Vakuum zum Axiom des absolut Gegebenen!

Weder Raum noch Zeit, sondern Licht sei die gesuchte *vom Beobachter unabhängige* Eichgröße, auf die *alle* Eichgrößen zu gründen sind. Ist das möglich? Es ist möglich, sogar besonders einfach. Dazu ist nichts weiter nötig als nur ein Lichtstrahl im Vakuum, ausgestrahlt vom (relativ zum Beobachter) ruhenden Atom eines bestimmten Elements. Jeder derartige Lichtstrahl bietet Eichmaße: Für die Einheit der Länge die Wellenlänge λ, für die Einheit der Zeit die Periodendauer τ. Um möglichst problemlos an bisher verwendete Einheiten anzuschließen, fügt man zweckmäßig an jedes Eichmaß einen passenden konstanten Skalenfaktor.

(2.1) Dann ist das Verhältnis $\dfrac{\textbf{Wellenlänge } \lambda}{\textbf{Periode } \tau}$ **= die *absolut* konstante Lichtgeschwindigkeit c.**

Erzeugt λ die Längeneinheit und τ die Zeiteinheit, beides festgelegt durch Licht, dann herrscht die **Spezielle Relativitätstheorie**. Natürlich wurde diese Theorie nur anerkannt, weil sie ausnahmslos von allen Beobachtungen und Experimenten als widerspruchsfrei bestätigt wurde. Wenn also behauptet wird, im Widerspruch zur Speziellen Relativitätstheorie sei eine höhere Geschwindigkeit als die des Lichts gemessen worden, dann wurde die Theorie nicht verstanden und fälschlich statt mit der Laufzeit des Lichtes mit Maßstäben der Klassischen Physik gemessen. Es gibt allerdings Messungen, nach denen eine Geschwindigkeit größer zu sein schien als die des Lichts. Darauf gehe ich später ein. Zunächst aber geht es darum, herauszufinden, *wie* Einstein gedacht hat. Denn wie die meisten großen Entdecker hat auch er seine Theorie nicht aus genialen Postulaten geschöpft, vielmehr hat er auf diese Postulate erst hinterher geschlossen, ohne zu berichten, auf welchen Umwegen er dazu fand. Einstein hat die **Länge** (durch Laufzeit des Lichts) leider an ganz anderer Stelle definiert als die Lauf**zeit**, weshalb vielen Physikern die Formel 2.1 nicht bewußt ist. Zunächst wurde klar:

Das Axiom der Konstanz der Lichtgeschwindigkeit macht nicht nur **Länge** und **Zeit** zu relativen Größen, **sondern auch die Masse**, bisher Inbegriff des Unwandelbaren. Alle Größen zeigen sich als abhängig von der relativen Geschwindigkeit des Objekts zum Beobachter, und, noch aufregender, Masse und Energie erwiesen sich als identisch, ein zu Newtons Zeit unvorstellbarer Gedanke. Eine Uhrfeder wird also durch Aufziehen schwerer, wenn auch unmeßbar wenig. Aber an beschleunigten Elementarteilchen ist die Masse der Bewegungs*energie* meßbar und übertrifft die Ausgangsmasse oft um ein Vielfaches. Die klassische Mechanik wird abgelöst durch eine neue Physik, die **„Spezielle Relativitätstheorie“**, die sich *ausnahmslos* in allen und ungezählten Beobachtungen und Anwendungen bestätigt.

Prinzipiell lassen sich unter der Voraussetzung der absoluten Konstanz der Lichtgeschwindigkeit die Grundeinheiten der Physik mit Licht einer bestimmten Spektralfrequenz $\boldsymbol{\nu = 1/\tau}$ definieren, zunächst die

Zeiteinheit = τ = 1 und die **Längeneinheit = λ = 1.** Die **Masseneinheit** folgt daraus wegen $\mathbf{E = m \cdot c^2}$ und der Existenz von Lichtquanten $\mathbf{E = h\nu}$ (ν bedeutet „**ny**“, nicht **v**), die dem Atom nur bestimmte Spektralfrequenzen erlauben. Durch geeignete **Skalenfaktoren** läßt sich allein darauf, also auf Eigenschaften des Lichts, das **centimeter-gramm-sekunden** (cgs)-System gründen.

2.2 Die Gleichungen der Speziellen Relativitätstheorie

Es ist unmöglich die Relativitätstheorie auch nur oberflächlich zu verstehen, wenn man sich nicht im Klaren darüber ist, daß die physikalischen Größen Länge, Zeit und Masse NICHT „Eigenschaften der physikalischen Objekte" sind. Sie sind vielmehr deren Eigenschaften in der Vorstellung des jeweiligen Beobachters. Die ganze Physik handelt also von den Gesetzmäßigkeiten zwischen diesen *vorgestellten* Begriffen, die ein Beobachter von diesen Objekten hat, wenn er sich unter bestimmten Bedingungen (Relativgeschwindigkeit, Gravitationsfeld) zu einer bestimmten definierten Zeit an einem bestimmten definierten Ort aufhält oder aufhalten würde.

Ab sofort gilt also: Wenn wir sagen, ein Körper „hat" die und die Masse oder Abmessung zu der und der Zeit, dann meinen wir nicht den Körper an sich, sondern das Bild des Körpers, das der Beobachter davon zu der von ihm angegebenen Zeit hat. Über Eigenschaften des „Körpers an sich" wissen wir nichts, es sei denn wir meinen *unsere eigene* Innerlichkeit als lebendiges Wesen.

Als „Beobachter" gelten nicht nur lebendige Wesen. Alle physikalischen Objekte „beobachten" alle anderen Objekte durch die Wirkungen, die sie in ihnen hervorrufen, und *nur* durch die Wirkungen, nicht durch das, was die Objekte *in sich* „wirklich" sind.

Als bekannt vorausgesetzt werden hier die Gleichungen der **Speziellen Relativitätstheorie** bezüglich der Geschwindigkeitsabhängigkeit, die aus dem Postulat der absoluten Konstanz der Lichtgeschwindigkeit abgeleitet wurden. *Ein* Theorem allerdings wird man darunter vergeblich suchen, nämlich eine entsprechende Abhängigkeit vom Gravitationsfeld. Die Gleichungen gelten bei Abwesenheit von Gravitation.

(2.2)

1. **Massenzunahme** von m_0 um Δm auf m: $\mathbf{m} = \dfrac{\mathbf{m_0}}{\sqrt{1-v^2/c^2}}$; $\Delta m = m - m_0$
2. **Zeitdilatation** (Zeitintervalle verlängert): $\mathbf{T} = \dfrac{\mathbf{T_0}}{\sqrt{1-v^2/c^2}}$;
3. **Additionstheorem** für Geschwindigkeiten: $\mathbf{v} = \dfrac{v_1+v_2}{1+v_1v_2/c^2}$;
4. **Längenkontraktion** (Strecken schrumpfen): $\mathbf{L} = \mathbf{L_0}\sqrt{1-v^2/c^2}$;
5. **Dopplereffekt:** $\lambda = \lambda_0\sqrt{\dfrac{1-v/c}{1+v/c}}$.

Diese Gleichungen gelten für die sogenannte „Lorentz-Transformation" und sind mit **E = mc²** Basis und Voraussetzung für *alle* folgenden Ableitungen.

„Lorentz-Invarianz" ist die Bezeichnung dafür, daß diese Gleichungen überall im Universum gelten, unabhängig von Ort und Zeit. Mit anderen Worten: **Das Universum ist überall sich „selbst ähnlich".**

Aus der **Äquivalenz von Masse und Energie** $\mathbf{E = mc^2}$ (bzw. $\mathbf{m = E/c^2}$) folgt, daß die Massen*zunahme* bei Beschleunigung, $\mathbf{\Delta m = m{-}m_0}$, gerade die Masse der kinetischen Energie sein muß: $\mathbf{\Delta m = E_{kin}/c^2}$. Sie entsteht ja dadurch, daß man der Masse $\mathbf{m_0}$ die Geschwindigkeit **v** erteilt. Einer Masse „$\mathbf{m_0}$ die Geschwindigkeit **v** erteilen" bezeichnet also den *Transport* einer Masse (Energie) $\mathbf{\Delta m = E_{kin}/c^2}$ *von außen* in die Masse $\mathbf{m_0}$.

Die Massenzunahme mit **v** wird auf folgender Seite 15 bewiesen. Auf die Ableitung der anderen Gleichungen sei hier verzichtet, weil es dazu unübertroffen gute und verständliche Darstellungen gibt.

Von allen empfehlenswerten Darstellungen seien aus Platzgründen nur zwei erwähnt:

1. Hermann Bondi: „**Einsteins Einmaleins, Einführung in die Relativitätstheorie**". 120 Seiten (vergriffen?) TR-Verlagsunion in Verbindung mit Droemer Knaur München 1971. (Engl.: „**Relativity and Common Sense – a new Approach to Einstein**"). Aus didaktischen Gründen arbeitet Bondi nicht mit dem relativistischen Wurzelausdruck, sondern mit dem sogenannten **k-Faktor**. Für Leser seines Buches gebe ich den Zusammenhang zwischen **v** und **k** an (**v** steht für **v/c**, d.h. **v** wird im Verhältnis zur Lichtgeschwindigkeit **c** gemessen):

$$\sqrt{1-v^2} = \frac{2k}{k^2+1}, \qquad v = \frac{k^2-1}{k^2+1}, \qquad k^2 = \frac{1+v}{1-v}$$

2. Max Born: „**Die Relativitätstheorie Einsteins**", 324 Seiten. ISBN 3-540-04540-6, Springer-Verlag Berlin Heidelberg NewYork Tokyo 1984

2.3 Relativistische Massenerhöhung durch Geschwindigkeit

Als gültig wird angenommen:
1. Die Äquivalenz von Masse und Energie, d. h. $\mathbf{E = mc^2}$,
2. Die absolute Konstanz der Lichtgeschwindigkeit **c**, und
3. Die Axiome von Newton, angewandt auf die nicht konstante Masse $\mathbf{m = m(v)}$.

Voraussetzung: Längs eines Weges ds wird Energie dE = Kds *von außen* zugeführt. Dafür gilt

[A] $\mathbf{E = \int K\, ds}$. (K = Kraft)

Nach Newton ist die Kraft definiert als die zeitliche **Änderung des Impulses mv**:

[B] $\mathbf{K = d(mv)/dt} = (dm/dt)\, v + m\, dv/dt$.

[C] $\mathbf{E = mc^2}$.

Die Gleichungen **A**, **B** und **C** findet man in Physikbüchern. Daraus folgt die

Behauptung: $$\mathbf{m = \frac{m_0}{\sqrt{1 - v^2/c^2}}}$$ worin m_0 = Ruhemasse (d.h. wenn v = 0)

[Für $v^2 << c^2$ gibt das die bekannte Näherungsgleichung $E = m_0 c^2 + m_0 v^2/2$].

Beweis: Wir differenzieren Gleichung **[A]**:

[D] $K = dE/ds = (dE/dt)/(ds/dt) = (dE/dt)/v$. Gleichgesetzt mit K aus **[B] rechts**:

$(dE/dt)/v = (dm/dt)\, v + m\, dv/dt$, umgruppiert: $dE/dt = (dm/dt)\, v^2 + m\, v\, dv/dt$.

Wir erweitern die rechte Seite der letzten Gleichung mit c^2/c^2:

$dE/dt = (dm/dt)\, c^2\, v^2/c^2 + (m\, c^2\, v/c^2)\, dv/dt$. In die rechte Seite dieser Gleichung setzen wir ein

Gl. [C] $E = m\, c^2$ und deren Ableitung $dE/dt = (dm/dt)\, c^2$. Wir erhalten:

$dE/dt = (dE/dt)\, v^2/c^2 + (E\, v/c^2)\, dv/dt$, daraus

[E] $(dE/dt)\,(1–v^2/c^2) = (E\, v/c^2)\, dv/dt$.

Wir schreiben abgekürzt: $\mathbf{U = (1–v^2/c^2)}$ und die Ableitung $dU/dt = –(2\, v/c^2)\, dv/dt$. Damit wird **[E]**

$(dE/dt)\, U = –(½)\, E\, dU/dt$. Multipliziert mit dt: $dE\, U = –(½)\, E\, dU$, oder

$dE/E = –(½)\, dU/U$. Dies integriert mit den Grenzwerten: für v = 0 ist $E = E_0$, und $m = m_0$:

(2.3) $$\underline{\mathbf{E / E_0 = \frac{1}{\sqrt{1 - v^2/c^2}}}}, \quad \text{also} \quad \underline{\mathbf{m / m_0 = \frac{1}{\sqrt{1 - v^2/c^2}}}}$$ wie behauptet. m_0 = Ruhemasse

2.4 Definition der Masseneinheit durch Licht

Durch Einführung des Gravitationsfeldes mittels der **Poissonschen Gleichung** konnte Einstein zwei Beobachtungen erklären: Periheldrehung der Bahnellipse von Planeten und doppelte Lichtablenkung an der Sonne. Damit schien für Generationen von Physikern bewiesen, die Allgemeine Gravitation ergäbe sich aus Poissons Gleichung, ein folgenschwerer Irrtum. Periheldrehung und doppelte Lichtablenkung sind vielmehr das Werk eines blinden Passagiers, unbemerkt mit dieser Gleichung eingeschleppt, nämlich die absolute Konstanz der Lichtgeschwindigkeit. Denn führt man die Poissonsche Gleichung (und die mit ihr definierte Quellenfreiheit des Feldes) nicht ein und setzt man in Newtons Gravitationsgesetz relativistische Massen ein, (was wir mit Gl.(1.4) getan haben), dann führt die Konstanz der Lichtgeschwindigkeit ganz allein zu *allen* meßbaren relativistischen Resultaten.

Hätte Einstein das Relativitätsprinzip außer auf Länge und Zeit *auch* auf die Masse angewandt, dann hätte er natürlich erkannt, daß Gravitation ohne verzerrte Raumkrümmung möglich und ohne Tensoralgorithmus beschreibbar ist, weil mit dem Wegfall der Unendlichkeitsstellen die Raumkrümmung *überall* gering ist. Dazu ist nur notwendig, auch die dritte physikalische Grundgröße, die Masseneinheit, relativistisch zu definieren, das heißt durch das Licht, so wie er es für Länge (d. h. Raum) und Zeit getan hat.

2.5 Einsteins hypothetischer Raum

Einstein stellte die Frage: Ist Gravitation vielleicht eine Eigenschaft der Raumgeometrie? Obwohl wir nicht alles wissen können über Einsteins Gedanken (und Umwegen) zur Prüfung dieser Frage, können wir doch aus den Axiomen, die er nachträglich seinem Gedankengebäude vorangestellt hat, den Gang seines Denkens zuverlässig rekonstruieren.

In seinem Buch „Grundzüge der Relativitätstheorie“ geht Einstein von einem „Energietensor der Materie“ aus, von dem er *annimmt*, daß dessen Divergenz verschwindet. Weil sich wahrscheinlich viele Leser dieser Abhandlung darunter so wenig vorstellen können wie ich, hoffe ich auf Verständnis, wenn ich keinen Versuch mache, dies zu erklären. Ich beschränke mich auf den Hinweis, daß Einstein diese Begriffe der *klassischen* Physik entnommen hat. Sein "Tensor" ist jedenfalls ein klassischer Begriff, den er zur Voraussetzung seiner Allgemeinen Theorie der Gravitation macht, der folglich mit dieser Voraussetzung steht oder fällt. Einstein *postuliert* den Tensor ohne weitere Rechtfertigung mit folgenden Worten:

„*1. Er soll keine höheren als zweite Differentialquotienten der $g_{\mu\nu}$ enthalten.*
2. Er soll in diesen zweiten Differentialquotienten linear sein.
3. Seine Divergenz soll identisch verschwinden.“

Ich setze nicht voraus, daß jemand diese Axiome versteht. Der Leser möge nicht ungehalten sein, wenn ich erst nachfolgend klar mache, warum ich sie überhaupt zitiere. Bei jedem dieser Axiome müßte man fragen: Warum? Einstein erklärt oder rechtfertigt keines dieser Axiome, auch nicht, nachdem er ergänzt:

„*Die ersten beiden dieser Bedingungen sind natürlich der **POISSONSCHEN** Gleichung entnommen.*“

Hier versuche ich also nicht, den Tensoralgorithmus zu diesen Axiomen darzustellen oder zu erklären, ich will nur auf Folgendes hinweisen, was in allen Lehrbüchern nachgelesen werden kann.

Darin steht zunächst die bekannte klassische Grundgleichung für **Gravitation** (worin m<<M),

(2.4) **Gravitationskraft** $\mathbf{K = \frac{GMm}{R^2}}$. (**G** = Grav.-Konstante, **R** = Massenabstand)

Wie in Lehrbüchern bewiesen, gilt die Gleichung für kugelsymmetrische Massen **M** und **m** so, als ob jede Masse in ihrem Mittelpunkt konzentriert wäre. Sind sie nicht kugelsymmetrisch, sondern nach einer Dichteverteilung aus punktförmigen Massenelementen **dM** und **dm** zusammengesetzt, dann erhält man die Kraft durch Integration der Kräfte aller Massen **dM** und **dm** (lineare Überlagerung vorausgesetzt). Auch in diesem Fall gilt das klassische **Gesetz von Newton**, das sich aber nach S. D. Poisson und P. S. Laplace als Differentialgleichung darstellen läßt. Mit **Poissons Gleichung** in der **Potenzialtheorie** für die oben angegebenen drei Axiome übernahm Einstein eine nicht-relativistische Voraussetzung. Die Gleichung wurde zwar von den größten Mathematikern entwickelt, aber nicht für Massen, die relativistisch veränderlich sind. Daß sich Massen durch Energieaustausch verändern war ja den Mathematikern früher gar nicht vorstellbar. Mit der Poissonschen anstelle Newtons Gleichung erhielt Einstein zwar eine allgemeinere Formulierung, aber diese ist immer noch klassisch. Damit ist die axiomatische Voraussetzung seiner gesamten Theorie klassisch.

Die drei genannten Axiome ergänzte er durch das **Axiom der Konstanz der Lichtgeschwindigkeit**, das er mittels des Intervalls einführt. Aus diesen Axiomen leitet er die Maßstäbe ab, die für Länge und Zeit im Gravitationsfeld gelten, d.h. er kombiniert die Konstanz der Lichtgeschwindigkeit mit der klassischen Poissonschen Gleichung. Da diese aus dem *Newtonschen* Gravitationsgesetz abgeleitet ist, gilt alles nur unter der Voraussetzung dieses Gesetzes, nämlich daß die Fall-Energie im quellenfreien „Feld“ *entsteht*. Das heißt, auch bei Einstein „entsteht“ diese Energie *ohne* Quelle (d.h. verschwindende Divergenz), was er ausdrücklich hervorhebt. So weit ich weiß hat er nie die Massen als mögliche Quelle für die Fall-Energie genannt.

Ohne Rechnung nennt Einstein folgende Formel für den Zeitmaßstab, den er aus dieser *klassischen* Voraussetzung *und* der Konstanz der Lichtgeschwindigkeit gefolgert hat [wohlgemerkt: **(B)** gilt nur angenähert]:

(A) $\underline{\mathbf{t^2 = t_o^2\left(1 - 2GM/c^2R\right)}}$. Daraus für $2GM/c^2R<<1$ **(B)** $\underline{\mathbf{t \cong t_o(1 - GM/c^2R)}}$ oder $\underline{\mathbf{t_o \cong t(1 + GM/c^2R)}}$

(Zeitintervalle: t gilt in unendlicher Entfernung, t_o gilt nach Annäherung bis zum Abstand R.)

Dann folgert Einstein korrekt: „**Die Ganggeschwindigkeit einer Uhr ist also desto geringer, je mehr ponderable Massen in ihrer Nähe sind**“. (Den Beobachter denke man sich außerhalb der Massen.)

Da Einstein diese Formel in anderer Schreibweise darstellt, zitiere ich sie im Anhang (**Seite 99**) in *seiner* Formulierung mit der Übersetzung in die übliche, von mir bevorzugte physikalische Schreibweise.

Vielleicht wird mir der Leser dankbar sein, wenn ich nach dieser vereinfachten Einsteinschen Darstellung zeige, wie man dieselbe Formel **(A)** direkt aus den klassischen Formeln erhält. An dieser Formel läßt sich dann der Widerspruch zu Energie-Erhaltung und zum Relativitätsprinzip aufzeigen.

Nach dem Klassischen Gesetz gilt für die im freien Fall einer Masse **m** von Unendlich bis **R** entstehende Geschwindigkeit $\mathbf{v = \sqrt{2GM/R}}$. Daraus die kinetische Energie $\mathbf{E_{kin}= mv^2/2 = GMm/R}$.

Ausdrücklich wird betont, daß diese Energie *im Feld* „entsteht“. Die innere Energie von **m** ist $\mathbf{mc^2}$, also $\mathbf{E_{kin}/mc^2= GM/c^2R}$. Das ist gerade der Anteil, um den das Zeitintervall in der Näherungsformel **(B)** im Abstand **R** größer ist als bei **R** = ∞ [für **v<< c**; die Näherung **(B)** wird genau, wenn man, ungenau ausgedrückt, **R+ΔR** statt **R** setzt]. Da nach Poisson die Energie aus dem Feld (also nicht aus der fallenden Masse) bezogen wird, nimmt die Masse im Fallen nicht ab.

In der klassischen Theorie ist ein Anfangsbetrag der Potenziellen Energie prinzipiell unbekannt. Bekannt ist nur deren Änderung. Beim Freien Fall aus Unendlich ist diese Energie $\mathbf{E_{pot} = –GMm/R}$, also betragsgleich der entstehenden kinetischen Energie. Setzt man aber voraus, daß $\mathbf{mc^2}$ die *anfängliche* Potenzielle Energie ist, dann nimmt diese also ab auf $\mathbf{mc^2–GMm/R}$ und es verbleibt unten die Energie

$\mathbf{mc^2 + E_{pot} = mc^2 - \frac{GMm}{R} = mc^2\left(1 - \frac{GM}{c^2R}\right)}$. Wie zuvor ist $\mathbf{\frac{E_{pot}}{mc^2} = \frac{GM}{c^2R}}$ das Verhältnis dieser Änderung zu $\mathbf{mc^2}$.

Das stimmt überein mit der Änderung in der Einsteinschen Formel **(B)**. Mit dem Zeitintervall ändert sich also der Gang der Zeit mit dem gleichen Faktor wie die potenzielle Energie, wenn man die Änderung auf die Energieeinheit der fallenden Masse bezieht, d.h. im Verhältnis zu $\mathbf{mc^2}$. Die von Einstein aus der Poissonschen Voraussetzung abgeleitete Formel **(B)** erhielten wir jetzt direkt und, wohlgemerkt, ohne Tensoralgorithmus. Dazu haben wir (wie Einstein) für potentielle und kinetische Energie die klassischen Formeln vorausgesetzt. Ohne die klassischen Formeln hätte auch Einstein weder die Formel **(A)** noch deren Näherung **(B)** erhalten. Allerdings beweist die direkte Ableitung aus der Klassischen Physik, daß als Quelle für die Fall-Energie die (relativistische!) innere Energie $\mathbf{mc^2}$ der fallenden Masse vorauszusetzen ist, im Widerspruch zur Poissonschen Voraussetzung, die ja gerade das ausschließt.

Von da ab wird Einstein inkonsequent, weil er so weiterrechnet, als ob die von ihm voraussetzten Axiome relativistisch wären. Bei relativistischer Rechnung aber hätte er im Gravitationsgesetz Gl.**(2.4)** die Massen nicht als konstant annehmen dürfen, gleichgültig, ob in der Formulierung von Newton oder von Poisson. Außerdem gilt in der Speziellen Relativitätstheorie der Erhaltungssatz für Energie, während in der Klassischen Theorie die Fall-Energie „entsteht“, und zwar aus dem leeren Raum. Wenn man glaubt, Energieerhaltung wäre gerettet, indem man den leeren Raum einfach „Feld“ nennt und dazu sagt: „Die Summe aus Potentieller und Kinetischer Energie ist konstant.“, dann zaubert man mit einem Taschenspielertrick. Denn Konstanz an sich macht aus dem quellenfreien Feld noch lange keine Energiequelle.

Einstein war sich dessen natürlich bewußt. Er „löste“ aber das Problem, indem er mit folgendem kaum merklichen Nebensatz ein durch keine Erfahrung begründbares Axiom anfügt ohne es als Axiom zu kennzeichnen: „Es ist zu bedenken, daß es außer der Energiedichte der Materie auch eine Energiedichte des Gravitationsfeldes geben muß, so daß von einem Erhaltungssatz für die Energie (bzw. des Impulses) *der Materie allein* nicht die Rede sein kann.“ (*Kursiv* hervorgehoben durch Einstein). Hier entspringt das Problem, das er nicht lösen konnte, als er die Möglichkeit Schwarzer Löcher zu widerlegen suchte. Er wußte natürlich, daß die Singularität Schwarzer Löcher auch dann nicht verschwindet, wenn er unendlich dichte Punktmassen ausschließt (eben durch Poissons räumliche Massenverteilung). Hätte er relativistische Voraussetzungen gemacht, dann hätte er anstelle des Klammerausdrucks in Gl.**(A)** und **(B)** den Faktor $\mathbf{e^{–a/R}}$ der Energieerhaltenden Gravitation erhalten, wie auf den Seiten **5-6** vorgeführt.

Einstein gibt nirgends an, wie sich die hypothetische „Energiedichte des Gravitationsfeldes“ nachweisen (messen) ließe. Mit dieser Hypothese gerät seine Theorie in Widerspruch zu sich selbst. Einerseits nimmt in obigen Gleichungen die fallende Masse nicht ab (weil sein Feld und nicht die Masse die Energie des freien Falles liefert). Andererseits führten die selben Formeln zu seiner empirisch bestätigten Voraussage, daß die Zeit um so langsamer abläuft je größer das Gravitationsfeld ist („je mehr ponderable Masse in ihrer Nähe sind“). Dann schwingen die Atome, also die Taktgeber der Uhr, langsamer. Die atomaren Schwingungen sind aber als Sprünge zwischen Quantenzuständen proportional der Masse des Atoms, folglich muß, im Widerspruch zur Voraussetzung, die Masse bei Annäherung an andere Massen eben doch abnehmen.

Dieser Widerspruch ist nicht lösbar. *Weil* bei Einstein die fallende Masse nicht abnimmt behält sie ihre Gravitationswirkung, müßte sogar zunehmen, wenn man auch der entstehenden kinetischen Energie Gravitation zuschreibt. Die Folge ist, daß die Fallgeschwindigkeit beim sogenannten Schwarzschild-Radius Lichtgeschwindigkeit erreicht (was übrigens unendlicher Energie entspricht!).

Das wäre ein Schwarzes Loch. Es ließe sich nur vermeiden durch Ausnahme-Axiome. Jedenfalls aber erfordern die Widersprüche Zusatzaxiome. Es dürfte ein aussichtsloses Unterfangen sein, alle in diesem komplizierten mathematischen Algorithmus verborgenen Widersprüche aufzudecken und zu beseitigen.

Um Mißverständnissen im Voraus entgegenzuwirken möchte ich an dieser Stelle hervorheben, daß die Klärung dieser Widersprüche Einstein selbst zu verdanken ist. Die Widersprüche heben also die Bedeutung seines Lebenswerkes keineswegs auf. Er kam zu seinen Folgerungen wohl kaum, wie hier, aus seiner axiomatischen Darstellung. Sein Motiv war die geniale Idee, Gravitation sei eine Folge der Raumgeometrie und müßte als Eigenschaft des vierdimensionalen gekrümmten Raumes nachweisbar sein, eine Idee, die ihn seit seiner Studienzeit faszinierte und ein Leben lang inspirierte. Weil ihm das für viele Erscheinungen überzeugend gelang, gewann er die Zuversicht, die paar verbliebenen Widersprüche mit Schwarzen Löchern und Energie-Erhaltung würden sich früher oder später lösen. Die oben genannten Axiome paßten hervorragend zu seinem geometrischen Modell und waren für ihn ein Indiz, auf der richtigen Fährte zu sein. Diese Gedanken ließen sich weiter spinnen zur Idee einer „Weltformel“, gerade weil es das Relativitätsprinzip in voller Tragweite offenlegte.

Aber alle Hypothesen, die von vielen kompetenten Mathematikern zur relativistischen Gravitation versucht worden sind, führten hartnäckig immer wieder auf das gleiche Problem, nämlich daß in der Umgebung Schwarzer Löcher gewisse Gebiete prinzipiell unerforschbar blieben. Doch statt an der Theorie zu zweifeln, zog man vor, sich zu beruhigen. Denn verglichen mit allen denkbaren Theorien hatte das Gravitationsgesetz von Newton einen offensichtlichen Vorzug, nämlich dem physikalischen Ideal, die Natur so einfach wie möglich zu beschreiben, am nächsten zu sein. Wenn wegen der Unendlichkeitsstellen sogar das einfachste Gesetz so kompliziert ist, dann konnte man die „unlösbaren Probleme“ einfach als Indiz ansehen, daß dort alles noch komplizierter sein mußte, aber „irgendwann“ eben doch lösbar.

Für seine Allgemeine Theorie der Gravitation konnte Einstein auf die für gekrümmte Räume hochentwickelte Potenzialtheorie zurückgreifen. In dieser Theorie gab es kaum eine Frage, die nicht von den bedeutendsten Mathematikern gründlich untersucht und aufgeklärt worden wäre. Was Einstein bezüglich mehrdimensionaler gekrümmter Räume vorfand, war, wie es schien, ein riesiger Vorrat *jeder* nur denkbaren Möglichkeit. Doch die Potenzialtheorie wurde von Denkern geprägt, die mehr Mathematiker als Physiker waren. Ihre Hauptsätze entstanden zudem in einer Zeit, da einige der wichtigsten Grundprinzipien der Physik noch gar nicht oder nicht in ihrer Allgemeinheit erkannt waren. Dazu gehört Erhaltung von Energie. Man konnte also in der Illusion leben, *alle* nur denkbaren Zentralkräfte und die zugehörige Theorie zu kennen. Solange aber Energieerhaltung noch nicht zu Ende gedacht war, konnte auch das größte Genie Energieerhaltung nicht in die Potenzialtheorie einbeziehen. Zwar wurde früh erkannt, daß im Newtonschen Gesetz die Summe aus potentieller und kinetischer Energie konstant ist, aber vor Einstein lag es außerhalb des Denkbaren, daß die Masse selbst Energie sein könnte.

Hätte sich Einstein dem Bann der Mathematiker entzogen und mit *seinem* Prinzip $\mathbf{E = mc^2}$ das Gravitationsgesetz an Energieerhaltung adaptiert, dann wäre ihm nicht entgangen, daß das Gesetz von Newton (auch in Poissons Fassung) eben *nicht* das einfachst mögliche Gesetz ist. Was jede Raumgeometrie unlösbar kompliziert ist deren „Singularität“. „Singularität“ heißt die Stelle, wo die Gravitation (damit die Energie) unendlich wird, weil dort die fallende Masse Lichtgeschwindigkeit erreicht. Bezieht man aber Energie-Erhaltung in Newtons Gesetz ein, dann geschieht, was niemand erwartet hatte: Die Singularität bei $\mathbf{R} = 0$ verschwindet, mit dieser die Notwendigkeit, alle anderen physikalischen Prinzipien so zu „verbiegen“, daß sie sich, wie man fälschlich hoffte, widerspruchsfrei in die zusätzliche Raumkrümmung einzwängen lassen. Gerade wegen der inneren Widersprüche ist eine solche Anpassung logisch unmöglich.

Auf die Idee, mittels relativistischer Massen Energie-Erhaltung einzubeziehen, konnte also Einstein eben aus dem Grund nicht kommen, weil er die Gravitation durch Raumkrümmung erklären wollte. Dazu benötigte er *die* Verzerrung der Raumkrümmung, die diese Singularität erzeugt.

2.6 Schwarze Löcher beobachtet?

Seit man das Zentrum der Milchstraße im infraroten Licht beobachten kann, welches die davor liegenden, für sichtbares Licht undurchdringlichen Staubwolken durchdringt, kann man zusehen (messen), wie galaktische Zentren von Sternen umkreist werden – auf engen elliptischen Bahnen. Weil diese Sterne trotz extremer Geschwindigkeiten ihre gut meßbaren Bahnenellipsen nicht verlassen, müssen sie gravitativ festgehalten werden von sehr großen Massen im engen Zentralbereich. Deren Konzentration (von einigen bis zu vielen Millionen Sonnenmassen) läßt sich aus den Bahndaten berechnen. Für einige Galaxien ergaben sich so große Konzentrationen, daß die Entweichgeschwindigkeit größer als die des Lichts sein müßte. In fast jedem Lehrbuch wird eine solche Massenkonzentration als „Schwarzes Loch" definiert – weil daraus, wörtlich, **„nicht einmal Licht entweichen kann"**. Diese Logik kann aber nicht richtig sein auf Grund folgender Fakten:

1) Entgegen dieser Deutung ist auch bei noch so großer Massenkonzentration die Entweich- oder Fallgeschwindigkeit *immer* kleiner als die des Lichts. Das folgt aus den Messungen mit Uhren, [siehe die im Kapitel **3.2** berechnete Formel **(3.6)**].
2) Außerdem entsteht die kinetische Fall-Energie *auf Kosten* der inneren Energie der fallenden Masse. Diese Masse, damit auch deren Gravitation, nimmt also beim Fallen ab und erreicht Null im Zentrum. Die Rechnung ergibt außerdem, **daß kinetische Energie in Bewegunsrichtung keine Gravitation ausübt**.
3) Licht hat nur kinetische Energie, als solche übt Licht keine Gravitation *in Ausbreitungsrichtung* aus (wohl aber quer dazu). Das wird im Kapitel **3.4** gezeigt. Aber es läßt sich auch anschaulich verstehen. Dazu denken wir an einen Lichtstrahl, dessen Photonen auf uns zukommen. Würden diese Photonen Gravitation auf uns ausüben, dann natürlich bevor das Photon bei uns eintrifft. Die Gravitationswirkung müßte also dem Photon vorauseilen, sich schneller als Licht ausbreiten. Das ist nach der Relativitätstheorie unmöglich (siehe das Additionstheorem für Geschwindigkeiten, Fußnote auf Seite **79**). Das Photon könnte auch nicht gravitativ gegen die Richtung der Lichtausbreitung wirken, weil sich (aufgrund desselben Theorems) von der Lichtgeschwindigkeit keine Geschwindigkeit abziehen läßt.

In vielen begeisterten Berichten von der „Entdeckung Schwarzer Löcher" handelt es sich in Wirklichkeit um nichts weiter als um Beobachtung großer Geschwindigkeiten innerhalb eines sehr engen Bereichs um ein galaktisches Zentrum. Das ist ein Indiz für eine extrem konzentrierte große Masse im Zentrum, nicht aber für ein Schwarzes Loch, denn dessen Definition, nach der eine so konzentriere Masse ein solches wäre, ist leicht widerlegbar. Eine direkte Beobachtung Schwarzer Löcher hat es weder gegeben noch ist sie theoretisch möglich, solche Gebilde sind ja laut Definition unsichtbar. Auch ihr Umfang bzw. ihr Radius („Ereignishorizont" bzw. „Schwarzschild-Radius") wäre ein Widerspruch in sich, weil dort Lichtgeschwindigkeit erreicht wäre, bei der alle Längen relativistisch auf Null geschrumpft sein müssen.

Das **„bessere" Wissen über Urknall und Schwarze Löcher**, das manche Autoren für sich beanspruchen indem sie kritische Forscher auszugrenzen versuchen, wird als Schwärmerei in die Wissenschaftsgeschichte eingehen. Ihre stillschweigende Annahme ist, daß Licht in Ausbreitungsrichtung der Schwerkraft unterliegt. Diese Annahme ist auch durch Messungen widerlegt (siehe Kap.**1.1** und **1.2**, Fußnote S.**79**).

Um Schwarze Löcher und Urknall zu retten, müßten wissenschaftliche Journale und Kongresse alle Gegenbeweise rückwirkend aus dem Gedächtnis der Menschen und aus allen Archiven löschen und dazu alle kritischen Denker für alle Zukunft boykottieren, eine in der Geschichte wohlbekannte Fehl-Strategie des religiösen Fanatismus. Der ideelle und materielle Schaden für die Wissenschaft wäre immens.

Dazu das Zitat eines Kommentars von **Geoffrey Burbidge** (1993):
„Gewöhnlich werden neue Ideen in einem Forschungszweig von jungen Wissenschaftlern vorangetrieben, die sich gegen die eingeführten Auffassungen auflehnen. Nicht so derzeit bei den Kosmologen: Die jüngeren unter ihnen sind sogar noch intoleranter gegenüber Abweichungen vom geheiligten Urknall als ihre älteren Kollegen. Und das Schlimmste ist, daß Autoren von Astronomie-Lehrbüchern die Kosmologie nicht mehr als „work in progress" behandeln, sondern so tun, als sei die richtige Theorie bereits gefunden. ... Wer schon lange genug dabei ist, weiß sehr gut, daß das „peer reviewing" und die Begutachtung von Aufsatzmanuskripten zu einer Form der Zensur geworden ist. Es ist ausgesprochen schwierig, finanzielle Unterstützung oder Beobachtungszeit an einem Teleskop zu bekommen, wenn das vorgeschlagene Projekt nicht der Parteilinie entspricht. So durfte Halton C. Arp vor einigen Jahren die Teleskope an den Observatorien Mount Wilson und Mount Palomar nicht mehr benutzen, weil er mit seinem Beobachtungsprogramm immer mehr Anhaltspunkte gegen die Standardtheorie entdeckte. Unorthodoxe Aufsätze werden mitunter jahrelang nicht zur Publikation zugelassen oder von Gutachtern zurückgehalten. Ähnliches gilt für akademische Posten. ..."
[Aus Reinhard Breuer, (Hg.): „Immer Ärger mit dem Urknall", rororo 1993]

3 Mathematische Bestätigungen

3.1 Die Funktion $e^{-a/R}$ und das Kraftgesetz

Die Eigenschaften des Energie-Erhaltenden Gravitationsgesetzes werden aus dem Funktionsverlauf von $e^{-a/R}$ (Ableitung siehe nächste Kapitel, Diagramm **S.83**) verständlich. Diese Funktion verleiht dem Gesetz die entscheidenden relativistischen Züge und führt zu interessanten kosmologischen Folgen.

Für das System	R [in cm]	$e^{-a/R}$
Merkur–Sonne (Merkurmasse = $3{,}32\cdot10^{26}$g)	max. $0{,}703\cdot10^{13}$ min. $0{,}464\cdot10^{13}$	$1-2{,}1\cdot10^{-8}$ $1-3{,}2\cdot10^{-8}$
Erde–Sonne (Erdmasse = $6\cdot10^{27}$g)	max. $1{,}526\cdot10^{13}$ min. $1{,}466\cdot10^{13}$	$1-0{,}97\cdot10^{-8}$ $1-1{,}01\cdot10^{-8}$
Jupiter–Sonne (Jupitermasse = $1{,}9\cdot10^{30}$g)	max. $8{,}15\cdot10^{13}$ min. $7{,}4\cdot10^{13}$	$1-1{,}8\cdot10^{-9}$ $1-2{,}0\cdot10^{-9}$

Sonnenmasse $M = 2\cdot10^{33}$g ($\cong$ 330000 Erdmassen)

Zwei Naturkonstanten bestimmen die Funktion:

1. Gravitationskonstante $G = 6{,}6726\cdot10^{-8}\text{cm}^3/\text{gs}^2$
2. Lichtgeschwindigkeit $c = 2{,}9979\cdot10^{10}$ cm/s
   $c^2 = 8{,}987\cdot10^{20}\ \text{cm}^2/\text{s}^2$.

Dazu Gl.(1.5): $\mathbf{a = \frac{G}{c^2} M}$.

$$\mathbf{e^{-a/R} = 1 - a/R + a^2/2R^2 - a^3/6R^3 + .. - ...}$$

Im Planetensystem weicht $e^{-a/R}$ extrem wenig von 1 ab, woraus unmittelbar folgt, daß die Abweichungen vom klassischen Gravitationsgesetz in derartigen Systemen fast immer verschwindend klein sind.

Der Funktionsverlauf des Kraftgesetzes $\mathbf{K = \frac{GMm}{R^2} e^{-a/R}}$ [Gl.(1.9)]

Entscheidend ist darin der variable Faktor $\mathbf{y} = \frac{e^{-a/R}}{R^2} = \mathbf{x^2 \cdot e^{-ax}}$. (Die Substitution $R = 1/x$ invertiert nur die R-Achse ohne die Extremwerte von y an den entsprechenden Stellen $R = 1/x$ zu ändern.)

Für die Extremwerte gilt $y' = x(2-ax)\cdot e^{-ax} = 0$. Jeder der drei Faktoren steht für einen Extremwert:

a) Minimum bei $e^{-ax} = 0$	b) Maximum bei $2-ax = 0$	c) Minimum bei $x = 0$
$x = \infty$, $R = 0$ $K = 0$, $E_{pot} = Mc^2$. $(= \lim\limits_{R\to0} K)$ [nach Gl.(1.6)] Grenzwertregel nach l'Hospital für R=0 nur zielführend bei Substitution R =1/x. $E_{kin} = mc^2$, d.h. die ganze Energie ist kinetisch.	$x = 2/a$ $R = a/2$ $\mathbf{K_{max}} = \frac{4GMm}{a^2e^2} = \frac{4c^4m}{GMe^2}$ [nach (1.9)] $E_{pot} = (M+m/e^2)\cdot c^2$ [nach Gl.(1.6)] $E_{kin} = mc^2\cdot\underbrace{(1-1/e^2)}_{0{,}8647}$	$x = 0$ $R = \infty$ $K = 0$ [nach Gl (1.9)] $E_{kin} = 0$ $E_{pot} = (M+m)c^2$ [nach Gl.(1.6)], d.h. die ganze Energie ist potentiell = körperliche Masse.

Nach Gl.(1.6) verwandelt sich für $e^{-a/R} = 1$, also für $R \to \infty$, die gesamte Masse in potentielle Energie. In diesem Zustand bei R= ∞ sei im Folgenden jede Masse **Ursprungsmasse** oder kurz **Urmasse** genannt.

Im klassischen Gesetz ist $E_{pot} = \int_R^\infty \frac{GMm}{R^2} dR = -\frac{GMm}{R} < 0$, d.h. stets negativ, nach Gl.(1.6) hingegen > 0:

$$E_{pot} = (M+m\,\mathbf{e^{-a/R}})c^2 = [M+m\,(1-a/R+a^2/2R^2- \cdot+\cdots)]\,c^2 \cong Mc^2+mc^2-\frac{amc^2}{R} = (M+m)c^2-\frac{GMm}{R} > \mathbf{0}$$

Der mit Gl. (1.5) bis (1.9) definierte Massenbegriff ist deckungsgleich sowohl mit allen Beobachtungen bewegter Massen als auch mit allen *meßbaren* Ergebnissen der Allgemeinen Relativitätstheorie. Da durch *Einführung von Energieerhaltung* deren Quellenfreiheit verschwindet, weichen zwar die Formeln von Einsteins Relativitätstheorie ab, aber nur durch den Faktor $e^{-a/R}$, der sich für R >> a von 1 nicht unterscheiden läßt. Die Abweichungen dominieren nur, wenn R gegen die sehr kleine Länge 2a abnimmt. Bei Differentiation bleibt $e^{-a/R}$ erhalten. Der konstante Energiebetrag $(M+m)c^2$ ließ sich in der Klassischen Theorie nicht ermitteln. Da er bei Differentiation wegfällt, ist er ohne Einfluß auf die Bewegungsgleichungen und durfte nach klassischer Vorstellung bewußt weggelassen werden.

Während in Einsteins „**Quellenfreier Relativitätstheorie**" Schwarze Löcher möglich sind, sind solche Gebilde nach Gl. (1.5) bis (1.9), das heißt im „**Energieerhaltenden Gravitationsgesetz**", ausgeschlossen.

Bild 3.1: Das Kraftgesetz

(Siehe auch die Diagramme auf **Seite 83**)

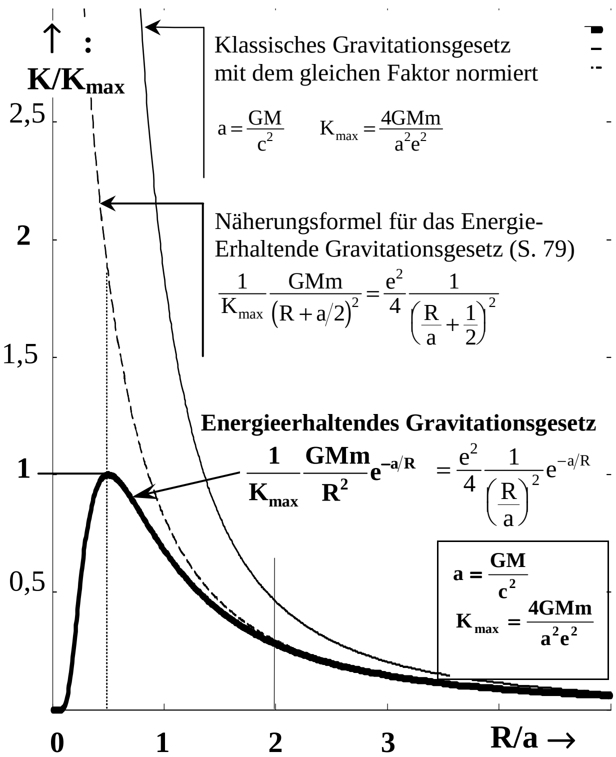
Übereinstimmend mit Einstein bildet auch bei Energieerhaltung das Klassische Gravitationsgesetz den Grenzfall, aber mit dem Unterschied, daß es an Energieerhaltung angepaßt wurde mittels der von ihm entdeckten Identität $E = mc^2$.

Allein diese Anpassung (mit c = const.) wandelt die **Klassische** Theorie in die (korrigierte) **Allgemeine Relativitätstheorie**,

das heißt: *ohne Feldenergie außerhalb der Masse im gekrümmten Raum*! Damit entfällt Einsteins Hypothese des Vakuums als weitere Energiequelle.

Dargestellt ist der Funktionsverlauf der Kraft unabhängig von den je speziellen Massen M und m.
Dazu wurde die Kraft (Gl.1.9) so normiert, daß ihr Maximalwert = 1 ist, das heißt, alle Kurven wurden durch K_{max} (aus Spalte b) dividiert:

$$\frac{K}{K_{max}} = \frac{GMm \cdot e^{-a/R}}{R^2} : \frac{4GMm}{a^2 \cdot e^2} = \frac{1}{4}\left(\frac{a}{R}\right)^2 e^{2-\frac{a}{R}}$$



Funktionsverlauf des Kraftgesetzes
auf K/K_{max} normiert

Der Funktionsverlauf ist bestimmt durch das Verhältnis R/a (d.h. R gemessen in der Längeneinheit a). Maßgebend ist die Größe a. Man beachte die Nullpunktnähe: R/a = 1 bedeutet einen Abstand z.B. zum Erdmittelpunkt von 4,5 mm oder zum Mittelpunkt der Sonne von 1484 Meter. Dazu müßten diese Himmelskörper auf diese Radien komprimiert sein. Im Folgenden (z.B. S.49, Kap. 3.15**)** wird gezeigt, daß solcher Verdichtung durch die Schwerkraft ein anderer Prozeß entgegenwirkt, nämlich das Entweichen der Massen durch Abstrahlung. Die Abstände **a** lassen sich mit Gl.(1.5) leicht berechnen, z.B. für die Massen, die oben in der Tabelle angegeben sind.

Der naheliegende Schluß, daß **a** stets klein sein müßte, daß also immer $\mathbf{e^{-a/R} \cong 1}$ sei, wäre falsch. Wie im Kap. 3.10, S.38**,** gezeigt wird, ist z.B. für das ganze Universum **a** so groß wie dessen halber Radius!

In allen Ableitungen dieser Abhandlung wurde die Laufzeit der Gravitationssignale vernachlässigt. Z. B. "spüren" Erde und Sonne einander dort, wo jeder Körper vor etwa 8 Minuten (20 Bogensekunden) war. Die Auswirkungen der Laufzeit heben sich gegenseitig auf, auch für statistisch verteilte Himmelskörper.

Alle neuen Ergebnisse folgen aus der Tatsache, daß ein Körper seine Fall-Energie *nicht* aus dem Feld bezieht, sondern aus der eigenen Masse. Die für die Allgemeine Relativitätstheorie vorausgesetzte Feldenergie widerspricht diesem *Meßergebnis* (das durch das Uhrenexperiment *gesichert,* von Einstein vorausgesagt wurde). Das hat bisher nicht beachtete Folgen, zum Beispiel diese:

1. A*lle* mathematischen Theoreme, die auf der hier widerlegten **„Feldenergie"** beruhen, haben keine Beweiskraft. Sie sind nur noch Beispiele für Andersens Geschichte „Des Kaisers Neue Kleider".
2. **Urknall und Schwarze Löcher erweisen sich als unmöglich, während alle anderen meßbaren relativistischen Folgerungen mit *extremer* Näherung erhalten bleiben.**
3. Lehrbücher und ungezählte wissenschaftliche Arbeiten müssen neu überdacht werden, die große Anzahl von extrem komplizierten Hypothesen verschwindet. An dessen Stelle ergibt sich eine Physik, die ohne den bisherigen Hypothesenballast sehr viel einfacher ist. Die Vereinfachung ergibt sich dadurch, daß erstmals Energie-Erhaltung und Spezielle Relativität auf die klassische Gravitation angewandt worden sind, **was offensichtlich bisher noch nie versucht worden ist.**

3.2 Beschleunigung und Geschwindigkeit als Funktion des Abstandes Trägheitsgesetz

Wird eine Masse m auf die Geschwindigkeit v durch Energiezufuhr beschleunigt, so erhöht sie sich nach der Speziellen Relativitätstheorie von $\mathbf{m_0}$ auf $\mathbf{m}/\sqrt{1-v^2/c^2}$ (Gl. 2.2/1). Wird sie jedoch auf Kosten ihrer inneren Energie beschleunigt, dann nimmt ihre innere Energie $\mathbf{E_{pot}}$ von mc^2 auf $\mathbf{mc^2}\sqrt{1-v^2/c^2}$ ab (nur dann bleibt die Gesamtenergie nach Multiplikation mit $1/\sqrt{1-v^2/c^2}$ erhalten). Die Differenz zu mc^2 ist kinetische Energie $E_{kin} = mc^2 - E_{pot} = mc^2 - mc^2\sqrt{1-v^2/c^2}$. Andererseits gilt G.(1.8) $E_{kin} = mc^2(1- e^{-a/R})$. Gleichgesetzt:

(3.1) $\mathbf{E_{kin} = mc^2(1-\sqrt{1-v^2/c^2}\,) = mc^2(1- e^{-a/R})}$. [Siehe dazu **Gl. (5.6)**, Seite **67**]

Differenziert man beide Gleichungsseiten nach der Zeit t (links $\frac{d}{dv}\frac{dv}{dt}$, rechts $\frac{d}{dR}\frac{dR}{dt}$), so erhält man

$$\frac{m}{\sqrt{1-v^2/c^2}}\cdot b = -\frac{mc^2}{R^2}\cdot a\cdot e^{-a/R} = -\frac{GMm}{R^2}\cdot e^{-a/R} = -K \quad \text{[nach Gl.(1.9), } a = \frac{GM}{c^2} = \text{Gl.(1.5)]}$$

Darin ist $b = \dfrac{dv}{dt}$ = Beschleunigung und $v = \dfrac{dR}{dt}$ = Fallgeschwindigkeit. Damit wird

(3.2) $$\mathbf{b\cdot\frac{m}{\sqrt{1-v^2/c^2}} = -G\cdot\frac{Mm}{R^2}\cdot e^{-a/R} = -K.}$$

Das ist das Trägheitsgesetz. Es begründet den **Erhaltungssatz des Impulses**, denn es gilt: Für K = 0 ist b = 0, also v = konstant.

Da dieses Gesetz nirgends vorausgesetzt wurde, auch nicht versteckt (implizit) in einer anderen Beziehung, ist es eine Folge des Energie-erhaltenden Gravitationsgesetzes. Links steht Masse mal Beschleunigung, wobei für die Masse der relativistisch vergrößerte Wert steht. Bewirkt wird diese Beschleunigung durch die Gravitationskraft der relativistisch verringerten Masse $me^{-a/R}$.

Bei der Ableitung war vorausgesetzt, daß die Wirkungslinien von Kraft und Beschleunigung durch das Zentrum M gehen. Es gibt Gründe für die Annahme, daß prinzipiell alle Kräfte in der Natur auf gravitative Zentralkräfte zurückgeführt werden können, z.B. auch die um $(2\cdot 10^{21})^2 = 4\cdot 10^{42}$ stärkeren elektrostatischen. Daß dies für beliebige *Zentral*kräfte gilt, läßt sich leicht zeigen (siehe Seite **50**).

Aus Gleichung (3.2) erhält man für die Beschleunigung b durch Umgruppierung (m fällt heraus):

(3.3) $$\mathbf{b = -GM\frac{\sqrt{1-v^2/c^2}}{R^2}\cdot e^{-a/R}}.$$ b ist auf das Zentrum gerichtet.

Das negative Vorzeichen ist die Gleichgewichtsbedingung mit der Zentralkraft.

Aus Gl.(3.3) folgt, daß b = 0 für R = ∞ *und* R = 0. Das steht im Gegensatz zur Einsteinschen Gravitationstheorie. Derzufolge entsteht bei sehr großer oder sehr konzentrierter Zentralmasse bei $R_S > 0$ der „Ereignishorizont“ eines „Schwarzen Loches“. Dort ist die Fallgeschwindigkeit gleich der Lichtgeschwindigkeit und die Fallbeschleunigung unendlich, auch für Photonen. Das ergibt diese Theorie, was immer man sich darunter vorstellen will. Nach dem Energie-erhaltenden Gravitationsgesetz hingegen gibt es die Singularität der Schwarzen Löcher nicht. Aus Gl.(3.1) erhält man

(3.4) $\mathbf{\sqrt{1-v^2/c^2} = e^{-a/R}}$. Setzt man dies für die Wurzel in Gl.(3.3) ein, so ergibt sich:

(3.5) $$\mathbf{b = -\frac{GM}{R^2}\cdot e^{-2a/R}}$$ = **Beschleunigung b der Masse m als Funktion des Abstandes R.**

Für $e^{-2a/R} = 1$ wird $b = GM/R^2$ wie im klassischen Gesetz.

Für R = 0 ist b = 0, das heißt: im Gegensatz zur bisherigen Relativitätstheorie *und* zum klassischen Gesetz verschwindet die Gravitation, Strahlung kann frei entweichen, **Schwarze Löcher gibt es nicht.**

Alle Resultate ergaben sich *ohne* hypothetische, nicht lokalisierbare Vakuum-Energie. Aus Gl.(3.4) folgt

(3.6) $\mathbf{v = c.\sqrt{1-e^{-2a/R}}}$ Fallgeschwindigkeit **v von m als Funktion von R**. *Nur* für R = 0 ist v = c.

Auch dies schließt Schwarze Löcher aus. Sofern noch Masse im Zentrum ankommt ist sie Strahlung, die entweichen kann. *Sie ist ohnehin in Strahlungsrichtung nicht gravitativ*. Jedoch durch andere Effekte kann sich die Masse schon vorher in Strahlung verwandeln, wie das gewöhnlichste Ereignis eines am Boden auftreffenden Steines oder Meteors zeigt, wenn dessen kinetische Energie zu Wärme wird und durch Abstrahlung entschwindet. Siehe dazu die Erklärung auf Seite 49, Kap. 3.15.

Ist R >> 2a dann gilt in 1. Näherung $e^{-2a/R} = 1 - 2a/R$, und man erhält mit $a = GM/c^2$

$$v \cong c.\sqrt{\frac{2GM}{c^2R}} = \sqrt{2GM/R}\,,$$ übereinstimmend mit v nach dem klassischen Gesetz.

Man beachte, daß dies alles *zwingende* Konsequenzen aus dem Uhrenexperiment sind. Es sollte nicht mißdeutet werden als bloß mögliche Alternative zur bisherigen Relativitätstheorie (wie später noch besprochen).

3.3 Symmetrie der Massen bezüglich des Schwerpunktes

Das Erste, was jedem Experten in die Augen springt, ist die Unsymmetrie des Gravitationsgesetzes $\mathbf{K_1 = G\frac{M \cdot me^{-a/R}}{R^2}}$. Sie besteht nicht etwa darin, daß sich einseitig nur je *eine* der Massen verändert, denn verlegt man die Beobachtung auf die andere Masse, dann bleibt der Ausdruck formal symmetrisch $\mathbf{K_2 = G\frac{m \cdot Me^{-a/R}}{R^2}}$. Obwohl K_1 und K_2 gleiche Form haben sind sie verschieden in den Konstanten a.

Diese Konstante ist im ersten Fall $a_1 = GM/c^2$, im zweiten Fall aber $a_2 = Gm/c^2 \neq a_1$. Damit wäre die Gleichgewichtsbedingung **actio = reactio** verletzt, wonach $K_1 = K_2$ sein muß, außerdem würden die Beobachter auf den Massen für die gleiche Relativgeschwindigkeit verschiedene Beträge messen, also Beobachter

auf m: $v_1 = c\sqrt{1-e^{-2a_1/R}}$, und auf M: $v_2 = c\sqrt{1-e^{-2a_2/R}}$ [siehe Gl.**(3.6),** S. 22]

Um die Bedingung $K_1 = K_2$ oder $v_1 = v_2$ zu erfüllen, müßte man unterschiedliche Abstände voraussetzen, was ziemlich paradox zu sein scheint. Jedenfalls ist die Bedingung

$$v_1 = c\sqrt{1-e^{-2a_1/R_1}} = v_2 = c\sqrt{1-e^{-2a_2/R_2}}$$ nur erfüllt, wenn für diese Abstände gilt:

$$\frac{a_1}{R_1} = \frac{a_2}{R_2}.$$ Weil $a_1 = \frac{GM}{c^2}$ und $a_2 = \frac{Gm}{c^2}$ so gilt dann für den Exponenten:

$$\frac{GM}{c^2R_1} = \frac{Gm}{c^2R_2},$$ also $mR_1 = MR_2$. Spätestens bei dieser Formel aber löst sich die paradoxe Situation, denn sie ist die **Bedingung für den Schwerpunkt S**, der folgendermaßen definiert ist:

(3.7) **M**● $\underset{v_2}{\rightarrow}$ - - - R_2 - - - - ∘ Schwerpunkt - - - - - - - - - - - - R_1 - - - - - - - $\underset{v_1}{\leftarrow}$● **m** mit $\mathbf{R = R_1 + R_2}$ und $\mathbf{MR_2 = mR_1}$.

Als „Abstand" (R im *Exponenten* a/R) gilt also nicht der Abstand R der Massen, sondern für jede Masse deren Distanz zum gemeinsamen Schwerpunkt R_1 bzw. R_2. Dann ist in der Tat $v_1 = v_2$, ebenso sind dann sowohl die beiden Kräfte als auch die Beschleunigungen gegensinnig gleich und das Prinzip der Symmetrie ist erfüllt. Um das zu erkennen sei dazu die Ableitung des Gravitationsgesetzes durchgeführt:

Aus Gl.**(3.7)** erhält man $\mathbf{R_1 = \frac{RM}{M+m}}$, $\mathbf{R_2 = \frac{Rm}{M+m}}$, damit analog zu Gl.**(1.2)** & **(1.4), Seite 5**

(1.2a) $E_{pot} = [M + mf(R_1)]c^2$, $K = \frac{dE_{pot}}{dR} = mc^2\frac{df}{dR_1}\frac{dR_1}{dR} = \frac{Mmc^2}{M+m}f'(R_1) = \frac{GMmf(R_1)}{R^2} \Leftarrow$ **(1.4a)**

Daraus in analoger Weise wie früher $\ln f = -\frac{G(M+m)}{c^2R}$, oder als e-Funktion geschrieben:

$$\boxed{\textbf{(1.5a)} \qquad \mathbf{f(R_1) = e^{-a/R}} \quad \text{mit} \quad \mathbf{\frac{a}{R} = \frac{G(M+m)}{c^2R} = \frac{GM}{c^2R_1} = \frac{Gm}{c^2R_2}}.}$$

Bei Anwendung der Gl.**(1.5)** bis **(1.9), P. 5,** muß man also daran denken, daß sich R im Exponenten (in a/R) auf den gemeinsamen Schwerpunkt und nicht auf das Zentrum der Zentralmasse bezieht. Schreibt man für R den Abstand der Massen (R_o), dann gehört anstelle der Zentralmasse M die Summe aus beiden Massen, was zum Ausdruck bringt, daß z.B. die Sonne auch ihrerseits von der Masse m angezogen wird.

3.4 Richtungsabhängigkeit der Masse

Bild 3.2 zeigt die fallende Masse aus Blickwinkeln α relativ zur Fallrichtung. Bei $\alpha = 0$ gilt nach **Bild 1.3** und **Gl.(1.6)** für die Massenabnahme der Faktor $e^{-a/R}$. Aber in Querrichtung bei $\alpha = 90^o$ wird der Masse keine Fallenergie entzogen, weil die Querkomponente der Fallgeschwindigkeit $v_{quer} = 0$ ist. Deshalb erscheint bei *Ansicht von der Seite* die bewegte Masse wie jede andere bewegte Masse in Richtung von v relativistisch *vergrößert* auf $m/\sqrt{1-v^2/c^2}$, unabhängig davon, wie sie diese Geschwindigkeit erlangt hat. Zwar ist v eine Fallgeschwindigkeit, doch nicht in Richtung zum seitlichen Beobachter. In Bezug auf diesen fällt die Masse nicht.

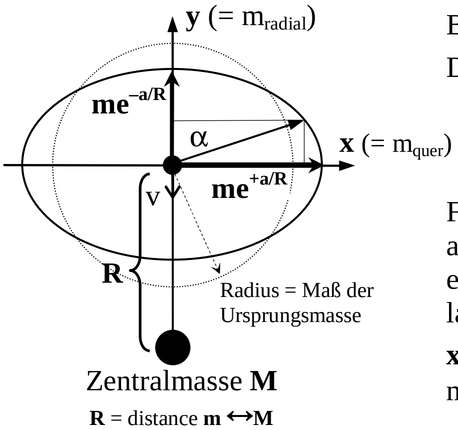


Bild 3.2

Bei Freiem Fall aus $R = \infty$ gilt Gleichung **(3.4)**: $\sqrt{1-v^2/c^2} = e^{-a/R}$. Deshalb ist die Masse

in radialer Richtung $= me^{-a/R} = m\sqrt{1-v^2/c^2}$

und quer zu R $= me^{+a/R} = m/\sqrt{1-v^2/c^2}$.

Für Betrachtungswinkel $0 < \alpha < 90^o$ setzt sich die Ursprungsmasse aus zwei orthogonalen Komponenten zusammen und erscheint zu einer Ellipse zusammengedrückt. Deren Gleichung $x^2/A^2+y^2/B^2 = 1$ lautet mit den Halbachsen $A= me^{+a/R}$ und $B = me^{-a/R}$

$\mathbf{x^2e^{-2a/R} + y^2e^{+2a/R} = m^2}$, oder, das sei ohne Rechnung vermerkt, mit dem Betrachtungswinkel $|\alpha| \leq 90^o$ als Parameter und $\mathbf{x/y = tg\,\alpha}$:

$$\mathbf{x = m_{quer} = \frac{me^{+a/R}tg\alpha}{\sqrt{tg^2\alpha + e^{+4a/R}}}}\,, \qquad \mathbf{y = m_{radial} = \frac{me^{+a/R}}{\sqrt{tg^2\alpha + e^{+4a/R}}}}\,,$$

Das Verhältnis der Halbachsen ist $\mathbf{\frac{m_{\alpha=0^o}}{m_{\alpha=90^o}} = e^{-2a/R}}$, denn es ist $m_{\alpha=0^\circ} := me^{-a/R}$ und $m_{\alpha=90^\circ} := me^{+a/R}$.

Bei R = 0 verschwindet die gravitative Masse $m_{\alpha=0}$ ganz. Die Masse (und damit deren Gravitation) hat in Richtung R zum Zentrum um soviel abgenommen, wie von ihr in kinetische Energie umgewandelt worden ist. Senkrecht zu R hat die Gravitation mit je dem gleichen Faktor zugenommen, $me^{+a/R}$. **Damit zeigt sich schon hier der wichtige Sachverhalt, daß in Bewegungsrichtung die kinetische Energie keine Gravitationseigenschaft hat, dafür aber quer zur Bewegung gravitativ *zweifach* wirkt ($e^{-2a/R}$).**

Wie später noch auf anderem Wege gezeigt wird, beruhen auf dieser Eigenschaft die relativistischen Abweichungen der Bahnbewegungen der Planeten (Drehung des Perihels) und die doppelte Lichtablenkung an großen Massen, beides im Vergleich zur klassischen Theorie.

Daß die Masse bei Näherung an ein Gravitationszentrum abnimmt, weil sie die kinetische Energie für die Fallbewegung liefert, ist für viele Kritiker zwar überraschend, aber doch überzeugend. Daß sie aber *nur* in Bewegungsrichtung abnimmt, das scheint einigen willkürlich und im Widerspruch zur Relativitätstheorie. Ist nicht Masse als *skalare* Größe unabhängig von der Richtung? Doch diese Richtungsabhängigkeit ist in der Speziellen Relativitätstheorie seit je auch quantitativ als **Longitudinale** (radiale) und **Transversale Masse** (⊥ zu R) unbestritten (siehe **S 25**). Wurde aber gefragt, welche von beiden für Gravitation zuständig ist? Das ist leicht zu beantworten, denn zuständig ist selbstverständlich immer die Masse so, wie sie der fallenden Masse von ihrem Standpunkt erscheint. Hätte man diese Frage gestellt und beantwortet, dann wäre man wohl auf Energieerhaltende Gravitation gestoßen und die Entwicklung der Theorie hätte einen anderen Verlauf nehmen können.

Das Produkt der Halbachsen in **Bild 3.2** ist $AB = m^2$, d.h. die Fläche $AB\pi$ der Ellipse ist dem Quadrat der Ursprungsmasse und damit dem Quadrat der Gesamtenergie proportional. Diese ist $= mc^2 =$ konstant, d.h. unabhängig von der Beobachtungsrichtung. Die Ellipsenfläche ist gleich der Kreisfläche. Wird Energie *abgestrahlt* (v = c), z.B. durch Umsetzung kinetischer Energie in Wärme beim Aufprall, so verringert sich die Kreisfläche. Für Strahlung ist die Kreisfläche = 0. Die Möndchenförmigen Kreisabschnitte ober- und unterhalb der Ellipse sind bei gleichem Flächenmaßstab gleich dem Quadrat der kinetischen Energie. Sie sind flächengleich den rechts und links angefügten Möndchen. Die Überlappungsfläche von Kreis und Ellipse ist das Quadrat der in Fallrichtung verbleibenden gravitativ wirksamen Energie. (Die Bezeichnungen „Ursprungsmasse“ und „Ruhemasse“ bedeuten dasselbe.)

Da die Summe aus Kinetischer und Potentieller Energie immer gleich mc^2 ist, **kann eine Masse m, die im Unendlichen die Energie mc^2 hatte und im Fallen auf $me^{-a/R}$ abgenommen hat, in jedem Abstand R wieder ihren Anfangsbetrag annehmen, und zwar einfach dadurch, daß ihre kinetische Energie in Form gespeicherter Energie in die Masse zurückgeführt wird.**

Sie kann z.B. in einer Feder, wenn die Feder Teil dieser Masse ist, gespeichert werden. Ebensogut wird die Energie wieder Teil der Masse, wenn sie, in Bremswärme umgesetzt, die Masse erwärmt. *Allerdings ist gespeicherte Energie eine andere Energieform als diejenige, aus der sie im Fallen aus den Atommassen des Körpers entstand*. Das heißt: Auch wenn diese Energie in der fallenden Masse gespeichert wird, bleiben die Spektralfrequenzen der Atome immer noch rotverschoben.

3.5 Kraft quer zur Geschwindigkeit

Als man die Trägheit einer Masse für Beschleunigung *quer* zu ihrer Augenblicksgeschwindigkeit berechnete, ergab die Spezielle Relativitätstheorie ein merkwürdiges Resultat. Statt der experimentell sehr genau nachgewiesenen relativistischen Massenerhöhung in Richtung der Geschwindigkeit auf

$m/\sqrt{1-v^2/c^2}$ ergab sich (mit Hilfe des Impulssatzes) die dritte Potenz im Nenner: $m/\left(\sqrt{1-v^2/c^2}\right)^3$

Man hat diese unterschiedlichen Massen *des gleichen Körpers* „transversale" und „longitudinale" Masse genannt. Multipliziert man jede mit c^2 so scheinen sich für ein und denselben Körper zwei verschiedene Energieinhalte zu ergeben, und zwar:

(3.8) erstens $E_{trans} = \dfrac{mc^2}{\sqrt{1-v^2/c^2}}$ und zweitens ein größerer **(3.9)** $E_{long} = \dfrac{mc^2}{\left(\sqrt{1-v^2/c^2}\right)^3}$.

Einige Physiker geben dazu keine Erklärung, andere bieten Erklärungen, für sie bedarf ein doppelter Wert der Energie für ein und denselben Körper einer theoretischen Rechtfertigung. Statt diese Erklärungen zu interpretieren wird hier nur gezeigt, wie das Energie-erhaltende Gravitationsgesetz dieses Problem löst. Es geht einfach um die Frage, *wo* die zusätzliche Energie $E_{long} - E_{trans}$ steckt und warum sie in der kinetischen Energie der Querbewegung *nicht* enthalten ist.

Zunächst ist zu klären, *was* genau berechnet werden soll. Gesucht ist die aufgeschlüsselte Energiebilanz für den Fall, daß eine *bestimmte* Masse m, die sich mit der Geschwindigkeit u bewegt, *senkrecht* zu dieser Augenblicksgeschwindigkeit beschleunigt wird. Die Aufgabe ist allerdings nur dann korrekt formuliert, wenn man festlegt und sorgfältig beachtet, daß die innere (= potentielle) Energie mc^2 der Masse m *während* der dazu erforderlichen seitlichen Krafteinwirkung durch *nichts* anderes erhöht wird als *nur* durch die *kinetische* Energie, die ihr *durch diese Kraft* K (d.h. durch Beschleunigung *genau* senkrecht zu u) zugeführt wird. Dann und nur dann erhöht sich die Masse, wie es der Theorie entspricht, von m auf $m/\sqrt{1-v^2/c^2}$. Warum oder warum nicht?

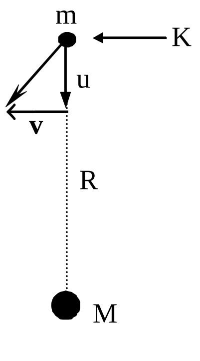


Bild 3.3

Bild 3.3 zeigt die Geschwindigkeit u der Masse m als Pfeil nach unten. Da alle Massen für alle Zeiten in das Wechselspiel der gravitativen Umwandlung eingebunden sind, ist es zulässig, sich die Geschwindigkeit u der Masse m erzeugt zu denken durch freien Fall der Masse m auf eine gedachte Zentralmasse M, die gerade so groß ist, daß M durch ihre Gravitation alle die Wirkungen ersetzt, die m auf die Geschwindigkeit u brachten. Diese „wirkungsäquivalente Masse" M sei als Beobachtungsstandpunkt gewählt, weil kein anderer Punkt so allgemein allen nur denkbaren Fällen zugeordnet werden kann.

Daß jedes System auf diese Weise immer zu einem abgeschlossenen gemacht werden kann, entspricht den hier vorausgesetzten Prinzipien des Energie-erhaltenden Gravitationsgesetzes, was auch dadurch bestätigt wird, daß sich M und R für jede Geschwindigkeit u prinzipiell immer berechnen lassen. Das folgt aber auch aus dem allgemeinen **Äquivalenzprinzip der Relativitätstheorie**. Dieses Prinzip besagt, daß man in einem abgeschlossenen System prinzipiell nicht entscheiden kann, ob eine Beschleunigungskraft durch Gravitation oder durch eine von außen erzwungene Beschleunigung entsteht. Beide sind gleichwertig (austauschbar).

Die Bewegung der Masse m ist durch drei Zeitfunktionen eindeutig bestimmt:

1. Durch ihre Richtung, **2.** durch ihre Geschwindigkeit, **3.** durch ihre Beschleunigung.

Die gesuchte Zentralmasse liegt nun jedenfalls auf der Richtungsgeraden dieser auf M gerichteten Beschleunigung. Die in die Beschleunigungsrichtung weisende Geschwindigkeitskomponente u_b und der Betrag der Beschleunigung b sind aber hinreichend, um aus den Gleichungen (**3.3**) und (**3.4**), **Seite 22**

Gl.(3.3) $b = -GM\frac{\sqrt{1-u_b^2/c^2}}{R^2}\cdot e^{-a/R}$ und **Gl.(3.4)** $\sqrt{1-u_b^2/c^2} = e^{-a/R}$

die Beträge von M und R zu berechnen. Erteilt man m noch die Geschwindigkeitskomponente $\bar{u}_b$, die m quer zur Beschleunigung hat, dann ist M und dessen Bewegungsvektor vollständig bestimmt als die im Augenblick wirkende Zentralmasse M mit den gewünschten Eigenschaften.

Man erhält aus beiden Gleichungen M und R als Funktionen der Vektoren $\vec{u} = d\vec{R}/dt$ und $\vec{b} = d\vec{u}/dt$:

$M = M(\vec{u}, \vec{b}, m)$ und $R = R(\vec{u}, \vec{b}, m)$. Darin sind $\vec{u}, \vec{b}$ Funktionen der Zeit.

Diese Differentialgleichungen, integriert gedacht, enthalten die Bewegungszustände der Masse m für die vorangegangene und die anschließende Zeit, womit die *Möglichkeit* der Zuordnung einer das System abschließenden Ersatzmasse M bewiesen ist. (Die Rechnung braucht hier nicht ausgeführt zu werden.)

Wir erteilen nun m *quer* zu u durch eine Kraft K die Geschwindigkeit v, führen ihr also kinetische Energie zu, die gleich ist der Differenz

(3.10) $E_{kin/quer} = \frac{mc^2}{\sqrt{1-v^2/c^2}} - mc^2$. (diese kinetische Energie entspricht also der Quergeschwindigkeit v).

Im ersten Term steht die durch v erhöhte Masse $m_{pot/quer} = \frac{m}{\sqrt{1-v^2/c^2}}$, [Index pot = potentiell], denn zur Berechnung der Gravitationswirkung auf m muß in das Gravitationsgesetz Gl.(1.6) und (1.8) anstelle von m *diese* um die Masse der kinetischen Energie der *Quer*bewegung erhöhte Masse eingesetzt werden (zur Erinnerung: *quer* zur Bewegungsrichtung wirkt kinetische Energie voll gravitativ):

(3.11) $E_{pot} = (M + \frac{m}{\sqrt{1-v^2/c^2}} e^{-a/R})c^2$. und **(3.12)** $E_{kin} = \frac{m}{\sqrt{1-v^2/c^2}} c^2(1 - e^{-a/R})$.

Die zum Abstand R senkrechte Geschwindigkeit v hat die in *radialer* Richtung R gravitativ wirksame Masse größer gemacht. Diese vergrößerte Masse $\frac{m}{\sqrt{1-v^2/c^2}}$ steht in Gl.(3.11) & (3.12) anstelle von m. Man muß also beachten, daß man es hier mit *zwei* kinetischen Energieanteilen zu tun hat:

1. einen u-Anteil in Richtung ↓R zum Zentrum M, und
2. einen v-Anteil quer ← zu R.

Nach dem Energie-erhaltenden Gravitationsgesetz entsteht die kinetische Energie des freien Falles *auf Kosten der Urmasse*. Vorhin aber wurde vorausgesetzt, daß die Urmasse durch *nichts* verändert werden soll außer durch die Kraftwirkung *senkrecht* zu R. Der Sinn dieser Voraussetzung ist der, daß wir den Energieaufwand für den Fall suchen, daß eine Kraft K *genau* quer zur Geschwindigkeit u (≠ 0) auf m wirkt. Diese Aufgabenstellung legt fest, daß die Masse m nicht zusätzlich durch andere Einflüsse wie z.B. durch freien Fall verändert wird. Nun kann man aber das *Abnehmen* der Urmasse um die „kinetische Masse", die ja beim freien Fall (d.h. aus Abstandsminderung) aus ihr entsteht, überhaupt nicht verhindern. Könnte man den freien Fall von m aufhalten, dann wäre die Geschwindigkeit u (gegen die Voraussetzung) Null. Es bleibt nur ein Ausweg: *Man macht die der fallenden Masse* m *durch die Querkraft* K *zugeführte Energie gerade so groß, daß ihr stets genau die innere (potentielle) Energie ersetzt wird, die sie zur Erzeugung der kinetischen Fall-Energie abgibt.* Es muß also die kinetische Energie nach Gl.(3.10) für die Querbeschleunigung gleich gemacht werden der kinetischen Fallenergie nach Gl.(3.12). Der Energiezuwachs durch die Radialgeschwindigkeit ist dann in jedem Augenblick gleich dem Energiezuwachs durch die Geschwindigkeit senkrecht zu R. Das ist der Fall, wenn

(3.13) u = v *und* Gl.(**3.10**) = Gl.(**3.12**): also $\frac{mc^2}{\sqrt{1-v^2/c^2}} - mc^2 = \frac{m}{\sqrt{1-v^2/c^2}} c^2\left(1 - e^{-a/R}\right)$.

Um möglichst anschaulich und verständlich zu bleiben, soll vor Auswertung dieses mathematischen Ansatzes nach der Bahnkurve gefragt werden, die durch diese Gleichung beschrieben wird. Sie läßt sich sofort allein aus der Bedingung erkennen, daß die beiden Geschwindigkeitspfeile u und v an jedem Punkt der Kurve einander gleich sein müssen. Sie bilden in jedem Bahnpunkt ein gleichschenkeliges rechtwinkliges Dreieck, wodurch der „Leitstrahl" R die Bahnkurve überall unter einem Winkel von 45^o schneidet. Die einzige Kurve, die diese Eigenschaft hat, ist die **logarithmische Spirale.**

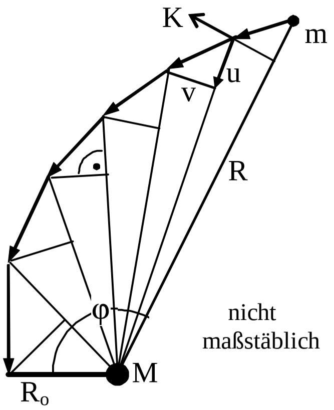


Bild 3.4

Sie hat die Gleichung (**Bild 3.4**):

(3.14) $R = R_o \cdot e^{\varphi}$ mit $R = R_o$ bei $\varphi = 0$. (φ im Bogenmaß).

Nach Auflösung der Klammer auf der rechten Formel von Gl.(3.13) fällt das erste Glied auf der linken Seite heraus und es verbleibt eine Gleichung, die man leicht als Erhaltungsbedingung für E_{pot} erkennt:

(3.15) $$mc^2 = \frac{m}{\sqrt{1-v^2/c^2}} c^2 e^{-a/R}$$ (Die Energieabnahme durch $e^{-a/R}$ wird also aufgehoben durch Massenzunahme mit der reziproken Wurzel)

Mit dv/dt = b und dR/dt = v ergibt die Ableitung nach der Zeit t:

(3.16) $$0 = \frac{mv}{c^2\left(\sqrt{1-v^2/c^2}\right)^3} b \cdot e^{-a/R} + \frac{m}{\sqrt{1-v^2/c^2}} \cdot \frac{a}{R^2} \cdot e^{-a/R} u\,.$$

$\boxed{\text{mit } a = GM/c^2}$

Da die Querkraft so zu wählen war, daß v = u ist [Gl.(3.13)], weil nur dann K senkrecht auf u steht, fallen aus dieser Gleichung, wenn man a einsetzt, v, $e^{-a/R}$ und c^2 heraus und es ergibt sich mit v = u

(3.17) $$\mathbf{b \cdot \frac{m}{\left(\sqrt{1-u^2/c^2}\right)^3} = -G \frac{M \cdot \frac{m}{\sqrt{1-u^2/c^2}}}{R^2} = -K}$$ **Das ist das Trägheitsgesetz für eine Kraft quer zur Gravitation**

Der Faktor $e^{-a/R}$ ist verschwunden, denn er steht für die Abnahme der potentiellen Energie zugunsten der kinetischen Fall-Energie. Im vorliegenden Fall wurde ihr dieser Energieverlust durch die Einwirkung der Querkraft K von außen ersetzt. Insgesamt müssen dem System zur Aufrechthaltung einer (zur Fallgeschwindigkeit genau senkrechten) Querbeschleunigung durch die Querkraft K *drei* gleiche Energiebeträge zugeführt werden:

1. Die kinetische Energie für die Quergeschwindigkeit v: $E_{kin(v)} = m\left(\frac{1}{\sqrt{1-v^2/c^2}} - 1\right)c^2$.
2. Die durch freien Fall in Radialrichtung aus der potentiellen Energie entstehende kinetische Energie, sie ist der potentiellen Energie zu ersetzen. Wegen u = v ist sie *gleich groß* wie die Energie unter 1.
3. Das aber reicht noch nicht für die Bewahrung der Masse. Denn die kinetische Energie der Querbewegung wirkt ja bezüglich M *auch* gravitativ. Dafür muß m anfänglich eine vergrößerte Urmasse gehabt haben, um nach dem Fall aus dem Unendlichen nicht verkleinert zu sein. Auch dieser Energieanteil muß mittels der Kraft K dem System vorgegeben werden. Er ist gleich groß wie jeder einzelne der beiden andern Energieanteile, wie unmittelbar aus der Formel (3.17) ersichtlich, denn in der Tat ist die gravitative Masse rechts durch den entsprechenden reziproken Wurzelfaktor erhöht.

Die dem System durch die Querkraft zugeführte *dreifache* Energieerhöhung entspricht dem zur 3. Potenz erhobenen relativistischen Wurzelfaktor auf der linken Seite. Sie erscheint in der Rechnung als entsprechende Masse in orthogonaler Richtung, weil darin Fallenergie und eine zusätzliche potentielle Energie enthalten sind *zu je gleichen* Teilen. (Die erhöhte Masse in *orthogonaler* Richtung ist in der Speziellen Theorie längst bekannt, aber die Bezeichnungen „transversale" und „orthogonale" Masse werden oft verwechselt.)

Auf der rechten Seite der Gl.(3.17) steht die erforderliche Kraft in radialer Richtung, die sich als gleich groß herausstellt wie die Gravitationskraft bei Fortfall von $e^{-a/R}$.
Die hier vorgeführte Ableitung der „Longitudinalen Trägheit" bietet außer der Aufklärung des Phänomens der „Longitudinalen Masse" folgende zusätzliche Erkenntnisse, die bei Ableitung aus der bisherigen Theorie nicht so leicht und nicht so leicht durchschaubar gewonnen werden können:

1. Eine zur Bewegung genau *senkrechte* Beschleunigung entsteht nur dann, wenn die Querkraft die gleiche Geschwindigkeit erzeugt wie die Gravitationskraft der wirkungsäquivalenten Masse M.

Ist ein Zweikörper-System *vorgegeben*, dann muß zur Aufrechterhaltung der 90^o-Bedingung die Querkraft genau gleich der Gravitationskraft gemacht werden. Jede andere Querkraft ist so in zwei Komponenten zu zerlegen, daß eine davon diese Bedingung erfüllt. Nur für diese gilt Gl.(3.17), während für die andere Komponente die einfache Massenerhöhung nach Gl.(2.2/1) anzusetzen ist. Vielleicht gewinnt das Energie-erhaltende Gravitationsgesetz zusätzlich an Überzeugungskraft, wenn man die selbe Erkenntnis aus der bisherigen Relativitätstheorie abzuleiten versucht.

2. Die zur Gravitation *andauernd* senkrechte Kraftkomponente erzeugt als Bahnkurve eine logarithmische Spirale mit 45^o Bahnneigung gegen den Radiusvektor.
3. Man beachte, daß die Masse m in Gl.(3.17) herausfällt. Das hat eine wichtige Konsequenz, denn es bedeutet, daß die Gleichung auch dann richtig bleibt, wenn sich die Masse m ändert. Sie kann sich ändern, wenn die zur Querablenkung notwendige Energie eben dieser Masse m entzogen wird. Das hebt nicht die oben geforderte Sorgfalt bezüglich Konstanthaltung der Masse m auf, denn diese Konstanz ist nur gefordert für das *Verhältnis* der drei Komponenten, auf die sich m aufteilt, sie fordert aber nicht eine bestimmte Größe von m (als Summe). Das läßt sich erkennen, wenn man die einzelnen Schritte der Ableitung unter diesem Gesichtspunkt nochmals überdenkt. Man denke sich dazu die Ableitung in einzelne beliebig kleine Schritte zerlegt, wobei die Masse immer nur *zwischen* den Beweisschritten um je dm verringert wird. Sie ist dann *während* jedes Schrittes konstant.

3.6 Die relativistische Bahngleichung der Himmelskörper

Ellipsengleichung in Polarkoordinaten R und φ:

(3.18) $\mathbf{R} = \dfrac{p}{1+\varepsilon\cos\varphi}$, worin $p = \dfrac{b^2}{a}$ und $\varepsilon = \dfrac{e}{a} < 1$

Übliche Bezeichnungen: Perihel = Sonnen-nächster Punkt
Aphel = Sonnen-fernster Punkt.
φ = "wahre Anomalie" E = "mittlere Anomalie".

Kennzeichnung:

Strich: Ableitung nach φ, z.B. $R' = dR/d\varphi$, $R'' = d^2R/d\varphi^2$

Punkt: Ableitung nach t, z.B. $\dot R = dR/dt$, $\ddot R = d^2R/dt^2$, $\dot\varphi = d\varphi/dt$

Geschwindigkeiten: Allgemein: v oder u.

$\dot\varphi$ = Winkelgeschwindigkeit, $\dot R$ = Radialgeschwindigkeit

v_q = Quergeschwindigkeit (orthogonal zu R) = $R\dot\varphi$

Statt v_q und $\dot R$ kann v stehen, wenn Verwechslung ausgeschlossen

$v = \sqrt{v_q^2 + \dot R^2}$ = Bahngeschwindigkeit

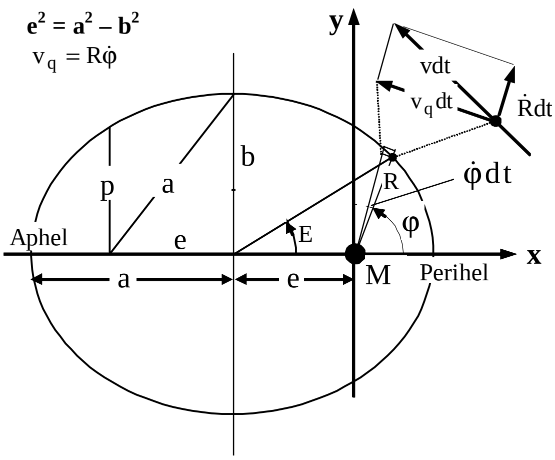


Bild 3.5

Als bekannt aus der Klassischen Theorie wird ferner vorausgesetzt:

(3.19) Flächensatz $\mathbf{R^2\dot\varphi = F}$ **= konstant,** kennzeichnend für alle Zentralkräfte. Daraus folgen

(3.20) $\int_0^t R^2\dot\varphi dt = \int_0^t F dt = Ft$ = **2.Keplersches Gesetz** und **(3.21) Quergeschwindigkeit** $v_q = \dot\varphi R = \dfrac{F}{R}$.

(3.22) Zentripetalbeschleunigung $b = \dfrac{d^2R}{dt^2} = \dfrac{v^2}{R}$ (v = v_q = Quergeschwindigkeit).

Man kann die (reibungsfreien) Newtonschen Bewegungsgleichungen direkt hinschreiben als Gleichgewicht aller auf m einwirkenden Kräfte nach dem **Prinzip actio = reactio**:

Trägheitswiderstand + Massenanziehung K = Zentripetalkraft (worin nach Newton $K = GMm/R^2$).
Meist schreibt man das mit vertauschten Komponenten:

(3.23) $m\ddot R - mR\dot\varphi^2 = -\dfrac{GMm}{R^2}$. Dazu kommt der Flächensatz $\dot\varphi = \dfrac{F}{R^2}$, der nichts anderes ist als die Nebenbedingung, daß GMm/R^2 eine Zentralkraft ist. Die Integration dieser Gleichung ergibt (**S. 31**)

(3.24) $R = \dfrac{F^2/GM}{1+\varepsilon\cos(\varphi-\alpha)}$. **Allgemeine Gleichung für Planeten- und Kometenbahnen nach Newton**

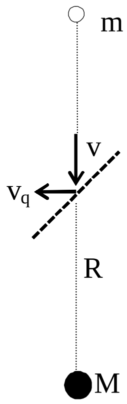


Bild 3.6

Nun die *relativistische* Bewegungsgleichung. Dazu denke man sich die Fallbeschleunigung der Masse m *umgelenkt* quer zum Abstand R (**Bild 3.6**). Die radiale Geschwindigkeit v von m wird damit zur Quergeschwindigkeit v_q. Das erhöht die Fliehkraft und diese mindert die Fallgeschwindigkeit v. Bei v = 0 erreicht v_q den Höchstwert. Es geht hier nicht um den Mechanismus, wie es zur Ablenkung kommt, sondern nur, was die jetzt zu R orthogonale Geschwindigkeit v_q in der Folge bewirkt. Im Fallen nimmt die Masse m um die Masse der Kinetischen Energie $E_{kin}/c^2 = mv_q^2/2c^2 = m_q$ ab, damit auch ihre Gravitationskraft. Wird diese Energie *nicht* abgeführt, sondern der Masse m *zurück*gegeben, dann bleibt m und damit ihre Gravitationskraft erhalten. Das ist immer der Fall, wenn die kinetische Energie durch *Abbremsen* entnommen und *in der Masse* m gespeichert wird, z.B. in Form von *Wärme* oder als Federspannung *innerhalb* der Masse m. Im vorliegenden Fall aber erfolgt die Speicherung von E_{kin} *in* der Masse dadurch, daß sie in kinetische Energie der Querbewegung von m mit der Masse $mv_q^2/2c^2$ umgewandelt wird. Dabei verschwindet die Fallgeschwindigkeit v. Die Abbremsung der Masse durch die wachsende Fliehkraft ist vergleichbar mit Pufferung an einer in der Masse sitzenden Feder.

Ursache für die Wiederherstellung der Ursprungsmasse ist die Rückführung der Fallenergie in die gravitativ wirksame Energie der Horizontalbewegung. Im Gravitationsgesetz ist das durch Weglassen des Faktors $e^{-a/R}$ zu berücksichtigen. Doch das genügt nicht. Das würde nämlich nur dann den Ursprungszustand wieder herstellen, wenn sich die kinetische Energie gravitativ so verhielte wie eine körperliche Masse, wenn also ihre Gravitation (so wie z.B. die Gravitation der *Wärme* oder der *Federspannung*) richtungs-**un**abhängig, d.h. kugelsymmetrisch wäre. Aber *kinetische* Energie hat keine Gravitation in Bewegungsrichtung. Der Teil der Masse, der sich in Fallrichtung in kinetische Energie verwandelt, verliert seine Gravitation in dieser Richtung, *gewinnt* aber ebensoviel quer dazu. Der Mittelwert m bleibt konstant. Durch Umlenkung addiert sich damit diese quer zur Bewegung gerichtete Gravitation zur radialen Gravitation, und zwar um gerade soviel (relativ zum Mittelwert) wie ihre träge (gravitative) Masse in Bewegungsrichtung abnimmt. Im Vergleich mit der trägen Masse in der zu R orthogonalen Richtung erhöht sich also die Gravitation nicht nur *einfach* wegen des Verschwindens der Fallgeschwindigkeit, sondern noch einmal um den gleichen Betrag, nämlich um die Gravitationswirkung der Masse E_{kin}/c^2 der kinetischen Energie der Querbewegung. Im Ganzen entsteht *zusätzliche* Gravitation, die der *potentiellen* Energie der *doppelten* Masse $2m_q$ entspricht = $2\mathbf{mv_q^2/2c^2}$.

Die umgekehrte Argumentation gilt, wenn die Masse m bei Vergrößerung ihres Abstands zu M ihre Gravitationswirkung wiedererlangt *auf Kosten* der Querbewegung, das heißt aus Quer*verzögerung*.

Die gleiche Überlegung folgt auch aus der Orthogonalitätsbedingung, die ja, wie zur Formel (3.13) auf S.26+27 erklärt wurde, immer *zwei* gleich große Energiebeträge erfordert, der eine ist für die Energie der Querbewegung, entnommen der radialen Fall-Energie, der andere für die zusätzliche Fall-Energie.

Da die Querbewegung von Planeten immer *weit* unter Lichtgeschwindigkeit ist, durfte für die kinetische Energie der Querbewegung mit großer Genauigkeit die klassische Formel geschrieben werden.

(3.25) $$E_{kin/quer} \cong \frac{mv_q^2}{2} = \frac{mF^2}{2R^2}.$$ [Nach Gl.(3.21) ist $v_q = \dot{\varphi}R = \frac{F}{R}$.] Damit ist deren Masse

(3.26) $$m_q = \frac{E_{kin/quer}}{c^2} = \frac{mv_q^2}{2c^2} = \frac{mF^2}{2c^2R^2}.$$

Es muß also zur vorhandenen Gravitationskraft die doppelte Gravitationswirkung *dieser* äußerst kleinen Masse addiert werden. Da für Planeten stets $e^{-a/R} \cong 1$, darf ohne meßbaren Fehler für diese kleine Zusatzgravitation der klassische Ausdruck für die potentielle Energie von $2m_q$ zugrunde gelegt werden:

(3.27) $$E_{pot/quer} = \frac{GM \cdot 2m_q}{R} = \frac{GMmF^2}{R^3c^2}$$ [m_q aus Gl.(3.26)], daraus:

(3.28) $$K_{kin/quer} = \frac{dE_{pot/quer}}{dR} = \frac{d}{dR}\left(\frac{GMmF^2}{R^3c^2}\right) = -3\frac{GMmF^2}{c^2R^4}$$ als *zusätzliche* Gravitationskraft.

Um den relativistischen Ansatz für die Differentialgleichung der Himmelsmechanik zu bekommen, ist jetzt nur im klassischen Ansatz nach Gl.(**3.23**) diese *zusätzliche* Gravitationskraft Gl.(**3.28**) zur Gravitationskraft zu addieren. Wir schreiben also die Klassische Differentialgleichung der Planetenbahn

Gl.(3.23) $$m\ddot{R} - mR\dot{\varphi}^2 = -\frac{GMm}{R^2}$$, addieren zur Kraft auf der rechten Seite die **Gl.(3.28)** und erhalten:

(3.29) $$m\ddot{R} - mR\dot{\varphi}^2 = -\frac{GMm}{R^2} - 3\frac{GMmF^2}{c^2R^4}$$ **Differentialgleichung für die Bewegung nach dem Energie-erhaltenden Gravitationsgesetz.**

Das Vorzeichen der zusätzlichen Kraft muß das gleiche sein wie das der Zentralkraft. Diese Gleichung ist identisch mit der entsprechenden Gleichung der Allgemeinen Relativitätstheorie, wie sie in Lehrbüchern zu finden ist. Dort wird sie in komplizierter Weise mit Hilfe des Tensoralgorithmus aus der Schwarzschild-Lösung der Einsteinschen Feldgleichungen abgeleitet. Mit dem Energie-erhaltenden Gravitationsgesetz ließ sich somit diese Gleichung unvergleichlich viel einfacher finden. Sie gilt solange wie die Näherung Gl.(3.25) zulässig ist, also wenn $e^{-a/R} \cong 1$ ist (d.h. R >> als der Schwarzschildradius).

Bernhard Baule (siehe Seite 110) zeigt besonders klar, daß die Gravitationskraft 1. eine radiale, auf das Zentrum gerichtete Komponente hat, und 2. eine Komponente orthogonal sowohl zu dieser radialen Richtung als auch zur Bahnebene der Bewegung. Nur für die Bewegung in radialer Richtung wird Energie = Kraft mal Weg umgesetzt, also mit dieser Energie die Masse relativistisch verändert. Die orthogonal zur Bewegung wirkenden Kraft steht mit der Fliehkraft im Gleichgewicht. Als orthogonale Kratft bewirkt sie nur eine Krümmung der Bahn in Richtung des Krümmungsradius. Sie ist verkehrt proportional zum jeweiligen Krümmungsradius, anschaulich erkennbar an der Bahn des Mondes um die Erde: Obwohl der Mond dauernd auf die Erde "fällt" kommt er ihr nicht näher, d.h. Die Fall-Energie (Longitudinale Energie) ist Null, obwohl die Rotationsenergie (Transversale Energie = tangential) größer als Null und Teil der Summenenergie ist. Dasselbe gilt für die Bewegung der Planeten um die Sonne.

Die Kräfte sind (ρ = Krümmungsradius):

$$k \rightarrow = \frac{m_0}{\left[1-\left(\frac{v}{c}\right)^2\right]^{3/2}} dv/dt \quad \text{(tangential)} \qquad k \downarrow = \frac{m_0}{\sqrt{1-\left(\frac{v}{c}\right)^2}} \frac{v^2}{\rho} \quad \text{(longitudinal)} .$$

Gl.(3.29) enthält nur Ableitungen nach der Zeit. Sucht man die *Gestalt* der Bahn in *Polarkoordinaten* R und φ, d.h. R = R(φ), so braucht man die Differentialgleichung in R und φ. Dazu sind alle Ableitungen nach der Zeit zu ersetzen durch die Ableitungen nach R und φ

(3.30) $R' = \frac{dR}{d\varphi}$, $R'' = \frac{d^2R}{d\varphi^2}$, mit der Nebenbedingung $\dot{\varphi} = \frac{F}{R^2}$ wird daraus die Zeit eliminiert:

$$\dot{R} = \frac{dR}{d\varphi}\frac{d\varphi}{dt} = R'\dot{\varphi} = R'\frac{F}{R^2},$$ nochmals abgeleitet und mit $\dot{\varphi} = \frac{F}{R^2}$:

$$\ddot{R} = \frac{d\dot{R}}{d\varphi}\frac{d\varphi}{dt} = F\frac{R^2R'' - 2RR'^2}{R^4}\dot{\varphi} = \frac{F^2}{R^6}\left(R^2R'' - 2RR'^2\right).$$ Damit wird aus Gl.(3.29)

(3.31) $$\frac{F^2}{R^6}\left(R^2R'' - 2RR'^2\right) - R\frac{F^2}{R^4} = -\frac{GM}{R^2} - 3\frac{GMF^2}{c^2R^4},$$ daraus

(3.32) $$\frac{RR'' - 2R'^2}{R^3} - \frac{1}{R} = -\frac{GM}{F^2} - 3\frac{GM}{c^2R^2}$$ **Relativistische Bahngleichung nach dem Energie-erhaltenden Gravitationsgesetz.**

(3.33) Die Substitution y = 1/R, $y' = -\frac{R'}{R^2}$, R = 1/y, $R' = -\frac{y'}{y^2}$, $y'' = -\frac{R''R - 2R'^2}{R^3}$ vereinfacht Gl.(3.32) zu:

(3.34) $$y'' + y = \frac{GM}{F^2} + 3\frac{GM}{c^2}y^2$$ **Energieerhaltende Relativistische Bahngleichung mit y = 1/R.**

Nach Einstein lautet die relativistische Bahngleichung (mit c = Lichtgeschwindigkeit):

(3.35) $$y'' + y = \frac{\overline{m}}{h^2} + 3\overline{m}y^2.$$ Darin ist h = F/c, $\overline{\mathbf{m}} = \mathbf{GM/c^2}$, $F = R^2\dot{\varphi}$, y = 1/R.

Setzt man die angegebenen Symbole ein, so zeigt sich, daß sich Gleichung (3.34) von der von Einstein abgeleiteten Gleichung (3.35) nicht unterscheidet. Der Grund für die einfachere Ableitung liegt an der Vereinfachung der Raumkrümmung, die bei Einstein wesentlich komplizierter ist, weil versucht wurde, den Widerspruch zu Energie-Erhaltung durch „Raumverbiegung" zu kompensieren.

In der **Klassischen Himmelsmechanik** gilt der Ansatz Gl.(3.23) $m\ddot{R} - mR\dot{\varphi}^2 = -\frac{GMm}{R^2}$.

Für diesen vereinfachten Ansatz vereinfacht sich (3.32) wegen des fehlenden Störgliedes auf

(3.36) $$\frac{RR'' - 2R'^2}{R^3} - \frac{1}{R} = -\frac{GM}{F^2}.$$ **Differentialgleichung für Himmelskörper nach Newton**

Mit den gleichen Substitutionen wie oben, aber jetzt ohne das Glied $\frac{3GMmF^2}{c^2R^4}$, verbleibt von Gl.(3.34)

(3.37) $y'' + y = \frac{GM}{F^2}$. Wie man durch Differenzieren leicht nachprüft lautet deren exakte Lösung:

(3.38) $y = \frac{GM}{F^2} + C\cos(\varphi - \alpha) = \frac{1}{R}$ (C und α sind Integrationskonstanten).

Setzt man $C = \varepsilon GM/F^2$, so ergibt sich daraus die mit Gl.(3.24) vorhin angegebene klassische Lösung:

(3.39) $\mathbf{y = \frac{GM}{F^2}(1 + \varepsilon\cos\varphi)}$ = Klassische Bahngleichung der Planeten (wenn $\alpha = 0$). Oder mit $R = 1/y$:

(3.40) $\mathbf{R = \frac{F^2/GM}{1 + \varepsilon\cos(\varphi - \alpha)}}$ **= Gl.(3.24) Allgemeine Gleichung für Planeten- und Kometenbahnen nach Newton,**

Der Vergleich mit der Ellipsengleichung (3.18) zeigt, daß $p = F^2/GM$ ist. F und ε hängen von den Anfangsbedingungen ab. Bei einer Ellipse ist $|\varepsilon| < 1$. Liegt wie im **Bild 3.5** die Hauptachse bei $\varphi = 0$, so ist $\alpha = 0$ und $0 < \varepsilon < 1$. Ist $\alpha \neq 0$, so ist die Hauptachse der Ellipse gegen die Koordinatenachse ($\varphi = 0$) um den Winkel α verdreht. Dann ist das Perihel, das ist der kürzeste Abstand R von m zu M, bei $\varphi = \alpha$, also $\cos(\varphi - \alpha) = 1$. Eine Periheldrehung muß sich also darin zeigen, daß sich α mit der Zeit und mit jedem Umlauf ändert. Außer Ellipsenbahnen ergeben sich aus Gl.(3.18):

Kreis für $\mathbf{\varepsilon = 0}$ (p = R), **Hyperbel** für $\mathbf{\varepsilon = 1}$, und **Parabel** für $\mathbf{\varepsilon > 1}$.

Das Störglied $3\frac{GM}{c^2}y^2$ in der relativistischen Differentialgleichung (3.34) hat zur Folge, daß eine Lösung mit den mathematischen Grundfunktionen nur näherungsweise ausdrückbar ist.

Typische Werte von $e^{-a/R}$ für die Planeten weichen von 1 nur um 10^{-8} bis 10^{-9} ab. Weil im Vergleich z.B. G nur auf wenige Dezimalstellen bekannt ist hat der Faktor $e^{-a/R}$ keinen großen Einfluß auf die Planetenbahnen und kann meist ignoriert werden. Bei R >> a ist der Faktor $e^{-a/R}$ von prinzipieller, aber kaum von praktischer Bedeutung. Das zeigt auch die jetzt folgende Herleitung der Näherungslösung:

Als erste Näherung setzt man in Gl.(3.34) zunächst rechts für y die klassische Lösung Gl.(3.39) ein. Dann sucht man als partikuläre Lösung ein y, das *diese* rechte Seite erfüllt, addiert dieses y zur bisherigen Lösung und wiederholt eventuell das Verfahren. In diesem Fall konvergiert schon der erste Schritt zu einer äußerst guten Näherung. Also y aus Gl.(3.39) quadriert und eingesetzt in Gl.(3.34) ergibt

(3.41) $y'' + y = \frac{GM}{F^2} + 3\frac{G^3M^3}{F^4c^2}(1 + 2\varepsilon\cos\varphi + \varepsilon^2\cos^2\varphi)$. Danach denkt man sich die klassische Differentialgleichung überlagert von weiteren Differentialgleichungen, von denen jede je eines der rechts stehenden Störglieder hat, und sucht zu jeder eine mögliche partikuläre Lösung. Deren Richtigkeit kann man prüfen, indem man aus jeder partikulären Lösung $y'' + y$ bildet und in die Gleichung einsetzt:

[Mit $\cos^2\varphi = ½ + ½\cos 2\varphi$]

(3.41-I) $y'' + y = 3\frac{G^3M^3}{F^4c^2}$ partikuläre Lösung dazu: $y = 3\frac{G^3M^3}{F^4c^2}$

(3.41-II) $y'' + y = 2\varepsilon 3\frac{G^3M^3}{F^4c^2}\cos\varphi$ partikuläre Lösung dazu: $y = \varepsilon 3\frac{G^3M^3}{F^4c^2}\varphi\sin\varphi$

(3.41-III) $y'' + y = \varepsilon^2 3\frac{G^3M^3}{F^4c^2}\cos^2\varphi$ partikuläre Lösung dazu: $y = \varepsilon^2 3\frac{G^3M^3}{2F^4c^2} - \varepsilon^2 3\frac{G^3M^3}{6F^4c^2}\cos 2\varphi$.

Die Summe aus der klassischen Lösung und aller partikulären Lösungen ist eine Lösung von Gl.(3.41).
Nun noch ein Vergleich des letzten mit dem ersten Glied auf der rechten Seite der Gl.(3.34):

$$\frac{\text{Letztes Glied}}{\text{Erstes Glied}}=\frac{\frac{3GM}{c^2}y^2}{GM/F^2}=\frac{3F^2}{R^2c^2}=\frac{3R^2\dot{\varphi}^2}{c^2}\cong 3\cdot\left(\frac{\text{Bahngeschwindigkeit}}{c}\right)^2\cong\begin{cases}7{,}65\cdot 10^{-8} & \text{für den Merkur}\\ 3{,}0\cdot 10^{-8} & \text{für die Erde}\end{cases}$$

Im Vergleich mit dem ersten Glied (= konstant) ist also das letzte Glied (das Glied mit y^2), extrem klein, mit der Folge, daß das letzte Glied kaum meßbaren Einfluß hat, außer wenn es Störungen verursacht, die sich im Lauf langer Zeiten summieren, die also mit jedem Umlauf eine Störung ohne Umkehrung gleichsinnig addieren. Periodische Störungen sind ebenso unmeßbar wie eine einmalige Konstante.
Die partikuläre Lösung (3.41-I) ist eine einmalige Störung, (3.41-III) ist eine periodische, also kann sich nur (3.41-II) mit dem sich nicht wiederholenden, also dauernd wachsenden Wert von φ bemerkbar machen. Diese nicht vernachlässigte partikuläre Lösung ist zur klassischen Lösung Gl.(3.39) zu addieren:

(3.42) $y=\frac{1}{R}=\frac{GM}{F^2}\left(1+\varepsilon\cos\varphi+\frac{3G^2M^2}{F^2c^2}\varphi\varepsilon\sin\varphi\right)$. Nun läßt sich ein Winkel $\boldsymbol{\beta}=\frac{\mathbf{3G^2M^2}}{\mathbf{F^2c^2}}\boldsymbol{\varphi}$ definieren, für den wegen seiner extremen Kleinheit gilt: $\sin\beta\cong\beta$, $\cos\beta\cong 1$.

Damit kann man die beiden letzten Glieder in der Klammer so schreiben:

$$\varepsilon\left(1\cdot\cos\varphi+\frac{3G^2M^2}{F^2c^2}\varphi\sin\varphi\right)=\varepsilon(\cos\beta\cos\varphi+\sin\beta\sin\varphi)=\varepsilon\cos(\varphi-\beta)=\varepsilon\cos\varphi\left(1-\frac{3G^2M^2}{F^2c^2}\right).$$

Für 1 Periode ist der Winkel $\varphi(1-\frac{3G^2M^2}{F^2c^2})=2\pi$. Daraus ergibt sich $\boldsymbol{\varphi=\frac{2\pi}{1-3G^2M^2/F^2c^2}>2\pi}$,

d.h. der gleiche Radius wird erst nach einem Umlaufwinkel > 2π erreicht.

Nach **Bild 3.5** ist $R_{min}+R_{max}=2a$, $R_{min}=a-e$, $R_{max}=a+e$, also $R_{min}R_{max}=a^2-e^2$,
wegen $b^2=a^2-e^2$ und $p=b^2/a$ gilt außerdem: $p=b^2/a=(a^2-e^2)/a$.

Es gilt also: $\frac{1}{R_{min}}+\frac{1}{R_{max}}=\frac{R_{max}+R_{min}}{R_{min}R_{max}}=\frac{2a}{a^2-e^2}$. Nach Gl.(3.42) ist für φ = 0 und φ = π:

$\frac{1}{R_{min}}=\frac{GM}{F^2}(1+\varepsilon)$, $\frac{1}{R_{max}}=\frac{GM}{F^2}(1-\varepsilon)$, Daraus folgt andererseits $\frac{1}{R_{min}}+\frac{1}{R_{max}}=\frac{2GM}{F^2}$.

Mit $e=\varepsilon a$ [Gl.(3.18) und **Bild 3.5**] ist damit $\frac{GM}{F^2}=\frac{1}{a(1-\varepsilon^2)}$. Also ist die Abweichung von φ zu 2π:

(3.43)
$$\boldsymbol{\underline{\Delta\varphi}=\frac{2\pi}{1-3G^2M^2/F^2c^2}-2\pi\cong\underbrace{\frac{6\pi G^2M^2}{F^2c^2}}_{\text{Nenner }=1-3G^2M^2/F^2c^2\cong 1\text{, wurde }=1\text{ gesetzt}}=\frac{6\pi}{c^2}GM\frac{GM}{F^2}=\underline{\frac{6\pi GM}{ac^2(1-\varepsilon^2)}}}.$$

Das ist die berühmte **<u>Gleichung von Einstein für die Drehung des Perihels</u>**.
Sie gilt, weil der oben definierte Winkel **β** als sehr klein angenommen werden kann.

3.7 <u>Lichtablenkung im Gravitationsfeld</u>

Gleichungen (1.5) bis (1.9) beschreiben das Energie-erhaltende Gravitationsgesetz für eine reine Zentralbewegung, gekennzeichnet durch eindimensionale Verschiebungen nur in radialer Richtung. Erst die verallgemeinerten Gleichungen (3.29) und (3.34) beschreiben die vollständigen *zwei*dimensionalen Bewegungen in der Ebene. Man beachte, daß diese Gleichungen *nicht* postuliert wurden, sie sind zwingende Folgerungen aus der von Einstein theoretisch vorausgesagten und inzwischen *empirisch* bestätigten Proportionalität zwischen Zeitablauf und potentieller Gravitationsenergie. Sie gelten auch für Lichtausbreitung, ja sie sind dafür sogar besonders einfach, weil Licht nur kinetische Energie und keine gebundene Masse m enthält. Obwohl die Masse m als Multiplikator beider Seiten von Gleichung (3.29) herausfällt, erkennt man, daß sie in den beiden Kraftgliedern unterschiedliche physikalische Bedeutung hat. Denn das Kraftgesetz $GMme^{-a/R}/R^2$ beschreibt die gravitative Eigenschaft einer *gebundenen* Masse m in radialer Richtung, Licht aber enthält keine gebundene Masse. Für Licht, das keine Energiequelle für Fallbewegung enthält, entfällt dieses Glied auf der rechten Seite der Gleichung, nicht aber das zweite.

Ohne gebundene Massen im Kraftgesetz reduziert sich somit Gl.(3.29) für Licht zu:

(3.44) $$\ddot{\mathbf{R}} - \mathbf{R}\dot{\boldsymbol{\varphi}}^2 = -3\frac{\mathbf{GMF^2}}{\mathbf{c^2R^4}}$$ **Differentialgleichung für Licht im Schwerefeld**

In gleicher Weise wie zu Gl.(3.29) ergeben die Substitutionen Gl.(3.30) und (3.33) die Gleichung in Polarkoordinaten R und φ mit **R = 1/y**:

(3.45) $$\mathbf{y'' + y = 3\frac{GM}{c^2}y^2}$$ **Bewegungsgleichung für Licht**

In der quellenfreien Relativitätstheorie erhielt man diese Gleichung in exakt gleicher Form, aber, anders als hier, abgeleitet aus der Schwarzschild-Lösung der Einsteinschen Feldgleichungen, d.h. aus Raumkrümmung**.** Um Lesern Rechen- oder Sucharbeit zu ersparen sei ihre Lösung hier verkürzt angegeben:

Setzt man zunächst das „Störglied“ auf der rechten Seite = 0, so wäre eine *Näherungs*-Lösung:

(3.46) $$y = \frac{\sin\varphi}{R_o},$$ das ist im Bild 3.6 links eine gerade Linie **(Partikuläre Lösung A)**.

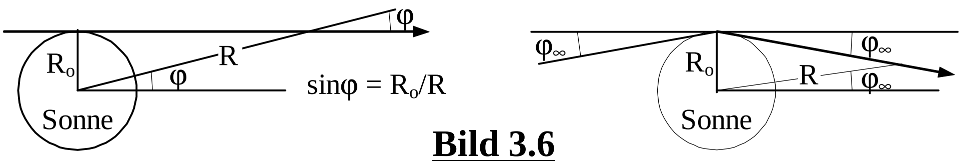


Bild 3.6

Wie bei der Ableitung der Periheldrehung nähert man sich stufenweise der Lösung, indem man in Gl.(3.45) rechts die Partikuläre Lösung A einsetzt, dazu eine zweite Part. Lösung B sucht, diese wiederum rechts einsetzt usw. Wenn das Verfahren konvergiert nähert man sich auf diese Weise dem wahren Wert. In diesem Fall ist der 1. Schritt hinreichend, wenn man mit y aus Gl.(3.46) beginnt:

(3.47) $$\mathbf{y'' + y} = 3\frac{\mathbf{GM}}{\mathbf{c^2R_o^2}}\left(1-\cos^2\boldsymbol{\varphi}\right) = \frac{\mathbf{3GM}}{\mathbf{c^2\,2R_o^2}}\left(1-\cos 2\boldsymbol{\varphi}\right)$$ (mit $\sin^2\varphi = 1-\cos^2\varphi = ½–½\cos 2\varphi$).

Für den 1. Term $\mathbf{y''+y} = 3\frac{\mathbf{GM}}{\mathbf{c^2\,2R_o^2}}$ gilt die **Partikuläre Lösung B**: $\mathbf{y} = 3\frac{\mathbf{GM}}{\mathbf{c^2\,2R_o^2}}$ und

für den 2.Term $\mathbf{y''+y} = -3\frac{\mathbf{GM}}{\mathbf{c^2\,2R_o^2}}\cos 2\boldsymbol{\varphi}$ gilt die **Partikuläre Lösung C:** $\mathbf{y} = \frac{\mathbf{GM}}{\mathbf{c^2\,2R_o^2}}\cos 2\boldsymbol{\varphi}$.

Die **Summe der Partikulären Lösungen A + B + C** ist

(3.48) $$y = \frac{\sin\varphi}{R_o} + \frac{3GM}{2c^2R_o^2}\left(1+\frac{1}{3}\cos 2\varphi\right).$$ (y = 1/R. φ definiert für R = ∞)

$\cos^2\varphi = (\frac{1}{2}-\frac{1}{6}\cos 2\varphi)$, also $(1-\cos^2\varphi) = (\frac{1}{2}+\frac{1}{6}\cos 2\varphi)$, multipliziert mit $\frac{3GM}{c^2R_o^2}$ + Gl.(3.41-III).

Mit wachsendem R wird φ sehr klein. Dann gilt $\sin\varphi = \varphi$, $\cos 2\varphi = 1$, und für R = ∞ ist $y = 1/R = 0$, (φ im Bogenmaß). In (3.48) eingesetzt: $\varphi_{(R=\infty)} = -\frac{2GM}{c^2R_o} =$ Ablenkung des *fortlaufenden* Lichtstrahls. Für den von links *einfallenden* Lichtstrahl gilt der gleiche Winkel. Damit ist die gesamte Lichtablenkung

(3.49) $$\mathbf{2\boldsymbol{\varphi}_{(R=\infty)} = -\frac{4GM}{c^2R_o}}$$ **Lichtablenkung im Schwerefeld der Masse M.**

Für die bei Sonnenfinsternissen am Sonnenrand sichtbaren Sterne ergibt sich danach eine Lichtablenkung von 1,75 Bogensekunden am Sonnenrand. Das steht in guter Übereinstimmung mit allen bisherigen Messungen, die große Anforderungen an die Meßgenauigkeit stellen. Auch nach der klassischen Theorie wird das Licht abgelenkt, aber nur halb so stark, weshalb diese Messung historisch bedeutungsvoll war als direkte Bestätigung für die Relativitätstheorie.

Zum Vergleich: Unter 1,75 Bogensekunden sieht man 1mm aus einer Distanz von 118 Metern.

3.8 Krümmung des Raumes

Die Lichtablenkung in der Nähe großer Massen zeigt, daß der Raum *schwach gekrümmt* ist. Auch im Bereich des Schwarzschildradius $R_S = 2GM/c^2$ ist die Krümmung viel kleiner als nach der bisherigen Theorie. Sie ist niemals in sich geschlossen. Nach einem Vorschlag von I. I. Shapiro wurde die Krümmung nachweisbar an der Verzögerungszeit eines Radarechos von einem genau hinter der Sonne stehenden Planeten. Wegen der Krümmung des Lichtstrahls ist die Laufzeit für ein Radarecho um etwa 0,2 ms vergrößert.

Der Ort des Beobachters auf der Erde ist definiert durch den Sonnenabstand R und die Zeit t. Radar-Abstand und Eigenzeit der Bahnpunkte eines Photons seien R_{phot} und t_{phot}. Für die Längendifferentiale dR und dR_{phot} und für die Zeitintervalle dt und dt_{phot} gelten die folgenden relativistischen Beziehungen:

Von der Erde gesehen: $dR = dR_{phot}\ e^{-a/R}$ (Längen verkürzt), folglich $dR_{phot} = dR\cdot e^{+a/R}$ sowie
$dt = dt_{phot}\cdot e^{+a/R}$ (Zeit-Intervalle dauern länger = „Zwillingsparadoxon“)

Am Ort R_{phot} gilt: $dt_{phot} = \frac{dR_{phot}}{c} = \boxed{[dR_{phot}\text{ eingesetzt}]} = \frac{dR}{c}e^{+a/R}$. Dies oben eingesetzt ergibt

von der Erde gesehen: $dt = \frac{dR}{c}e^{+2a/R}$. Mit $e^{2a/R} \cong 1 + 2a/R$ errechnet sich daraus die Laufzeit zu:

$$\mathbf{T_{sonne-erde}} = \int_{sonne}^{erde} \frac{dR}{c} e^{+2a/R} \overset{(R_{erde} \gg R_{sonne})}{\cong} \frac{R_{erde} - R_{sonne}}{c} + \frac{2a}{c}\int_{sonne}^{erde}\frac{dR}{R} = \frac{R_{erde} - R_{sonne}}{c} + \frac{2a}{c}\ln\frac{R_{erde}}{R_{sonne}}.$$

Dasselbe für den Planeten und addiert (Sonnenüberquerung vernachlässigt, weil $\cong R_{sonne} \ll$ Erddistanz R_{erde}):

$$\mathbf{T = T_{sonne-erde} + T_{sonne-planet} = \frac{R_{erde} + R_{planet}}{c} + \frac{2a}{c}\ln\frac{R_{erde}R_{planet}}{R^2_{sonne}}}.$$

Für die Sonne ist $a = \frac{GM}{c^2} = 1{,}48\,\text{km}$.

Das Echo braucht die doppelte Zeit. Der rechte Summand ist die zusätzliche Laufzeit durch Krümmung.

Die Rechnung ergibt für **Merkur 0,20 ms** ($R_{merkur} = 58\cdot10^6$ km), für **Mars 0,22 ms** ($R_{mars} = 228\cdot10^6$ km).

Die Zeitverzögerung ist nur wenig abhängig von der Entfernung des Planeten, weil sie in Sonnennähe entsteht. Die Formel gilt mit großer Näherung. Der Leser erhält die exakte Formel auch für größere Winkelabstände zur Sonne, wenn er statt $R_{erde} + R_{planet}$ die Projektionen auf die Distanz Erde-Planet einsetzt. Auch mit dieser genauen Formel für die Laufzeit T und der gemessenen Differenz von Radarechos bei kleinem und großem Sonnenabstand R_{sonne} wurde die Laufzeitverlängerung, d.h. größere Raumkrümmung in Sonnennähe, mit großer Genauigkeit bestätigt

[Messung nach I. I. Shapiro, Phys.Rev.Lett.13, 789 (1964)].

3.9 Gravitation einer räumlich ausgedehnten Masse

Daß auch bei Energie-erhaltender relativistischer Gravitation räumlich ausgedehnte, kugelsymmetrische Massen so behandelt werden können als ob sie punktförmig wären, muß, wie beim klassischen Gravitationsgesetz, mathematisch begründet werden.

Zur Bestimmung der Kraft K, die von der Gesamtmasse M einer Kugelschale ausgeübt wird, und zwar auf eine auf dieser Kugelschale befindliche Masse m nach dem Energieerhaltenden Gravitationsgesetz, sei zunächst die potentielle Energie der Masse m bezüglich dieser Kugelschale berechnet.

Man erhält die potentielle Energie von m bezüglich der Gesamtmasse M, indem man M schrittweise aus Teilmassen ΔM_i aufbaut und mit jeder Addition einer Teilmasse ΔM_i je einen Faktor e^{-a_i/R_i} an m anfügt

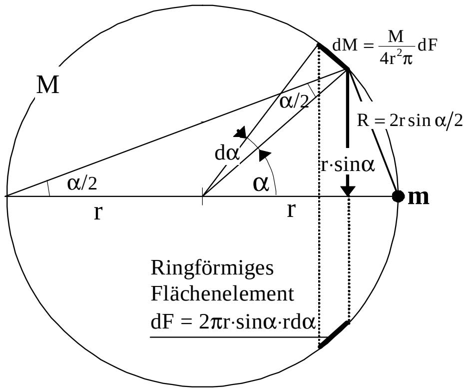


Bild 3.7

$$E_{pot} = c^2\Sigma\Delta M + c^2 m\, e^{-a_1/R_1} e^{-a_2/R_2} e^{-a_3/R_3} \cdots =$$

$$= c^2M + c^2 m e^{-\frac{G\Delta M_1}{c^2 R_1}} \cdot e^{-\frac{G\Delta M_2}{c^2 R_2}} \cdot e^{-\frac{G\Delta M_3}{c^2 R_3}} \cdots =$$

$$= c^2M + c^2 m e^{-\frac{G}{c^2}\left(\frac{\Delta M_1}{R_1}+\frac{\Delta M_2}{R_2}+\frac{\Delta M_3}{R_3}+\cdots\right)}$$

(3.50) $$\mathbf{E_{pot} = c^2M + c^2 m e^{-\frac{G}{c^2}\int_{\alpha=0}^{\pi}\frac{dM}{R}}}$$ (für $\lim \Delta M_i \to dM$).

Nach **Bild 3.7** ist $dM = \frac{M}{4r^2\pi} 2\pi r \sin\alpha \cdot r d\alpha = \frac{M}{2}\sin\alpha \cdot d\alpha$, damit

$$\frac{dM}{R} = \frac{M}{2}\frac{\sin\alpha d\alpha}{2r\sin\alpha/2} = \frac{M}{2}\frac{2\sin(\alpha/2)\cos(\alpha/2)}{2r\sin\alpha/2}d\alpha = \frac{M\cos\alpha/2}{2r}d\alpha$$

$$\int_{\alpha=0}^{\pi}\frac{dM}{R} = \frac{M}{r}\int_0^{\pi}\cos(\alpha/2)\cdot d(\alpha/2) = \frac{M}{r}\sin(\alpha/2)\Big|_0^{\pi} = \frac{M}{r}.$$

(Anstelle des Buchstabens R wurde r verwendet, weil R schon für den Abstand m zu dM vergeben ist.)

Dieses Ergebnis für das Integral in Gl.(3.50) bedeutet, daß, wie im klassischen Gravitationsgesetz, die Masse M der Kugelschale auf m so wirkt, als ob M eine Punktmasse im Mittelpunkt der Kugel wäre:

(3.51) $$\mathbf{E_{pot} = c^2M + c^2 m e^{-\frac{GM}{rc^2}}} \quad \text{und} \quad \mathbf{K = \frac{dE_{pot}}{dr} = \frac{GMm}{r^2}e^{-a/r}} \quad \textbf{mit} \quad \mathbf{a = \frac{GM}{c^2}}.$$

Liegt die Masse m nicht *auf* sondern außerhalb der Kugelschale in einer Entfernung R > r (der Buchstabe R ist wieder verfügbar), so gilt jedenfalls, daß die Kugelschale aus einer Fläche mit größerem Radius R > r entstanden sein kann, wofür obige Ableitung gilt. Bewegt sich die Masse m zusammen *mit* der schrumpfenden Kugelfläche, so gilt diese Ableitung außer für Ausgangs- und Endposition auch für jede Lage dazwischen. Das aber kann nicht davon abhängen, ob die Masse m sich *gleichzeitig* mit der Schale bewegt oder nachträglich, denn der Erhaltungssatz für Energie ist immer auch für jede Zwischenposition und unabhängig von der Art des Fallweges erfüllt. Entsprechendes gilt für die Aufteilung der Gesamtenergie auf potentielle und kinetische Energie.

Hier wurde so gerechnet, als ob sich die ganze Masse auf der Kugelschale befände. Da man sich aber die Gesamtmasse aus Kugelschalen zusammengesetzt denken kann und die Rechnung für jede dieser Schalen gilt, gilt sie auch für die Vollkugel.

Die Frage, wie eine Kugelschale auf eine Masse *innerhalb* der Kugel wirkt, z.B. als äußere Masse des Universums auf einen Stern, wurde schon im Kapitel 1.1 (im **Text zu Bild 1.1**) und auf Seite **107** beantwortet.

Auf **Seite 38** unten wird übrigens gezeigt, daß der „absolute Raum“ (man denke an die Raum-Definitionen von Newton oder Mach) *nicht* der Fixsternhimmel ist, sondern immer der Beobachter, der prinzipiell „ruht“, also, ganz trivial, der unbeweglich bleibt relativ zu sich selbst, denn anders läßt er sich weder denken noch definieren. Im Zentrum müssen sich bei ruhenden Massen die Gravitationskräfte der Kugelschale aus Symmetriegründen auf jeden Fall gegenseitig aufheben.

3.10 Berechnung des Durchmessers des Universums

Die Massen des Universums müssen sich infolge der Massenanziehung zusammenziehen, unabhängig davon, ob die großräumige Massendichte im Universum jemals gleichmäßiger verteilt war als heute. Zusätzlich sind auch bei annähernd homogener Massenverteilung im Weltall Verklumpungen möglich. Relativ zu einem Beobachter, der sich im Mittelpunkt einer *homogenen* Massenverteilung befindet, nimmt die (klassische) Gravitation von außen nach innen linear mit dem Abstand R ab (bis Null bei R= 0). Solange es keine Rückstellkraft gibt, die größer als jede mögliche Störkraft ist, müssen frei bewegliche Massen stets in sich zusammenfallen. Gäbe es im Innern eine kugelförmige Höhle, dann heben sich darin, wie im 1. Kapitel erläutert, alle Gravitationswirkungen der *äußeren* Massen gegenseitig auf. Nicht kompensiert wird hingegen die Gravitation zwischen Massenteilchen, die sich alle *in* der Höhle befinden. Sie wirken aufeinander so, als ob die äußeren Massen nicht vorhanden wären. Das gilt im Inneren der Erde ebenso wie für den mit Galaxien gefüllten Raumbereich innerhalb des ganzen Universums. Wie schon früher gezeigt „sieht" sich jeder Raumbereich selbst im Zentrum der Universums.

Auf die naheliegende Frage, ob bzw. wie dieses Zusammenfallen unbegrenzt weitergehen kann, gibt das Energieerhaltende Gravitationsgesetz durch Angabe der Größe und der Geometrie des Universums eine über die Fragestellung weit hinaus reichende Antwort.

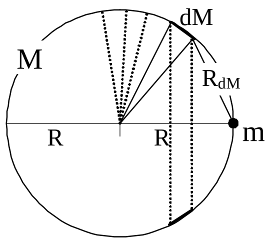


Bild 3.8

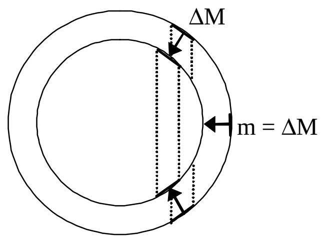


Bild 3.9

Ausgangspunkt sind die anhand von **Bild 3.7** abgeleiteten Gleichungen (3.50) und (**3.51**) für räumlich ausgedehnte Massen, hier dargestellt mit den Bezeichnungen der **Bilder 3.8 und 3.9**:

$$\mathbf{E_{pot} = c^2M + c^2me^{-\frac{G}{c^2}\int_0^M \frac{dM}{R_{dM}}} = c^2M + c^2me^{-\frac{GM}{c^2R}}} \quad \textbf{und}$$

$$\mathbf{K = \frac{dE_{pot}}{dR} = \frac{GMm}{R^2}e^{-\frac{a}{R}},} \qquad \textbf{worin} \quad \mathbf{a = \frac{GM}{c^2}.}$$

Bei einer Kugelschale, die durch gegenseitige Gravitation ihrer Massenelemente ΔM in sich zusammenfällt, ist in die Gleichungen anstelle von m das Massenelement ΔM einzusetzen. M = ΣΔM. Die auf jedes ΔM ausgeübte Kraft kann man formal zu einer Gesamtkraft addieren, als ob alle Teilkräfte die gleiche Richtung hätten. In einem gewissen Sinn haben sie auch die gleiche Richtung, wenn man die Richtung zum Zentrum als besondere Richtungsklasse definiert. Zur Unterscheidung von Parallelkräften wird diese Summenkraft aber nicht „Kraft" genannt, sondern **Gewicht** der Schalenmasse M.

Die oben aufgeführten Gleichungen gelten unverändert auch dann, wenn die Beschränkung auf die Oberfläche (auf die Kugelschale) aufgehoben und die Masse M auf das ganze Kugelvolumen konzentrisch verteilt wird. Denn die Wirkung auf m ist immer so, als ob sich die Masse M im Zentrum der Kugel befände, weil sich M zusammengesetzt denken läßt aus ineinandergeschachtelten Kugelschalen.

Im Euklidischen Raum gilt die bekannte Volumsformel $V = 4R^3\pi/3$. Für den gekrümmt angenommenen Weltenraum verwenden Kosmologen die Volumsformel $V_k = 4\pi^2R^3$. Um dem Leser diese Möglichkeit nicht vorzuenthalten, sei der gemeinsame Faktor R^3 mit einem wahlweisen Faktor **A** geschrieben:

(3.52) $\quad V = AR^3 \qquad$ $A = 4\pi/3$ bei Euklidisch ebenem und $\quad A = 4\pi^2$ bei gekrümmtem Raum.

Die Masse des Universums innerhalb R ergibt sich durch Multiplikation mit der mittleren Dichte ρ:

(3.53) $\quad \mathbf{M = AR^3\rho.}$

Jede Teilmasse ΔM von M hat nach **Gl.(3.51)** eine potentielle Energie $c^2\Delta Me^{-a/R}$ bezüglich der Gravitation aller anderen Massen von M, wobei aber zu berücksichtigen ist, daß ΔM der Masse M entnommen und damit von dieser abgezogen worden ist:

$$E_{pot/\Delta M} = c^2(M-\Delta M) + c^2\Delta Me^{-a/R} \qquad \text{mit } a = \frac{GM}{c^2} = \frac{G}{c^2}AR^3\rho.$$

Der Beitrag jeder Teilmasse zu E_{pot} ist also $-c^2\Delta M + c^2\Delta Me^{-a/R} < 0$ (negativ, weil ja E_{kin} auf *Kosten* der inneren Energie der Masse entsteht).

Die gesamte potentielle Energie aller Teilmassen ist die Summe der Energien der Teilmassen. Wegen $\Sigma\Delta M = M$ fällt bei der Summierung der Teilmassen das 1. Glied weg und man erhält

(3.54) $\mathbf{E_{pot} = c^2 M e^{-a/R}}$ Dazu die Probe:

Es muß sein: für $R \to \infty$ $E_{pot} = c^2M$, für $R \to 0$ $E_{pot} = 0$, beides trifft zu.

Für die Kräftesumme, das „Gewicht", muß, weil M konstant und $a = GM/c^2$ ist, gelten:

(3.55) **Gewicht** $$K = \frac{dE_{pot}}{dR} = \frac{GM^2}{R^2} e^{-\frac{GM}{Rc^2}} = GA^2R^4\rho^2 e^{-\frac{GM}{Rc^2}} = GA^2R^4\rho^2 e^{-\frac{G}{c^2}AR^2\rho}.$$

Nach Division durch die Gesamtmasse $M = AR^3\rho$, die man sich auf die Oberfläche verteilt denken kann, erhält man die Gravitationskraft auf die Masseneinheit, die sogenannte Gravitationsbeschleunigung:

(3.56) $$\mathbf{b = \frac{GM}{R^2} e^{-a/R} = GAR\rho e^{-\frac{G}{c^2}AR^2\rho}}.$$

(Nach der Klassischen Theorie wäre $b = GM/R^2$.)
Für $R = \infty$ ist $b = 0$, siehe das **Diagramm auf Seite 84**.

Mit $A = 4\pi/3$ gibt diese Formel an, wie groß die Gravitationskraft auf der Oberfläche einer beliebigen Kugel ist, die man sich an willkürlicher Stelle des Universums der mittleren Dichte ρ aufgespannt denkt. Die Massen dieser gedachten Kugeln müssen in sich zusammenfallen. Deren Schwerebeschleunigung hängt nach Gl.(3.56) nur von R und der Dichte ρ ab, bei wachsendem R zunächst fast linear.

Wie groß ist b im Inneren der Kugel bei verschiedenen Radien R (*konstante* Dichte vorausgesetzt)? Im Innern hat b ein Maximum. Für dieses muß die Ableitung von Gl.(3.56) nach R gleich Null sein:

$$\frac{db}{dR} = \left(GA\rho - 2GAR^2\rho\frac{G}{c^2}A\rho\right)e^{-a/R} = 0 \qquad \text{daraus: } \left(1 - 2R^2\frac{GA\rho}{c^2}\right) = 0 \quad \text{und}$$

(3.57) $$\mathbf{R^2 = \frac{c^2}{2GA\rho}} \qquad \textbf{also } \mathbf{R = \sqrt{\frac{c^2}{2GA\rho}} = \sqrt{\frac{c^2}{2G\rho}}\frac{1}{\sqrt{A}}}$$ (d.h. **R = proportional** $1/\sqrt{\rho}$)

Es ist wichtig zu beachten, daß bei Berechnung des Maximums die Dichte ρ konstant gehalten wurde. Die Differentiation der Gl.(3.56) entspricht deshalb nicht einem gravitativen Schrumpfen des Universums um $dR = 1$, denn das wäre mit einer Zunahme der Dichte verbunden. Differentiation nach R bei konstantem ρ bedeutet, daß man die Abweichung zu *der* Gravitation berechnet, die ein gleich dichtes, aber um dR kleineres Universum hätte. Denkt man sich die Masse des Universums modellhaft als Flüssigkeitskugel, dann ist Gl.(3.56 rechts) *die* Gravitationsbeschleunigung, die ein in die Kugel eintauchender Körper bei jedem Radius R erfährt (die jeweils außerhalb des Radius verbliebene Kugelschale hat auf den eingetauchten Körper keine gravitative Wirkung).

Für die folgenden numerischen Rechnungen einige Zahlenangaben:

1 Lichtjahr = 1 Lj = $0{,}946\cdot10^{18}$cm **1cm** = $1{,}056\cdot10^{-18}$Lichtjahre	**Gravitationskonstante G** = $6{,}6726\cdot10^{-8}\text{cm}^3/\text{gs}^2$ **Lichtgeschwindigkeit c** = $2{,}998\cdot10^{10}$cm/s

Mittlere **Dichte der sichtbaren Materie des Universums** ist $\rho \cong 1$ H-Atom/m^3 = $1{,}675\cdot10^{-30}\text{g/cm}^3$ (nach Harrison). Wegen möglicher dunkler Massen dürfte die Dichte im Universum weit größer sein. Mangels genauer Daten sei die Dichte im Folgenden vorläufig mit $6{,}7\ 10^{-30}\text{g/cm}^3$ viermal größer angenommen. (Nicht verwechseln mit der Dichte einer Galaxie, die natürlich wesentlich größer ist.)

Wendet man Gl.(3.57) auf das Universum als Ganzes an, so ergibt sich für einen Euklidischen Raum:

für den ersten Faktor: $$\sqrt{\frac{c^2}{2G\rho}} = \frac{3\cdot10^{10}}{\sqrt{2\cdot6{,}67\cdot10^{-8}\cdot6{,}7\cdot10^{-30}}} = 0{,}317\cdot10^{29}\,\text{cm}, \quad \text{also}$$

$$R = 0{,}317\cdot10^{29}\sqrt{\frac{3}{4\pi}} = 0{,}155\cdot10^{29}\,\text{cm} \cong 16\cdot10^{9}\,\text{Lj}.$$ Das ist der Radius, bei dem die Gravitation des Universums bei der vorausgesetzten Dichte ρ = 4 Wasserstoffatome/m^3 einen Maximalwert hat.

Das Bemerkenswerte und Unerwartete an der Funktion Gl.(3.56) besteht darin, daß aus der Sicht vom Zentrum für eine eintauchende Masse überhaupt ein Gravitationsmaximum existiert, und daß dieses Maximum, Gl.(3.57), allein durch die mittlere Dichte ρ des Universums vollständig bestimmt ist.

Die zweite Überraschung liegt darin, daß die Gravitation gerade in *der* Entfernung ihr Maximum hat, wo sich nach bisherigen Vorstellungen das beobachtbare Universum schließt. Wenn nach der Vorstellung vieler Kosmologen der gekrümmte Raum *in sich geschlossen* wäre, dann stimmt der Ort maximaler Gravitation im Rahmen der Zuverlässigkeit heutiger Entfernungs- und Dichteschätzungen mit der Ausdehnung von etwa 15 Milliarden Lichtjahren des Universums überein. In einem *geschlossenen* Raum muß in der Tat an diesem *fernsten* Ort die Gravitation ihr Maximum haben, weil es darin keine größere Masse als die eigene geben kann. Die Annahme der Kosmologen wäre somit in erstaunlichem Maß bestätigt. Aber „Geschlossenheit" läßt sich auch für einen Euklidischen Raum definieren, nämlich durch den Ort, wo die Rotverschiebung unendlich ist.

Nach Gl.(3.57) ist $R = \frac{c}{\sqrt{2GA\rho}}$, daraus $\rho = \frac{c^2}{2GAR^2}$. Die Dichte ρ folgt aber auch aus

Gl.(3.52) und (3.53): $V = \frac{M}{\rho} = AR^3$, daraus $\rho = \frac{M}{AR^3}$. Durch Gleichsetzen erhält man für R (Man beachte, daß A herausfällt!):

(3.58) $$\mathbf{R = \sqrt{\frac{3c^2}{8G\pi\rho}} = \frac{2GM}{c^2}}$$ = **Radius des Universums** (siehe auch **Kapitel 6, Seite 71**)

wenn man, wie bei allen Himmelskörpern, die Oberfläche definiert für *den* Radius, wo die Gravitation ihr Maximum hat. Wie bei Himmelskörpern müssen Inhomogenitäten von ρ zu Abweichungen führen.
G, M, c sind konstant, also ist R konstant.

Nach den *"Standard"*-Theorien (die Energie-Erhaltung verletzen!) ist das übrigens der Schwarzschildradius, so daß wir uns eigentlich im Innern eines Schwarzen Lochs befinden und ziemlich imaginär sein müßten. Dieses Argument wird oft als irrelevant abgelehnt, mit der Begründung, daß es ja zum Universum kein „außerhalb" gibt, daß also für *dieses spezielle* Schwarze Loch die Beobachtung „von außen" prinzipiell ausgeschlossen ist. Dem ist entgegenzuhalten, daß nicht nur dieses, sondern *alle* Schwarzen Löcher „von außen" prinzipiell unbeobachtbar sind, weil das einzige Indiz, das man für ihren Nachweis hätte, eine bestimmte Massenkonzentration in einem gegebenen Volumen ist, dessen Meßbarkeit vorausgesetzt. Massenkonzentrationen aber beweisen ein Schwarzes Loch nicht, denn sie können beliebig groß sein und wären dennoch kein Schwarzes Loch, weil die Entweichgeschwindigkeit niemals Lichtgeschwindigkeit erreicht.

Wie sich die Kugelsymmetrie des Universums vorstellen läßt

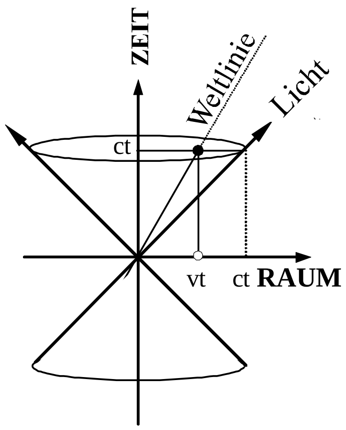
Sie bewundern einen *Regenbogen*, ob am Himmel oder im Tröpfchennebel ihrer Gartenspritze oder in den Wolken unter sich beim Überfliegen: Haben Sie je ein elliptisches Profil des Regenbogens, ihn also von der Seite gesehen? Sie können sich bewegen und drehen wie Sie wollen, manchmal sogar in ihn hineingreifen, er wird Ihnen folgen als makelloser *Kreis* wie ein Heiligenschein, oder, falls dieser Vergleich hinkt, folgen wie die Lichtkugel um Ihre Laterne beim Durchwandern nächtlichen Nebels. Jetzt erweist sich die Relativitätstheorie als Meister im Bunde dieser Scheinheiligen, denn in ähnlicher Weise sind Sie die Mitte der gravitativen Weiten des Sternenhimmels. Je weiter dessen ferne Nebel sich ins Rote verschieben, umso größer ihre fiktive relative Fallgeschwindigkeit zu uns, oder, gleichbedeutend, umso mehr entschwindet ihre gravitative Masse. Bei Annäherung an Lichtgeschwindigkeit entschwindet sie ganz – nicht nur unseren Blicken, denn mit der Gravitation entschwindet ihre physikalische Wirkung. Dieser kosmische Kugelraum der *Realitätsgrenze* wandert mit jedem von uns wie ein Regenbogen oder wie der Schein unserer Laterne.

So einfach verhält es sich mit der anfänglich schwer verständlichen Feststellung, daß *jeder* Beobachter im Mittelpunkt des Universums steht. Das gilt nicht nur räumlich, auch im Fühlen. Jedes Wesen hat den Mittelpunkt des Universums in sich. Schon der große Biologe Jakob von Uexküll erkannte, daß es so viele Welten wie Lebewesen gibt.

Damit sind die Überraschungen noch nicht zu Ende.

3.11 Entschwinden von Zeit und Raum

In der Relativitätstheorie wird häufig die Bewegung einer Masse in Abhängigkeit von der Zeit als Diagramm dargestellt, vergleichbar der graphischen Darstellung von Fahrplänen der Eisenbahn. Von der Unmöglichkeit, zusammen mit der Zeitachse vier Achsen zu zeichnen, befreit man sich, wenn man *eine* Raumachse in die augenblickliche Bewegungsrichtung legt, auch bei krummliniger Bewegung. Dann können die anderen Raumachsen weggelassen werden, weil darin die Bewegungskomponenten Null sind.



Raum-Zeit-Diagramm mit dem bekannten relativistischen „Lichtkegel", dessen Mantellinien die Lichtbahnen sind. Die Mantellinien sind um 45° geneigt, wenn man ct für Raum und t (mit dem Faktor c) für Zeit einzeichnet.

Bild 3.10

Minkowski-Diagramm

Bild 3.10 zeigt dieses in der Relativitätstheorie erstmalig von Hermann Minkowski benutzte Diagramm. Bewegt sich eine Masse mit konstanter Geschwindigkeit v vom Nullpunkt aus, dann bewegt sich bei zwei Raumachsen x und y die Masse mit vt auf der Hypotenuse $v^2t^2 = x^2 + y^2$. Vom Endpunkt der in der x-y-Ebene liegenden Hypotenuse wird der Zeitverlauf senkrecht nach oben eingezeichnet (in *Längen*einheiten, d.h. mit dem Faktor c). Dort befindet sich die Masse •m. Das ergibt *in der Zeichnung* ein Fortschreiten der Masse auf einer Linie, die Minkowski „**Weltlinie**" nannte. Ein *Lichtsignal*, das die Masse beim Nulldurchgang in Bewegungsrichtung aussendet, hat die Weltlinie $x^2 + y^2 = c^2t^2$.

Das Licht legt, weil $c^2t^2 > v^2t^2$ ist, in der gleichen Zeit eine größere Strecke zurück als die mit v bewegte Masse.

Die Wurzel aus der Differenz $(c^2t^2 – v^2t^2)$

$$\mathbf{S = \sqrt{c^2t^2 - v^2t^2} = ct\sqrt{1 - v^2/c^2}}$$ wird **Intervall** genannt.

Hätten wir die Masse in *drei* Raumdimensionen mit der Diagonalgeschwindigkeit v bewegt, dann lautete diese Gleichung mit quadrierten Gliedern:

$$S^2 = c^2t^2 - (x^2 + y^2 + z^2) \quad \text{oder differentiell} \quad (dS)^2 = (cdt)^2 - (vdt)^2.$$

Die Zeit ist also eine zu den drei Raumdimensionen hinzugefügte *vierte* Dimension, die in diese Formel (wegen Messung mittels Lichtgeschwindigkeit) ebenfalls als Länge eingeführt werden konnte.

Die Formel hat die gleiche Struktur wie ein auf vier Dimensionen erweiterter Pythagoreischer Lehrsatz, mit dem wesentlichen Unterschied, daß die (quadratischen!) Glieder der Diagonale negatives Vorzeichen haben. Das ergibt eine neue, aber nur formal mögliche Geometrie. Obwohl in sich widerspruchsfrei, ist diese Geometrie nicht vorstellbar. Das machte die Relativitätstheorie zu einer der unzugänglichsten Theorien in der Physik.

Eine wichtige relativistische Erkenntnis ist die Zeitdilatation. Sie ist am schwersten verständlich und bedeutet, daß die zeitliche Distanz zwischen zwei Ereignissen nicht für alle Beobachter gleich ist. Sie kennen sicher das berühmte „Zwillingsparadoxon". Kehrt einer der Zwillingsbrüder nach einer kosmischen Reise hoher Geschwindigkeit zurück, dann ist er weniger gealtert als sein zu Hause gebliebener Bruder. Die mitbewegte Uhr mißt für das Zeitintervall zwischen Abreise und Rückkehr eine kürzere Zeit als die ruhende Uhr. *Der Reisende selbst spürt keinen verlangsamten Zeitlauf*, er ist wirklich weniger gealtert. Der Zeitunterschied wird bei Annäherung an Lichtgeschwindigkeit beliebig groß. (Problematisch ist die *Beschleunigung* auf diese Geschwindigkeit, die, wie beim Start einer Weltraumrakete, wegen der Belastbarkeit der Besatzung begrenzt ist.) Mit identischen Atomuhren im Flugzeug und auf dem Boden läßt sich der Unterschied im Zeitablauf schon bei gewöhnlichen Geschwindigkeiten sehr genau messen.

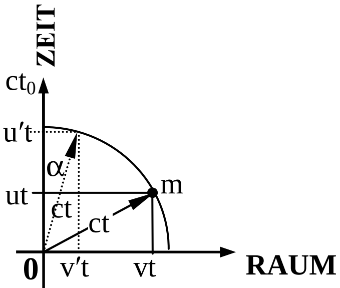
Für die Verlangsamung des Zeitablaufs infolge Geschwindigkeit ergibt die Theorie (und die Messung)

eine **Zeitdilatation** [Gl.**(2.2/2)** von Seite 14]**:** Zeitintervalle sind verlängert von T_o auf $T = \dfrac{T_o}{\sqrt{1 - v^2/c^2}}$.

Die Zeit T_o ist die Zeit, die auf einer mitbewegten Uhr abgelesen wird, während die ruhende Uhr für das gleiche Zeitintervall die längere Dauer T anzeigt. Man beachte nun zweierlei:

1. Das Minkowski-Diagramm zeigt auf der Zeitachse die Zeit t, die eine *ruhende* Uhr anzeigt.
2. Die Zeit wird als vierte Dimension einer Raum-Zeit-Geometrie angesehen. Eine solche Geometrie ist nur möglich, wenn die Zeit in der *gleichen* Einheit gemessen wird wie Strecken im Raum. In der Relativitätstheorie ist eine Strecke definiert durch die *Zeit*, die das Licht zum Durchlaufen der Strecke benötigt. Ebensogut kann man umgekehrt die Zeit definieren durch die in dieser Zeit vom Licht durchlaufene *Strecke* ct, und diese Zeitdefinition ist im vorliegenden Fall sinnvoll, weil im Diagramm die Raumdimensionen ja notwendig in Längeneinheiten *gezeichnet* sind. Man trägt deshalb für die Zeit t die entsprechende Strecke ct in das Diagramm ein.

Nun ein wesentlich verändertes Diagramm, **Bild 3.11**. Wie im Minkowski-Diagramm seien die räumlichen Strecken waagrecht eingetragen. Das sind die *räumlichen* Koordinaten in den Achsen x, y, z, von denen wir nur eine zeichnen können (perspektivisch zwei), hier z.B. so, daß die Geschwindigkeit in den nicht gezeichneten Koordinaten Null ist.



$$u = c\sqrt{1 - v^2/c^2}$$

$$t^2c^2 = t^2u^2 + t^2v^2$$

Verknüpfung von Raum und Zeit.

mc^2 = Gesamtenergie, davon potentielle Energie

$$\mathbf{= c^2 m e^{-a/R} = c^2 m\sqrt{1 - v^2/c^2}}$$

$$\mathbf{= c^2 \cdot m \cdot \frac{u}{c} = c \cdot m \cdot \frac{dS}{dt}}$$

Bild 3.11

Liegt die RAUM-Koordinate R = vt in Bewegungsrichtung, dann zeigt diese Koordinate die Länge der Weg*strecke* einer bewegten Masse, ungeachtet ihrer Kurven (so wie graphische Fahrpläne die gefahrenen Kilometer *auf der Schiene* zeigen, ungeachtet der Kurven).

Die ZEIT-Koordinate t_0 aber ist anders als im Minkowski-Diagramm. Aufgetragen wird auf ihr *nicht* die Zeit t, in der für einen in 0 ruhenden Beobachter ein *Lichtsignal* die Strecke zwischen 0 und m durchläuft, sondern die kürzere Zeit $t_0 < t$, um die während dieses Intervalls *eine mitbewegte Uhr* weitergeht (immer multipliziert mit c).

Zeigt eine im Nullpunkt ruhende Uhr die Zeit t, dann ist vt die auf der *Raum*achse zurückgelegte Strecke, aber im Vergleich mit der ruhenden Uhr ist die von der *mitbewegten* Uhr angezeigte Zeit t_0 infolge der Zeitdilatation kürzer als t. Sie ist auf der *Zeit*achse einzutragen (mal c):

$c\,t_0 = ct\sqrt{1-v^2/c^2}$ entsprechend der Speziellen Relativitätstheorie.

Während für den im Nullpunkt zurückgebliebenen Beobachter t Jahre verstrichen, ist ein Astronaut, der mit der Geschwindigkeit v nach *seiner* Uhr t_0 Jahre unterwegs war, nur um $t_0 < t$ Jahre älter geworden.

(Leider gilt *für den Astronauten* nur seine eigene Zeit).

Bild 3.11 zeigt, daß man die zu t gehörige Zeitkoordinate sehr einfach zeichnen kann, indem man die Laufzeit-Koordinate ct eines Lichtstrahls aus zwei Komponenten vt und ut zusammensetzt.

Die Geschwindigkeit u ist in der Zeichnung definiert durch $u = c\sqrt{1 - v^2/c^2}$.

Man erkennt, daß ut das geheimnisvolle **Intervall** S ist, denn es ist $u^2t^2 = c^2t^2 - v^2t^2 = S^2$.
Um das Intervall als anschauliche Größe zu erkennen, sei diese Definition folgendermaßen geschrieben:

(3.59) Definition des **Intervalls**: $\mathbf{S = ut = ct\sqrt{1 - v^2/c^2}}$, oder differentiell $\mathbf{dS = cdt\sqrt{1 - v^2/c^2}}$.

Die Zeitachse ist nichts anderes als die bewegte Uhr, wie sie ein ruhender Beobachter sehen könnte. Die vertikale Koordinatenachse ist deren „Zifferblatt". Jede mit v bewegte Masse hat ihre eigene Uhr. Zeigt die ruhende Uhr für die Länge eines Zeitintervalls t, dann zeigt die bewegte Uhr das Zeitintervall verkürzt auf $t\sqrt{1 - v^2/c^2}$, weil die Zeit auf der bewegten Masse langsamer verstreicht – aus Sicht der ruhenden Uhr!

„**Intervall**" heißt die „**Eigenzeit**" t (mal c) der bewegten Masse (= die Zeit, um die eine *bewegte* Uhr weitergeht in der Zeit t einer *ruhenden* Uhr). Sie ist auf der Zeitachse der ruhenden Uhr aufgetragen.

Physikalische Gesetze sind per Definition nur solche, die sich bei Koordinatentransformationen nicht ändern (*invariant* sind). Es überrascht nicht, daß zu einem mit v relativ *zueinander* bewegten Massenpaar jeder *beliebig* bewegte Beobachter für dessen Zeitabstand dasselbe Intervall, also dieselbe Zeitdilatation misst, wenn er nur alle Messungen auf das gleiche Referenzsystem umrechnet. Die Eigenzeit ist eben unabhängig von *beliebig bewegten* Zuschauern. Die mathematische Formulierung dieser Invarianz bei Koordinatentransformationen wird als sogenannte **Lorentz-Invarianz** in jedem Lehrbuch vorgeführt. Mit anderen Worten:

„Lorentz-Invariant" heißt: Das Universum ist zu jeder Zeit und an jedem Ort sich selbst ähnlich.

<u>Bild 3.11</u> vermittelt die folgenden grundlegenden relativistischen Erkenntnisse:

1. Man erkennt, daß $u = c\sqrt{1-v^2/c^2}$ nicht nur formal den berühmten relativistischen Wurzelfaktor definiert, sondern daß u eine *reale* Geschwindigkeit ist, und zwar die Geschwindigkeit, mit der die *Zeit* auf der mit v bewegten Masse abläuft, gesehen vom *<u>nicht</u>* bewegten Beobachter.

2. Bemerkenswert daran ist, daß für den Beobachter auf der ruhenden Masse M, für den definitionsgemäß $v = 0$ ist, die eigene *Zeit* mit *Licht*geschwindigkeit abläuft. **Alle Massen bewegen sich, von ihrem eigenen Standpunkt gesehen, mit Lichtgeschwindigkeit <u>durch die Zeit</u>.** Verständlicher gesagt: Hat die Zeitachse in Abständen von je 300000 km Marken, und sendet ein Beobachter im Nullpunkt einen Lichtblitz, dann zeigen die aufeinanderfolgend vom Lichtblitz erhellten Marken auf der Zeitachse *seinen* Zeitablauf (eine solche „Lichtuhr“, kann man sich vorstellen, indem man die Zeitachse durch Spiegel zusammenfaltet). Trägt er in die Zeitachse die Uhrzeit der mit v <u>bewegten Masse m</u> ein, dann zeigt sich diese in seiner Uhrzeit t verlangsamt mit dem Faktor $\sqrt{1-v^2/c^2}$.

3. Die vom Astronauten A auf die *eigene* Zeitachse aufgetragene *eigene* Zeitgeschwindigkeit (= c) setzt sich für jeden *anderen* Beobachter B, der ihn mit v bewegt sieht, immer aus zwei Komponenten rechtwinklig zusammen, und zwar aus *Zeit*geschwindigkeit u und *Raum*geschwindigkeit v (also relativ zu B). Es gilt $c^2 = u^2 + v^2$.

4. Erhält eine Masse m die Geschwindigkeit v im Raum, so *verdreht sich ihre Zeitachse* relativ zur ruhenden Masse um den Winkel α, wobei $\sin\alpha = v/c$ ist. Eine kleinere Geschwindigkeit v' ($< v < c$) (punktiert) verdreht die Zeitachse weniger. Bei Annäherung an Lichtgeschwindigkeit geht $\alpha \to 90°$. Für Licht gilt:
   Licht bewegt sich im <u>Raum</u> mit Lichtgeschwindigkeit c, aber es
   hat <u>in der Zeit</u> die Geschwindigkeit Null, das heißt:
   für Licht sind Zeit und Entfernungen auf Null geschrumpft.
   Jeder *ruhende* Körper bewegt sich im <u>Raum</u> mit der Geschwindigkeit Null, aber er
   hat <u>in der Zeit</u> Lichtgeschwindigkeit. Weil es bei $v = 0$ keine Abstandskontraktion gibt, sind Abstände und damit Lichtlaufzeiten *maximal*.
   Bei *konstanter* Geschwindigkeit v im Raum ist der Verdrehungswinkel α zur Zeitachse konstant.

5. Mit dem *gleichen* Faktor, mit dem sich relativ zum ruhenden Beobachter der Lauf der Zeit eines bewegten Objektes verlangsamt, verkürzt sich dessen Abstand (die *radial* gemessene Länge). Auch die gravitativ wirksame Masse (wie ihr Volumen!) nimmt *genau* mit *diesem* Faktor ab, *falls* die bewegte Masse ihre Relativgeschwindigkeit v auf Kosten ihres eigenen Energievorrates mc^2 erhält:

   Gl.(2.2/4) $\mathbf{L = L_o\sqrt{1-v^2/c^2}}$ und **Gl.(2.2/2)** $\mathbf{m = m_o}\sqrt{1-v^2/c^2}$ siehe **Seite 22/ 2.Zeile**

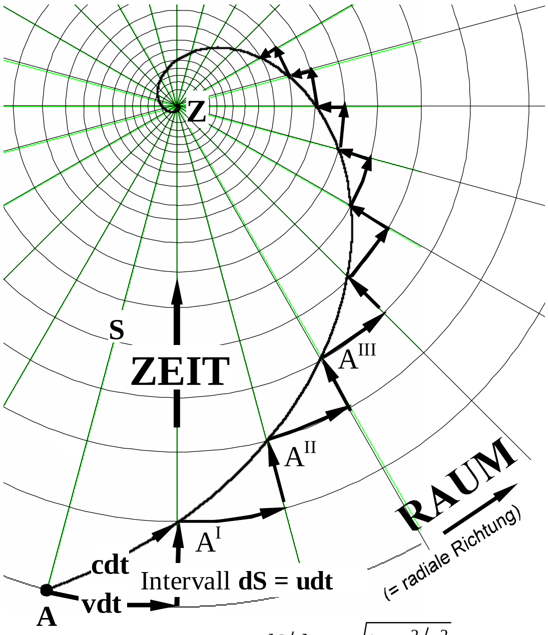
6. Gl.(2.2/2) bestätigt eine alte Vermutung, nämlich ob nicht vielleicht für Gravitation (etwa für hypothetische Gravitonen) etwas mit dem Dopplereffekt Vergleichbares gilt, derart, daß mit steigender Fluchtgeschwindigkeit die (radiale) Gravitationswirkung abnimmt und bei $v = c$ verschwindet. **Aus dieser <u>Massen</u>abnahme geht in der Tat hervor, daß die Gravitationswirkung einer Masse verschwindet, wenn sich ihre radiale Relativgeschwindigkeit der Lichtgeschwindigkeit nähert.**

Dieses Diagramm zeigt somit die wesentlichen Erkenntnisse der Relativitätstheorie. Es macht sichtbar, daß *alle* Massen <u>in der Zeit</u> mit Lichtgeschwindigkeit fortschreiten, und daß sich diese Geschwindigkeit für andere Beobachter zusammensetzt aus einer Raum- und einer Zeitkomponente (als **„<u>spatial</u>“** und **„<u>temporal</u>“** bezeichnet). Noch besser zeigt die nun folgende Erweiterung dieses Diagramms, daß die oft zitierte abstrakte Unanschaulichkeit der Relativitätstheorie auf Fehlverständnis beruht. (Man beachte, worin sich das Diagramm in **Bild 3.11** für die gezeichneten zwei Geschwindigkeiten v'<v unterscheidet.)

Vorteile gegenüber dem Minkowski-Diagramm sind *gleiche* und *unverzerrte* Zeit- und Längen*einheiten* in allen Koordinatenachsen, außerdem Erhaltung des 90^o-Winkels zwischen Zeit- und Raumachse, weil Spitzwinkligkeit der Koordinatenachsen durch nichts zu begründen wäre. Unterschiedlich bewegte Massenpunkte unterscheiden sich im gleichen Diagramm durch unterschiedliche Neigung ihrer ct-Linien.

Der Nutzen des Diagramms zeigt sich, wenn in *kosmischen* Maßstäben für beliebige Geschwindigkeiten über die Zeit integriert wird. Das klingt kompliziert, gemeint aber ist einfach die Summierung der in kleinen Zeitabschnitten dt zurückgelegten Wege vdt. Um das einfach erklären zu können, sei in **Bild 3.12** zunächst die Geschwindigkeit als konstant angenommen. Weil bei konstantem v das Diagramm Bild 3.11 für kleine Zeitabschnitte dt (mit dem Lichtweg cdt und dessen Komponenten udt und vdt) genau so aussieht wie für eine längere Zeit t, wurde in **Bild 3.12** dieses Diagramm links unten für die Zeit dt so eingezeichnet, als ob dt eine endliche Zeit t wäre. Man beachte:

Bild 3.12 ist das Diagramm für das *ganze gravitativ zusammenfallende Universum*. Anfangs befinde sich eine Masse m im Punkt A. Wegen der Gravitation des Universums erhält m auf Kosten ihrer



$u = dS/dt = c\sqrt{1-v^2/c^2}$

Bewegung in Raum (= v) und Zeit (= u)
aus der Sicht vom Standpunkt A
Jedes Vektordiagramm entspricht Bild 3.11

Bild 3.12
Zeitperspektive:
Blick in die Zukunft

potentiellen Energie (das heißt ihrer Masse) eine Fallgeschwindigkeit, die auf der *ersten* Fallstrecke von A bis A^I den Betrag v erreicht. Das gilt für einen im Startpunkt A verharrenden Beobachter (der an der Fallbewegung *nicht* teilnimmt). Aus seiner Sicht nimmt von A bis A^I die Masse *ab* von m_o auf

$$m_o\sqrt{1-v^2/c^2} = m_o\frac{u}{c} \qquad \textbf{[Seite 22, 2. Zeile]}.$$

In *jedem* Folgepunkt A^I, A^{II}, A^{III}, ... bleibe je ein weiterer Beobachter zurück, der seine dort erreichte Augenblicksgeschwindigkeit beibehält, aber an *keiner* weiteren Beschleunigung teilnimmt. Relativ zu jedem dieser Beobachter hat also die Masse die Anfangsgeschwindigkeit Null, danach aber hat sie aus der Sicht dieses Beobachters eine dauernde Fallbeschleunigung. Für ihn überquert jede Masse ihren *nächst*folgenden Punkt mit der Geschwindigkeit v. Deshalb sieht für jeden Beobachter dessen *erstes* Diagramm *genau* so aus wie für den Beobachter in A dessen *erstes* Diagramm.

Mit dem gleichen Wurzelfaktor nehmen für *jeden* Beobachter in den Punkten A, A^I, A^{II}, ... – entlang jedes radialen Weges dR = vdt – **ab**: Längen vdt (in radialer Richtung) *und* der Zeitlauf (also udt). Da aus der Sicht jedes dieser Beobachter *alles* auf der Strecke vdt im *gleichen* Verhältnis kleiner wird, wiederholen sich alle Winkel des Ausgangsdreiecks A in jedem der folgenden Diagrammdreiecke A^I, A^{II}, A^{III},....

Aus der Sicht des Beobachters im *Ausgangspunkt* A erhöht sich die Fallgeschwindigkeit der Masse zwischen allen Folgepunkten, wodurch die Steigung der Kurve ständig wächst. Das ergibt die im Diagramm gezeigte logarithmische Spirallinie mit asymptotischer Annäherung an einen fernen Zielpunkt, entsprechend einer in gleichen Zeiten stets gleichen proportionalen Abnahme aller Maßstäbe.
Da die Zeitgeschwindigkeit u = dS/dt ist, muß **S der Zeit-Radius der Universums** sein.

Der Beobachter in A sieht also, daß die Physik in A^I so ist wie seine eigene, weil dort das Verhältnis von Längen, Zeiten und Massen unverändert ist und sich alle mit dem *gleichen* Wurzelfaktor $\sqrt{1-v^2/c^2}$ verkleinern. Geht er nach A^I, dann gibt es für ihn diese Verkleinerungen nicht, weil er ja in A^I mit den gleich reduzierten Maßstäben von A^I mißt. Die Dreiecke A-Z-A^I, A^I-Z-A^{II}, A^{II}-Z-A^{III} usw. sind alle winkelgleich.

Die logarithmische Spirale A-A^I-A^{II}-A^{III}-A^{IV}-..., welche die Zeitachse überall mit gleichem Winkel schneidet, hat bei beliebigem Anfangspunkt S_o die Gleichung

$$\textbf{(3.60)} \qquad \mathbf{S = S_o e^{-\frac{\sqrt{c^2-v^2}}{S_o}t} = S_o e^{-\frac{u}{S_o}t} = S_o e^{-\frac{t}{t_o}}} \quad \textbf{mit} \quad \mathbf{t_o = \frac{S_o}{u}}. \quad \text{Probe mit bekannten Punkten:}$$

für v = 0: $\mathbf{S = S_o e^{-\frac{c}{S_o}t}}$, also $\mathbf{\frac{dS}{dt} = -c e^{-\frac{c}{S_o}t}}$ und für v = c: S = S_o = konstant für jedes t.

Für die ruhende Masse, v = 0, ist bei t = 0 die Zeitgeschwindigkeit dS/dt = –c (negativ, weil S abnimmt), bei t = ∞ wird sie Null – d.h. nach *heutigen* Maßstäben in unendlich ferner Zukunft.

Für Licht ist v = c, somit dS/dt = $dS_o/dt = 0$. Mit der Formel $q+q^2+q^3+...= q/(1–q)$ der unendlichen Potenzreihe mit $q = \sqrt{1-v^2/c^2}$ ist die Summe ΣΔS zwischen den Kreisen = $S = \frac{\sqrt{1-v^2/c^2}}{1-\sqrt{1-v^2/c^2}}\, c\Delta t$.

Für den *Beobachterstandpunkt*, also für v = 0, erhalten wir daraus S = ∞ (da dt = Δt > 0). Das bedeutet: Für jeden Beobachter ist die Zeitdistanz zum Zentrum des Universums unendlich, also gilt an *seinem* Ort die ebene Euklidische Geometrie. Jedoch für Licht, d.h. v = c, ist S = 0, Längen schrumpfen auf Null. Für Licht ist die räumliche und zeitliche Ausdehnung des Universums Null, es existiert weder Zeit noch Raum.
Licht erreicht jeden künftigen Punkt des Universums ohne Eigenzeit.

Diese Erkenntnisse kann uns die *bisherige* Relativitätstheorie so nicht liefern, weil sie fixiert ist auf die *Formel* $m = m_o\Big/\sqrt{1-v^2/c^2}$. Danach würden sich Massen mit der Fallgeschwindigkeit v *vergrößern*. Denkbar für den Ursprung dieser Energie bleibt dann nur Entstehung aus dem „Vakuum", denn das „Gravitations*feld*" war ja vorausgesetzt als frei von Quellen. Das Vakuum mußte die Fähigkeit haben, dem Feld die erforderliche Energie „zu leihen" ohne selbst Energie zu haben (siehe zweites Buchzitat auf **Seite 80**). Das Denken war festgelegt auf die Logik der klassischen Potenzialtheorie. Weil diese nichts vom Energiegehalt der Massen wußte, konnte die Fallenergie, weil *verzögerungsfrei*, „selbstverständlich" nur aus dem *Feld* (der *Erde*!) kommen, beschreibbar mit *Feldgleichungen*. Bestimmte nicht „offensichtlich" das mächtige *Erd*feld die *Bewegungs-Energie* eines fallenden Steines?

Energie-erhaltende Gravitation verlangt nun das Gegenteil, bewiesen auch empirisch durch das Resultat des Uhren-Experiments: Die Erde überläßt die Energieversorgung für Annäherung *ganz* der fallenden Masse, die wie ein Zugvogel auf eigene Kosten reist und entsprechend „abmagert" auf $\mathbf{m_o \sqrt{1 - v^2/c^2}}$.

(Für einen Beobachter auf der Masse m ist, völlig symmetrisch, umgekehrt die Erde dieser Zugvogel!).

In dieser Arbeit wird der Raum als masselos vorausgesetzt. In der bisherigen Relativitätstheorie blieb das Schrumpfen einer frei fallenden Masse unberücksichtigt. Man dachte, daß sich nur *zwei* der drei Grundeinheiten, nämlich Längen und Zeitintervalle, durch die Fallgeschwindigkeit verkürzen, die dritte aber, die Masse, dachte man sich oft sogar (geschwindigkeitsbedingt) erhöht. Die Energie für diese Massenzunahme glaubte man im Quantenvakuum des Raumes suchen zu müssen, obwohl dafür empirische Evidenz fehlt.

Bei freiem Fall schrumpfen Massen im gleichen Maß wie Längen und Zeitintervalle. Bleibt das in der Rechnung unberücksichtigt, dann ist die relativistische Geometrie verzerrt, ähnlich der Verzerrung einer perspektivischen Zeichnung, wenn von den drei Raumrichtungen nur zwei perspektivisch verkürzt gezeichnet sind, nicht aber die dritte. Das kann so aussehen, als ob das Zeichenpapier Beulen hätte. In der Relativitätstheorie konnte Einstein tatsächlich mit bewundernswerter Näherung die durch eine konstante Masse verursachten Verzerrungen als zusätzliche Raumkrümmung darstellen, doch in bestimmten „singulären Gebieten" und bei extrem konzentrierten Massen, den Schwarzen Löchern, versagt seine Näherung. Es ist verständlich, daß man aus der Kopplung von Masse und Raumkrümmung den falschen Schluß gezogen hat, Masse sei ein Effekt der Raumkrümmung statt deren *Ursache*.

In Wirklichkeit schrumpft die fallende Masse. Damit verschwinden die Widersprüche, die man durch Verbiegen des Raumes zu beseitigen suchte. Auch wird das relativistische Bild vergleichbar mit dem perspektivischen Sehen, nur gilt die perspektivische Verkürzung nicht nur für Raumabmessungen, sondern auch für Massen und Zeitintervalle. Das äußert sich als schwache Raumkrümmung. Sie ist viel zu klein, um den Raum des Universums in sich zu schließen, aber sie verrät (im Energieerhaltenden Gravitationsgesetz) *ohne Zusatzannahmen*, daß Masse und Raum eine Einheit sind.

„Gekrümmte Räume" sind unserer Vorstellung vertraut, z.B. auf einer Landkarte, in der Höhenunterschiede durch *Höhenlinien* eingezeichnet sind. So sind Berge, aufgefaßt als „*gekrümmte* zweidimensionale Räume", auf *ebener* Fläche darstellbar. Daß die Fläche einer Berg*flanke* *größer* ist als deren Projektion auf die Waagrechte ist mühelos vorstellbar. Wo die projizierten Höhenlinien dicht sind, ist die „Fläche der Bergflanke pro cm^2 *Kartenfläche*" größer und aus der Dichte berechenbar. Auch von den Straßen sehen wir nur den verkürzten „Grundriß", nicht ihre wirkliche Länge, aber wir berechnen daraus mühelos ihre Steigungen. Entsprechend können wir auch den *Raum* an bestimmten Stellen „dichter" definieren als den (ebenen) euklidischen Raum und uns die Geometrie dieser Dichte vorstellen. Anstelle von Höhen*linien* treten dann mehr oder weniger dicht ineinandergeschachtelte geschlossene *Oberflächen*. Sind das z.B. Kugel*flächen*, so wären diese das dreidimensionale Gegenstück zur zweidimensionalen Darstellung eines regelmäßigen Vulkankegels, der auf der Landkarte durch kreisähnliche Höhen*linien* eingezeichnet ist.

Im Unterschied zu Einsteins Theorie ist die Raumkrümmung begrenzt und an *jedem* Ort äußerst klein, denn auch größte Massendichte erzeugt keine Unendlichkeitsstellen. Auch ist der Raum nie in sich geschlossen. Die Diagramme dieser Arbeit und ihre Koordinatenachsen werden durch die schwache Raumkrümmung nur wenig verändert, sie zeigen aber den Unterschied zwischen relativistischer und nicht-relativistischer Physik.

3.12 Zeit – Gesehen als „Perspektive im Brunnenschacht“

Das Diagramm in **Bild 3.12** *sieht aus*, als blicke man in einen bodenlosen Brunnenschacht. Das ist natürlich nur ein Vergleich, mit dem sich aber die Relativitätstheorie veranschaulichen läßt.

Die relativistischen Formeln der Veränderungen von Massen, Längen und Zeitabschnitten infolge Geschwindigkeit zeigen sich in diesem Bild als selbstverständliche *Perspektive* in der jetzt sichtbaren Dimension der Zeit, und dies als sinnvolle Erweiterung der vertrauten optischen Perspektive in den Raumdimensionen. Eine Murmel, in diesen „Brunnen“ geworfen, entschwindet entlang der Mantellinie S, oder muß, wenn sie bei fehlender Reibung mit einer *räumlichen* (waagrecht tangentialen) Geschwindigkeit v startet und *auf* der Wand bleibt, in die Tiefe spiralen. Die Murmel hat in diesem Diagramm die zur *Spirallinie tangentiale* Höchstgeschwindigkeit = c. Sie durchläuft, *aus der Sicht vom Brunnenrand*, genau die in **Bild 3.12** gezeichnete logarithmische Spirale. Mit $c^2 = u^2 + v^2$ ergibt sich der **tangentiale Weg cdt** aus den verkürzt erscheinenden Komponenten, nämlich **waagrecht = vdt** und **vertikal = udt**, in exakt perspektivischer Sicht,

das ist waagrecht die Raumkoordinate $R = \int vdt$, vertikal die Zeitkoordinate $Tc = \int udt$.

Von der Masse m der Murmel ist nur $m\sqrt{1 - v^2/c^2}$ gravitativ wirksam, denn bezüglich Anziehung durch eine

Masse M gilt $K = G\dfrac{Mm}{R^2}e^{-a/R} = G\dfrac{Mm\sqrt{1 - v^2/c^2}}{R^2}$. (R = *räumlicher* Abstand von m zu M).

Da <u>aus der Sicht vom Brunnenrand</u> die gravitativ wirksame Masse mit dem *gleichen* Wurzelfaktor schrumpft wie die *Zeit*, stellt dieser gravitative Massenanteil *<u>Bewegungs</u>energie auf der Zeitachse* dar. Bei Ruhe, d.h. v = 0, fällt die Murmel mit Lichtgeschwindigkeit c entlang S *in die Zeit* – und ihre *gesamte* Energie ist mc^2.

Dagegen ist für v > 0 diese „<u>Bewegungsenergie auf der Zeitachse</u>“ nur der *Bruchteil* $c^2 m\sqrt{1 - v^2/c^2}$.

<u>Gravitativ</u> wirkt Bewegungsenergie (kinetische Energie) immer nur *quer* zur Bewegung, also quer zu <u>der</u> *Raum*richtung, in der v liegt. Dasselbe gilt übrigens auch für die ruhende Masse M. Sie <u>ruht</u> in jeder *Raum*richtung und <u>bewegt</u> sich *in der Zeit* mit c. Weil *jede* Raumrichtung zur Zeitrichtung senkrecht ist wirkt sie gravitativ in *jeder* Raumrichtung.

Wir können zusammenfasst sagen:

Jede Bewegungsenergie übt Gravitation aus, deren Richtung immer quer zur Bewegung ist. So gesehen ist die Bewegung in der Zeitachse ein Spezialfall, bei dem in allen drei Raumrichtungen Gravitation ausgeübt wird. Das gilt auch für die Zentralmasse M, denn sie ruht in allen drei Raumrichtungen, bewegt sich aber entlang der *Zeitachse* mit Lichtgeschwindigkeit c. Dadurch wirkt sie in allen drei Raumrichtungen gravitativ.

Die Bewegungen in den vorangegangenen Kapiteln waren immer nur Bewegungen in einer der Raumrichtungen.

3.13 Kollabierendes Universum

Die Distanz ferner Himmelsobjekte läßt sich aus der Helligkeit bestimmter Delta Cephei-Sterne abschätzen, weil deren Gesamtstrahlung bekannt ist. Kombiniert man dies mit Hubbles Messungen der Rotverschiebung ferner Galaxien, dann ist deren Distanz umso größer, je größer die Rotverschiebung ihres Spectrums. Dafür war eine andere Erklärung als Expansion des Universum schwer vorstellbar. Sie führte zur Idee des „Urknalls“, die man ab 1965 bestätigt glaubte durch die **Kosmische Hintergrundstrahlung** (1941 entdeckt von Andrew McKellar; wiederentdeckt 1965 von Penzias und Wilson). Schon G. Gamow vermutete 1949, daß eine solche Strahlung als „Relikt“ aus dem Urknall existieren müßte, fand aber damals keine Beachtung. Der Umkehrschluß allerdings macht Schwierigkeiten, denn hätte man nur die Hintergrundstrahlung, nicht aber die Rotverschiebung entdeckt, so wäre wohl niemand auf eine so absurde Hypothese wie die eines Urknalls gekommen. Anzumerken ist, daß gerade die Vordenker der stellaren Kernsynthese wie Al Cameron, Margaret und Geoffrey Burbidge, William Fowler, Fred Hoyle und andere davor warnten, in der Hintergrundstrahlung einen gesicherten Beweis für einen Urknall zu sehen, weil die Bedingungen der Kernsynthese willkürlich gewählt sind und nicht notwendig einem Urknall voraussetzen.

Die im Urknall vermuteten Prozesse wurden aus Labormessungen abgeleitet, jedoch mit hypothetischen Annahmen, die so gewählt werden können, daß herauskommt, was man wünschte. Daß kein anderer Prozeß (z.B. zusammenfallende Massen in den Zentren der Galaxien) zur Kernsynthese und zur beobachtbaren Hintergrundstrahlung führen könne, hätte eines Beweises bedurft. An dieser Stelle sollen die Kritiker selbst zu Wort kommen, zitiert aus dem im Jahre 2000 von Fred Hoyle, Geoffrey Burbidge und Jayant V. Narlikar gemeinsam veröfentlichten Werk „A Different Approach to Cosmology“:

„*Gewöhnlich glauben Studenten nach Absolvierung einer Lehrveranstaltung über Kosmologie, die Urknall-Theorie würde den kosmischen Helium-Anteil Y von nahezu 0,25 erklären. Das ist eine Verdrehung der Wortbedeutung. Wissenschaftliche Erklärungen werden analog wie die der Mathematik so verstanden, daß sie Folgerungen aus Axiomen aufzeigen, sie sollen also nicht einfach nur die Axiome wiederholen. Z.B. bot die Dirac-Gleichung eine Erklärung der Feinstruktur des Wasserstoffatoms. In diesem Sinn ist das Strahlungs-dominierte frühe Universum ein Axiom der modernen Urknall-Theorie, und die vorgeschlagene Erklärung des Mikrowellen Hintergrundes ist eine bloße Wiederholung dieses Axioms.*“ (S. 97) ... „*Wird insbesondere die Theorie so justiert, daß sie eine spezielle Eigenschaft erhält, dann ist nicht viel gesagt für die Erklärung dieser Eigenschaft. Eben das gilt für das Warum der Helium-Produktion im heißen Urknall. Die Prüfung der früher zitierten Arbeiten zeigt, daß die Theorie ausdrücklich so konstruiert wurde, daß sie die verlangte Heliumhäufigkeit liefert. Also bedeutet ihr Resultat von Y = 0,25 nicht viel als Indikator für ihre Richtigkeit oder etwas anderes.*“ (S.99) (Übersetzung. Der englische Originaltext steht im Anhang auf **Seite 99**. Siehe auch Geoffrey Burbidge, **Seite 95**).

Für viele Physiker einschließlich Einstein bot die Deutung der Rotverschiebung des Lichts ferner Galaxien durch Expansion des Universums eine willkommene Erklärung des Problems, warum das Universum in seiner langen Geschichte nicht schon längst infolge der eigenen Gravitation in sich zusammengefallen ist. Damit glaubte man, ein Problem gelöst zu haben, bevor man wissen konnte, ob es denn existiert. Hätte man untersucht, was in einem kollabierenden Universum passiert, so hätte man die Erkenntnis gar nicht vermeiden können, daß aus relativistischer Sicht dabei gar nichts passiert, außer, daß in einem kollabierenden Universum fossiles Licht rotverschoben sein muß. Man *redete* von Allgemeiner Relativität, *gedacht und gerechnet* aber hat man nach wie vor in klassischen Vorstellungen. Der riesige Raum des Universums bietet den kosmischen Massen Platz genug, um sich im Zusammenfallen auf nahezu Lichtgeschwindigkeit zu beschleunigen *ohne* zusammenzustoßen. Weil sich dadurch alle Maßstäbe im gleichen Verhältnis relativistisch so verkürzen wie das Universum schrumpft, bleiben die Maße aller Größen und ihre Verhältnisse konstant. Daß ein kollabierendes Universum ein Schwarzes Loch erzeugen müßte, läßt sich nur folgern, wenn man in Klassischen Vorstellungen denkt, das heißt, wenn man relativistische Effekte bei Annäherung an Lichtgeschwindigkeit ignoriert oder nicht versteht. Aus relativistischer Sicht können auch bei größter Massenkonzentration Schwarze Löcher nicht entstehen, weil dazu die Lichtgeschwindigkeit zu überschreiten wäre. Einen Urknall gibt es auch nicht. Das relativistische Prinzip wurde aber mathematisch so kompliziert dargestellt, daß nicht erkennbar war, daß durch dessen Anwendung **das Universum im Zusammenfallen immer sich selbst ähnlich bleibt**, also auch deshalb kein Schwarzes Loch entstehen kann. Wird dies begriffen, dann lösen sich alle Widersprüche auf.

Anfangs wurde die Rotverschiebung erklärt als Dopplerverschiebung infolge enormer Fluchtgeschwindigkeit der Lichtquelle, *später* mit Ausdehnung des Raumes mit der Zeit. Mit dem Raum, dachte man, dehnt sich die Wellenlänge des Lichts auf der Reise zu uns. Doch „Licht auf der Reise“ ist eine physikalische Geistererscheinung. Eine Uhr, die den Lichtstrahl begleiten könnte, stünde still, und in stillstehender Zeit kann sich nichts ändern.

3.14 Selbstähnlichkeit – Schrumpfen bei konstantem Radius

Vor der Frage, was das Zusammenfallen des Universums *verhindert*, wäre zu klären gewesen, ob es denn gewiß ist, daß es *nicht* zusammenfällt. Offenkundig schien eine solche Frage unwissenschaftlich, konnte sich doch jeder Laie ausrechnen, daß in den Milliarden Jahren, wofür das Alter der Sterne zeugt, das ganze Universum längst zu einem Schwarzen Loch kollabiert sein müßte.

Richtig an dieser Logik ist nur, daß *ein Laie* so rechnen könnte. Doch wer das Zusammenfallen relativistisch statt laienhaft betrachtet, der wird die besonderen Effekte berücksichtigen, die bei Annäherung der Fallgeschwindigkeit an Lichtgeschwindigkeit gelten.

Es ist schwer, auch nur einen Verteidiger des Urknalls zu finden, der die Verkürzung der Maßstäbe für Zeit und Länge für die von ihm vermutete *Expansion* des Universums nahe der Lichtgeschwindigkeit berücksichtigt. Noch mehr aber müssen sich relativistische Effekte auf ein *zusammenfallendes* Universum auswirken, weil im Fallen die Geschwindigkeiten zunehmen und Massen und Längen relativistisch schrumpfen. Dazu müßte zumindest geklärt werden, 1. welcher der geschrumpften Längenmaßstäbe gilt für die kosmischen Entfernungsangaben, und 2. welcher Zeitmaßstab gilt für Altersangaben. Werden solche Fragen nicht gestellt, dann sucht natürlich niemand eine Antwort darauf.

Angenommen, eine Masse beginnt im Abstand R_o zum Zentrum mit der Anfangsgeschwindigkeit v = 0 zu fallen. Dann verkürzt sich in der Zeit t der Abstand auf $R_o - \int_{t=0}^{t} v \cdot dt$. Die Längen<u>einheit</u>, die ein Beobachter vom Zentrum aus für den Ort der fallenden Masse berechnet, hat anfangs (t = 0) die <u>Länge 1</u>. Durch die Geschwindigkeit v schrumpft dieser Einheitsmaßstab relativistisch von 1 auf $\sqrt{1 - v^2/c^2} < 1$. Der verkürzte Einheitsmaßstab ist natürlich in der gleichen Strecke R_o *öfter* enthalten, nun sei aber vorausgesetzt, daß die Strecke durch die Fallgeschwindigkeit v relativistisch gerade soviel *abnimmt*, daß der verkürzte Maßstab *gleich oft*, nämlich R_o mal, darin enthalten ist. Dann gilt

(3.61) $\mathbf{\dfrac{R_o - \int_o^t v dt}{\sqrt{1 - v^2/c^2}} = R_o}$. Daraus $\mathbf{v = c \cdot \sin \dfrac{ct}{R_o}}$ (Probe: für dieses v im Integral wird die linke Seite gleich der rechten Seite = R_o). Die Sinusfunktion hat ihr Maximum = 1 bei $ct/R_o = \pi/2$, also nach dem ersten Viertel der Sinusperiode. Dann ist nach Gl.(3.61) $\sin ct/R_o = 1$, also v = c. Damit markiert dieser Punkt eine Zeitgrenze t, denn für v = c muß die ganze Masse Strahlung sein.

Diese Formel läßt noch keinen Schluß auf die wirkliche Fallgeschwindigkeit zu, denn sie gibt nur an, wie groß die Fallgeschwindigkeit sein muß, damit der Abstand R zum Beobachter mit dem gleichen Faktor schrumpft wie der Maßstab, der am Ort der fallenden Masse aus Sicht des unbewegten Beobachters gilt. Aber im freien Raum des kollabierenden Universums können alle Massen diese Geschwindigkeit wirklich innerhalb des durch R_o bestimmten Zeitfensters ct ($0 \le ct \le ½R_o\pi$) erreichen. Die Zeit beginnt für jede Masse in dem Augenblick, da sie mit v = 0 im Abstand R_o zu fallen beginnt. Je größer R_o, umso größer ist $½R_o\pi$, das Zeitfenster $½R_o\pi$ ist also immer größer als R_o und deshalb keine Begrenzung.

Die Geschwindigkeit, bei dem sich Schrumpfung und Maßstabsverkürzung die Waage halten, läßt sich berechnen, indem man in obige Gleichung das Gravitationsgesetz einführt, das heißt, indem man für die Wurzel den Faktor $e^{-a/R}$ nach Gl.(3.4) einsetzt. Danach bringt man das Integral isoliert auf eine Seite:

$\int_{t_0}^{t} vdt = R_o(1 - e^{-a/R})$. Durch Differenzieren nach t ($\frac{d}{dR}\frac{dR}{dt}$) erhält man daraus:

(3.62) $\mathbf{v = -R_o \dfrac{a}{R^2} e^{-a/R} \dfrac{dR}{dt}}$. Da v = –dR/dt ist, fällt v weg und man erhält $\underline{\mathbf{\dfrac{R_o}{R} = \dfrac{R}{a} e^{+a/R}}}$.

Es gibt also zu *jedem* Abstand R einen zugehörigen gedachten Anfangs-Abstand $R_o = (R^2/a)e^{+a/R}$, der die Bedingung erfüllt, daß das Universum für einen mitfallenden Beobachter immer gleich groß erscheint. Gedacht ist also dieser Abstand so, als ob obige Bedingung für die Geschwindigkeit auf der ganzen Fallstrekke erfüllt sei. Das heißt: Ist eine Masse von R_o bis R gefallen, dann schrumpft im Weiterfallen ihr Abstand R mit dem gleichen Faktor wie der Längenmaßstab, so daß *bezüglich des Meßortes* keine Schrumpfung des Universums stattfindet. Diese Bedingung ist im Universum auch erfüllt, wenn die Abstände $R \le a$ sind, da a der halbe Radius der Universums ist und fallende Himmelskörper sogar bei weniger als a/2 noch Bewegungsfreiheit haben. Nur im Schwerefeld der Sterne ist a sehr klein und liegt innerhalb der raumfüllenden

Substanz ihrer Masse M. Bei den riesigen kosmischen Räumen mit Platz zwischen ihren Massen bestehen aber freie Weglängen, die ausreichen für Kontraktionsgeschwindigkeiten des Universums bis nahezu Lichtgeschwindigkeit.

Das bedeutet zwar, daß die Rotverschiebung verschwindet, aber für Licht, das heute, also *jetzt* emittiert wird. Dieses *heute* emittierte Licht weit entfernter Galaxien erreicht uns erst nach Milliarden Jahren, also wurde deren Licht, das wir *heute* sehen, vor Milliarden Jahren emittiert. *Damals* war nach *heutigen* Maßstäben das Universum und mit diesem die Wellenlänge auf der gleichen Spektrallinie größer.

Gewöhnlich wird in der Urknall-Hypothese aus der *heute* beobachteten Rotverschiebung fossilen Lichts auf die *gegenwärtige* Expansion des Universums geschlossen. Doch dieses Licht erzählt nichts aus der Gegenwart dieser fernen Orte. Es erzählt etwas aus der Zeit vor Milliarden Jahren, als es ausgesandt wurde, es hat sich seitdem nicht verändert, weil für Licht die Zeit stillsteht (dessen Eigenzeit ist Null).

Damit ist die Rotverschiebung ein weiteres mal erklärt. Das sei veranschaulicht mit **Bild 3.13**

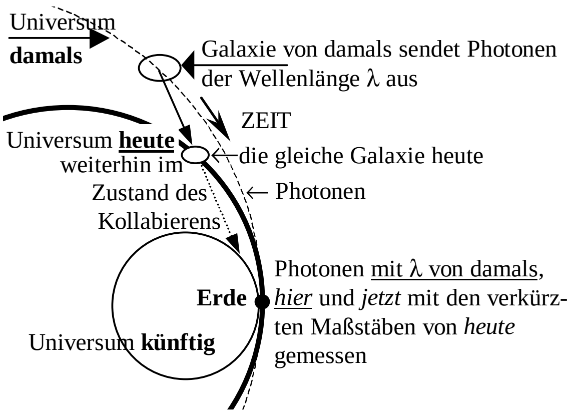


Bild 3.13

1. Alle Massen des Universums fallen gravitativ in sich zusammen. Jede Masse hat *relativ* zu jedem Beobachter zu jeder Zeit eine bestimmte Fallgeschwindigkeit.

2. *Am Ort* jedes Beobachters gelten dieselben Maßstabs*verhältnisse* für Zeit, Länge und Masse. (Nicht zu verwechseln mit dem Verhältnis, in dem die Maßstäbe *verschiedener* Beobachter *zueinander* stehen und das durch deren *Relativ*geschwindigkeit bestimmt ist.)

Für jeden Beobachter auf irgend einer Masse des Universums ist also die Welt zu allen Zeiten physikalisch völlig gleichartig. Warum dabei das Universum als ganzes von jedem als expandierend beobachtet wird, läßt sich nun nach diesem Bild leicht erkennen: Photonen behalten immer die Zeit- und Längenmaßstäbe ihres *Ursprungs*, jedoch jede der kollabierenden Massen macht beim Kollabieren *die* Maßstäbe zu ihren eigenen, die an *ihrem* Ort gelten, derart, daß ihr die gleiche Physik erhalten bleibt (Der Physiker nennt das „Skaleninvarianz“).

Entscheidend ist, daß für jeden Beobachter die eigene Maßstabsveränderung nicht existiert, denn für ihn hat sie keine andere Auswirkung als *nur* die, *daß er mit seinem (relativ zur fernen Galaxis) verkürzten Maßstab größere Wellenlängen des fossilen Lichtes ferner Galaxien mißt*. So einfach erklärt sich die Rotverschiebung allein aus dem konsequent angewandten Relativitätsprinzip. Und das ist auch schon *alles*, was im Kollaps des Universums steckt. Das Relativitätsprinzip drückt eine Binsenwahrheit aus, nämlich, daß „absolute Größe“ etwas Sinnloses ist. Was wäre „Größe“ in einer vergleichslosen Leere?

„Erklären“ läßt sich also die „Fluchtbewegung“ der Galaxien als „Expansion des Universums“, aber ebensogut als dessen Kollaps, je nach den Maßstäben, mit denen man mißt, oder je nach der Blickrichtung, also ob man in die Vergangheit oder in die Zukunft blickt. Anstelle von „Erklärungen“ kann man auch einfach alle physikalischen Maßstäbe als Funktionen von Ort und Zeit darstellen, derart, daß überall und zu allen Zeiten die gleichen physikalischen Gesetze gelten, das heißt **„Selbstähnlichkeit“**.

Das ist das Relativitätsprinzip. Meines Wissens hatte man es nur nie konsequent durchgeführt, sich unbewußt und gegen alle Illusionen nie von der klassischen Physik gelöst und immer noch in *absoluten* Maßstäben *gedacht*. So entstanden Urknall und Schwarze Löcher – nicht in der realen Welt, sondern in unseren Köpfen, obwohl wir schon als Kinder in unseren Märchen und heute außerdem im Fernsehen spielend leicht relativistisch gedacht haben: Denn wie mühelos versetzen wir uns in Liliputwelten, denken uns verzaubert zu Riesen oder verwandelt sogar in mikroskopische „Däumlinge“, die mit ihrem U-Boot den menschlichen Körper durchtauchen. Hat Ihnen oder irgend einem Kind das je Schwierigkeiten in der Vorstellung gemacht?

Das ist das Relativitätsprinzip.

Die Rotverschiebung beweist, daß das ehemalige Universum (und also die Wellenlänge) *größer* war als heute, einfach weil wir mit den inzwischen verkürzten Maßstäben messen. Dies wurde als Dopplerverschiebung infolge „Fluchtgeschwindigkeit" gedeutet, wonach diese Geschwindigkeit umso größer wäre, je weiter die Lichtquelle entfernt ist. Das täuscht eine „Expansion des Universums" vor. Weil mit geschrumpften Maßstäben gemessen scheint diese Aussage korrekt, denn für Fluchtgeschwindigkeit gilt: Je kleiner unsere Maßstäbe, umso größere Relativgeschwindigkeit messen wir. Das fügt sich in die Vorstellung, die durch **Bild 3.12** (Seite **42**) „Entschwinden von Zeit und Raum" dargestellt ist. Denn je größer diese Geschwindigkeit, umso näher kommt sie der Lichtgeschwindigkeit, d.h. umso öfter spiralt die Murmel im Brunnen bis sie uns erreicht, umso größer ihre Entfernung *auf der Spirallinie*! Jetzt ist klar, warum das Universum, auch wenn es expandierend gedacht wird, nie größer wird: Die Maßstäbe laufen mit und jede gemessene Entfernung ist die Länge einer Spirallinie um die Zeitachse!

Was für die Rotverschiebung gilt, gilt natürlich allgemein für den zeitlichen Abstand zweier Ereignisse auf einer entfernten Galaxie. Er erscheint uns größer entsprechend unserer verkürzten Maßstäbe.

Gewonnen haben wir die Vorstellung eines ewigen Fallens gegen ein nie erreichbares Zentrum bei gleichzeitiger Veränderung aller physikalischen Größen einschließlich der Zeit in der Weise, daß für einen mitfallenden Beobachter die *relativen* Beziehungen dieser Größen sich nicht ändern. Das Universum hat also die Struktur einer **selbstähnlichen Fraktalen Geometrie**. Das lässt sich vergleichen mit einer schrumpfenden Kugeloberfläche, auf der alle Teile (Massen) in der Fläche nach einer asymptotischen Zeitskala zueinander konvergieren, aber alle Längenmaßstäbe gerade so schrumpfen, daß die gegenseitigen Proportionen erhalten bleiben. Der Zeittakt wird fortlaufend so gedehnt wie im berühmten Wettlauf von Achilles mit der Schildkröte, so daß dieses Fallen niemals ein Ende findet. Sähe man diese schrumpfende Welt mit der Zoom-Lupe bei entsprechend wachsender Vergrößerung, so sähe man eine unveränderte Welt, die selbst kein Schrumpfen wahrnimmt außer als Rotverschiebung ferner Lichter.

Die schrumpfende Welt ist an allen Orten und zu allen Zeiten ähnlich zu sich selbst. Das entspricht einer *unendlichen* Fraktalen Geometrie. Selbstähnlichkeit, nicht ein absolutes Längenmaß, ist die Weltkonstante. Ihr mathematischer Ausdruck ist die Lorentz Invarianz ihrer Gesetze.

Jeder Techniker wäre glücklich, wenn es ihm gelänge, verkleinerte Modelle seiner Konstruktionen so zu bauen, daß in ihnen exakt die gleichen Bedingungen (Verhältnisse) gelten wie im Großen. Doch dieses Kunststück ist verwirklicht nur im ganzen Universum, das auf ewig schrumpft und doch immer sich selbst ähnlich bleibt.

Wir können das Gesetz des Freien Falles auf das Zusammenfallen des Universums als Ganzes anwenden. Der Ort maximaler Gravitation, der den **Radius des Universums** definiert, ist nach Seite 38

(3.58) $$\mathbf{R = \frac{2GM}{c^2} = 2a.}$$ (M ist die Masse des Universums innerhalb dieses Radius).

Die potentielle Energie in diesem Abstand ist $E_{pot/max} = c^2Me^{-a/R} = c^2Me^{-1/2}$. Die Differenz zur Gesamtenergie Mc^2 muß kinetische Energie sein. Diese entspricht einer bestimmten Geschwindigkeit, die sich ergibt, wenn man R = 2a nach Gl.(3.58) in Gl.(3.6) einsetzt:

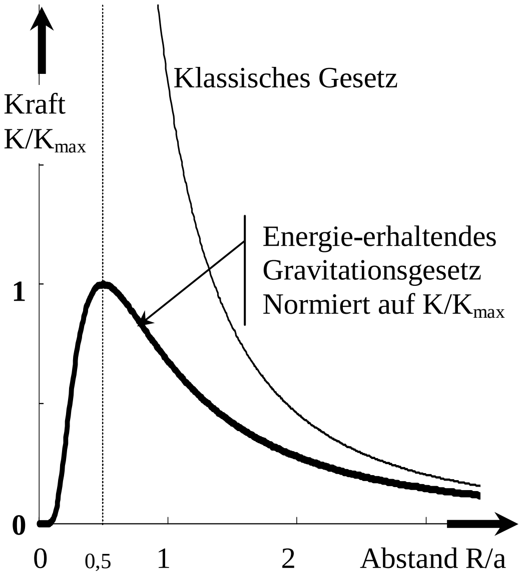
$$\mathbf{v = c \cdot \sqrt{1 - e^{-2a/R}} = c \cdot \sqrt{1 - e^{-1}} = 0{,}795 \cdot c}\ .$$

Aus der Sicht eines *ruhenden* Beobachters ist das die Geschwindigkeit, mit der das Universum am Ort des Radius $\mathbf{R = \frac{2GM}{c^2}}$ zusammenfällt. Aus der gleichen Sicht muß sich mit der Fortdauer des Fallens die Geschwindigkeit weiter vergrößern, natürlich auf Kosten des Energiegehaltes der fallenden Masse. Bei Annäherung an das Zentrum strebt die Fallgeschwindigkeit gegen den Grenzwert c. Der „Rand" des Universums ist also nicht durch eine scharfe Grenze definiert, sondern durch das Gravitationsmaximum, hinter dem trotz stark abfallender Gravitationswirkung auch bei doppelter oder noch größerer Entfernung immer noch weitere Galaxien beobachtet werden können.

3.15 Doch ein Schwarzes Loch?

Dipl.Ing. Joachim Elser, Überlingen, konstruierte folgendes Gedankenexperiment.

Nach dem Energie-erhaltenden Gravitationsgesetz nimmt die Potentielle Energie einer fallenden Masse genau um die entstehende Kinetische Energie ab, das heißt von anfangs mc^2 in unendlicher Entfernung auf $mc^2e^{-a/R}$ im Abstand R. Sie verwandelt sich in kinetische Energie, die in radialer Richtung keine Gravitation spürt (ebenso wie ein Lichtstrahl, der *nur* kinetische Energie ist). Doch quer zur Ausbreitung unterliegt Licht der Gravitation und wird abgelenkt. Ist die Zentralmasse M hinreichend konzentriert, dann könnte man, so argumentiert Elser, einen Lichtstrahl so nahe an ihr vorbeiführen, daß dessen Ablenkung für eine Kreisbewegung um das Zentrum ausreicht. Der beliebig energiereiche Lichtstrahl wäre dann in einem hinreichend kleinen Abstand von der Zentralmasse M gefangen, und das müßte ein Schwarzes Loch sein.



Zur Erklärung der Gamma-Bursts

Bild 3.14

Dieses Argument trifft für Licht bei allen Gravitationstheorien zu mit Ausnahme des Energie-erhaltenden Gesetzes.

Die Lichtablenkung erfolgt in Richtung *zur Zentralmasse* M, also in *radialer* Richtung. Je näher der Lichtstrahl am Zentrum vorbeiführt, umso weniger Platz verbleibt für das Volumen der Zentralmasse. Die Zentralmasse kann sich aber auf ein so kleines Volumen nur durch *Kollabieren* infolge eigener Gravitation zusammenziehen, und das verringert ihre gravitative Wirkung, weil sie sich dabei in gravitativ unwirksame kinetische Energie verwandelt.

Das Diagramm zeigt, daß auch bei noch so großer Zentralmasse der *normierte* Abstand R/a = 0,5 zum Maximum der Kraft für alle Massen immer derselbe ist.

Es nützt also nichts, die Zentralmasse zu vergrößern oder einen Lichtstrahl näher an die konzentrierte Masse heranzubringen, weil das in beiden Fällen zu Abständen führt, bei denen die Gravitation geringer ist als nach dem Klassischen Gesetz.

Ist der Abstand kleiner als R/a = 0,5, dann nimmt die Gravitation und *somit die Ablenkung* des Lichtstrahls sogar ab, lange bevor die Krümmung sich zu einem Kreis schließt, wie groß und konzentriert die Zentralmasse auch sein mag.

Das läßt sich verstehen, wenn man bedenkt, daß eine Masse, wenn sie so stark kollabiert, einen Großteil ihrer inneren Energie mc^2 in kinetische Energie umsetzt. Das kann *kein statischer Zustand* sein, im Gegenteil, es ist ein dynamischer Prozeß unvorstellbarer Gewalt, denn so komprimieren kann sich die Masse grundsätzlich nur selbst in einer Implosion, einem **Gamma-Burst.** Dabei beschleunigen sich ihre Teile durch ihre eigene Gravitation in Richtung zum Zentrum auf nahezu Lichtgeschwindigkeit.
Kinetische Energie hat in Richtung der Bewegung keine Gravitation, also auch nicht dieser gewaltige, in kinetische Energie verwandelte Teil der implodierenden *Zentralmasse*, weder nach innen noch nach außen. Erst im Zentrum könnten die implodierenden Massen Lichtgeschwindigkeit erreichen, aber dort haben sie sich vollständig in Strahlung verwandelt. An der Formel $\mathbf{v = c.\sqrt{1-e^{-2a/R}}}$ läßt sich das ablesen, wonach v = c nur bei R = 0 erreicht wird. Das schließt natürlich nicht aus, daß die Massen schon vor Erreichen des Zentrums durch andere physikalische Prozesse zerstrahlen.

3.16 Trägheit und Gravitation

Gleichung **(3.2)** (Seite 22) zeigt das Trägheitsgesetz zunächst für den Fall, daß Massen *nur* gravitativ aufeinander wirken. Gibt es auch andere Arten von Kräften, für die das Trägheitsgesetz doch postuliert werden muß? Von allen Arten von *Zentralkräften* zwischen Massen (Energie) ist die immer vorhandene Gravitation nur eine, und ist sie relativ schwach. Wenn sich beweisen läßt, daß sich unter der zusätzlichen Wirkung anderer *Zentral*kräfte das gleiche Trägheitsgesetz ergibt, dann sind nur noch völlig andersgeartete nicht-zentralistische Kräfte denkbar. Für solche gibt es aber bis heute keinen Hinweis.

Nimmt man zunächst elektrische Aufladung der Massen an, so ist die elektrostatische Kraft Q_1Q_2/R^2 zur **Gravitationskraft Gl.(1.4)** zu addieren (Minuszeichen, damit $-Q_1Q_2 > 0$, weil bei Anziehung eine der Ladungen negativ ist). Nach wie vor gilt **Gl.(1.2)** (S. 5), weil nur die Massen Träger der Energie sind:

Gl.(1.2) $\quad E_{pot} = [M+m\cdot f(R)]c^2$ mit $0 < f(R) < 1$, Aber für die Anziehungskraft gilt statt **(1.4)**

Gl.(3.63) $\quad K = G\dfrac{M\cdot mf(R)}{R^2} - \dfrac{Q_1Q_2}{R^2}$. Außerdem gilt **Gl.(1.3)** $\quad K = \dfrac{dE_{pot}}{dR} = mc^2\cdot f'(R)$.

Gl.(3.63) = Gl.(1.3) ergibt:

$$G\frac{M\cdot mf(R)}{R^2} - \frac{Q_1Q_2}{R^2} = mc^2\cdot f'(R), \quad \text{umgruppiert:} \quad f' - \frac{GM}{c^2R^2}f = -\frac{Q_1Q_2}{mc^2R^2}. \quad \text{Deren Lösung ist}$$

$$f = \frac{Q_1Q_2}{GMm} + \Gamma e^{-a/R} \qquad (\Gamma = \text{Integrationskonstante},\ a = \frac{GM}{c^2}). \qquad \text{Eingesetzt in Gl.(1.2):}$$

$$E_{pot} = Mc^2 + \frac{Q_1Q_2}{GM}c^2 + \Gamma mc^2e^{-a/R}, \text{ daraus } E_{kin} = (M+m)c^2 - E_{pot} = mc^2 - \frac{Q_1Q_2}{GM}c^2 - \Gamma mc^2e^{-a/R}.$$

Für $R = \infty$ ist $E_{kin} = 0$, $e^{-a/R} = 1$, also $\dfrac{Q_1Q_2}{GM}c^2 + \Gamma mc^2 = mc^2$, daraus $\Gamma = 1 - \dfrac{Q_1Q_2}{GMm}$, damit ist

$$f = \frac{Q_1Q_2}{GMm} + \Gamma e^{-a/R} = e^{-a/R} + \frac{Q_1Q_2}{GMm}\left(1-e^{-a/R}\right) \quad \text{Eingesetzt zuerst in Gl.(1.2):}$$

(3.64) $$E_{pot} = \left[M + me^{-a/R} + \frac{Q_1Q_2}{GM}\left(1-e^{-a/R}\right)\right]c^2 \text{ bzw. } E_{kin} = \left(m - \frac{Q_1Q_2}{GM}\right)\left(1-e^{-a/R}\right)c^2. \text{ Dann in (3.63)}$$

(3.65) $$\mathbf{K = \frac{GMm - Q_1Q_2}{R^2}\cdot e^{-a/R}}.$$

Gl.(3.65) erweckt den Anschein, als ob Ladungen und Massen gleichberechtigt wären. Aber im Faktor $\mathbf{e^{-a/R}}$ enthält 'a' nur die Masse M, keine Ladungen, ist also unabhängig von den Ladungen. Nach Gl.(3.1) läßt sich E_{kin} auch als Funktion der Fallgeschwindigkeit ausdrücken und gleichsetzen mit E_{kin} nach Gl.(3.64 rechts):

(3.66) $$E_{kin} = mc^2(1-\sqrt{1-v^2/c^2}\,) = \left(1-\frac{Q_1Q_2}{GMm}\right)\left(1-e^{-a/R}\right)mc^2.$$

Für v = c ergibt der linke Ausdruck $E_{kin} = mc^2$, d.h. die <u>ganze Masse m hat sich in kinetische Energie umgesetzt</u>. Dann läßt sich aus dem rechten Ausdruck berechnen, bei welchem Abstand $R_o > 0$ dies geschieht (wobei immer $-Q_1Q_2 > 0$, weil eine der Ladungen negativ ist, $a = GM/c^2$):

(3.66a) $$mc^2 = \left(1-\frac{Q_1Q_2}{GMm}\right)\left(1-e^{-a/R_0}\right)mc^2, \quad \text{daraus} \quad \mathbf{R_o} = \frac{a}{\ln\left(1-\dfrac{GMm}{Q_1Q_2}\right)} = \frac{\mathbf{\dfrac{Q_1Q_2}{mc^2}}}{\mathbf{\ln\left(1-\dfrac{GMm}{Q_1Q_2}\right)^{\frac{Q_1Q_2}{GMm}}}}.$$

Für $Q_1Q_2/R^2 >> GMm/R^2$ wird der Nenner = 1, weil der Numerus des Logarithmus gegen e strebt.

Bei $\mathbf{R = R_0}$ ist die ganze Masse in kinetische Energie verwandelt.

Die zusätzliche Anziehung durch die Ladungen bewirkt, daß die Masse m schon im Abstand $R_o > 0$ (also *vor* Erreichen des Gravitationszentrums) Lichtgeschwindigkeit erlangt, sich also in Strahlung verwandelt. Nur wenn die Ladungen Null sind, wird der Nenner unendlich und damit $R_o = 0$.

Ein interessantes Ergebnis erhält man durch Ableitung beider Seiten von Gl.(3.66) nach der Zeit t:

$$\left(\text{links } \frac{d}{dt}=\frac{d}{dv}\frac{dv}{dt}, \quad \text{rechts } \frac{d}{dt}=\frac{d}{dR}\frac{dR}{dt}\right) \qquad \left(\frac{dR}{dt}=v\right)$$

$$\frac{mv}{\sqrt{1-v^2/c^2}}\cdot b=\left(-\frac{GMm}{R^2}+\frac{Q_1Q_2}{R^2}\right)\cdot e^{-a/R}\cdot v=-K\cdot v$$ [K nach Gl.(3.65)]. Ergebnis:

(3.67) $$\underline{b\cdot\frac{\mathbf{m}}{\sqrt{1-v^2/c^2}}=-K,}$$ **[≡ Gl.(3.2) auf S.22] Trägheitsgesetz.**

<u>Also gilt das Trägheitsgesetz auch für elektrostatische Kräfte</u>. Es gilt sogar für <u>alle Zentralkräfte</u>.
Um das zu zeigen sei dieselbe Rechnung für eine beliebige Zentralkraft Z wiederholt:

(3.63a) $$K=G\frac{M\cdot mf(R)}{R^2}+Z.$$ Unverändert gelten auch in diesem Fall Gl.(1.2) und Gl.(1.3):

Gl.(1.2) $E_{pot}=[M+m\cdot f(R)]c^2$ mit $0<f(R)<1$, **Gl.(1.3)** $K=\frac{dE_{pot}}{dR}=mc^2\cdot f'(R)$.

Es muß gelten **Gl.(3.63a)** = **Gl.(1.3)**, da in beiden Gleichungen K die gleiche Kraft ist:

$$G\frac{M\cdot mf(R)}{R^2}+Z=mc^2\cdot f'(R), \quad \text{umgruppiert: } f'-\frac{GM}{c^2R^2}f=\frac{Z}{mc^2}.$$ Deren Lösung ist:

$$f(R)=e^{-a/R}\int\frac{e^{+a/R}}{mc^2}Z\cdot dR.$$ f(R) Eingesetzt in **Gl.(1.2)** und **$E_{kin}=E-E_{pot}$ (= Gl. 1.8):**

(1.2a) $E_{pot}=Mc^2+e^{-a/R}\int e^{+a/R}Z\cdot dR$ und **(1.8a)** $E_{kin}=mc^2-e^{-a/R}\int e^{+a/R}Z\cdot dR$ Probe:

$$K=\frac{dE_{pot}}{dR}=\frac{ae^{-a/R}}{R^2}\int e^{+a/R}Z\cdot dR+Z=G\frac{M\cdot mf(R)}{R^2}+Z.$$ [f(R) eingesetzt].

Analog (3.66) muß E_{kin} (Funktion von v) nach **Gl.(3.1)** gleich sein E_{kin} (Funktion von R) nach **Gl.(1.8a)**:

(3.66b) $E_{kin}=mc^2(1-\sqrt{1-v^2/c^2})=mc^2-e^{-a/R}\int e^{+a/R}Z\cdot dR$. Beide Seiten nach t abgeleitet,

$$\frac{mv}{\sqrt{1-v^2/c^2}}\cdot b=-\left(\frac{ae^{-a/R}}{R^2}\cdot\int a^{+a/R}Z\cdot dR+Z\right)\cdot v=-\left(G\frac{M\cdot mf(R)}{R^2}+Z\right)\cdot v=-K\cdot v,$$

[= –Gl.(3.63a)], ergibt also wieder wie oben das Trägheitsgesetz nach Gl.(3.67).

Zentrale Bedeutung hat in diesen Gleichungen der gravitative Term. Mit der Funktion $e^{-a/R}$ verwaltet dieser Term den Energiehaushalt auch aller anderen Kräfte. Er versorgt sie mit Energie, vergleichbar mit dem Energievorrat eines Antriebsmotors. „Kraft" ist nichts anderes als die Energie, die entlang des Weges von 1 Längeneinheit übertragen wird. Ist der Energievorrat (Kraftstoff) erschöpft, so bleibt der Motor stehen. Diese Haushaltführung für die Energieversorgung sämtlicher Kräfte der Natur ist die fundamentale Eigenschaft der Gravitation. Sie ist der Energieverwalter des Universums.

Man beachte den 3. Term in Gl.(3.64), $\left[\frac{Q_1Q_2}{GM}\left(1-e^{-a/R}\right)\right]c^2$. Er verschwindet nur für $R=\infty$ und wäre nach Gl.(3.66) für $R\le R_o$ negativ, aber für $R_o<R<\infty$ repräsentiert er <u>**potentielle Energie im Feld!**</u> Das heißt: Im *Unterschied* zu Gravitationsfeldern **hat das elektrische (und das magnetische) <u>Feld</u> sehr wohl eine bestimmte Energiedichte,** und diese hat Gravitationseigenschaften.

Im Vergleich mit anderen Kräften ist Gravitation oft vernachlässigbar, aber an ihrem Tropf hängen sie alle. Wenn es zwischen den Massen Kräfte gibt, die größer als Gravitation sind, so können diese eine Masse zwar stärker beschleunigen, dafür erschöpfen sie den Energievorrat schneller. Bei *gleichem* Energievorrat erzeugt *jede* Kraft auch die *gleiche* kinetische Energie, und die Haushaltführung $e^{-a/R}$ sorgt dafür, daß diese von der noch verfügbaren potentiellen Gravitationsenergie abgebucht wird.

Elektrische *Ladungen* kommen als Energie-*Quelle* nicht in Frage, weil sie sich nicht verringern, wenn sie *mittels* ihrer elektrostatischen Anziehung kinetische Energie erwerben – und diese nach außen abgeben können. Was sich dabei erschöpft ist *allein* die Energie mc^2 ihrer Massen. Deshalb zerstrahlt ein Elektron-Positron-Paar (mit den Massen von je m_e) spätestens dann, wenn es durch ihre elektrostatische Anziehung ihre gesamte innere (= potentielle) Energie $2m_ec^2$ in kinetische Energie umgesetzt hat (also ihre Ruhemassen). *Danach* sind nach Gl.(3.64) und Gl.(3.66) ihre potentiellen Energiereserven (*das sind ihre Massen*, nicht ihre Ladungen!) erschöpft, und für die Fortdauer der elektrostatischen Zentralkraft fehlt weiterer „Kraftstoff“. Die Berechnung der Energie der Zerstrahlung steht in jedem guten Lehrbuch:

$$E_{elektron} = m_ec^2 = \frac{9{,}108}{10^{28}} \cdot 8{,}987 \cdot 10^{20} = \frac{8{,}18586}{10^7} \cdot \frac{10^{12}}{1{,}602} = 511000 \text{ Elektronenvolt} = \nu h \qquad \nu = 1{,}235 \cdot 10^{11} \text{ GHz}$$

↑m_e[g] ↑c^2[cm^2/s^2] ↑[gcm^2/s^2] ↑[Umrechnung in eV] ↑$h = 6{,}626/10^{-27}$[cm^2g/s]

m_e = Masse von Elektron bzw.Positron **[1 gcm^2/s^2 = 10^{12}/1,602 Elektronenvolt.]** ν =↑Frequenz des Gammaquants

Da die *ganze* Energie in kinetische Energie umgesetzt ist, d.h. $E_{pot} = 0$, kann diese Energie nur die Form von Strahlung haben. Auch die Coulomb’sche Kraft ist erloschen, das Teilchenpaar zerstrahlt in ein Photonenpaar entgegengesetzter Richtung. Mit **<u>Gl.(3.66a)</u>** läßt sich berechnen, bei welchem Abstand R_o die Zerstrahlung spätestens abgeschlossen sein muß. Dann hat sich der Gesamtvorrat an Energie m_ec^2 pro Teilchen in kinetische Energie umgesetzt. Weil die Gravitationskraft GMm/R^2 bei so kleinen Teilchen verschwindend klein ist gegenüber der elektrostatischen Kraft Q_1Q_2/R^2, ist deren Verhältnis
$GMm/Q_1Q_2 \cong 0$. Damit wird der Numerus des Logarithmus $\cong$ e, also der Logarithmus im Nenner $\cong 1$.

Mit der Ladung $e_o = \frac{4{,}803}{10^{10}} \frac{cm^{3/2}g^{1/2}}{s}$ je eines Teilchens ist für das Teilchenpaar der Abstand R_o

$$R_o = \frac{e_o^2}{c^2 m_e} = \frac{\left(4{,}803 \cdot 10^{-10}\right)^2}{\left(2{,}998 \cdot 10^{10}\right)^2 9{,}108 \cdot 10^{-28}} = 2{,}82 \cdot 10^{-13}\text{cm} \quad \text{(auch „Elektronenradius“ genannt).}$$

Bei diesem Abstand muß (spätestens) deren Zerstrahlung in zwei Photonen stattgefunden haben.

In gewisser Analogie zum hypothetischen Schwarzen Loch kann man diesen Grenzabstand „Ereignishorizont“ nennen, weil jetzt die elektrostatisch verstärkte Zentralkraft schon bei $R_o > 0$ Lichtgeschwindigkeit erzeugt.

<u>Folgerungen aus Gl.(3.2)</u> ≡ <u>(3,67)</u>: **1. <u>Es gibt nur Zentralkräfte</u>** **2. „<u>actio = reactio</u>“**

Zur Ableitung wurde außer dem Energie-erhaltenden Gravitationsgesetz nichts vorausgesetzt, auch nicht indirekt in irgend einem Postulat. Das negative Vorzeichen in Gl.(3,67) drückt das von Newton ausgesprochene Prinzip **<u>actio = reactio</u>** aus, d.h. jede Kraft provoziert eine gleich große Gegenkraft. Es gilt also

(3.68) $$b.\frac{m}{\sqrt{1-v^2/c^2}} + K = 0$$ **<u>das Trägheitsprinzip</u>** [nur anders geschrieben als in Gl.(3.2), S. 22].

Falls *alle* Kräfte der Natur zurückführbar sind auf Zentralkräfte, dann folgt aus diesen Gleichungen das Trägheitsgesetz als allgemeingültiges Prinzip. Andere als Zentralkräfte sind bis jetzt nicht bekannt. Dem scheint zu widersprechen, daß magnetische Kräfte *quer* zu den elektrischen Feldänderungen wirken. Da es keine einzelnen Magnetpole gibt, wirken jedoch magnetische Kräfte nicht direkt. Sie wirken nur auf ihresgleichen, d.h. auf magnetische Kraftfelder, die ihrerseits durch ein elektrisches Feld erzeugt sind. Jede Querdrehung führt deshalb immer durch eine zweite Querdrehung in die Ausgangsrichtung zurück. Elektromagnetische Kräfte wirken also immer nur zwischen den *Zentren* der bewegten Ladungen.

3.17 Rotierendes Bezugssystem
„Invarianz gegenüber Koordinatentransformation"

Am leichtesten entzündet sich Kritik an solchen Passagen der Theorie, die ohne Erläuterung oder Ableitung so eingeführt werden, als wären sie bekannt, obwohl klar ist, daß die Suche nach den Quellen und deren Studium jeden verfügbaren Zeitrahmen sprengt. Jeder Studierende kennt das frustierende Gefühl, solche hergezauberte Passagen halbverstanden ertragen zu müssen – wie eine unbewußte Abwehr gegen den Versuch des Irrationalen, sich in unser Denken einzuschleichen.

So hört man z.B. immer noch Zweifel, ob wirklich alle Bezugsysteme gleichberechtigt sein können. Zeichnet nicht z.B. die Abwesenheit von Fliehkräften *ein* bestimmtes Bezugsystem im Universum aus, nämlich das, welches in Bezug zum Universum nicht rotiert? Gibt es vielleicht doch so etwas wie einen „absoluten Raum", zumindest bezüglich Drehung? Es scheint in der Tat mysteriös, wie Naturgesetze auch dann invariant bleiben könnten, wenn unser Labor rotiert. Das verlangt die Theorie, obwohl z.B. relativ zu einem erdgebundenen Labor alle Fixsterne (abgesehen von der Sonne) uns weit schneller als mit Lichtgeschwindigkeit umkreisen. Darf nicht nach derselben Theorie eine Masse diese Geschwindigkeit niemals überschreiten? Schon der nächste Fixstern im Sternbild α Centauri fegt quer zur Sichtlinie mit rund 6000-facher Lichtgeschwindigkeit über den Himmel.

Wird allerdings die Relativitätstheorie nicht als Ergebnis *formalistischer* Koordinatentransformation interpretiert sondern *physikalisch* in lückenlos definierter Weise, so entsteht dieses Problem nicht, weil die Theorie – für manche überraschend – keineswegs ausschließt, daß ein Bezugssystem möglich ist, in dem sich sogar so massereiche Objekte wie Sterne schneller bewegen als Licht. Daß eine solche Aussage als Widerspruch zur Theorie empfunden wird, könnte damit zusammenhängen, daß die Physik oft schon in der Schule auf Formales reduziert wird, ohne Offenlegung des physikalischen Inhaltes. „Physikalisch" heißt: Formeln genügen nicht, wenn dazu nicht *lückenlos* definiert ist, was z.B. „kein Energietransport schneller als Licht" heißt. Soll der mathematische Formalismus eine physikalische Erkenntnis vermitteln, dann muß zur Formel erklärt sein, was mit „Transport" gemeint ist. Das ist keiner Formel und keinem Algorithmus anzusehen, vielmehr muß deren Beziehung zur wahrnehmbaren Welt konkret definiert sein. Z.B. ist die mathematische Definition eines Tensors noch keine Physik, erst recht nicht, wenn bloße Symbole und Rechenregeln verwechselt werden mit mathematischer Physik. So macht etwa der Begriff „Energietransport" keinen Sinn ohne konkrete Angabe je eines *physikalischen* Absenders und Empfängers. Abstrakta wie z.B. „Sichtlinien" sind nur *mathematisch* mögliche Adressen für Beobachter, aber *physikalisch* sind sie als Adresse nicht zulässig, denn niemand kann auf Sichtlinen sitzen um von dort die Welt zu betrachten.

Es ist keineswegs selbstverständlich oder trival, daß es im Universum keine anderen Absender und Empfänger gibt als Massen. Nicht ohne Grund hat sich für den „leeren Raum" nur mühsam die physikalische Erkenntnis gebildet, wonach es außer Massen prinzipiell *keine* Haken gibt zum Festmachen von Adreßschildern für Beobachter. Heute wird die Definition des Beobachters etwas abstrakter in Begriffen der Mengenlehre versteckt, was die Notwendigkeit klarer Formulierung nicht im geringsten abschwächt.

Die Fixsterne umkreisen uns quer zur *Sichtlinie* wirklich mit Überlichtgeschwindigkeit. Daß dies keine physikalische, sondern nur eine *abstrakte* mathematische (geometrische) Bewegung ist, das ist keiner Formel abzulesen. Denn durch diese Bewegung wird weder ein Atom noch eine physikalische Nachricht von einem Stern zum andern oder zwischen Massen transportiert. Entscheidend ist, daß *diese* Rotation keinen *relativen Abstand zwischen Massen* verändert, im Gegensatz zu andern Arten von Rotation, die geometrisch gleich aussehen, bei denen aber sehr wohl Massen relativ zueinander transportiert werden, z.B. Elektronen, die im Magnetfeld kreisen, oder Atome eines Treibriemens, die sich relativ zur Umgebung bewegen, obwohl *die Gestalt* der Elektronenbahn oder die des Treibriemens sich nicht bewegt.

Also ist es den Sternen erlaubt, uns beliebig schnell zu umkreisen. Relativ zu diesem Karussell sind wir dann in Ruhe, aber alle Massen im Labor erfahren durch die kreisenden kosmischen Massen Fliehkräfte nach außen, und diese Merkwürdigkeit sei jetzt näher untersucht, siehe **Bild 3.15**:

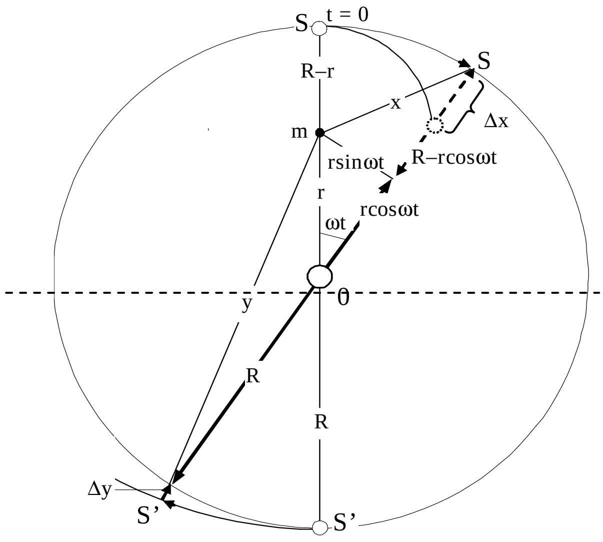


Bild 3.15

Wir betrachten, wenn nichts anderes gesagt, das Labor als unser Bezugsystem, worin wir ruhen und um das aus unserer Sicht die Sterne des Universums mit der Winkelgeschwindigkeit ω kreisen. Das Rotationszentrum sei in 0. In der Entfernung r davon befinde sich *im Labor* eine Masse m. Weiters denken wir uns alle Sterne, die sich im gegenwärtigen Augenblick bezüglich ihrer Wirkung gerade in der Halbkugel *über* dem strichliert gezeichneten Horizont befinden, ersetzt durch eine *wirkungsgleiche* Ersatzmasse S, und ebenso alle Sterne *unter* dem Horizont ersetzt durch eine entsprechende Ersatzmasse S'. S und S' liegen beide auf der Verlängerungsgeraden des Abstandsvektors $\vec{r} = \overline{0m}$ im Abstand R von 0. Quer zur Richtung von $\vec{r}$ bewege sich nun die Masse S in jedem der aufeinanderfolgenden kurzen Zeitintervalle (t ≅ 0) mit der Winkelgeschwindigkeit ω (im Bild im Uhrzeigersinn) kreisend um 0, wobei sich bei konstantem r ihr Abstand x von m während jedes Zeitintervalles t um Δx – wie aus der Zeichnung ersichtlich – vergrößert (vektoriell). Im gleichen Drehsinn kreist die gegenüberliegende Ersatzmasse S', wobei sich aber deren Abstand y von m um Δy *verkleinert*.
(Für t→ 0 sind Δt, Δx und Δy infinitesimal klein und haben dann – anders als in der Zeichnung – gleiche Richtung wie r, R, x und y).

Nach *jedem* Zeitintervall t wird S und S' für ihren neuen Ort mathematisch *neu* bestimmt als wirkungsgleiche Ersatzmasse aller Massen, die sich *im Augenblick* gerade in den ihnen zugeordneten Halbkugeln befinden. Um dem Rechnung zu tragen und um unser Bezugsystem *im* Karussell beizubehalten, drehen wir zugleich die ganze *Zeichnung* um jeweils gleichviel zurück, nämlich um ωt, womit aus unserer Sicht S immer im Zenit bleibt und S' im Nadir (das ist der Fußpunkt in Gegenrichtung zu S), dies auch bei Summenbildung über alle Intervalle t und bis zu einer beliebig langen *Beobachtungszeit* T = Σt > 0. Wir legten also ein Zeitintervall t fest durch Teilung der Beobachtungszeit T in n Intervalle:

$$\text{Zeitintervall } t = \frac{T}{n} \quad \text{und} \quad T = \frac{T}{n} + \frac{T}{n} + \frac{T}{n} + \cdots + \frac{T}{n}, \text{(n-mal), also } t \to 0 \text{ für } n \to \infty.$$

Nach der Zeichnung gilt für die Abstände x und y
bei einer Winkelgeschwindigkeit ω der Sterne um das Zentrum 0 des Labors:

$x^2 = (R - r\cos\omega t)^2 + r^2\sin^2\omega t$	$y^2 = (R + r\cos\omega t)^2 + r^2\sin^2\omega t$
(für $t \to 0$ ist $x = R - r$)	(für $t \to 0$ ist $y = R + r$)

Erste und zweite Ableitung beider Gleichungsseiten (und Kürzung durch 2) ergibt:

$\mathbf{x\frac{dx}{dt} = +(R - r\cos\omega t)r\omega\sin\omega t + r^2\omega\sin\omega t\cos\omega t =}$	$\mathbf{y\frac{dy}{dt} = -(R + r\cos\omega t)r\omega\sin\omega t + r^2\omega\sin\omega t\cos\omega t =}$
$\mathbf{= +Rr\omega\sin\omega t,}$ **daraus**	$\mathbf{= -Rr\omega\sin\omega t,}$ **daraus**
$\mathbf{\frac{dx}{dt} = +\frac{Rr\omega}{x}\sin\omega t \quad (= 0 \text{ für } t \to 0),}$	$\mathbf{\frac{dy}{dt} = -\frac{Rr\omega}{y}\sin\omega t \quad (= 0 \text{ für } t \to 0),}$
$\mathbf{\frac{d^2x}{dt^2} = +Rr\omega\frac{x\omega\cos\omega t - \frac{dx}{dt}\sin\omega t}{x^2}.}$	$\mathbf{\frac{d^2y}{dt^2} = -Rr\omega\frac{y\omega\cos\omega t - \frac{dy}{dt}\sin\omega t}{y^2}.}$

Die zweiten Ableitungen ergeben in den Scheitelpunkten, d.h. für t → 0, eine
dauernde Radialbeschleunigung von

$\frac{d^2x}{dt^2}\Big\vert_{t\to 0} = +r\omega^2\frac{R}{R-r}, \quad [x = R–r]$	$\frac{d^2y}{dt^2}\Big\vert_{t\to 0} = -r\omega^2\frac{R}{R+r}. \quad [y = R+r]$

Aus diesen beiden Gleichungen ist ersichtlich, daß in den Scheitelpunkten, wo das Intervall t von negativen über Null zu positiven Werten übergeht, die Beschleunigung ein Maximum hat, sicher kein Vorzeichenwechsel der Beschleunigungen d^2x/dt^2 und d^2y/dt^2 stattfindet (cosωt = 1 und sinωt = 0). Beide Beschleunigungen haben die *gleiche* Richtung, nämlich die des Vektors ↑mS, denn d^2y ist zwar negativ, bezieht sich aber auf die Richtung von m zu S', die zu ↑mS entgegengesetzt ist.

Der Ausdruck $d^2x/dt^2 > 0$ zeigt an, mit welcher *Beschleunigung* sich der Abstand x zwischen den Massen m und S *vergrößert*, wenn wir den Abstand r zwischen 0 und m unverändert lassen. Der zweite Ausdruck, $d^2y/dt^2 < 0$ zeigt (für die gleiche Voraussetzung) die *Beschleunigung*, mit der sich umgekehrt der Abstand y zwischen m und der entgegensetzen Ersatzmasse S' *verringert*. Vernachlässigt man (zunächst) die Faktoren $R/(R \pm r) = 1/(1 \pm r/R)$, die unmeßbar wenig von 1 abweichen (R ist Milliarden Lichtjahre, r vielleicht Lichtsekunden), dann haben beide Beschleunigungen relativ zu m gleiche Größe und Richtung. Sie verschwinden also genau dann relativ zu m, wenn sich m in der gleichen Richtung gleich beschleunigt wie S und S' – und eben das muß bei (radial) kräftefreiem m der Fall sein aus folgendem Grund:

Erstens setzen wir voraus, daß sich eine frei bewegliche Masse m nicht wie Münchhausen selbst relativ zum umgebenden Universum in Bewegung setzen kann, *zweitens* besteht aus der Sicht dieser Masse das umgebende Universum gerade aus den beiden rotierenden Massen S und S', die beide die *gleiche* Beschleunigungsrichtung haben, nämlich die Richtung des Radiusvektors $\overrightarrow{0m}$. Die Masse m kann sich gar nicht anders verhalten als relativ zu *ihrem* Universum S und S' in Ruhe zu verharren, solange ihr keine Energie zum Beschleunigen zugeführt wird. Nur dann existiert für sie weder Beschleunigung noch Ortswechsel.

Nun könnte man fragen: Müssen dann nicht die dauernd in die gemeinsame Richtung des Vektors $\vec{r}$, d.h. der gleich stark beschleunigten Massen S und S' „nach oben“ davonfliegen? Nein, sie bleiben immer im gleichen Abstand R zum Zentrum, obwohl sie sich dauernd in Richtung $\vec{r}$ nach oben bezüglich des Horizonts beschleunigen, und zwar verharren sie deshalb, weil sie dauernd nach jedem Intervall t im Abstand R von neuem „definiert“ (gleichsam neu erschaffen) werden als wirkungsgleiche Massen anstelle aller Massen, die sich gerade innerhalb der ihnen geometrisch zugeordneten Himmelshalbkugel befinden. Gerade so viele kosmische Massen, wie (laut Definition) mit dem rotierenden Sternenstrom durch die eine Äquatorhalbebene in jede dieser Halbkugeln einströmen, entschwinden aus diesen Volumina durch die andere Halbebene. Diese Massenströmung wirkt sich, wie obige Rechnung zeigt, wie eine dauernd nach oben beschleunigte Masse aus, obwohl sie *laut Definition* auf der Stelle bleibt.

Die auf zwei Punkte konzentriert gedachten *Ersatz*massen S und S' dürfen eben nicht verwechselt werden mit gewöhnlichen real bewegten Massen. Sie sind real und bewegt, aber nur insofern, als sie als mathematische Rechengröße gerade nur für jeden Augenblick so real gedacht sind, daß sie die lokal auf m wirkende Gravitation der Himmelshalbkugeln genau simulieren.

Die gemeinsame Symmetrieachse beider Halbkugeln ist definitionsgemäß die Richtung $\vec{r} = \overrightarrow{0m}$. Jeder Drehung unseres Labors und damit des Vektors $\vec{r}$ um 0 *gegen* den Uhrzeigersinn relativ zur Gesamtheit aller Sterne – aus der Sicht der Sterne – entspricht dann aus der Sicht des rotierenden Labors eine dazugehörige gegenläufige Kreisbewegung *im* Uhrzeigersinn der gedachten Ersatzmassen S und S' um 0. Das ist gezeichnet für t *vor* dem Grenzübergang $t \rightarrow 0$. Durch die geometrisch mit S und S' (und r) starr verbunden gedachten Himmelshalbkugeln fegt also die rotierende Sternengesellschaft wie eine Kreisprozession – oder wie ein Treibriemen – rotierend hindurch. Die durch die eine Äquatorhalbebene entschwindenden Massen tauchen durch die andere Halbebene wieder auf, so wie die Massen eines Treibriemens sich an uns vorbeibewegen und doch der Riemen auf der Stelle bleibt. Der Vektor $\vec{r}$ durchstößt die Himmelshalbkugeln in ihren Scheitelpunkten. Dort können die Massen für einen nur hypothetisch möglichen Beobachter die Lichtgeschwindigkeit (tangential) beliebig überschreiten.

Für den Standpunkt im Rotationszentrum gilt also, daß sich, wenn m losgelassen ist, der Ort von m beschleunigt, und zwar in gleicher Richtung wie der nach außen weisende Radiusvektor. Das Produkt aus dieser Beschleunigung und m bezeichnen wir als Fliehkraft. Wir können diese Kraft im Labor messen, wenn m durch starre Verbindung mit 0 zu einer Gegenbeschleunigung in Richtung auf das Zentrum gezwungen wird, d.h. indem auf m eine bestimmte Zentripetalkraft ($= m\omega^2 r$) wirkt. Macht man m aber in radialer Richtung kräftefrei durch Lösung von 0, dann „folgt“ die Masse m den Massen S und S'. „Folgen“ heißt: Sie *verharrt* relativ zu S und S' in Ruhe. Denn für die Masse m existiert kein anderes Universum als das relativ zum Karussell nach außen beschleunigte Massenpaar S und S'. Diese Massen sind für m das „ruhende Bezugsystem“, das nicht die Spur eines Anlasses zur Bewegung von m bietet und insbesondere keine Energie dazu liefert.

Erstaunlich an dieser Erkenntnis ist, daß sie, wie hier, ableitbar ist allein aus dem klassischen Wissen, das man schon zwei Jahrhunderte vor der Relativitätstheorie hatte. Die Beweisführung unterscheidet nicht zwischen klassischer und relativistischer Theorie, sondern erfordert nur das Erfassen des *physikalischen* Inhaltes der Formeln, d.h. Verzicht auf *leere* Formalismen, die keiner physikalischen Realität zugeordnet sind.

Nun unterscheiden sich allerdings die Beträge für die Beschleunigungen d^2x/dt^2 und d^2y/dt^2 vom bekannten Betrag $\omega^2 r$ der Zentripetalbeschleunigung durch die vorhin vernachlässigten Faktoren R/(R–r) und R/(R+r). Diese Abweichung von genauer Identität wäre trotz ihrer Geringfügigkeit ein Indiz für einen Gedankenfehler. Doch die Abweichung verschwindet bei Berücksichtigung *aller* Fliehkräfte, was hier der Klarheit wegen in drei Schritten ausgeführt wird.

1. Da S immer auf der Verlängerung von r liegt und deshalb von außen oder von m aus gesehen um 0 kreist, muß von S aus gesehen umgekehrt auch m um S kreisen. Anders gesagt: um jeden der beiden Standpunkte – ob m oder S (bzw. S') – läuft die jeweils andere Masse S bzw. m mit der gleichen Winkelgeschwindigkeit ω um. (Dabei spielt es keine Rolle, daß wir immer nur infinitesimal kleine Ausschnitte aus der Kreisbewegung betrachten, für die wir die gedachten Ersatzmassen S und S' jedesmal neu definieren).

2. Die Massenanziehung, die S auf m ausübt, wird geringfügig abgeschwächt durch die Fliehkraft, die auf m ausgeübt wird, und zwar nach der gleichen Logik wie zuvor infolge eben dieser Kreisbewegung von m um S. Für zwei einander umkreisende Körper sind deren Fliehkräfte gewöhnlich im Gleichgewicht. Doch die Fliehkraft, die an S entsteht infolge deren Rotation um das Zentrum 0, kann nicht im Gleichgewicht sein mit der Fliehkraft, die auf m infolge Rotation um S angreift, denn die Fliehkraft ist (bei gleichem ω) dem Abstand (Radius) proportional, und der ist für beide Massen verschieden. S kreist nämlich im Abstand R um 0, m aber ist immer auf der S zugewandten Seite und kreist deshalb im kleineren Abstand R–r um S, bei dem die Fliehkraft bei gleichem ω um den Faktor (R–r)/R kleiner ist. Genau um diesen verringerten Fliehkraftanteil wird die Massenanziehung, die S auf m ausübt, weniger abgeschwächt und kommt entsprechend stärker zum Zuge.

3. Die verbleibende größere Massenanziehung muß mit der berechneten Beschleunigung $d^2x/dt^2 = r\omega^2 R/(R–r)$ im Gleichgewicht stehen, die, wie vorhin berechnet, ebenfalls den Vergrößerungsfaktor R/(R–r) enthält, aber bezüglich $\omega^2 r$. Daraus folgt, daß die reine Netto-Massenanziehung auf m gleich sein muß $r\omega^2$, weil nur dann dieses Verhältnis für beliebige Entfernungen zutreffen kann. Eine sinngemäß gleiche Betrachtung für d^2y/dt^2 in Bezug auf S' ergibt die gleiche Übereinstimmung mit $r\omega^2$, nur haben die beiden einander kompensierenden Faktoren dann die Beträge R/(R+r) und (R+r)/R, weil aus der Sicht von S' die Masse m auf der von S' *abgewandten* Seite immer den Abstand R+r hat.

Ergebnis dieser Betrachtung ist folgende Aussage: Bezüglich einer kreisenden Masse m heben sich die beiden entgegengesetzten Gravitationsbeschleunigungen von S und S' nicht mehr gegenseitig auf. Es verbleibt eine Komponente, die m vom Zentrum weg beschleunigt und gleich ist $r\omega^2$.

Das Resultat dieser ganzen Rechnung hätte man allerdings auch ohne weitere Rechnung von vornherein hinschreiben können, ist es doch direkt ablesbar aus **Gl.(3.22)**, Seite 28, $\mathbf{b = v^2/R}$. Danach ist jede kreisende Bewegung einer Masse m um ein Zentrum Folge einer dauernd auf das Zentrum gerichteten Zentripetalbeschleunigung der Größe $d^2r/dt^2 = \omega^2 r$. Daraus kann man umgekehrt schließen, daß notwendig eine Beschleunigung existieren muß zwischen m und dem außerhalb auf der Verlängerung von r angenommen Teilen S bzw. S' der Weltraummasse. Auch wenn man dies im Prinzip auch in so einfacher Weise erkennen kann, bleibt die Schlußfolgerung die gleiche.

Die oben vorgeführte Rechnung ist zwar komplizierter, aber sie zeigt vielleicht überzeugender, daß sich die „Fliehkraft" mühelos als Gravitations-Differenz der entgegengesetzten Weltraummassen verstehen läßt.

Was heißt „Invarianz gegenüber Koordinatentransformation"?

Oft wird das Wesentliche der Physik in „den" Größen und Gesetzmäßigkeiten gesucht, die *invariant* gegenüber *Koordinaten*transformationen sind, etwa die Lichtgeschwindigkeit. Das ist ein Beispiel, wie eine rein formale mathematische Aussage, falls wir sie physikalisch nicht irgendwie mit Inhalt füllen können, das Verstehen physikalischer Prinzipien erschweren kann. Ein Lehrer kann unter „Koordinatentransformation" etwas ganz anderes verstehen als sein Schüler, der darin erstaunt die ihm kaum einleuchtende Mystik vermuten muß, daß in der Physik nur jene Gesetze gelten, von denen sich beweisen läßt, daß sie nicht davon abhängen, ob wir sie in cartesischen, polaren, ruhenden oder bewegten Koordinatensystemen *beschreiben*. Das Koordinatensystem ist eine zweckmäßig gewählte *Sprache* des Beschreibens, aber physikalisch ohne Bedeutung. Natürlich ist die mathematische Korrektheit der Transformationformeln beim Wechseln des Koordinatensystems zu beachten. Daß die Physik nicht vom Koordinatensystem abhängen kann, ist trivial und bedarf keiner experimentellen Bestätigung. Was gemeint, aber selten deutlich wird, hat nichts mit dem Koordinatensystem zu tun. Die Wahl des Koordinatensystems sollte nur förderlich sein zum Verständnis, ist aber keine physikalische Realität an sich. Bei Betonung der Invarianz gegenüber Koordinatentransformation geht es um **die Zusammenhänge der *physikalischen* Bestimmungsgrößen relativ <u>*zueinander*</u>**, nicht um die Invarianz gegenüber Änderung der Koordinatenart, mit denen sie dargestellt werden**.** Bestimmungsgrößen beziehen sich auf Massentransport oder auf damit verknüpfte physikalische Parameter. Wenn zur Beschreibung der mathematischen Beziehungen zwischen *physikalischen* Prozessen die Formeln der Koordinatentransformationen benutzt werden, so bedeutet das nicht, daß die physikalischen Prozesse durch das Koordinatensystem definiert sind oder erschaffen werden, wie es manchen zu sein schien aufgrund dieser Begriffsverwirrung. Die Physik hat ihre eigene Logik, die von der Wahl des Koordinatensystems nichts weiß und nicht davon abhängt.

<u>Die „Invarianz" bezüglich möglicher Koordinatentransformationen hat solange nichts mit physikalischer Erkenntnis zu tun, als der Koordinatenbegriff nicht beschränkt ist auf *relative* Abstands- bzw. Zeitkoordinaten</u>, das heißt auf Abstände zwischen physikalischen Objekten. Um diese häufige Begriffsverwirrung zu vermeiden, wurde in dieser Arbeit vorzugsweise direkt mit relativen Größen und nicht mit allgemeinen Koordinaten gerechnet.

Z.B. ist beliebige Rotation eines in den Himmel blickenden Beobachters, der in die *relativen* Wechselbeziehung nicht eingreift, physikalisch immer erlaubt und in sich widerspruchsfrei, nur physikalisch unverbindlich. Für den rotierenden Beobachter bewegen sich die Fixsterne *tatsächlich* mit Überlichtgeschwindigkeit quer zur Sichtlinie (des Beobachtes zum Stern), was sie nicht dürften, wenn man sich mit dem Begriff der Invarianz der Lichtgeschwindigkeit nicht (und selten bewußt) auf *relative* Lage der Objekte (z.B. der Sterne) beschränkt hätte. Das Paradoxon läßt sich eben nicht lösen durch mathematisch *formale* Festlegung der Konstanz der Geschwindigkeit bezüglich *irgendwelcher* abstrakter *Koordinaten*, die man dem „Licht an sich" zuschreibt. Es gibt physikalisch kein „Licht an sich", das heißt keinen auf der Sichtlinie sitzenden Beobachter. Licht existiert immer nur als *Beziehung* zwischen Lichtquelle und Lichtsensor. Licht ist eine *Relation zwischen Massen*. Ein nicht erzeugtes und nicht sensiertes Photon existiert physikalisch nicht, ist völlig gespenstisch. Wo kein *materieller* Sender und kein *materieller* Empfänger, da wird auch nichts transportiert.

Die Konsequenz aus dieser Einsicht ist nicht nur die Relativitätstheorie, auch die Quantenphysik. Die Gefahr, daß man auch künftig das Formale mit Physik verwechselt, besteht immer. Im Formalen – das wir in unserm Kopf selbst gemacht haben – wissen wir vielleicht, wovon wir reden, in der Physik nie, denn die Welt haben wir nicht gemacht. Physik ist *unser Bild* von der uns unbekannten und mit keiner Vorstellung faßbaren „Realität". Die am wenigsten tauglichen Quellen für Erkenntnis sind „Definitionen", z.B. die „Definition" was Leben ist oder was wir uns darunter vorstellen. Niemand kann „Leben" definieren, es ist längst definiert bevor jemand sich einbildet, diese Definition zu kennen.

<u>*Existierende*</u> Dinge kann man nur „definieren", wenn man keine Ahnung hat, daß man keine Ahnung hat.

4 Empirische Bestätigungen

Bestätigt wird das Energie-erhaltende Gravitationsgesetz durch viele astronomische Beobachtungen, die mit bisherigen Theorien nicht oder nur durch nicht nachprüfbare Hypothesen erklärbar sind.

Eine Fülle derartigen Messungen, ausgeführt mit den gegenwärtig größten Instrumenten (z.B. dem Hubble-Teleskop) bzw. Raumsonden (z.B. ROSAT), und dem Versuch, die Resultate durch Hypthesen zu erklären, finden sich zusammengefaßt z.B. in folgenden Schriften:

1. **A Different Approach to COSMOLOGY,** by Fred Hoyle, Geoffrey Burbidge and Jayant Narlikar, 336 Seiten, Cambridge University Press 2000, ISBN 0 521 66223 0
   The Edinburgh Building, Cambridge CB2 2RU, UK www.cup.cam.ac.uk
   (Der sehr theoretische Text dieses Buches setzt die Kenntnis der Allgemeinen Relativitätstheorie voraus.)
2. **Seeing Red: - Redshifts, Cosmology and Academic Science**, by Halton C. Arp, 306 Seiten, 1998, Apeiron 4405, rue St.Dominique, Montreal, Quebec H2W 2B2 Canada. http://redshift.vif.com.
3. Dazu auch ein Aufsatz von Halton.C. Arp: **Observational Cosmology Impacts Physics** 14 Seiten, in Physics Essays, volume 8, Number 3, 1995

Vorbemerkung: **Was heißt „Empirische Bestätigung“?**

Wie im Kapitel 2.1 (Seite 12 ff) ausgeführt, wäre „Physik“ völlig falsch verstanden, wenn man die physikalischen Größen, mit denen wir die Welt beschreiben, z.B. „Massen“, als „Eigenschaften“ dieser Objekte interpretiert. Über Eigenschaften physikalischer Objekte (z.B. über Körper) *an sich* wissen wir nichts. Die Definition jeder physikalischen Größe bezieht sich auf die *Wirkung* dieser Objekte auf den Beobachter und seine Meßinstrumente. Z.B. sehen Sie, wenn Sie mich anblicken, nicht mich, sondern nur das *Bild*, das sich in Ihnen von mir *bildet*. Wirklichkeit und Bild sind völlig verschiedene Dinge.

Wenn wir von „Empirischer Bestätigung“ reden, dann reden wir von den Bildern, die wir „Beobachtung“ nennen. Wie im Vorangehendem dargestellt ändert sich z.B. „die Masse eines Körpers“ beim Verschieben im Gravitationsfeld oder durch Geschwindigkeit, aber „Masse“ ist nicht eine Körpereigenschaft, sondern das, was wir von unserem Standpunkt aus vom Körper erfahren, also ein „Bild“ in Bezug auf das, was wir als „Masse“ des Bildes definiert haben (definiert *auch* anhand des Bildes). Die Widerspruchsfreiheit der Physik äußert sich darin, daß diese *beobachtete* Veränderung der so definierten Masse auch alles das nach dem Prinzip der Selbstähnlichkeit verändert, was wir als „Eigenschaften der Masse“ *definiert* haben, z.B. Trägheit, oder die spektralen Resonanzfrequenzen der Atome.

Ein anderes Beispiel ist der Ablauf der Zeit, der aus der Sicht eines Beobachters verschieden ist in einer Masse, die sich relativ zu ihm bewegt, das heißt, in seinem Bild verschieden ist von der bewegten Masse (oder einer Masse in einem anderen Schwerefeld, oder in der Vergangenheit, der Zukunft...). Auch das „Schrumpfen des Universums“ ist zu beziehen auf das Bild, das wir von weit entferten Objekten haben und bedeutet nicht, daß das beobachtete Objekt aus seiner eigenen Sicht schrumpft.

4.1 Gruppen von Galaxien

Edwin Hubbles Entdeckung, daß die Rotverschiebung des Lichts entfernter Galaxien mit deren Entfernung zunimmt, wurde zunächst als Dopplerverschiebung infolge galaktischer Fluchtgeschwindigkeit und später als Expansion des Raumes gedeutet. Obwohl Hubble diese Deutung immer bezweifelt hat, führte sie zur Vorstellung eines Anfangspunktes, berühmt und gefeiert als Urknall. Jedoch seit mehr als zwanzig Jahren berichtet Halton C. Arp über Beobachtungen, die mit dieser Deutung nicht oder bestenfalls nur mit ungeprüften Zusatzhypothesen vereinbar sind.

Galaxien bilden vorzugsweise Gruppen, bestehend meist aus einer dominanten Zentralgalaxie, umgeben von kleineren Galaxien. Solche Gruppen hätten sich längst aufgelöst, würden sie nicht durch Gravitation zusammengehalten. Gravitative Bindung bedeutet, daß sich im statistischen Mittel gleich viele Begleiter auf das Zentrum zu wie von diesem weg bewegen, weshalb die Summe der Rot- und Blauverschiebungen des Lichts aller Begleiter *relativ zur Zentralgalaxie(!)* Null sein müßte. Sorgfältige Messungen von H. C. Arp zeigen aber, daß die Spektren der Begleiter *relativ* zur Zentralgalaxie bei allen Gruppen ausnahmslos *nur* rotverschoben sind. Ohne blauverschobene Gegenstücke ist die mittlere Frequenzverschiebung nicht Null, folglich kann die Rotverschiebung nicht durch Expansion verursacht sein (Physics Essays, siehe oben). Sie ist erklärbar nur mit dem Energie-erhaltenden Gravitationsgesetz, mit keiner konkurrierenden Theorie, und allein mit *anerkannten* physikalischen Prinzipien *ohne* Zusatzhypothesen (siehe Kap.1.1). H. C. Arp führt solche Gruppen von Galaxien vor, z.B. M 31, M 81 und Arp 105.

Betrachten wir eine Zentralgalaxie mit Begleitgalaxien. Zur leichteren Berechnung *kann* man sich die Gruppe entstanden denken durch freien Fall aller Begleitgalaxien von $R_\infty = \infty$ bis zu ihren heutigen Distanzen. Mit „*kann*" ist folgendes gemeint: Aus dem Uhren-Experiment folgt, daß eine Masse bei Annäherung, d.h. beim Fallen gegen die Zentralgalaxie, auf dem Weg von $R_\infty = \infty$ bis R mit dem Faktor $\sqrt{1-v^2/c^2} = e^{-a/R}$ *ab*nimmt, **Gl.(3.4),** (Seite 22). Eine vorhandene Masse m_o in der Distanz R können wir uns immer *denken* als gefallen von ∞ bis R. Um im Abstand R nach Multiplikation mit dem Faktor $e^{-a/R}$ den Betrag $m_o = m\sqrt{1-v^2/c^2}$ zu haben, muß ihr Betrag im Unendlichen $m = m_{R=\infty} = m_o \big/ \sqrt{1-v^2/c^2}$ gewesen sein.

Wir können also m_o in der Formel durch $m\sqrt{1-v^2/c^2}$ ersetzen, ohne einen Fehler zu begehen. Ohne Belang ist, daß die Fallbewegung v verschwunden ist, weil das nur bedeutet, daß die kinetische Energie durch Abbremsen abgeführt wurde. Das Ersetzen *jeder* Masse durch ihre Ursprungsmasse bei $R_\infty = \infty$ hat den Sinn, die Rechnung zu vereinfachen, weil sich dadurch alles auf den gleichen gravitationsfreien Ort (d.h. auf das gleiche „Inertialsystem") bezieht.

Daß im Fallen die (gravitative) Masse mit steigender Geschwindigkeit *ab*nimmt ist übrigens kein Widerspruch zur Speziellen Relativitätstheorie, da in diesem Fall die Energie zum Beschleunigen nicht von außen zugeführt, sondern der fallenden Masse entzogen wurde (gemessen im Uhrenexperiment). Beim Fallen aus Unendlich verringerte sich die potentielle Anfangsenergie mc^2 auf $mc^2\sqrt{1-v^2/c^2}$. Die Differenz ist kinetische Energie. Abbremsen auf beliebiges v (etwa bis Null) bedeutet Speicherung oder Zerstreuung oder Abstrahlung der Energie. Wie früher gezeigt **(Kap.1.3)** ist die verbleibende gravitative Masse

$m\sqrt{1-v^2/c^2} = me^{-a/R}$, daraus v: **Gl.(3.6)** $\mathbf{v = c.\sqrt{1-e^{-2a/R}}}$, d.h. v und R sind funktional gekoppelt.

Wir haben gesehen, daß der Teil der Masse, der sich in kinetische Energie umgesetzt hat, in Bewegungsrichtung *nicht* gravitativ wirkt. Gravitativ wirksam ist nur die verbleibende körperliche Masse $me^{-a/R}$. Die Massenabnahme gilt für jedes Atom des Körpers. Weil ein abgestrahltes Photon seine Energie E = hν aus der Masse des Atoms bezieht (h = Plancksche Konstante), erniedrigt sich mit dem gleichen Faktor wie die Masse (die Energiequelle der Photonen) auch jede ihrer spektralen Eigenfrequenzen. Entsprechend ist das Licht rotverschoben relativ zum Licht der ruhenden Zentralgalaxis.

Das sind die von H. C. Arp beobachteten Rotverschiebungen an Gruppen von Galaxien.

Die Abnahme der fallenden Masse gilt für einen zur Zentralmasse *ruhenden* Beobachter. Bewegt sich dieser jedoch, dann gelten zusätzlich die relativistischen Transformationen für Energie, Masse und Zeit. Befindet sich z.B. der Beobachter *auf* der fallenden Masse, dann existiert für ihn die Massenabnahme nicht, weil er relativ zu *dieser* Masse ruht (kinetische Energie gibt es nur bei relativer Geschwindigkeit). Befinden sich mehrere Massen *innerhalb* einer (kleinen) fallenden Kabine, so ändert sich deren gegenseitiges *Verhältnis* nicht, also auch nicht das der physikalischen Grundgrößen, folglich gilt *in* der Kabine die gleiche Physik wie außerhalb (die Physik ist „Lorentz-invariant").

Die Massen der von Arp beobachteten Begleitgalaxien sind verringert allein wegen ihrer Verschiebung von R = ∞ bis zu ihren heutigen Distanzen R relativ zu ihrem gemeinsamen Schwerpunkt. Wird die kinetische Energie beim Abbremsen abgeführt, dann bleibt die *verringerte* Masse zurück. Haben einzelne Massen unterschiedliche Abstände zur Zentralgalaxie erreicht, so sind auch ihre Massenverluste und die entsprechenden Rotverschiebungen ihrer Spektren verschieden. Zusätzlich zu dieser Rotverschiebung überlagert sich für jedes Gruppenmitglied die Rotverschiebung, die es aufgrund der *Eigenbewegung* und der *Entfernung* von uns hat. Mit **Gl.(3.6)** $\mathbf{v = c.\sqrt{1-e^{-2a/R}}}$ berechneten wir die Fallgeschwindigkeit v (d.h die radiale Geschwindigkeit), die jede Masse *vor* einer möglichen Abbremsung hatte, und damit erhielten wir den Faktor

$\mathbf{e^{-a/R} = \sqrt{1-v^2/c^2}}$, mit dem diese Masse abgenommen hat. Siehe **Gl.(3.6)** $\mathbf{v = c\sqrt{1-e^{-2a/R}}}$

($a = GM/c^2$, M = gravitativ wirksame Zentralmasse, G = Gravitationskonstante).

Üblicherweise nennt man die Größe $\mathbf{2a = 2GM/c^2 = R_S}$ **„Schwarzschildradius"** der Masse M.
Obwohl das damit gemeinte „Schwarze Loch" gar nicht entsteht, gebrauche ich diese Bezeichnung, weil die

meisten Kosmologen mit dessen Symbol R_S und seinem Zahlenwert vertraut sind. Ist $2a = R_S << R$, dann gilt die Näherung $e^{-2a/R} \cong 1 - 2a/R = 1 - R_S/R$. Damit wird

(4.1) $$\mathbf{v = c\sqrt{1-e^{-2a/R}} \cong c\sqrt{\frac{R_S}{R}}}$$ $c = 3{\cdot}10^5$ km/s. (Die Formel gilt also *nicht* für $R \cong R_S$!).

Für eine Zentralgalaxie mit der Masse der Milchstraße mit rund $2{\cdot}10^{11}$ Sonnenmassen ($R_{S(sonne)} \cong$ 3km), ist $R_S = 2{\cdot}10^{11} R_{S(sonne)} \cong 6{\cdot}10^{11}$ km ($\cong$ 0,06 Lichtjahre $\cong$ 4000 Abstand Erde-Sonne).

Für eine Begleitgalaxie in einer Distanz $R = 10^6$ Lichtjahre $\cong 10^{19}$ km erhält man in diesem Fall

$$v = c\sqrt{\frac{R_S}{R}} = 3{\cdot}10^5\sqrt{\frac{6\cdot 10^{11}}{10^{19}}} = 74 \text{ km/s.}$$ (Meist wird v angegeben statt Rotverschiebung z).

Tatsächlich wurden Rotverschiebungen relativ zur Zentralgalaxie gemessen, die dieser Geschwindigkeit entsprechen. Meistens aber sind die gemessenen Werte etwas größer, woraus man schließen kann, daß die Zentralmassen größer sind und vermutlich dunkle Materie enthalten. Ist z.B. die Zentralmasse 4-mal und die Distanz halb so groß, dann erhält man v = 208 km/sec in guter Übereinstimmung mit den von Arp durchschnittlich gemessenen Werten.

Für genaue Rechnung ist die Gravitation von Begleitgalaxien zur Gravitation der Zentralgalaxis zu addieren, es kann sogar die Rotverschiebung durch die Begleitgalaxien überwiegen.

Der Zusammenhang zwischen Rotverschiebung z und Geschwindigkeit v (bzw. dem Abstand R) läßt sich folgendermaßen berechnen:

Eine bestimmte spektrale Eigenfrequenz eines Atoms im Abstand R von einer Zentralmasse sei ν_R. Bei Anheben auf unendlichen Abstand $R_\infty = \infty$ erhöht sich die Masse jedes Atoms um die Masse der zugeführten Energie. Dazu proportional erhöht sich die spektrale Frequenz auf ν_∞.

Das Verhältnis der Frequenzerhöhung $\nu_\infty - \nu_R$ zur Frequenz ν_R nennt man z:

$$z = \frac{\nu_\infty - \nu_R}{\nu_R} = \frac{\nu_\infty}{\nu_R} - 1, \qquad \text{oder} \qquad \frac{\nu_\infty}{\nu_R} = z + 1.$$

Entsprechendes gilt, wenn das Atom die gleiche Strecke umgekehrt durchläuft, wenn es also von $R_\infty = \infty$ bis R fällt. Dann ist z die *Rot*verschiebung, und das Verhältnis der Frequenzen ist umgekehrt

(4.2) $$\mathbf{\frac{\nu_R}{\nu_\infty} = \frac{1}{z+1} = e^{-a/R}.}$$ $a = GM/c^2$.

Drücken wir a durch den oben definierten „Schwarzschildradius" $R_S = 2GM/c^2 = 2a$ aus, dann ist

(4.3) $$\mathbf{\frac{1}{1+z} = e^{-a/R} = e^{-2a/2R} = e^{-R_S/2R}.}$$

Wendet man diese Formeln auf größere Strukturen an, etwa auf **zusammenhängende Galaxienhaufen**, dann erhält man oft zehnmal größere Rotverschiebungen. Auch diese wurden von Arp gemessen.

4.2 Rotverschiebung weit entfernter Galaxien

Darüber hinaus aber widerlegen die Formeln, daß die **Rotverschiebung sehr weit entfernter Galaxien** ein Effekt der Expansion der Universums sein könnte. Sie ist entgegen heutiger Deutung ein Effekt der *Gravitation all der* Galaxien, die innerhalb einer geringeren Distanz zu uns sind (in einer Kugel). Daß das Universum nicht expandiert wurde schon früher aus anderen Überlegungen geschlossen **(Kap. 1.1, Seite 1)**.

Zur Berechnung der Rotverschiebung betrachteten wir (Seite 1) von der Gesamtheit der Massen des Universums einen kugelförmigen Ausschnitt mit dem Radius R. (Siehe auch **Seite 107).** Wie dort gezeigt haben alle Massen außerhalb dieser Kugel keine gravitativen Wirkungen auf Massen innerhalb der Kugel. Eine Masse *auf* der Kugeloberfläche unterliegt also nur der Gravitation der Masse dieser Kugel. Diese innere Masse wirkt so, als ob sie im Mittelpunkt der Kugel, also am Ort des Beobachters, vereinigt wäre.

Deren Gravitation $K = GMme^{-a/R}/R^2$ ist zum Mittelpunkt gerichtet, also zum Beobachter. Aus der Sicht vom Mittelpunkt erscheint eine ursprüngliche Masse, die bei $R = \infty$ den Betrag m hatte, bei R auf $me^{-a/R}$ verkleinert. Mit dem gleichen Faktor muß ihr Spektrum rotverschoben sein. Aber im Unterschied zu den oben beschriebenen Gruppen von Galaxien ist jetzt der Betrag von a nicht konstant bezüglich R. Denn nur *innerhalb* einer Gruppe ist der Raum zwischen den Galaxien so gut wie leer, so daß sich deren Galaxien wie Massenpunkte verhalten. Für je zwei von ihnen ist $a = G(M+m)/c^2$ konstant. Jedoch auf eine in sehr großem Abstand R befindliche Masse (auf der Oberfläche der riesigen Kugel) wirken die von dieser Oberfläche umschlossenen Millionen Galaxien so als würden sie eine annähernd homogene Massekugel $M = 4R^3\pi\rho/3$ bilden. Die Größe $a = GM/c^2 = G4R^3\pi\rho/3c^2$ *wächst* deshalb mit R^3.

Zur Bestimmung der Rotverschiebung dieser weit entfernten Galaxien berechnen wir den Faktor $e^{-2a/R}$ in **Gl.(3.6)**, indem wir setzen: $a = GM/c^2$, $M = 4R^3\pi\rho/3$, ρ = Dichte des Universums $\geq$ 1 H-Atom/m^3, also

(4.4) $$\mathbf{e^{-a/R} = e^{-4GR^2\pi\rho/3c^2}}, \quad \mathbf{\underline{v} = c\sqrt{1-e^{-2a/R}} = c\sqrt{1-e^{-R_S/R}} = \underline{c\sqrt{1-e^{-8GR^2\pi\rho/3c^2}}}}.$$

Im Ausdruck für v auf dieser riesigen Kugel steht jetzt im *Zähler* des Exponenten R^2 statt 1/R.

Es leuchtet unmittelbar ein, daß die Rotverschiebung umso größer ist, je größer die Geschwindigkeit v. Der genaue Zusammenhang zwischen Geschwindigkeit v und der Rotverschiebung z wird in Kapitel **4.7 Geschwindigkeit v als Funktion der Rotverschiebung z** (auf Seite 65) berechnet.

Obwohl die Geschwindigkeit längst abgebremst sein kann, ist ihr berechenbarer Betrag ein nützlicher Indikator für Massenabnahme und Rotverschiebung. Mit $R \to \infty$ geht $v \to c$, d.h. unendliche Rotverschiebung. Nimmt R ab, dann auch v und mit v die Rotverschiebung, also nach dieser Formel fast auf Null. Doch bei Annäherung an eine Gruppe von Galaxien wird v und damit die Rotverschiebung wieder größer wegen der lokalen Gravitation der Gruppe (für *diese* ist a = konstant in der Formel $v = c\sqrt{1-e^{-2a/R}}$). Unterschreitet R allerdings die Distanzen der Galaxien *innerhalb* der Gruppe, so entspricht das einem *Eintauchen* in die Gruppe. Dann geht mit R beides, v und die Rotverschiebung, wieder gegen Null. Zusammengefaßt gilt:

Innerhalb einer <u>Gruppe von Galaxien</u> können die Galaxien wie Punktmassen M behandelt werden. Für jede ist der Exponent $a = GM/c^2$, und die Rotverschiebung nimmt mit deren Distanz R ab. Nur für die von E. P. Hubble beobachteten *fernen* Galaxien erhöht sich die Rotverschiebung mit der Distanz R zu uns, weil für uns (*jeder Beobachter ist Mitte* des *Universums*) die Anzahl der Galaxien *innerhalb* einer aus dem Universum ausgeschnittenen Kugel mit R^3 wächst. Bei großem R wächst der Exponent $a/R= 4GR^2\pi\rho/3c^2$ mit R^2. Sowohl für punktförmige als auch für räumlich verteilte Massen entsteht die Rotverschiebung (und ihr Mittelwert) *durch Gravitation*. Die Hypothese eines expandierenden Universums mit anfänglichem Urknall ist damit widerlegt und Hubbles Zweifel an der Expansion des Universums erweist sich als berechtigt.

Für $R \to \infty$ geht $\mathbf{e^{-a/R} = e^{-4GR^2\pi\rho/3c^2} \to 0}$, und $\mathbf{v \to c}$, die Rotverschiebung wird unendlich.

4.3 <u>Rotverschiebung und Radius von Quasaren</u>

Kerne bestimmter Galaxien verraten durch rasche Helligkeitswechsel, daß ihr Volumen sehr klein ist. Große Orbitalgeschwindigkeiten von Körpern in ihrer Nähe (d.h. kleine Zentralabstände R) zeigen, daß diese Kerne extrem massereich sind. Das hat Auswirkungen auf ihre spektralen Frequenzen, weil bei so großer Schrumpfung die Massen (mit ihren Frequenzen) mit je dem Faktor $e^{-a/R}$ abnehmen. Fällt z.B. ein Atom aus Unendlich bis zur Distanz R = 2a auf den Quasar, dann nimmt die Masse des Atoms und damit dessen Eigenfrequenz mit dem Faktor $e^{-a/2a} = e^{-1/2} = 0{,}6$ ab. Nach konventioneller Deutung als Expansion des Raumes würde man daraus fälschlich auf eine extreme Entfernung schließen, die ist aber davon unabhängig. Die Rotverschiebung kann kein Effekt der Expansion des Universums sein.

Das *lokale* Gravitationsfeld der konzentrierten Massen bewirkt Rotverschiebung des emittierten Lichts. Dieser *überlagert* sich die entfernungsabhängige Rotverschiebung. Wie dargestellt bewirken die von einer kosmischen Kugel mit Radius R umschlossen Millionen Galaxien auf der Kugeloberfläche eine Distanzabhängige Rotverschiebung entsprechend der **Gl.(4.4)** $v = c\sqrt{1-e^{-8GR^2\pi\rho/3c^2}}$ (ρ = Dichte des *Universums*).

Läßt sich die kosmische von der lokalen Rotverschiebung unterscheiden?

Quasare haben eine lokale Rotverschiebung, verursacht durch die Gravitation ihrer enorm konzentrierten Masse. Fast immer ist in ihrer nächsten Nähe eine große Galaxie. Deren Abstand zu uns erkennen wir an der Rotverschiebung ihres Lichts. Sorgfältige Untersuchungen von Halton C.Arp ergaben, daß Quasare mit dieser Galaxie sehr oft durch eine schwach leuchtende Materiebrücke verbunden sind, und zwar weit häufiger als nach statistischer Verteilung durch zufälliges Überlappen. Im sogenannten „**Einsteinkreuz**“ umringen in enger Nachbarschaft vier Quasare eine Zentralgalaxie. Zwischen dieser und mindestens einem der Quasare ist eine Materiebrücke klar erkennbar. Die Rotverschiebung ist für alle Quasare gleich, nämlich je 1,7, die der Zentralgalaxie ist aber nur 0,039! Würden Rotverschiebungen nur von der Entfernung abhängen, so müßten also zwischen Galaxie und Quasaren Milliarden Lichtjahre liegen, etwa das halbe Universum. Das ist völlig ausgeschlossen. Nun geschah etwas Seltsames. Viele Astronomen weigerten sich, diese auf den Photos klar sichtbare Brücke zu sehen! Lassen Sie mich zitieren aus "A different Approach to Cosmology" by Fred Hoyle, Geoffrey Burbidge and Jayant V. Narlikar, Seite 134 (Quellenhinweis auf Seite 58):

„Die Gemeinschaft blieb bezüglich dieser Ergebnisse skeptisch, offensichtlich wegen der weitreichenden Folgerungen. Außer der Unterstellung, Arp hätte statistische Argumente unkorrekt angewandt, argumentierte ein führender Beobachter gegen die Realität dieser Sternassoziationen, daß, falls Arps Messungen korrekt wären, wir keine Erklärung für die Ursache der Rotverschiebung hätten! Mit anderen Worten: Kann keine bekannte Theorie die Beobachtungen erklären, dann muß die Beobachtung falsch sein!

Arps eigene Kollegen am Mount Wilson Observatorium waren von seinen Beobachtungen, die sie nicht glauben wollten, so irritiert, daß sie anfangs der achziger Jahre den Direktoren der zwei Observatorien empfahlen, dessen Beobachtungsprogramm zu stoppen, das heißt, ihm für die Fortführung seines Programmes nicht länger Beobachtungszeit an den Palomar und Carnegie Teleskopen zu gewähren. Trotz seiner Proteste wurde das Verbot ausgesprochen, sein Widerspruch bei den trustees of the Carnegie Institution verworfen, und Arp ging in den vorzeitigen Ruhestand nach Deutschland, wo er Aufnahme fand im Max Plank Institut für Physik und Astrophysik in München. Sein Bericht über diese ganze Episode erschien in seinem Buch Quasars, Redshifts and Controversies. So wurde Arp Opfer eines der offensichtlichsten und erfolgreichsten Versuche unserer Zeit, Untersuchungen abzublocken, von denen zu Recht anzunehmen war, daß im Falle ihrer Anerkennung ihre Auswirkungen revolutionär sind."

Auf Dauer lassen sich Messungen natürlich nicht leugnen. Sie werden spätestens anerkannt, wenn der letzte Urknall-Missionar ausgestorben ist. Für Arp's Messungen gibt es zwei Deutungen.

1. Deutung: Das **Einsteinkreuz** (**Objekt G2237 + 0305**) wird ohne weitere Annahmen erklärt und berechnet, indem man die Rotverschiebung von z = 0,039 als Indikator für die Distanz sowohl der zentralen Galaxie als auch der Quasare gelten läßt. Die Rotverschiebung z im Abstand R ist so definiert:

Nach **Gl.(4.2)** $$z = \frac{\nu_\infty - \nu_R}{\nu_R} = \frac{\nu_\infty}{\nu_R} - 1. \quad \text{Also} \quad \frac{\nu_R}{\nu_\infty} = \frac{1}{1+z} = e^{-a/R}.$$

Dann ist die Rotverschiebung der Quasare von 1,7 zusammengesetzt aus der entfernungsabhängigen (= 0,039) und der lokalen gravitativen Rotverschiebung = 1,661 ≅ 1,7– 0,039. Letztere entsteht durch die große lokale Gravitation auf der (strahlenden) Oberfläche jedes Quasars. [Nach Energie-erhaltender Theorie kann dessen Radius den Schwarzschildradius R_S = 2a unterschreiten, das ist möglich nach dem Uhrenexperiment von Hafele und Keating, Kap.1.1, und dem Gravitations-Dopplereffekt, Kap.1.2).]

Die *gesamte* Rotverschiebung jedes Quasars ist aus unserer Sicht z_{qu} = 1,7. Für die zusammengesetzte Rotverschiebung gilt das Produkt

$1+z_{qu} = (1+z_{grav})\cdot(1+z_g)$. Daraus die gravitative Rotverschiebung an der Oberfläche des Quasars

$$1 + z_{grav} = \frac{1+z_{qu}}{1+z_g} = \frac{1+1{,}7}{1+0{,}039} = \frac{2{,}7}{1{,}039} = 2{,}60$$. Dann ergibt sich nach Gl.(4.3):

$$\frac{1}{1+z_{grav}} = \frac{1}{2{,}60} = e^{-a/R} = e^{-2a/2R} = e^{-R_S/2R}, \quad \text{daraus} \quad \mathbf{\frac{R_S}{2R} = \ln 2{,}60 = 0{,}955} \quad \text{und} \quad \underline{\mathbf{R = 0{,}524\, R_S}}.$$

Jeder Quasar im Einsteinkreuz kollabierte also auf fast den halben Schwarzschildradius R_S. Laut Definition ist $R_S = 2a = 2GM/c^2$ (das heißt: R_S ist linear proportional der Masse M).

Für die Sonne ist $R_{S(sonne)}$ ≅ 1,484 km. Hat jeder Quasar 10^9 Sonnenmassen M_{sonne}, dann hat jeder einen Radius von $R = 0{,}524\cdot R_S = 0{,}524\cdot 10^9\cdot 1{,}484$ km $= 0{,}778\cdot 10^9$ km (etwa fünffacher Erdbahnradius).

Dessen Volumen ist dann $= 4 R^3 \pi/3 \cong 2\cdot 10^{42}\,\text{cm}^3$, und dieses Volumen

enthält 10^9 Sonnenmassen $= 10^9\ 2\cdot 10^{33}$g $= 2\cdot 10^{42}$g. Die Massendichte ist damit $= \frac{2\cdot 10^{42}}{2\cdot 10^{42}} = 1\ \text{g/cm}^3$.

Bei dieser Dichte sind Licht-emittierende Atome auf der Oberfläche vorstellbar.

Können derart enorme Massenkonzentrationen stabil sein ohne zu kollabieren? Atome könnten entsprechenden Drücken nicht standhalten, wohl aber können Zentrifugalkräfte zum Gleichgewicht beitragen. (Die in elektromagnetische Energie zerstrahlten Atome vermindern die verbleibende Masse, diese muß, weil sie Drehimpuls hat, sehr schnell umlaufen, und das wirkt dem Kollaps entgegen.)

Aus **Gl.(4.2)** können wir aus der relativen Rotverschiebung des Quasars dessen Radius berechnen.

Aus Gl.(4.2) $\frac{1}{1+z} = e^{-a/R}$ ergibt sich für den **Radius des Quasars** $\mathbf{R = \frac{GM}{c^2 \ln(1+z_{rel})}}$.

Die Geschwindigkeit des Kollabierens jedes Quasars im Einsteinkreuz ist, wenn sie ungebremst bleibt, $v = c\sqrt{1-e^{-2a/R}} = c\sqrt{1-e^{-R_S/R}} = c\sqrt{1-\left(\frac{1}{2,60}\right)^2} = 0{,}923c$. Sie ist also nahe der Lichtgeschwindigkeit.

Die kollabierende Ursprungsmasse nimmt in dem Maß ab, als sie sich in Kinetische Energie wandelt. Erreicht sie den Radius R, dann gilt in diesem Beispiel für potentielle und kinetische Energie (Masse):

$$\mathbf{M_{pot} = Me^{-a/R} = \frac{M}{2{,}60} = 0{,}384\,M. \quad M_{kin} = M - M_{pot} = 0{,}616\;M.}$$

Also sind bereits über 61% der Gesamtmasse M kinetische Energie und haben als solche keine Gravitation in radialer Richtung, auch nicht, wenn sie in Strahlung umgesetzt und abgestrahlt wird.

Die Entfernung des **Einsteinkreuzes** von uns folgt aus der Rotverschiebung 0,039 der begleitenden Galaxis. Ist die Dichte des Universums $\rho = 4$ H-Atom/m^3, dann ergibt sich für die Distanz R zu uns:

$R = 2{,}19 \cdot 10^{28}\sqrt{\ln(1+0{,}039)} = 4{,}283 \cdot 10^{27}$ [cm] $\cong$ $4{,}5 \cdot 10^9$ Lichtjahre. (**Gl.4.5a** auf nächster Seite)

[1 Lichtjahr = $0{,}946 \cdot 10^{18}$ cm, Masse eines H-Atoms = $1{,}675 \cdot 10^{-24}$ 'g)

Diese Rechnung gilt, wenn man Halton Arp zustimmt, daß die sichtbaren Materiebrücken nur möglich sind, wenn die vier Quasare annähernd den gleichen Abstand zu uns haben wie die zentrale Galaxis.

2. Deutung: Seine Kritiker aber bestritten die Existenz dieser Materiebrücke, weil nach ihrer Überzeugung das Universum expandieren muß. Expansion und Urknall sind für sie zwingende Folgerungen aus der Rotverschiebung entfernter Galaxien, also muß, da nichts anderes möglich sei, Arps Messung falsch sein.

Sie erklären das Einsteinkreuz als Gravitationslinse. Die vier sichtbaren Quasare seien Bilder ein und desselben Quasars, der sich hinter einer großen Masse befindet. Weil das Licht durch diese Masse abgelenkt wird, sehen wir den gleichen Quasar vierfach an vier unterschiedlichen Orten um diese Masse.

Hier wurde die Gelegenheit zu einer wunderbaren wissenschaftlichen Argumentation verpaßt. Weil keines der vorgebrachten Argumente mit Sicherheit ausgeschlossen werden konnte, war nichts unsinniger, als einander zu diskreditieren. Sinnvoll wäre nur die Forderung nach weiteren Messungen gewesen.

Alle Beteiligten, auch ich, machten unbewußt den gleichen Fehler. Bei „Gravitationslinse" dachte auch ich an eine extrem konzentrierte Masse, an der das Licht eines Hintergrund-Quasars seitlich abgelenkt wird. Wenn das stimmt, dann hätte Arp recht, daß man anstelle der vier annähernd *kreis*förmigen Lichtflecke tangential auseinandergezogene, *abgeplattete* Bilder jedes Quasars sehen müßte.

Wir alle unterlagen einer unbewußten Selbsttäuschung, denn inzwischen gibt es andere Bilder des Einsteinkreuzes, die zeigen, daß die Gravitationslinse gar nicht, wie unbewußt angenommen, eine fast punktförmige Masse ist. Das Bild zeigt in Wahrheit nur den innersten Kern einer riesigen Vordergrund-Galaxis, die aus unserer Sicht weit über das Einsteinkreuz hinausreicht. Wir sehen die vier Quasarbilder in unmittelbarer Nähe des Kerns durch diese größtenteils unsichtbare lichtschwache Galaxis *hindurch*. Das verändert die Grundlage des Streites, denn mit dieser Anordnung ist sowohl die Deutung von Arp als auch die seiner Kritiker verträglich und deshalb nicht entscheidbar.

Die von Arp festgestellte Materiebrücke zwischen der zentralen Linse und den vier Quasarbildern wäre dann Teil der Vordergrund-Galaxis. Man braucht also nicht anzunehmen, daß irgendwo auf der Sichtlinie *zufällig* ein beleuchteter Nebel nur wie eine Materiebrücke aussieht, was, wie Arp zu Recht feststellt, äußerst unwahrscheinlich ist. Dennoch bleiben seine Kritiker in Beweisnot, denn immer noch bliebe nachzuweisen, daß die vier Quasarbilder von einer einzigen Quelle stammen. Dazu wäre nicht nur nachzuweisen, daß ihre Spektren identisch sind, sondern vor allem, daß die unregelmäßigen Helligkeits-Schwankungen für alle vier Quasare meßbar übereinstimmen, natürlich mit einer Zeit-Verschiebung von einigen Jahren infolge verschieden langer Lichtwege. Inzwischen liegen solche Langzeitmessungen der Helligkeit vor. Sie zeigen nicht die geringste Korrelation des Helligkeitsverlaufs mit irgend einer Zeitverschiebung, und das bestätigt Arps Annahme von vier unterschiedlichen Objekten.

Auch wenn sich das Einsteinkreuz als Bild eines einzigen Hintergrund-Quasars herausgestellt hätte, so wäre damit keine andere seiner Messungen abgeschwächt oder gar widerlegt. Z.B. gelten die gegen Arp vorgebrachten Argumente auch nicht bezüglich des Quasar/Seyfert Objektes Makarian 205, das in einer kombinierten Röntgen- und UV-Aufnahme mindestens drei Quasare zeigt, jeder mit einer Materiebrücke zur Zentralgalaxis. Diese Quasare können nicht Abbilder eines einzigen Hintergrundobjektes sein, weil sie mit 1.25, 0.63 und 0.46.extrem unterschiedliche Rotverschiebungen z haben. Da die Materiebrücken zwischen ihnen und der Galaxis existieren, sind sie mit dieser verbunden und müssen deshalb annähernd gleiche Distanz zu uns haben. Ihre unterschiedlichen Rotverschiebungen können also nicht mit Distanz-unterschieden, wohl aber mit dem Energierhaltenden Gravitationsgesetz erklärt werden.

Da mir kein ähnlich passendes Objekt bekannt ist, habe ich das Einsteinkreuz gewählt, um einen möglichen Gang der Rechnung beispielhaft zu beschreiben, obwohl es hätte sein können, daß die Deutung von Arp widerlegt wird. Es ging ja nur darum, wie auch im folgenden Kapitel, eine Möglichkeit zu zeigen, wie sich ein solches System berechnen läßt.

4.4 Messung Galaktischer Distanzen

Nun die Berechnung der Distanz einer Galaxis und des mit dieser verbundenen Quasars. Die galaktische Rotverschiebung sei z. Es gilt **Gl. (4.4)** für die riesige kosmische Massekugel $M = 4R^3\pi\rho/3$:

$e^{-a/R} = e^{-4GR^2\pi\rho/3c^2} = \frac{1}{1+z}$, oder $\underline{e^{+a/R} = e^{+4GR^2\pi\rho/3c^2} = 1+z}$. Für $z << 1$ folgt $z \cong \frac{4GR^2\pi\rho}{3c^2}$.

Definition einer Konstanten $\mathbf{B} = \sqrt{\frac{\mathbf{3c^2}}{\mathbf{4G\pi}}} = 5{,}67\cdot10^{13}\ [\mathrm{cm}^{-½}\ \mathrm{g}^{½}]$. $(G = 6{,}67\cdot10^{-8}\ \mathrm{cm^3 g^{-1} s^{-2}})$.

Die unterstrichene Formel ergibt mit der mittleren Dichte ρ des *Universums* (nicht der Galaxis!):

(4.5) $\mathbf{R = 5{,}67\cdot10^{13}\sqrt{\frac{\ln(1+z)}{\rho}}}$ **[cm].** Für z << 1 ist $\ln(1+z) \cong z$, also $\mathbf{R \cong 5{,}67\cdot10^{13}\sqrt{\frac{z}{\rho}}}$ **[cm].**

Für ρ = 4 H-Atom/m^3 = $6{,}7\cdot10^{-30}$ g/cm^3 ist $\frac{B}{\sqrt{\rho}} = 2{,}19\cdot10^{28}$ [cm], damit ist

(4.5a) $\mathbf{R = 2{,}19\cdot10^{28}\sqrt{\ln(1+z)}}$ **[cm].** Für z << 1 ist $\mathbf{R \cong 2{,}19\cdot10^{28}\sqrt{z}}$ **[cm].**

4.5 Messung der Dichte des Universums

Kann die Distanz wenigstens für *eine* Galaxie mit anderen Methoden bestimmt werden, dann läßt sich daraus die Dichte ρ des Universums berechnen. Ist die Dichte bekannt, dann lassen sich alle anderen galaktischen Distanzen allein durch Messung der Rotverschiebung bestimmen, ausgenommen Distanzen von Quasaren, deren enorm konzentrierte Massen eine *zusätzliche* gravitative Rotverschiebung erzeugen.

4.6 Berechnung der Hubble-“Konstanten”

Die Formel $e^{-a/R} = e^{-4GR^2\pi\rho/3c^2}$ quadriert und in Gl.(3.6) eingesetzt (ausgedrückt im cgs-System) ergibt die

(4.6) Fall-Geschwindigkeit $\mathbf{v = c\sqrt{1-e^{-2a/R}} = c\sqrt{1-e^{-8GR^2\pi\rho/3c^2}}} = c\sqrt{1-e^{-2R^2\rho/B^2}}$, $\left[B = \sqrt{\frac{3c^2}{4G\pi}}\right.$, Seite 64]:

daraus R = R(v): $\mathbf{R} = \frac{B}{\sqrt{\rho}}\sqrt{\ln\frac{1}{\sqrt{1-v^2/c^2}}} = \frac{\mathbf{5{,}67\cdot 10^{13}}}{\sqrt{\rho}}\sqrt{\mathbf{\ln\frac{1}{\sqrt{1-v^2/c^2}}}}$. Für v << c: $\mathbf{R \cong \frac{4\cdot 10^3}{3\cdot\sqrt{\rho}}v}$.

(Definition von B siehe Seite 64 Mitte)

Die **<u>Hubble-Konstante</u>** wurde in der Urknall-<u>Hypothese</u> definiert als *hypothetische* Expansionsgeschwindigkeit des Universums im Abstand R_H = **<u>10^6 Parsec</u>** = $3{,}26\cdot 10^6$ Lichtjahre = $3{,}1\cdot 10^{24}$ cm. In Wirklichkeit expandiert das Universum nicht, obwohl wir diese Geschwindigkeit formal berechnen können als ob es sie gäbe. Nehmen wir zunächst wieder an **ρ = 4 H-Atome/m³**, also $\mathbf{B/\sqrt{\rho} = 2{,}19\cdot 10^{28}}$ **[cm]**. Damit ist der Exponent von e in Gl.(4.6) $\mathbf{2R_H^2\,\rho/B^2} = 4\ 10^{-8}$. Für kleine Exponenten x ist $e^{-x} \cong 1-x$. Mit *diesem* ρ ist

die **<u>Hubble-Konstante</u>** $\mathbf{v_H = c\sqrt{2R_H^2\rho/B^2} = c\sqrt{2}\,\frac{\sqrt{\rho}}{B}\cdot R_H = 2c\cdot 10^{-4}}$ **[cm/s] = <u>60 km/sMpc</u>**, also ist

$$\textbf{(4.7)}\quad \underline{\mathbf{v_H = c\sqrt{1-e^{-8\pi G\rho R^2/3c^2}} \underset{8G\rho R^2<<c^2}{\cong} 2R_H\sqrt{\frac{2}{3}G\pi\rho} = \frac{R_H}{R_{Universum}}c}}$$ **bei der Dichte ρ** (B wurde eingesetzt).

Tatsächlich ist also v_H keine lineare Funktion von R, die Hubble-„Konstante“ ist nicht konstant. Doch für Distanzen, für die der Exponent $8G\rho R^2\pi/3c^2 << 1$ ist, kann die Funktion v = v(R) als linear gelten.

Es sei aber daran erinnert, daß diese Geschwindigkeit (v) zwar *definiert* ist und deshalb als Indikator der Rotverschiebung dienen kann, aber real konnte sie nur existiert haben vor dem ungebremstem Fall aus der Entfernung $R_\infty = \infty$ bis R. **Keinesfalls ist v interpretierbar als Expansion des Universums.**

4.7 Geschwindigkeit v als Funktion der Rotverschiebung z

Was bisher nach der Hypothese eines expandierenden Universums als „Fluchtgeschwindigkeit“ von Galaxien gedeutet wurde, erweist sich nach dem Energie-erhaltenden Gravitationsgesetz als die Geschwindigkeit, mit der in einem kollabierenden Universum die Galaxis relativ zum Beobachter fällt. Sie ist identisch mit der Geschwindigkeit v des freien Falles aus unendlicher Entfernung, berechenbar mit Gl.(4.6).

Man erhält v als Funktion von z durch Quadrieren der ersten Gleichung in Kapitel 4.4:

$e^{-2a/R} = e^{-8GR^2\pi\rho/3c^2} = \frac{1}{(1+z)^2}$. Dies in Gl.(4.6) eingesetzt und nach v bzw. z aufgelöst ergibt

$$\textbf{(4.8)}\quad \mathbf{v = c\sqrt{1-\frac{1}{(1+z)^2}}},\quad \text{oder}\quad \mathbf{z = \frac{1}{\sqrt{1-v^2/c^2}} - 1.}$$

Dazu einige Beispiele:

z =	0,039 (= Einsteinkreuz)	1	1,2	1,661 (Quasar)	4,5
v =	0,271 **c**	0,866 **c**	0,891 **c**	0,927 **c**	0,983 **c**.

Für den Fall, daß die Interpretation von Arp für das Einsteinkreuz zutrifft, wurden auch dafür die Zahlen eingefügt. Die Rechnung gilt natürlich auch, wenn die Fallgeschwindigkeit längst abgebremst ist, wenn also die zugehörige kinetische Energie durch Zusammenstöße abgeführt wurde. Man erkennt übrigens aus der 2. Formel Gl.(4.2) sofort die Proportionalität zwischen Energie E und Frequenz ν:

$$\textbf{(4.9)}\quad \mathbf{1 + z} = \underline{\nu_{R=\infty}/\nu_R} = h\nu_{R=\infty}/h\nu_R = \underline{E_{R=\infty}/E_R} = \mathbf{\frac{1}{\sqrt{1-v^2/c^2}}}.$$

5 Die Formel dE = vdP und ihre Ableitung

Man kann aus der *Lorentz-Transformation* für das Bewegen einer Masse folgende Formel ableiten:

(5.1) $\underline{\mathbf{dE = vdP = v_x dP_x + v_y dP_y + v_z dP_z = dE_{kin}}}$ (E = Gesamtenergie, **v** = Geschwindigkeit, **P** = Impuls).

Sie gilt auch in der klassischen Dynamik und wird im Folgenden bewiesen. Die Formel besagt:

Wird durch Impuls<u>zufuhr</u> d**P** der Betrag der Geschwindigkeit **v** einer Masse erhöht, dann nimmt ihre kinetische Energie um dE zu. Umgekehrt erhält man aus *dieser* Formel, wenn man entsprechend der Lorentz-Transformation c = konstant und E = mc^2 voraussetzt, die Spezielle Relativitätstheorie, *aber ohne Gravitation*. Z.B. ergibt sich daraus die Abhängigkeit der Masse von der Geschwindigkeit wie folgt:

Die kinetische Energie einer Masse m können wir jedenfalls ansetzen als Funktion ihres Impulses **P**:

$E = E(\mathbf{P}) = E(P_x, P_y, P_z)$. Daraus ergibt sich für eine Impulserhöhung d**P** ein Energiezuwachs von

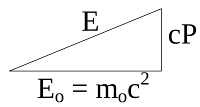
$dE = \frac{\partial E}{\partial P_x} dP_x + \frac{\partial E}{\partial P_y} dP_y + \frac{\partial E}{\partial P_z} dP_z$. Ein Vergleich mit Formel (5.1) ergibt $v_x = \frac{\partial E}{\partial P_x}$, $v_y = \frac{\partial E}{\partial P_y}$, $v_z = \frac{\partial E}{\partial P_z}$.

Nun ist wegen $E = mc^2$ der Impuls $\mathbf{P} = m\mathbf{v} = \frac{E}{c^2}\mathbf{v}$ Daraus $\mathbf{v} = \frac{c^2}{E}\mathbf{P}$, und in (5.1) eingesetzt:

$EdE = c^2\mathbf{P}d\mathbf{P} = c^2(P_x dP_x + P_y dP_y + P_z dP_z) = \frac{c^2}{2} d(P^2)$. Das ist identisch mit $d(E^2) = d(c^2P^2)$ und läßt sich

von 0 bis **P** integrieren: $E^2 - E_o^2 = c^2P^2$. Oder anders geschrieben:

(5.2) $\underline{\mathbf{E = \sqrt{E_o^2 + c^2P^2}}}$. Darstellen läßt sich das auch als <u>Diagramm</u>:



Wegen $\mathbf{v} = \left(\frac{\partial E}{\partial P_x}, \frac{\partial E}{\partial P_y}, \frac{\partial E}{\partial P_z}\right)$ (siehe oben) erhält man **v** durch Ableitung von (5.2) nach P_x, P_y, P_z:

$\mathbf{v} = \frac{c^2}{\sqrt{c^2P^2 + E_o^2}}\mathbf{P} = \frac{c^2}{E}\mathbf{P}$, das quadriert: $P^2 = \frac{E^2}{c^4}v^2$ und eingesetzt in $E^2 - E_o^2 = c^2P^2$ ergibt

(5.3) $\underline{\mathbf{E = \frac{E_o}{\sqrt{1 - v^2/c^2}}}}$. Nach Division durch c^2 erhält man $\underline{\mathbf{m = \frac{m_o}{\sqrt{1 - v^2/c^2}}}}$.

Als Einstein <u>Gravitation</u> einführte wurde die Gleichung auf die Fall-Geschwindigkeit angewandt. Das ergab ein bis heute ungelöstes Problem. Nach dem Uhren-Experiment müßte die Masse um die entstehende Fallenergie abnehmen. Nach der Lorentz-Transformation müßte sich die mit **v** bewegte Masse im Gegenteil um $\Delta m_o = \frac{m_o}{\sqrt{1 - v^2/c^2}} - m_o$ erhöhen.Woher kommt die kinetische Fall-Energie $\Delta m_o c^2$ der Massenerhöhung Δm_o?
Aus dem Nichts? Oder ist ausnahmsweise $\Delta m_o c^2 = 0$? Das widerspricht der Lorentz-Transformation. Ist aber $\Delta m_o c^2 \neq 0$, dann muß diese Energie aus dem „leeren Raum" kommen. Einstein sah sich gezwungen, diese physikalisch durch nichts nachweisbare Vakuum-Energie zu postulieren (siehe **Seite 17**). Ebenso wie in der Potenzialtheorie in Newtons Gravitationsgesetz postulierte er die Vakuum-Energie wie den Geist aus der Flasche, indem er voraussetzte, daß der vierdimensionale "Raum" die merkwürdige Fähigkeit hat, kinetische Fall-Energie $\Delta m_o c^2$ abzugeben, ohne selbst Energie zu haben.. Damit hatte er eine <u>un</u>meßbare *Ausnahme* vom Prinzip E = mc^2 eingeführt. Aber eine Masse Δm_o, die *vor* ihrer Umwandlung in kinetische Energie nicht unterscheidbar ist von der Masse Null, ist keine physikalisch zulässige Größe. Weil dies dem Prinzip E = mc^2 widerspricht, führte er einen Zusatzterm ein (siehe unten), mußte aber für jede einzelne Gleichung beweisen, daß die übrigen Formeln der Lorentz Transformation trotzdem gelten. Dabei entdeckte er korrekt, daß bei Annäherung an das Gravitationszentrum der Zeitmaßstab abnimmt, aber er entdeckte nicht, daß mit dem *gleichen* Faktor, mit dem der Zeitmaßstab abnimmt, auch die Masse abnehmen muß.

Energieerhaltende Gravitation hingegen folgt zwingend *ohne* Vakuumenergie *aus der Lorentz-Transformation*, weil $E = mc^2$ beibehalten wird. Da alle Variablen und Operationen zum Gültigkeitsbereich der Speziellen Relativitätstheorie gehören, gilt die Lorentz-Transformation für jede daraus abgeleitete Formel, ohne daß dies eines zusätzlichen Beweises bedarf. Die Eigenschaften einer Masse sind außerdem nicht abhängig von ihrer Vorgeschichte oder der Energiequelle. Insbesondere ist ihre eigene Energie mc^2 als Energiequelle erkannt. *Erteilt* man einem Körper die Geschwindigkeit v, dann erhöht sich dessen Ruhemasse m_o (das ist die Masse bei v = 0) entsprechend der Formel, unabhängig davon, wie groß seine Masse an einem andern Ort wäre oder wie viel diese vorher im Gravitationsfeld abgenommen hat.

Der Sachverhalt ist also wie folgt:

(A) Wenn in der Allgemeinen Relativitätstheorie die Gleichung (5.1) als gültig vorausgesetzt wird, dann muß zwangsläufig die Masse zunehmen, wenn sie im freien Fall die Fallgeschwindigkeit **v** annimmt, nämlich von m_o auf $m_o \big/ \sqrt{1-v^2/c^2}$.

(B) Fügt man an die Gleichung *keinen* Zusatzterm an als *unbeweisbare* hypothetische Energiequelle [wie später zu Gl.(5.7, S 69) angegeben], dann zeigt das Uhrenexperiment, daß die Masse abnimmt, und zwar um gleich viel, wie sie in Form von kinetischer Energie zunimmt. Das heißt:

(C) Sie nimmt mit dem reziproken Faktor auf $m_o\sqrt{1-v^2/c^2}$ ab, denn nur dann ist das Produkt aus Abnahme und Zunahme = 1 und m_o bleibt als Gesamtmasse und Gesamtenergie erhalten. Dieses *empirische* Resultat folgt nur dann aus Gleichung (5.1), wenn man das Uhrenexperiment berücksichtigt, wonach für jede Impulserhöhung d**P** die dazu nötige Energie dE von der *eigenen* inneren Energie m_oc^2 geliefert wird. Also ist bei Gravitation die Energieänderung dE von der inneren Energie *abzuziehen* und muß deshalb in Gleichung (5.1) *negatives* Vorzeichen erhalten:

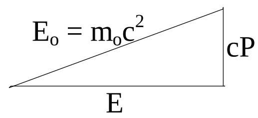
(5.4) $\quad \mathbf{-\,dE = vdP = v_xdP_x + v_ydP_y + v_zdP_z = dE_{kin}.}$

Wiederholt man obige Ableitung mit diesem veränderten Vorzeichen, dann erhält man

(5.5) $\quad E = \sqrt{E_o^2 - c^2P^2}$, wenn man berücksichtigt, daß jetzt $\mathbf{P} = m_o\mathbf{v} = E_o\mathbf{v}/c^2$ ist. Damit ergibt sich

(5.6) $\quad \underline{\mathbf{E = E_o\sqrt{1-v^2/c^2}}}$ und nach Division durch c^2 $\underline{\mathbf{m = m_o\sqrt{1-v^2/c^2}}}$, also genau die *Abnahme* der „Ruhe"-Masse, die durch das eingangs erwähnte Uhrenexperiment gefordert wird.

Jetzt nimmt die innere (potentielle) Energie um die entstehende kinetische Energie ab, kennzeichnend für Energie-Erhaltende Gravitation. Die Gesamtenergie E_o bleibt konstant und ist jetzt im Diagramm die Diagonale: (Erläuterungen siehe 3.11+3.12).



Zusammengefaßt haben wir also folgendes Ergebnis:

1. Positives Vorzeichen von dE (Die Masse erhält ihre Kinetische Energie von außen)

(5.1) $\quad \mathbf{+dE = vdP = v_xdP_x + v_ydP_y + v_zdP_z.}$ Die Integration dieser Gleichung ergibt

(5.3) $\quad \mathbf{E = \dfrac{E_o}{\sqrt{1-v^2/c^2}}}$. Das ist das **Trägheitsgesetz**. Die Energie*zunahme* ist = $\Delta E = E - E_o$.

Die Formel besagt: Energiezufuhr von $\Delta E = E - E_o$ mittels Impulserhöhung bedeutet Geschwindigkeitserhöhung. Das nennt man Trägheit, weil zur Bewegungsänderung (b) einer Masse (m) in Richtung eines Weges (ΔR) Energie (ΔE) zugeführt werden muß. „Energiezufuhr pro Wegeinheit" (dR = 1) nennt man Kraft (K). $dE = KdR = K\cdot 1$. Es gilt $K = dE/dR = mb$.

Mit Gl.(5.1) wurde das differentiell ausgedrückt:

Impulserhöhung d**P** bei der Geschwindigkeit **v** erfordert Energie*zufuhr* um **dE.**

<u>2. Negatives Vorzeichen von dE</u> (Die Masse erzeugt Kinetische Energie aus <u>innerer Energie</u> mc^2).

Bisher dachte man immer an *Energiezufuhr von außen*. Da eine Masse aber die enorme innere Energie mc^2 hat, kann sie sich mit ihrer *eigenen* Energie beschleunigen. Aus der Sicht äußerer Massen (z.B. im Uhren-experiment) versucht sie das sogar *immer*, und zwar durch Beschleunigung in Richtung des Schwerpunktes zu diesen äußeren Massen. *Das ist das Prinzip der Gravitation*. In dem Maß, als sie *selbst* ihren Impuls **P** *vergrößert*, muß ihre innere Energie *abnehmen*, das heißt dE ist negativ:

(5.4) $-\mathbf{dE} = \mathbf{v_x dP_x + v_y dP_y + v_z dP_z = vdP}$. Die Integration dieser Gleichung ergibt

(5.6) $\mathbf{E = E_o \sqrt{1 - v^2/c^2}}$. Dieser Vorgang heißt <u>**Gravitation**</u>. Die Energie*abnahme* ist $= \Delta E = E_o - E$

Der Unterschied zwischen diesen beiden Prozessen ist nur die Energiequelle, also ob die treibende Energie aus den <u>umgebenden</u> Massen oder aus der <u>eigenen</u> Masse bezogen wird. Gleichung (5.4) bestätigt *ohne weitere Annahme* das <u>Energie-erhaltende Gravitationsgesetz</u>, aus dem sie sich (uneingeschränkt allgemeingültig) ableiten läßt, wie nachfolgend gezeigt wird.
Man beachte: **Nichts weist auf Abhängigkeit von <u>Raumkrümmung</u> hin. Diese aber könnte es geben als Folge von Gravitation.**

Gleichung (5.1) ließ sich bisher *nur* aus der Speziellen Relativitätstheorie ableiten. Aus Einsteins <u>Allgemeiner Relativitätstheorie</u> ist sie nicht ableitbar, wohl aber aus dem <u>Energie-erhaltenden Gravitationsgesetz</u>. Weil sie sich aber für die Allgemeine Theorie als unentbehrlich erwies, wurde sie zusätzlich *postuliert*, was natürlich nur erlaubt ist, wenn sich daraus keine Widersprüche ergeben. Seitdem gehört sie zu jenen ergänzenden Postulaten zur Allgmeinen Relativitätstheorie, die man für sie als unverzichtbar angenommen hat. Gerade diese Formel wird oft benötigt, insbesondere in Form von Gleichung (5.4), d.h. mit negativem Vorzeichen.

Bei <u>Energie-erhaltender Gravitation</u> besteht kein Bedarf an Zusatzaxiomen wie z. B. den folgenden:
a) Das Vakuum könne Energie aus dem Nichts „ausleihen“,
b) das Universum wäre aus einer Nußschale oder einem Atom „unendlich dichter Materie“ entstanden
(in einer Art Explosion: Urknall, Big Bang, mit ungefährer Angabe der Zeit, die seitdem verstrich!),
c) Energie-Erhaltung würde in kosmischen Maßstäben nicht gelten, ...

Geht man aber von Energie-erhaltender Gravitation aus, dann läßt sich die wichtige Formel (5.4) *ohne* Zusatzpostulat in folgender Weise aus dem Kraftgesetz ableiten:

(1.9) Kraftgesetz $K = -\mathbf{G}\dfrac{\mathbf{Mm_o}}{\mathbf{R^2}}\mathbf{e^{-a/R}}$. Andererseits ist die Kraft K gleich der Impulsänderung: $\mathbf{K} = \dfrac{d}{dt}\mathbf{P}$.

Wegen der im Abstand R verringerten Masse $E = c^2 m_o e^{-a/R}$ und aus $E_o = c^2 m_o$ folgt $e^{-a/R} = \dfrac{E}{E_o}$.

Daraus: $-\dfrac{a}{R} = \ln\dfrac{E}{E_o}$ und $\ln^2\dfrac{E}{E_o} = \dfrac{a^2}{R^2}$ sowie $R = -\dfrac{a}{\ln(E/E_o)}$.

Setzen wir $a = \dfrac{GM}{c^2}$ in diese Gleichung ein, dann erhalten wir mit Gl.(1.9):

$$v = \frac{dR}{dt} = \frac{dR}{dE}\frac{dE}{dt} = \frac{R^2}{aE}\frac{dE}{dt} = \frac{R^2}{aE}\frac{dE}{dP}\frac{dP}{dt} = \frac{R^2}{aE}\frac{dE}{dP}K = -\frac{R^2c^2}{GME}\frac{dE}{dP}G\frac{Mm}{R^2}e^{-a/R} = -\frac{dE}{dP}$$

(Zuletzt wurde E gegen $c^2 m_o e^{-a/R}$ gekürzt und für $m = m_o$ geschrieben).

Das ist, wie behauptet, die Gleichung **(5.4)** $dE = -v\mathbf{dP}$.

Weil in Einsteins Theorie die Gleichung (5.1) als Axiom angenommen wurde, blieb verborgen, daß es vernachlässigte Glieder höherer Ordnung (>2) gibt, in Gl.(1.11), Seite 7. Gleichung (5.1) dürfte in Einsteins Theorie gar nicht angewendet werden, weil sie nur bei Energiezufuhr *von außen* gilt.

Aus Gleichung (5.4) kann man auch auf die Gültigkeit der Gleichung (5.1) schließen, indem man für die Größe dE verschiedene Werte einsetzt. Setzt man z.B. dE = 0, d.h. E verändert sich nicht, dann folgt aus Gl.(5.4) und Gl.(5.6), daß $E = E_o$ bleibt und $v = 0$ ist. Das ist Newtons Axiom, wonach ein Körper ohne Einwirkung äußerer Kräfte in seinem Bewegungszustand verharrt (K= dE/dR = 0). Fordert man aber, daß trotz Änderung des Bewegungszustandes die Masse m_o konstant bleibt, dann zeigen diese Gleichungen, daß dazu jeder von m_oc^2 abgezogene Energiebetrag –dE ersetzt werden muß durch Energiezufuhr +dE von außen, das ergibt Gl.(5.1).

Bei Energie-erhaltender Gravitation wird die Energie dE von der fallenden Masse *abgezogen*, hat also negatives Vorzeichen. Das wandelt Gl(5.1) in (5.4). Dann erhält man durch Integration für die verbleibende Energie $E = \sqrt{E_o^2 - c^2P^2}$ = Gl.(5.5). Das wurde nicht erkannt. Man hielt an der Formel $E = \sqrt{c^2P^2 + E_o^2}$ fest, folglich mußte man für die Potentielle Energie E_{pot} eine *äußere* Quelle erfinden und zu diesem Wurzelausdruck hinzufügen. Hebt man z.B. die Masse m durch Energiezufuhr hoch, dann, so dachte man, würde die dazu aufgewandte Energie *ins Feld* eingespeist und zu E_{pot} addiert. E_{pot} wurde als Funktion des Abstandes vom Massenzentrum so definiert, daß E_{pot} immer genau dort Null ist, wo man mit dem Hochheben beginnt. Nennen wir diesen Abstand R_o. Um Widersprüche zu umgehen hat man dann Gl.(5.1) außer mit E_{pot} auch mit einer hypothetischen konstanten **Feld-Energie $\mathcal{E}_o$** in folgender Weise erweitert *):

(5.7) $\mathbf{E = \sqrt{E_o^2 + c^2P^2} + E_{pot}(R) + (\mathcal{E}_o - E_o) = const.}$ ($E_o = mc^2$ ist die innere Energie der Masse m)

Die Formel ist kaum verständlich, aber man entnimmt aus den Voraussetzungen zumindest Folgendes:

Im Abstand R_o wird $E_{pot}(R_o) = 0$ *vorausgesetzt*. Wenn die Masse *ruht*, dann ist auch der Impuls $\mathbf{P} = 0$, und diese Formel ergibt dann im Punkt R_o mit diesen Definitionen für die Gesamtenergie die hypothetische Feldenergie $E = \mathcal{E}_o$.

Vergleicht man die so postulierte Gleichung (5.7) mit Gleichung (5.5), Seite 67, also mit

$E = \sqrt{E_o^2 - c^2P^2} = E_o\sqrt{1 - v^2/c^2} = E_{pot}$, so wird sofort klar, warum und in welchem Fall Gl.(5.7) den korrekten Resultaten der Gl.(5.5) sehr nahe kommen kann. Denn E_{pot} in Gl.(5.5) erfüllt mit großer Näherung immer dann auch Gl.(5.7), *wenn* $(c\mathbf{P})^2 << (E_o)^2$, worin $E_o = mc^2$ ist. Dann gilt nämlich für die Wurzeln die Näherung $\sqrt{1 + c^2P^2/E_o^2} = 1 + c^2P^2/2E_o^2$ und $\sqrt{1 - c^2P^2/E_o^2} = 1 - c^2P^2/2E_o^2$.
Setzt man mit diesen Näherungen der Wurzeln E_{pot} aus Gl.(5.5) in Gl.(5.7) ein, dann erhält man

$$E = E_o(1 + c^2P^2/2E_o^2) + E_o(1 - c^2P^2/2E_o^2) + (\mathcal{E}_o - E_o) = (\mathcal{E}_o + E_o) = \text{const.}$$

Da die Größe einer Konstanten ohne Einfluß auf den Kurvenverlauf ist, hat also E_{pot} in Gl.(5.7) und Gl.(5.5) fast identischen Verlauf – natürlich *nur* bei dieser Näherung, also bei $cP << E_o$, d.h. $v << c$.

Diese Näherung bleibt aber nicht erhalten, wenn R sich R_o nähert. Fällt z.B. eine Masse unbegrenzt gegen eine konzentrierte Zentralmasse M, dann wächst ihr Impuls P über alle Grenzen, weil die Gravitation von E_o nie aufhört. Denn bei $R = R_o$ wird in Gl.(5.7) $E_{pot}(\mathbf{R_o}) = 0$ (laut Definition), und $P = 0$, dann ist aber die Wurzel (= E_o) immer noch nicht Null und die Gravitationswirkung bleibt bestehen. Denn nie wird E_o durch c^2P^2 aufgehoben wie in Gl.(5.5). Jetzt half nur noch Zaubern.

Der Zauber, der den entscheidenden Unterschied zu Energieerhaltender Gravitation bewirken sollte, ist ein hypothetisches quellenfreies Feld, das unerschöpflich jedem fallenden Körper kinetische Energie liefern kann ohne welche zu haben. Die Zauberei hat einen Namen: „**Re-Normierung**“. Sie beschwört jeden Punkt des Feldes, nicht lokalisierbare Energien abzugeben. Dazu wurde die Fallstrecke in unendlich viele Etappen unterteilt, jede leiht sich vom Vakuum einen endlichen Vorrat an potentieller „Raum-Energie“, und daraus bezieht die fallende Masse ihre kinetische Energie. Ist am Ende einer Fallstrecke dieser Energievorrat erschöpft, dann beginnt die nächste Etappe, die sich einen neuen Energievorrat leiht (re-normiert). Daß die Summe dieser willkürlichen und überdies „nicht lokalisierbaren“ (also prinzipiell nicht meßbaren) Energien unendlich sein muß, das ist gehütetes Tabu dieser Zauberkunst.

Der Zauber macht also einfach die „*Konstanten*“ in Gl.(5.7) *variabel*. „Die Theorie“ löst ihr Dilemma, indem sie sich am eigenen Schopf herauszieht und das „Feld“ für E_{pot} der fallenden Masse fortlaufend mit Energieschulden „re-normiert“. Weil in Formel (5.7) das Glied c^2P^2 zur Energie E_o addiert wird statt von dieser zu zehren, kann sich die potentielle Energie nie erschöpfen. Jetzt hocken die Probleme in „Schwarzen Löchern“, jeder Erklärung trotzend, eben weil der Wurzelausdruck ein Potenzial verkörpert, das niemals verschwindet. Mit dem Trick der „Re-Normierung“ läßt sich jedes Perpetuum Mobile rechtfertigen.

---

*) Nach Falk & Ruppel "Mechanik, Relativität, Gravitation" 1983, Seite 147

6 “Newtonsche Kosmologie” nach E. A. Milne

Manchmal machten mir kompetente Kosmologen vage Andeutungen, daß die Periheldrehung der Planetenbahnen nicht als Bestätigung der Energieerhaltenden Gravitation gelten könne, weil die Periheldrehung auch aus dem Klassischen Gesetz gefolgert werden könne. Mir war zunächst nicht klar, worauf diese Andeutungen anspielten, bis ich mich der Arbeiten der britischen Kosmologen Edward A. Milne und William McCrea entsann, die 1934 mit der sogenannten „Newtonschen Kosmologie“ die Fachwelt überraschten. Bei der Untersuchung der Stabilität des Universums erkannten diese Forscher, daß sich die wichtigsten Ergebnisse der Allgemeinen Relativitätstheorie überraschend auch aus der klassischen Newtonschen Theorie ergeben. Für meine Darstellung stütze ich mich auf die anschauliche „Kosmologie“ von E.R.Harrison (→ Seite 80).

Der Gedanke von **Milne** und **McCrea** (kurz **MM**) ist, ohne wesentliche Änderung, sehr vereinfacht folgender. Denkt man sich das Universum kugelförmig, dann kann man so rechnen, als ob alle Massen auf der Kugeloberfläche wären. Am Resultat ändert das nichts, weil die Gravitation der Vollkugel auf ein äußeres Masseteilchen m nur vom Abstand R zu ihrem Mittelpunkt abhängt, wie zu Bild 1.1 und Bild 3.7 (Seiten 1 und 35) bewiesen. Kosmische Expansion bedeutet, daß der Radius mit der Geschwindigkeit v wächst. Die Masse m kann der Gesamtmasse M des Kosmos nur „entkommen“, wenn v mindestens die klassische Fluchtgeschwindigkeit hat, $v \geq |\sqrt{2GM/R}|$, (siehe Seite 23), oder, quadriert und als Gleichung geschrieben: $\mathbf{mv^2 = |2GMm/R| + Konstante\ k_1}$. (Zum Erkennen der physikalischen Bedeutung habe ich alle Glieder mit m multipliziert). Ist die Konstante $k_1 \geq 0$, dann ist die Flucht ohne Umkehr, bei $k_1 < 0$, kommt es zur Umkehr. Dieselbe Gleichung gewinnt man ebensogut aus folgendem Ansatz:

Gesamtenergie einer Masse ($k_1/2$) = Kinetische Energie ($mv^2/2$) + Gravitationsenergie ($-GMm/R$).

Wegen Energieerhaltung bleibt die Gesamtenergie konstant. Mit 2 multipliziert und seitenvertauscht:

(6.1) $\mathbf{mv^2 - 2GMm/R = k_1 = 2 \times Gesamtenergie.}$ Das ist der **Ansatz von Milne & McCrea**.

(In alle Rechnungen gehen nur *Änderungen* der Potentiellen Energie ein. Ein fester positiver Anfangsbetrag ist ohne Einfluß und folglich gar nicht ermittelbar. Deshalb schreibt man stets nur dessen Abnahme, also den negativ zu nehmenden Anteil.) Ist $mv^2 < 2GMm/R$, dann kann die kinetische Energie die Gravitations-Energie nicht überwinden und erreicht Null im Umkehrpunkt $R_o < \infty$. Stets gilt: Was die eine Energieform verliert, gewinnt die andere. Ist genau $mv^2 = 2GMm/R$, dann ist die Gesamtenergie = 0, kinetische und gravitative Energieabnahme halten einander dauernd die Waage, die Expansion hört niemals auf. Ist v größer, dann käme die Expansion nicht einmal bei $R \to \infty$ zum Stillstand.

Setzt man für m die Masseneinheit m = 1, dann kann man für Gl.(6.1) schreiben

(6.2) $v^2 = 2GM/R - k.$ (Nach Konvention setzt man $-k$ anstelle von k_1/m).

$-k \geq 0$ bedeutet dauernde Expansion, $-k < 0$ bedeutet Umkehr, d.h. das Universum bleibt endlich.

Setzt man darin für die Masse des Universums $M = 4\pi R^3 \rho/3$, so ist

$$v^2 = \frac{8\pi G \rho R^2}{3} - k\,.$$ Division durch R^2 gibt dieser Gleichung die Form

(6.3) $$\frac{\mathbf{v^2}}{\mathbf{R^2}} = \frac{\mathbf{8\pi G\rho}}{\mathbf{3}} - \frac{\mathbf{k}}{\mathbf{R^2}}$$ (ρ = Massendichte, G = Gravitationskonstante)

Das ist die gleiche Formel, die Einstein aus seiner weitaus komplizierteren Gravitationstheorie erhielt. Bei ihm ist k/R^2 das Maß für die ***Krümmung* des Raumes**. Daß diese Formel von MM mit elementarer Mathematik aus dem Klassischen Gravitationsgesetz abgeleitet werden konnte, kam völlig unerwartet.
War also die mathematisch schwer durchschaubare gekrümmte Raum-Zeit-Geometrie eine Fiktion?

Die Konstante k_1 bzw. $k = k_1/m$ repräsentiert nach diesem Ansatz die Gesamtenergie. Durch geeignete Definition dieser Energie und der Maßeinheiten kann man erreichen, daß $|k| = 1$ oder 0 ist. Für die Raumkrümmung entscheidend ist dann, ob k = +1 (Universum endlich, d.h. geschlossen), k = 0 (keine Krümmung, Euklidischer Raum), oder k = –1 (Universum offen, immerwährende Expansion).

Ist k = 1, dann ist das Universum endlich mit einem Radius R, der sich aus obiger Gleichung berechnen läßt, und zwar ist für den Umkehrpunkt, wo v = 0 ist, der Radius $R = \sqrt{\frac{3}{8\pi G\rho}}$, (*nur* bei k = 1!).

Weil sich also relativistische Resultate wie dieses erstaunlicherweise mit dem einfachen Ansatz von MM schon aus der klassischen Theorie herleiten ließen, wäre die Periheldrehung, die sich anschließend daraus auch ergab, kein zwingendes Argument für Energieerhaltende Gravitation. Doch eine genaue Betrachtung zeigt, daß der Ansatz von MM, wenn man ihn fehlerfrei zu Ende gedacht hätte, das Energieerhaltende Gravitationsgesetz ergibt. Der Ansatz von MM gründet sich ja gerade auf das Erhaltungsprinzip der Gesamtenergie. Das müßte identisch sein mit dem Ansatz für das Energieerhaltende Gravitationsgesetz, denn dieser lautet ja auch

(6.4) Kinetische Energie + Potentielle Energie = Gesamtenergie = konstant.

Wo ist der Unterschied? Nach Milne und McCrea erhält die Einheitsmasse $m = 1$ im System der kosmischen Masse M ihre Gesamtenergie in zwei Teilen: **1.** von *außen* als kinetische Energie $mv^2/2$ durch einen *Anfangsimpuls*, und **2.** *hat* sie im Abstand R vom Massenmittelpunkt ihren Anteil an Potentieller Energie GMm/R. Nach dem Energieerhaltenden Gravitationsgesetz aber gilt: Die *gesamte* Energie ist immer gleich der *inneren* Energie Mc^2+mc^2 der Massen. Null kann sie nie sein. Auch die Geschwindigkeit v liegt für jeden Abstand R fest und ist keine *Flucht*geschwindigkeit; v ist also nicht Folge eines im Urknall erteilten Anfangsimpulses (der unabhängig von Gravitation ist), vielmehr *entsteht* v durch das Gegenteil von Flucht, nämlich durch freien *Fall* von $R = \infty$ mit einer Rate, die nur von der Masse M und dem Abstand R bestimmt ist. MM erhielten relativistisch richtige Resultate, weil sie Energieerhaltung voraussetzten. Daß sie trotzdem die Entdekkung des Energieerhaltenden Gravitationsgesetzes versäumten liegt daran, daß sie nur an *Expansion* dachten, bei der man auf keine Singularitäten trifft. Hätten sie die *Umkehrung* der Expansion bis zum *vollständigen* Zusammenfallen der Massen berechnet, dann hätten sie darauf stoßen müssen. Im Umkehrpunkt existiert keine Anfangsgeschwindigkeit, deshalb hätten sie die Fall-Energie $mv^2/2$ *aus den Massen* (aus mc^2) beziehen müssen, eben *wegen* Energieerhaltung. Auch die Formel $\sqrt{1-v^2/c^2}$ ist nicht anwendbar, wenn nicht zuvor v als Funktion von R berechnet wurde. Die Rechnung führt dann zwangsläufig auf die Funktion $e^{-a/R}$ des Gravitationsgesetzes.

Das alles läßt sich sehr schön an den Formeln demonstrieren, die MM benutzten. Dazu gehen wir zurück zu deren Ansatz Formel (6.1) $mv^2 - 2GMm/R = 2 \times \text{Gesamtenergie} = k_1$.

Die Gesamtenergie der fallenden Masse ist mc^2. In Gl.(6.1) eingesetzt: $mv^2 - 2GMm/R = 2mc^2$. Setzt man wieder $M = 4\pi R^3\rho/3$ und dividiert durch R^2 und durch mc^2, so wird daraus

(6.5) $$\frac{v^2}{c^2R^2} = \frac{8\pi G\rho}{3c^2} - \frac{k_1}{mc^2R^2} \quad \text{und für } k_1 = 2mc^2 \quad \text{ist das} \quad \frac{v^2}{c^2R^2} = \frac{8\pi G\rho}{3c^2} - \frac{2}{R^2}\,.$$

Daraus erhält man für den Radius im Umkehrpunkt (also für $v = 0$) und für $k_1 = 2mc^2$:

(6.6) $$R^2 = \frac{3c^2}{2\cdot 8\pi G\rho} \quad \text{oder} \quad \mathbf{R = \frac{1}{\sqrt{2}}\sqrt{\frac{3c^2}{8\pi G\rho}}}\,.$$

Abgesehen vom Zahlenfaktor $1/\sqrt{2}$ stimmt dieser Radius mit Gl.(3.58) überein. Eine Abweichung (hier $1/\sqrt{2}$) war ja zu erwarten, weil in die *vorausgesetzte* Formel kinetische und potentielle Energie mit ihrer klassischen Größe eingesetzt wurden. MM setzten für die doppelte Gesamtenergie statt $2mc^2$ allerdings nur $k_1 = mc^2$. Dann fällt $1/\sqrt{2}$ weg und es ergibt sich genau der gleiche Radius wie bei Gl.(3.58)[1)].

Es zeigt sich also, daß der so berechnete Radius derselbe ist wie der nach dem Energieerhaltenden Gravitationsgesetz, wo er anders definiert wurde, nämlich als „Ort maximaler Gravitation".

---

1) Man kann leicht nachprüfen, daß man dies nicht einmal mit den *exakten* relativistischen Ausdrücken für kinetische $[mc^2(1-e^{-a/R})]$ und Potentielle Energie $[mc^2e^{-a/R}]$ erhalten würde. Deren Summe ist zwar auch $= mc^2$, verrät aber nach diesem Ansatz den kosmischen Radius R noch nicht, auch dann nicht, wenn man statt $e^{-a/R}$ die Wurzel $\sqrt{1-v^2/c^2}$ wählt.

Gl.(6.5) läßt sich auch so schreiben:

$$\frac{v^2}{c^2R^2} = \frac{8\pi G\rho}{3c^2} - \frac{k_2}{R^2} \quad \text{wenn für} \quad \frac{k_1}{mc^2} = k_2 \text{ gesetzt wird. Dann ist für } k_2 = 1 \text{ bei } v = 0\text{:} \quad R^2 = \frac{3c^2}{8\pi G\rho}\,.$$

Also der gleiche Radius wie der mit Energieerhaltender Gravitation, siehe **Gl.(3.58)** S.38.

Ist $v \neq 0$, dann erhält man

(6.7) $$\frac{k_2}{R^2} = \frac{8\pi G\rho}{3c^2} - \frac{v^2}{c^2 R^2}.$$ ($k_2 = k_1/mc^2$) (Einstein wählt oft die Einheiten so, daß c = 1).

Nun ist v^2/R^2 in einem expandierenden Universum konstant, sofern v nach dem Gesetz von Hubble *proportional* zu R ist. Hat z.B. eine Galaxie die doppelte Fluchtgeschwindigkeit, dann muß sie sich bei unveränderlicher Hubble-*Konstante* H = v/R seit dem Urknall doppelt so weit entfernt haben. Damit gilt, wenn man mit Einstein c = 1 setzt, für den augenblicklichen Radius des Universums die

(6.8) Gleichung von Einstein $$\mathbf{\frac{k}{R^2} = \frac{8\pi G\rho}{3} - H^2 + \frac{\Lambda}{3}}$$ (die Einstein anders abgeleitet hat),

nur wurde ziemlich willkürlich noch eine „Kosmologische Konstante“ $\mathbf{\Lambda}$/3 eingefügt, um einer möglichen Veränderung der Hubblekonstanten Rechnung zu tragen. Einstein führte sie als Integrations-Konstante ein, weil er zunächst glaubte, das würde das Kollabieren des Universums verhindern. Auf die Expansion des Universums wirkt $\mathbf{\Lambda} > 0$ verzögernd, $\mathbf{\Lambda} < 0$ beschleunigend. Später nannte er $\mathbf{\Lambda}$ „meine größte Eselei“. Einige Kosmologen aber halten $\mathbf{\Lambda}$ doch für möglich oder gar für eine geniale Idee (Milne). Warum? Es scheint, daß für die Kosmologen (auch für Einstein) die eigene Formulierung der Gravitation noch nicht befriedigend war. Man kommt nie ohne Zusatzannahmen aus, sei es, um zu erklären, warum das Universum nicht kollabiert, oder warum es expandiert, oder weil Widersprüche zu Energieerhaltung auftreten oder weil gar der nächste Widerspruch droht mit der eventuellen Entdeckung von Sternen oder Strukturen, die älter sind als die Zeit seit dem Urknall.

Aber schon der Ansatz von MM ist ein Widerspruch in sich. Denn um den Massen im Urknall den Anfangsimpuls zu erteilen, ist Energie erforderlich, ebenso für Gravitation. Diese Energie muß irgendwo im Universum immer schon vorhanden gewesen sein, wenn, wie MM voraussetzten, Energie erhalten bleibt. Diese Energie hat Masse, die zur Masse des Universums gehört und unmöglich „von außen“ kommen konnte, entgegen der stillschweigenden Annahme von MM. Somit muß im System *aller* Massen des Universums die von MM eingeführte „Gesamtenergie“ identisch sein mit der Energie der Masse $(M+m)c^2$ dieses Systems. Die Frage ist nur, *welche* gravitative Masse sich in kinetische Energie wandelt. Da es nicht zwei Klassen von Massen gibt, „besitzende“ und „arbeitende“, kann das aus Symmetriegründen nur die Masse sein, die ihre Geschwindigkeit v ändert. Für die Gesamtenergie **k** in der Formel kommt also nur die eigene Energie mc^2 in Frage, die in einem realen System nicht Null ist. Setzt man deshalb im von MM voraussetzten System
$\mathbf{k} = mc^2$, dann wird daraus das Energieerhaltende Gravitationsgesetz. Obwohl in der vorausgesetzten Kugelgestalt Mitte und Randpunkte *ausgezeichnete* Punkte sind, widerspricht das nicht dem Relativitätsprinzip, weil durch diese Punkte *jedem* Beobachter *je ein eigenes* Universum zugeteilt ist (mit ihm als Mittelpunkt). Die „Auszeichnung“ jedes Punktes besteht für ihn nur darin, daß er allein durch Beobachtung dieser *seiner* Welt zu deren Mitte wird. In diesem Sinn ist *jeder* Punkt Mittelpunkt aller Massen und zugleich „Rand“ für die andern, nah oder fern, so unentrinnbar, wie *verschiedene* Beobachter sich exakt im Mittelpunkt jedes Regenbogens sehen.

Nach dem Energieerhaltenden Gravitationsgesetz wird die Gleichung (6.3) oder (6.4) nicht aus einem Urknall *extrapoliert*, d.h. durch Integration mit *unbestimmter* Konstante, sondern sie wird *deduktiv* abgeleitet. d.h. aus Anfangsbedingungen gewonnen durch Differenzieren. Auch entfällt die Expansion v des Universums und Kollabieren wird nicht verhindert. Ohne Integration keine Integrationskonstante. Also ist $\mathbf{\Lambda}$ in Einsteins Gleichung Null, und der damit berechnete Radius des Universums ist identisch mit dem Radius nach dem Energieerhaltenden Gravitationsgesetz der Gleichung (3.58) auf Seite 38.

Zum Faktor c^2 eine Erklärung. Als Faktor ist c^2 implizit auch in Einsteins Gleichung (6.8) enthalten. Denn (siehe oben) es ist $k = k_2c^2 = k_1/m = mc^2/m = c^2$, somit kann c^2 auf die rechte Seite gebracht werden. Es besteht also Übereinstimmung mit Gl.(3.58). Die verwirrende Vielfalt von Konstanten folgt aus der Vorliebe der Theoretiker, mit verschiedenen Definition zu arbeiten, um ihren Konstanten einen „eleganten“ oder „schönen“ Zahlenwert zuordnen zu können. Oft ist c = 1 und m = 1 definiert, dann lassen sich in der Gleichung diese Größen nur schwer erkennen.

Beim Vergleich der Formeln ist also Vorsicht geboten, weil Einstein oft ein unübliches Maßsystem verwendet, das durch $c = 1$ definiert wurde. Dadurch ist der Faktor c^2 in der Zahl 1 verborgen. Man kann natürlich sagen, Einstein habe bloß eine andere Längeneinheit gewählt, nämlich 300000 km anstelle des Zentimeters. Das aber entspricht dem Wechsel in ein anderes Maßsystem, denn dieser Wechsel wird durch Division mit der Lichtgeschwindigkeit c vollzogen, die damit den Rang einer Grund*einheit* erhält und die Länge ablöst.

Betrachten wir dazu die Gl.**(5.2),** Seite 66 $E=\sqrt{E_o^2+c^2P^2}$. Nach einem häufigen Fehlschluß scheint für c = 1 der Impuls P die gleiche Dimension zu erhalten wie Energie. Tatsächlich aber wurde, um statt cP die reine Größe P zu erhalten, diese Gleichung durch c dividiert. Das Resultat $\frac{E}{c}=\sqrt{\frac{E_o^2}{c^2}+P^2}$ zeigt, daß alle Energien E durch E/c ersetzt sind. Das sind *fiktive* Größen mit der Dimension von Impulsen, so als wären alle Energien *und deren Massen* durch Erteilung von Impulsen entstanden. Impuls kann nur einer Masse erteilt werden, hier aber *entstehen* Massen aus ihrer Nicht-Existenz durch Erteilung von Impuls. Münchhausen ist der Realität unvergleichlich näher, wenn er sich am eigenen Schopf aus dem Sumpf zieht, denn diese Massen müssen sich nicht nur selbst herauskatapultieren, sie müssen sich obendrein dabei erschaffen! Das ist die eine Möglichkeit. Die andere ist die, vorsichtig zu sein beim Übergang in ein in der Physik so unübliches Maßsystem wie das mit c = 1. Dann genügt es nicht, im Nebensatz zu sagen, man könne jederzeit in das übliche Maßsystem zurückkehren, indem man v durch v/c ersetzt, vielmehr muß eine systematische Umrechnung *aller* Größen aus dem üblichen cgs-System (**c**entimeter-**g**ramm-**s**ekunden) erfolgen. Auch wäre zu klären, 1. ob Geschwindigkeit als Maßeinheit immer praktikabel ist in Anbetracht des Additionstheorems für Geschwindigkeiten, und 2. wie die anderen Grundgrößen definiert sind, wenn anstelle der Länge die Lichtgeschwindigkeit als Grundgröße tritt. Wenn in obiger Gl.**(5.2)** mit c = 1 kommentarlos $E_o^2+P^2$ gesetzt wird, so ist das zunächst eine physikalisch ungeklärte Operation, weil unterschiedliche Maßsysteme in ein und derselben Formel vermischt sind. Einstein hatte natürlich die korrekten Umrechnungsfunktionen (bewußt oder unbewußt) *im Kopf*, wenn er das Endergebnis in die normale Physik übersetzte, aber der Leser muß das Maßsystem, das von Fall zu Fall für *jedes* Glied der Gleichung gilt, erst decodieren. So wird jede Diskussion illusorisch. Sobald man irgendeinen Begriff verwendet, z.B. „Kraft“ oder „Energie“, wird sogleich entgegengehalten, daß es diese Begriffe in der Relativitätstheorie *so* gar nicht gibt. Definiert man „Kraft“ als Energietransport entlang eines Einheitsweges, so heißt es, der Energiebegriff sei relativistisch irrelevant, statt dessen gelte dessen Verschmelzung mit dem Impuls. Unter solcher Begriffsvorschrift wird alles zum Glaubenskampf, denn wo jeder den Glauben an sein Maßsystem zur Bedingung macht ist auch ein versuchsweises Eingehen auf die Voraussetzungen des Partners kaum nachvollziehbar, weil dem jeweilig Anderen vorgeworfen wird, „dem“ Stand der Wissenschaft zu widersprechen, nämlich dem eigenen.

Angemerkt sei noch, daß Edward A.Milne sich später (1948) den Kosmos als Wolke aus kosmischen Massen in Form von Galaxien vorstellte, deren „Oberfläche“ fast mit Lichtgeschwindigkeit expandiert. Nach seiner Rechnung verdichten sich die kosmischen Massen gegen die Oberfläche bis unendlich in einem endlichen Raum, obwohl ihre Wirkungen auf die anderen Massen begrenzt bleiben. Das sei hier nur erwähnt, weil es zeigt, daß die Verhaftung mit der Idee der *Expansion* das Erkennen Energie-erhaltender Gravitation verhinderte. Hätte Milne den Prozeß an seiner Umkehrung geprüft, nämlich am Kollabieren einer *endlichen* kosmischen Massenansammlung, dann hätte er erkannt, daß deren kinetische Energie auf Kosten der gravitativen Masse gerade so zunimmt, daß bei Annäherung an das Zentrum die gesamte Masse zu kinetischer Energie wird – bei Lichtgeschwindigkeit. Der Grenzfall ist also Strahlung, ihre Geschwindigkeit ist die Grenzgeschwindigkeit des *Fallens*, nicht der *Expansion*. Die Rechnung hätte ihm gezeigt, daß kinetische Energie in Bewegungsrichtung keine Gravitationseigenschaft hat. Seine Vorstellung unendlicher Masse im Unendlichen ist eine Folge der Unmöglichkeit, die Integration der kosmischen Expansion mit m = 0 zu beginnen, also mit dem Nichts. Um überhaupt rechnen zu können, mußte er im Nullpunkt von einer *endlichen* Masse > 0 ausgehen, dadurch divergiert das Integral, und das führt mit wachsendem Abstand R zu unendlichen Massen. Richtig war, daß er erkannte, vermutlich als Erster, daß die gravitativen Wirkungen der Speziellen Relativitätstheorie gehorchen.

Soweit ich weiß wurde übersehen, daß die Ableitung der relativistischen Rosettenbahn *aus der Klassischen Theorie* durch Milne und McCrea längst als theoretisch unmöglich nachgewiesen ist. Aus dem Klassischen Gesetz folgt zwingend, daß Planetenbahnen *nur Ellipsen* sein können (überlagert von Störungen durch andere Planeten). Die abgeleitete Periheldrehung aber macht die Bahnen *rosettenförmig*. Wenn bewiesen ist, daß nach dem Gesetz nur eine einzige Art von Bahnkurven möglich ist, dann sollten für einen Mathematiker alle Alarmglocken läuten, wenn sich eine verbotene Bahn ergibt. Daß es MM gelang, die relativistische Periheldrehung der Planetenbahnen aus dem Klassischen Gravitationsgesetz abzuleiten, ist nur erklärbar, wenn Anwendung von Energie-Erhaltung das klassische Gesetz irgendwie verändert, auch wenn das den abstrakten Formeln nicht anzusehen ist. Allem mathematischen Scharfsinn zum Trotz blieb das 63 Jahre lang unbemerkt. Die Formeln waren auch für Mathematiker zu abstrakt und kompliziert, um sie durchschauen zu können.

Die Schwierigkeit, dies zu erkennen, verschwindet, wenn man aus der sogenannten „abstrakten“ Mathematik zurückkehrt in eine Mathematik physikalischer Größen, das heißt zu Beziehungen zwischen Begriffen, die *als meßbar* definiert sind. „Abstrahieren" zerstört leicht die Kontrolle, ob die Begriffe wirklich physikalisch definiert sind. Formale Anwendung relativistischer Symbole verdeckte, daß mit den Symbolen Unterschiede in den Definitionen zwischen dem *Ansatz* von MM und dem des Gravitationsgesetzes eingeführt wurden. Dieser verdeckte Unterschied besteht darin, daß MM *Energie-Erhaltung* voraussetzten, während in Newtons Gesetz kinetische Fall-Energie *erscheint*, wo vorher keine Energie war. Kommt die Energie, das „Potenzial", aus „dem Nichts", dem leeren Raum, gleich dem Geist aus der Flasche? Das erkannte schon Newton als erklärungsbedürftig. Unbemerkt blieb, daß Einführung von Energieerhaltung das Newtonsche Gravitationsgesetz *ändert*, allerdings im Verborgenen. Waren sich MM dessen bewußt? Gibt es irgendwo einen Hinweis auch nur auf einen Versuch, das Verborgene offenzulegen? Daß das „Potenzial" existiert ist unbestritten, unbedacht aber blieb die Möglichkeit, daß dieses „Potenzial" sich erweisen könnte als Eigenschaft der fallenden Masse und nicht des „Feldes".

Daß das Klassische Gravitationsgesetz dem Prinzip von Energieerhaltung widerspricht wurde von meinen akademischen Lehrern nie in Frage gestellt und gelegentlich sogar betont. Umsomehr überraschte mich eine scharfe Kritik mit dem Vorwurf, ich hätte die Klassische Potenzialtheorie überhaupt nicht verstanden, wenn ich daraus eine Verletzung von Energieerhaltung herauslese. „*Daß die Summe aus Kinetischer und Potentieller Energie konstant ist, lernt jeder Student schon in den ersten Semestern*", so lautete der Vorwurf, als ob das nicht mehr gelten würde. Daß sich durch Einführung von Energieerhaltung rosettenförmige Planetenbahnen ergeben, die nach dem Gravitationsgesetz gar nicht möglich sind, hätte schon vor 63 Jahren jeden Mathematiker davon überzeugen müssen, daß sich mit Einführung von Energieerhaltung durch Milne das Gravitationsgesetz *ändert*. Wäre Energieerhaltung mit dem Klassischen Gravitationsgesetz auch nur verträglich, dann könnte die Anwendung des Prinzips der Energieerhaltung nichts *ändern*. Suchen kann man nur nach einem Gesetz, an dessen Möglichkeit man denkt.

Hätten MM nach dem veränderten Gravitationsgesetz gesucht, so hätten sie es auch entdeckt, weil ja der Ansatz von Energieerhaltung in Newtons Gesetz mathematisch nur *eine* Lösung hat.

„*Es mutet merkwürdig an", so begann die Kritik, „daß in einer Schrift, die grundsätzliche Kritik an der Allgemeinen Relativitätstheorie zu haben vorgibt, nicht eine einzige Gleichung aus dieser Theorie vorkommt. Dies legt den dringenden Verdacht nahe, daß die relativ anspruchsvolle mathematische Struktur der Einsteinschen Gleichungen gar nicht verstanden worden ist.*" Aus der vorliegenden Arbeit dürfte klar sein, daß Einsteins Gleichungen nur sinnvoll wären, wenn zuträfe, was er vorausgesetzt hat, nämlich daß die Gravitationsenergie vom „Feld" geliefert wird. Aber die Messungen zeigen, daß sie von der fallenden Masse geliefert wird. Das (heute verbesserte) Uhrenexperiment von Hafele und Keating ist nur ein Beweis unter vielen, daß die Fallenergie aus der Masse gespeist wird. Also war nur zu zeigen, daß sich daraus alle meßbaren Resultate der Relativitätstheorie und zusätzlich wesentlich neue Erkenntnisse ergeben. Diese Logik wird nicht dadurch ungültig, weil sie uns zwingt, Gleichungen, die man bisher für richtig gehalten hat, aufzugeben. Jede Mathematik
beansprucht Verstehen, das schließt ein, zu wissen, wo und wie sie anzuwenden ist.

7 Gravitation ist Verallgemeinerung der perspektivischen Darstellung auf 4 Dimensionen

Sie blicken von irgend einem Standpunkt in eine lange gerade Straße mit beiderseitigen Häuserfassaden.

Zwar sind Straßenrand, Dachtraufen, Gebäudekanten Parallele, aber das *sehen* Sie nicht, im Gegenteil, sie sehen, daß alle auf je einen *Fluchtpunkt* zulaufen. Auch sehen Sie entfernte Gebäude kleiner als nahe. Ist dieser verzerrte Raum in Wirklichkeit gar nicht euklidisch? Diesen Zweifel haben Sie nicht. Sie wissen, die Verzerrung ist durch den *Standpunkt des Beobachters* bedingt. Aber von *keinem* Standpunkt sieht man die Linien parallel. Also sind Parallele gar keine Realität? Sie *wissen*, sie sind parallel. Sie *wissen*, der Raum ist nicht verzerrt. Woher? Sie wissen es aufgrund einer Abstraktion. Zugegeben, die Abstraktion ist nur eine *Theorie*, aber eine, die sich als Bild der Umwelt bewährt hat.

Für die unvermeidlich verzerrte Sicht der Welt haben Sie eine Erklärung. Ursache ist die *geradlinige Fortpflanzung des Lichts* im leeren Raum. Darauf gründet sich die Theorie des perspektivischen Sehens. Auch erklärt es, warum ein Gast, der eben noch in voller Größe vor Ihnen stand, jetzt, da er sich entfernt und Sie ihm aus Ihrem Fenster nachblicken, immer kleiner wird. Er ist gerade so viel kleiner als die Häuser, an denen er vorbeigeht. Sie können mit Recht sagen: „Alle Menschen schrumpfen mit der Entfernung". Mit Ihrer Theorie können Sie deren Längenkontraktion sogar berechnen. Natürlich, fügen Sie hinzu, die Menschen schrumpfen nicht *wirklich*, denn wenn Sie ihnen nachlaufen und nachmessen, haben alle unveränderte Größe. Aber liegt das nicht daran, daß Sie und Ihr Maßstab im gleichen Maß schrumpfen? Sind nun entfernte Menschen kleiner oder nicht? Solange sich alle Maßstäbe gleichermaßen verändern gibt es gar keine Möglichkeit, das festzustellen. Deshalb können Sie überhaupt keine absolute Größe von Menschen oder Dingen angeben, alles, was Sie wissen ist *immer* nur, was der Vergleich mit eigenen Maßstäben zeigt. Natürlich ist das die Sicht aus dem von Ihnen gewählten Ort. Eine bloß verzerrte *Sicht* bei konstanten *relativen* Maßen *beweist* in Wirklichkeit nur das, was Sie Euklidische Geometrie nennen.

Könnten Sie diese Betrachtung aus einem sehr schnell bewegten Fahrzeug wiederholen, so würde die Perspektive eine weitere seltsame Verzerrung aufweisen. Außer der geradlinigen Ausbreitung macht sich dann auch die *begrenzte Geschwindigkeit des Lichts* bemerkbar. Weil Licht von unterschiedlich entfernten Meßpunkten verschieden lang zu uns unterwegs ist, erscheinen die bewegten Objekte in Ihrer Straße verkürzt. Trotz *dieser* Verzerrung bliebe aber die Geometrie euklidisch, weil diese Verkürzung für einen relativ zum Objekt ruhenden Beobachter nicht existiert. Aber:

Diese Verzerrung wird mitbestimmt durch eine dritte Verzerrung, hervorgerufen ebenfalls durch eine Eigenschaft des Lichts. Sie ist die seltsamste, denn sie entsteht dadurch, daß die *Lichtgeschwindigkeit* für jeden Beobachter *gleich* ist, auch wenn sich Lichtquelle und Beobachter relativ zueinander und zur Umwelt beliebig bewegen. Das versteht sich nicht von selbst. Es geht einher mit *Verlangsamung des Zeitablaufs* eines bewegten bezüglich eines ruhenden Beobachters. Das ist die *Perspektive in der Zeit*.

Auch diese Verzerrung ist relativ. Ihre Geometrie entspricht insofern der euklidischen, als sie garantiert, daß die Gesetze der Physik für beliebig bewegte Beobachter die gleichen sind. Aus der Sicht eines ruhenden Beobachters gehen die bewegten Uhren langsamer – um den gleichen Faktor wie sich Strecken verkürzen. Aber aus der *absoluten* Konstanz der Lichtgeschwindigkeit folgt ein zusätzlicher Effekt, der in bisherigen Darstellungen der Relativitätstheorie fehlt, das ist die Abnahme der gravitativen Masse bei Annäherung an das Zentrum des Gravitationsfeldes. **Somit gilt die perspektivische Schrumpfung auch für die Masse.** Das verändert die Euklidische Geometrie. In dieser totalen perspektivischen Geometrie konvergieren nicht nur Parallele gegen einen Fluchtpunkt und der Gang von Uhren gegen Null, auch die gravitative Masse konvergiert gegen Null. Das gehört zum Prinzip, welches die physikalische Gesetzmäßigkeit unabhängig macht von Ort und Zeit. Es ist das Charakteristikum Allgemeiner Relativität. In einem gewissen Sinn ist es die Ausdehnung des Parallenaxioms auf *alle* physikalischen Grundgrößen. Es ist identisch mit dem, was man in der Theorie als „Lorentz-Invarianz" bezeichnet. Diese Erkenntnis steckt in Einsteins Entdeckung der Relativität und der Äquivalenz von Masse und Energie.

Einstein verfehlte nur das letzte kleine Stück zu dem von ihm entdeckten geistigen Kontinent. Was er vermißte und immer suchte war eine passende Mathematik. Als er zu nutzen suchte, was die damalige Mathematik auf ihrem Höhepunkt zu bieten hatte, fand er einen Wegweiser in die falsche Richtung. Ihm schien die hochentwickelte Potenzialtheorie der Klassischen Physik vielversprechend. Daß sie sich für die Relativitätstheorie als irreführend erweisen könnte war kaum vorstellbar, hatten doch ihre Schöpfer die meisten Physiker überzeugt, daß Zentralkräfte nur möglich sind, wenn die Quelle der Energie das *Feld* ist. Wie immer ist die reine mathematische Logik schweigsam. Sie verriet nicht, daß für die kinetische Fall-Energie auch eine andere Quelle als das Feld denkbar ist, ohne daß sich deshalb ein innerer Widerspruch ergibt.

Die Logik der Potenzialtheorie für vollständig zu halten war Einsteins Irrtum, denn die Alternative, die das Unmögliche möglich machte, hatte gerade er erstmalig in der Wissenschaftsgeschichte gedacht.

Sich den besten Mathematikern anvertrauend suchte er weiter nach der Lösung, gleich dem Mann, der seine Brille aufsetzt, um sie zu suchen. Sich selbst vertrauend hätte er die gerade ihm und nur ihm bekannte Lösung einfach hinschreiben können. Aber wie alle Physiker war auch er geprägt von der Idee, daß die Energie (das „Potenzial“) nur aus dem *Feld* kommen könne. Diese klassische Idee lag wie ein Bann auf dem Denken und ließ für Energie-Erhaltung keinen Platz. Während man unprüfbare exotische Quellen für die Fallenergie erfand, glänzte eine *bekannte* Quelle für jeden sichtbar, dennoch *unerkannt* in Gestalt der fallenden Masse, d.h. ihrer von Einstein entdeckten inneren Energie. Haben Sie jemals auch nur einen Hinweis entdeckt, daß jemand daran gedacht hat, die Masse selbst könnte die Energiequelle sein? Die Prinzipien der Klassischen Physik konnten diesen Hinweis nicht geben, denn sie entstanden *vor* Einsteins Erkenntnis $E = mc^2$.

Erst in neuester Zeit bemerken einige Physiker (auch sie nur am Rande), daß die innere Energie mc^2 einer fallenden Masse um genau so viel abnehmen muß wie kinetische Fall-Energie entsteht, und zwar analog der Bindungsenergie eines Atomkerns, oder auch der chemischen Bindungsenergie in Molekülen. Daß sich auch beim Fallen deren Massen in einem Gravitatrionsfeld ändern ist nachzulesen z.B. in "Die Suche nach dem Ursprung der Atome" Seite 114-117 (Engl. 1999 "The Magic Furnace", ab Seite 81) von **Marcus Chown**. Erwähnt wurde das auch von **Harald Lesch** in BR "Alpha-Centauri" am 13.4.2008, 20 Uhr. Aber keiner der Autoren nannte die tiefgreifenden *mathematischen Widersprüche* mit den von ihnen verteidigten Theorien von Urknall und Schwarzen Löchern. Das bedurfte des Weitblicks eines genialen Visionärs wie **Ludwig Boltzmann**, der schon 1896, also lange vor Einstein, die relativistische Massenabnahme beim Fallen im Gravitationsfeld berechnete (Seite 83).

Dieser Massenabnahme zufolge kann eine Masse nie zu einem Schwarzen Loch zusammenfallen, denn im Fallen verwandelt sie sich vollständig in kinetische Energie, die abgestrahlt werden kann.

Dem widerspricht bis heute der Glaube, der Raum sei die Energiequelle, obwohl das (bis heute verbesserte) Uhren-Experiment von Hafele und Keating enthüllte, daß in der Potenzialtheorie die Äquivalenz von Masse und Energie noch nicht mitgedacht war. Auch mich traf es völlig unerwartet, als die bloße Einführung von Energieerhaltung in das Newtonsche Gravitationsgesetz auf die Gleichungen der Allgemeinen Relativitätstheorie führte. Mein Gehirn machte zunächst nicht mit. Wochenlang vermeinte ich, einem hartnäckigen Rechenfehler aufgesessen zu sein.

Ist aber einmal *erkannt*, daß die Masse als mögliche Quelle für Fallenergie noch nie untersucht worden ist, dann kann dies kein seriöser Physiker ungeprüft und ohne auf Argumente einzugehen ignorieren. Schon gar nicht könnte er mc^2 als Energiequelle ausschließen – durch bloßes Festhalten an unbeweisbaren Quellen wie $\mathcal{E}_o$ und $E_{pot}(\mathbf{R})$ in der vorhin erwähnten Gleichung von Seite 69:

Gl.(5.7) $$E = \sqrt{c^2P^2 + E_o^2} + E_{pot}(\mathbf{R}) + (\mathcal{E}_o - E_o) = \text{const.}$$

Mit den hypothetischen Quellen $E_{pot}(\mathbf{R})$ und $(\mathcal{E}_o - E_o)$ wurde das „Feld“ ja nur deshalb mit masseloser, nicht lokalisierbarer Energie ausgestattet, um die Relativitätstheorie an die Potenzialtheorie anzupassen – statt umgekehrt die Potenzialtheorie an die relativistische Forderung $E_o = m_oc^2$. Doch diese Umkehrung ist für viele außerhalb des Denkbaren. Künftig aber wird das Gegenteil undenkbar sein: eine Physik ohne die bekannte *relativistische* (aber trotz ihrer Mächtigkeit begrenzte) Energiequelle mc^2.

Man beachte, daß jede relativistische Zu- oder Abnahme von Energie *nur* relativ existiert, nämlich nur für Beobachtung von einer nicht bewegten Masse, nicht aber für einen Beobachter auf der Masse selbst. Astronauten in einer frei fallenden Raumkapsel merken nichts von einer Verwandlung ihrer eigenen Masse in kinetische Fallenergie, die ein Beobachter auf der Zentralmasse feststellt. Versucht der zentrale Beobachter herauszufinden, was in der fallenden Masse bei Verwandlung in kinetische Energie passiert, so kann er Messungen anstellen. Z.B. kann er ihre kinetische Energie durch Abbremsen in Wärme verwandeln und diese messen. Das heißt aber, daß die *kinetische* Energie einer Masse nur für einen Beobachter existiert, der eine Relativgeschwindigkeit zu ihr hat. Das gleiche gilt für einen Passagier in einem fahrenden Zug. Er bemerkt nichts von „seiner“ kinetischen Energie, denn als meßbar existiert diese nur für einen Beobachter, der irgendwo außerhalb des Zuges „ruht“, vielleicht sogar in einem anderen fahrenden Zug. Für Beobachter mit unterschiedlichen Relativgeschwindigkeiten ist die kinetische Energie (und die Masse!) des *gleichen* Körpers je eine andere, und kinetische Energie ist dadurch gekennzeichnet, daß sie *verfügbar* ist.

Ein auf der *Zentralmasse* ruhender Beobachter hat mehrere Möglichkeiten, die Größe der fallenden Masse zu messen. Z.B. kann er aus der Dopplerverschiebung des Spektrums einer mit der Masse bewegten Strahlungsquelle auf Massenänderung schließen. Er würde natürlich bemerken, daß diese Massenänderung von seiner Relativgeschwindigkeit abhängt, also nicht festliegt. Er muß auch berücksichtigen, daß die gravitative Änderung des Zeitablaufs den Frequenzmesser ändert (durch Änderung der „Torzeit", in der die Schwingungen gezählt werden). Wie für jede bewegte Masse, z.B. für die eines fahrenden Zuges, gilt das Relativitätsprinzip ausnahmslos. Danach existiert die Massenänderung *nicht* für mitbewegte Beobachter. Eben das ist Kennzeichen für eine *relative* Größe. Sie erscheint und *ist* verschieden für unterschiedlich bewegte Beobachter, für mitbewegte Beobachter bleibt sie und die physikalische Gesetzmäßigkeit unverändert.

Ursprünglich bezog sich die Definition der Euklidischen Geometrie nur auf die Konstanz des *Abstandes* von Parallelen, jetzt ist sie verallgemeinert, indem die Dimensionen Masse und Zeit in das Parallelenaxiom einbezogen wurden. „Parallel" heißt jetzt, daß bei *lokaler* Messung, das heißt Messung durch mitbewegte Beobachter, auch *Zeitabstände* (und Massen) konstant („parallel") bleiben, sich aber ändern für andere Beobachter. Der *Faktor* der Änderung ist für verschiedene Beobachter verschieden, aber er ist für ein und denselben Beobachter für jede der von ihm beobachteten Grundgrößen derselbe.

Nach der sog. "Standard"-Interpretation der Allg. Relativitätstheorie "entsteht" die Fallenergie im "Raum". Das widerspricht nicht nur dem Prinzip von Energierhaltung, sondern dem Grundprinzip, daß jedes Physikalische System den **Zustand geringster Energie** einzunehmen versucht. Darauf beruht die Stabilität chemischer Elemente. Z.B. verbinden sich 2 Wasserstoff-Atome und 1 Sauerstoff-Atom zu Wasser. Das Wasser-Molekül H_2O hat weniger Energie als die Summe der drei Ausgangsatome. Die überschüssige Bindungsenergie wird als Wärme abgegeben. Nur durch Rückführung dieses Energieverlustes kann die Bindung wieder getrennt werden. Ein anderes Beispiel ist die Strahlung, die ein *angeregtes* Atom beim Zurückfallen in den *neutralen* Zustand abgibt. Auch **Gravitation** unterliegt natürlich dem Prinzip der Energie-Erhaltung. D.h. wenn Massen aufeinander zufallen, verwandelt sich ihre "Bindungsenergie" (= mc^2) in kinetische Energie, die z.B. in Form von Strahlung nach außen abgegeben werden kann. Das gilt notwendig für alle Arten von Kräften, auch im atomaren Bereich. Aber in der unkorrekten "Standard"-Deutung der Gravitation hält man am Gegenteil fest, obwohl es den Grundprinzipien der Physik widerspricht. Würde eine fallende Masse beim Fallen nicht um die entstehende kinetische Energie abnehmen, dann gäbe es keine Begrenzung der Fallenergie, sie würde (im vermuteten Schwarzen Loch) grenzenlos wachsen, wäre also nicht der stabilste, sondern der denkbar instabilste Zustand.

8 Gravitationswellen entdeckt?

Gibt es **Gravitationswellen**? Es gibt sie jedenfalls in Form von **Licht**, worunter hier alle **„Elektromagnetischen Wellen"** verstanden werden, denn Abstrahlung eines Photons bedeutet Abstrahlung von Gravitation mit Lichtgeschwindigkeit. Erstaunlich wäre es, wenn es *zwei* Arten von Gravitations-Abstrahlung mit Lichtgeschwindigkeit gäbe, die durch Licht *und* die durch „Wellen des Gravitations*feldes*". Weil die *ganze* Gravitationsenergie aus der *fallenden* Masse stammt, trägt und überträgt das "Gravitationsfeld" keine Energie. Nur *elektromagnetische* Felder können Energie übertragen. Die aus einer Masse freisetzbare Gravitationsenergie hängt vom *relativen* Standpunkt des Beobachters ab. Für einen Beobachter auf einer Masse wird dabei stets die andere Masse in Energie umgesetzt, denn der Beobachter ist definitionsgemäß relativ zu sich selbst in Ruhe. Eine relativ zu einem Beobachter fallende Masse ändert sich *relativistisch*, das heißt: Die kinetische Energie ein und desselben Körpers ist für relativ zueinander bewegte Beobachter verschieden. Erst die Änderung der Relativgeschwindigkeit – Beschleunigen, Abbremsen oder Kollision der Massen – entscheidet, wo und wieviel kinetische Energie frei wird. Massen können sich auch durch andere Energie-Umwandlungen ändern, also ohne Änderung der Geschwindigkeit, z.B. bei Kernfusion in der Sonne, bei Nutzung von Wasserkraft, bei Synchrotonstrahlung usw.

Zur Erstellung einer Energiebilanz muß der Beobachter im gemeinsamen Schwerpunkt der Massen stehen.

Doch die indirekte Entdeckung von Gravitationswellen wird immer wieder gemeldet, z.B. von J. H. Taylor und R. A. Hulse u. a. zum Pulsar PSR1913+16 („Pulsars", W. H. Freemann & Comp. 1977), Spektrum der Wissenschaft, 12/1981 u. 12/1993, Nobelpreis). Es handelt sich um den seltenen Fall eines Pulsars in einem engen Doppelsternsystem. Aus den meßbaren Dopplerverschiebungen der vom Pulsar ausgesandten Radiofrequenz *und* deren Pulsationsdauer konnten die Autoren die Bahnparameter beider Partner genau berechnen. Bei so konzentrierten Massen mit geringen Bahnabmessungen treten deutlich relativistische Effekte auf, z.B. die langsame Abnahme des Bahndurchmessers und damit der sehr gut meßbaren Umlaufperiode. Die Autoren zeigten, daß innerhalb von 20 Jahren diese Abnahme mit nur 0,3% von dem Gesetz abweicht, nach dem sich ihrer relativistischen Rechnung zufolge die Bahn infolge Energieabstrahlung durch Gravitationswellen ändern muß.

Ohne diese Berechnungen zu kommentieren möchte ich darauf hinweisen, daß eine Veränderung des Bahndurchmessers auch aus dem Energie-erhaltenden Gravitationsgesetz folgt. Der Durchmesser der Bahn eines Planeten nimmt z.B. ab, wenn diesem *kinetische* Energie entzogen wird. (Dieser Effekt wird von Raumfahrzeugen zur Landung benutzt). Würde die Zentralmasse kollabieren und dabei die entstehende kinetische Energie abstrahlen, so wäre das Resultat umgekehrt, denn bei Massenentzug vom Zentralgestirn nehmen Bahndurchmesser und Umlaufzeit *zu*. Man muß hier genau mit dem Prinzip der Energie-erhaltenden Gravitation rechnen. Danach wird die Fall-Energie nicht der Zentralmasse, sondern der fallenden Masse entzogen. Die langsame Abnahme des Bahndurchmessers zeigt, daß die umlaufende Masse Fall-Energie abgibt. Nach Einsteins Formeln könnte der Energieverlust durch Gravitationswellen gerade die gemessene Abnahme des Bahndurchmessers erzeugen, das aber beweist nicht, daß dieser Verlust nicht ebensogut durch andere Effekte entstehen kann, etwa durch Strahlung oder durch Gezeitenwirkung in der Zentralmasse. Auch eine Zunahme der Zentralmasse durch Massenübergang von der umlaufenden Masse ist nicht auszuschließen. Eine Spiralbahn wie die gemessene entsteht durch Vergrößerung des Verhältnisses von Zentralmasse zur umlaufenden Masse, wie immer verursacht. Ein Vergleich aller denkbaren Ursachen steht noch aus. Für die extremen Gravitationsfelder dieses Sternsystems sind die vereinfachenden Annahmen bei der Ableitung der relativistischen Planetenbahnen Gl.(3.34) nicht zulässig, auch sind die Energieverluste durch Gezeiten und andere Effekte schwer abzuschätzen. Eine exakte Lösung in geschlossener Form ist kaum zu erwarten. Vielleicht gelingt einem Leser eine Näherungslösung.

Ähnliches gilt für nachträgliche **quantenphysikalische Begründungen** des Axioms, daß das Vakuum *negative* Energie annehmen und Energiekredite vergeben könne. Diese Begründungen will ich nicht beurteilen, denn sie scheinen mir keineswegs so gesichert, daß man allein deshalb Energie-Erhaltung opfern und eine neue Gravitationstheorie erfinden müßte.

9 Zukunft und Alter des Universums

Die Hypothese eines Urknalls ist widerlegt. Muß also die Welt früher ebenso ausgesehen haben wie heute, eben nur, und *nur* aus der Ferne gesehen, mit anderen Dimensionen? Aus der Tatsache, daß es keinen Urknall gegeben hat, läßt sich nicht folgern, daß sich das Universum „ewig" in ähnlicher Weise wiederholen müßte, sondern nur, daß die Frage nach „Anfang" und „Sinn" aus physikalischer Sicht nicht beantwortet ist. Nichts deutet darauf hin, daß sie je anders beantwortbar sein wird als durch das Erleben, das sich durch uns offenbart. Jeder beteiligt sich an der Erschaffung dieser Welt und ist selbst Spender von Sinn.

Vielleicht erwecken diese Betrachtungen eine andere Ahnung, nämlich die, daß wir nicht wissen, was „Massen" eigentlich sind. Denn an keiner Stelle zeigen sie eine andere Eigenschaft als die, aufeinander einzuwirken, und daß sie identifizierbar sind nur als „Beobachter", das ist eine Existenz, die „wahrnimmt". Und außerdem, daß wir selbst Masse sind, also aus dem gleichen Geheimnis bestehen. Wer Massen geringschätzig als „materialistische" Daseinsform bezeichnet ahnt nichts von seiner Ahnungslosigkeit. „Leben ist aus Materie *gemacht*!" „Nein, *entstanden*!" So streiten Metaphysiker, die ihre Beweisschuld nicht ahnen. „Leben" muß überhaupt nicht „gemacht" oder „entstanden" sein. „Entwickeln" kann sich nur Existierendes (und dessen Ausdrucksweise), aber keine Existenz aus Nichtexistenz. <u>Ob sich nicht vielleicht umgekehrt Materie aus Leben entwickelt?</u> Denn wir *sind* Masse. Lebewesen sind das Gegenteil von Chaos, sie haben *Motive*, d.h. *bestimmte* Verhaltensmuster. Massen etwa nicht?

Daß es auch im kosmischen Ausmaß Regeneration und neue Ansätze geben kann, dafür spricht die Umkehrung des Entropiesatzes durch Gravitation. <u>**Galaxien**</u> sind nicht nur Geburtsstätten, sie sind auch riesige „Recyclingmaschinen" für Sterne und ihre Welten, Welten, die erlebt werden um den Preis, daß sie in einem langen Prozeß ihren Zentren zustreben. Spätestens dort, so scheint es, verwandeln sie sich in Fontänen aus Urmaterie für neue Sterne mit neuen Generationen von Leben.

Diese Vorstellung enthält die Möglichkeit, daß das Universum Zyklen durchläuft und *um viele male älter ist als 10 Milliarden Jahre*. Damit entfällt das Problem, ob die Zeit zur Bildung der ältesten Sterne und der heutigen kosmischen Strukturen ausreichte. Denkbar ist folgendes: Ballt sich an der Peripherie von Galaxien Urmaterie und intergalaktische Materie zu Sternen so zusammen, daß einander umkreisende Massen sich gegenseitig „stören", daß also Reibung und Gezeitenbewegungen durch Abbremsung (d.h. Wechselwirkungen) stabile *galaktische* Umlaufbahnen verhindern, dann fällt die Galaxie in langsamer Spiralbewegung gegen den Kern. Während dieses allmählichen Transports *nach Innen* fängt die größere periphere Fläche relativ mehr neue Materie ein als der kleinere Innenquerschnitt, wodurch es in der Galaxie zu einem Materiestrom von außen nach innen kommt. Der Bahn-Drehimpuls kann in die außen zuströmende Materie übergehen. Innen aber, im gravitativ implodierenden Kern, wandeln sich die Massen wieder zu Urmaterie, die, in seitlichen Fontänen ausgestoßen, neuerlich Sterne bilden kann. Wir erkennen:

1. Der Urknall ist widerlegt, er war eine Illusion. Also läßt sich **kein Alter des Universums** angeben. Bisher wurde ein Alter abgeleitet aus der **Hubble-Konstanten**.
2. Konsequent relativistische Betrachtung zwingt zur Aufgabe der Vorstellung von *absoluten* Maßstäben für Länge, Zeit und Masse.
3. Nur wenn die Welt *nicht* relativistisch wäre, könnten wir schließen, sie sei „entstanden" aus einem anfänglichen Urknall zu einem Zeitpunkt $\mathbf{T_o}$ und einer Expansionsgeschwindigkeit **v** (indirekt berechnet aus der beobachteten Rotverschiebung). Ist **R** der Abstand einer Galaxis zu uns, so wäre $\mathbf{v = R/T_o = HR}$. Darin ist $\mathbf{H = v/R = 1/T_o}$ = „**Hubblekonstante**", ermittelt aus Abstand **R** und Fluchtgeschwindigkeit **v** einer bekannten Galaxis (**R** berechnet aus der Helligkeit von „Standard-Sternen", **v** aus Dopplerverschiebung).
4. Wenn man auf diese Weise auf einem Urknall zum Zeitpunkt $\mathbf{T_o = 1/H}$ schließt, so bestreitet man indirekt die Relativitätstheorie, bewußt oder unbewußt. Aber in den Kapiteln 1 und 2 wurde bewiesen: Wenn die Relativitätstheorie gilt, dann war zum Zeitpunkt $\mathbf{T_o}$ die Struktur des Universums im Mittel so wie heute. Damit kann sich der Astronom alle Ängste sparen, die ihn befallen, wenn er einen Stern mit höherem Alter als dem des Universums entdeckt. Es gibt keine erkennbare Altersgrenze für das Universum.

10 Näherungsgleichung für die Gravitationskraft

In **Bild 1.3** (S.6) läßt sich eine Kurve einfügen durch Verschiebung der Kurve des Newtonschen Gesetzes um a/2 nach links. Gezeichnet ist diese Kurve in **Bild 3.1** (S. 21). Man erhält sie, indem man im Kraftgesetz R durch R+a/2 ersetzt. Es entsteht eine *singularitätsfreie* Näherung an das Energie-erhaltende Grav.-Gesetz.

Die Näherung ist bis auf die Hälfte des Gliedes 2.Grades genau, wie man durch Reihenentwicklung von $e^{-a/R}/R^2$ auf Seite 20 und 83 bis zum Glied 2.Grades erkennt:

$$\frac{e^{-a/R}}{R^2} = \frac{1}{R^2 e^{a/R}} = \frac{1}{R^2(1 + a/R + a^2/2R^2 + \cdots)} \cong \frac{1}{(R + a/2)^2}.$$

Also gilt für diese Kurve:

(10.1) $\mathbf{K} = \dfrac{\mathbf{GMm}}{(\mathbf{R} + \mathbf{a}/2)^2}$, (singularitätsfrei, da R ≥ 0. K_{max} bei R = 0). Integration von a/2 bis R ergibt:

$$E_{pot} = \int_{a/2}^{R} K dR = \int_{a/2}^{R} \frac{GMm}{(R + a/2)^2} dR = \frac{GMm}{a} \cdot \frac{R - a/2}{R + a/2} = c^2 m \cdot \frac{R - a/2}{R + a/2}, \quad (R \geq a/2).$$

Anmerkung 1 zu den Seiten 3, 19 und 98

Hätte das Photon ein Schwerefeld, dessen Ausbreitung c_{grav} sich zur Lichtgeschwindigkeit c_{Licht} = c addiert, (wobei $c_{grav} = c_{Licht} = c$), so gilt nach dem Additionstheorem: $\mathbf{v} = \dfrac{c_{Licht} \pm c_{grav}}{1 \pm c_{Licht} c_{grav} / c^2} = c_{licht} \dfrac{1 \pm c_{grav} / c_{Licht}}{1 \pm c_{grav} / c_{Licht}} = c_{Licht}$.

D.h. ein „Schwerefeld des Photons" kann dem Photon weder vorauseilen noch von diesem zurückwirken, es bleibt am Photon „haften", denn nichts kann zur Lichtgeschwindigkeit addiert, nichts davon subtrahiert werden.

11 Vergleich mit gegenwärtigen Auslegungen

Die folgenden Zitate sind nur Beispiele, die ähnlich auch in anderen Lehrbüchern zu finden sind. Sie drücken die heute vorherrschende Vorstellung aus, daß die Gravitationsenergie ihren Ursprung im *Feld* bzw. im *Vakuum* hat. Diese Vorstellung ist nicht nur empirisch durch das Uhrenexperiment von Hafele und Keating (heute weit besser durch GPS) widerlegt, sondern auch theoretisch (auch nach Boltzmann) unmöglich, ohne daß dies, soweit ich weiß, erkannt wurde. Erst in neuester Zeit fand ich einen Bericht, der offen davon spricht, daß durch Nichtbeachtung der Massen-Energie-Äquivalenz $E = mc^2$ die Abhängigkeit des Zeitablaufs vom Gravitationsfeld (und der Gravitations-Dopplereffekt) auch in Lehrbüchern bisher falsch dargestellt wurde. Der Bericht erschien im Am. Journal Phys. 68 (2), © 2000 American Ass.of Physics Teachers unter dem Titel „**On the interpretation of the red shift in a static gravitational field**". Autoren: L.B Okun und K.G. Selivanov (ITEP, Moskau, 117218 Russland) und V. L. Telegdi (EP Division, Cern, CH 1211 Genf 23, Schweiz).

Zitate aus Lehrbüchern

1. Albert Einstein / „Grundzüge der Relativitätstheorie", Akad.-Verl. 7058 ES 18 B1, Pergamon, Vieweg:

„Es ist zu bedenken, daß es außer der Energiedichte der Materie auch eine Energiedichte des Gravitationsfeldes geben muß, so daß von einem Erhaltungssatz für die Energie (bzw. des Impulses) *der Materie allein* nicht die Rede sein kann." (*Kursiv* hervorgehoben durch Einstein).
[Näheres zu diesem stillschweigend eingeführten Axiom der Abkehr von Energieerhaltung auf Seiten 16 –18].

2. W. Rindler / „Essential Relativity", 2.Aufl.1979, Springer, S 83:

Übersetzung: *„Eine Energieart, die keinen Massenbeitrag leistet, ist potentielle Energie der Lage. In der klassischen Mechanik sagt man oft von einem in einem elektromagnetischen (oder gravitativen) Feld bewegten Teilchen, es besitzt potentielle Energie derart, daß die Summe seiner kinetischen und potentiellen Energie konstant bleibt. Das ist ein nützliches „Buchhaltungsverfahren", aber Energie-Erhaltung ist auch erfüllbar durch Verschuldung des Feldes (debiting the field) mit einer Last in Höhe der vom Teilchen gewonnenen kinetischen Energie. In der Relativität gibt es gute Gründe für die Annahme der zweiten Alternative, obgleich die erste als gelegentliche Abkürzung nützlich sein kann: der „wirkliche" Ort eines jeden Energieanteils ist nicht länger eine bloße Konvention, da Energie – als Masse – Gravitation bewirkt."*

[Hier wird eine *Ausnahme* von $E = mc^2$ postuliert, um den Widerspruch zu Energieerhaltung zu umgehen. Man glaubt, „das Feld" könne die nicht vorhandene Potentielle Energie beim Vakuum einfach ausleihen (*debiting*). Die Idee hat gezündet bei diversen Organisationen, die für Nutzung von „Raumenergie" eintreten und sogar behaupten, sie hätten eine solches Perpetuum Mobile neuer Art bereits zum Laufen gebracht. Bleibt die Frage, warum in der biologischen Entwicklung der Lebewesen diese simple Energiequelle ungenutzt blieb...]

3. N. Straumann / „General Relativity and Relativistic Astrophysics", 2nd Print, 1991, Springer, S 146:

Übersetzung: *„In der Speziellen Relativitätstheorie sind die Erhaltungssätze von Energie und Impuls in einem geschlossenen System eine Konsequenz der Invarianz bezüglich Verschiebung in Zeit und Raum. Im Allgemeinen sind Verschiebungen keine symmetrischen Transformationen einer Lorentz-Mannigfaltigkeit, und deshalb* existiert in der Allgemeinen Relativitätstheorie kein Erhaltungssatz für Energie und Impuls. Das war für Viele beunruhigend, aber man muß sich einfach an diese Tatsache gewöhnen. Wenn man versucht, einen „Energie-Impuls-Tensor für das Gravitationsfeld" zu finden, folgt man der falschen Spur Das ist auch klar, weil das Gravitationsfeld an jedem Punkt* $(\Gamma^{\mu}_{\alpha\beta})$ *ısformiert werden kann. Wo kein Feld ist, da ist keine Energie und kein Impuls".*

---

*) Nicht „deshalb" existiert kein Erhaltungssatz für Energie und Impuls, sondern weil die Energie gar nicht im „Gravitationsfeld" steckt!. Sie steckt in den *Massen*, nicht in den *Orten*, zwischen denen sich die Massen bewegen!

4. Edward R. Harrison / „Kosmologie", 2.Aufl. 1984, Verlag Darmstädter Blätter, Seite 432:

„Der Energie-Erhaltungssatz hilft uns in allen Naturwissenschaften weiter, ausgenommen der Kosmologie. In Regionen, die nicht an der Expansion des Universums teilhaben, die im Vergleich zur Durchschnittsdichte des Universums dicht sind, können wir den Strom und die Wechselwirkung von Energie in ihren vielfältigen Formen nachweisen und behaupten, daß sie erhalten bleibt. Aber im Universum als Ganzes bleibt sie nicht erhalten. Die Gesamtenergie nimmt in einem expandierenden Universum ab und in einem kollabierenden Universum zu. Die Antwort auf Fragen, wohin die Energie in einem expandierenden Universum geht und woher sie in einem kollabierenden Universum kommt, lautet – nirgends, weil in diesem Fall die Energie nicht erhalten bleibt."
[Auch hier wird unter „Energie" einfach nur die Potentielle Energie verstanden, die natürlich nicht konstant bleibt. Bei Energieerhaltender Gravitation aber sind die Massen die potentielle Energie. Sie allein (also nicht das Vakuum) liefern die kinetische Energie, wodurch die Summe beider im Universum konstant bleibt.]
Harrison gibt einen Überblick über die Vielzahl kosmologischer Modelle, von denen einige die Gravitationsenergie berücksichtigen und damit die vorliegenden Erkenntnisse nur um ein Haar verfehlen.

5. Erst seit etwa 2000 erkennen einzelne Autoren die Massen als Energiequelle, siehe Kasten Seite 102 unten.

12 Divergence

Damit „im Grenzfall“ aus der relativistischen Theorie das Newtonsche Gravitationsgesetz folgt, übernahm Einstein aus der Klassischen Potenzialtheorie die Forderung nach Quellenfreiheit des Gravitationsfeldes. Quellenfreiheit bedeutet, daß die kinetische Fallenergie E_{kin} im „Feld“ aus dem „Nichts“ entsteht. Das widerspricht Energieerhaltung. Theorie *und* Beobachtung beweisen die Existenz von „Potentieller Energie“ E_{pot} derart, daß $E_{kin} + E_{pot}$ = konstant ist, wie man sich an fallenden Gegenständen überzeugt. Diese Energie sollte eine Quelle haben, doch Einstein hielt an der klassischen Hypothese der Quellenfreiheit fest und meinte, diese Frage sei gelöst durch das Postulat einer quellenfreien Feldenergie, die nur existiert, wenn sie gebraucht wird, aber „nicht lokalisierbar“ ist. Er erklärte, das sei möglich, wenn man „Energie“ gegen „Impuls“ aufrechnet. Wie? Dazu fand ich nirgends eine Antwort.

In der Potenzialtheorie heißt die Ergiebigkeit einer Quelle **Divergenz**. Quellenfreiheit bedeutet, daß überall im Feld die Divergenz Null ist. In vorliegender Arbeit ist sie nicht Null, denn die Energie mc^2 der fallenden Masse ist als Quelle empirisch nachgewiesen. Einsteins Divergenzbegriff muß im Grenzfall in den klassischen Divergenzausdruck übergehen, der jetzt für Energieerhaltende Gravitation abgeleitet sei.

Aus $R = \sqrt{x^2 + y^2 + z^2}$ folgt $\frac{\partial R}{\partial x} = \frac{x}{R}$, $\frac{\partial R}{\partial y} = \frac{y}{R}$ und $\frac{\partial R}{\partial z} = \frac{z}{R}$, und weiter

(12.1)
$$\left.\begin{aligned} \frac{\partial^2 R}{\partial x^2} &= \frac{R - x^2/R}{R^2} = \frac{1}{R} - \frac{x^2}{R^3} \\ \frac{\partial^2 R}{\partial y^2} &= \qquad\qquad = \frac{1}{R} - \frac{y^2}{R^3} \\ \frac{\partial^2 R}{\partial z^2} &= \qquad\qquad = \frac{1}{R} - \frac{z^2}{R^3} \end{aligned}\right\} \text{Summe} = \frac{3}{R} - \frac{1}{R} = \frac{2}{R}.$$

Aus **Gl.(1.9)** $K = \frac{dE}{dR} = \frac{GMm}{R^2} \cdot e^{-a/R}$ folgt

(12.2) $\frac{d^2E}{dR^2} = \left(-\frac{2GMm}{R^3} + \frac{GMm}{R^4}a\right) \cdot e^{-a/R} = \frac{GMm}{R^3}\left(\frac{a}{R} - 2\right) \cdot e^{-a/R}$. Nach der Potenzialtheorie

ist die **<u>Ergiebigkeit</u>** einer Quelle $\mathbf{div\overline{K} = \frac{\partial^2 E}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 E}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 E}{\partial z^2}}$. Nun ist z.B. $\frac{\partial E}{\partial x} = \frac{dE}{dR}\frac{\partial R}{\partial x}$, daraus

$$\frac{\partial^2 E}{\partial x^2} = \frac{d^2E}{dR^2}\left(\frac{\partial R}{\partial x}\right)^2 + \frac{dE}{dR} \cdot \frac{\partial^2 R}{\partial x^2}, \quad \text{analog}$$

(12.3)
$$\frac{\partial^2 E}{\partial y^2} = \frac{d^2E}{dR^2}\left(\frac{\partial R}{\partial y}\right)^2 + \frac{dE}{dR} \cdot \frac{\partial^2 R}{\partial y^2} \quad \text{und}$$

$$\frac{\partial^2 E}{\partial z^2} = \frac{d^2E}{dR^2}\left(\frac{\partial R}{\partial z}\right)^2 + \frac{dE}{dR} \cdot \frac{\partial^2 R}{\partial z^2}. \quad \text{Deren Summe ist:}$$

(12.4)
$$\mathrm{div}\overline{K} = \underbrace{\frac{d^2E}{dR^2}}_{\textbf{Gl.(12.2)}}\underbrace{\left[\left(\frac{\partial R}{\partial x}\right)^2 + \left(\frac{\partial R}{\partial y}\right)^2 + \left(\frac{\partial R}{\partial z}\right)^2\right]}_{\mathbf{=1}} + \underbrace{\frac{dE}{dR}}_{\textbf{Gl.(1.3) \& (1.9)}}\underbrace{\left(\frac{\partial^2 R}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 R}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 R}{\partial z^2}\right)}_{\textbf{= 2/R nach Gl.(12.1)}}. \quad \text{Mit Gl.(1.9):}$$

$$\mathrm{div}\overline{K} = \frac{GMm}{R^3}\left(\frac{a}{R} - 2\right) \cdot e^{-a/R} + \frac{2GMm}{R^3} \cdot e^{-a/R} = \frac{GMma}{R^4} \cdot e^{-a/R}, \quad \text{oder}$$

(12.5) $\underline{\mathbf{div\overline{K} = \frac{G^2M^2m}{R^4}\frac{e^{-a/R}}{c^2}}}$. Das ist Null nur **wenn R = 0 oder R = ∞** **(oder <u>wenn c = ∞</u>)**. (Maximum bei R = a/4)

Nun läßt sich der von Einstein vorausgesetzte „Grenzübergang zum Klassischen Gesetz“ spezifizieren. Keinen Sinn macht es, anzunehmen, daß Einstein die Grenzbedingung für $v \to 0$ definiert hat, denn das wäre bei $R \to \infty$. Aber für $0 < R < \infty$ ist die Grenzbedingung $\mathbf{div\overline{K}=0}$ nur erfüllt für $c = \infty$, doch das widerspricht der Theorie Einsteins. Also gibt es einen solchen Grenzübergang nicht, das Energie-erhaltende Gravitationsgesetz gilt im gesamten unbegrenzten Bereich von R = 0 bis ∞.

13 Vektordarstellung der Gravitationskraft

Mit der skalaren Gleichung **(3.29)** $\mathbf{m\ddot{R} - mR\dot{\varphi}^2 = -\frac{GMm}{R^2}e^{-a/R} - 3\frac{GMmF^2}{c^2R^4}}$ als 1. Komponente läßt sich die Gravitationskraft als Vektor in Zylinderkoordinaten R, φ, z genau so darstellen wie in Lehrbüchern der Klassischen Theorie, jetzt aber ergänzt mit dem *relativistischen* Term $3GMmF^2/c^2R^4$:

$$\vec{K} = \begin{pmatrix} k_1 \\ k_2 \\ k_3 \end{pmatrix} = \underbrace{\begin{pmatrix} m\left(\ddot{R} - R\dot{\varphi}^2\right) \\ m\left(R\ddot{\varphi} + 2\dot{R}\dot{\varphi}\right) \\ m\ddot{z} \end{pmatrix}}_{\text{(klassischer Ansatz)}} = \begin{pmatrix} -\frac{GMm}{R^2} - 3\frac{GMmF^2}{c^2R^4} \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix}$$

$\vec{K}$ hat die Richtung $\frac{\vec{R}}{|R|}$ der Komponente k_1.

1. Der hier vorweg genommene relativistische Term $\mathbf{3GMF^2/c^2R^4}$ steht für die Massenanziehung der kinetischen Energie der Querbewegung. Dieser Term wird anschließend berechnet.

2. Die beiden zu $\vec{R}$ *senkrechten* Komponenten k_2 und k_3 sind Null. Das folgt aus der Theorie, wenn die Gravitationskraft $\vec{K}$ eine Zentralkraft ist (Die Vektorkomponenten k_2, k_3 sind die *Randbedingung* für die erste Komponente). Integration der 2.Komponente $\mathbf{R\ddot{\varphi} + 2\dot{R}\dot{\varphi} = 0}$ ergibt $\mathbf{R^2\dot{\varphi} = F = const. = vR,}$
das ist die doppelte Fläche, die der „Fahrstrahl" in der Zeiteinheit überstreicht [= **Gl.(3.19),** Seite 28]. Die Konstanz von **F** wurde von Kepler entdeckt und von Newton mit dem Gravitationsgesetz erklärt.

3. Die 3. Komponente $\mathbf{m\ddot{z} = 0}$ besagt, daß (für $\dot{z} = 0$) die Bahn in der Ebene senkrecht zur z-Richtung liegt, also parallel zur R–φ–Ebene. **4.** Die Gleichung k_1 gilt auch für Lichtablenkung an großen Massen. Bei Licht entfällt die Ruhemasse (m = 0) und damit das Glied der Massenanziehung GMm/R^2.

Die Komponente k_2 dieses *klassischen* Ansatzes enthält aber für m noch nicht die für bewegte Massen gültige *relativistische* Größe. Man findet die relativistische Masse wie folgt. Für den klassischen Fall einer *konstanten* bewegten Masse gilt: $R^2\dot{\varphi} = F =$ const.= vR, oder, mit m multipliziert: **mF = mvR**. Nun ist **mv** der Impuls **P** für v orthogonal zu R, also ist **PR** der Drehimpuls. Der Flächensatz **F = const.** drückt also Konstanz des Drehimpulses aus. Da dieser Erhaltungssatz der klassischen Physik auch in der Speziellen Relativitätstheorie gilt, kann man ihn sofort auch relativistisch hinschreiben, indem man für die Querbewegung die relativistische Masse $\mathbf{m_{quer} = me^{+a/R}}$ einsetzt (Kap.3.4, S.24, „Richtungsabhängigkeit der Masse"). Man erhält (mit $\mathbf{v_{quer} = R\dot{\varphi}}$) den relativistischen Flächensatz (= Drehimpulssatz):

$mF = m_{quer} \cdot v_{quer}R = me^{+a/R} \cdot R\dot{\varphi} \cdot R = m\,R^2\dot{\varphi}\,e^{+a/R} = \text{const.}$ Die Ursprungsmasse m fällt heraus:

$\underline{\mathbf{F = R^2\dot{\varphi}\,e^{+a/R} = const.}}$ Dessen Ableitung ist $\frac{dF}{dt} = \left(2R\dot{R}\dot{\varphi} + R^2\ddot{\varphi} + \dot{\varphi}a\dot{R}\right)e^{+a/R} = 0.$

Nach Division durch $Re^{a/R}$ und wegen $a = GM/c^2$ ergibt sich $\mathbf{R\ddot{\varphi}m + 2\dot{R}\dot{\varphi}\left(m + \frac{GMm}{2Rc^2}\right) = 0}$.

Ein Vergleich mit der k_2-Komponente zeigt, daß man den relativistischen Ansatz erhält, wenn man die Masse der potentiellen Energie GMm/R halbiert und zur Masse m im 2. Term (= **Corioliskraft**) addiert. Mit m ist immer die Ursprungsmasse gemeint. Die Abweichung vom klassischen Ansatz ist extrem klein, dennoch sei sie in der folgenden Rechnung nicht vernachlässigt.

Bei Energieerhaltender Gravitation entsteht diese Massenänderung nicht erst, wenn sie in Geschwindigkeit (d.h. in kinetische Energie) umgesetzt wird, sondern als Folge der Änderung von R, also unabhängig davon, in welche Energieform sie umgesetzt wird. Statt durch v läßt sie sich deshalb durch R ausdrücken, denn entsprechend der Beziehung $\sqrt{1 - v^2/c^2} = e^{-a/R}$ ist $m\Big/\sqrt{1 - v^2/c^2} = me^{+a/R}$:

$F = R^2\dot{\varphi}e^{+a/R} = v_{quer}\,Re^{+a/R}$, also $v_{quer} = \frac{F}{R}e^{-a/R}$. Damit kann man wegen v << c für $E_{kin/quer}$ schreiben

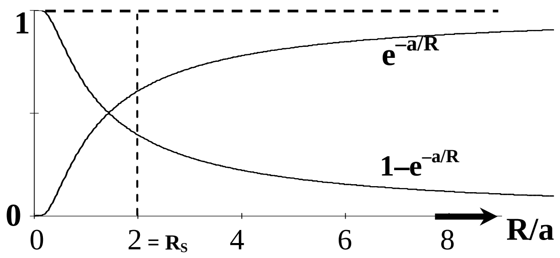
$E_{kin/quer} = \frac{mv_{quer}^2}{2} = \frac{mF^2}{2R^2}e^{-2a/R}$. Die Masse dieser kinetischen Energie ist $m_{quer} = \frac{E_{kin/quer}}{c^2} = \frac{mF^2}{2c^2R^2}e^{-2a/R}$.

Diese Masse erzeugt *zusätzliche* Gravitation in Querrichtung (= radial), und zwar zweifach überhöht (wie jede kinetische Energie nach S.29). Weil der Faktor $e^{-a/R} \cong 1$ ist, genügt für deren kleines Gravitations-Potenzial die Klassische Formel. Man erhält damit den oben eingefügten relativistischen Term:

$$E_{pot/quer} = \frac{GM \cdot 2m_{quer}}{R} = \frac{GMmF^2e^{-2a/R}}{c^2R^3}, \quad \text{daraus } K_{zusätzlich} = \mathbf{\frac{dE_{pot/quer}}{dR} = \frac{3GMmF^2}{c^2R^4}\underbrace{\left(e^{-2a/R} + \frac{2a}{3R}\right)}_{\cong 1}}.$$

14 Details zu einigen Funktionen

Bild 14.1 Die Funktionen $e^{-a/R}$ und **$(1-e^{-a/R})$**

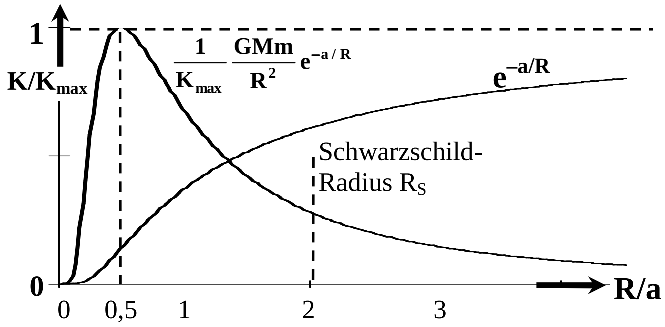


Aus der Reihenentwicklung

$$e^{-a/R} = 1 - a/R + a^2/2R^2 - a^3/6R^3 + -$$

ist zu erkennen, daß sich mit wachsendem R die Funktion **$1-e^{-a/R}$** der **Hyperbel a/R** nähert weil die Glieder höherer Potenz verschwindend klein werden. Bei kleinem R überwiegen die Glieder der nächstfolgenden höheren Potenz von a/R.

Bild 14.2 Gravitationskraft eines Sterns der Masse M (normiert auf K/K_{max}) **und der Faktor $e^{-a/R}$**



Man beachte, daß **$e^{-a/R}$** schon in der *Nähe* von R = 0 fast verschwindet.

Die Gravitationskraft hat ihr Maximum im Wendepunkt von $e^{-a/R}$. Das folgt aus der Ableitung durch Differenzieren.

Anmerkung zu Seite 6:

Gesetz von Boltzmann

(→Boltzmann 1896, Vorlesungen über Gastheorie, I.Teil, Van der Waals / Gase mit zusammengesetzten Molekülen)

Hängt die Kraft zwischen zwei Massen *nur* von ihrem Abstand R ab, dann ist das Prinzip der Energie-Erhaltung immer erfüllt (Beweis in Lehrbüchern). Ergänzend zeigte **Ludwig Boltzmann** schon im 19. Jahrhundert, daß für diesen Fall (also auch für jede Potenzialfunktion, z.B. für Gravitation) folgendes Gesetz *universell* gilt:

(1) $\mathbf{n = n_0 e^{-E_{pot}/E_0}}$ = **Gesetz von Boltzmann** (siehe auch Feynman Vorlesungen über Physik, Bd.1)

$\mathbf{n_0}$ = Anzahl der Energie-Einheiten der Masse im Abstand $\mathbf{R_0}$.	$\mathbf{E_0}$ = Potentielle Energie im Abstand $\mathbf{R_0} = \infty$
n = Energie-Einheiten zwischen den Abständen **R** und $\mathbf{R_0} = E_{pot}$	$\mathbf{E_{pot}}$ = Potentielle Energie bei **R** (sie ist bei **R** kleiner als bei $\mathbf{R_0} = \infty$)

Vergleichen wir das mit dem **Energie–Erhaltenden Gravitationsgesetz** (**Equ. 1.6,** beachte: $\mathbf{m = m_0}$ wenn $\mathbf{R_0} = \infty$):

(2) $\mathbf{m = m_0 e^{-a/R}}$, so muß also gelten $\mathbf{n = m}$, $\mathbf{n_0 = m_0}$. $a = GM/c^2$. Setzen wir $\mathbf{E_{pot/klassisch} = GMm/R}$, so ist der Exponent: $-\dfrac{a}{R} = -\dfrac{GM}{c^2R} = -\dfrac{GMm}{R\,mc^2} = -\dfrac{E_{pot(klassisch)}}{E}$ Multipliziert man Gl. (2) mit c^2, $\mathbf{mc^2 = m_0c^2e^{-a/R}}$, so ergibt sich Gl.(1), wenn man $\mathbf{mc^2 = E}$, und $\mathbf{m_0c^2 = E_0}$ setzt.

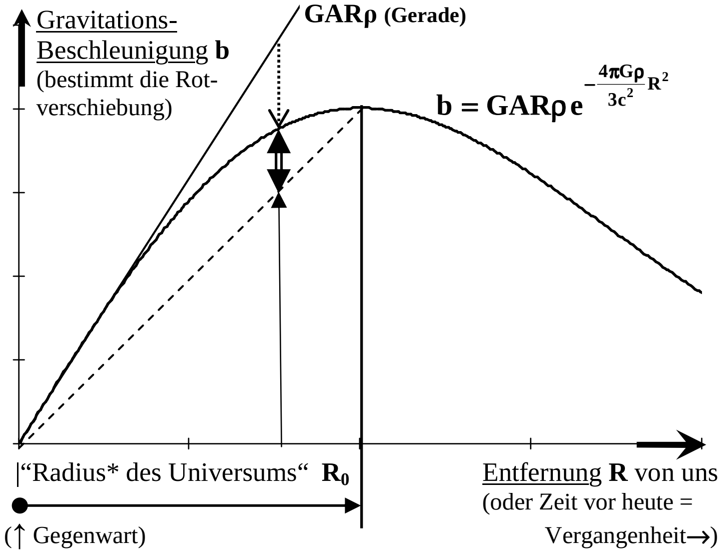
(3) $\mathbf{E = E_0 e^{-E_{pot(klassisch)}/E}}$

Umgekehrt: Multiplikation von $\mathbf{n_0}$ und **n** in Gl.(1) mit einer Massen- oder Energie-Einheit erzeugt die Gln.(2) und (3). Boltzmann wählte als Einheit die Masse eines einatomigen Moleküls. Die Gln. (2) und (3) zeigen, wie sich unter der Wirkung von Zentralkräften eine Masse $\mathbf{m_0}$ bzw. deren Energie $\mathbf{E_0}$ in **m** bzw. **E** wandelt. Diese Verwandlung kann auf zweierlei Art geschehen: [**A**] indem sich die Anzahl der Moleküle von $\mathbf{n_0}$ in **n** wandelt, oder [**B**] indem sich die Masse oder die innere Energie jedes Moleküls (oder beides zugleich) so ändert, daß die Gleichung erfüllt ist. Boltzmann beschrieb den Einfluß dieser Gleichung in der Wärmelehre z.B. für den Fall, daß sich neben der Energie auch die Zahl der Moleküle (d. h. die Gasdichte) ändert, etwa bei Höhenänderung im Erdfeld oder in der Zustandsgleichung der Gase.

In einem Planeten kann sich die Zahl der Atome der gravitativ aneinander gebundenen Moleküle nicht ändern. Falls sich nun $E_{pot/klassisch}$ ändert, dann müssen sich nach Boltzmanns Gesetz die Massen ändern, wenn nicht durch Änderung der Anzahl der Moleküle, dann jedenfalls durch relativistische Änderung der *Einheiten* von Energie oder Masse. Damit erweist sich das Boltzmannsche Gesetz als identisch mit dem relativistischen Energie-erhaltenden Gravitationsgesetz. Boltzmann sagte einmal: "Man bedauert fast, sterben zu müssen vor den nächsten großen Entdeckungen der Physik." Hätte er, der große Einsame, nur mit seinem Freitod wenige Jahre gewartet!

Mit dieser Erkenntnis hätte man schon im 19. Jahrhundert mit dem Gesetz von Boltzmann (einschließlich Maxwells Theorie und den Erkenntnissen von Friedrich Hasenöhrl) die relativistische Gravitationstheorie finden können. Ein Hindernis war das Vorurteil (u.a. von Ernst Mach) gegen die genialen Ideen von Boltzmann.

Bild 14.3 **Gravitationsbeschleunigung am Ort einer Quelle (Galaxis) im Abstand R von uns**



(…und aus der Sicht von uns bei R = 0).

Nach **Gl.(3.56)** (Seite **37** dieses Buches) ist die Gravitationsbeschleunigung **b** am Ort einer Galaxis in der Entfernung **R** (verursacht durch die Massen im Universum innerhalb der Entfernung **R**):

$$\mathbf{b} = \frac{GM}{R^2}e^{-a/R} = GAR\rho\, e^{-\frac{G}{c^2}AR^2\rho}.$$

A = 4π/3; [$M = 4R^3\pi\rho/3$]
ρ = Dichte des Universums
G = Gravitationskonstante
a = $GM/c^2 = 4\pi G\rho R^3/3c^2$
R_0 = siehe Fußnote*

Weil der Faktor $e^{-a/R}$ zunächst fast = 1 ist, wächst bis ca. **R_0/3** die Gravitation mit wachsendem **R** fast *linear* auf der **Geraden GARρ**. Doch Licht aus weit zurückliegender Zeit bezeugt eine um den **punktierten Pfeil** geringere Gravitation **b** als zu erwarten wäre, wenn **b** mit der Distanz **R** linear (auf der Geraden) zunehmen würde.

Übersteigt **R** den „Radius* des Universums" **R_0**, dann nimmt **b** sogar ab (rechter Kurvenast).

Fossiles Licht ist rotverschoben, auf dem linken Kurvenast umso stärker, je größer die Gravitation **b**. Geht man im Diagramm umgekehrt z.B. vom Abstand **R_0** zu *kleineren* Distanzen **R**, dann ist bei Annäherung an die Gegenwart der Verlauf von **b** um den **Doppelpfeil** ⇕ *über* der **strichlierten Linie**, die gelten würde, wenn **b** linear mit **R** abnehmen würde. Die zugehörige überproportional große Rotverschiebung bei *Abnahme* der Entfernung wurde von Anhängern des Urknalls fälschlich als Zunahme der Expansionsgeschwindigkeit bei Annäherung an die Gegenwart gedeutet. Für sie ist die nach neueren Messungen relativ zu große Rotverschiebung jüngerer (d.h. **R** < **R_0**) Himmelsobjekte ein Indiz für eine *Zunahme* dieser Geschwindigkeit, wenn man sich gedanklich im Diagramm aus ferner Vergangenheit dem jüngeren Universums nähert. Diese Messungen bestätigen aber in Wirklichkeit die mit Energie-erhaltender Gravitation berechnete Gravitationsbeschleunigung **b**. Zwar wird **b** größer je weiter wir in die Vergangenheit blicken, d.h. bei wachsendem Abstand **R** zu uns, aber nur bis zu einem Umkehrpunkt bei **R_0**. Wird **R_0** überschritten, dann nimmt die Gravitation wieder ab, obwohl die um **R gedachte** Kugel mit wachsendem **R** immer mehr Himmelsobjekte umschließt.

Das widerlegt die Erwartung, daß die aus dem Universum ausgeschnitten gedachte Kugel eine mit der Entfernung wachsende Gravitation haben müßte (entsprechend ihrer Masse, die mit der dritten Potenz des Abstandes unbegrenzt wächst). In Wirklichkeit strebt mit wachsender Distanz die Gravitation zunächst (bei **$R_{0'}$**) einem Maximum zu, danach kehrt sich die Wirkung der hinzukommenden Massen um und geht allmählich gegen Null.

Das löst ein bisher ungelöstes Problem, genannt „**Olbers' Paradoxon**". Es wurde 1826 von Heinrich W. Olbers, aber von Kepler und anderen schon lange vorher mit der Frage ausgesprochen: „**Warum ist der Nachthimmel dunkel?**" Denn mit jedem Zuwachs der Entfernung um **dR** erhöht sich die Zahl der Lichtquellen im gleichen Raumwinkel **Ω** um **ΩR^2** mal **dR**, d.h. genau so viel wie die Strahlungsenergie jeder Quelle mit **$1/R^2$** abnimmt, so daß jedes Flächenelement immer die gleiche Strahlungsenergie erhalten müßte. Mit dem Glauben an den Urknall schien das Problem gelöst, denn innerhalb des *begrenzt* gedachten Alters des Universums und aller Lichtquellen konnte sich nicht so viel Strahlung im Raum ansammeln, um die mit dem Entfernungsquadrat abnehmende Strahlungsdichte zu kompensieren und den Nachthimmel hell zu machen. Sieht man also entsprechend weit zurück in die Vergangenheit, dann blickt man – nach der Urknallhypothese – schließlich in eine Welt, in der es noch gar keine strahlenden Sterne gab.

Mit **Energie-erhaltender Gravitation** löst sich **Olbers' Paradoxon** in anderer Weise, nämlich einfach dadurch, daß bei sehr großen Entfernungen die Wirkung der Masse des Universums und damit deren Strahlung gegen Null konvergiert. (Nach wie vor gilt außerdem die *zusätzliche* Abnahme der Strahlung mit dem Quadrat des wachsenden Abstandes.)

*Der "**Radius des Universums**" ist hier in gleicher Weise so definiert wie z.B. der "Radius der Sonne" oder anderer Sterne (d.h. Gaskugeln), nämlich als "Abstand des Ortes maximaler Gravitation vom Gravitationszentrum".
Wenn wir eine Kugel innerhalb des Universums mit diesem Abstand definieren, so heißt das nicht, daß wir das ganze (durch keine Oberfläche begrenzte) Universum als Kugel ansehen.

15 Gravitation innerhalb einer Masse M_0

(a) **<u>Voraussetzung</u>:** $E_{pot} = E_{grav} = (M + me^{-a/R})c^2$

Gl.**(1.5)** $f(R) = e^{-a/R}$ (worin $a = GM/c^2$) und Gl.(**1.6**).

$E_{gesamt} = E_{grav}+E_{kin}+E_{neutral} = \text{constant}$ ($E_{neutral}$ = innere Energie der gravitativ unwirksamen Schale)

<u>Außerhalb</u> der Zentralmasse M_0 (Radius R_0) existieren keine Schalenmassen**,** d.h. dort ist $E_{neutral} = 0$. Fällt eine Masse **m** von ∞ bis zur Oberfläche der Zentralmasse M_0, dann nimmt **m** ab, und zwar genau um das Massenäquivalent der dabei entstehenden kinetischen Energie. Kinetische Energie ist dadurch gekennzeichnet, daß sie *nach außen* abführbar ist. Nebst der Zentralmasse M_0 verbleibt als *gravitativ wirksam* die an den Körper gebundene potentielle Energie $mc^2e^{-a/R}$ der Masse **m**. Man beachte:
Konstant ist **a** (= GM/c^2) nur außerhalb M_0, denn dort bleibt für alle $R > R_0$ die Zentralmasse konstant.

<u>Innerhalb</u> M_0 ist $E_{neutral} > 0$, denn dort wirkt gravitativ nur der Kern **M** von M_0 – mit dem **<u>Radius R</u>** $< R_0$.
Setzt man $4\pi\rho/3 = A$, dann ist $M = 4R^3\pi\rho/3 = AR^3$ und $a/R = GM/Rc^2 = G4R^2\pi\rho/3c^2 = GAR^2/c^2$.

(b) $E_{grav} = (M + me^{-a/R})c^2 = c^2AR^3 + mc^2e^{-GAR^2/c^2}$ (**M** <u>innerhalb</u> von M_0, $R < R_0$).

Beim Fallen nimmt die Gesamtenergie ab entsprechend der Änderung

(c) $\frac{dE_{grav}}{dR} = 3c^2AR^2 - 2GAmRe^{-GAR^2/c^2}$ = <u>Änderung</u> von E_{grav} mit **R**, oder, wenn **A** und **M** eingesetzt:

$$\frac{dE_{grav}}{dR} = \frac{3c^2M}{R} - \underline{\frac{2GMm}{R^2}e^{-GM/Rc^2}} = P - 2K > 0 \qquad (M < M_0,\ \ R < R_0).$$

Der erste Term, hier mit **P** bezeichnet, ist = **O**berfläche der Zentralmasse × **ρ** × c^2.

Damit ist **PdR** = **O**berfläche × Dicke **dR** × **ρ** × c^2 = Masse der *Oberflächenschicht* **mal** c^2. Der <u>unterstrichene</u> Term ist dem Betrag nach die zweifache Gravitationskraft im Abstand **R**, aber negativ, die Energie wächst in Richtung von der Oberfläche zum Zentrum. Das heißt: Beim Anheben von **m** um **dR** bewegt diese Kraft die Masse **m** *zur* Oberfläche, das ist *weg* vom Zentrum, aber zugleich wird die zu **M** konzentrische sphärische Masse **PdR** mit jedem **dR** (ab R = 0) bis zur Oberfläche der Innenkugel *angehoben*. [Das Minuszeichen dieses Terms folgte aus dem Minuszeichen im *Zähler* des Exponenten beim Differenzieren von **Gl.(b)**.] Weil die zum Heben notwendige Kraft **K** auf die Probemasse **m** wirkt, könnte man meinen, **m** müßte *zunehmen* – um die Energie des Anhebens = Kraft × Weg. Aber diese Kraft reicht nur, um die negative Gravitation –**2K** zur Hälfte zu überwinden. Um das deutlicher zu sehen, multiplizieren wir **Gl.(c)** und damit auch die Kräfte mit der Verschiebung **dR**. Die Verschiebungsenergie auf dem Weg **dR** ist

(d) $dE_{grav} = \frac{3c^2M}{R}dR - 2\frac{GMm}{R^2}e^{-GM/Rc^2}dR,$ (darin ist $K = \frac{GMm}{R^2}e^{-GM/Rc^2}$ = Gravitationskraft)

$3c^2M/R$ hat die Dimension einer Kraft, ist aber keine Kraft. $3c^2MdR/R$ ist die **innere Energie** der Oberflächenschicht der Dicke **dR**, die natürlich gravitativ wirksam ist (durch die ihr äquivalente Masse = **O**berfläche × **dR** × **ρ** × c^2, siehe oben). Der 2.Term besagt, daß beim Heben um **dR** eine negative Kraft **–2K** entsteht, die zu einer Energieabnahme um **–2KdR** führt, das ist der doppelte Energiebetrag, der zum Heben von **m** gegen die Gravitation **K** der Zentralmasse aufzuwenden ist. Beim Heben führt man Energie zu, nämlich **+KdR**. Beide Energieänderungen sind zusammen –**2KdR+KdR** = –**KdR**, d.h. die potentielle Energie ist auch nach Energiezufuhr um **+KdR** immer noch um **–KdR** reduziert. Mit anderen Worten:

Wird *innerhalb* einer Zentralmasse eine Probemasse **m** vom Zentrum in Richtung zur Oberfläche gehoben, so erscheint die Probemasse auf jedem Wegstück **dR** um **–KdR** *verringert*, denn die zugeführte Energie geht zwar in die Probemasse **m**, das reicht aber nur, um die gleichzeitige Energieentnahme, die zum Anheben der Oberflächenschicht über die Zentralmasse notwendig war, zur Hälfte zu kompensieren. Das gilt so lange, bis man die Oberfläche von M_0 erreicht. Dort ist die Probemasse am kleinsten. Erst wenn man außerhalb der Zentralmasse die Masse **m** weiter anhebt nimmt sie wieder zu und erreicht bei unendlichem Abstand den Ursprungswert (im Produkt mc^2**)**. Denn außerhalb der Zentralmasse steht **R** im <u>Nenner</u> des Exponenten **[Gl.(c)],** wodurch das Vorzeichen dieses Terms bei der Ableitung positiv wird.

Man kann (<u>für $\mathbf{R < R_0}$</u>) also festhalten:

Nennt man die gravitativ wirksame Energie des *<u>ganzen</u>* Systems $\mathbf{E_{grav}}$, und hebt man eine Probemasse um **dR**, dann addiert sich zu $\mathbf{dE_{grav} = (P–2K)dR}$ [Gl.(c)] die Energie des Anhebens +**KdR**, es verbleibt eine Abnahme **–2KdR+KdR = –KdR**. Beim Start *im Zentrum* ist die Anfangsenergie $\mathbf{mc^2}$**.** Bis zur Distanz **R** ist die Abnahme $\mathbf{mc^2}$ –∫**KdR**. Das entspricht einem „Fallen", aber vom Zentrum gegen die Oberfläche. Dort (d.h. in der Distanz R) ist der Faktor der Abnahme $\mathbf{–e^{–a/R}}$.

Beim Anheben wird zwar Energie gegen die Schwerkraft aufgewendet, nämlich
= Kraft mal Weg = $\mathbf{(GMm/R^2)\cdot e^{–GAR^2/c^2}\,dR}$,

aber das ersetzt nur die Hälfte der Abnahme von $\mathbf{–2(GMm/R^2)\cdot e^{–GAR^2/c^2}\,dR}$ in **Gl.(d)**.
Es verbleibt $\mathbf{–(GMm/R^2)\cdot e^{–GAR^2/c^2}dR}$, d.h. eine um diese Energie *verminderte* Masse**.**

Nun sei noch die Änderung des Zeitablaufs berücksichtigt:

Im gleichen Maß, wie die Masse eines Atoms relativistisch abnimmt, nehmen auch die Energiesprünge zwischen dessen Quantenzuständen ab.

Proportional zu diesen Energiesprüngen sind die Eigenfrequenzen des Atoms, die nach der Relativitätstheorie die Zeit definieren weil sie ideale Taktgeber für Uhren sind.

Das heißt: <u>Zeitablauf</u> und <u>Masse</u> nehmen bei Annäherung an die Oberfläche mit dem *gleichen* Faktor <u>ab</u>. Also verstreicht auf der Oberfläche von $\mathbf{M_0}$ die Zeit am langsamsten.

Das läßt sich messen:

Für den Fall, daß die Masse von außen auf die Zentralmasse **M** fällt,wurde das schon 1960 von Pound & Rebka gemessen (siehe Seite 3, Kap. 1.2 **Der Gravitations-Dopplereffekt**). Die Messung bestätigte den Faktor $\mathbf{(1+\Delta\varphi/c^2)}$ der Zeitverlangsamung.

Wenn sich die Masse jedoch im Innern der Zentralmasse befindet, z.B. innerhalb der Erde (d. h. näher am Zentrum, **in einem gedachten Schacht**, dann würde die Messung zeigen, daß der Gang der Zeit umso schneller ist, je weiter man in die Tiefe geht. Eine Messung im Erdmittelpunkt müßte ergeben, daß der Gang der Zeit derselbe ist wie in unendlicher Entfernung, nämlich $\mathbf{t_0/(1+\Delta\varphi/c^2)}$ für ein Intervall, das auf der Erdoberfläche die Dauer $\mathbf{t_0}$ und das Potenzial $\boldsymbol{\varphi}$ hat. $\boldsymbol{\Delta\varphi}$ ist die Änderung des Potenzials am Ort der Messung. Um jeden Anlaß zu irreführenden Kontroversen auszuschließen: Die Inhomogenitäten der Erdkruste, noch mehr aber der Dichteüberschuß in Erdmantel und Erdkern, macht eine solche Messung auch in den tiefsten Bohrlöchern illusorisch. Auf einem Globus von 30cm Durchmesser wäre auch der tiefste Bergwerksschacht nur 0,02 mm "tief ", das ist weit *außerhalb* des Erdkerns und nicht repräsentativ für das "Erdinnere".

Die Formel $\mathbf{K = \frac{GMm}{R^2} e^{-GM/Rc^2}}$ aus Gleichung **(c)** oder **(d)** ist uns auch bei der Berechnung des Durchmessers des Universums begegnet. Dividiert man **K** durch **m**, dann erhält man die Gravitationsbeschleunigung **b** im Abstand **R** vom Zentrum der Masse **M**. Im Kap.**(3.10)** wurde die Formel auf die Masse **M**, die im Universum in einer Kugel um uns mit dem Radius **R** enthalten ist, angewandt, indem man **M** durch Volumen mal Dichte $\boldsymbol{\rho}$ ausdrückte: $\mathbf{M = 4R^3\pi\rho/3}$. Man erhielt die Beschleunigung als Funktion des Abstandes **R** (graphisch dargestellt auf Seite 84):

$$\mathbf{b = \frac{4\pi G\rho}{3} R e^{-\frac{4\pi G\rho}{3c^2}R^2}}\ .$$

Diese Kurve verläuft anfangs fast geradlinig, weil für $\mathbf{R < R_S/3}$ die e-Funktion ≈1 ist ($\mathbf{R_S}$ ist der Schwarzschildradius). Mit wachsendem **R**, etwa ab $\mathbf{R > R_S/3}$, flacht sie ab und erreicht ein Maximum bei $\mathbf{2R_S}$. Dieser Abstand wurde als Radius des Universums definiert. Das heißt natürlich nicht, daß das Universum dort aufhört, es setzt sich vielmehr kontinuierlich mit der dort herrschenden Massedichte fort.

16 Relativistische Dynamik

Obwohl einige Physiker den Kraftbegriff in der **Allgemeinen** Gravitationstheorie nicht länger als Grundgröße ansehen, blieb ihr Denken von diesem klassischen Begriff geprägt. Sie sprechen ja nach wie vor von den „Grund**kräften** der Natur", und daß gerade die Gravitation eine fundamentale Grundgröße sei. Weil sich der Begriff „Kraft" in der Alltagserfahrung als „Gewicht" oder als Zug- bzw. Druckkraft veranschaulichen läßt, konnte man jedenfalls damit mühelos Newtons drei Prinzipien beschreiben, nämlich:

☀**Trägheit**, ☀„**actio = reactio**" und ☀**gravitative Massenanziehung**. Daraus folgt:

1. Jeder Körper bewegt sich gleichförmig und geradlinig (oder auf einer Geodäte), solange keine äußere **Kraft** auf ihn einwirkt, man sagt Massen sind „träge".
2. Jede Bewegungs*änderung* ist proportional der auf ihn einwirkenden **Kraft** und einer für jeden Körper charakteristischen Größe, die Newton „**Träge Masse**" des Körpers nannte.
3. Je zwei **Massen** ziehen sich mit einer **Kraft** an, die proportional zu jeder der **Massen** und zum Quadrat des reziproken Abstandes ist (mit anderen Worten: **„schwere Masse" = „träge Masse"**).

Doch von Anfang an gab es den Verdacht, daß „die Wirklichkeit" durch diese einfachen Vorstellungen vielleicht doch verfehlt wird. Dieser Verdacht besteht besonders im Fall der Massen**anziehung**. Diese sollte „über den leeren Raum" ohne materiellen Überträger wirken, derart, daß für die Massen das Prinzip „actio" = „reactio" erfüllt ist. In der Allgemeinen Relativitätstheorie hat man solche Bedenken zerstreut durch Einführung des Prinzips der „Nahewirkung" und der Raumkrümmung.

Was aber wäre, wenn von einem andern Stern ein ganz anders denkender Physiker erschiene und uns mit einer Sicht der Prinzipien der Physik irritieren würde, die sich weder auf Newtons Dynamik noch auf Einsteins Idee eines gekrümmten Raumes gründet? Dieser Exot könnte erklären, Massen seien gar nicht „träge" in dem Sinn, daß sie ihren Bewegungszustand nur durch *Einwirkung von außen* ändern würden. Ebensogut könnte man ja das Gegenteil annehmen, nämlich daß die Ursache der Bewegungsänderung (die Beschleunigung) nicht außerhalb der Masse sondern *in ihr* liegt, vergleichbar mit einem Zugvogel, der nicht auf Grund einer „afrikanischen Anziehungskraft" oder einer Raumkrümmung von Europa nach Afrika fliegt, sondern weil er in sich selbst den Plan hat, dorthin zu fliegen. Dieser Physiker könnte verkünden: Wenn jede Masse von einem „Feld" umgeben ist, das nichts weiter enthält als nur die Botschaft an andere Massen über ihre Existenz, ihren Ort und ihre Größe, dann könnte anstelle der Newtonschen Massen-**Anziehung** ein anderes Naturprinzip stehen. Nach diesem wäre „Masse" definiert als die quantifizierbare Tendenz, sich mit anderen Massen zu vereinigen. Ohne „Trägheit" zu haben beschleunigt sich dann jede Masse in die Richtung, in der ihr Streben (die Tendenz) zur Vereingung am besten erfüllt wird, und zwar ohne Zwang von außen, ohne „Anziehungskräfte". Trägheit gäbe es nicht, die Massen folgen wie ein Zugvogel nur ihrem inneren Kompaß.

Der exotische Physiker erklärt, ihm gehe es nicht darum, uns irgend eine unserer Theorien, etwa die von Newton oder die von Einstein, zu verleiden oder eine neue Wahrheit zu verkünden, es gehe ihm vielmehr um das Erkennen der *Fragwürdigkeit* dessen, was wir unbewußt für „selbstverständlich" halten. Gewöhnt an die überzeugende Newtonsche Dynamik sei es unserer Aufmerksamkeit entgangen, daß Massen ebensogut als trägheitsfrei gedacht werden können und dennoch das gleiche beobachtbare Verhalten zeigen. Dazu ist nur dieses Verhalten an geeignete Bedingungen zu koppeln, konkret vor allem die Bedingung, daß jede Masse in sich die Tendenz hat, sich mit anderen Massen zu vereinen.

Mit anderen Worten: Wir kennen die „Beweggründe" der Natur nicht. Wollen wir uns die Möglichkeit offenhalten, mehr von ihrem Geheimnis zu erfahren, dann müssen wir lernen, auch Wege zu überdenken, die wir unbewußt bisher ausgeschlossen haben, weil wir zu voreilig diese Wege für „undenkbar" hielten.

Uns könnten sich neue Welten erschließen, wenn wir lernen, daß das Einrasten unseres Denkens in die gleiche gewohnte Rille nicht notwendig ein rationales Verhalten ist. Wir haben gesehen [Formel (**3.2**)], daß sich das Gesetz der Trägheit aus dem energierhaltenden Gravitationsgesetz ergibt. Wenn sich nun alle Bewegungen auf Gravitation zurückführen lassen, dann könnten wir folgern, daß „Trägheit" und „Gravitation" im Grunde ein und dasselbe Phänomen sind, mehr noch: daß die ganze Klassisch-Relativistische Dynamik im Prinzip der Gravitation enthalten ist.

17 Umlaufgeschwindigkeit v in galaktischen Scheiben

Wenn wir erwarten, daß die Bahnen der Sterne in den Spiralgalaxien den Keplerschen Gesetzen gehorchen. dann müßten die Umlaufgeschwindigkeiten der Sterne umso kleiner sein, je weiter sie von der Zentralmasse entfernt sind. Die Zentralmasse besteht aus einer Kernmasse $\mathbf{M_Z}$ und der Summe **M** der Scheibensterne, $\mathbf{M_Z}$ + **M**, die sich innerhalb des Abstandes **R** befinden. Die Anziehungskraft auf jede Masse **m** ist

$$\mathbf{K = \frac{G(M_Z + M)m}{R^2}},$$ **R** = Abstand vom Zentrum (kleiner als $\mathbf{R_0}$ = äußerster Scheibenradius).

Wir denken aber $\mathbf{M_z}$ in **M** inbegriffen und die Bahn eines Sternes kreisförmig. Ist dessen Bahnradius **R** kleiner als der Scheibenradius $\mathbf{R_0}$, (also $\mathbf{R \le R_0}$), dann besteht die Zentralmasse nur aus den Sternen innerhalb des Radius **R**. Sterne zwischen **R** und $\mathbf{R_0}$ gehören zur äußeren Umgebung der Bahn, und die hat keinen Einfluß auf Anziehungskraft und Bahngschwindigkeit (erklärt auf Seiten **1+2,** Bild **1.1**).

Fliehkraft ($\mathbf{mv^2/R}$) und Gravitationskraft ($\mathbf{K = GMm/R^2}$) halten einander die Waage. Bei *konstanter* Summe **M** aller Massen innerhalb **R** ist die Bahngeschwindigkeit nach Kepler umso *kleiner*, je größer der Abstand **R** vom Zentrum. Gegen diese Erwartung wurde aber gemessen, daß in den galaktischen Scheiben ab einem bestimmten Abstand $\mathbf{R_X}$ die Bahngeschwindigkeit der Massen für wachsende Abstände nahezu *konstant* ist. Das läßt sich nur dadurch erklären, daß die Bahn der umlaufenden Sterne nicht außen im leeren Raum, sondern noch innerhalb der galaktischen Scheibe $\mathbf{M_0}$ liegt. Der Innenraum ist mit dünn verteilten Sternen erfüllt, die sich frei bewegen können. Auch außerhalb des Scheibenrandes ist extrem verdünnte Materie. Diese besteht aus Nebeln, Explosionsresten von Sternen, Materie, die aus galaktischen Zentren ausgestoßen wurde, und aus Strahlung (Teilchen und Licht). Die inneren Massen zusammen bilden die Zentralmasse **M**.

Je weiter außen ein Stern, umso größer ist deshalb für ihn die Zentralmasse, die mit ihrer Anziehungskraft der Fliehkraft die Waage hält. Entscheidende Frage: Wie muß die Materiedichte ρ in diesem Bereich verteilt sein, damit die gemessene Umlaufgeschwindigkeit der Sterne bei Vergrößerung des Abstandes konstant bleibt?

Wir haben angenommen, daß die Masse des Kerns $\mathbf{M_Z}$ in der Scheibenmasse $\mathbf{M = 4R^3\pi\rho/3}$ inbegriffen ist. Fliehkraft $\mathbf{mv^2/R}$ und Gravitation $\mathbf{K = GMm/R^2}$ halten einander die Waage:

(17.1) $$\mathbf{\frac{mv^2}{R} = \frac{GMm}{R^2} = \frac{4\pi G}{3} R\rho m,}$$ daraus $$\mathbf{v^2 = \frac{4\pi G}{3} R^2 \rho}$$ Gemessen wurde:

Ab einem Abstand $\mathbf{R_X}$ bleibt **v** konstant, also muß dort in der Ableitung dieses Ausdrucks d**v**/d**R** = 0 sein:

$$\mathbf{2v\frac{dv}{dR} = \frac{4\pi G}{3}\left(2R\rho + R^2\frac{d\rho}{dR}\right) = 0},$$ das heißt $$\mathbf{2p + R\frac{d\rho}{dR} = 0},$$ **oder** $$\mathbf{\frac{d\rho/dR}{\rho} = -\frac{2}{R}};$$

integriert ab $\mathbf{R_X}$ ergibt das für ρ im Abstand R_X

(17.2) $$\rho = \rho_X \frac{\mathbf{R_X^2}}{\mathbf{R^2}}.$$ Denkt man sich den Bruch mit $\boldsymbol{\pi d/\pi d}$ (oder mit $\mathbf{4\pi d/4\pi d}$) erweitert, dann folgt aus dieser Lösung die Gleichung: $\rho\mathbf{R^2\pi d} = \rho_X\mathbf{R_X^2\pi d}$. Das ist die Masse einer Kugeloberfläche der Dicke **d.**

Die Formel besagt, daß diese Oberflächenschicht für jeden Radius R ab $\mathbf{R_X}$ immer den selben Wert hat.

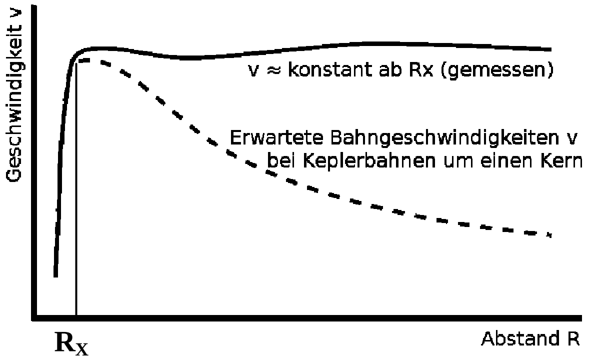
Ausgegangen sind wir von der Messung, daß mit wachsender Entfernung vom Zentrum ab dem Abstand $\mathbf{R_X}$ die Umlaufgeschwindigkeit der äußeren Sterne konstant bleibt, mit der Folge, daß die Dichte ρ verkehrt proportional zur Oberfläche $\mathbf{R^2\pi}$ abnimmt. Mit anderen Worten: Auf die Galaxis fällt von außen ein konstanter Materiestrom ein, weshalb dessen Dichte ρ mit dem Quadrat der Entfernung abnimmt. Dieser Strom geht nicht (wie Wärme eines heißen Körpers) nach außen in den Weltraum, sondern er geht in die Galaxis hinein als Folge ihrer Gravitation. Das heißt: die einst von vielen galaktischen Zentren ausgestoßene Materie wird irgendwo von den Galaxien wieder eingefangen. Das wird im folgenden **Kapitel 18** beschrieben.

Komplizierter ist es, wenn man annimmt, daß die Massen nicht symmetrisch verteilt sind, oder wenn man relativistische Effekte berücksichtigt. Ein solcher Effekt ist die Gravitationswirkung der kinetischen Bahnenergie auf benachbarte Sterne. Massen, die sich parallel zueinander bewegen, erzeugen nämlich senkrecht zur Bewegung eine geringe zusätzliche Gravitationskraft durch die Masse, die der kinetischen Energie äquivalent ist (siehe Seite **24**). Die Gravitation zwischen parallel laufenden Massen (Sternen) führt in Jahrmilliarden zu einer Verdichtung der Sterne in der Scheibenebene (und außerdem zu erhöhter Gravitation in Richtung zum Zentrum).

Die Bahnen der umlaufenden Sterne nähern sich allmählich dem Zentrum, woraus zu folgern ist, daß sie abgebremst werden, d.h., sie verlieren Impuls und kinetische Bahnenergie durch Wechselwirkung mit Materie im Raum und mit Strahlung. Die dünn verteilte Materie im riesigen Volumen außerhalb der Galaxien bildet in der Summe eine gewaltige Masse, die aber **dunkel** ist. Diese Materie hat nichts zu tun mit der viel größeren "**dunklen Materie**", die in der Urknall-Hypothese erfunden worden ist, um die aus der Rotverschiebung fälschlich gefolgerte (und nicht nachweisbare) "Fluchtgeschwindigkeit" so zu verzögern, daß diese im Unendlichen gegen Null konvergiert.

Diagramm der Umlaufgeschwindigkeit v der Sterne in Galaxien

Das Diagramm zeigt *näherungsweise* die an Galaxien gemessenen **Umlauf**geschwindigkeiten der Sterne im Vergleich zur berechneten Bahngeschwindigkeit (die je gravitativ wirksame Masse ist im Kern vereinigt gedacht). Die Messungen sind zuverlässig bei den Galaxien, denen wir auf die Kante ihrer Scheibe blicken. Die Konstanz der Umlaufgeschwindigkeit ab einem bestimmten Abstand $\mathbf{R_X}$ war eine Überraschung, wurde aber dadurch erklärt (auf vorheriger Seite), daß die Galaxien aus ihrer Umgebung einen Strom von Materie einfangen. Ein solcher Saugstrom (summiert über die gesamte Kugeloberfläche um die Saugöffnung) ist bei jedem Radius $\mathbf{R} > \mathbf{R_X}$ gleich groß (ähnlich einem Strahlungsfluß aus einer Quelle, nur in umgekehrter Richtung). Diesem Massenzustrom ***aus* dem zwischengalaktischen Raum** stehen die sichtbaren Massenfontänen gegenüber, die aus den Zentren der Galaxien ***in* diesen Raum hineinströmen**. Das könnte der Idee von Fred Hoyle von der "Entstehung von Materie im Raum" den unerwarteten Sinn verleihen, daß diese Materie gar nicht neu entsteht, sondern lange zuvor in den kosmischen Kreislauf gelangte in Gestalt dieser Materie- und Strahlungsfontänen.



Nachweis Dunkler Masse (bzw. Energie)

Nach diesem Diagramm und dessen Berechnung verhalten sich Galaxien im zwischengalaktischen Raum wie riesige Staubsauger, aber statt zu saugen wirkt deren Gravitationskraft auf äußerst verdünnte Staub- und Gaswolken. Denken wir uns um jede Galaxis konzentrische Kugelflächen, so strömt (fällt) durch jede Kugelfläche der gleiche konstante Materiestrom in die Galaxis hinein. Das folgt aus der oben vorgeführten Rechnung.

Alle Galaxien sind deshalb umgeben von einem "Hof", bestehend aus Massen, die aus dem intergalaktischen Raum in die Galaxien hineinfallen. In der Nähe einer Galaxis verdichten sie sich von anfänglich nahezu Null im intergalaktischen Raum bis zur Dichte der Galaxis im Abstand $\mathbf{R_X}$. Wird $\mathbf{R}$ kleiner als $\mathbf{R_X}$, dann kollabieren die Massen zu leuchtenden Sternen, die sich um ihr Zetrum bewegen. Wird ihre Umlaufgeschwindigkeit gebremst, so verringert sich ihr Abstand zum Zentrum. Damit verringert sich die Gravitation, weil nur die Massen innerhalb ihres Abstandes zur Gavitation beitragen. Die Gesamtmasse jeder Galaxis ist um den umgebenden Hof aus **Dunkler Masse** größer als die sichtbare Scheibe und trägt wesentlich zur Gesamtmasse des Universums bei.

Das heißt: der sichtbare Teil der galaktischen Scheiben bildet nur einen Bruchteil aller kosmischen Massen. Bei wachsender Entfernung vom sichtbaren Rand einer Galaxis nimmt die Massendichte ab bis auf die unmeßbar winzige Materiedichte der riesigen zwischengalaktischen Leerräume. Würde man aber zur Berechnung des Betrages kosmischer Dunkler Masse dieser irrtümlich überall die gleiche Dichte zuschreiben wie die der äußeren galaktischen Ränder ihrer leuchtenden Scheiben, dann erhielte man für die gesamte kosmische Masse einen viel zu großen Betrag.

Wird die Bahngeschwindigkeit der umlaufenden Sterne abgebremst, z.B. durch Gezeitenprozesse, dann nimmt die auf sie wirkende Fliehkraft ab mit der Folge, daß sie sich dem galaktischen Zentrum nähern. Die Bremswirkung erklärt, warum sie (bzw. ihre Bruchstücke) ins Zentrum stürzen. Von dort werden sie bei Spiralgalaxien axial Richtung als Fontäne in den riesigen Intergalaktischen Raum ausgeschleudert, wo sie sich zu so unmeßbar feiner Verdünnung verteilen, daß der Raum für Licht fast vollkommen durchlässig bleibt.

Wenn dies zutrifft, dann schließt sich ein kosmischer Kreisprozeß: Von den axialen Materiefontänen gelangen die Massen über den fast leeren Raum im Lauf von Äonen irgendwann in die "Saugöffnungen" von Galaxien, werden verdichtet, und fallen im Kreislauf wieder zu galaktischen Scheiben zusammen.

Bevor in der Kosmologie die Frage der Struktur des Kosmos erforscht werden kann, müssen an Stelle der widerlegten Hypothesen über Expansion des Raumes oder Galaktischer Fluchtgeschwindigkeit die empirisch gesicherten Erhaltungsgrößen, insbesondere die für Energie, einbezogen werden. Zuerst ist dazu in allen Berechnungen das Gravitationsgesetz an die Spezielle Relativitätstheorie zu adaptieren.

Eine Reihe von Kosmologen haben in genialer Intuition eindrucksvolle Modelle des Universums entworfen. Doch soll ihr Fleiß und ihre Genialität nicht vergebens gewesen sein, so sind dieselben Kosmologen jetzt gefordert, mit ihren genialen Fähigkeiten den Kardinalfehler der Kosmologie zu korrgieren. Dieser beruht auf dem Irrtum, die Rotverschiebung längst vergangener Galaxien sei erklärbar durch eine heutige Fluchtgeschwindigkeit. Dieser Irrtum ist zu ersetzen durch Energie-Erhaltung, mag das auch noch so mühevoll sein.

18 Urknall im Test

Nachdem Edwin Hubble 1929 bewiesen hatte, daß die Spektrallinien der Galaxien eine mit der Entfernung zunehmende *Rotverschiebung* haben, gab es kaum noch Zweifel, daß das Weltall expandiert – also nicht zusammenfällt. Anfänglich wurde die Rotverschiebung als Dopplereffekt gedeutet. Die Proportionalität zwischen *Rotverschiebung und Entfernung* ließ sich durch die Hubble-Konstante **H** ausdrücken. Das Universum wird als **„isotrop**" angenommen. „Isotrop" bedeutet, daß es nicht in einem speziellen Punkt entstand, sondern daß es sich an *allen* Orten zum gleichen Zeitpunkt pro Zeiteinheit um gleich viel dehnt – *wie eine expandierende Ballon-Oberfläche*. Das *Alter des Universums* ergab sich durch Zurückrechnen der Expansion auf ihren Anfang – den **„Urknall"** (von Fred Hoyle **„Big Bang"** genannt). **1/H** wurde als Maß für das *Alter des Universums* erkannt. Für konstantes H erhielt man ein Alter zwischen 12,5 und 20 Milliarden Jahren.

Aber ist dies gesichertes Wissen? **Was hat Hubble wirklich gemessen?** Gewiß, *gemessen* hat er die Rotverschiebung, aber er warnte, zu deren Deutung nur Expansion zuzulassen. Da sich Massen anziehen, müßten sie zusammenfallen, das Universum müßte **schrumpfen**, folglich wäre dessen heutige Ausdehnung *kleiner* als zur Zeit der Lichtaussendung. Das widerspricht der **Urknall-Hypothese**, die man zwar aus der Rotverschiebung (d.h.Vergrößerung der Lichtwellenlänge) weit entfernter Galaxien folgern kann, aber nur, wenn man *voraussetzt*, daß das Universum *expandiert*. Ungeachtet dieses Widerspruchs wurde der Urknall definiert als eine mit stark veränderlicher Geschwindigkeit ablaufende „Explosion" einer geradezu metaphysischen „Ursuppe". Diese Suppe ist ein fürchterliches Gebräu: es enthält den Raum und die Masse des gesamten Universums, auch anfänglich, wenn es alles konzentriert ist in einem winzigen „Uratom". Mit „Drehknöpfen" konnte „diese Suppe" die Naturgesetze (und die Zeit) selbst so einstellen, daß das Ganze – nach Meinung der klügsten Urknallverteidiger – funktioniert. Nun eine provozierende Überraschung:

In Wirklichkeit hat Hubble entdeckt, daß es *keine* Expansion des Universums gibt – keinen Urknall!

Es gibt nur die *Überzeugung* vieler Kosmologen, daß die beobachtete Rotverschiebung ferner Galaxien ein zwingendes Indiz für eine „Expansion des Universums" ist. Was hat Hubble gesehen? Keine Frage, er sah, daß das Licht ferner Galaxien rotverschoben ist. Das aber ist kein Indiz für Expansion, es besagt nur, daß *aus unserer Sicht*, d.h. relativ zu *heutigen* Galaxien, das Licht *damals*, als es ausgestrahlt wurde, rotverschoben war, also in *ferner Vergangenheit* vor vielen Millionen oder Milliarden Jahren. Das von Hubble registrierte Licht ist ein Fossil aus dieser längst vergangenenen Zeit, die um **T Jahre** zurückliegt.

Aber am Licht von Quellen, die vor **T/2 Jahren** strahlten, sah er, daß deren Rotverschiebung nur **halb** so groß ist. Liegen die Quellen **T/10** Jahre zurück, dann hatten sie nur **1/10** Rotverschiebung (relativ zu **T**). Je weniger alt, umso geringer die Rotverschiebung. Das widerspricht einer Expansion des Universums, ist sogar vereinbar mit dessen Zusammenfallen. **Heute** emittiertes Licht ist überhaupt nicht ins Rote verschoben, also bewegen sich heutige Quellen nicht von uns fort, egal wie weit sie von uns entfernt sind.

Wenn man *glaubt*, daß das Universum expandiert, daß sich also infolge des Urknalls die Galaxien voneinander (auch von uns) entfernen, dann muß man folgern, daß wir ihr Licht wegen dieser Fluchtgeschwindigkeit rotverschoben sehen (ob durch den Dopplereffekt, ob durch Dehnung des Raumes). Denkt man also das Universum expandierend, dann scheint es folgerichtig, daß es aus einem Urknall entstanden sein muß. Man hat ja nur die Expansion in die Vergangenheit zurückzurechnen bis zu dem Zeitpunkt, da die Ausdehnung begonnen haben muß – als Urknall. Wir müssen aber zugeben, daß bei dieser Schlußfolgerung die wichtigste Tatsache ignoriert wird, nämlich daß wir prinzipiell nicht sehen können, wie sich eine ferne Galaxie *gegenwärtig* bewegt. Da uns deren Licht erst nach Jahrmillionen erreicht, sehen wir nur deren Vergangenheit – und daß die *gemessene* Rotverschiebung umso größer ist, je weiter die Zeit der Lichtemission zurückliegt. Das besagt nichts über Massen, Ausdehnung und Geschwindigkeit des Universums von *heute*.

Natürlich sind die wissenschaftlichen Argumente zu nennen, welche die Expansion der Galaxien widerlegen – mit den von Hubble gemessenen Rotverschiebungen des Lichts. Darauf lassen sich viele Redaktionen und Lehrbücher aber nicht ein; sie beharren vielmehr darauf, sich niemals geirrt zu haben, daß also die Rotverschiebung eine Folge „der" Expansion sei. Berichte werden nicht angenommen, wenn sie belegen, daß **die Rotverschiebung des Lichts ferner Galaxien nicht durch Expansion, sondern durch Schrumpfen des Universums entsteht**; die Leser erhalten nicht den geringsten Hinweis, daß wir die Rotverschiebung der **heutigen** Galaxien prinzipiell nicht sehen können. Für ein sachliches Urteil dürfen aber solche Tatsachen nicht unterdrückt werden.

(**Beweis 1**) Wir sehen das Licht der Galaxien unverändert so, wie es ausgestrahlt wurde – z.B. *vor Milliarden Jahren*. Aus dessen Rotverschiebung läßt sich nur folgern, daß das Universum *in der Vergangenheit* gedehnter war als heute, umso gedehnter, je weiter wir in die Vergangenheit *zurück*blicken. *Aber die Zeit läuft umgekehrt, von der Vergangenheit zur Gegenwart,* das ist von größerer zu kleinerer Rotverschiebung! *Alle* Messungen seit Hubble zeigen eine *Abnahme* der Rotverschiebung *mit der* Zeit (bis Null bei uns). Je *kürzer* der

Zeitabstand einer Galaxis zu uns, umso *kleiner* ist die von Hubble gemessene Wellenlänge des Lichts bis herab zum heutigen Wert. **Erklären läßt sich das nur durch Schrumpfen.**

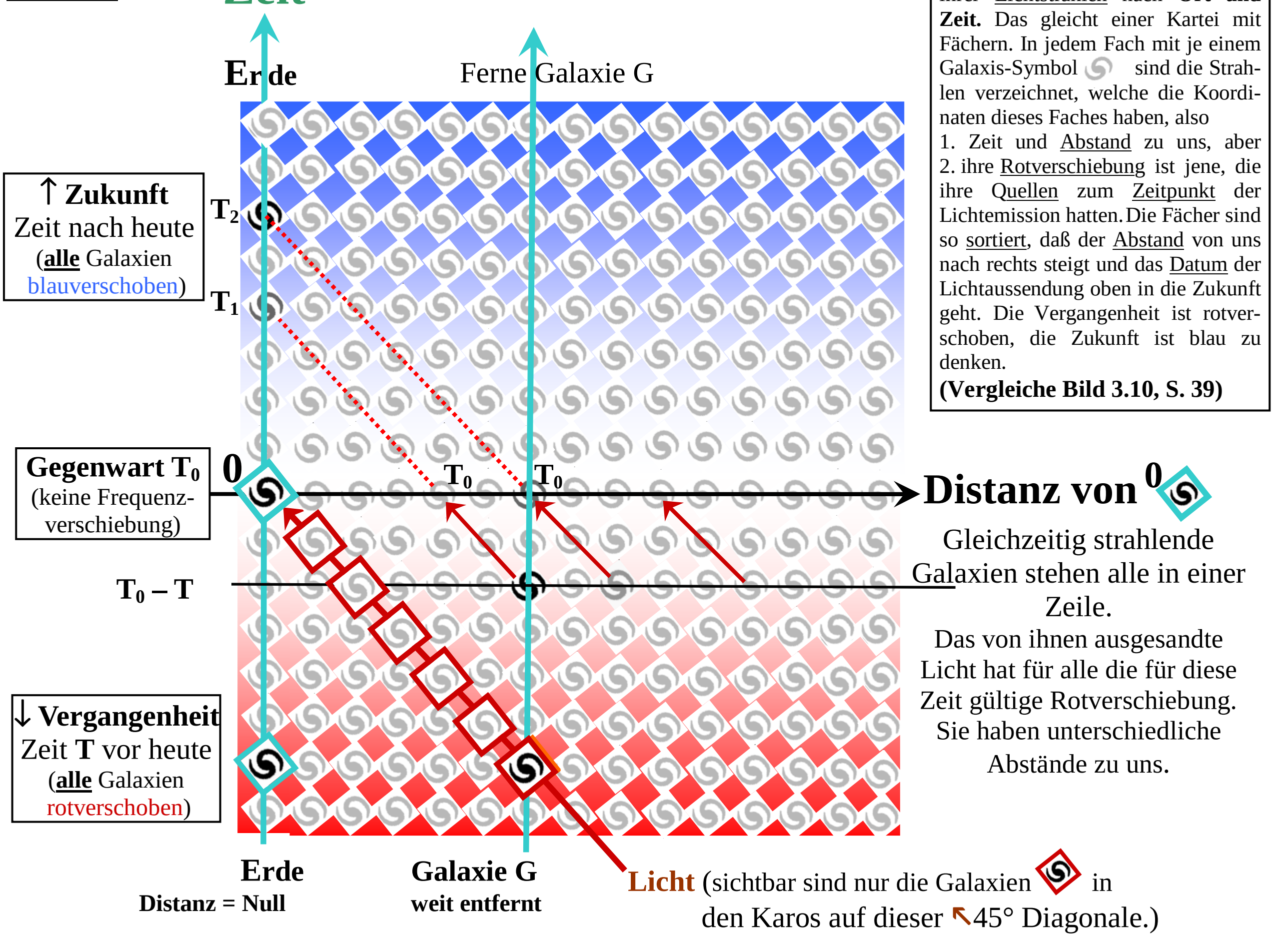
(**Beweis 2**) Machen wir die Gegenprobe! Nehmen wir an, daß im Widerspruch zur Urknallhypothese das Universum, sagen wir, um 10% pro 1 Milliarde Jahre schrumpft! Wurde vor 1 Milliarde Jahren eine bestimmte Spektralfrequenz des Cäsium-Atoms von einer Galaxis ausgesandt, so sehen wir die Wellenlänge dieses Lichts, wenn es bei uns eintrifft, um diese 10% *verlängert*, also rotverschoben. Warum? Weil *während der Laufzeit des Lichts* das Universum weiterhin schrumpfte – und mit ihm schrumpfte das Cäsiumatom *auf der Erde* und die Periodendauer jener Spektralfrequenz, mit der die Sekunde definiert (synchronisiert) ist. Nur **Licht** verhält sich anders. Nach der Relativitätstheorie ist dessen Laufzeit *immer* Null, d.h. eine mit dem Licht mitbewegte Uhr steht still. In stillstehender Zeit kann sich nichts ändern, auch nicht das Licht selbst.

Licht benötigt eine Laufzeit **nur nach der Uhr des Beobachters**, nicht aber für eine „eigene“ Zeit. Relativ zur verkürzten Wellenlänge der Cäsiumfrequenz, mit der das Licht am Ort des Beobachters verglichen wird, erscheint deshalb die *unveränderte* Wellenlänge des Lichts verlängert, also war die Annahme der Gegenprobe richtig, **daß die Rotverschiebung durch Schrumpfen des Universums entsteht.**

Generationen von Physikern (seit 1929) haben das nicht bemerkt. Für Astronomen des **Altertums**, auch für Archimedes, schien die Annahme absurd, daß die Sonne *nicht* um die Erde kreist, denn jeder konnte die Bewegung der Sonne um die Erde *relativ zu den Fixsternen* sehen. Eben so schwer ist es, **heutigen** Physikern – und seien sie genialer als Archimedes, z.B. Redakteuren – begreiflich zu machen, daß die Rotverschiebung des Lichts durch *Schrumpfen* des Universums entsteht. Jeder „normale“ Mensch antwortet spontan ("spontan" heißt: ohne Überlegung), daß eine Rotverschiebung des Spektrums *unmöglich durch Schrumpfen* des Universums entstehen kann. Nun haben wir das Unmögliche bewiesen und soeben durch die Gegenprobe bestätigt.

Messung von Hubble
im Minkowski-Diagramm

Bild 17.1



Standard-Diagramm der Kosmologie. Es ordnet **alle** Galaxien anhand ihrer Lichtstrahlen nach **Ort und Zeit.** Das gleicht einer Kartei mit Fächern. In jedem Fach mit je einem Galaxis-Symbol sind die Strahlen verzeichnet, welche die Koordinaten dieses Faches haben, also
1. Zeit und Abstand zu uns, aber
2. ihre Rotverschiebung ist jene, die ihre Quellen zum Zeitpunkt der Lichtemission hatten. Die Fächer sind so sortiert, daß der Abstand von uns nach rechts steigt und das Datum der Lichtaussendung oben in die Zukunft geht. Die Vergangenheit ist rotverschoben, die Zukunft ist blau zu denken.
(Vergleiche Bild 3.10, S. 39)

1. Jeder Raumpunkt ist im Minkowsky-Diagramm durch zwei Koordinaten bestimmt: **(1)** [nach rechts→] **räumliche Entfernung** vom *Beobachter*, und **(2)** [nach oben↑] **Zeit** relativ zu *heute*. Der Beobachter auf der **Erde** befindet sich in der **Gegenwart**, d.h. zur Zeit **0 (= T_0)** im Raumpunkt **0**. Abstand und Zeit sind im <u>selben</u> Maßstab dargestellt (z.B. in Milliarden Lichtjahren), wodurch ein **Lichtstrahl** um 45° geneigt erscheint.

2. Jedes Symbol im Diagramm steht für <u>**Strahlen**</u> oder für <u>**Galaxien**</u>, die die gleichen Raum- und Zeitkoordinaten wie dieses Symbol haben. Hubble entdeckte, daß das Licht jeder Galaxis **G** eine charakteristische **Rotverschiebung** hat, und daß diese umso *kleiner* ist, je ***kürzer*** die ***Zeit*** **T** seit der Emission des Lichts. Das heute sichtbare Licht der Galaxien stammt aus ferner *Vergangenheit* und ist rotverschoben (im Vergleich mit den *heute* auf der Erde gemessenen Spektren der chemisch gleichen Atome).

3. Die *meßbare* <u>Abnahme</u> der Rotverschiebung bei Verkürzung des <u>Zeit</u>abstandes zur Gegenwart besagt, daß mit dem Zeitabstand auch die Wellenlänge des Lichts *kleiner* wird. **Das bedeutet, <u>daß das Universum mit der Zeit schrumpft</u>**. Die bisherige Deutung als „Expansion der Universums" ist falsch.

4. Symbole , die in der <u>**gleichen Zeile**</u> stehen, repräsentieren <u>**gleiche Zeit**</u> und damit <u>**gleiche Rotverschiebung**</u>, doch sie haben die unterschiedlichsten **Abstände** zu uns. Das folgt aus Einsteins Prinzip der „<u>Isotropie des Universums</u>" (d.h. an allen Orten des Raumes gilt *zur gleichen* Zeit die *gleiche* Physik, kein Punkt hat eine Sonderstellung). Von den Galaxien in dieser Zeile *sehen* wir nur die Spektren von jenen, die in den Karos auf der roten Diagonale stehen, weil zum Zeitpunkt **0 =T_0** nur <u>deren</u> Licht auf uns trifft.

5. Die Zustände der Galaxien rechts des Lichtpfades (der roten Diagonallinie) werden gegenwärtig weder gesehen noch gemessen. Die Zustände links von dieser Linie waren in derVergangenheit meßbar, gelten aber nicht für die Gegenwart, da wir nur die Zustände jener Galaxien sehen, deren Licht auf der roten Diagonallinie emittiert wurde (nur Licht von dort trifft uns im Punkt **0** zur Zeit **0 =T_0 = Gegenwart**).

6. Obwohl das Universum schrumpft, ändert sich für uns Bewohner dessen Größe nicht, weil die von uns benutzten Maßstäbe relativistisch (proportional) mit dem gleichen Faktor schrumpfen wie das Universum, erklärt auf Seite 3.

„Plausible Erklärungen" sind verführerisch, auch die falsche Erklärung, Rotverschiebung entstünde durch Expansion. Wie konnte die zwar „plausible", aber falsche Interpretation seit 1929 unbemerkt bleiben und Voraussetzung für fast alle kosmologischen Theorien werden? Wurden diese Theorien nie geprüft?

<u>**Rotverschiebung ferner Galaxien verstanden mittels bekannter Theorien:**</u>

Je weiter entfernt eine Galaxie, umso größer deren Rotverschiebung: So steht es in Lehrbüchern und wissenschaftlichen Journalen, und das stimmt, wenn mit „Entfernung" die *zeitliche* Entfernung seit der Licht-emission gemeint ist. Es ist aber so dargestellt, daß jeder an *räumliche* Entfernung denkt. So kommt es, daß offensichtlich kaum einem Physiker oder Autor bewußt wird, daß das Wichtigste übersehen worden ist, nämlich daß in Wirklichkeit die Rotverschiebung eine Funktion der <u>Zeit</u> **T** ist, um welche die Lichtaussendung zurückliegt, egal, wie weit die Galaxis von uns entfernt ist. Nur von jenen Galaxien, die wir *sehen*, war das Licht so viele Jahre unterwegs, wie ihre Entfernung in Lichtjahren beträgt, d.h. deren Lichtweg liegt auf der roten Diagonallinie. Deshalb glaubte man, die Rotverschiebung sei eine Funktion der Entfernung. Entfernung und Lichtlaufzeit wurden miteinander verwechselt.

Aus der <u>**Isotropie des Universums**</u> folgt aber, daß zu einer *bestimmten Zeit* <u>alle</u> Galaxien <u>an *allen* Orten</u> (im Ballonmodell: auf der bis zu dieser Zeit aufgeblähten Oberfläche) die *gleiche* Rotverschiebung haben. Im Diagramm stehen diese <u>zur gleichen Zeit</u> gleichen Galaxien-Zustände in einer waagrechten Zeile. Wir *sehen* also von allen Galaxien einer Zeile nur jene, die auf der roten Diagonalline sind. Das Licht der anderen Galaxien dieser Zeile hat heute, d.h. zur Zeit Null, erst die Spitzen der kleinen roten Pfeile ↖ erreicht. Dort kann es nicht gesehen werden, weil diese Orte weit entfernt vom Beobachter sind.

Das Licht, das eine rechts der roten Diagonale befindliche Galaxis <u>jetzt</u>, zur Zeit **T_0**, abstrahlt (oder kreuzt), sehen wir nicht, denn es erreicht unseren Ort erst viel später (im Diagramm mit **T_1** bzw.**T_2** bezeichnet). Welche Rotverschiebung hat das Licht dieser nicht sichtbaren Galaxien?

Sobald ein Lichtstrahl emittiert worden ist kann er nicht mehr beeinflußt werden. Keine Botschaft (die maximal Lichtgeschwindigkeit hat) kann ihn einholen, auch kann kein Feld dessen Energie oder Frequenz verändern, weil Änderung Zeit erfordert, die es für Licht nicht gibt. Entweder der Strahl bleibt ewig unerreichbar „unterwegs", oder er verwandelt sich bei der Messung in Materie (durch Absorption), womit dessen Energie zu uns Sterblichen zurückkehrt. Der letzte Grund, warum gerade etwas so Vergängliches wie Licht ewig existieren kann, liegt darin, daß für Licht die Zeit stillsteht, also nicht existiert. Auch die größten Distanzen gibt es für Licht nicht, denn Licht überbrückt jede Entfernung in der <u>*Eigenzeit*</u> Null.

Das Universum schrumpft natürlich auch *nach* der Emission eines Lichtstrahls, und mit dem Universum schrumpft jedes Cäsiumatom und die Wellenlänge aller seiner Spektralfrequenzen. Gelangt der Lichtstrahl in ein Spektrometer, dann übertrifft dessen *unveränderte* Wellenlänge die des *geschrumpften* Cäsiums und die Verteidiger des Urknalls verkünden der ganzen Welt: Einmal wieder sei die Expansion der Universums bestätigt, erkennbar an der Rotverschiebung des Lichts weit entfernter Galaxien.

Für logisches Denken ist der Sachverhalt simpler: Je größer der Zeitabstand zwischen Emission und Empfang des Lichts, umso länger ist die Dauer des Schrumpfens, erkennbar an der Rotverschiebung des uralten Lichts relativ zum *heutigen* Cäsiumatom. Daraus folgt was Hubble gemessen hat, nämlich:

Die Rotverschiebung des Lichts einer Galaxie ist umso kleiner, je kürzer die Dauer zwischen Abstrahlung und T_0 (= Gegenwart), egal, welche räumliche Entferung sie von uns hat.

Z.B. haben *alle* Galaxien, die ihr Licht ¼ Milliarde Jahre **vor** T_0 ausgestrahlt haben, nach Ablauf dieser Dauer, also zur Zeit T_0, die gleiche Rotverschiebung. Diese Galaxien gleicher Rotverschiebung stehen im Diagramm in der gleichen Zeile. Dazu gehören auch jene Galaxien, die ¼ Milliarde Lichtjahre *von uns* entfernt sind (die deshalb von uns gesehen und gemessen werden können). Deren Rotverschiebung ist repräsentativ für alle diese Galaxien in beliebiger räumlicher Distanz zu uns. Unsere eigene Galaxis ist null Lichtjahre von uns entfernt und hat natürlich relativ zu sich selbst keine Rotverschiebung.

Das allerdings wußten wir schon immer, auch nach der Urknall-Hypothese, aber mit einem Unterschied: Die Urknall-Hypothese ist ein Blick *zurück* in eine vergangene Zeit. Indem man sich gedanklich immer weiter zurück in die Vergangenheit bewegte sah man, daß bei dieser nach Rückwärts(!) wachsenden Zeit die Galaxien wachsende Rotverschiebung haben. Man schloß aus diesem verkehrten Zeitablauf (also aus der in die Vergangenheit zurücklaufenden Zeit), diese Galaxien würden sich immer schneller von uns entfernen. Genau das tun diese Galaxien nicht. Wir sehen sie so wie sie *einst* waren, nicht wie sie sich *heute* bewegen. Folgen wir hingegen dem wirklichen Zeitablauf zur Gegenwart, dann wird die (von Hubble gemessene!) Rotverschiebung der Galaxien immer kleiner – bis Null in der Gegenwart. Im Gegensatz zur Urknall-Hypothese läuft die Zeit eben nicht nach rückwärts wie in einem verkehrt laufenden Film, sie läuft in die Zukunft. Der Abstand zu Gegenwart und Zukunft wird *kleiner*, der von der Vergangenheit größer.

In der *wirklichen Zeitrichtung* schrumpft das Universum, es expandiert nicht. Aus der Schrumpfung kann nicht gefolgert werden, daß es in der Vergangenheit einen Anfang – den Urknall“ – gegeben haben muß.

Haben Generationen von Physikern diese gedankliche Zeitumkehr übersehen? Warum gibt es an den Universitäten darüber kein Gespräch? Solange in allen Instituten und Redaktionen die Urknallverteidiger den Kritikern des Urknalls die Teilnahme am Dialog verwehren (was sie seit Jahren äußerst effektiv tun), ist Wissenschaft unmöglich. Sie rechtfertigen (wenn überhaupt) das Ausgrenzen und Zensieren der Kritiker nicht mit Argumenten, sondern mit Berufung auf „die Mehrheit der Astronomen“, die *irgendwo* die hier vorgebrachten Argumente *irgendwie* widerlegt hätten. Haben Sie je erfahren, womit „irgendwer“ „irgendwo“ „irgendwann“ die Inversion der Zeitdistanz „irgendwie“ widerlegt hat?

All das erinnert an Andersens Märchen, in dem eine Mehrheit von Schwachköpfen sich gegenseitig vor-macht und bestärkt, die nicht vorhandenen und deshalb unsichtbaren Kleider des nackten Kaisers zu sehen. In welchem Loch werden sich die Zensoren verstecken, wenn ein unbefangenes Kind deren Ignoranz bloßstellt mit der Feststellung: „Wir gehen doch gar nicht in die Vergangenheit!“.

Theoretiker haben mit großer Mühe, Liebe und Inspiration extrem „anspruchsvolle“ mathematische Modelle des Universums entwickelt. Sie setzten dabei das Universum als expandierend voraus. Wenn keinem Theoretiker der Vorzeichenfehler in der Richtung des Zeitablaufs aufgefallen ist, obwohl er auffällig ist, erhebt sich die Frage, was von solchen kaum vorstellbaren Theorien zu halten ist. Welche unerkannten Fehler mögen in vielen als „anspruchsvoll“ verkündeten „Modellen des Universums“ verborgen sein?

Wir sehen immer nur die Vergangenheit einer Galaxis, nicht deren Gegenwart, und das wurde, soweit ich weiß, bis heute ignoriert.

Stand der Forschung bis 1993.

Im 20. Jahrhundert haben einige Astronomen ein Modell des Universums entworfen. Sie suchten dafür Anerkennung zu erlangen durch Beschwörung kritischer Geister mit dem Zauber eines suggestiven Namens: „***Standard*****modell der Kosmologie**“. Offenkundig funktionierte der Zauber des Wortes "Standard" bei vielen Physikern, als diese akzeptierten, daß das Universum aus einem empirisch nicht prüfbaren heißen und dichten Punkt, dem **Urknall** – **Big Bang –**, entstanden sei. Dazu waren „nur“ weitere Annahmen (willkürlich) so zu *postulieren*, daß das Modell einige der *beobachteten Phänomene* zufriedenstellend beschreibt.

Die folgenden Argumente sind fast wörtlich aus verschiedenen Quellen zitiert, nur gelegentlich durch Kommentare ergänzt, weil das meiste (siehe oben) schon widerlegt ist, z.B. der Urknall. Weil die mit dem Urknall angenommenen Prozesse nie stattgefunden haben, sind die Folgerungen daraus ohne Beweiskraft. Korrekterweise zitiere ich sie trotzdem. Die lückenhaft kommentierten Texte bzw. Argumente lauten also (so wortgetreu wie möglich):

1. **Häufigkeit der Elemente**: In der primordialen Nukleosynthese (engl. *Big Bang Nucleosynthesis*) kurz nach dem Urknall (10^{-2} s) war das Universum so heiß, dass Materie in Quarks und Gluonen aufgelöst war. Durch Expansion und Abkühlung des Universums entstanden Protonen und Neutronen. Nach ca.1 Sek.verschmolzen Protonen und Neutronen zu Kernen leichter Elemente (Deuterium, ^{3}He, ^{4}He, ^{7}Li). Dieser Prozess endete nach etwa 3 Minuten, hat aber in dieser Zeit die relativen Häufigkeiten der Elemente schon vor den ersten Sternen festgelegt.
2. **Kosmische Hintergrundstrahlung** (engl. *cosmic microwave background radiation*). Die Hintergrundstrahlung wurde 1946 von George Gamov als Folge des Urknalls vermutet, entdeckt wurde sie 1964 durch Arno Penzias und Robert Wilson – mit einer mittleren Temperatur von 2,73K [die sich unterscheidet von der von Gamov vorausgesag-

ten Temperatur von ca. 5K]. Dazu wurde argumentiert: Diese Strahlung stammt aus der Zeit ca. 300.000 Jahre nach dem Urknall, als das Universum etwa 1/1000 seiner heutigen Größe hatte, nämlich zu dem Zeitpunkt, als das Weltall transparent wurde; vorher war es ein ionisiertes Gas, das undurchsichtig ist. [Ich erinnere: den dazu vorausgesetzten Urknall gibt es nicht].
(Bezug: Messungen durch COBE, BALOON, MAP).

3. **Expansion des Universums** [nochmals: die vorausgesetzte Expansion ist in den Abschnitten zuvor widerlegt]: Edwin Hubble entdeckte 1929 die Rotverschiebung der Spektrallinien ferner Galaxien. Sie nimmt mit der Entfernung zu und wurde durch „Expansion des Weltalls" oder als Doppler Effekt erklärt. Proportionalitätsfaktor ist die Hubble-Konstante H, deren Wert zwischen 50 und 80 angenommen wird. „Expansion" wurde nicht so verstanden, daß es *einen* speziellen Anfangspunkt (Ort) des Universums gab, sondern so, daß sich der Raum eines *isotropen Universums* zu einer bestimmten Zeit in *allen* Punkten zugleich dehnt (Ballonmodell). Durch Zurückrechnen der Expansion bestimmte man das *Alter des Universums* (Hubble-Zeit = 1/H): Ist H konstant, dann erhielt man ein Alter zwischen 12,5 und 20 Milliarden Jahren. (Unklar blieb, ob H veränderlich ist, d.h. ob das Universum verzögert, gleichmäßig oder beschleunigt expandiert.)

Nach **diesem** [oben widerlegten] „Standard"-Modell wurde eine Geschichte des Universums konstruiert:

Planck-Ära;	bis 10^{-43}s; alle vier Kräfte sind noch vereint;
Inflationäre Phase;	endet nach 10^{-33}s bis 10^{-30}s; extreme Expansion mit dem Faktor zwischen 10^{30} und 10^{50};
Quark-Ära;	bis 10^{-7}s; Inflationäre Phase; es bilden sich Quarks, Leptonen und Photonen; Baryogenese;
Hadronen-Ära;	bis 10^{-4}s; Protonen, Neutronen und deren Antiteilchen entstehen; außerdem Myonen, Elektronen, Positronen, Neutrinos und Photonen;
Lepton-Ära;	bis 10s; Myonen zerfallen, Elektronen und Positronen zerstrahlen;
Strahlungs-Ära;	ca. 300.000Jahre; H, He, Li entstehen;
Materie-Ära;	bis heute; Universum wird durchsichtig, Galaxien entstehen;

(Wichtige Instrumente zur Erforschung des Universums: Hubble Space Teleskop, ROSAT, Hipparcos, MAP.)

Seit 1993 ist aber der Stand der Forschung ein anderer als zuvor:

1993 wurden die eben genannten Annahmen und deren Beweisverfahren sorgfältig überprüft.
Fast immer wird als „Beweis" für die Postulate der Urknalltheorie die Behauptung vorgebracht, daß diese Postulate „von der Mehrheit der Astronomen" akzeptiert seien. Ist „Akzeptanz durch eine anonyme und nicht ansprechbare Mehrheit" ein physikalischer Beweis? Wäre das der Fall, dann wäre die Welt seit dem Altertum noch immer eine Scheibe auf dem Rücken (wenigstens) einer im Ozean schwimmenden Schildkröte. Kritik im einzelnen:

- **Häufigkeit der Elemente**: Es fehlt der Beweis, daß die beobachtete Häufigkeit der Elemente sich *nur* in einem Urknall bilden kann, also nicht in anderen (nicht weniger extremen) Prozessen – und während unbegrenzter Zeit, etwa in galaktischen Kernen oder in kollabierenden massereichen Sternen. Auch wurden alle Parameter, insbesondere Wasserstoff und Helium, willkürlich so gewählt, daß herauskommt, was man für den Urknall haben wollte. Darauf hat Fred Hoyle mit Nachdruck hingewiesen (u.a. in „A Different Approach to Cosmology" by Fred Hoyle, Geoffrey Burbidge und Jayant Narlikar).

- **Kosmische Hintergrundstrahlung:** Dazu Geoffrey Burbidge: *„Falls das in den jüngsten Sternen unserer Galaxis gemessene He/H-Häufigkeitsverhältnis allgemein gilt und für die gesamte baryonische Materie im Universum den gleichen Wert hat, dann entspricht die Dichte der bei der Synthese des Heliums freigesetzten Energie fast exakt jener der Mikrowellenstrahlung mit einer Schwarzkörper-Temperatur von 2,73 Kelvin.*
Das hatte Hoyle schon früh bemerkt und es ist in einer Arbeit erwähnt, die er 1967 zusammen mit Robert V. Wagoner und W. Fowler veröffentlicht hat. Dies läßt vermuten, daß möglicherweise (in einem früheren Entwicklungsstadium der Galaxien) das gesamte Helium durch Wasserstoffbrennen in heißen Sternen erzeugt wurde und die dabei freigesetzte UV-Strahlung anschließend über die Absorption durch Staub und Reemission als thermische Strahlung in die beobachtete Mikrowellenstrahlung zerlegt wurde, sodass es nicht als Beleg zugunsten des frühen Universums herangezogen werden kann. Eine solche Vorstellung ist natürlich ein Gräuel für die Kosmologen, die den Urknall favorisieren, weswegen sie diese Arbeit ignoriert haben.".[Alle Zitate aus Sterne & Weltraum, 1-3/2003. Dort findet sich auch eine Richtigstellung, nämlich daß die Hintergrundstrahlung schon 1941 von Andrew McKellar entdeckt worden ist, also *vor* Penzias und Wilson.]

- **Expansion des Universums**: Edwin Hubble wies nicht die Expansion des Weltalls nach, sondern die mit der Entfernung (= Laufzeit des Lichts!) zunehmende Rotverschiebung der Spektrallinien, die, wie er betonte, möglicherweise andere Ursachen als Expansion oder Dopplerverschiebung haben kann. [Die Existenz anderer Ursachen bewies insbesondere Halton C. Arp anhand von zahlreichen Messungen, darunter vielen eigenen ("Seeing Red – Red Shifts, Cosmoloy and Academic Science" by H. C. Arp)].

Widerlegt ist Expansion vor allem durch zwei von Einstein richtig vorausgesagte Messungen, nämlich:

1. Messung von **H**afele & **K**eating **(H&K)** 1971 und heute durch GPS:

Eine Uhr auf der Erdoberfläche geht langsamer als eine identische Uhr in der Höhe, weil die Gravitationsbeschleunigung den Zeitablauf verändert. Diese Messung von **H&K** bestätigt Einsteins Voraussage: Je größer die Gravitationsbeschleunigung, um so langsamer – mit dem Faktor $1/(1+\Delta\varphi/c^2)$ – verstreicht die Zeit.
($\Delta\varphi$ ist die Differenz des Gravitationspotentials zwischen den Standorten der Uhren, c = Lichtgeschwindigkeit).

In der Relativitätstheorie wird die **Zeit** gemessen (und definiert) durch Vergleich mit einer atomaren Resonanzfrequenz, das heißt: von einem Quantensprung von einem atomaren Energieniveau zu einem tieferen. Jeder Energiesprung ist ein Massesprung, weil nach der Relativitätstheorie Masse und Energie äquivalent sind. Das bedeutet: im Gravitationsfeld ist der Gang der Zeit *unten* langsamer als *oben*, folglich schwingen die Atome unten langsamer. Das aber bedeutet: deren Masse muß auf dem Weg von oben nach unten abgenommen haben – mit dem gleichen Faktor wie der Lauf der Zeit (d. h. wie der Gang der Uhr). Daraus ergibt sich:

Eine Masse (z.B. die der Uhr) nimmt im Fallen genau um die Energie (Masse) ab, die sie dabei an kinetischer Energie gewinnt, und umgekehrt. Die Gesamtenergie bleibt somit erhalten.

Durch diese (von Einstein vorausgesagte) Messung ist bewiesen, daß die kinetische Energie, die in einem fallenden Körper entsteht, nicht aus dem Gravitationsfeld (z.B. dem Feld der Erde), sondern aus der fallenden Masse bezogen wird. Die fallende Masse ändert sich nur relativ zu einem *ruhenden* Beobachter. Solange sie frei fällt, ohne auf einen anderen Körper zu stoßen, bleibt sie *innerlich* unverändert, wobei „innerlich" heißt: für einen mitbewegten Beobachter. Beim Bremsen oder im Aufprall gibt sie Bewegungs-Energie an die Umgebung ab und hat danach (also unten) eine um diese Energie verringerte Masse. Aus der Sicht eines unbewegten Beobachters, der von außen zuschaut, verringert sich die Masse schon vor dem Bremsen, also während des Fallens, denn für diesen (und *nur für diesen*) Beobachter geht sie beim Fallen in *kinetische* Energie über. Daraus folgt auch, daß, in Fallrichtung, die kinetische Energie der Gravitation nicht unterliegt, das heißt: die Gravitation, die nach Abzug der kinetischen Energie auf die verbleibende Masse ausgeübt wird, ist in *Fallrichtung* mit dem gleichen Faktor verringert wie die fallende Masse.

2. Messung von **P**ound, **R**epka & **S**nider **(PRS)** 1960:

Die Physiker **PRS** haben, mit Hilfe des Mössbauereffektes, die Frequenzänderung des Lichts im Gravitationsfeld gemessen. Dazu ließen sie Gammastrahlen („Licht") von der Basis eines Gebäudes aufsteigen. Deren Energie, d.h. deren Frequenz, wurde unten (an der Basis) und oben gemessen. Sie ist oben geringer, und zwar genau mit dem von Einstein vorausgesagten Faktor, nämlich mit $1/(1+\Delta\varphi/c^2)$.
(c = Lichtgeschwindigkeit, $\Delta\varphi$ ist die Energiedifferenz der Gravitation zwischen den beiden Messorten).

Nach *bisheriger* Erklärung verlieren die Photonen Energie durch das Aufsteigen gegen die Gravitation, doch diese Erklärung ist falsch. Richtig ist vielmehr: „Frequenz" ist definiert als „Anzahl der Schwingungen pro Sekunde". Weil nach der Messung von **H&K** eine Sekunde unten um den Faktor $(1+\Delta\varphi/c^2)$ länger dauert als oben, zählt der Frequenzmesser unten genau so viel mehr Schwingungen pro Sekunde wie die Sekunde unten länger dauert – *wenn* sich die Frequenz im Gravitationsfeld NICHT ändert. *Das* wurde gemessen. **Deshalb sind alle Theorien (einschließlich der Urknallhypothese) falsch, solange sie diese Änderung des Zeitablaufs ignorieren.**

Erst die Berücksichtigung von Zeit- und Massenänderung der gravitativen Massen bei Abstandsänderung macht die Gravitationstheorie relativistisch und widerspruchsfrei. Es zeigt sich, daß dann **alle** bisherigen „Beweise" von **Urknall** und **Schwarzen Löchern** ungültig sind. (Diese beiden Gebilde sind übrigens so definiert, daß sie niemals direkt nachgewiesen oder sichtbar gemacht werden können.)

Um die Theorie zu retten, suchte man die Messungen mit Hypothesen umzudeuten, bis sie den (falschen) Voraussetzungen genügten. Im Zirkelschluß sah es dann so aus, als ob es viele voneinander unabhängige Beweise für Schwarze Löcher bzw. Urknall gäbe. Abgesehen davon, daß diese „Beweise" eine Täuschung sind, sind sie auch nicht voneinander unabhängig, da sie *alle* auf derselben Änderung des Zeitablaufs bei Ortswechsel im Gravitationsfeld beruhen. Die daraus folgenden Widersprüche in den Messungen verschwinden nicht mit nachträglich angenommenen Ausnahme-Hypothesen: nicht mit Verletzung von grundlegenden Prinzipien der Physik wie Erhaltung von Energie und Impuls, nicht mit „Renormierung" des Feldes an jedem Ort, nicht mit Vakuum-Energie, Superstrings u.a.

Daß sich durch Berücksichtigung der Zeit- und Massenänderung im Gravitationsfeld *alle* bisher gemessenen relativistischen Effekte erklären lassen, sogar mathematisch einfacher als bisher, läßt sich nur im Zusammenhang verstehen. Mit vorliegendem Text sind seit 1993 *alle* Argumente zum Beweis der Expansion des Universums widerlegt.

Anhang

Gravitation von Kinetischer Energie und Licht

Ein in Lehrbüchern oft ignoriertes Ergebnis ist die Richtungsabhängigkeit bewegter Massen. Wie beschrieben nimmt eine Masse *im Fallen* ab, weil sie ihre kinetische Energie auf Kosten ihrer inneren Energie mc^2 erwirbt. Beschleunigen wir aber eine Masse durch Einwirkung einer *äußeren* Kraft, dann nimmt sie um das Massenäquivalent der *eingespeisten* Energie zu. Im ersten Fall wird die der kinetischen Energie äquivalente Masse von ihrer Ruhemasse subtrahiert, im zweiten Fall zu ihr addiert. In der Relativitätstheorie war von Anfang an klar, daß im Fall von Energiezufuhr die Masse zunimmt, und zwar erstens in Richtung der Beschleunigung, aber zweitens, heute selten beachtet, dreimal so stark quer dazu. Die in radialer und orthogonaler Richtung trägen Massen sind also verschieden und werden „Longitudinale Masse" und „Transversale Masse" genannt. Obwohl diese beiden Massenänderungen zu den am besten gesicherten Ergebnissen der Theorie gehören, wird eine entscheidende Frage gewöhnlich nicht gestellt, nämlich welche der beiden Massen ist für deren Gravitation zuständig?

Die Antwort: Verantwortlich für Gravitation kann nur *die* Masse sein, welche von der fallenden Masse wahrgenommen wird – wahrgenommen von ihrem Standpunkt. Das wurde in den Kapiteln 3.4 und 3.5 untersucht mit folgendem Ergebnis:

Wenn eine Masse fällt, dann erwirbt sie kinetische Energie *auf Kosten ihrer Masse*. Masse wurde durch ihre *Gravitation* definiert. Abnahme von Masse bedeutet also Abnahme von Gravitation. Dies beweist, daß die kinetische Energie keine Gravitation in Bewegungsrichtung hat, eben weil diese Energie das Äquivalent genau der Masse ist, die von der fallenden Masse abgezogen worden ist. Daraus folgt weiter, daß Licht (das ja nur kinetische Energie hat) in Richtung der Lichtausbreitung der Gravitation nicht unterliegt, wohl aber quer zur Ausbreitung, wobei das Massenäquivalent jedes Photons als gravitative Masse wirkt, und dies zweifach, a) es wirkt als Masse der Photonenenergie und b) es wirkt mit der betragsgleichen Masse der kinetischen Energie. (Siehe auch Anmerkung 1 auf **Seite 79**).

Gravitation ist eine Eigenschaft *jeder* Masse und läßt sich aufgrund von Energie-Erhaltung nicht von ihr trennen. Weil sie in Bewegungsrichtung abnimmt und dennoch erhalten bleibt, kann die gravitative Eigenschaft nur in die Querrichtung übergegangen sein. Heute mag es kaum verständlich erscheinen, warum dieser triviale Schluß vorher niemandem einfiel. Vielleicht ist das weniger rätselhaft in Anbetracht der hypnotischen Faszination einer *neuen* Hypothese, die damals, nach dem Jahr 1905, die wenigen Wissenschaftler, die darüber nachdachten, bewegte, z.B. Einstein. Die neue Hypothese beruht auf der Idee, daß die Gravitation eine Folge von Raumkrümmung sein könnte. Vielleicht war es die Faszination dieses Gedankenversuchs, daß man vergaß, die immer noch aktuelle Frage zu untersuchen, wie sich die Spezielle Relativitätstheorie auf die klassische Gravitationstheorie auswirkt. Jedenfalls ist schwer zu verstehen, warum die Spezielle Relativitätstheorie anscheinend nie auf Gravitation angewandt worden ist, obwohl in der lebhaften Diskussion alle übrigen Begriffe der klassischen Physik (d.h. die der Newtons Dynamik) neu interpretiert worden sind und dabei das Problem der Äquivalenz von schwerer und träger Masse sichtbar wurde.

Läßt man Gravitation außer acht, dann muß jeder Versuch scheitern, die Spezielle Relativität in die Klassische Physik einzubeziehen, weil dann schwere und träge Masse in unvereinbarer Weise verschieden definiert sind. Daß diese doppelte Definition ein Widerspruch in sich ist, hat Einstein klar erkannt. Soll die Klassische Physik an die Relativitätstheorie adaptiert werden, dann ist die Masse durch ihre Gravitation zu definieren. Dennoch hat auch Einstein gerade das nicht getan, als er anstelle einer „anziehenden" Eigenschaft die Geometrie der Raumkrümmung setzte und denoch die Ruhemasse als charakteristische Körper-Konstante beibehielt. Die Ruhemasse kann aber nicht beides zugleich sein, *konstant* und dennoch Quelle der *veränderlichen* Gravitationsenergie.

Wir haben erkannt, daß sich eine Masse im Fallen laufend in kinetische Energie verwandelt. Auch von der kinetischen Energie geht Gravitationswirkung aus, aber quer zur Fallrichtung und doppelt so stark als vor der Umwandlung. Warum nicht dreimal so stark wie bei Beschleunigung durch eine äußere Kraft wie in Kap. 3.5 erwähnt? Der Faktor 3 entsteht dann, wenn die Masse durch Energiezufuhr von *außen* beschleunigt wird. Die zugeführte Energie addiert sich zu ihrer Masse und bewirkt eine ihr äquivalente Gravitation in jeder Richtung, radial und orthogonal, wodurch aus der 2-fachen Überlagerung der Faktor 3 entsteht. Auch das wurde mit großer Genauigkeit gemessen.

Direkte Messung der Massenänderung durch Gravitation (Pioneer-Sonden)

Daß sich eine Masse bei Änderung der Distanz zu einem Zentralkörper ändert, das wurde mit den 1972 und 1973 gestarteten Raumsonden **Pioneer 10 und 11** erstmals direkt gemessen. Heute befinden sich beide Sonden im Raum weit jenseits der Planeten. Die Distanz von Pioneer 10 ließ sich extrem genau messen, doch das unerwartet „seltsame“ Ergebnis macht bis zur Stunde die Astronomen ratlos. Es zeigt eine zu kleine Distanz zur Sonne, als ob eine mit keiner bekannten Theorie erklärbare sehr schwache Zusatzkraft in *Richtung zur Sonne* wirken würde. Aber dahinter verbirgt sich nicht (wie vermutet) eine *neue* Gravitationskraft, die Messung bestätigt vielmehr das Energie-erhaltende Gravitationsgesetz. Nach diesem Gesetz nimmt eine von $R = \infty$ fallende Masse ab, nämlich von m auf $m_o = me^{-a/R}$ (also um die Masse, die sich in kinetische Energie verwandelt). Für aufsteigende Sonden gilt die Umkehrung, nämlich daß sich ihre kinetische Energie mit Abstandsvergrößerung zur Sonne wieder in Masse zurückverwandelt – mit dem reziproken Faktor $e^{+a/R}$. Natürlich kann die gleiche kinetische Energie die vergrößerte Masse weniger hoch heben, eben um den gemessenen Faktor $1/e^{+a/R}$ [Darin ist $a = GM/c^2$]. Hier die Rechnung:

$M_{Sonne} = 2{\cdot}10^{33}$ g, $c^2 = 9{\cdot}10^{20}$ cm^2/s^2, $G = 6{,}67\ 10^{-8}$cm^2/g s^2, Abstand $R_{Erde\text{-}Sonne} = 1{,}5\ 10^{13}$ cm, also ist

$\mathbf{\frac{GM}{c^2 R_{Erde-Sonne}} = 10^{-8}}$. Damit ist $\mathbf{e^{+a/R} \cong 1 + 1\times10^{-8}}$. Die Masse der Sonde (damit ihr „Gewicht“ zur Sonne) ist in diesem Abstand größer als nach dem klassischen Gesetz, und zwar um das Massen-Äquivalent der Bewegungsenergie, die sich bei Vergrößerung der Distanz zur Sonne in Masse verwandelt. (Am Rande sei vermerkt, daß diese Massenvergrößerung – mit dem Abstand – in den Theorien zum Urknall ignoriert wird.)

Aber die *gemessene* Masse*nänderung* ist in diesem Fall mit dem Faktor $\mathbf{1 + (8{,}74 \pm 1{,}25)\times10^{-8}}$, d.h. 8,74-mal größer als $\mathbf{1\times10^{-8}}$. Warum? Weil darin die Masse der Bewegungsenergie steckt, welche die Sonde von der Bahnbewegung des Jupiter am 12. 4. 1973 erhielt. Sie erhielt sogar ein mehrfaches der Energie, die zur Flucht aus dem Sonnensystem mindestens nötig ist. Das Manöver, eine Sonde von einem Planten in Schlepp zu nehmen, ist in der Raumfahrt üblich, weil man so diese vorausberechnete Energie für den weiteren Aufstieg von der Sonne gewinnt. Daß diese Energie ein Gewicht hat, daran dachte man nicht. Dieses Gewicht erschien unerwartet wie eine "seltsame Zusatzkraft" in Richtung zur Sonne, es machte die Sonde geringfügig schwerer, ließ sie weniger weit von der Sonne aufsteigen. (Übrigens sind mit dieser genau gemessenen Abhängigkeit der Masse vom Abstand auch alle Theorien über Urknall und Schwarze Löcher widerlegt.)

Das also entnehmen wir den äußerst sorgfältigen Entfernungsmessungen, beschrieben in
1. „Die Pioneer-Anomalie„ by Hansjörg Dittus & Claus Lämmerzahl in Physik Journal Jan. 2006 und
2. „The *Strange Acceleration* of Pioneer 10 and 11“ by John D. Anderson, Philip A. Laing, Eunice L. Lau, Michael Martin Nieto, and Slava G. Turyshev in „The Planetary Report“ November/December 2001.

Übrigens beruht auch die Periheldrehung der planetarischen Bahnellipsen auf dieser Massenänderung. Bei solchen Messungen ist jeder Energieaustausch zu berücksichtigen: Sonnenwind, Einfluß der Planeten, Abstrahlung (z.B. Wärme und Radio-Signale), doppelte gravitative Wirkung der Energiekomponente quer zum Radius usw.

Schüler führt Nobelpreisträger auf geistiges Glatteis

Nach einem meiner Vorträge berichtete mir ein Schüler über seine Schwierigkeit eines Gesprächs mit hochrangigen Physikern. Er suchte Antwort auf ein einfaches Gedankenexperiment, provozierte aber zu seiner Überraschung nur Widerspruch auf Behauptungen, die er nicht gemacht hatte. Er schilderte seine Erfahrung mit Physikern (darunter ein Nobelpreisträger). Einige erklärten, seine Frage wäre zu nebulos, andere lenkten vom Thema ab. Hier das Gedankenexperiment des Schülers, frei aus meinem Gedächtnis:

„Wir beobachten einen Stern aus einer Rakete. Der Stern sei *kein* Schwarzes Loch, für ein solches sei seine Masse zu klein, sein Durchmesser zu groß. Aber wir, die Beobachter, beschleunigen die Rakete bis nahezu Lichtgeschwindigkeit relativ zum Stern. Dann muß, nach der bisherigen Theorie, *aus der Sicht von uns auf der Rakete* die Masse des Sterns zunehmen, bis sie schließlich ausreicht, damit dieser zu einem Schwarzen Loch zusammenfällt, um so mehr, als auch sein Durchmesser relativistisch schrumpft. Fasziniert sehen wir also, wie der Stern zum Schwarzen Loch kollabiert. Nachdem wir uns dessen noch versichern, indem wir auch die entsprechend zugenommene Geschwindigkeit eines seiner Planeten messen, bremsen wir die Rakete ab und kehren zur Erde zurück, wo diese wissenschaftliche Glanzleistung eines Nobelpreises würdig wäre. Aber da gibt es ein Problem, weil sich ein zum Schwarzen Loch kollabierter Stern nach der Theorie Schwarzer Löcher niemals in seinen Ursprungszustand zurück wandeln kann. Er müßte als Schwarzes Loch am Himmel erhalten bleiben – aber erst seit unserer Beobachtung.“

Wie das Nobelkomitee aus dieser sensationellen Verletzung logischen Denkens wieder herausfinden kann, das ist die Frage. Sollte diese Frage für heutige Theoretiker zu nebulos sein, dann müssen wir uns gedulden, bis diese Theoretiker ausgestorben sind. Irgendwann werden ihre Nachfahren den Dialog fortführen – auch mit Teenagern, die unbequeme Fragen stellen.

Diese künftige Generation wird es nicht mehr als ketzerisch empfinden, wenn Gespenster in Gestalt Schwarzer Löcher nicht mehr erscheinen, auch nicht bei noch so großer Massenkonzentration, die wir allein durch bloßes Zuschauen von einem hinreichend schnell bewegten Standpunkt in jedem Objekt erwecken könnten. Besonders kluge Wissenschaftler könnten einwenden, ein solches Gedankenexperiment sei gar nicht zulässig, weil wir nicht in der Lage wären, Beobachter so zu beschleunigen. Doch erstens ist ein Experiment nicht schon widerlegt, bloß weil wir es nicht ausführen können, und zweitens ist das in diesem Fall belanglos, weil das Experiment bereits ausgeführt worden ist. In großen Teilchenbeschleunigern haben Partikel tatsächlich Geschwindigkeiten erreicht, die nur um wenige cm/s kleiner sind als Lichtgeschwindigkeit, und diese Partikel *sind* „Beobachter", die sich hinreichend schnell bewegen, um relativ zu ihnen *alle* Sterne in Schwarze Löcher zu verwandeln, im Widerspruch zur Tatsache, daß sie es nicht sind.

Einsteins Intervall

(Ergänzung zu Kapitel 2.5, **Seite 16**, „Einsteins hypothetischer Raum".

Für Leser, die alles mit Einsteins Originalarbeit vergleichen wollen, sei noch sein Ausdruck für das Intervall **ds** angegeben. Ich halte mich an Einsteins Angaben, wonach er sie aus seinen drei Axiomen (zitiert auf S. 16) gefolgert und für Licht gleich Null gesetzt hat.

$$\mathbf{ds^2 = -\left(1+\frac{\kappa}{4\pi}\int\frac{\sigma dV_o}{r}\right)\left(dx_1^2+dx_2^2+dx_3^2\right)+\left(1-\frac{\kappa}{4\pi}\int\frac{\sigma dV_o}{r}\right)(cdt)^2 = 0}.$$

Die Klammerausdrücke sind die Faktoren für die Änderung je für Länge und Zeit. Einstein verwendet darin ohne weitere Begründung anstelle von G das sonst nicht übliche Symbol $\boldsymbol{\kappa}$:

$\kappa = \frac{8\pi G}{c^2}$. (G = Gravitationskonstante, σ = Massendichte). Für die Kugel gilt $\int_\infty^R \frac{\sigma dV_o}{r} = \frac{M}{R}$ (siehe S 35).

Für kugelsymmetrische Massen und mit den üblichen Symbolen ist in jedem Klammerausdruck der zweite Term $= \frac{2GM}{c^2R}$. Das führt zum gleichen Faktor für die Zeit wie in den Gl.(A) und (B) auf **Seite 16**.

In ein und demselben Bezugssystem ist die Lichtgeschwindigkeit c stets gleich dem konstanten Verhältnis von Wellenlänge zu Periodendauer. Aus Einsteins Gleichung läßt sich berechnen, wie groß c aus der Sicht eines anderen Bezugssystems ist. Man beachte, daß Einstein beide Glieder zunächst gleichsetzt (wegen ds = 0) und dann die Wurzel aus jeder Klammer zieht, wobei er jede durch eine Näherung ersetzt. Offenkundig hielt er die Näherung für erlaubt, weil er an Schwarze Löcher nicht glaubt, weshalb für ihn immer $v \ll c$. Das scheint ihm so selbstverständlich, daß er es oft stillschweigend voraussetzt. Setzt man dann für den zweiten Term in der Klammer $2GM/Rc^2 = v^2/c^2$, dann ist dieses Verhältnis bei $v \ll c$ viel kleiner als 1.

Aber Einsteins Näherung gilt nur für eine kleine Größe $v^2/c^2 = \varepsilon$, die auf die Wurzeln angewendet wurde:

$$\sqrt{1-\varepsilon} \cong (1-\varepsilon/2),\ \sqrt{1+\varepsilon} \cong (1+\varepsilon/2), \quad \text{außerdem} \quad 1/(1-\varepsilon/2) \cong (1+\varepsilon/2).$$

Kommentar von Fred Hoyle zur Kernsynthese im Urknall

Im Englischen Original lautet der auf Seite 45 ins Deutsche übersetzte Kommentar von Hoyle:

"It is common to find that students emerge from a cosmology course in modern times believing that the big-bang theory *explains* a cosmic helium value with *Y* close to 0.25. This is to distort the meaning of words.

Explanations in science are normally considered to be like theorems in mathematics, to flow deductively from axioms and not to be mere restatements of the axioms themselves. As, for instance, the Dirac equation turned out to explain the fine structure of the hydrogen atom. Thus the radiation-dominated early universe is an axiom of modern big-bang cosmology, and the supposed explanation of the microwave background is a restatement of that axiom." .... "When a theory is specifically adjusted to have a certain property, it cannot given over-much credit for having that property. Which is how it is with the production of helium in the hot big bang. Examination of the papers cited earlier shows that the theory was quite explicitly constructed to fit the helium requirement. Consequently its ability to give $Y \cong 0.25$ is not in itself worth a great deal as an indication of its correctness or otherwise."

Ist Rotverschiebung ferner Galaxien ein Doppler-Effekt?

Unter "Dopplereffekt" versteht man die Frequenzänderung einer Quelle, wenn die Quelle sich auf uns zu oder von uns weg bewegt. Z.B. hören wir den Ton einer Schallquelle bei Annäherung höher, bei Entfernung tiefer. Weil Christian Doppler ab 1842 den analogen Effekt auch für Licht voraussagte, wurde er 1852 wegen dieser "unsinnigen" Lehre aus dem Lehrdienst entlassen. Mehr als 100 Jahre später wurde der Astronom Halton Arp entlassen, weil er an einigen Galaxien das Gegenteil gemessen hat, nämlich daß deren von Hubble beobachtete Rotverschiebung des Lichts nicht als Dopplereffekt erklärbar ist, d.h. nicht durch Expansion des Universums. Es geht also immer noch um die Frage, ob es eine gute Idee ist, Naturgesetze dadurch zu beweisen oder zu widerlegen, daß man Astronomen aus dem Dialog ausschließt, wenn sie etwas entdecken, das eingeprägten Lehrmeinungen widerspricht.

1. Ist Rotverschiebung ferner Galaxien ein Dopplereffekt? Es geht um folgenden Umkehrschluß:

A. Bewegt sich eine Galaxie von uns weg, so muß uns ihr Licht rotverschoben erscheinen.
B. Wir sehen ferne Galaxien rotverschoben – also bewegen sie sich von uns weg.

Dieser Umkehrschluß ist falsch. Warum? In **A** bewegt sich die Galaxis **jetzt** von uns weg. Aussage **B** wäre die Umkehrung von **A** nur dann, wenn wir das **jetzt** emittierte Licht der fernen Galaxis rotverschoben sehen (und meinen) würden. Das ist unmöglich, weil das fossile Licht, das wir jetzt sehen können, nicht das von jetzt ist, denn wegen $c < \infty$ wurde es vor Millionen oder Milliarden Jahren emittiert. Dafür gilt

2. Die Rotverschiebung ferner Galaxien ist nicht durch Geschwindigkeit bedingt. Dazu drei Beweise:

Erstens widerspricht Aussage **B** sich selbst, denn richtig wäre sie nur, wenn die Rotverschiebung der fernen Galaxis jetzt (heute) die gleiche wäre wie in der Vergangenheit – aber sie kann nicht gleich sein, wenn sie ein Dopplereffekt ist, der mit der Expansionsgeschwindigkeit (und diese mit der Entfernung) wächst. Das ergibt nur Null bei der Entfernung Null, ist aber umso größer je größer die Zeitdistanz seit der Emission.

Zweitens: Wäre die Expansionsgeschwindigkeit der Entfernung proportional, dann hätten sich die Galaxien umso schneller voneinander wegbewegt je weiter entfernt sie sind (anfangs mit Überlichtgeschwindigkeit!). Man übersah, daß Galaxien, die proportional mit dem Abstand expandieren, die maximale Expansionsgeschwindigkeit **jetzt** (heute) hätten, nicht in der Vergangenheit, als sie das rotverschobene fossile Licht aussandten. Das heißt: man beging den Standardfehler der Astronomen-Logik, man gab der Zeit ein falsches Vorzeichen, indem man "*weiter in die Zeit zurückblicken*" für "*Ausdehnungt*" hielt!

! Drittens: "Beweis durch Widerspruch": Angenommen, die Rotverschiebung entsteht (nach Doppler) durch Fluchtgeschwindigkeit, die proportional zur Entfernung ist. Eine Galaxis, die 2 **MLj** (2 **M**illiarden **L**icht**j**ahre) von uns entfernt ist, **hat** also wegen ihrer Fluchtgeschwindigkeit **v** in dieser Entfernung eine Rotverschiebung **z**. **Noch früher**, als die Zeit z.B. **5** mal so lange zurück lag, das ist 10 Milliarden Jahre vor heute, galt die zur Entfernung von 10 **MLj** proportionale Rotverschiebung **5z** entsprechend der damals größeren *Expansions*geschwindigkeit **5v**. Doch jede Galaxis emittierte zu allen Zeiten Licht – auch 8 *Milliarden Jahre danach*, als der Zeitabstand bis zur Gegenwart nur noch 2 **MLj** war (*von 10 auf 2 = 8 Milliarden Jahre*). Während der Zeit der Annäherung müßten sich in einem expandierenden Universum die Abstände aller Galaxien **gedehnt** haben (erst mit **5v,** zuletzt mit **v**). Der Abstand von **2 MLj,** den eine Galaxis heute hat, müßte also zugleich heute um die Dehnung größer sein als 2 **MLj**. Damit ist die Annahme, daß Rotverschiebung Ausdehnen anzeigt, unhaltbar: Die Rotverschiebung kann kein Dehnungs- oder Dopplereffekt sein. ***Alle*** Theorien, die auf Ausdehnung des Universums beruhen, widersprechen der Logik.

Nach Einstein hingegen ist die **Rotverschiebung eine Folge der Gravitation der Massen** des Universums (bewiesen mit *seinen* Formeln auf **Seiten 1–3**). Das selbe Resultat ergibt sich aus dem Gesetz von Boltzmann.

Aus Einsteins Theorie folgen diese Konsequenzen mathematisch zwingend ohne Hypothesen, ohne Zusatzannahmen. Mit den vorhandenen Theorien und elementarer Mathematik führen sie zu einfachen (numerisch exakten) Lösungen von vielen bisher ungelösten Widersprüchen und Problemen, zum Beispiel erklären sie:

- die von Hubble gemessene Rotverschiebung ferner Galaxien;
- eine (nur scheinbare) Ausdehnung des Universums (sowie deren *Beschleunigung*);
- die bisher unerklärliche *Verzögerung* der Pioneer-Sonden 10 und 11 (und anderen);
- die *doppelte* Lichtablenkung an großen Massen;
- die Periheldrehung der Planetenbahnen und vieles mehr.

Einsteinmaschine und Gravitation (http://www.rudolf-kiesslinger.de/)

Um das Fallen eines Körpers genau untersuchen zu können bediente sich Galilei einer Idee, die so einfach ist, daß sie jeder Gelehrte schon Jahrtausende zuvor hätte finden können – aber nicht fand:
Galilei verlangsamte den Fall, indem er kleine, verschieden schwere Kugeln eine schwach geneigte Rinne hinunterrollen ließ. So konnte er in Ruhe Positionen und Geschwindigkeiten zu verschiedenen Zeiten hinreichend genau vergleichen.
Galilei fand, was vor ihm nur "Spinner" allein durch Logik erkannt hatten: *Alle Körper fallen gleich schnell*. Damit hatte er eine wissenschaftliche "**Standard**"-Theorie ("Standard" steht für göttliche Offenbarung) widerlegt – gegen die "Mehrheit" der Gelehrten, gegen Autoritäten wie Aristoteles, Ptolemäus, kurz gegen alle, die glauben, was ihnen selbstverständlich erscheint sei von Gott geoffenbart, z.B. "schwere Körper fallen schneller ".

Um auch die **relativistische Änderung der Masse** bei Änderung der Fallhöhe erkennen zu können, verknüpfen jetzt auch wir logisches Denken mit Galileis Idee der **Verlangsamung**.

Alle mir bekannten "Standard"-Hypothesen – Expansion des Universums, Urknall, Schwarze Löcher usw. – wurden aus der Annahme abgeleitet, daß die **Massen beim Fallen oder Aufsteigen konstant bleiben.**

Aber bleiben Massen dabei konstant? Das ist unsere Frage zum heutigen "*Selbstverständnis"*.

Werden auch wir ein Jahrtausend-Ergebnis erhalten wie einst Galilei? Lassen wir uns überraschen!

Ein Zufall führte mich auf eine Maschine, mit der sich Hypothesen weit genauer als auf der schiefen Rinne vergleichen lassen. Auch diese Maschine spiegelt Galileis Idee, wenn man an ihr die Physik Schritt für Schritt mit relativistischen Prinzipien erklärt (statt umgekehrt von der Maschine Erklärungen zu erwarten).

Das macht sie zur "**Einsteinmaschine**". Sie gleicht einer verkleinerten Turmuhr: Eine schwere Masse wird **a)** mit einer Seilwinde hochgekurbelt, oder **b)** ihr Fallen wird durch einen Hemm-Mechanismus verlangsamt. In Uhren wird die Hemmung durch einen Pendeltakt gesteuert, hier aber durch eine mittels Fliehkraft geregelte Reibungsbremse. Ein genial konstruierter geschlossener Regelkreis ermöglicht das Einstellen einer konstanten, extrem genauen Geschwindigkeit der Bremsbacken auf der Bremsscheibe und damit der dazu proportionalen Fallgeschwindigkeit (auch das Anhalten). Die Maschine diente viele Jahre zur Nachführung eines Fernrohres an den "Lauf" der Sterne. Wir nutzen sie für einen anderen Zweck: Weil Massen in der Maschine und im Universum den gleichen Gesetzen gehorchen, nutzen wir sie als Repräsentanten des Universums zum genauen *Vergleich* der relativistischen Massenänderung innerhalb und außerhalb der Maschine.

So lassen sich *alle* "Kosmologien" testen, und zwar einfach durch Vergleich *innerhalb der Maschine* –.

Nach Einsteins **S**pezieller **R**elativitäts-**T**heorie (**SRT**) gilt in der Physik prinzipiell: **Masse und Energie sind einander äquivalent**. "Äquivalent" heißt: *Jede* Masse ist zugleich gespeicherte Energie, und umgekehrt hat Energie – ob gespeichert oder nicht – *immer* Masse, ausgedrückt durch Einsteins Gleichung $\mathbf{E = mc^2}$.

Außerdem läßt sich in der **SRT** der Begriff "Masse" durch die *Gravitationswirkung* definieren (über das Gewicht). Auf diese Weise zeigt sich der grundlegende Unterschied zwischen **SRT** und Klassischer Dynamik, denn in letzterer ist Masse durch "*Trägheit*" definiert. In der **SRT** bedarf die Trägheit keiner Definition, denn Trägheit ist – was nur Wenige wissen – eine Folge von Gravitation. Obwohl wir das als bekannt voraussetzen können, wird es im Folgenden bewiesen (auf **Seite 103** oben).

Aus der Äquivalenz von Masse und Energie (**SRT**) folgt, daß eine Uhr durch Aufziehen schwerer wird – um einen winzigen Betrag, weil die *Energie* **E** der Federspannung die *Masse* $\mathbf{m = E/c^2}$ hat. Diese zusätzliche Masse hat zusätzliches Gewicht. Um meßbar zu sein, ist allerdings die Energie der Federspannung viel zu klein. Werden aber in großen Teilchenbeschleunigern geladene Atome auf nahezu Lichtgeschwindigkeit beschleunigt, dann steigt das Gewicht der bewegten Atome *meßbar* um ihr Vielfaches. [Zum Nachrechnen: Das Gewicht erhöht sich so wie die Masse: $\mathbf{m = m_0 / \sqrt{1 - v^2/c^2}}$. (**v** = Geschwindigkeit der Atome, **c** = Lichtgeschwindigkeit)].
Die Energie der Masse einer 2-Euro-Münze könnte den Bodensee (600 km^2, 90m tief) um über 1 Meter anheben.

Wenn wir das Antriebsgewicht der Einsteinmaschine hochkurbeln, so führen wir diesem Gewicht Energie zu. Nach der **SRT** hat diese Energie ($\mathbf{E = mc^2}$) die Masse $\mathbf{m = E/c^2}$**,** um die sich das Gewicht erhöht.

Wenn wir die Bremsbacken lockern, dann sinkt das Antriebsgewicht langsam nach unten. Dabei "fließt" die zuvor eingespeiste Energie aus dem Gewicht in Bremse und Lager – in Form von Reibungswärme.

Bei freiem Fall über die gleiche Strecke würde sich diese Energie in Bewegungsenergie (= $\mathbf{mv^2/2}$) umsetzen

Wir bemerken schon jetzt, daß im Widerspruch dazu die **"Standard"-Hypothesen** (Expansion, Schwarze Löcher, Urknall) diese Gewichtserhöhung ignorieren – sie setzen die Masse im Schwerefeld als konstant an.

In Wirklichkeit gilt die SRT: Während ein Mitarbeiter das Antriebsgewicht hochkurbelt "strömt" Energie aus seinen Muskeln über die Kurbel in dieses Gewicht. Das erhöht die Masse des Gewichts um die eingespeiste Energie. (Um so viel vermindert sich das Gewicht des Mitarbeiters durch Energie-Abgabe an die Kurbel.)

Läßt man das Gewicht sinken, dann nimmt die Masse des Gewichts ab – um die zuvor eingespeiste Energie. Sie setzt sich in Bremswärme um. Man beachte: Die aus dem Gewicht "herausströmende" Energie kommt nicht aus dem "Feld der Erde", auch nicht aus dem "Raum", sondern aus der Masse des sinkenden Gewichts.

Das läßt sich so ausdrücken: **Potentielle + Kinetische Energie = konstant**. Diese Aussage hätte keinen Sinn, wenn (nach den Standard-Hypothesen) die Energie im "Feld" gespeichert wäre, denn dazu müßte die Energie a) nicht im Antriebsgewicht, sondern (für alle Massen des Universums zugleich!) im Feld gespeichert sein, erkennbar als gespenstische Gravitation – und b) bei Bedarf über das Gewicht den Weg in die Bremse finden.

Diese Energieflüsse der **Speziellen Relativitätstheorie** sind übrigens ein Kriterium für Widerspruchsfreiheit:

Sie besagen: Nach der **SRT** erhöht sich die **Masse** bei Anheben im Schwerefeld – genau um das **Massenäquivalent** der beim Heben in die Masse eingespeisten Energie (**$E = mc^2$** = Gewicht mal Höhe).

Aufschlußreicher ist die Umkehrung – eine *fallende* Masse und damit ihr Gewicht nimmt ab, indem sie Bewegungsenergie gewinnt – auf Kosten ihrer Masse (nicht auf Kosten des Feldes, denn ein Feld, das, wie oben erklärt, keine Energie aufnimmt, gibt auch keine ab). Natürlich kann die Masse nur fallen bis sie aufgebraucht ist. Kann sie aufgebraucht werden? Falls ja, dann wäre die Gravitation verschwunden, die kinetische Energie hätte ihr Maximum erreicht – nur: **wo** genau ist dann die Energie der "aufgebrauchten" Masse?

Sie sehen, diese einfache Maschine führt uns auf die letzten Fragen der Physik, z.B. auch auf die: Was wäre, wenn das Fallen des Gewichts nicht vorzeitig beendet wird, z.B. wenn unser Stern – die Erde – so massereich wäre, daß dieses Gewicht (mit der Erde) infolge der Gravitation "auf einen Punkt" zusammenfällt? Zunächst entsteht Wärme durch Stöße der Atome, zuletzt fallen auch die Atome zusammen. Bei diesen Prozessen verwandeln sich Massen in kinetische Energie. Im Fallen erhöhen die gegenseitigen Stöße die Temperatur so lange, bis alles zu Licht (Strahlung) geworden ist – und Licht besteht nur aus kinetischer Energie.

Es entsteht also mitnichten ein **Schwarzes Loch**, weil ja die Massen beim Fallen "verschwinden", d.h. sie *häufen* sich nicht im Zentrum, sondern *verwandeln* sich in kinetische Energie in Form von Licht. In dieser Form kann die Energie keine Gravitation in *Fallrichtung* haben, weil, wie gerade erkannt, die Fallenergie *auf Kosten* der *gravitativen* Masse (**nicht** aus nebuloser "Feldenergie") entstand, die damit verschwand.

Da zuletzt nur Licht verbleibt, besteht am Ende die ganze verbliebene kinetische Energie aus Strahlung.

Die Masse des sinkenden Gewichts besteht aus zwei Teilen. Der "Längs-Teil" ist die in Richtung der Fall-Bewegung wirkende Masse, der andere Teil wirkt quer dazu. Die Fall-Energie (= kinetisch) entsteht in Fallrichtung, also aus der Energie des Längsteiles. Das verringert die Masse des Längsteiles – damit verringert sich proportional dazu die durch sie bewirkte Gravitation. Das ändert die Masse der Querrichtung nicht, aber zu dieser addiert sich die betragsgleiche **Gravitationskraft der Fallenergie** (der *kinetischen Energie*). Beide zusammen verdoppeln die Gravitation in Querrichtung, was als Erster Einstein erkannte. Weil diese *doppelte* Kraft *senkrecht* zur Fallrichtung wirkt, hat sie auf die Fallbewegung keinen Einfluß, wechselwirkt aber mit anderen Massen, z.B. wenn Licht – eine berühmte Beobachtung – durch kosmische Massen abgelenkt wird.

Die Masse, die sich in kinetische Energie verwandelt hat, kann allerdings nicht verschwunden sein, denn als Energie bleibt Masse nach Einsteins Gleichung (**$E = mc^2$**) erhalten und wirkt als solche gravitativ (auch quer zur Geschwindigkeit). Da sie aber in Richtung der Geschwindigkeit nicht gravitativ wirkt, erhebt sich die Frage: **Wo** wirkt die Gravitation der Masse, die der Lichtenergie äquivalent ist?

Nur die Nicht-Standard-Theorien haben Antworten auf diese Fragen: Im Fallen verwandelt sich Masse in Bewegungsenergie genau in dem Maß, wie kinetische Energie entsteht. Damit verschwindet dieser Teil als *gravitative* Masse *in Bewegungsrichtung* (er war aber vorher körperliche Masse – die in Newtons Dynamik durch Trägheit definiert ist). Hat nun eine Masse ihre Gravitationseigenschaft in Bewegungsrichtung verloren, dann muß sie, weil sie erhalten bleibt, diese Eigenschaft quer zu dieser Richtung gewonnen haben, nämlich im Massen-Äquivalent der kinetischen Energie. Ist die "gravitative Eigenschaft" in Bewegungsrichtung durch Trägheit definiert, so ist sie quer dazu durch Anziehung definiert – und diese Anziehungskraft *addiert* sich in Querrichtung zur Gravitation.

Das gilt auch für Licht: Licht hat in Ausbreitungsrichtung keine Gravitation, aber was dem Licht in Ausbreitungsrichtung fehlt, hat es notwendig quer zur Ausbreitung gewonnen. Das heißt: **quer zur Ausbreitung wirkt die *Gravitation der Lichtenergie* doppelt so stark.** Das wurde bisher kaum beachtet, obwohl von Einstein (richtig) berechnet. Wegen Energie-Erhaltung gilt das generell für jede kinetische Energie, das heißt:

Kinetische Energie wirkt gravitativ – das ist möglich, sie wirkt aber nur quer zur Bewegung – und dort zweifach.

Daher ist es unsinnig, zu definieren, daß eine hinreichend große Massenkonzentration ein **Schwarzes Loch** erzeugt, aus dem **"nicht einmal Licht entweichen kann"** (wörtlich zitiert). Aus der Tatsache, daß Licht in *Ausbreitungsrichtung keine* gravitativ wirksame Masse hat, folgt, daß *Licht aus jedem auch noch so großen Schwerefeld immer entweichen kann, ohne* dabei auch nur die geringste Veränderung zu erleiden.

Die **SRT** gilt immer: Aus dem Additionsgesetz für Geschwindigkeiten folgt, daß Licht *in Ausbreitungsrichtung* (**wenn es auf uns zukommt**) nicht gravitativ wirken kann – denn dazu müßte die Gravitationswirkung dem Licht vorauseilen, sich uns nähern – schneller als eben dieses Licht: also mit Überlichtgeschwindigkeit. Das ist unmöglich. Trotzdem steht in Standard-Texten das Falsche, *wörtlich*: "*aus einem Schwarzen Loch kann nicht einmal Licht entweichen, weil dort die Entweichgeschwindigkeit größer als die des Lichtes ist*".

!

Aus dem gleichen Grund kann ein Schwarzes Loch gar nicht entstehen, weil auch die *Geschwindigkeit des Zusammenfallens* nie größer als die des Lichts sein kann (hat diese doch den gleichen Betrag wie die Entweichgeschwindigkeit). Auch aus einem anderen Grund kann sich Licht nicht verändern, nämlich:
Weil nach der **SRT** für Licht die Zeit zwischen Aussenden und Empfang Null ist, würde eine Uhr, die mit dem Licht reisen könnte, still stehen, und in stillstehender Zeit kann sich nichts ändern.

So zeigt sich die Einsteinmaschine als Anschauungsobjekt, das uns ohne Formeln viele bisher ungelöste Fragen des Universums erklärt. Jeden Schüler kann ich ermutigen: Mit dem Wissen, das Du Dir auf diesen zwei Seiten angeeignet hast, kannst jetzt auch Du Probleme lösen, vor denen die Theoretiker bis heute kapitulieren. Dazu gehört die rätselhafte **Bahnbewegung der Sonden Pioneer 10 und 11**, die, 1972 und 1973 gestartet, heute weit jenseits des fernsten Planeten immer noch ihre Reise forsetzen.

[**1.** "*Die Pioneer-Anomalie*" by Hansjörg Dittus & Claus Lämmerzahl in Physik Journal Jan. 2006.
2. "The *Strange Acceleration* of Pioneer 10 and 11“ by John D. Anderson, Philip A. Laing, Eunice L. Lau, Michael Martin Nieto, Slava G. Turyshev in „The Planetary Report“ Nov./Dec. 2001.]

Der Abstand von Pioneer 10 war bis 2002 meßbar – extrem genau. Das unerwartete „anomale“ ("strange") Meßergebnis macht bis zur Stunde die Astronomen ratlos. Es zeigt, daß die Sonde eine zu kleine Distanz von der Sonne erreicht hat, als ob eine mit keiner bekannten Theorie erklärbare sehr schwache (sogar wachsende) Zusatzkraft in *Richtung zur Sonne* wirken würde. Aber dahinter verbirgt sich nicht, wie manchmal vermutet, ein *neues* Gravitationsgesetz, die Messung bestätigt vielmehr, was wir auch mit der Einstein-Maschine gefunden haben. Betrachten wir dazu den ganzen Vorgang:

Nach Verlassen der Erde wurde jede Sonde so gelenkt, daß sie zunächst dem Jupiter auf seiner Bahn folgte. In einigen Berichten wurde behauptet, sie wäre mit der Gravitationsenergie des Jupiter zusätzlich beschleunigt worden. Das ist nicht richtig. Die Gravitationskraft des Jupiter wirkte vielmehr nur wie ein "Abschleppseil", mit dem der Jupiter die Sonden hinter sich herzog. Jede Sonde fiel natürlich gegen den Jupiter während des Schleppens, aber bevor sie ihn treffen konnte wurde sie aus dessen Bahn hinaus gelenkt, und zwar weg von Sonne und Jupiter. Die Energie, die sie auf Grund des Fallens zum Jupiter gewonnen hatte, verlor sie wieder, als sie sich von ihm entfernte, aber was sie von dessen **Bahn**energie während der Schleppzeit erhalten hatte, das war etwa 8-mal so viel als das, was sie zu ihrem Start erhielt. Erst diese *aus der Bahnbewegung* des Jupiter gewonnene Bewegungsenergie reichte aus, um der Sonnengravitation zu entkommen.

Die der Bahnbewegung des Jupiter entnommene Energie ist kinetisch. *Kinetische* Energie hat in Bewegungsrichtung keine Gravitation. Aber durch das Aufsteigen (weg von der Sonne) verwandelte sich diese *kinetische* Energie in Sondenmasse (= Potentielle Energie). Das vergrößerte ihr Gewicht bezüglich der Sonne und wurde als „unerklärlich seltsame Steigerung der Sonnengravitation“ gedeutet. Die Messungen zeigen genau diese zu geringe Aufstiegshöhe von der Sonne, weil mit jedem Meter Aufstieg ihr **Gewicht zugenommen** hat. In den üblichen "Standard"-Theorien wird das *Gewicht dieser Energie* nicht berücksichtigt, und *deshalb* konnten diese Theorien nicht erklären, warum die errechnete Steighöhe nicht erreicht wurde.

In dieser Beweisführung steckt die Voraussetzung, daß eine fallende Masse ihre Bewegungsenergie aus sich selbst bezieht, also nicht aus dem "Raum" oder – noch geheimnisvoller – aus dem "quellenfreien Feld". Das ist keineswegs eine bloße Hypothese, es ist eine berühmte, zugleich eine der genauesten Messungen in der Physik (es ist das von Einstein vorgeschlagene Uhrenexperiment). Z.B. läuft im Erdfeld die genau meßbare Zeit um so schneller, je schwächer das umgebende Gravitationsfeld. Der Lauf der Zeit steigt also mit der Höhe, d.h. proportional zum abnehmenden Erdfeld. Da der genauest mögliche Zeittakt ein atomarer Quantensprung und dieser proportional der Atommasse ist, erhöht sich die Masse mit dem Abstand vom Gravitationszentrum, also streng proportional zum Lauf der Zeit.

Anhänger der "Standard"-Theorien beginnen erst vereinzelt zu begreifen (noch *ohne mathematische Folgerungen zu bedenken*), daß die Gravitationsenergie ihre Quelle in den bewegten Massen hat [u.a. **Harald Lesch** am 13. 4. 2008 in BR "Alpha-Centauri" 20 Uhr; **Marcus Chown** 1999 in "The Magic Furnace" (Deutsch 2002, dort auf Seiten 114+115).]

Mit der Einsteinmaschine können Sie auch die **Identität von Schwerer und Träger Masse** beweisen: Kurbelt man das Antriebsgewicht der Maschine eine bestimmte Strecke hoch, dann erhöht sich dessen Masse um die dazu aufgewendete Energie. Würde dann das Gewicht um die gleiche Strecke frei zurückfallen, so erreichte es die Fallgeschwindigkeit **v.** Die *dieser* Geschwindigkeit **v** entsprechende kinetische Energie ist genau gleich groß wie die zuvor zum Hochkurbeln aufgewendete Energie.

Diese Energie hätte man auch unten in die Masse einspeisen können, indem man sie ohne Höhenänderung, also waagrecht, auf genau diese Geschwindigkeit **v** beschleunigt. In beiden Fällen haben wir mit einer gleich großen äußeren Kraft die gleiche Energie in die Masse eingespeist und damit die Masse um den dieser kinetischen Energie äquivalenten Betrag erhöht. Weil die Masse in diesen Fällen die gleiche Geschwindigkeit **v** erhält, hat sie sich um den gleichen Betrag erhöht, egal ob **v** durch Gravitation oder durch Beschleunigen (gegen deren Trägheitswiderstand) entsteht. Die gravitative Kraft zum Hochheben gegen die **Schwer**kraft ist somit prinzipiell nicht von einer **Trägheits**kraft zu unterscheiden – was zu beweisen war.

Die Widerlegung der sogenannten "Standard"-Theorien:

Ähnlich wie Galilei an der schiefen Rinne gezeigt hat, daß alle Körper gleich schnell fallen, erkennen wir jetzt an der Einstein-Maschine, daß die **Quelle** der Fall-Energie nicht das Gravitationsfeld (der "Raum") ist, wie in "Standard"-Theorien *fälschlich* behauptet wird, sondern die innere Energie $\mathbf{mc^2}$ der fallenden Masse. Diese Erkenntnis ist in Einsteins Meßvorschlägen enthalten, blieb aber unbemerkt (→ Kasten **S.102** unten**)**. Wird sie beachtet, dann sieht man die weitreichenden Folgen, denn dadurch vereinfachen sich nicht nur die Bewegungsgesetze im Gravitationsfeld, es verschwinden auch alle Widersprüche zu Energie-Erhaltung [siehe **Seite 80**], besonders im Umfeld von **Singularitäten** (die Stellen, wo die Gravitation unendlich sein müßte), etwa für jene Massenkonzentrationen, die man bisher für Schwarze Löcher gehalten hat.

Einstein hat die Verdopplung der Gravitation des Lichtes *quer* zur Ausbreitung erkannt und berechnet***)**, aber für viele dürfte die damit verknüpfte Erkenntnis neu sein, daß *in Ausbreitungsrichtung* Licht der Gravitation *nicht* unterliegt, ja daß allgemein der Energieumsatz der kinetischen Energie *tangential* zur Bewegung Null ist. In der Theorie berücksichtigt wurde, so weit ich weiß, nur die Verdopplung der Gravitation quer zur Bahntangente. Doch in einigen Formeln hat auch Einstein die Änderung der Masse bei Verschiebung im Gravitationsfeld übersehen, und zwar an den Stellen, wo er die Poissonsche Gleichung aus der Klassischen Physik in die Allgemeine Rel.Theorie übernahm. Poissons Gleichung ist mathematisch ableitbar nur unter der unhaltbaren Unterstellung, daß man im Schwerefeld mit *konstanten* Massen rechnen darf. Nicht in allen, aber doch in bestimmten Fällen führt dieses Ignorieren der Massenänderung zu Widersprüchen sowohl zu Energie-Erhaltung als auch zu den hier im Vergleich in der Einsteinmaschine überblickbaren Energieflüssen.

Daß die Frequenz eines aus dem Erdfeld aufsteigenden Lichtstrahls mit der Höhe abnimmt wird oft irrtümlich als Abnahme der Lichtenergie gedeutet. Man glaubte, das Licht müßte zum "Emporklettern" gegen das Erdfeld Energie aufwenden. In Wirklichkeit "spürt" der aufsteigende Lichtstrahl die Erdanziehung nicht. Daß man oben eine kleinere Frequenz mißt als unten hat einen anderen Grund, nämlich daß oben die Uhr (die Zeit) schneller läuft (1 Sekunde ist kürzer) als unten. In der oben kürzeren Sekunde zählt der (nach wie vor untere!) Frequenzmesser weniger Schwingungen, gerade *weil* die Frequenz des Lichtes gleich bleibt.

Auch alle anderen bisher "schwer" oder gar nicht erkärbaren Widerprüche der relativistischen Gravitation lassen sich exakt erklären, wenn man 1. die Massen als Quelle der Energie und 2. das Gewicht der Energie berücksichtigt. Die *Periheldrehung* des Merkur z.B. läßt sich sehr einfach exakt ableiten, und zwar aus der Massenzunahme der *kinetischen* Energie des Planeten infolge Zunahme der Bahngeschwindigkeit bei Annäherung des Planeten an die Sonne (auch das übereinstimmend mit Einstein) – im Prinzip genau so wie wir "die zu geringe Entfernung" der Pioneer-Sonden von der Sonne restlos erklärt haben.

Auf Seite 105 wird mit ein wenig mathematischem Aufwand die **Rotverschiebung ferner Galaxien** exakt abgeleitet – als Effekt der Gravitation der Massendichte des Universums –, womit die Hypothese widerlegt ist, daß sich das Universum ausdehnt. Außerdem folgt daraus (siehe **Seiten 84, 100** und **105**) eine einfache Erklärung, warum der Nachthimmel dunkel ist, und zwar ohne die Hypothese eines begrenzten Alters des Universums. Aber diese enorme Vereinfachung der mathematisch genauen Beschreibung der Himmelsmechanik mit ihren vielen Konsequenzen ist im Grunde nur die Folge einer einzigen Korrektur, nämlich die konsequente Beachtung von Energie-Erhaltung. In der Einsteinmaschine bleibt die Energie erhalten *ohne* neue Hypothesen. Dazu eine unglaubliche Überraschung:

Das wurde von Ludwig Boltzmann schon lange vor der Relativitätstheorie (für alle Zentralkräfte) bewiesen!
(1896 Vorlesungen über Gastheorie, I.Teil, Van der Waals/Gase mit zusammengesetzen Molekülen). Siehe **Seite 83.**

***)** Eine genaue, dennoch verständliche Berechnng findet sich z.B. in "Die Mathematik des Naturforschers und Ingenieurs" von Bernhard Baule, Band IV, Seite 107 (Longitudinal- und Transversalmasse). [1. Teil der Gesamtausgabe ISBN 3-87144-533-9].

Einer meiner Leser äußerte sich von dieser Maschine enttäuscht, weil sie, nach seinen Worten, nur zeigt, "was ich schon vorher wußte". Besser hätte er das Besondere dieser Maschine gar nicht würdigen können. Offenkundig zeigt diese Maschine das Verhalten der Massen im Gravitationsfeld so überzeugend, daß zumindest diesem Leser nicht bewußt wurde, daß und wie dabei seine Vorstellung über Kosmologie umgedreht wurde. Bisher hat er die Idee der Expansion des Universums und die kosmologischen "Standard"-Theorien leidenschaftlich verteidigt, jetzt, nachdem er die Funktion dieser Maschine zu verstehen beginnt (langsam und widerwillig), meint er, das Gegenteil der "Standard"-Theorien, also das, was in dieser Maschine offenkundig wird, "vorher schon gewußt zu haben". Für ihn ist das Verhalten dieser Maschine so selbstverständlich, daß er nicht bemerkte, wie er durch die Maschine seine "vorherigen" Vorstellungen, die dazu im Widerspruch stehen, unbewußt korrigierte. Er erklärte sogar, daß er in dieser Maschine keineswegs einen neuen Beweis für die **SRT** sehen kann. Natürlich nicht, gehört die **SRT** doch zum Basiswissen der Physik, das nicht mit dieser Maschine zu beweisen war und die der selbstverständlich vorausgesetzte *heutige* physikalische Erkenntnisstand ist (mit dem aber umgekehrt die "Standard"-Theorien im Widerspruch stehen).

Was die bloße Energiebilanz dieser Maschine klar zeigt, ist für viele völlig unerwartet. Sie zeigt: Die Fallenergie einer Masse **m** kommt nicht "irgendwie" (nach unvorstellbaren Hypothesen) aus einem abstrakten "Raum" oder "Feld" (oder aus quantenphysikalischer "Nullpunktenergie", aus dunkler Energie bzw. dunkler Masse oder aus zusätzlichen "Dimensionen"), sondern aus ihrer eigenen Substanz – aus der inneren Energie $\mathbf{E = mc^2}$, sofern man die (von Einstein vorausgesagten) Messungen schlicht gelten läßt. So weit ich sehen kann, widersprechen alle "Standard"-Kosmologien dieser Einsteinschen Einfachheit und damit sich selbst.

Hervorzuheben wäre sogar, daß diese Maschine in gewisser Weise mehr bedeutet als etwa das Fernrohr für Galilei. Wenn Energie-Transporte überall im Universum der gleichen Logik gehorchen wie in dieser Maschine, dann müssen sie in *jeder* kosmologischen Theorie gelten. Anders gesagt: Eine Theorie, in der diese Transporte nicht gelten, muß falsch sein. Die Einsteinmaschine **erklärt also keine Theorie, sie bietet "nur" eine Vergleichsmöglichkeit**, der jede Theorie zum Nachweis ihrer Gültigkeit standhalten muß**.** *Darin* liegt die Bedeutung dieser Maschine. Bisher gab es Streit, ob sich das Universum ausdehnt, ob es einen Urknall gab, ob dunkle Materie, ob dunkle Energie, ob Schwarze Löcher, ob "Entstehung der Elemente im Urknall" usw. Diese Maschine macht ohne Messung *durch ihre bloße Existenz* klar: Wenn die SRT gilt, dann muß *jede* Hypothese, die das Funktionieren der Einsteinmaschine ausschließt (sei es nur im Gedankenexperiment), ungültig sein. Dies wegen der bisher ignorierten Massenänderung bei Energie-Transporten, die einhergeht mit der Änderung der Gravitations-Feldstärke.

Der Kritiker bemängelte, daß in der Maschine die relativistischen Massenänderungen gar nicht gemessen werden. Er hat recht! Die Maschine mißt nicht diese längst bestätigten Prinzipien der Physik, sie zeigt nur, völlig passiv, das "Bilanzieren" von Energietransporten, wobei wir lernen, Schritt für Schritt auch die Physik des Universums aus der **SRT** aufzubauen, und dies derart übersichtlich, daß es jeden überzeugen kann, wie jetzt diesen Kritiker, während sich in den "Standard"-Theorien falsche Voraussetzungen in undurchschaubaren Behauptungen verstekken, z.B. ☀daß die Rotverschiebung ferner Galaxien der Effekt einer Expansion des "Raumes" sei, ☀daß die Fallenergie aus dem "Feld" (dem "Raum") käme (eingeführt mit der Poissonschen Gleichung, die aber nur in der Klassischen Physik, d.h. nur für *konstante,* nicht-relativistische Massen mathematisch ableitbar ist), usw.

Weil in vielen "Standard"-Vorstellungen Massenänderungen bei Energie-Transporten nicht beachtet worden sind, ergaben sich überhaupt erst die geradezu metaphysischen Probleme der "Standard"-Theorien (das sind deren Widersprüche, einige sind **auf Seite 80** zitiert). Es gibt zwar Leute, die behaupten, sie könnten diese "anspruchsvollen" spekulativen Theorien verstehen, nur habe ich noch keinen getroffen, der bereit wäre, diese Theorien (oder deren Voraussetzungen) *im kritischen Dialog* zu verteidigen.

In den Hypothesen von Expansion des Universums, Urknall u.a. verlaufen Energietransporte anders als in der Einstein-Maschine. Das wurde bis heute nicht beachtet. Diese Hypothesen wurden gefolgert aus der unbewiesenen Deutung der Rotverschiebung ferner Galaxien als Expansion (bzw. Geschwindigkeit). Daß diese Deutung mit den Gesetzen der **SRT** nicht vereinbar ist, läßt sich aus den Hypothesen nur schwer erkennen. Warum die Rotverschiebung ferner Galaxien *nicht* auf Expansion beruht wird am Hubble-Diagramm (**Seite 106**) erklärt. Möglicherweise ist die vorliegende Darstellung der Gravitation die einzige, welche die Spezielle Relativitätstheorie mit den von Einstein vorausgesagten Messungen ohne Ausnahme akzeptiert. Sie enthält keine der verbreiteten Fehlschlüsse und Hyothesen von Urknall, Schwarzen Löchern, Expansion des Universums usw. wodurch viele bisher unerklärliche Widersprüche eliminiert sind (Kasten auf **S. 106** unten).

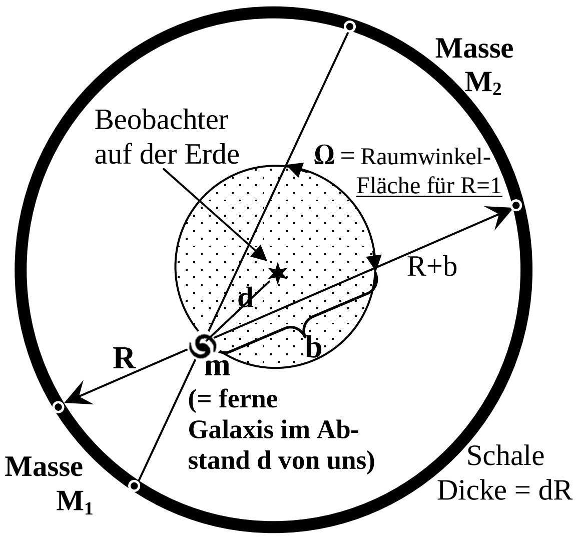
Rotverschiebung ferner Galaxien

Nach Einstein nimmt der Gang der Zeit bei *Annäherung* an das Gravitationszentrum ab – proportional zum Anstieg der gravitativen Feldstärke (Hafele & Keating 1972). Der Zeitmesser (Uhr) ist geeicht mit der Periode τ der Strahlung des Energiesprunges eines bestimmten Atoms (Moleküls) zu einem tieferen Anregungszustand. Der Energiesprung ist sowohl dem Gang der Zeit als auch der Atommasse streng proportional (Pound, Repka & Snider 1960). Daraus folgt:

1. die Periodendauer τ einer definierten Spektralfrequenz ist das ideale Zeitnormal zur Eichung einer Atomuhr,
2. die kinetische Energie eines fallenden Atoms entsteht auf Kosten der eigenen Masse (eben weil die Uhr unten langsamer geht als oben – *proportional zur Massenabnahme* – (Einstein. Messung von Hafele & Keating u.a.).

Mit anderen Worten: Die kinetische Energie, die ein Stein beim Fallen gewinnt, kommt **nicht** aus dem Feld, sie entsteht auf Kosten der inneren Energie $\mathbf{mc^2}$ der fallenden Masse **m**. Die Masse nimmt dabei genau um dieses Energieäquivalent ab.
Die (in den "Standard-Theorien" ignorierte) Proportionalität zwischen dem Betrag einer Masse im Gravitationsfeld und dem Gang der Zeit gehört zu den genauesten Messungen der Physik (Messung durch Frequenzvergleich).

Nun denke man, das nachfolgende Diagramm erstrecke sich über das ganze Universum. Um uns als Mittelpunkt ✶ denke man eine Kugel, die bis zu einer fernen Galaxis reicht. Ihr Radius ist die Distanz **d** zu uns. Diese Kugel ist – so wie der ganze umgebende Raum – mit Sternen und Galaxien gefüllt.



Das **Universum ist gedacht aus Masseschalen**.

Ω = Raumwinkel (Winkelfläche im Abstand **1** von **m**)
$[\Omega R^2]$ = Fläche belegt von $\mathbf{M_1}$ der Dicke dR
$[\Omega(R+b)^2]$ = Fläche belegt von $\mathbf{M_2}$ der Dicke dR.
[Flächen in eckigen Klammern]

ρ = Mittlere Dichte des Universums
dR = Dicke jeder Schale.

Die zu gegenüberliegenden Massen $\mathbf{M_1}$ und $\mathbf{M_2}$ sind: $\mathbf{M_1} = [\Omega R^2]\,dR\,\rho$, $\mathbf{M_2} = [\Omega(R+b)^2]\,dR\,\rho$

Wir berechnen die
Gravitationskräfte von M_1 und M_2 auf m
aus der Sicht des Beobachters auf ✶,
(***nicht*** aus der Sicht von **m** oder einem anderen Ort**!**)**:**

$$K_1 = \frac{GmM_1}{R^2} = \frac{Gm[\Omega R^2]dR\rho}{R^2} = Gm\Omega\, dR\rho$$

$$K_2 = \frac{GmM_2}{(R+b)^2} = \frac{Gm[\Omega (R+b)^2]dR\rho}{(R+b)^2} = Gm\Omega\, dR\rho$$

$\mathbf{K_1 = K_2}$. Das heißt: $\mathbf{K_1 - K_2 = 0.}$
(Die quadrierten Radien in der Formel gekürzt)

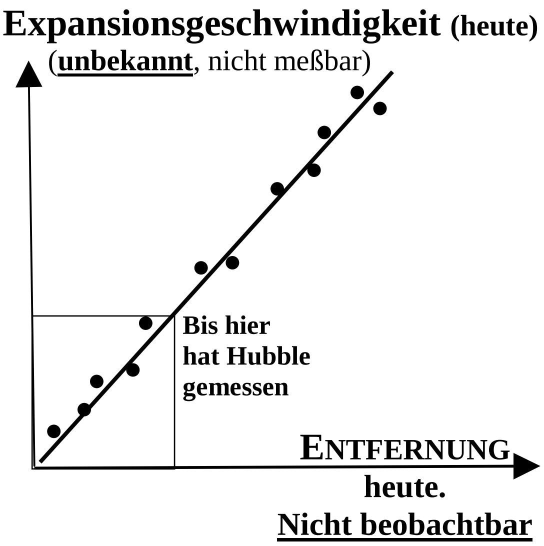
Die gravitativen Anziehungskräfte $\mathbf{K_1}$ und $\mathbf{K_2}$ der je entgegengesetzten Ausschnitte *der* Außenschale heben sich gegenseitig genau auf. Die Masse der fernen Galaxis wird (aus der Sicht vom Beobachter ✶) also nur von jenen Massen angezogen, die innerhalb der getönt gezeichneten Innenkugel sind. Daran ändert sich auch nichts, wenn man für die Massen ihren relativistischen Ausdruck $me^{-a/R}$ einsetzt, weil, wenn R gegen unendlich geht, zwar der Faktor $e^{-a/R}$ gegen 1, aber der Faktor $\rho e^{-\frac{G}{c^2}AR^2\rho}$ gegen 0 strebt (**Gl. 3.56**, **S.37** und **Seite 84**).

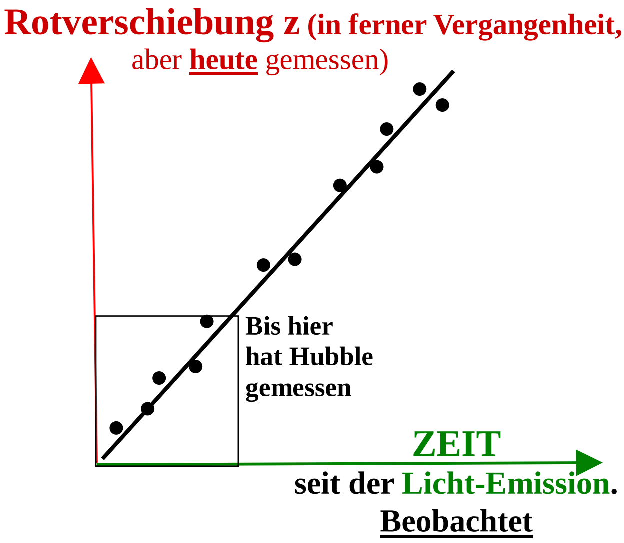
Wenn die Entfernung **d** wächst, so wächst zunächst die Gravitation der Innenkugel, und *diese* Gravitation – keineswegs eine Expansionsgeschwindigkeit des Universums – bestimmt, nach Einstein, die gravitative Rotverschiebung des Lichts, gemessen im Global Positioning System (GPS), von Hafele & Keating u.a.. Allerdings zeigt die genaue **Gl. 3.56**, **S.37**, daß wegen des **e**-Faktors dieser Anstieg bei sehr großen Abständen abnimmt und bei R = ∞ sogar gegen Null geht (Nach der Klassischen Theorie würde er unendlich groß werden). Aus der Abnahme der Gravitation bei unendlich wachsendem R folgt übrigens, daß und warum der Nachthimmel dunkel ist (Erklärung **Seite 84**).

Basisdiagramm der Kosmologie (Hubble-Diagramm)

Alle Kosmologien des 20. Jahrhunderts kamen zu grundlegend falschen Schlüssen durch eine fehlerhafte Beschriftung des Hubble-Diagramms. Denn dieses Diagramm ist die Basis aller Theorien, wurde aber stets

falsch beschriftet (links) – statt richtig (rechts):





Grundlage aller Kosmologien ist das linke Diagramm. Es ordnet zu jedem Meßpunkt (•) den Galaxien eine – mit der Entfernung zunehmende – Geschwindigkeit (d.h. Rotverschiebung) zu. Das aber ist falsch, weil das von einer fernen Galaxie *heute* emittierte Licht noch gar nicht sichtbar ist, denn es wird erst nach Jahrmilliarden bei uns eintreffen. Sichtbar ist ein *anderes* Licht das damit verwechselt wird und das *jetzt* als *fossiles* Licht bei uns eintrifft, aber vor Jahrmilliarden emittiert wurde und die Rotverschiebung *von damals hat*. Diese Rotverschiebung kann unmöglich von der (zur damaligen Zeit unbekannten) *heutigen* Entfernung von uns abhängig sein. Trotzdem wurde die *damalige* Rotverschiebung an Stelle und als Beweis für eine *heutige* Fluchtgeschwindigkeit (oder Raumdehnung) eingetragen, und zwar eingetragen als Fluchtgeschwindigkeit (Dehnung) auf der Ordinate über ihrer *heutigen* Entfernung – die auch nicht bekannt, sondern nur hingeschrieben ist. Auf diesen falschen Eintragungen gründen sich alle Hypothesen über Vergangenheit und Zukunft des Universums. Die falschen Eintragungen hält man 1. für einen Beweis der Expansion (Hubble-"Konstante") des Universums (obwohl die Expansion damit nur postuliert ist), und 2. daß die Expansion in einem Urknall begonnen habe. Außerdem sind diese falschen Postulate die Grundlage für alle Hypothesen über Schwarze Löcher, Entstehung der Elemente, teileise auch im Zusammenhang mit dunkler Energie und dunkler Materie. Wenn aber diese Hypothesen unbewiesen und obendrein ihre logischen Widersprüche nicht behoben sind, beweisen sie nichts und müssen aufgegeben werden.

Die Rotverschiebung des Lichts der meisten Galaxien ist so groß, daß lange Zeit nicht erkannt worden ist, daß die Spektrallinien aller Galaxien, die zur gleichen Zeit emittiert worden sind, um gleich viel nach Rot verschoben sind, weil viele charakteristische Linien nach ihrer Verschiebung im Infraroten liegen, das heißt jenseits des vom Spektrographen zu Hubbles Zeit erfaßten sichtbaren Bereichs.

Für die Kosmologie kann nur das korrigierte rechte Diagramm gelten. Unbekannte Größen (Entfernung, Geschwindigkeit) kommen darin nicht vor. Es enthält nur Messungen, keine Hypothesen. Überdies wird in dieser Arbeit bewiesen, daß die Annahme galaktischer Fluchtgeschwindigkeiten zu Widersprüchen führt – mit Energieerhaltung, auch mit der Geschwindigkeit selbst und dessen Vorzeichen. Insbesondere führt die Annahme von Expansion zum Widerspruch mit sich selbst – Expansion führt auf Schrumpfen.

Die Konsequenzen für das Gravitationsgeschehen hat schon **Ludwig Boltzmann** 1896 erkannt, seit 1992 sind sie erklärt und abgeleitet in der hier vorliegenden Arbeit, und zwar mit der als gültig vorausgesetzten Spez. Relativitätstheorie von Einstein mit Einschluß von Energieerhaltung. Dazu gibt es keine Alternative. Zwar erkennen neuerdings (→**Seite 102** unten) auch andere Autoren, z.B. **Harald Lesch** und **Marcus Chown**, daß die Massen die Quelle der Gravitationsenergie sind, doch ohne die *mathematischen* Ableitungen entsprechend zu ändern, d.h. ohne Auswirkungen auf "die Standard"-Theorien zu berücksichtigen, als ob die Korrektur falscher Prämissen die Theorie unberührt ließe.

"Licht im Koma"

Die folgenden Überlegungen sollten nicht als physikalisch gesichert verstanden werden, eher als Test, mit dem der Leser seine eigene Urteilsfähigkeit prüfen kann. Die ungewohnten physikalischen Aussagen und Folgerungen sollten nicht akzeptiert oder abgelehnt werden ohne gründlichen kritischen Dialog.

Psychologen bewerten die Intelligenz einer Testperson oft umso höher, je schneller sie antwortet. Ich neige im Gegenteil dazu, den Menschen für den klügeren zu halten, der sich zum Überlegen nicht unter Zeitdruck setzen läßt, der sich eher zuviel als zu wenig Zeit nimmt. Die Geschichte der Wissenschaft zeigt, daß sich fast immer jene als irrend erwiesen haben, die Einwände gegen eine neue Idee vorbringen, ehe sie dieser die Chance einer gründlichen Prüfung gegeben haben. Jedem Leser werden dazu unzählige Beispiele einfallen.

Der folgende Text sei als Versuch zu verstehen für einen "**Dialog mit offenem Ausgang**".

Jedesmal, wenn ein Lichtquant in einer fernen Galaxis emittiert wird, geht es auf eine Reise, die Milliarden Jahre dauern kann, bis das Quant absorbiert wird oder gar ein Teleskop erreicht, was sehr unwahrscheinlich ist. Das berichten seit vielen Jahren kluge Köpfe im Fernsehen oder in wunderschön bebilderten astronomischen Zeitschriften. Nur, die kleine Gerlinde hatte ihre Zweifel, denn kann das winzige Photon eine so lange Reise unbeschadet überdauern? Als sie eines Abends wieder durch das Fernrohr auf eine Galaxis starrte, konnte ein gerade ankommendes Photon die himmlische Geheimniskrämerei nicht mehr ertragen."Was möchtest Du denn wissen?" fragte das Photon, und schnell fragte Gerlinde: "Konntest Du wirklich so lange ungestört reisen?" "Ach, Gerlinde", sagte das Photon, "ich war auf gar keiner Reise. Ich reise nie, ich komme immer direkt, so direkt wie jetzt zu Dir."
Und dann verriet das Photon der kleinen Gerlinde genau dieses himmlische Geheimnis. Es redete ungefähr so:

Hast Du einmal von Menschen gehört, die durch Unfall, Krankheit oder eine Narkose in so tiefe Bewußtlosigkeit fielen, daß sie später, als sie erwachten, sich an die Zeit der Bewußtlosigkeit nicht erinnern können? Die Bewußtlosigkeit dauert manchmal Jahre, und diese Zeit fehlt in ihrer Erinnerung und überhaupt in ihrem Leben. Während der Bewußtlosigkeit sprechen, fühlen und denken sie nicht, auch reden konnte niemand mit ihnen, es ist, als hätte es sie in dieser Zeit nicht gegeben. Nach dem Aufwachen setzen sie ihr Leben dort fort, wo ihr Bewußtsein zuletzt gewesen ist. Eine so tiefe Bewußtlosigkeit heißt Koma.

Wenn Du das verstehst, dann verstehst Du mich und alle Photonen. Das Lichtquant, das ein Atom aussendet, ist Teil der Substanz des emittierenden Atoms, entscheidend aber ist: das emittierte Photon befindet sich im Koma, das ist Leere. Diese kann lange dauern, Milliarden Jahre oder ewig. *In der "Leer-Zeit" lebt das Photon nicht*. Leben kann es nur, wenn es aus dem Koma erwacht, und erwachen kann es nur, wenn es von einem Atom absorbiert, "wachgeküßt" wird. Erst Verschmelzung füllt die Leere, ist "Lebenszeit des Lichtquants".

Aber da ist noch etwas. Denn es könnte ja sein, daß das Photon "irgendwann" nur für das Erleben eines *einzigen* Ereignisses erwachte und daß es dann zurück ins Koma versank. Wenn es später ganz aus dem Koma erwacht, dann ist es um dieses eine Ereignis reicher, reicher genau um das Erinnern an dieses Ereignis – wenn es das einzige ist.

Wenn sich aber solche Ereignisse wiederholen, dann ist das sein Leben – zusammengesetzt aus diesen und nur aus diesen Wach-Ereignissen –. Nun könnte ein Forscher kommen und sagen, "Leben" ist nichts anderes als die Menge solcher Ereignisse. Nur die Ereignisse *sind* das Leben, und ihre Häufung ist das, was wir "ZEIT" nennen. Die "Zeit" definiere sich auf diese Weise selbst: "Zeit" ist einfach die Zahl der möglichen Elementar-Ereignisse, ohne Ereignisse keine Zählung: keine dazwischen, keine davor, keine danach. Das erklärt, was uns seit Jahrtausenden rätselhaft und unerklärlich schien, nicht nur in der Physik: **die Zeit**.
"Zeit" ist also einfach die "Anzahl aller möglichen Elementar-Ereignisse, die wir erfahren können".

Das ist alles – und es ist nicht wenig.

Wenn wir nach der Dauer eines physikalischen Geschehens fragen, so fragen wir: Aus wie vielen möglichen Ereignissen besteht es? Das ist leichter vorzustellen als die Idee, "Zeit" sei ein "Etwas", das verschieden schnell "abläuft". So gesehen ist "Zeit" *kein Ablauf*, sondern einfach die *Zahl* (die Menge) aller möglichen Ereignisse. Wenn diese Anzahl in einem System T_1 ist, in einem andern System T_2, und wenn $T_2 < T_1$ (aus welchem Grund auch immer, vielleicht weil das System, das T_2 enthält, sich relativ zum ersten schnell bewegt), dann, sagen wir, "die Zeit läuft im bewegten System langsamer". Hat das System, das T_2 enthält, Lichtgeschwindigkeit erreicht, dann steht in diesem System die Zeit still, d.h. $T_2 = 0$. Das ist die Reise eines "Lichtquants im Koma". Es besagt: Zwischen Emission und Absorption des Lichtquants sind keine Ereignisse (Erlebnisse) möglich. Damit haben wir eine gänzlich andere Zeitvorstellung, nämlich die der Speziellen Relativitätstheorie, denn die ist wie dieser Gedanke. Das mag ungewohnt sein, aber kompliziert ist es nicht.

Wird ein Photon von einem Atom abgestrahlt, dann erhält es von diesem Atom ein Quantum Energie. Max Planck hat entdeckt, daß das Licht wirklich aus Energiequanten besteht und daß jedes Quantum (Lichtenergie) so etwas wie "Zeit" definiert. Denn das Quant des **kleinsten** möglichen Ereignisses hat in der Tat die physikalische "Dimension" *Energie mal Zeit*. Das absorbierende Atom empfängt mit jedem Quant beides: 1 Quant Energie und zugleich dessen "Dauer", also 1 Quant Zeit. Die kleinste Lichtschwingung ist 1 Periode. 1 Periode des Lichts hat immer die gleiche Energie, die Planck **h** nannte. Sie ist eine Naturkonstante. "Zeit" ist die Absorption der Summe aller Perioden. Es ist zweckmäßig, die Bezeichnung "Quant" für diese Summe zu verwenden. Jede Periode hat danach die Energie **h** und die Dauer $\boldsymbol{\tau}$.
Absorption des Quants macht beides zugleich "wirk"lich: Energie und Zeit.

Das klingt alles sehr logisch, erweckt aber jede Menge von Fragen und Zweifel. Wir fragen sofort: Was ist ein "Ereignis". Wenn solche Gedanken irgend eine Bedeutung haben sollten, dann kann es nur die sein, daß wir darüber nachdenken können, das heißt auch: daß wir nichts für endgültig halten.

Wenn an Stelle von Zeit oder Dauer die "Anzahl von elementaren Ereignissen" steht, und wenn (aus der Sicht von "außen") die Emission eines Photons nur dessen Koma festlegt, also für seine Energie den Zustand, in dem sich nichts ereignet außer Bereitschaft, dann ist die "Zeit" des Photons Null. Für das Photon gibt es keine Uhr, keinen bewegten Zeiger, keinen Ablauf, kein "Vergehen der Zeit". Es gibt auch keine "Entfernungen", denn das wären Pfade, die wir auch nur denken können als Verknüpfung von Ereignissen.

Wenn nach der **SRT** der Zeitablauf in einem bewegten System langsamer ist als in einem relativ dazu ruhenden System, dann besagt das: Die Anzahl der *möglichen* Ereignisse im bewegten System ist kleiner als im ruhenden. Dabei spielt es keine Rolle, was wir darüber hinaus unter "Ereignis" verstehen, wichtig ist nur, daß es elementar ist: es ist eine Naturkonstante der Energie **h** in einer Periode $\boldsymbol{\tau}$, und keines läßt sich unterteilen.

Ist ein Photon emittiert worden, dann ist sein Zustand raum- und zeit-lose Bereitschaft.

"Raum" und "Zeit" sind Begriffe unserer Vorstellung. Die Vorstellung ist verschieden, je nachdem, womit wir sie verknüpfen: mit dem Photon, das im Koma zur Absorption bereit ist, oder mit einem Atom, das die Bereitschaft erfüllt.

Frage: Ist die (stets unvollständige) *Vorstellung*, die wir von der Welt haben, dasselbe wie die Welt?
Jedes Wesen hat von der Welt eine Vorstellung, der Mensch, die Ameise, die schnurrende Katze.
Welche Vorstellung ist Welt? Gilt für jede: "Du gleichst dem Geist, den du begreifst, nicht mir"?

Wo gibt es den Dialog zur Astronomie?

Manchen Lesern erschienen die Themen in diesem Text wie Gotteslästerung, anderen als Erlösung aus einem Hexentanz mit unklaren mathematischen Zauberformeln, mit denen rationale Kritik abgewehrt wird.

Kaum eine Redaktion wagt es, einen Autor zur Publikation zuzulassen, wenn er auch nur einem Glaubenssatz der erlaubten Standart-Hypothesen verletzt, unabhängig von der Qualifikation des Autors. Urknall, Schwarze Löcher, Expansion des Universums und andere Arten von Science Fiction sind Teil der Glaubenslehre, die ein autor zu beweisen hat ehe auch nur ein Wort von ihm in einem Journal veröffentlicht werden kann. Das einzige Forum, in dem unzensierte Veröffentlichungen noch möglich sind, scheint das Internet zu sein.

Sie können einen broschierten Computerausdruck dieses Essays (in deutsch) unter folgender Adresse bestellen:

Gravitation verknüpft mit Eigenschaften des Lichts

Computerausdruck, broschiert, über 100 Seiten, € 20,–.
Der Autor ist für Hinweise und Ergänzungen dankbar.
kiesslinger@rudolf-kiesslinger.de

Definition der Zeiteinheit mit einer Eigenfrequenz des Cäsium-Atoms:

Die Basiseinheit 1 Sekunde wurde 1967 auf der 13. Generalkonferenz für Maß und Gewicht definiert. Sie ist **das 9192631770fache der Periodendauer** der Strahlung, die dem Übergang zwischen den beiden Hyperfeinstrukturniveaus des Grundzustandes **von Atomen des Nukleids ^{133}Cäsium** entspricht.

Ergänzungen:

1. Longitudinale und Transversale Masse
Ergänzungen zur Ableitung der relativistischen Bahngleichung Kapitel 3.6 (Seite 30)

Zunächst sei angemerkt, daß statt der Klassischen Formel **Gl.(3.27)** für $E_{pot/quer} = 2\frac{GMm_q}{R} = \frac{GMmF^2}{R^3c^2}$ (die Einstein benutzte) auch die genaue relativistische Formel beibehalten werden kann für die als potentielle Energie wirkende kinetische Energie der Querbewegung [$a = GM/c^2$, $E_{pot/quer} = Mc^2 + 2m(1-e^{-a/R})c^2$]:

$E_{pot/quer} = Mc^2 + 2c^2 m_q(1-e^{-a/R}) = Mc^2 + \frac{mF^2}{R^2}(1-e^{-a/R})$. Daraus, mit der Reihenentwicklung für $e^{-a/R}$,

$$K_{kin/quer} = \frac{dE_{pot/qu}}{dR} = \left(-\frac{2mF^2}{R^3}\left(1-e^{-a/R}\right)\right) - \frac{mF^2}{R^2}\cdot\frac{a}{R^2}e^{-a/R} = -\frac{2mF^2}{R^3} + \frac{mF^2}{R^3}\left(2-\frac{a}{R}\right)\cdot\underbrace{\left(1-\frac{a}{R}+\frac{a^2}{2R^2}-+\cdots\right)}_{=e^{-a/R}} =$$

$$= -\frac{2mF^2}{R^3} + \frac{mF^2}{R^3}\left(2-\frac{3a}{R}+\frac{2a^2}{R^2}-\frac{5a^3}{6R^3}+-\cdots\right) = \frac{mF^2}{R^3}\left(-\frac{3a}{R}+\frac{2a^2}{R^2}-\frac{5a^3}{6R^3}+-\cdots\right).$$

Wenn Glieder höherer Potenz vernachlässigt werden ist also die Formel identisch mit Gl.(3.28).

Mit der Quergeschwindigkeit nach Gl.(3.21) $v_q = \dot{\varphi}R = \frac{F}{R}$ erhält man $K_{kin/quer} = \frac{3GMm}{R^2}\left(\frac{v_q}{c}\right)^2$.

2. Ergänzung zur Formel (3.6), Seite 22: Fallgeschwindigkeit v von m als Funktion von R.

(3.6) $\mathbf{v = c.\sqrt{1-e^{-2a/R}}}$ Fallgeschwindigkeit aus ∞. *Nur* für R = 0 ist v = c.

Daraus durch Quadrieren

$$\mathbf{e^{-2a/R} = 1-\frac{v^2}{c^2},\qquad also\qquad e^{-a/R} = \sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}.}$$

Bei R = ∞ war die Gesamtenergie der Masse m plus Zentralmasse $\mathbf{E = Mc^2 + mc^2}$.

Beim Fallen verwandelt sich ein Teil der Masse m in kinetische Energie, die in Fallrichtung keine Gravitation ausübt. Die fallende Masse hat bis zum Abstand **R** mit dem Faktor $e^{-a/R}$ abgenommen. Es verbleibt, anstelle $Mc^2 + mc^2$, als Potentielle Gesamtenergie

$$\mathbf{E = Mc^2 + mc^2\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}.}$$

Das heißt, war die Potentielle Gesamtenergie im Unendlichen noch $\mathbf{E = Mc^2 + mc^2}$**,**

beruht sie jetzt nur noch auf der Masse, die um die kinetische Energie verringert ist.

Die Kinetische Fall-Energie übt in Richtung zur Zentralkraft keine Gravitation aus.

3. Eine klare Darstellung, wie sich die Bewegungsgleichungen von Newton durch die Relativitätstheorie verändern, findet sich in der 2-bändigen Ausgabe (die alle 7 Bände enthält) der Vorlesungen von **Bernhard Baule** (die selbst zu erleben ich das Glück hatte):

Die Mathematik des Naturfoschers und Ingenieurs

(ISBN 3.87144-534-7).

In Band IV, Seiten 106 bis 109, berechnet der Autor, die beiden Komponenten der Gravitationskraft. Sie liegen in der *Bahnebene* der Bewegung:

1. eine radiale, auf das Grav.-Zentrum gerichtet, und
2. eine zur radialen Richtung (zu **R**) orthogonale.

Nur bei Änderung der Distanz **R** zum Grav.-Zentrum wird Energie (= Kraft mal Weg) umgesetzt, d.h. nur bei Änderung des Abstandes **R** ändert sich die Masse relativistisch.
Nicht verändert wird die Masse von der Kraft, die der *Fliehkraft* das Gleichgewicht hält – weil diese Kraft *orthogonal ("transversal") zur Bahn-Bewegung* steht.

Diese Kraft setzt keine Energie um, bewirkt aber die *Krümmung* der Bahn mit dem *Krümmungsradius* **ρ** mit der Fliehkraft proportional zu $^{1}/\rho$. Das ist anschaulich erkennbar an der Mondbahn um die Erde: Obwohl der Mond dauernd zur Erde "fällt" kommt er ihr nicht näher, das heißt: die Fall-Energie (Longitudinale Energie) des Mondes ist Null, obwohl die Transversale Energie (d.h. Rotationsenergie ≡ Drehung der Bahntangente) größer als Null und Teil der Summenenergie ist (alle relativ zur Erde!). Dessen Mittel über den vollen Umlauf bleibt konstant (konstant natürlich auch bei konstantem Abstand **R)**.

Was für den Mond gilt, gilt auch für den orbitalen Umlauf der Planeten um die Sonne.

Wenn man gelernt hat, sich diese Bewegungen vorzustellen, ist das Geschehen leicht verständlich.

Die berechneten vektoriellen Kräfte **k→** und **k↓** sind: (**ρ** = Krümmungsradius)

$$\mathbf{k}\rightarrow = \frac{\mathbf{m_0}}{\left[1-\left(\frac{\mathbf{v}}{\mathbf{c}}\right)^2\right]^{3/2}}\,\mathbf{dv/dt} \quad \textbf{(transversal)}$$

$$\mathbf{k}\downarrow = \frac{\mathbf{m_0}}{\sqrt{1-\left(\frac{\mathbf{v}}{\mathbf{c}}\right)^2}}\,\frac{\mathbf{v}^2}{\boldsymbol{\rho}} \quad \textbf{(longitudinal)}$$

"Transversal" heißt *quer* zum Abstand **R** vom Zentrum

"Longitudinal" ist die radiale *Richtung* zum Zentrum.

Beide Kräfte liegen in der Bahnebene des Himmelskörpers.
"Longitudinal" bezieht sich auf die radiale Richtung **R** zur Zentralmasse. Gegen diese dreht sich der Geschwindigkeitsvektor auf der Bahn mit dem Krümmungsradius **ρ**, wobei die Fliehkraft $\mathbf{v}^2/\boldsymbol{\rho}$ der Gravitation in Querrichtung ("transversal") die Waage hält.

Diese Anmerkungen habe ich eingefügt, weil die Vorstellung von zwei Gravitationskräften, "longitudinal" und "transversal", auch bei Physikern oft zu Verständnisschwierigkeiten führt.

STICHWÖRTERVERZEICHNIS

Extrem häufige Stichwörter wurden nicht aufgeführt, z.B. „Relativität", „Gravitation", „Einstein", ..