

54.) Urzeit

Die Betrachtung der Bewegung bedient sich der Zeit als Maß der Veränderung im Raum. Den Raum haben wir schon behandelt und greifen darauf zurück. Wir müssen also zusätzlich bestimmen, was Zeit sein soll und bestimmen zunächst eine Urzeit.

Gehe von dem bisher erarbeiteten Begriff des Raumes aus und lege diesen als erfahrbar zugrunde. D.h. konkret gesprochen, man sieht vier verschiedene Punkte, wobei wir unmittelbar nur drei Punkte und damit eine Ebene zunächst erkennen können, den vierten räumlichen Punkt erfahren wir erst durch die Parallaxe. Der Raum ist erkenntnistmäßig also schon eine zusammengesetzte Erkenntnis zweier Zweidimensionalitäten, nämlich einer ursprünglich erfahrbaren sowie einer durch die Parallaxe kombinierten. Die Ebene unterteile in zwei Bereiche, nämlich den *Versuchsbereich* und den *Vergleichsbereich*. Den Vergleichsbereich gestalte als Kreisel aus, und zwar zweckmäßigerweise als u-Kreisel. Dieser Vergleichsbereich, nämlich der dort befindliche u-Kreisel, zeigt uns die Urzeit an. Die Urzeit ist mathematisch ein Kreisel, also nach unserer Definition eine gerichtete kreisförmige durch vier orthogonale Punkte gekennzeichnete sich wiederholende Größe im Vergleichsraum.

Bei dieser Festlegung fehlt noch ein Merkmal, nämlich die Werte im Vergleichsbereich müssen bei zwei aufeinanderfolgenden Vergleichen mit dem Versuchsbereich unterschiedlich sein. Nach einer Umdrehung des Kreisels erscheint aber wieder der gleiche Wert. Wir müssen also die aufeinanderfolgenden Umdrehungen unterscheiden. Dazu benötigen wir eine Zählleinrichtung für die Umdrehungen des Kreisels, die eine Zahlengerade sein kann und mit dem Kreisel verbunden wird, am einfachsten rechtwinklig. Das Ganze hat dann die Form einer räumlichen Spirale, von vorne sind es Kreisel, von der Seite sieht man Wellenlinien, im Schnitt mit der Zahlgeraden nur Punkte in der Flucht.

Das Maß des u-Kreisels ist die *Umdrehung*. Als Urmaß ist es gleichförmig, also linear und distanzkonform. Unter Urzeit ist damit die Zählung der Umdrehungen des Kreisels und seiner möglichen Unterteilungen zu verstehen. Symbolisch wird die Urzeit mit u angezeigt, das Maß ist $1u$, $2u$ usw. Es bedeuten also zwei Kreiselumdrehungen $2u$. u kann wie jede Zahl gepackt werden, jede Packung von u kann wiederum zusammengefasst mit einem Symbol dargestellt werden, in diesem Sinne wird meistens das Symbol u als irgendeine Packung und nicht als Urmaß verstanden.

Dass die Urzeit ein Kreisel ist, können wir bei der arithmetischen Behandlung unberücksichtigt lassen, sie erscheint uns daher nur als die Zählgerade des Vergleichsraums und damit als eindimensionale Größe. Die Zählgerade besteht wie jede Gerade aus aufeinanderfolgenden Punkten, deren Abstände wie beschrieben unter- oder abgeteilt werden können. Würde die Urzeit als r -Kreisel ausgestaltet, würden die Punkte der Zählgerade irrationale Verhältnisse zu jeder vollen Umdrehung aufweisen.

Eine Relation des Vergleichs- zum Versuchsraum ist nicht vorgegeben und daher zunächst frei wählbar, dazu später. Denkbar ist auch, zwei oder mehr Vergleichsräume zu benutzen. Auch zwischen diesen können Relationen bestehen. Zu Vergleichszwecken kann dann eine Urzeit aus beiden Räumen verglichen werden. Eine Relation zu einer anderen Urzeit könnte dann $u_1:u_2$ festgelegt werden, d.h. die Relation ist gleich, wenn $u_1 \neq u_2$.

Mathematisch ergibt sich zunächst die Auflösung durch das verwendete Urmaß mit den beschriebenen Möglichkeiten der Unterteilung. Wie dort auch gibt es kein Kontinuum, die Urzeit fließt also nicht gleichmäßig dahin, sondern hüpfte von einem Maßpunkt oder konstruierten Punkt zum anderen. Betrachtet man nur die Maßpunkte, lassen sich an dem Zählwerk, also der angeschlossenen Zahlengeraden, der Umdrehungen, die das Maß sind, nur ganze Zahlpunkte feststellen.

Die Urzeit ist daher keine vierte Dimension des Versuchsraumes, sondern eine Dimension in einem anderen Raum, nämlich dem Vergleichsraum. Es ist nicht möglich, die Urzeit aus den Dimensionen des Versuchsraumes abzuleiten und es hat nur den Anschein, eine neue vierte Dimension zu sein.

55.) Gang

Zwischen dem Versuchssystem und dem Vergleichssystem müssen wir nun eine operative Verbindung herstellen, eine *Relation*. Die Systeme sollen zunächst eindimensional sein. Gehe zunächst von einem Wert x aus und suchen nach einer Relation zur Urzeit u . Die einfachste dürfte sein, den jeweiligen Punkt x zu nehmen und mit einer Umdrehung des Kreisels der Urzeit gleichzusetzen, also $x=u$. Jedem aufeinanderfolgenden Punkt der Längengeraden entspricht somit ein aufeinanderfolgender Punkt der Urzeitzählgeraden. Daraus folgt für jeden Wert $x:u=1$. Diese Relation ist die *Einheitsrelation*.

Da geht ein Mensch und mit jedem Schritt, der sein Längenmaß ist, klopft sein Herz als seine Uhr im Takt, also Maß zur Urzeit. Irgendwann meint er, dass er aus dem Takt gerate und möchte das mathematisch beschreiben. Nehme an, erst verschiebe der Takt sich, man kann zur Beschreibung $x=u+a$ setzen, dabei ist a eine Urzeiteinheit. Jetzt glaubt er zu bemerken, dass er doppelt so schnell gehe, also setze einen Proportionalitätsfaktor $x=u.v$, dieser sei der Gang. Mathematisch kann man umformen und den Gang isolieren zu $v=x:u$, das ist die Ausgangsbeziehung jeder kinematischen Überlegung. Der Gang ist hier proportional, das bedeutet gleichförmig, gleichmäßig und gerade. Setze $v=1$, erhält man als Sonderfall den Einheitsgang, was der Einheitsrelation entspricht, dies weil bei der Multiplikation die Operationsachse die 1 ist.

Der Gang kann auch jede andere Verknüpfung sein, die als Operation möglich ist, dann ist der Gang aber nicht mehr gleichförmig. Nehme an, es gälte für den Gang w die Relation $x=w.u^2$, so würde sich ergeben $w=x:u^2$ oder $w=x.u^{-2}$.

Denke zurück an die verschiedenen Möglichkeiten, die Monoplikationen zu bilden, so leuchtet ein, dass jedes andere System ebenso als Ausgang genommen werden könnte, z.B. das untersuchte Parterresystem, warum also die übliche Multiplikation? Vermutlich aus den gleichen, wie die Anwendung der Plikationen mit Basis 2, nämlich die Symmetrie, die zur Kommutativität führt. Ob die Welt so beschaffen ist, wird damit nicht gesagt, der Grundansatz der Relationen ist ja zunächst rein willkürlich. Üblicherweise ist also die Relation des Weges zur Urzeit kommutativ vorausgesetzt, das heißt, $x=v.u \# x=u.v$.

56.) Differentielle Relation

Die meisten beobachteten Vorgänge spielen sich nicht vom Standpunkt im Vergleich zur Ausgangsurzeit ab, sondern irgendwo mit irgendeiner Urzeitspanne. Ersetze deshalb die Länge x durch die Differenz x_2-x_1 und bezeichnen diese Distanz s mit *Weg*. Genauso lege nun nicht die Urzeit allgemein zugrunde, sondern eine Urzeitspanne u_2-u_1 , diese sei die Zeit t . Wir haben uns hiermit zum Zeitbegriff vorgearbeitet. Was wir mit *Zeit* bezeichnen, ist also eine Spanne der Urzeit und diese wiederum ein Kreis im Vergleichsraum oder kürzer, die Zeit ist eine Kreiselzahl im Vergleichsraum.

Auf den Gang erster Ordnung angewandt, ergibt dies für die Einheitsrelation $x_2-x_1=t_2-t_1 \# s=t$. Verschiebt sich diese, erhält man $x_2-x_1=t_2-t_1+ta$. Der Zeitausdruck ist wieder eine Zeitdifferenz ta , also ergibt sich $s=ta$. Im Falle des Proporz von s und t ergibt sich $s=t.v$, also auch $v=s:t$. Der proportionale Gang in der Relation von Weg- und Zeitdifferenzen wird gewöhnlich mit dem scheußlich klingenden und vom Sinn unpassenden Wort *Geschwindigkeit* bezeichnet, wofür wir auch das kürzere Wort *Schnelle* verwenden.

Für den Gang zweiter Ordnung ergeben sich in gleicher Weise $w=v:t$, üblicherweise wird w mit dem unpraktischen Wort *Beschleunigung* beschrieben. Setze nun $x_2-x_1=Q$ oder $x_2=x_1+Q$, also auch $(x_1+Q)-x_1=Q$, der vordere Ausdruck sei ds , und entsprechend $u_2-u_1=Q$, dies sei dt . Man erhält damit den Differentialquotienten für die Funktion $f(x)=x$, und es ergeben sich dann die bekannten Ausdrücke für die *Schnelle* $v=ds:dt$, und die *Beschleunigung*, wenn $v_2-v_1=Q \# dv$ der Ausdruck $w=dv:dt$. Man kann nun weitere Umformungen zwanglos vornehmen.

Zunächst ist die Nomenklatur in Erinnerung zu rufen: ds:dt

$$\begin{array}{lcl} \# & sDt & \\ dt:ds & & = : (sDt) \\ ds.dt & = dt.ds & \# \quad tSs = sSt \\ d(ds:dt):dt & = d^2s:d^2t & \# \quad sD^2t \\ d(ds.dt).dt & = d^2s.d^2t & \# \quad sS^2t \end{array}$$

Bei Umkehrungen kann man bei physikalischen Betrachtungen im Allgemeinen auf die verflixte Eins verzichten, es ergibt sich dann vereinfacht

$$\begin{array}{lcl} ds:dt & = f & \# \quad sDt = f \\ dt:ds & = :f & \# \quad tDs = :f \\ df.dt & = s & \# \quad fSt = s \\ dt.df & = s & \# \quad tSf = s \\ d:f.ds & = t & \# \quad :fSs = t \\ ds.d:f & = t & \# \quad sS:f = t \\ ds:df & = t & \# \quad sDf = t \\ dt:d:f & = s & \# \quad tD:f = s \end{array}$$

Der Ableiter kann weggelassen werden, wenn er t ist. Weiter gilt

$$\begin{array}{lcl} sSD & = & s \quad \text{und} \\ sDS & = & s \\ sD & = & v \quad ; \text{dann} \quad s = vS \\ sD^2 & = & w \quad ; \text{dann} \quad s = wS^2 \end{array}$$

Also kurz gefasst

$$\begin{array}{lcl} v & = ds:dt & \# \quad sD \quad [A] \\ w & = dv:dt & \# \quad vD \quad [B] \\ ds & = v.dt & \quad [C] \\ s & = dv.dt & \# \quad vS \quad [D] \quad \text{und} \\ dv & = w.dt & \quad [E] \\ v & = dw.dt & \# \quad wS \quad [F]; \text{ mit } [F] \text{ in } [D] \\ s & = d^2w.d^2t & \# \quad wS^2 \quad [G]; \text{ oder } [A] \text{ in } [D] \\ s & = d(ds:dt).dt & \# \quad sSD \\ & = d(ds).1 & \quad [H]; \text{ Diff. von } [A] \\ dv & = d^2s:dt & \quad [I]; \text{ aus } [B] \\ w & = d^2s:d^2t & \# \quad sD^2 \quad [J] \end{array}$$

Man kann das Verfahren noch weiter zur dritten Ableitung verfolgen und erhält die Änderung der Beschleunigung, im folgenden mit $\ddot{a}$ bezeichnet. Für Operieren nach der Zeit gilt abgekürzt:

$$\begin{array}{lcl} s & \# & s = \ddot{a}S^3 \\ v & \# & v = sD = \ddot{a}S^2 \\ w & \# \quad w = & vD = sD^2 = \ddot{a}S \\ \ddot{a} & \# \quad wD = & vD^2 = sD^3 = \ddot{a} \end{array}$$

57.) Lauf

Andere Verbindungen von Weg und Zeit sind möglich, die einfachste ist eine Umkehrung des Ganges, statt $v=x:u$ untersuche den Dividus von $v : v=u:x$, $:v$ sei $\wedge$, also $\wedge=u:x$. Ersatz der Variablen durch deren Differenz ergibt $\wedge=t:s$, im Fall des Differentials $\wedge=dt:ds$. Diese Größen haben keine Namen, sie sollen allgemein Lauf genannt werden. Somit

$$\begin{array}{lcl} t & = & t \quad \text{Zeitlauf} \\ tDs & = & dt:ds \quad \text{Gleichlauf} \\ tD^2s & = & d^2t:d^2s \quad \text{Laufänderung} \end{array}$$

$$\begin{array}{lcl} \text{Und} \quad d^\wedge.ds & = & t \\ \wedge & = & dt:ds \end{array}$$

Verknüpfungen mit einem Lauf ergeben Zusammenhänge

$$(sD^2t) \cdot (tD^2s) = (d^2s:d^2t) \cdot (d^2t:d^2s) = 1$$

Auch andere Zusammenstellungen sind denkbar. Der Gang v kann die Funktion von x und u sein $v=F(x,u)$, oder er kann selbst als eine Transvariable behandelt werden, dann gibt es neue Möglichkeiten für eine Funktion V , nämlich bei Ersatz der Versuchsvariablen x gilt $V=F(v,u)$, oder der Vergleichsvariablen u , dann gilt $V=F(x,v)$. Beispielsweise nehme den Gang v anstelle einer Vergleichskoordinate und setzen analog proportional fest

$v = x.V$. Isolieren von V ergibt $V = v:x$.

Als Variable kann v beliebig jeden arithmetisch darstellbaren Wert annehmen. Wenn $\ddot{u} \neq 1$ ist, ergibt sich $v = u$, das heißt mit steigender Urzeit wächst der Gang um eine gleiche Stufe. Ist $\ddot{u} = u$, erhält man $v = 1$, erhält man für jeden Wert den *Einheitsgang*. Ist andererseits $v \neq Q$, so ergibt sich $\ddot{u} = u - :u$ und im Normalfall $\ddot{u} = 0$, genauso wenn $u \neq Q$ ist, es folgt $\ddot{u} = v:(:Q) = v - v = 0$. Auch hier kann die Betrachtung auf Differenzen und Differentiale ausgedehnt werden.

Man könnte dieses Verfahren noch weiter treiben und den Lauf wieder als Transvariable in verschiedene Relationen setzen. Der Begriff des Laufs wird in dieser Ausführung allgemein nicht verwendet, wir werden ihm aber bei weiteren Überlegungen begegnen. Es ist daher festzuhalten, dass auch die abgeleiteten Größen in der physikalischen theoretischen Betrachtung recht eingeschränkt im Vergleich zu den denkbaren Möglichkeiten sind. Ob diese Einschränkung von der Realität bedingt ist, untersuche später.

60.) Info

Wenn wir die vorige Versuchsanordnung wiederholen, aber zusätzlich berücksichtigen, dass die Kenntnis, wo die Tauben sind und wie weit sie fliegen, auch zu uns an den Standpunkt kommen muss, findet außerdem ein Informationstransport statt. Dazu ist zu klären, was Information oder kurz Info sein soll und wie mit ihr umzugehen ist.

Vom Wort ausgehend findet man "in" und "form", der Rest des Wortes ist Substantive Kennzeichnung und eigentlich überflüssig. Im Groben heißt das, uns begegnet eine Form. Als Form haben wir bezeichnet den Zusammenhang von Punkten, also begegnen uns zusammenhängende Punkte, die wir als Gruppen bezeichnet haben. Das Begegnen können wir über die Transvariable der Zeit erfassen, so dass sich die Info als Erkennen von Gruppen zu einem Zeitpunkt darstellt. Die Fälle mit nur einem Punkt lasse als einfachsten Fall auch zu, arithmetisch kann der eine Punkt mit "1" dargestellt werden.

Zweckmäßig ist ein Maß für die Info festzulegen, gewöhnlich wird die Einheit *bit* für den Infowert gewählt, das ist die Kenntnis zweier verschiedener Punkte, z.B. Hochspannung zu Niedrigspannung im Zeitvergleich unter Zulassung nur dieser Spannungen, Zwischenwerte werden nicht erkannt. Berücksichtigt man die zugelassenen Punkte unter der Möglichkeit aufzutreten oder nicht, kommt man zu einem Wahrscheinlichkeitsbegriff der Info, der aus Zweckmäßigkeitsgründen mit dem Logarithmus zur Basis 2 angegeben wird. Sei W die Wahrscheinlichkeit für den Eintritt eines Ereignisses, gilt

$$I = 2 L : W$$

für das bit mit $W = 2$ ergibt sich

$$I = 2 L : (:2) = 1$$

Das ist für unsere Überlegungen aber nicht zweckmäßig, gehe vom einfachsten Fall aus und setze fest, dass die Kenntnis von einem Punkt, dargestellt durch 1 zu einem Zeitpunkt die Einheit sei. Tritt also 1 zum Zeitpunkt 1 ein, haben wir die Kenntnis mit dem Wert 1. Schreite nun auf der Zahlengeraden fort zum zweiten Punkt und lege ihm den Wert 2 bei, denn zu seiner Kenntnis benötigt man zwei Punkte. Ist der $:Q$ 'te Punkt aufgetreten, ist der Infowert $:Q$. Der Infowert entspricht also zum einen der Zahl der Punkte auf der Zahlengerade.

Da die Kenntnis der Punkte zu einem Zeitpunkt die Info ergibt, können mehrere Zeitpunkte angesetzt werden, die Info erhöht sich proportional. Sei I die Info, P die Zahl der Punkte, U die Zeitpunkte, dann gilt

$$I = P \cdot U$$

Infos können auch im Raum lokalisiert werden, dann ergibt sich die Info zu einem Zeitpunkt und einem zugeordneten Ort im Raum. Zweckmäßig wird dies im Ablesen einer Matrix gemacht. Dreidimensional liegen Zeilen, Spalten und Blocks vor, ein Punkt ist durch Zeile X , Spalte Y und Block Z bestimmt, also ist die Info eines solchen Punktes

$$I = X \cdot Y \cdot Z \cdot U$$

Infos können aus Figuren von Punkten bestehen, dann kann man eine Summe der

Infos aller einzelnen Punkte P als Vorschrift angeben, wie der Infowert If der Figur zu bemessen ist,

$$If = |X \cdot Y \cdot Z \cdot U|Z;P$$

Man sieht, um die Info eines einzigen Punktes zu erhalten, benötigt man bereits eine Zahl aus der vierten Dimension. Wird die Info transportiert, ist die Info über einen physikalischen Punkt wiederum eine Menge von physikalischen Punkten. Die Kenntnis von entfernten Punkten erhält man nur über die Info des Punktes, da wir aber weit mehr Punkte zur Kenntnis benötigen als Kenntnis über Punkte bekommen, ist eine vollständige Kenntnis des Universums nie möglich, es sei denn, das Universum wäre regelmäßig und ließe sich durch Kenntnis weniger Punkte durch eine bekannte Formel erschließen.

61.) Schwingung

Betrachte nun ein Ding im Raum, das periodisch seinen Ort wechselt, zum Beispiel die Schwingen unserer Taube. Dabei gehe zunächst von einem Punkt aus, vielleicht die Spitze einer Schwinge. Diese macht eine gleichmäßige fortlaufende Bewegung, die wir zunächst von der Taube aus beobachten. Wir sprechen dabei von einer differenziellen Schwingung. Von den Schwingungen zeichnen sich diejenigen aus, die aus einer kreisenden Bewegung abgeleitet und harmonisch genannt werden. Betrachte eine solche, die zunächst als Kreisel dargestellt wird. Dann erfolgt eine Übertragung der Kreiselbewegung auf ein u-Diagramm, dort erscheint die Schwingung als *Sinusoidalfunktion* der Zeitspanne t, im Fall der regelmäßigen harmonischen Schwingung als $\cos(\cdot)$, $\sin(\cdot)$ oder

$$e^{+i} = +i + i^2 + i^3 = +i - 1 - i^3$$

sonst als allgemeine Schwingung § in Teilfunktionen E in folgenden Möglichkeiten

$$\begin{array}{rcl} +i^0 & -i^1 & +i^2 & -i^3 \\ -i^0 & +i^1 & -i^2 & +i^3 \\ +i^0 & -i^1 & +i^2 & -i^3 \\ -i^0 & +i^1 & -i^2 & +i^3 \\ +i^0 & -i^1 & +i^2 & -i^3 \\ -i^0 & +i^1 & -i^2 & +i^3 \\ +i^0 & -i^1 & +i^2 & -i^3 \\ -i^0 & +i^1 & -i^2 & +i^3 \end{array}$$

Jede Schwingung § ist damit eine durch Teilsummen E darstellbare Funktion der Zeit t. Im einfachsten Fall gilt $\S = \cos t$, nimmt man Transpositionen mit hinzu, kann sich für konstante Parameter ergeben

$$\begin{array}{l} \S = A \cdot \cos B \cdot (t-C), + E \quad \text{oder} \\ A \cdot \sin B \cdot (t-C), + R \quad \text{mit Teilsummen:} \\ A \cdot (\cos B \cdot (t-C), - \sin B \cdot (t-C),) + E \quad \text{oder} \\ A \cdot (\sin B \cdot (t-C), - \cos B \cdot (t-C),) + E \end{array}$$

Bei den gewählten Vorzeichen von C und E ergeben sich jeweils Translationen in der positiven Richtung. Den einzelnen Parametern kann man nun physikalische Phänomene zuordnen. In der obigen Darstellung sieht das zweckmäßigerweise so aus:

A bewirkt eine Deformation des Ausschlags der Schwingung im Verhältnis zur Längeneinheit, *Amplitude* genannt, das entspricht im Taubenbeispiel der Länge oder sonst einer Eigenschaft der Schwingen der Tauben.

B bewirkt eine Deformation des Vergleichszeitraumes und lässt die Schwingung schneller werden, indem die Zeit aus dem Vergleichsraum u im Versuchsraum gestreckt wird. Die Veränderung von $\S = \cos B \cdot t$, lässt sich durch Differenzieren feststellen

$$\S D = -B \cdot \sin B \cdot t,$$

also ist die Veränderung von § um B mal größer, ist § eine Weglänge, ergibt §D die Schnelle eines Schwingungspunktes.

C bewirkt eine Translation der Schwingungszeit, wo die Taube losgeschickt wird, sie wird Phase genannt. Der Takt wird zweckmäßigerweise auf $T=4\pi \cdot t$ festgesetzt und entspricht dann der *Periode*. E ist eine Translation der Schwingung und zeigt die Auslenkung der Schwingung an, nämlich welcher Schnitt der sinusoidalen Funktion die Nullstelle angibt, meistens wird

$E=y_0\#Q$ gesetzt.

Den Parametern kann man Attribute zuteilen, zweckmäßig die Eigenschaft der Zugehörigkeit zu einer Maßgröße, was zur Dimensionierung führt. An Maßgrößen haben wir zur Verfügung die Weglänge o (Dividus mit $\ddot{o}$ bezeichnet) des Versuchsraumes und das Kreiselmaß u (Dividus mit $\ddot{u}$ bezeichnet) des Vergleichsraumes, eine sich aufhebende Dimension werde mit dem Unterstrich $_$ bezeichnet. Die Dimensionen für kinematische Betrachtungen ergeben sich wie folgt, wenn $\S$ die Dimension einer Weglänge erhalten soll:

$$\begin{array}{ccccc} A & \# & o & B & \# & \ddot{u} \\ C & \# & u & E & \# & o \end{array}$$

Oft wird $\S$ in der Form $\S=A.\cos b.t+c,+E$ dargestellt, C ergibt sich dann zu $c:B$, was für das Verständnis nicht förderlich ist. Die Translation mit E ist für unsere Zwecke entbehrlich, A kann mit 1 angesetzt werden, die attribuierte Gleichung sieht dann wie folgt aus:

$$\S o \# o . \cos B \ddot{u} . (tu + Cu),$$

Man erhält entsprechend für die Schnelle

$$\S o \ddot{u} D \# o . B \ddot{u} . \cos B \ddot{u} . (tu + Cu),$$

Dabei ist zu beachten, dass die Teilsummenfunktionen eine Transformation der Dimensionen des Argumentes nicht zulassen, die Dimensionen des Argumentes müssen sich also immer herauskürzen. Notfalls muss eine neutralisierende Dimension eingefügt werden.

Nicht harmonische Schwingungen können mit *Fourier-Reihen* dargestellt werden, diese lassen sich aus Teilsummen, die ihrerseits harmonische Schwingungen darstellen, zusammensetzen (der Koeffizient ist weggelassen, das Argument zu X zusammengefasst):

$$\S = | +^{\circ} + ' - " - ^3 | Z X1/X:Q$$

Arbeite mit isin , so ergibt sich

$$\begin{aligned} \S &= | +^{\circ} + i' - " - i^3 | Z; X1/X:Q \\ &= | e * i | Z; X1/X:Q \end{aligned}$$

Möglich ist auch irreguläre Schwingungen darzustellen, indem wir jeder Teilsumme ein anderes Argument zuweisen:

$$\begin{aligned} \S &= | ^{\circ} | Z ; X^{\circ}1/X^{\circ}:Q \\ &+ | ' | Z ; X'^1/X':Q \\ &+ | " | Z ; X''1/X'':Q \\ &+ | ^3 | Z ; X^31/X^3:Q \end{aligned}$$

oder zusammengefasst

$$\S = | ^{\circ} ' " ^3 | Z ; X^{\circ} ' " ^3 1/X^{\circ} ' " ^3 :Q$$

Die behandelten Parameter brauchen weder die einzigen, noch müssen sie konstant sein. Sind sie variabel, können sie wiederum von den Basismaßen direkt, in einer Funktion oder kombiniert abhängen, was die Sache allerdings verkompliziert.

62.) Kreiselwelle

Betrachte nun die Taube vom Standpunkt, dann breitet sich die Schwingung ihrer Schwingen ihrerseits im Raume aus, man spricht von *Welle*. Betrachte einen Punkt einer Schwingung in Richtung irgend einer Achse mit der Bezeichnung $\S$ in der Dimension einer Länge, die sich in Richtung x -Achse ausbreitet, die Deformante des Vergleichszeitraumes sei der Takt T . Die Ausbreitung der Welle im Raum kann mit der Schnelle beschrieben werden, hiervon gibt es zwei verschiedene, die auch kombiniert auftreten können, zum einen die *Kopfschnelle*, nämlich wie sich eine Schlange fortbewegt (siehe Bild 62A), dabei durchläuft unser betrachteter Punkt alle Zustände der Schwingung und schlängelt sich durch. Und zum anderen die *Kammschnelle*, nämlich wie sich der Kamm einer Wasserwelle oder der Knoten einer Schallwelle fortbewegt (siehe Bild 62B), dabei bleibt unser betrachteter Punkt immer an der selben Stelle der Schwingung stehen. Wohlgermerkt betrachten wir zunächst keine sich bewegenden Körper. Der Ausschlag auf der $\S$ -Achse kann attributiv wie folgt dargestellt werden

$$\S o = o . \cos tu : Tu, \quad [A]$$

Die Ausbreitung der Schwingung in Richtung der x -Achse sei mit einer Schnelle, dargestellt durch einen Weg s im Verhältnis zum Takt T

$$x o = tu . s o : Tu \quad [B]$$

Vereinigung beider Gleichungen unter Elimination von T ergibt

$$\begin{aligned} \varphi_0 &= \varphi_0 \cos x_0 : \varphi_0, & \text{oder} & & [C] \\ x_0 &= \varphi_0 \cdot \arccos \varphi_0 & & & [D] \end{aligned}$$

Man erhält eine Relation zwischen den beiden Längen im Raum, t kürzt sich auch heraus, wenn t auf beiden Achsen gleich angenommen wird, und die Gleichungen liefern keine Beziehung zur Zeit. Beachte, φ ist in Gleichung [D] dimensionslos!

Mit Differenzieren der Gleichung für den Ausschlag [A] gelangt man zu der Darstellung

$$\begin{aligned} \varphi_0 \ddot{D} &= -\varphi_0 : T u \cdot \sin t u : T u, \\ \varphi_0 \ddot{D}^2 &= -\varphi_0 : T^2 u^2 \cdot \cos t u : T u, & [E] \end{aligned}$$

Man kann das noch weiterführen bis

$$\begin{aligned} \varphi_0 \ddot{D}^4 &= \varphi_0 (T u^4 - 4) \cos t u : T u, & \text{oder} \\ \varphi &= \varphi D^4 \cdot T^4 & [F] \end{aligned}$$

φ wird also dimensionslos. Dabei ist immer Voraussetzung, dass t/T . Über seine Schnelle erfahren wir hier nichts.

Benenne eine gerade Teilsumme mit E_n und eine ungerade mit E_m , so sind bereits bekannte Zusammenhänge

$$\begin{aligned} |E_n : A - E_n : A| D^2 &= -A^* - 2 \cdot (E_n : A - E_n : A) \\ |E_m : A - E_m : A| D^2 &= -A^* - 2 \cdot (E_m : A - E_m : A) & \text{und} \\ |E_n : A - E_m : A| D^4 &= A^* - 4 \cdot (E_n : A - E_m : A) \\ |E_m : A - E_n : A| D^4 &= A^* - 4 \cdot (E_m : A - E_n : A) \end{aligned}$$

Dieser Zusammenhang ist in [E] und [F] erkennbar, sodass wir auch schreiben können

$$\begin{aligned} \varphi D^2 &= -T^* - 2 \cdot \varphi & \text{und} & & [G] \\ \varphi D^4 &= T^* - 4 \cdot \varphi & & & [H] \end{aligned}$$

Eine nach diesem Muster bekannte Wellenfunktion φ ergibt die *Schrödingergleichung*:

$$Q = \varphi D^2 + (4p)^2 \cdot m : h \cdot (E - V) \cdot \varphi$$

Setze den konstanten Term $(4p)^2 \cdot m : h$ und $E - V = K$, kann man umformen

$$\varphi D^2 = -K \cdot \varphi$$

Damit ist K mit $T^* - 2$ vergleichbar (siehe [G]), von der Dimension kann man absehen. Ohne Änderung könnte man schreiben

$$Q = \varphi D^2 - (4\pi)^2 \cdot m : h \cdot (E - V) \cdot \varphi$$

woraus die Periode von p mit 4π ersichtlich ist.

Man ist auf die Idee verfallen, den Parameter C für die Phase in der allgemeinen Schwingungsgleichung

$$\varphi = A \cdot \cos B \cdot (t - C), + E$$

als Maß für die Schnelle heranzuziehen. Dazu formt man C zu einem Ausdruck um, in dem die Ausbreitungsachse für die Schnelle, wähle hierfür x, vorkommt. Also $C = K \cdot x$, attribuiert $C = K \cdot x_0$. Daraus folgt

$$\varphi_0 = A_0 \cdot \cos B \cdot (t - K \cdot x_0), + E$$

K hat die Dimension der Zeit pro Weg, also ein Lauf in unserem Sinne. Man kann dies vermeiden, indem $C = V \cdot x_0$ gesetzt wird, wobei nun V als Schnelle in der Dimension Weg pro Zeit erscheint

$$\varphi_0 = A_0 \cdot \cos B \cdot (t - V \cdot x_0), + E \quad [I]$$

Man handelt sich dabei allerdings ein, dass nunmehr in der Phase die Schnelle als Dividus erscheint. Der Ausdruck $[t - V \cdot x]$ bezeichnet die Phasenschnelle. Um zu erkennen, was das eigentlich bedeutet, forme die Gleichung nach x explizit um

$$x_0 = -V \cdot [B \cdot \arccos(\varphi_0 - D_0) : A_0, - t u]$$

was nicht sehr übersichtlich ist, setze daher die Parameter A, B und E auf die Identitätsachse ihrer vorgeschalteten Funktion und erhalte

$$x_0 = V \cdot t - V \cdot [B \cdot \arccos \varphi_0] \quad [J]$$

Man erkennt in [J] eine additive Kombination von [B] und [E], die Phasenschnelle ist also nicht nur die Ausbreitung wie in [B] angenommen, sondern enthält zusätzlich den mehrdeutigen Ausdruck aus [E], der sich aus der Eigenschaft der Welle als wiederholende Funktion ergibt. Man weiß also nicht zu einem gegebenen Zeitpunkt, wo sich ein Punkt befindet, man weiß nur, dass er sich an allen iterativen Orten der Funktion $\arccos$ befinden

kann. Nicht attribuiert werden die Zusammenhänge noch mehr verschleiert, denn V ist im zweiten Ausdruck keine Schnelle, $\S$ hat nicht die Ausgangsdimension.

$$x = V \cdot t - V \cdot \arccos \S$$

64.) Stab

Nachdem die Physik die real erfahrbaren Vorgänge betrachtet, müssen wir für unsere Maßstäbe auch real erfahrbare Vorgänge suchen. Zunächst haben wir den Raum zu vermessen. Dieser besteht aus vier Punkten der sinnlich wahrnehmbaren Sphäre. Betrachte vorerst die Länge mit zwei Punkten. Hierfür ist ein geeignetes Maß zu suchen. In früheren Zeiten verwendete man hierfür die Länge eines länglichen Gegenstandes, z.B. eine Elle oder das Urmaß in Paris, heute verwendet man den Weg des Lichts in einer bestimmten Zeit. Die Suche nach einem geeigneten Körper hatte Probleme wegen der Inkonsistenz des Materials aufgrund der Umgebungseinflüsse aufgeworfen, man ist deshalb auf das Licht verfallen, von dem man eine konstante Schnelle annimmt. Damit ist man aber von den obigen Forderungen weit entfernt, wer weiß schon, was das Licht ist, wer kann sich seine Schnelle vorstellen? Die Konstanz der Schnelle ist ein Postulat. Wenn es nur örtlich stimmt, haben wir anderswo andere Längen, ohne dass wir das feststellen könnten, denn der Vergleich auf weite Entfernungen erfolgt ebenfalls über das Licht. Außerdem brauchen wir noch eine zweite Größe, die Zeit, messe also erst Zeit aus dem Vergleichsraum und dann setze Länge fest nach einer ausgesuchten Zeit-Längenrelation im Versuchsraum, also eigentlich lege Zeit als Maßstab zugrunde und bestimme so die Fundamentalgröße des Versuchsraums mit dem Vergleichsraum über eine Relation, die man empirisch zunächst gar nicht kennt.

65.) Uhr

Physikalisch gesehen wird zunächst ein Kreiselvorgang gesucht, der als Uhr dienen kann, beispielsweise das Tropfen eines leeren Wasserkruges. Man kann nun einen Krug als Vergleich nehmen und einen zweiten als Versuch, und das mit mehreren Krügen und wird feststellen, dass die Krüge unterschiedlich tropfen. Galilei hat angeblich seinen Puls als Zeitgeber genommen. Bei solchen Ergebnissen lässt sich eine einfache und genaue Zeit-Raum-Relation schwer finden. Damit ergibt sich die Notwendigkeit der Suche nach einer möglichst gleichmäßigen Uhr, damit die übrigen Beobachtungen aus dem Versuchsbereich so einfache Formen wie möglich annehmen. Der zugrunde gelegte Gedanke hierbei ist, die Naturgesetze sind dann einfach, wenn eine proportionale Zuordnung des Vergleichs- mit dem Versuchsbereich hergestellt werden kann. Hierzu muss der als Uhr dienende Kreisel mit gleichartigen baugleichen anderen Kreiseln konform laufen und mit möglichst vielen anderen nicht baugleichen mindestens in einem proportionalen Verhältnis.

In der Anschauung bedeutet das, alle Bereiche sind als Uhr geeignet, welche bei verschiedenen Vergleichen verschiedene Größen zeigen, die sich bei aufeinanderfolgenden Vergleichen in der Richtung des Kreisels ändern und sich wiederholen, also Kreisel sind. Als Uhr ist damit ohne weiteres für einen Tag der Lauf der Sonne geeignet. Ein Pendel ist für einen Ausschlag ebenfalls als Uhr geeignet.

Die Tage kann man festhalten mit Hilfe von Kerben in einem Holz, eine einfache Pendeluhr ist eine Kombination aus mehreren Kreiseln. Ebenso kann das arithmetische Zählen als Kombination aus mehreren Kreiseln dienen, nämlich je nach verwendetem System werden verschiedene Packungen erzeugt, jede Verpackungsvorschrift ist wiederum ein Kreisel.

Nun braucht man eine möglichst gleichgehende Uhr, deren Kreisel sich mit gleichartigen möglichst decken. Dazu setze eine Uhr in den Versuchsbereich, eine baugleiche in den Vergleichsbereich und beobachte bei mehreren Vergleichen die Abweichungen. Die Vergleiche werden in der Kreiselrichtung angeordnet und festgehalten, zeigt sich bei der letzten eine zunehmende Abweichung, ist festzustellen, dass die Uhren nicht gleichmäßig laufen. Je

geringer die Abweichung ausfällt, desto eher ist anzunehmen, die Uhren laufen gleichmäßig. Sobald Uhren gefunden wurden, welche annähernd gleich laufen, nehme von einer Uhr postulativ an, sie würde physikalisch gleichmäßig gehen, d.h. nehme ihren Kreislauf als Maßgerade für die Zeit. Zweckmäßigerweise nimmt man diejenige Uhr, die zu den meisten anderen am wenigsten Abweichung zeigt. Alle anderen abweichenden Uhren gehen dann falsch, also mal nach und mal vor. Geht eine Uhr immer gleich vor oder nach, geht sie proportional auch richtig. Da auch Atomuhren voneinander abweichen, gibt es physikalisch immer nur eine richtig gehende Uhr, nämlich die dazu gekürzte.

Die Zeit hat man früher mit allerlei technischen kreiselnden Einrichtungen gemessen, heute macht man es nicht anders mit der Atomuhr, bei der Schwingungen des Cäsiums erregt, verstärkt und gezählt werden. Für unsere Betrachtungen spielt es keinerlei Rolle, um was es sich im einzelnen handelt, wesentlich ist nur, dass ein atomarer Schwingungsvorgang zugrunde gelegt wird und das Licht und damit auch der Längenmaßstab ebenfalls eine Erscheinung atomarer Schwingungsvorgänge ist.

Physikalisch wird das Urmaß der Zeit durch den kleinsten verwendbaren Kreislauf bestimmt. Dieser ergibt sich für das Auge durch die optische Auflösung, im Falle man unter die Auflösung des Auges heruntergehen will durch den jeweiligen Stand der Technik der Verstärker. Bestimmte Zeiten sind beispielsweise bei Verwendung durch Vergleich der dokumentierten Messergebnisse eines arretierten Kreislaufs erfassbar wie beim Zielfoto mit Zeitzählwerk.

Das Maß der heutigen Festlegung der Sekunde ist eine Packung der einzelnen Schwingung des Cäsiumatoms, die Sekunde selbst ist eine an das Jahr angelehnte Packung dieses Maßes.

Stab und Uhr sind die jeweiligen immanenten Urkoordinaten des Beobachtungs- und des Vergleichssystems. Durch die Einbeziehung des Zeitmaßes in das Längenmaß über die Lichtschnelle ergibt jedoch sich weder das Längen- noch das Zeitmaß als originär, sondern die Schnelle des Lichtes. Da es sich um Urkoordinaten handelt, ist also die Schnelle des Lichtes immanent orthogonal. Außerdem folgt aus der Eigenschaft als Urkoordinate die Gleichmäßigkeit.

Gewöhnlich wird für das Versuchssystem die Länge und nicht die Schnelle als Koordinate zugrunde gelegt, so dass damit also ein derivatives Koordinatensystem zur Anwendung kommt. Daraus ergibt sich sofort eine Folgerung für den Raum aus diesem Koordinatensystem, das dadurch nämlich nicht notwendigerweise orthogonal ist, der Raum also bei dieser Betrachtung krumm sein kann, falls die Koordinatentransformation der Lichtschnelle auf den Weg nicht linear sein sollte.

Nachdem unser Auge nur wie ein Film fortlaufende Bilder erkennen kann, ist auch der sich in der Zeit verändernde Raum nur wie ein Blitzlichtgewitter wahrnehmbar. Eine zeitlich verändernde Fläche lässt sich wie eine Anreihung von Tafeln darstellen (Bild 65). Jede Tafel zeigt die Fläche zu einer anderen Zeiteinheit. So funktionieren im Prinzip alle technischen animierten Bilddarstellungen. Die zeitliche originär wahrnehmbare Auflösung beim Menschen ist hierbei bedingt durch die Regenerationsfähigkeit der Netzhaut, also $1/18$ sec.

Für unsere Anforderungen an eine physikalische Theorie ist die Lichtschnelle als Urkoordinate allerdings abzulehnen, denn sie ist weder anschaulich noch unmittelbar erfahrbare. Dazu kommt, Licht selbst ist nicht sichtbar, sondern nur seine Wirkungen, was noch zu vertiefen ist. Soweit wir im folgenden physikalische Gesetze untersuchen, wollen wir zunächst annehmen, wir hätten einen von der Zeit unabhängigen Längenmaßstab für das Versuchssystem, zu denken wäre an den Baustein eines Kristalls. Diese Körper scheinen sehr gleichmäßig aufgebaut zu sein und das Urmaß lässt sich durch Division mit der Zahl der Atome bei einer größeren Länge mitteln. Man müsste allerdings umgekehrt wie gewöhnlich vorgehen, also erst mühsam die Atome zählen und dann rechnen, die Bestimmung kleiner Größen erfolgt in der Regel umgekehrt, damit wäre aber nichts gewonnen.

67.) Gravitas

Beim freien Fall haben wir einen Probekörper betrachtet, der offenbar auf Grund seiner Nähe zu dem großen Körper der Erde, den wir grob als ausgedehnte unendliche Fläche erfassen, eine Beschleunigung erfährt (Bild 67A), die wir als Vektor dargestellt haben. Wollen wir wissen, wie sich dieses Naturphänomen im interplanetarischen Raum auswirkt, müssen wir uns zunächst weit von der Erde entfernen und konzentrieren die ganze Wirkung der Ebene in einen Schwerpunkt und lassen die räumliche Ausdehnung der Erde außer Acht, was vorerst der Vereinfachung dient. Den Probekörper stellen wir uns ebenfalls der Einfachheit halber als kleinen Würfel vor mit einer Seite auf den Erdpunkt gerichtet (Bild 67B). Unterstelle nun, dass die Wirkung der Beschleunigung auf den Probekörper von dem Erdpunkt radial gleichmäßig in alle Raumrichtungen ausgeht, es gebe also keinen bevorzugten oder benachteiligten Ort in einem Kugelkreis um den Erdpunkt. Dann sieht man sofort, dass die Wirkung mit dem Quadrat der Entfernung abnimmt, weil die der Wirkung ausgesetzte Fläche bei sich entfernenden Raumkugeln mit dem Radius quadratisch nach der gängigen Flächendefinition abnimmt. Etwa kumulierende Wirkungen durch die radiale Ausdehnung unseres Probekörpers haben wir unberücksichtigt gelassen. Das Ganggesetz nach [67C] sieht dann verfeinert aus

$$w = g : r^2$$

In [66A] galt g° zunächst nur an der Erdoberfläche, g wäre der Wert der Konstanten für allgemeine Entfernungen in Bezug auf den Abstand. Dieses Ganggesetz erhält man aus dem Galilei'schen Fallgesetz unter Annahme der radialen Beschleunigungswirkung anstatt einer parallelen ohne weiteres. Der Quadratdividus des Abstandes r in der Formel ergibt sich damit nicht aus einer geheimnisvollen Zahlenkoinzidenz der Naturgesetze, sondern einfach aus dem der Rechnerei zugrunde gelegten Flächenbegriff. Es wäre auch schwer einzusehen, warum die Natur ausgerechnet exakt den Logarithmus 2 verwendet und nicht etwa 2,106, die Natur verwendet also nichts, sondern die Naturgesetze sind auch hier unser von Idealvorstellungen ausgehendes Rechenwerk, und deshalb nur mehr oder weniger genau.

Das Gesetz ist allerdings schon aus der Annahme der radialen Wirkung unvollständig, was sofort klar wird, wenn man r zu Q setzt, w müsste dann transfinit $:Q^2$ werden. Dass dies nicht der Fall ist, kann leicht aus der radialen Annahme abgeleitet werden. Wenn nämlich der Probekörper dem Schwerpunkt näher kommt, wird seine Fläche von der Schwerewirkung zunehmend nicht mehr senkrecht getroffen, sondern tangential (Bild 67C), die Wirkdichte wird also geringer, und zwar abhängig von der Größe des Probekörpers und dem Abstand zum Schwerkörper schneller als die quadratische Zunahme, wie sie bei weiten Entfernungen annähernd gültig war.

Das Ganggesetz ist auch noch aus einem anderen Grunde ungenau, denn auch der Probekörper hat eine Beschleunigungswirkung auf die Erde. Bei Bezeichnung der Beschleunigung der Erde gegen den Probekörper mit w' ergibt sich entsprechend vom Probekörper aus gesehen

$$w' = G' : r^2 = -(G : r^2)$$

denn w' ist entgegengesetzt zu w gerichtet. w sei von der Erde aus betrachtet, es gilt dann

$$w' = -w ; \quad \text{mit} \quad w = G : r^2$$

Die Summe beider Beschleunigungen $w+w' = w^\circ$ ist dann

$$w^\circ = g:r^2 + G:r^2 = (g + G) : r^2$$

Zum Galilei'schen Fallgesetz kommt man mit $g^\circ = g + G:r^2$ mit r° für den Erdradius und $G \ll Q$, weil die Anziehung der Erde durch den Probekörper vernachlässigbar klein ist.

Mit der Erscheinung der ständigen Ungenauigkeit kann man also auf zweierlei Art fertig werden, entweder die physikalischen Gesetze werden immer mehr verfeinert, oder wir wenden eine immer größere Summe von Gesetzen nebeneinander an, um zu genaueren Ergebnissen zu kommen, vorausgesetzt, eine summative Beschreibung der Naturvorgänge ist arithmetisch möglich. Zu einer exakten Beschreibung der Welt kommen wir aber mit diesen Methoden nie.

68.) Vis movens

Newton hat aus der Beobachtung, dass schwerere Körper einer Lageänderung einen größeren Widerstand entgegenstellen als kleinere gleicher Beschaffenheit, festgelegt, dass die Beschleunigung der Lageänderung zu einer Stoffkonstanten proportional sei und das Produkt dieser beiden *Kraft* genannt, also

$$f = m \cdot w$$

dabei steht m für die Stoffkonstante Masse und w für die Beschleunigung. Die ungefähre Erfahrung zeigt, dass in bestimmten Bereichen die Masse mit dem Volumen eines Stoffes einhergeht, so dass der Massenbegriff zunächst als räumliche Körperausdehnung zu deuten ist. Soweit verschiedene Stoffe vorliegen, führt man die Dichte als weiteren Vergleichsfaktor ein. Die Kraftgleichung ist also genaugenommen lediglich eine Bezeichnung des Produktes von Masse und Beschleunigung unter Einführung einer dritten unbekannten, aber zunächst konstant angenommenen Größe.

Setze $f \# 1$ und forme um, so erhalte

$$1 : m = w \quad \text{oder kurz} \quad :m = w$$

Das heißt in unserem System, wo es nur Punkte im Versuchs- und Vergleichsraum gibt, ist die Masse der Dividus der Beschleunigung. Die Masse ist durch die bisher erarbeiteten Raum- und Zeitgrößen somit festgelegt, man hat sie aber trotzdem als weitere Fundamentalgröße durch Einführung eines exemplarischen Körpers normiert, weil der Zusammenhang normalerweise so nicht betrachtet wird. Dimensionell bedeutet dies, dass die Masse die Dimension öu^2 hat.

Erweitere die Bewegungsgleichung des Probekörpers mit der Masse m des anziehenden Körpers, erhält man

$$f \# m \cdot w = m \cdot g : r^2$$

Entsprechend gilt für die Erde in Bezug auf den Probekörper

$$F \# M \cdot W = M \cdot G : r^2$$

Newton postulierte nun, *actio sit reactio*, das heißt $f = F$. Damit erhalten wir

$$\begin{array}{ll} m \cdot g : r^2 & = M \cdot G : r^2 & \text{oder einfach} \\ m \cdot g & = M \cdot G & \text{umgeformt} \\ : (m : M) & = g : G \end{array}$$

woran wiederum die Dividuseigenschaft der Masse von der Beschleunigung zu sehen ist. Hier gilt der philosophische Schluss, dass dieses Gesetz arithmetisch aus der Kraftdefinition bedingt ist.

Newton meinte, man könne das gleiche mit der Erde und dem Mond machen und errechnete die Fallbeschleunigung des Mondes unter Annahme einer zur Entfernung reziproken quadratischen Fallkraft im Vergleich mit einem ein Kilogramm wiegenden Apfel. Bleibe bei der obigen Überlegung mit Anwendung auf Mond und Erde, kleine Buchstaben seien nun der Mond, große die Erde. Dann stellt man fest, das Fallgesetz stimmt so nicht unmittelbar, denn der Mond fällt nicht auf die Erde. Es gibt also offensichtlich einen Umstand, der das verhindert. Man kann ihn in der Fliehkraft der Kreiselbewegung sehen, die man feststellen kann, wenn das Wasser in einem Eimer gedreht wird.

An dieser Stelle sei eine kurze Zwischenbemerkung über *Scheinkräfte* angebracht, weil heutzutage gewöhnlich die Fugalkraft als Scheinkraft angesehen wird. Was wir sehen ist ein Körper in seinen Koordinaten und die jeweilige Zeit aus dem Vergleichsraum, sonst nichts. Insbesondere sehen wir keine Kraft jeglicher Art, was allenfalls sichtbar wird, ist eine der Kraft zugeschriebene Wirkung in Form einer Bewegungsänderung. Nicht einmal an einer Federwaage sehen wir eine Kraft, wir sehen nur die Auslenkung der Feder. Das bedeutet, Kräfte sind in unserem System immer gedacht, man kann auch sagen Schein, im Gegensatz zum Sein, was als Punkte in den beiden Räumen wahrnehmbar ist. Auch die Gravitation ist nur gedacht, was man sieht, ist allenfalls das Fallen eines Körpers auf den Erdboden, und dann denken wir uns einen unsichtbaren Zug von der Erde aus auf den Körper. Damit ist auch die Unterscheidung zwischen Schein- und Realkräften hinfällig, weil alle Kräfte in diesem Sinne Scheinkräfte sind. Wir dürfen folglich ohne weiteres mit der Fugalkraft operieren.

Zunächst müssen wir die zur *Zentripetalkraft* konträre *Zentrifugalkraft* feststellen. Gewöhnlich wird die durch das Drehmoment hervorgerufene Fugalkraft durch ein differentielles Kreisdreieck dargestellt (Bild 68). Dazu stelle die Erde in den Mittelpunkt M eines Kreises und lasse den Mond auf der Peripherie mit dem Radius r kreisen. Würde die Schwerkraft plötzlich nicht mehr wirken, würde der Mond tangential weiterfliegen nach dem Trägheitsgesetz, das man leicht selbst ausprobieren kann mit einer Steinschleuder. Nach einer kurzen Zeit hätte der Mond die Strecke $v \cdot dt$ zurückgelegt, in der gleichen Zeit hat ihn jedoch die Schwerkraft zentral den Weg $g \cdot dt^2$ zur Erde gedrückt. Wir können folgende pythagoräische Beziehung ablesen:

$$(v \cdot dt)^2 + r^2 = (r + g \cdot dt^2)^2$$

Nach Ausrechnen und Kürzen

$$v^2 = 2 \cdot r \cdot g + g^2 \cdot dt^2$$

Mit $w_f = g$ für die Fugalbeschleunigung und $dt = Q$ erhält man

$$w_f = v^2 : r$$

Dabei steht der Vektor v senkrecht zu r : $v \perp r$, g ist konstant, die Norm ist pythagoräisch. Das Quadrat in dieser Beziehung ist also wieder aus der Norm entstanden und nicht aus einem physikalischen besonderen Umstand. Für die Petalbeschleunigung mit w_p ergibt sich also wie vorher

$$w_p = w_f \quad \text{oder} \quad w_p - w_f = 0$$

Damit der Mond nicht auf die Erde fällt, muss also seine Schnelle v im umgekehrten Verhältnis zum Abstand von der Erde eine bestimmte Größe aufweisen.

Setze statt der Beschleunigung den Beschleunigungsdividus der Masse ein, so erhält man

$$:mp = :mf \quad \text{oder} \quad mp = mf$$

Man kann das mit der Identität von schwerer und träger Masse deuten, wie es der Versuch von Eötvös experimentell bestätigt hat, denn mp ist die *Petalmasse*, mf die *Fugalmasse*. Die eine Masse ergibt sich von der Gravitationswirkung, die andere von der Bewegung über die *vis insita*.

Es liegt der philosophische Schluss nahe, dass dieses experimentum crucis so ausfallen muss, weil die genannte Gleichheit an der Definition der Fugalbeschleunigung liegt und mögliche Abweichungen aus der zu Grunde gelegten pythagoräischen Norm nicht messbar sind.

69.) Excenterkreisel

Keppler stellte fest, die Planeten laufen auf Ellipsen und nicht auf Kreisen, das Gleichgewicht $w_p - w_z = 0$ gilt also nicht so einfach. Die Haupteigenschaft der Ellipse ist, dass die Summe ihrer Strahlen von den beiden Brennpunkten auf einen Punkt der Ellipse eine Konstante ist. Bei den üblichen Darstellungen wird die Sonne in einen Brennpunkt gesetzt, der andere hat keine kosmische Funktion, man arbeitet vielmehr mit kleiner und großer Halbachse und der daraus abgeleiteten Exzentrizität, die man alle aber nicht sehen kann. Konstruiere deshalb eine anschauliche Darstellung, bei der auch dem anderen Brennpunkt eine kosmische Funktion zugeordnet wird.

Nehme zunächst den einfachen Fall an, ein Planet P bewege sich auf einer Kreisbahn b um die Sonne S (Bild 69A) im Punkt M . In diesem Fall ist seine Schnelle konstant, Zentripetal- und Zentrifugalkraft ist gleich groß nach dem Gesetz von *actio sit reactio*. Mit unserer Vektorendarstellung ergibt sich für die Zentrifugalkraft der Vektor $\underline{w}$ und für die Zentripetalkraft der Vektor $\underline{z}$ in gleicher Größe kollinear mit dem Angriffspunkt beim Planeten P , das Ende von $\underline{w}$ soll in M anfangen, dann läuft das Ende von $\underline{z}$ auf dem Kreis g . Da P gleiche Schnelle hat, kann der g -Kreis auch als u -Kreis gedeutet werden, wir können ihn also in gleiche Abschnitte nach der transvariablen Zeit t unterteilen. Um Verwechslungen mit der Gravitationskraft zu vermeiden, sei die Zentripetalkraft Zug genannt, weil sie den Planeten auf die Sonne zieht, und die Zentrifugalkraft Wich genannt, weil sie den Planeten entweichen lässt, und ansonsten verwende Gang und Lauf. Der Zug hat seine Ursache in der Sonne, denn er ist um so größer, je näher

der Planet der Sonne kommt, der Wich ist eine Eigenschaft seines Gangs und offenbar zunächst ebenfalls zentriert in S. Der g-Kreisel kann als Zug-Kreisel gedeutet werden, der u-Kreisel ist unsere Uhr.

Trenne nun g- und u-Kreisel und ziehe sie in der Kreiselebene auseinander. Es ergeben sich nun zwei überschneidende Kreisel, nämlich u mit dem Mittelpunkt M und g mit S, der Zugpunkt Sonne steht nun nicht mehr in der Mitte (Bild 69B). Konstruiere nun Wich und Zug, wobei zu beachten ist, dass Wich auf M gerichtet ist, Zug auf S, außerdem sollen weiter Wich und Zug zumindest gleiche Größe haben. Die Planetenbahn wird mit diesen Bedingungen eine Ellipse.

Wich und Zug haben allerdings nicht mehr die gleiche Richtung, außer in den Punkten t_Q und t_6 . Durch vektorielle Addition ergibt sich der Bahnvektor $\vec{A}$, der als Lauf gedeutet werden kann, im Bild 69B ist der Vektor entgegengesetzt zur Bahnrichtung, weil er eine Abbremsung bewirkt. Die Abhängigkeit von $\vec{A}$ ist in Bild 69C dargestellt, eine nicht einfache Funktion.

Nach dem zweiten Kepler'schen Gesetz sollen die Planeten in gleichen Zeiten gleiche Flächen überstreichen. Zur Anschauung dient Bild 49B, in dem die Segmente von P1 zu P2 usw. dargestellt sind. Einen geometrischen Beweis gibt es nicht. Die arithmetischen Beweise leiden an Vereinfachungen, weil die Ausgangs-Differentialgleichung nur näherungsweise lösbar ist, letztlich muss man immer irgendwo orthogonale Verhältnisse annehmen, die bei der Ellipse nur an den Scheitelpunkten vorkommen. Damit kann eigentlich nur der Satz für die Kreisbahn bewiesen werden, denn nur dort ist das Drehmoment, mit dem gearbeitet wird, überall orthogonal, das ist aber eine Banalität. Nach der Betrachtung der Ellipse als Kurve der Kreis-Punkt-Familie müsste der Satz auch bei allen anderen Mitgliedern dieser Familie gelten, bei der Parabel gilt der Satz aber augenscheinlich nicht. Es ist daher anzunehmen, dass der Satz nur ungefähr aufgrund der geringen Exzentrizität der Planeten im Sonnensystem gilt. Bei dieser Überlegung ist auch zu berücksichtigen, dass die überstrichene Fläche nicht unmittelbar beobachtbar ist, also sich nur indirekt rechnerisch ergibt.

Zu einer geläufig anzutreffenden Ableitung für diesen Satz sei die Bemerkung gestattet, dass die Annahme eines konstanten Drehimpulses $LV = m \cdot R^2 \cdot DV$ nur beim Kreis stimmt, bei der Ellipse setzt sich der Impuls aus dem Drehimpuls LV und dem Radialimpuls LR zusammen in einem nicht rationalen Wechselspiel, daher je größer der Radialimpuls desto ungenauer der Flächensatz.

Anzumerken ist, dass Kepler den Flächensatz selbst nur als Arbeitshypothese zum bequemeren Rechnen gebraucht hat, ursprünglich hatte er mit dem wenig bekannten Radialsatz gerechnet, der möglicherweise auch nur in den Scheitelpunkten bei orthogonalem Schnellevektor genau stimmt. Die mit den damaligen mathematischen Mitteln und Kenntnissen des Sonnensystems zu bewältigende Rechenarbeit war enorm, dabei gab der Radialsatz einen ersten Hinweis auf eine andere Kurve als den bisher angenommenen Excenterkreisel. Bei letzterem gab es keinen Sinn, dass der von ihm untersuchte Merkur im Aphel langsamer laufen sollte als im Perihel.

Die Planetenbahn als Ellipse ist eine mit der Wirklichkeit nur grob übereinstimmende Idealvorstellung im Zweikörpermodell aus verschiedenen Gründen. Mit dem oben gezeigten geometrischen Modell können aber auch weitere Feinheiten erfasst werden durch Kombination mehrerer Kreiselssysteme, die sich überlagern, um Mehrköpereinflüsse zu berücksichtigen. So ist auch das *Rosettenphänomen* beispielsweise durch Überlagerung eines weiteren Excenters qualitativ darstellbar. Man kann mit der hier gezeigten Methode also eine summative Darstellung der Planetenbewegungen erreichen.

70.) Omnium perit

Über lange Zeit beherrschte Ptolemäus das physikalische Weltbild, heute ist wenig davon übriggeblieben und mancher hält seine Ansichten sogar für eine hinderliche Fehlentwicklung. Seine Meinungen basierten größtenteils auf

einfachen und gängigen Beobachtungen, beispielsweise dass Fliegen aus Kot entstehen. So falsch ist das nicht, und eine seiner Feststellungen hat heute noch fundamentale Bedeutung, meine ich, nämlich, dass alle Bewegung zur Ruhe komme, wenn nichts auf sie einwirke. Das ist eine allgemeine Beobachtung und dem Grunde nach in allen bekannten physikalischen Vorgängen richtig. Man darf sich nicht verleiten lassen, von unserem heutigen Standpunkt aus schlauerweise festzustellen, da sei etwas anderes, nämlich die Reibung, und es fände nur eine Energieumformung statt. Die Reibung wird heute als ziemlich unklare, der Bewegung entgegengesetzte Kraft aufgefasst. Fehlt sie und auch sonst jegliche Krafteinwirkung, so soll ein bewegter Körper sich gleichförmig geradlinig fortbewegen. Experimentell ist festzustellen, dass mit geeigneten Schmiermitteln die Rutschreibung verringert werden kann, wenn die Verringerung ad infinitum fortgesetzt werde, würde folglich die Reibung aufhören und die gleichförmig geradlinige Bewegung sich einstellen. Tatsächlich ist das jedoch nicht zu erreichen, es muss also einen allgemein physikalischen Grund für den Stillstand geben.

Nun basiert sämtliche Reibung grob gesagt auf der Berührung von Körpern. Da alle Körper aus einem Agglomerat von Punkten bestehen, können wir den kleinsten Fall untersuchen, nämlich zwei Punkte des kleinsten Maßes berühren sich. Die zwei Punkte berühren sich dann im dem Sinne, dass dazwischen kein anderer Punkt sitzt, Zwischenräume gibt es ja zwischen dem kleinsten Maß nicht. Zwischen den beiden Punkten besteht ein *Zug*, wobei es für unsere Überlegung in diesem Stadium dahingestellt sein kann, ob es sich um eine atomare, molekulare, gravitationelle oder was auch immer für eine Kraft im weiteren Sinne handelt. Aus der Beobachtung der Himmelskörper ist zu schließen, dass dieser Zug über jede feststellbare Entfernung wirkt. Daraus folgt, dass, da es keine Berührung im herkömmlichen Sinne beim kleinsten Maß gibt, ein Zug und damit eine Reibung und damit eine jeder Bewegung konträre Kraft immer und überall zwischen einem Bezugskörper und einem dazu bewegten Körper gibt, denn was für den einfachsten Fall im kleinsten Maß gilt, ist auch bei Agglomeraten richtig.

Eine gleichförmig geradlinige Bewegung könnte es daher nur geben, wenn es nur einen einzigen Körper gäbe. Da aber Bewegung immer relativ zwischen mindestens zwei Körpern besteht, ist eine geradlinige Bewegung keine physikalische Realität, sondern nur eine gedachte Grundvorstellung. Der Wahrheitsgehalt physikalischer Gesetze muss daher in Stufen betrachtet werden:

- a) in der ersten Stufe liegt eine Idealvorstellung zugrunde, die im Groben mit der Realität übereinstimmt,
- b) die zweite Stufe bezieht den allgegenwärtigen Zug oder Wich mit ein, was bereits eine mathematisch komplizierter zu erfassende Annäherung ergibt,
- c) in der dritten Stufe berücksichtigen wir den Rücklauf der Info,
- d) die vierte Stufe zieht die Rückkopplung des Beobachtungsapparates mit ein und endet in Wahrscheinlichkeitsaussagen.

Bleibe bei der zweiten Stufe und überlege die Auswirkungen einer universellen Reibung im Weltall, bei der wir in Bezug auf den Zug zwischen zwei Körpern von der Gravitation sprechen. Der Zug gibt Reibung, also auch die Gravitation. Betrachte das Erde-Mond-Sonne-System (Bild 70), dort ist bekannt, dass bei nördlicher Lage sich die Sonne mit 25 siderischen Tagen vierzehn mal schneller um ihre Achse dreht als die Erde sich um die Sonne. Ähnliche Verhältnisse sind beim Mond im Verhältnis zur Erde zu finden mit einem Faktor von 27. Bekannt ist weiter, dass sich der Mond jährlich zentimeterweise von der Erde entfernt, als Grund wird ein Rotationsverlust durch Deformationsreibung im Zusammenspiel mit dem Impulserhaltungssatz angegeben. Das mag sein, ist aber als vollständige Erklärung nicht einleuchtend, weil es ein Gesetz der ersten Stufe, also eine Idealvorstellung voraussetzt, die im Mikrobereich nicht beweisbar ist. Außerdem wird das Erde-Mond-System abgekoppelt, was nicht der Wirklichkeit entspricht, denn das Gravitationsfeld der Sonne ist in diesem System weder vernachlässigbar noch

homogen.

Nehme die zweite Stufe und fassen das die Himmelskörper umgebende Gravitationsfeld als Medium auf, so ergeben sich verschiedene Mitnahmeeffekte für einen auf seiner Bahn um die Sonne elliptisch kreisenden und um seine eigene Achse rotierenden Himmelskörper:

A) auf der Ostseite der Ekliptik erfährt er einen Druck, auf der Westseite einen Sog, sein Umlauf um die Sonne wird schneller, damit seine Fluchtschnelle größer, er entfernt sich von der Sonne,

B) durch die Eigenrotation erfährt er bei gleichsinniger Rotation einen Sog ins Weltall (*Magnuseffekt*), sonst zur Sonne

C) Seine elliptische Bahn wird zu einer aufweitenden Rosette

Arithmetisch könnten diese Effekte berechnet werden mit den Formeln für die Reibung in Fluiden, wenn die offenbar äußerst geringe Viskosität des Gravitationsfeldes bekannt wäre. Sie ist wohl sehr gering, sodass die genannten Effekte nur in starken Gravitationsfeldern festgestellt werden können. Beim Merkur, der im starken Gravitationsfeld der Sonne kreist, ergibt sich eine messbare Perihelverschiebung, die hierin möglicherweise teilweise ihre Begründung haben kann.

Die Rosette lässt sich mit der hier gezeigten Ellipsendarstellung unter Anwendung eines weiteren Kreisels um den Sonnenmittelpunkt konstruieren. Dieses Verfahren ist mit allen anderen Kreiseffekten möglich, sodass die Bahn B eines Himmelskörpers als die Summe seiner Kreise V dargestellt werden kann

$$B = \sum |V| r/w/o |Z$$

71.) Transport

Steige in die dritte Stufe ein und berücksichtige, dass der Beobachter sich nicht gleichzeitig am Standpunkt und am Punkt eines zu messenden Ereignisses befinden kann, er also eine Info am Standpunkt abwarten muss, so muss man den Transport der Info in die Bewegungsgleichung einarbeiten. Gehe wieder aus vom Versuch mit dem Wagen und der Taube, stelle nun einen Zug mit sechs Wagen in der Länge von je einer Einheit zusammen (Bild 71A), die Länge des Zuges sei deshalb Hw. Der Standpunkt habe den Koordinatenpunkt P0, wenn der Zug mit seinem Heck bei P0 ist, befindet sich sein Bug bei P6. Die Koordinaten des Zuges seien mit Strich gekennzeichnet, im Zeitpunkt t0 ist also P0#P'0 und P6#P'6. Der Zug fahre mit der Schnelle Vw#2, die Taube fliege mit Vt#3. Lasse nun die Taube zur Zeit t0 von P'6#P6 nach P0 fliegen, und stelle fest, wann sie dort ankommt.

a) Fliegt sie am Damm, kommt sie nach zwei Takten an, es gilt

$$t = Hw : Vt \quad [71A]$$

b) Fliegt die Taube zunächst im Zug, dann benötigt sie für die Strecke im Zug zwei Takte. Nach einem Takt ergibt sich der Zustand nach Bild 71B, das Heck des Zuges mit P'0 ist bei P4 angelangt. Nun hat sie noch die Strecke von P4 bis P0 zu machen, das schafft sie in 4/3 Takten, also insgesamt benötigt sie 10/3 Takte. Es gilt für die Strecke im Zug, wo die Luft mitgenommen wird, das Medium also relativ zum bewegten System mitgenommen wird

$$t1 = Hw : Vt$$

und für die Reststrecke Hr nach Austritt aus dem Zug bis zum Standpunkt

$$t2 = Hr : Vt \quad \text{wobei}$$

$$Hr = Vw : Vt \cdot Hw$$

Das ergibt nach Umformung für die gesamte Zeit

$$t = t1 + t2 = Hw : Vt \cdot (1 + Vw : Vt) \quad [71B]$$

Die Zeit verlängert sich also um einen korrigierenden Faktor des Typs $1 + v : v$.

c) Wandle den Fall ab und lassen nun die Taube wieder die Strecke von sechs Wegeinheiten zu uns an den Standpunkt übers Meer mit der Teilstrecke von zwei Einheiten H1#2 fliegen, wo ein scharfer Gegenwind herrsche mit V1#2 (Bild 71C). Für die Strecke über dem Meer gilt

$$t1 = H1 : (Vt - V1)$$

und für die Zeit t0 der Reststrecke H0

$$t0 = H0 : Vt$$

zusammen also $t0 + t1 = t$

$$t = H_0 : V_t + H_1 : (V_t - V_1)$$

in unserem Beispiel ausgerechnet wieder $10/3$, die Taube braucht also bei geeigneten Parametern die gleiche Zeit. Die Gegenwindstrecken lassen sich variieren, setze $V_0 \neq Q$ so kann man allgemein schreiben

$$t = |H_x : (V_t - V_x) | Z; x \neq 0/a$$

d) Untersuche noch einen von a) abgewandelten Fall: der Zug fahre mit der Schnelle V_w , die Taube starte bei t_0 im Innern des Zuges an der Spitze, der sich bei P_6 befindet, wenn die Taube im Zug auf gleicher Höhe mit dem Außenpunkt P_6 liegt, fliegt sie heraus und setzt ihren Weg fort bis zum Standpunkt und frage wieder nach der benötigten Zeit (Bild 71D). H_1 sei die Strecke von der Spitze des Zuges bis P_4 , die Reststrecke sei H_0 . Es ergibt sich

$$t_1 = H_1 : (V_t - V_w)$$

$$t_2 = H_0 : V_t \quad \text{und für } t_1 + t_2 = t$$

$$t = H_0 : V_t + H_1 : (V_t - V_w)$$

Das ergibt also die gleiche Zeit wie beim Versuch c). In diesem Fall ist sogar die Frequenz gleich, denn die Formel für die Flugzeit ist gleich.

Nachdem es in unserem System nur Punkte zu verschiedenen Zeiten gibt, kann dahin stehen, warum die Taube langsamer fliegt, der Gegenwind kann nach klassischer Auffassung auch eine nicht näher bekannte Reibung sein. Auch eine Raumverlängerung oder Zeitverkürzung könnte man annehmen, sie führen alle zur Beobachtung am Standpunkt einer verlängerten Flugzeit. Aus der Info der ankommenden Taube ist nicht ohne weiteres ersichtlich, wie das Experiment gestaltet war. Für die mathematische Darstellung gibt es jedenfalls mehrere Möglichkeiten, je nachdem man sich den Flug der Taube im Experiment nach der Info vorstellt.

Betrachte viele Tauben, ergibt sich als Info die Schnelle jeder ankommenden Taube, die Frequenz regelmäßig abgesandter Tauben und die Anzahl der Tauben. Die damit erreichbaren Parameter sind jedoch nicht eindeutig, sie lassen verschiedene Interpretationen zu. Für unsere weiteren Überlegungen ist der Versuch c) und d) interessant, nachdem sich weder aus der Schnelle noch einer Frequenz der Versuch eindeutig ermitteln lässt.

72.) Licht

Was wir mit dem Gesichtssinn wahrnehmen, sind beleuchtete Körper, im Dunkeln sehen wir nichts, wir erkennen deshalb unsere Punkte im Raum durch das physische Medium des Lichtes. Körper und Licht wollen wir unterscheiden, wir fragen also, was das Licht sei. Was das Auge sinnlich erfährt, nennen wir umgangssprachlich Licht, genauer betrachtet sprechen wir von Licht, wenn eine Lampe scheint oder ein Stern strahlt. Physikalisch ist das nur eine Lichtquelle, wer im Schatten steht, sieht diese nicht, er kann aber den Widerschein eines beschienen Körpers erkennen. Dieser Körper ist aber auch nicht das Licht, wenn man die Quelle abdunkelt, sieht man den Körper nicht. Es kann also nur dasjenige Licht sein, was zwischen der Quelle und dem Körper liegt. Daraus ist zu schließen, dass das Licht von der Lichtquelle zum beschienen Körper gelangt, Licht ist also der Träger des Scheins, der unser Auge erreicht. Zwischen Quelle und Körper sehen wir aber nichts, Licht selber ist daher unsichtbar. Das bedeutet, ein Raum kann von Licht erfüllt sein, ohne dass wir etwas sehen.

Untersucht man nun die Eigenschaften des Lichtes, muss man vom Schein ausgehen und Rückschlüsse über das Licht anstellen. Eine der auffälligsten Eigenschaften des Lichtes ist seine Ausbreitungsschnelle, also die Relation der Zeit zu einer Strecke. Hierzu wird die Zeit gemessen, die ein zeitlich kurzer Schein, der Signal heißen soll, für den Durchlauf einer Strecke benötigt. An Versuchen hierzu gibt es direkte, welche nur die bisherigen Raum- und Zeitbegriffe benutzen, und indirekte, welche weitere möglicherweise abhängige Eigenschaften des Lichtes voraussetzen, zum Beispiel die Interferenz. Letztere sind daher zunächst für uns unbrauchbar. Aber auch bei ersteren sind Kunstgriffe nötig wegen der hohen Schnelle. Der einfachste Kunstgriff besteht darin, das Signal über eine Strecke zu einem Spiegel hin und zurück zu leiten und damit am Standpunkt die Zeitdifferenz

des abgesandten mit dem zurückkommenden Signal zu vergleichen, praktisch verwendet man dazu eine größere horizontale Strecke. Die so ermittelte mittlere Schnelle für den Hin- und Rückweg von 300T km/s für das Vakuum ist bei allen Versuchen auf der Erde konstant, die gleiche Schnelle im Hinweg zum Rückweg ist damit allerdings nicht bewiesen und damit nicht die Konstanz der Lichtschnelle.

Diesen Beweis könnte man erleichtern mit einer sehr kurzen Strecke. Die indirekten Versuche kommen mit kürzeren Strecken aus, erlauben aber zunächst nur Aussagen über die Wellenschnelle oder die Gruppenschnelle, die mit der Signalschnelle nicht notwendigerweise gleich sein müssen. Eine entsprechende Anordnung mit ähnlicher Fragestellung hatte der Versuch von Michelson und Morley, die feststellen wollten, ob die Schnelle des Lichtes von der Richtung der Eklipse abhängt, das Ergebnis war innerhalb der möglichen Messgenauigkeit: nein, was zu den gegensätzlichsten Interpretationen geführt hatte. Einstein postulierte in der speziellen Relativitätstheorie die Konstanz der Lichtschnelle in allen Inertialsystemen und benützte zur mathematischen Darstellung der Folgerungen für Raum und Zeit die Lorenztransformationen. Schau das einmal näher an.

Die Transformation hatte *Lorenz* entwickelt, um eine Überleitung der Maxwell'schen Gleichungen in bewegten Systemen herzustellen, weil dort eine Kombination von konstanten Faktoren vorkommt, die unabhängig von der Bewegung des Systems sind. Die gängige Ableitung für den Fall eines auf der x-Achse fahrenden Zuges mit einem Signal irgendwo in den Raum sieht folgendermaßen aus:

Die Bewegungsgleichung des Signals vom Damm mit der Lichtschnelle c ist

$$x^2 + y^2 + z^2 = c^2 \cdot t^2 \quad [72A]$$

und vom Zug

$$x'^2 + y'^2 + z'^2 = c^2 \cdot t'^2 \quad [72B]$$

Für die Transformation wird versuchsweise

$$\begin{aligned} x' &= k \cdot (x - v \cdot t) \\ t' &= m \cdot (t - n \cdot x) \end{aligned}$$

angesetzt, außerdem wird $y=y'$ und $z=z'$ angenommen. Einsetzen und Umformen ergibt

$$\begin{aligned} &x^2 \cdot (k^2 - m^2 \cdot n^2 \cdot c^2) - x \cdot t \cdot 2 \cdot (k^2 \cdot v - m^2 \cdot n \cdot c^2) + y^2 + z^2 \\ &= c^2 \cdot t^2 \cdot (m^2 - k^2 \cdot v^2 : c^2) \end{aligned}$$

Die sich ergebenden Faktoren sind so zu wählen, dass uneingeschränkt die Bewegungsgleichung vom Damm gilt, also

$$\begin{aligned} 1 &= k^2 - m^2 \cdot n^2 \cdot c^2 \\ 0 &= k^2 \cdot v - m^2 \cdot n \cdot c^2 \\ 1 &= m^2 - k^2 \cdot v^2 : c^2 \end{aligned}$$

woraus $m=k \cdot (1-v^2:c^2)^{:2}$ und $n=v:c^2$ abzuleiten ist. Man erhält für x' und t'

$$x' = (x - v \cdot t) : (1-v^2:c^2)^{:2} \quad [72C]$$

$$t' = (t - x \cdot v : c^2) : (1-v^2:c^2)^{:2} \quad [72D]$$

[72C] und entsprechend [72D] lässt sich mit

$$(1-v^2:c^2)^{:2} \# F \text{ darstellen}$$

$$x = x' \cdot F + v \cdot t \quad [72E]$$

$$t = t' \cdot F + x \cdot v : c^2 \quad [72F]$$

woraus eine Veränderung von Länge und Zeit des Zugsystems im Vergleich zur Galilei'schen Transformation ersichtlich ist, wo Länge und Zeit gleich bleiben. Wie das interpretiert werden muss, ist noch zu untersuchen. Im Falle $v \# 0$ ergibt sich $x=x'$ und $t=t'$, für $v \# c$ erhalten wir aus [72F] das banale Ergebnis $x=c \cdot t$, die Zugzeit t' ist verschwunden, muss also 0 sein.

Man fragt sich, ob man Einsichten nicht einfacher haben kann, zumal die obige Festsetzung von $x=x'$ und $y=y'$ nicht begründet erscheint. Betrachte dazu weiter vereinfachend auch das Signal in x-Richtung:

$$x = c \cdot t \quad \text{es soll Galilei'sch gelten} \quad [72G]$$

$$x' = x - v \cdot t \quad \text{und fordern zusätzlich auch} \quad [72H]$$

$$x' = c \cdot t' \quad [72I]$$

Man erhält mit einfacher Rechnung folgende Zusammenhänge:

$$x' = x \cdot (1-v : c) \quad [72J]$$

$$t' = t \cdot (1-v : c) \quad [72K]$$

$$\begin{aligned} v &= c \cdot (1-x':x) \text{ , mit } (1-v:c)^{\#f} & [72L] \\ x' &= x \cdot f & [72M] \\ t' &= t \cdot f & [72N] \end{aligned}$$

Die Transformation hat arithmetisch die gleichen extremen Eigenschaften wie oben, für $v \neq 0$ ergibt sich $x=x'$ und $t=t'$, für $v \neq c$ wird $x'=0$ und $t'=0$, die Längen, was das hier auch immer bedeuten mag, schrumpfen auf nichts und die Zeit steht still.

Der Faktor f lässt sich mit gleichen extremen Eigenschaften, aber anderem Zwischenverlauf in der allgemeinen Form $f = (1 - v^2/c^2)^{1/2}$ darstellen, weitere Variationen würden sich mit anderen Modi ergeben. Im Bild 72 sind einige Kurvenverläufe im üblichen 9-er Modus dargestellt. Die Schnelle v lässt sich vom Zug aus allerdings nicht mit der Zugzeit t' darstellen, die Reisenden wären auf die Dammzeit t angewiesen, die sie wiederum nur aus der Länge x vom Damm wissen können über $t=x:c$.

Die quadratische Dilatation der Lorenzformel ist also durch das arithmetische System bedingt, hier speziell durch den Modus, bei Verwendung anderer Modi könnte auch mit anderen Logarithmen gearbeitet werden. Ob die quadratische Form der Realität entspricht, kann wegen der minimalen Abweichungen wohl kaum festgestellt werden, vorausgesetzt die Grundannahmen sind zutreffend.

73.) Inertia

Inertialsysteme sind per definitionem kräftefrei, insbesondere wirkt keine Gravitation. Dort soll ein Körper in gleichförmiger geradliniger Bewegung verharren. Geradlinig ist dabei räumlich gemeint. Allein um den Raum zu bestimmen, brauchen wir vier Punkte und im physikalischen Raum also vier Körper, dazu noch den bewegten Probekörper. Jeder Körper gravitiert, eine gleichförmig geradlinige Bewegung ist damit schlicht nicht möglich, weil wir bereits für die geradlinige Bewegung vier gravitierende Körper voraussetzen müssen. Ein Inertialsystem gibt es nicht, allenfalls angenäherte. Das gesamte Gebäude der Physik beruht damit auf einem Ausgangsgesetz, das in logischem Widerspruch zur empirisch begründeten Annahme steht, dass es keine Gravitationsschatten gibt. Das gilt genauso für die Relativitätstheorie wie für die Quantentheorie, bei ersterer muss mindestens die Existenz eines hinreichend kleinen Inertialraumes angenommen werden, von dem die relativistischen Abweichungen ausgehen können, bei letzterer breiten sich die Teilchenwellen nach den mathematisch klassischen Wellenformeln aus, also nach der behandelten Orthogonalität.

Schaue einmal das Newton'sche *Gravitationsgesetz* an, die übliche Herleitung geht vom dritten Kepler'schen Gesetz als Grundgesetz aus. In der Beobachtung stimmen alle drei Kepler'schen Gesetze jedoch nicht genau, Keplers Herleitung ist nicht deduktiv, es sind Rechnungen, um die Apsidenwerte des Mars von Tycho Brahe besser als bisher zu approximieren, sie waren dann auch besser als die bisherige Epizyklen-theorie des Ptolemaios oder Kopernikus' kombinierte Sonnen-exzentrische Kreistheorie und natürlich auch Brahes eigenwillige Erd-exzentrische Kreistheorie.

Das dritte Kepler'sche Gesetz lautet

$$r^3 : T^2 = C \quad [73A]$$

für alle Planeten im Sonnensystem. Dabei ist r der mittlere Radiusvektor der Sonne zum Planeten und T die Umlaufszeit des Planeten im Koordinatensystem der fernen Galaxien. Im Kreis ermittelt sich die Fugalkraft zu

$$F_f = m \cdot v^2 : r = m \cdot (4\pi \cdot r : T)^2 : r \quad [73B]$$

Mit [73A] erhält man

$$F_f = C \cdot m \cdot (4\pi : r)^2 \quad [73C]$$

Umformung und Erweiterung mit der Sonnenmasse M ergeben

$$F_f = (C : M \cdot 16\pi^2) \cdot (M \cdot m : r^2) \quad [73D]$$

Mit G für den ersten Term, der *Gravitationskonstante* genannt wird also

$$F_f = G \cdot M \cdot m : r^2 \quad [73E]$$

Vergegenwärtigt man sich diese Zusammenhänge attributiv mit Zusatz der Dimensionen, so erhalten wir

$F_{\ddot{u}} = m_{\ddot{u}} \cdot \ddot{u} = F_-$
 Die Kraft ist ein Doppelvektor, ein solcher hat eine sich aufhebende Dimension.

$$[73A] \quad (r_o)^3 : (T_u)^2 = C_o^3 \ddot{u}^2 \quad \text{oder} \\
 (r_o : T_u)^2 = C_o^3 \ddot{u}^2 : r_o$$

$$[73D] \quad F_{\ddot{u}} = (C_o^3 \ddot{u}^2 : M_{\ddot{u}}^2 \cdot 16p^2) \cdot (M_{\ddot{u}}^2 \cdot m_{\ddot{u}}^2 : r_o^2)$$

Die Gravitationskonstante hat also die Dimension $(\ddot{u})^2$, für die sonst keine Größe zur Verfügung steht. Man muss sich deshalb die Zusammensetzung vergegenwärtigen und sich im klaren sein, dass die enthaltenen Größen als konstant vorausgesetzt sind.

Zunächst ist festzuhalten, dass

- die Kreisbeschleunigung nur ungefähr bei der Ellipse stimmt,
- stillschweigend die Fugalkraft gleich der Petalkraft gesetzt wurde, das ist beim Kreis zutreffend, bei der Ellipse nicht. Die Kräfte sind verschieden radial gerichtet wie Wich und Zug und haben deshalb eine Resultierende, nämlich die Bahnbeschleunigung oder Bahnbremmung verursachende Kraft,
- die Gravitationskonstante G die Sonnenmasse M enthält und das Gravitationsgesetz ebenfalls, eine Übertragung des Gesetzes auf andere als das Sonnensystem ist prima vista nicht gewährleistet,
- das Gesetz bei kleinen Entfernungen zu unsinnigen Ergebnissen führt, wenn $r \# Q$ erhält man $F_{\ddot{u}} = Q$, daran ändert sich auch nichts, wenn man sich die Masse eines Körpers physikalisch völlig unrealistisch in einem Punkt vereint denkt,
- ein Ausdruck für die Trägheit, die Inertia, benützt wird, obwohl eine solche in der physikalischen Realität nicht vorkommt, also das Galilei'sche Trägheitsgesetz nur ein Modellgesetz ist.

Das Gravitationsgesetz gibt also nur eine Näherung erster Stufe bei astronomischen Entfernungen, und das auch nur beim Zweikörpermodell. So braucht zum Beispiel die Brown'sche Mondtheorie allein über tausend Terme, um die Mondbahn mit der vor einem Jahrhundert möglichen Beobachtungsgenauigkeit darzustellen.

Bei der Betrachtung des Fallgesetzes im All sind wir auf die quadratische Funktion über die Flächenwirkung gekommen, die räumliche Ausdehnung der Körper haben wir dabei vernachlässigt, sodass bei kurzen Entfernungen die quadratische Form nicht stimmen kann.

Um den Kollaps bei starker Annäherung der Körper zu vermeiden, dürfte das Gravitationsgesetz keinen Pol haben. Auf Grund der geometrischen Verhältnisse ist man versucht, die Winkelfunktionen zu Hilfe zu nehmen. Diese sind aus Teilsummen zusammengesetzt, es erscheint deshalb sinnvoll, gleich auf die Exponentialfunktion als Grundfunktion überzugehen, weil dort alle Teilsummen vertreten sind.

Der Ansatz eines Zug-Grundgesetzes könnte dann vom ersten Körper mit der Masse m_1 so aussehen mit einer Dimensionskonstanten K:

$$F_{p1} = K \cdot m_1 : A_1 \cdot (B_1 \cdot r + C_1) \quad [73F]$$

Entsprechend gilt für den zweiten Körper mit der Masse m_2 , der F_{p1} entgegengerichtet ist

$$-F_{p2} = K \cdot m_2 : A_2 \cdot (B_2 \cdot r + C_2) \quad [73G]$$

Für den Gesamtzug ergibt sich demnach, wenn man $A_1, B_1, C_1 \# A_2, B_2, C_2$ annimmt

$$F_{p1} - F_{p2} = K \cdot (m_1 + m_2) : A \cdot (B \cdot r + C) \quad [73H]$$

Im Falle m_1 zu m_2 riesengroß ist wie beim Verhältnis Sonne zur Erde, kann die kleine Masse vernachlässigt werden, man setzt $m_1 + m_2 \# M$:

$$F_p = K \cdot M : A \cdot (B \cdot r + C) \quad [73I]$$

Bei großer Entfernung hat das Gesetz ähnliche Werte wie das reziproke quadratische bei geeigneter Wahl der Parameter, bei $r \# Q$ ist der Zug von $:Q$ verschieden, er ist endlich.

74.) Massenpunkte

Man könnte einwenden, das Gravitationsgesetz gilt nicht bei naher Begegnung eines kleinen Körpers P mit einem großen Körper M° , weil auch noch die Ausdehnung des Körpers M° in die Betrachtung einfließt. Die Überlegung kann

mit einer extrahierten Betrachtung verdeutlicht werden. Der große Körper M° bestehe aus vielen Massepunkten, die ihrerseits durch ihre Gravitation zusammenhalten. Aus dem großen und daher kugeligen Körper M° betrachte zwei gleiche Massepunkte M' und M'' , die sich auf dem Durchmesser des Körpers M° gegenüberliegen. Der kleine Körper P falle auf den Körper M° genau in seine Mitte, die Punkte M' und M'' sollen zu jeder Zeit gleich weit von P entfernt sein (Bild 74A). In das Gravitationsgesetz geht die Masse des Körpers M° linear ein, das heißt, seine Massen addieren sich. Betrachte jetzt die Kraft F' aus der Teilmasse M' , für die gilt im Verhältnis zu P mit der Masse m :

$$F' = G \cdot M' \cdot m : r'^2 \quad [74A]$$

Dabei ist r' die Distanz des Punktes P zu der Teilmasse M' . Genauso gilt

$$F'' = G \cdot M'' \cdot m : r''^2 \quad [74B]$$

Da F' und F'' gleichzeitig einwirken, ist die wirksame Distanz aber r° , nämlich der Additionsdistanzvektor von r' und r'' . In [73A] ist daher r' durch r° zu ersetzen. Es gilt

$$r'^2 = r^{\circ 2} + H'^2 \quad [74C]$$

wobei H der Distanzvektor von M' und zu M'' sei, im Mittelpunkt M von M° seien diese Vektoren H' und H'' . Also

$$F' = G \cdot M' \cdot m : (r^{\circ 2} + H'^2) \quad [74D]$$

Ist nun P im Mittelpunkt des Körpers M° angelangt mit $r^\circ = 0$, wirken auf ihn die Kräfte

$$F' = G \cdot M' \cdot m : H'^2 \quad \text{und} \quad [74E]$$

$$F'' = G \cdot M'' \cdot m : H''^2 \quad [74F]$$

Da die Beträge von M' , M'' , H' und H'' gleich sind, H' und H'' aber entgegengerichtet sind, ergibt sich

$$F' = -F'' \quad \text{oder} \quad [74G]$$

$$F' + F'' = 0$$

Was heißt, dass im Mittelpunkt auf P keine Gravitationskraft wirkt (siehe Bild 74B). Dies gilt für jedes Paar von M' und M'' , sodass allgemein für die Summe $M'Z$ und $M''Z$ aller Paare gilt

$$F'Z + F''Z = 0 \quad [74H]$$

Um den Zugverlauf für eine Kugel, wie sie ein Planet darstellt zu beurteilen, müssen wir die Betrachtung erweitern. Die Kugel hat die Eigenschaft der radialen und axialen Symmetrie, es lassen sich also zu jedem Punkt der Kugel ein weiterer axial symmetrischer Punkt angeben, der zu einem entfernten Punkt auf der Achse der Kugel den gleichen Abstand hat. Auf der axialen Schnittebene dieser Punkte lassen sich zwei weitere Punkte symmetrisch zu den vorigen in Bezug auf den Mittelpunkt der Kugel angeben (siehe Bild 74C). Mit derartigen vier Punkten lassen sich alle Massenpunkte einer Kugel darstellen. Wenn daher für solch ein beliebiges Punktequartett sich der gemeinsame Massenmittelpunkt nicht im gemeinsamen Zentrum, nämlich dem Kugelmittelpunkt befindet, ist die Annahme des Massenmittelpunktes im Zentrum der Kugel nur eine Annäherung für entfernt wirkende Kräfte, denn was für einzelne gilt, muss auch für die Summe aller Punkte gelten.

Untersuche das. P sei ein auf der Achse der Kugel befindlicher entfernter Massenpunkt, $P1'$ und $P1''$ seien die auf der nahen Seite dem Punkt P zugewandten Punktmassen, $P2'$ und $P2''$ die auf der entfernten Seite befindlichen Punktmassen, die Verbindungslinien der Punkte sollen die Achse in den Punkten $P1$ und $P2$ schneiden.

Die Punktmasse P wirkt auf $P1'$ mit der Kraft $F1'$ und auf $P1''$ mit $F1''$, wegen der Symmetrie ist der Betrag und der Winkel zur Achse $P-M$ von $F1'$ und $F1''$ gleich groß, auf $P2'$ und auf $P2''$ wirken die Kräfte analog. Für beide nahen Punkte $P1'+''$ lässt sich unter Aufspaltung der Kräfte $F1'+''$ jeweils eine auf den Mittelpunkt der Kugel von P aus wirkende Kraft $F1$ angeben, die für beide Punkte gleich groß und gleichgerichtet ist, sowie jeweils eine senkrecht auf der Achse stehende Komponente F° , die jeweils entgegengesetzt ist und die sich beide gegenseitig aufheben, wirksam bleibt also nur die axiale Komponente $F1$. Bei den fernen Punkten ist es entsprechend die Kraft $F2$.

Zunächst kann man Extremwerte betrachten:

- a) der Massepunkt P ist unendlich weit entfernt. Die Entfernung der Punkte spielt praktisch keine Rolle, wie oben ergäbe sich der rechnerische Mittelpunkt der vollen Kräfte im Zentrum der Kugel.
- b) der Punkt P befindet sich genau zwischen den beiden ersten Punkten P1, deren Kräfte heben sich auf, wirksam sind nur die Kräfte der entfernten Punkte P2, der Zug auf jeden Punkt einzeln wirkt also Richtung Zentrum der Kugel, die Summe der axialen Kräfte wird geringer mit dem Kosinus des Winkels der Einzelkräfte.
- c) der Punkt P befindet sich im Zentrum der Kugel, die Kräfte aller Punkte sind gleich groß, heben sich daher auf, es wirkt keine resultierende Kraft. Im Zentrum der Kugel herrscht keine Gravitation, aber auch nur dort.
- d) die Punkte P1 und P2 fallen jeweils zusammen, befinden sich also auf der Mittelachsebene der Kugel, der rechnerische Mittelpunkt liegt immer vor dem Zentrum der Kugel. Wegen der seitlich ausfallenden Kraftkomponente ist die Gesamtkraft geringer, als wenn die Massepunkte zentriert wären.

Von den untersuchten Extrempunkten gibt es keinen mit Massenmittelpunkt hinter dem Zentrum der Kugel, aber solche davor. Wenn die Annahme des Massenmittelpunktes im Zentrum richtig und nicht nur eine Näherung sein soll, müsste diese Bedingung für jede Anordnung dieser vier Punkte gelten. Die Betrachtung mit vier Punkten ist zunächst nur gültig für den zweidimensionalen Fall einer runden Scheibe. Die obigen Überlegungen lassen sich ebenso mit acht symmetrischen Punkten anstellen mit den gleichen Folgen, die Gravitation ist dann in drei Komponenten aufzuteilen, und nicht nur zweie, sodass sich der Verkürzungseffekt noch steigert. Die Abweichungen kompensieren sich auch nicht, weil sie von der Stellung des fernen Punktes und nicht der Kugelpunkte abhängen. Den Verlauf der Kräfte F1, F2 und F1+2 zeigt Bild 74D.

Zu der üblichen Ableitung für die Zentrums-Annahme sei gestattet, darauf hinzuweisen, dass die Voraussetzung für die Fläche eines Massenabschnittes mit dem Differential $dA = (4\pi \cdot R \cdot \sin V) \cdot (R \cdot dV)$ unexakt in dem Glied $R \cdot dV$ ist. Um zu einem allgemeinen Gravitationsgesetz zu kommen, müssen alle elementaren Gravitationswirkungen erfasst, vektoriell berechnet und summiert werden, und zwar für beide Körper. Ohne generalisierende Betrachtung wird man dabei kaum fertig werden.

Es zeigt sich, dass wohl alle mit den bisher entwickelten Methoden aufgestellten Gesetze von irrealen Annahmen ausgehen. Ein Ausweg aus dem philosophischen Dilemma findet sich nur, wenn man diese Annahmen nicht als das eigentliche Gesetz ansieht, sondern als Spezialfälle einer elementaren Konstellation, die es praktisch nicht gibt.

75.) Lex principalis

Überlege nun, welche der bisher verwendeten kinematischen Begriffe eigentliche Naturgesetze sind und welche nicht. Dazu zunächst eine Vorüberlegung, was ein Naturgesetz sein soll und was nicht, und was soll das andere sein soll. Allgemein wird als *Naturgesetz* ein mathematisch formulierbarer natürlicher Vorgang angesehen, der eine quantitative Voraussage erlaubt. Damit wären alle mathematischen Formeln für irgendwelche Vorgänge Naturgesetze. Solche Formeln sind nie ohne nähere Beschreibung der verwendeten Zeichen verständlich, außerdem werden fast immer in der Formel nicht erwähnte Voraussetzungen gemacht, die grundlegend nötig sind. Bekannteste Voraussetzung für die Bewegungsgleichungen von Massen ist die Berechnung einer Masse von ihrem Schwerpunkt. Hierzu gehört, dass es möglich sei, den Schwerpunkt einer Masse zu ermitteln und dass alle geometrischen Werte von diesem Schwerpunkt singulär angesetzt werden können. Das ist wie oben erörtert beileibe nicht der Fall in Betracht einer sehr kleinen Masse in der Nähe einer sehr großen. Wenn die Annahme dort nicht gilt, gilt sie genau in Betracht weit entfernter Massen auch nicht exakt, sondern nur in vernachlässigbarer Genauigkeit. Anderes Beispiel ist die Voraussetzung eines Inertialraumes für das Gesetz von der gleichförmigen geradlinigen Bewegung, da es einen solchen Raum nicht gibt, kann es

diese Bewegung auch nicht geben, es ist eben alles krumm in der Welt, nur im Kopf bringen wir gerade Dinge hin, und dort macht uns das Krumme paradoxerweise zu schaffen.

Man könnte die Liste fortsetzen und wird finden, das es kein exaktes Naturgesetz gibt, sondern nur solche für irgendwelche Bereiche in vernachlässigbarer Ungenauigkeit. Das scheint im Widerspruch zu den mathematischen Formeln einiger bereits erwähnter Gesetze zu stehen, denke an Newton's Kraftgesetz $f=m.w$. Was wird in diesem Gesetz ausgesagt, was ein natürlicher Vorgang darstellt mit quantitativer Voraussage? Eigentlich nichts, denn bekannt ist lediglich, was eine Beschleunigung w ist und was eine Masse m sein soll, aber eine Kraft f ist in unserem System nicht erkenntlich, wir kennen bloß Punkte im Versuchs- und im Vergleichsraum. Das Kraftgesetz wird vielfach angesehen als Bestimmungsgleichung der Kraft, der Masse oder der Beschleunigung. Wir sagen, es ist nur eine solche für die Kraft, denn von drei verwendeten Begriffen sind zweie bereits bekannt, der dritte nicht, folglich liegt eine Definition in Form einer plikativen Zuordnung $f \# m.w$ vor. Bezeichne solche Gesetzte als *Scheingesetze* in Anlehnung an den Begriff der Scheinkräfte.

Interessant ist Newton's Darstellung, denn er stellt zunächst Definitionen auf. Dabei wird in der zweiten bestimmt, dass die Menge des Impulses das Maß desselben ist, was von der Geschwindigkeit und der Masse herrühre, in der vierten wird bestimmt, dass eine ausgeübte Kraft ein Vorgang auf einen Körper sei, um dessen Zustand, nämlich Ruhe oder gleichförmige Bewegung, zu ändern. Dann stellt er im zweiten Gesetz fest, dass die ausgeübte Kraft proportional zur Impulsänderung sei, und diese in gleicher Richtung wie die Ausübung der Kraft erfolge. In heutigen Lehrbüchern wird sein Gesetz so dargestellt, dass ein Kraftstoß zu einer Impulsänderung führe in der Form

$$f \cdot Ht = m \cdot Hv$$

Das Gesetz besteht also nur in der Festlegung des Proporz, alles andere ist Definition. Nachdem aber der Proporz nicht auf einer Erscheinung der Natur beruht, handelt es sich bei dieser Festlegung nicht um ein Naturgesetz, sondern um ein willkürliches Gesetz, ein Scheingesetz. Und damit erweist sich auch das Trägheitsgesetz als Scheingesetz, denn dieses ergibt sich aus dem Kraftgesetz sofort, wenn keine Kraft wirkt

$$\begin{aligned} f &= m \cdot Hv:Ht && \text{mit } Hv:Hw=w \\ &= m \cdot w && \text{für } f \# Q \\ Q &= m \cdot w && \text{und } SD^2 \# w \\ SD^2 &= Q : m && \text{es gilt } :w=m \\ &= Q \cdot w \\ &= w - w \end{aligned}$$

Schaue das Aktionsgesetz an, allgemein mit $f'=f''$ oder je nach Geschmack $f'=-f''$ dargestellt. Zunächst ist festzustellen, dass Newton in seinem dritten Gesetz sich anders ausgedrückt hat, er meint in Anlehnung an die vierte Definition, dass jedem Vorgang ein umgekehrter gegenüberstehe. Nach der Definition ist ein Vorgang eine auf einen Körper ausgeübte Kraft, im heutigen Verständnis also ein Kraftstoß $f.Ht$. Damit sähe sein Gesetz so aus

$$\begin{aligned} f' \cdot H't &= f'' \cdot H''t \\ f' &= f'' \cdot H''t:H't && \text{oder} \\ &= f'' \cdot H^\circ \end{aligned}$$

In seinen Erklärungen dachte Newton an ein Pferd, das gleitend einen Stein an einem Seil zieht, an einem Ende zieht das Pferd mit $f'.H't$, am anderen macht sich der Stein durch seine *vis insita* mit $f''.H''.t$ bemerkbar, wenn das Seil fatzt, hören sowohl *actio* als auch *reactio* auf, man setzt also $H^\circ \# 1$. Setze

$$\begin{aligned} f' &= m' \cdot w' && \text{und} \\ f'' &= m'' \cdot w'' \end{aligned}$$

Es soll gelten $f' \# f''$

$$\begin{aligned} m' \cdot w' &= m'' \cdot w'' && \text{es folgt} \\ 0 &= m' \cdot w' - m'' \cdot w'' \end{aligned}$$

$$\frac{m':m''}{m'} = \frac{w'':w'}{m''} \cdot w'':w'$$

Die letzte Beziehung dient zur Bestimmung der Masse m' von Himmelskörpern mit Mond, wenn man $m'':w' \neq 1$ setzt, was bei großem Massenunterschied nur ein kleiner Fehler ist.

Es zeigt sich, dass dieses dritte Gesetz kein Scheingesetz, sondern ein Naturgesetz ist, allerdings mit der Annahme von $H^\circ \neq 1$, die nach heutiger Kenntnis nicht zu stimmen scheint in Bezug auf die Gravitation. Was eine Kraft sein soll, hat Newton außer in seinen zwei ersten Gesetzen nicht definiert, sodass diese eben Definitionen sind. Beiläufig wird erwähnt, dass es drei Sorten von Kräften gebe, nämlich den Stoß, den Druck und die zentralen Kräfte, darunter fallen die Gravitation und die damals noch nicht näher bekannten magnetischen und elektrischen Kräfte, auf die nicht weiter eingegangen wird. Der Stoß wird im heutigen Verständnis als Impulsübertragung gedeutet, der Druck ist eine zusammengesetzte Kraftgröße, bleibt als originäre Kraft zunächst nur die Gravitation. Es wird heute angenommen, dass die Gravitation auch nur maximal in Lichtgeschwindigkeit wirkt.

Das dritte Gesetz ist damit nur absolut gültig, wenn $H^\circ \neq 1$ auch für diese Verhältnisse gilt, was auf den ersten Blick nicht selbstverständlich ist. Wir hatten das Aktionsgesetz auf Scheinkräfte ausgedehnt, weil nur unter Einbezug der vis inertia und damit der Bewegung der Himmelskörper sich eine verzahnende Himmelsmechanik erreichen lässt, die Gravitation wirkt auf die schwere Masse in der Entfernung und deshalb mit einer *Zeitlücke*, die vis inertia auf die träge Masse und deshalb an Ort und Stelle. Es ist folglich anzunehmen, dass H° eine von 1 abweichende Größe hat.