

# Das Newtonsche Gravitationsgesetz und die Kugelsternhaufen

Das Newtonsche Gravitationsgesetz mit seiner quadratischen Entfernungsabhängigkeit schreibt sich bekanntlich wie folgt:

$$k = f \frac{m_1 m_2}{d^2} \quad (1)$$

wobei

- $f$  die Gravitationskonstante mit ihrem Zahlenwert von  $6,670 \times 10^{-8} [\text{cm}^3 \text{g}^{-1} \text{sek}^{-2}]$ ,
- $m_1$  und  $m_2$  die Massenwerte von zwei gravitationsmäßig sich anziehenden Körpern,
- $d$  ihr gegenseitiger Abstand und
- $k$  die zwischen diesen beiden Körpern auftretende Anziehungskraft sind.

Dieses Gravitationsgesetz wird im allgemeinen Sir *Isaac Newton* (1643-1727) zugeschrieben. So wie dies jedoch von *Frederico Di Trocchio* („Der große Schwindel, Betrug und Täuschung in der Wissenschaft“, Frankfurt 1994, S. 29) zur Ausführung gelangt, geht dieses Newtonsche Gravitationsgesetz eigentlich auf *Robert Hooke* (1635-1703) zurück, der dasselbe mit seiner quadratischen Entfernungsabhängigkeit entdeckt und Newton mitgeteilt hatte.

Newtons Verdienst in dieser Angelegenheit war dann allerdings der, dass er die Gültigkeit dieses Gesetzes mit seinem quadratischen Entfernungsglied belegen konnte. Zuvor hatte nämlich *Christian Huygens* (1629-1695) in Paris anhand von Fallversuchen einen recht passablen Wert der Erdbeschleunigung auf der Erdoberfläche von  $980 \text{ cm/sek}^2$  bestimmen können. Zudem war es damals bereits bekannt, dass der Erd-Mond-Abstand in etwa 60 Erdradien beträgt, was dann im Mondbereich bei einer postulierten quadratischen Entfernungsabhängigkeit zu einem entsprechend reduziertem Erdbeschleunigungswert von nur  $0,27 \text{ cm/sek}^2$  führt, indem man den Zahlenwert von 980 ganz einfach durch 60 mal 60 gleich 3.600 dividiert.

Bei Gleichsetzung der an einem Mas-

senkörper angreifenden Zentripetal- und Zentrifugalkräfte konnte Newton nunmehr die sich ergebenden Fliehkräfte und damit die mittlere Bahngeschwindigkeit des Mondes um die Erde bestimmen, was dann auch den richtigen Wert der siderischen Mondumlaufzeit von 27,3 Tagen ergab. Damit war die Gültigkeit des eigentlich von Hooke entdeckten Gravitationsgesetzes zumindest über einen Entfernungsbereich von einer Lichtsekunde hinweg bewiesen.

Entsprechend diesem Gravitations-

Etwas bedenklich macht dabei der Umstand, dass bei unterschiedlichen terrestrischen Messverfahren bereits verschiedene Werte von Gravitationskonstanten  $f$  herauskommen:

- Bei unbeweglichen Massenkörpern mit Entfernungen in der Größenordnung von Metern ergibt sich nämlich ein Wert von  $6,67259 \pm 0,00085 \times 10^{-8} [\text{cm}^3 \text{gr}^{-1} \text{sek}^{-2}]$ , während
- bei Fallversuchen im Vakuum - d. h. bei Entfernungen in der Größenordnung des Erdradius gleich 6.000 km

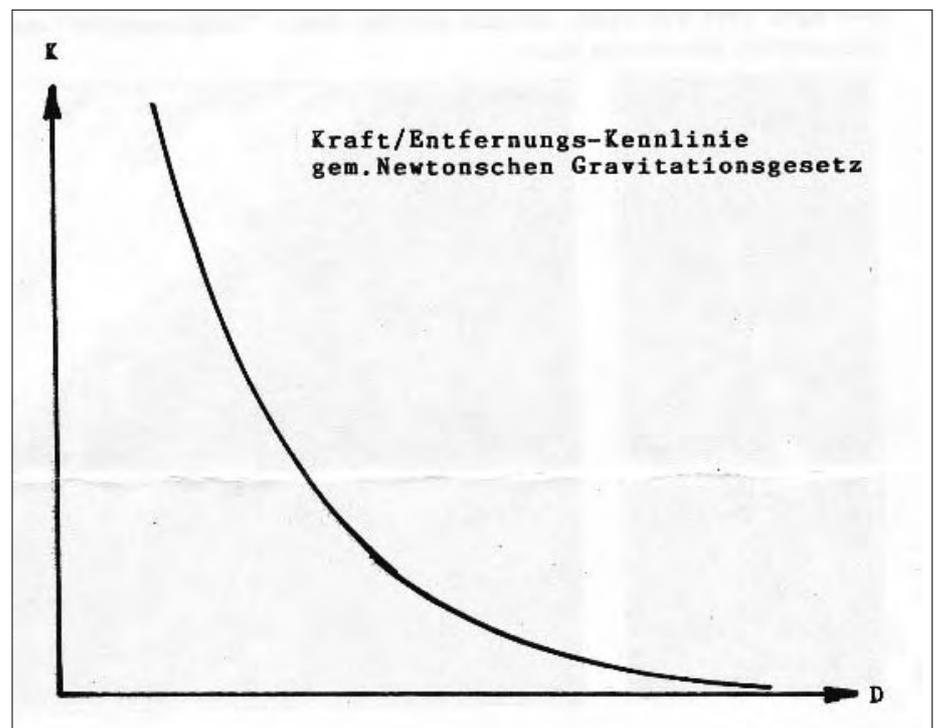


Abb. 1

gesetz lässt sich die zwischen zwei Massenkörpern auftretende Anziehungskraft  $k$  grafisch in etwa wie folgt darstellen:

Anhand dieses Kurvenverlaufs ist dabei die mit der Entfernung quadratisch abfallende Anziehungskraft  $k$  sehr gut erkennbar.

Unter Kenntnis dieses Sachverhalts kann man sich nunmehr die Frage stellen, über welchen Entfernungsbereich konnte die Gültigkeit dieses Newtonschen Gravitationsgesetzes mit moderner Technologie bisher experimentell verifiziert werden?

- ein etwas höherer Wert von  $6,720 \pm 0,024 \times 10^{-8} [\text{cm}^3 \text{gr}^{-1} \text{sek}^{-2}]$  gemessen wird.

Anhand dieses Umstandes ist erkennbar, dass selbst im terrestrischen Nahbereich die Gravitationskonstante keine Konstante ist, indem sie im Meterbereich um etwa 0,7 % abfällt. (Die durch die Erdrotation bedingte Korrektur wurde dabei bereits berücksichtigt!)

Da mit Hilfe von Raketen Raumfahrtsonden mittlerweile durch das ganze Sonnensystem geschickt werden

# Das Newtonsche Gravitationsgesetz

und die erforderlichen Steuerungsmä-  
növer dabei in der gewünschten Art und  
Weise ablaufen, kann mit ziemlicher  
Sicherheit davon ausgegangen wer-  
den, dass zumindest innerhalb unseres  
Sonnensystems bis hin zu den äußeren  
Planeten mit Entfernungen von etwa  
40 AE (Astronomischen Einheiten, d.h.  
Erd-Sonnenabständen) die Gültigkeit  
des Newtonschen Gravitationsgesetzes  
in etwa gewährleistet ist.

Da unsere Milchstraßengalaxie  
jedoch einen Durchmesser von über  
100.000 Lichtjahren hat, erhebt sich  
ganz zwangsläufig die Frage: Mit wel-  
chem Recht dürfen wir Menschen eigent-  
lich davon ausgehen, dass über  
Entfernungen von Lichtjahren hinweg  
- d. h. durch weiteres Hochextrapolieren  
über mehrere Zehnerpotenzen hinweg  
- das Newtonsche Gravitationsgesetz  
dieser quadratischen Entfernungsabhän-  
gigkeit folgt? Dies umso mehr, als unsere  
derzeitige experimentelle Verifizierung  
allenfalls bis in einen Entfernungsbe-  
reich von etwa fünf Lichtstunden in  
den Raum hinausreicht und wir darüber  
hinaus auch feststellen mussten, dass in  
unmittelbarer Erdnähe unterschiedliche  
Gravitationskonstanten gemessen wer-  
den. Eine derartige Annahme erweist  
sich auch deshalb als recht fragwürdig,  
weil wir Menschen gegen Anfang des  
21. Jahrhunderts noch keine so rechte  
Ahnung zu haben scheinen, auf welcher  
Basis Gravitation überhaupt funk-  
tioniert, sodass allein aus diesem Grunde  
eine Hochextrapolation keine Berech-  
tigung hat (Der von Albert Einstein im  
Rahmen seiner Allgemeinen Relativi-  
tätstheorie gemachte Vorschlag, Gra-  
vitation würde durch eine Krümmung  
des leeren Raumes hervorgerufen, muss  
dabei als die Schnapsidee eines Theore-  
tikers angesehen werden. Genauso gut  
hätte man auch argumentieren können,  
dass Personentransporte vom Typ VW-  
Käfer durch ihre gekrümmten Bleche  
angetrieben würden!).

Zusätzliche Zweifel an der All-  
gemeingültigkeit des Newtonschen Gra-  
vitationsgesetzes ergeben sich aufgrund  
des Umstandes, dass die beiden Ma-  
rinersonden, welche in sehr starkem  
Maße zu einer besseren Kenntnis der ä-  
ußeren Planeten unseres Sonnensystems  
beigetragen haben und welche mittler-  
weile in unterschiedlichen Richtungen  
in den planetenfreien Raum unseres  
Sonnensystems vorstoßen, Positionssi-  
gnale abgeben, welche in einer für viele  
Astronauten nicht erwarteten Weise

Abweichungen von dem Newtonschen  
Gravitationsgesetz erkennen lassen.

Die Annahme einer Allgemeingül-  
tigkeit des Newtonschen Gravitati-  
onsgesetzes mit seinem quadratischen

auch zur Folge, dass man innerhalb eines  
derartigen Kugelsternhaufens auch bei  
Nacht sehr gut eine Zeitung lesen könn-  
te, falls es dort überhaupt besiedelbare  
Planeten geben sollte!)

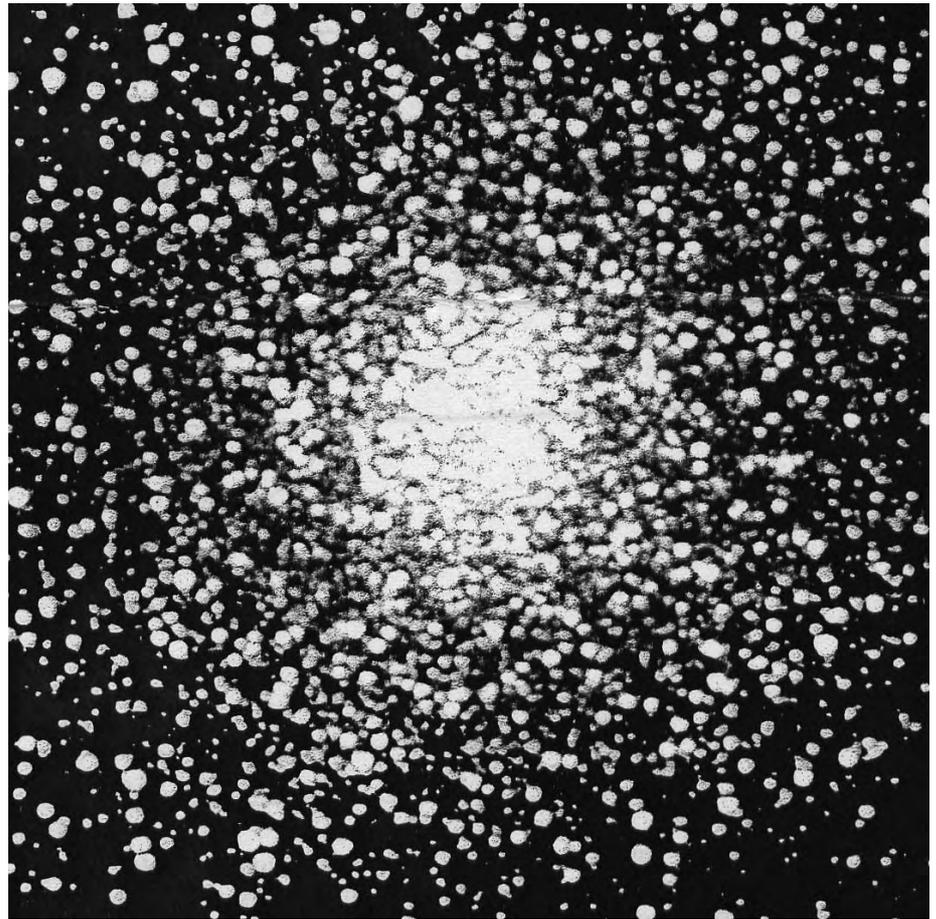


Abb. 2

Entfernungsglied bis hin in den Rand-  
bereich unseres Universums darf somit  
unter gar keinen Umständen gemacht  
werden.

Folgendes sollte hier noch zusätzlich  
beachtet werden:

In der Nähe unserer Milchstraßenga-  
laxie gibt es über 100 Kugelsternhaufen.  
Einer dieser Kugelsternhaufen ist bei-  
spielsweise der Kugelsternhaufen M 13  
(NGC 6205), welcher in der folgenden  
Figur dargestellt ist:

So wie dies von *Timothy Fernes* („Ga-  
laxien“, Basel 1983) zur Ausführung ge-  
langt, hat dieser etwa aus einer Million  
von Sternen bestehende Kugelsternhaufen  
einen Durchmesser von etwa 200  
Lichtjahren. Daraus lässt sich wiederum  
sehr leicht berechnen, dass im mittleren  
Bereich dieses Kugelsternhaufens die  
einzelnen Sterne derart eng gepackt  
beieinander stehen, dass jedem Stern im  
Durchschnitt nur ein Bewegungsspiel-  
raum von etwa einem Kubiklichtjahr zur  
Verfügung steht. (Dies hat dann wohl

Obwohl der Autor eigentlich kein  
besonderer Freund von Gedankenex-  
perimenten ist, so sieht er sich in dem  
vorliegenden Fall trotzdem gezwun-  
gen, dass er ein derartiges Gedan-  
kenexperiment vorschlägt: Man ersetze  
- rein gedanklich - die vorhandenen  
Gravitationsbindungen zwischen den  
verschiedenen Mitgliedern dieses Kugel-  
sternhaufens durch Gummiseile, deren  
Zugkräfte entsprechend dem New-  
tonschen Gravitationsgesetz festgelegt  
werden. Bei einer Million von Sternen  
dieses Kugelsternhaufens ergäbe dies  
eine Anzahl von etwa  $10^{12}$  Gummisei-  
len, welche zwischen den verschiedenen  
stellaren Körpern gespannt wären. Nur  
um dem Leser ein ungefähres Bild der  
Dicke derartige Gummiseile zu vermit-  
teln, bei zwei Sternen - jeweils mit einer  
Sonnenmasse und einem gegenseitigen  
Abstand von einem Lichtjahr - sowie  
einer Belastbarkeit des Gummiseiles von  
 $1 \text{ kg/mm}^2$  ergäbe sich unter Einsatz der  
Newtonschen Gravitationsanziehung

# Das Newtonsche Gravitationsgesetz

eine Seildicke von sage und schreibe 6000 km (!). Dies nur als Beispiel, dass selbst bei dem Newtonschen Gravitationsgesetz mit seinem quadratischen Entfernungsglied und Sternabständen in der Größenordnung von Lichtjahren noch ganz abenteuerlich hoch erscheinende Kräfte zustande kommen.

Wenn man nun wiederum gedanklich dieses ganze System von Sternen und gespannten Gummiseilen loslassen würde, dann müsste dieser Kugelsternhaufen innerhalb kürzester Zeit kollabieren, und zwar ganz unabhängig davon, wie dick oder dünn diese Gummiseile anfänglich auch gewesen sein mögen. In Übereinstimmung mit dem Newtonschen Gravitationsgesetz müssten nämlich die von den Gummiseilen übertragenen Zugkräfte bei jeder Abstandsverringerung quadratisch zunehmen, sodass die vorgesehenen Gummiseile kontinuierlich dicker dimensioniert werden müssten, was einen zunehmend schneller ablaufenden Kollaps des gesamten Systems zur Folge hätte.

Daraus lässt sich dann wiederum die folgende Schlussfolgerung ziehen: Da Kugelsternhaufen erwiesenermaßen zeitlich stabile Gebilde sind - sie gehören bekanntlich zu den ältesten Strukturen innerhalb unseres Kosmos - und da nicht argumentiert werden kann, dass diese Kugelsternhaufen innerhalb von „kosmischen Gravitationslöchern“ auftreten, in denen keinerlei Gravitationseffekte vorhanden seien - die Kugelform der dortigen Sterne macht einen Gravitationseffekt zwangsläufig erforderlich -, kann hier nur der ziemlich überraschende Schluss gezogen werden, dass das Anziehungsverhalten von Massenkörpern in gewissen Entfernungsbereichen sehr stark von dem durch das Newtonsche Gravitationsgesetz festgelegten Verlauf abweichen muss. (Man muss Newton hier zugute halten, dass er sein Gravitationsgesetz nur innerhalb unseres Sonnensystems anwandte und keinerlei Spekulationen darüber machte, wie dasselbe im Entfernungsbereich von Lichtjahren aussehen könnte!)

Welchen Verlauf kann man somit vermuten?

- Bis zu Entfernungen von ein paar Lichtstunden folgt der Verlauf im Wesentlichen entsprechend dem Newtonschen Gravitationsgesetz.
- Im Entfernungsbereich von Lichtjahren ist zu erwarten, dass die Gravitationsbindung in negative Werte, d. h. Abstoßungskräfte um-

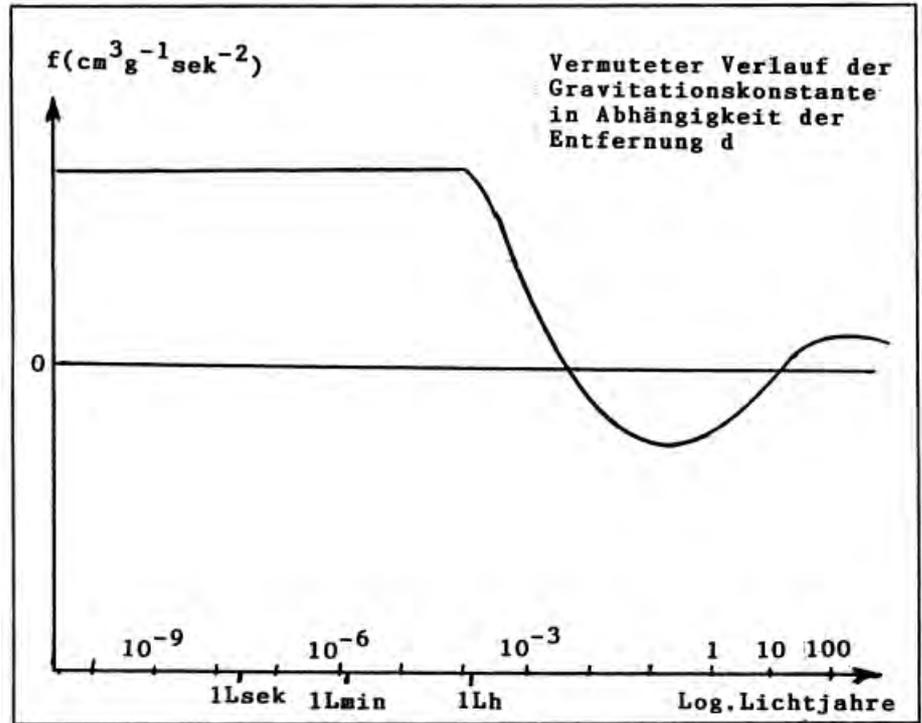


Abb. 3

schlägt, denn nur so lässt es sich vermeiden, dass innerhalb eines eng gepackten Kugelsternhaufens rein zufallsbedingt Sternkollisionen auftreten, was bisher nicht beobachtet werden konnte.

- Im Entfernungsbereich von einigen hundert Lichtjahren, d. h., im Bereich des Durchmessers von Kugelsternhaufen müsste die Gravitationsbindung eigentlich erneut in positive Werte umschlagen, denn nur so lässt es sich vermeiden, dass vorhandene Kugelsternhaufen sich auflösen, indem einzelnen Sterne sich davonmachen und das Weite suchen.

Wenn man somit den Wert der Größe  $f$  in Abhängigkeit der jeweiligen Entfernung aufträgt, dann kann anhand obiger Überlegungen folgender Verlauf erwartet werden (siehe Grafik rechts).

Bis zu einer Entfernung von etwa 5 Lichtstunden - d. h. innerhalb der Bahnen der Planeten unseres Sonnensystems - folgt das Gravitationsgesetz dem Newtonschen Verlauf mit einer Gravitationskonstante  $f$  von etwa  $6,67 \times 10^{-8} \text{ [cm}^3 \text{g}^{-1} \text{sek}^{-2}]$ . Dann aber sinkt dieser  $f$ -Wert ab und erreicht bei Entfernungen bei einem Lichtjahr oder etwas darunter Negative Werte, was zu Abstoßungsreaktionen führt, durch welche Sternkollisionen im Inneren von kompakten Kugelsternhaufen vermieden werden. Im Entfernungsbereich von etwa 100 Lichtjahren ergeben sich dann erneut

positive  $f$ -Werte, was einen zeitlichen Zusammenhalt von Kugelsternhaufen gewährleistet.

Über die Zahlenwerte dieser  $f$ -Kurve in Abhängigkeit des Abstandes  $d$  kann derzeit nur spekuliert werden. Möglicherweise könnten hier Computersimulationen etwas weiterhelfen.

Aus der Sicht des Autors gibt es mehrere Gründe, welche für die Richtigkeit einer derartigen Abweichung von dem Newtonschen Gravitationsgesetz sprechen:

- Sternhaufen, welche anscheinend eine Art von Sammelstelle für übrig gebliebene Sterne bilden, existieren ganz ohne Zweifel. Dieselben lassen sich somit nicht ohne weiteres wegdiskutieren. Da der Kugelsternhaufen M13 auch noch in dem Nebelkatalog von *Charles Messier* (1730-1817) auftaucht, kann ihn jeder mit einem etwas besseren Fernglas selbst beobachten. Und da die Sterne vom Kugelsternhaufen darüber hinaus auch noch zu den ältesten Objekten unseres Kosmos zählen - man spricht hier von mehr als 15 Milliarden Jahren -, müssen diese Sternhaufen als zeitlich äußerst stabile Gebilde angesehen werden, was mit der derzeitigen Newtonschen Gravitationsgleichung gemäß Abb. 1 nicht vereinbar erscheint.
- Bei der Schaffung eines Kosmos dürfte auch der Schöpfer keine be-

# Das Newtonsche Gravitationsgesetz



Abb. 4 (links): Die Kometenfragmente von „Shoemaker-Levy“ vor ihrem Einschlag auf Jupiter. Abb. 5 (rechts): Der Planet Jupiter nach dem Einschlag.



sonderen Schwierigkeiten gehabt haben, wenn ER dem Phänomen der Gravitation eine krumme Kennlinie gemäß Figur 3 verpassen wollte. (Anhand der Absorption elektromagnetischer Wellen in Festkörpern ist im Übrigen sehr gut erkennbar, dass „Er“ bezüglich merkwürdiger Kurvenformen überhaupt keinerlei Berührungspunkte hat!)

- Schließlich könnte sich ein derartiger Verlauf der Gravitationskurve gemäß Figur 3 auch mehr oder weniger zwangsläufig von selbst ergeben haben. Wenn man nämlich Gravitation als die Folge einer Störung innerhalb einer der Gravitation zugeordneten Ätherkomponente ansieht, dann könnte es durchaus so sein, dass ein „Mehr an Äther“ in einem bestimmten Raumbereich zwangsläufig mit einem „Weniger an Äther“ in einem anderen Raumbereich gekoppelt ist, sodass dieser „Durchhänger“ der Gravitationskurve in einen negativen Bereich hinein sich mehr oder weniger automatisch ergibt. (Dies entspricht in etwa der Situation beim Wettergeschehen, wo ein meteorologisches Hoch zwangsläufig irgendwo an einer anderen Stelle unserer Erde ein meteorologisches Tief zur Folge hat!)

Wenn man sich mit dem Gedanken der Gültigkeit des Kurvenverlaufs gemäß Abb. 3 abgefunden hat, dann wird es natürlich äußerst interessant, wenn

man in Richtung noch größerer kosmischer Strukturen - wie Galaxien, Galaxienhaufen sowie Galaxiensuperhaufen - schielt und sich dabei überlegt, was ein derart modifizierter Kurvenverlauf einer Gravitationsanziehung für diese noch größeren Strukturen im Sinn postulierter Dunkelmassen und dergleichen eigentlich bedeuten würde.

Abschließend noch ein Ereignis, welches in Verbindung mit den obigen Ausführungen gesehen werden sollte: *Carolyn Shoemaker*, die Frau des berühmten Astronomen *Eugene Shoemaker*, hatte am 25. März 1993 in der Nähe des Planeten Jupiter einen neuen Kometen entdeckt, welcher den Namen „Shoemaker-Levy-9“ erhielt. Dieser Komet erwies sich insofern als äußerst interessant, weil derselbe im Jahr zuvor im Rahmen einer starken Jupiter-Annäherung unterhalb der La-Roche-Grenze in mehrere Fragmente zerbrochen war. Aufgrund von astronomischen Berechnungen konnte dann sehr schnell ermittelt werden, dass diese Kometenfragmente in dem darauf folgenden Jahr auf den Jupiter abstürzen werden. Die Abb. 4 zeigt diese Kometenkörper in ihrer Aufmarschstellung entsprechend einer Aufnahme vom 28. März 1993 von der Sternwarte auf dem Kitt Peak, während Abb. 5 den lädierten Zustand des Planeten Jupiter Ende April 1994 wiedergibt, nachdem derselbe diesen „Kamikazeangriff“ von Kometenfragmenten überstanden hatte.

Im Anschluss an die Einschläge auf dem Jupiter, welche von den Astrono-

men und den Medien auf der Erde hinreichend beobachtet und gefeiert wurden - die Stimmung wäre natürlich etwas gedämpfter gewesen, falls es sich dabei um die Erde gehandelt hätte -, wurde die ziemlich überraschende Beobachtung gemacht, dass die Kometenfragmente im Vergleich zu ihren letzten Positionsbestimmungen jeweils mit einer Verspätung von 7 Minuten angekommen waren, für welchen Umstand es keine Erklärung gab (s. Daniel Fischer und *Holger Heuseler* „Der Jupiter-Crash“, Basel 1994, S. 162). In der allgemeinen Freudenstimmung ging diese kosmische „Fahrplanverschiebung“ seinerzeit etwas unter. Da diese kosmischen Geschosse am Ende eine Geschwindigkeit von etwa 60 km/sek besaßen, erlauben diese 7 Minuten eine Reise von Europa bis weit über Wladiwostok hinaus, sodass man diese 7-Minuten-Verspätung der Kometenfragmente nicht mit einem bloßen Achselzucken abtun kann.

Da Raumfahrtsexperimente bekanntlich sehr teuer sind und es unerklärliche Abstürze von Raumfahrtsonden auf anderen Planeten bereits gegeben hat, kann hier nur der gute Rat gegeben werden, dass auftretende Abweichungen von dem Newtonschen Gravitationsgesetz innerhalb unseres Sonnensystems sehr genau beachtet werden sollten. ■