the general science journal

*Euklid*isches Universum – alternative Relativitätstheorie

von Dieter Prochnow, Berlin
E-mail: du.prochnow@t-online.de

Keywords: vierdimensionale *euklid*ische Systeme, *Galilei* – Zeit, Uhrenzeit, raumzeitbezogene *Galilei* – Transformation.

As an alternative to *Einstein'*s theory of relativity, a four-dimensional *Euclid*ean, hence flat, universe, based on a space-time-related *Galilei* transformation, is founded. As far as possible, Einstein's principles of relativity are also taken into account.
In the *Euclid*ean universe, gravity is to be understood as conservative force that changes the density distribution of the mass-charged particles. The local density distribution generates a potential energy and, with it, a conservative force that induces (without warping space-time) a relative movement of the mass points. As a result, the density distribution is now changed again. In the course of this, the gravity potential depends on Newton's potential. Accelerated particle movements are admitted.
Cause-effect relationships between events presuppose the events to be in order. The order is realized by the time-like (fourth) coordinate of the mass points in space-time. The laws of *Newtonian* physics that apply invariant to form in all systems of the universe have to be related then in their time-dependent formulation to the time-like coordinate. Accordingly, the coordinate time of the time-like coordinate orders the events of a universe in the sequence of their occurrence. In the *Euclid*ean universe, the coordinate time of the time-like coordinate is an invariant of all systems and is therefore designated as *Galilei* time. In general, *Galilei* time durations are directly not measurable.
The measurable clock time duration in the *Euclid*ean universe coincides approximately only at small particle velocities with *Galilei* time duration. In general, clock time does not order events in the sequence of their occurrence, but it constitutes here a measure for the particle path length in the four-dimensional space-time, and therefore, is subject to a dilatation, however only seemingly. As a consequence, the tensor calculus cannot be applied to the alternative theory.
In comparison with Einstein's universe, the *Euclidean* universe has analogous properties caused by common principles as well as also contrary properties which allow to interpret experimental results without contradiction in another way (example: flight duration of muons). At this, the contrary properties mostly concern the relation of absoluteness and relativity of phenomena. Thus, the invariance of the simultaneousness of events is rehabilitated in the *Euclidean* university and there is no *Lorentz*-length contraction. The aging of matter supposed here to proceed at a finite and constant velocity is related to *Galilei* time. Consequently, aging takes place then in the same way in all systems. There is no twin paradox. The speed of light related to clock time is in fact constant and finite, but at the same time infinite with respect to *Galilei* time. Accordingly, we could suppose that in the *Euclid*ean universe, we do not perceive the past (even of remote objects, no matter how far the distance), but the present.

Inhalt

1. Einführung

Im 19. Jahrhundert traten im Zusammenhang mit Erkenntnissen zur Ausbreitung des Lichts ernsthafte Widersprüche innerhalb der *Newtonschen* Physik auf. Insbesondere zeigten die Untersuchungen von *Michelson* und *Morley* [1] die vom Bezugssystem unabhängige Konstanz und Endlichkeit der Lichtgeschwindigkeit, die zum klassischen Relati-

vitätsprinzip (*Galilei - Transformation*) im Widerspruch zu stehen schien und auch unvereinbar mit den *Maxwell*schen *Feldgleichungen* der Elekrodynamik war.
Bereits im 17. Jahrhundert führte *O. Römer* astronomische Beobachtungen zur Schätzung der Lichtgeschwindigkeit durch und wies damit bereits auf die Endlichkeit der Lichtgeschwindigkeit hin [2].
Anfang des 20. Jahrhunderts hat *Einstein* dann die wesentlichen Grundlagen zum Verständnis und zur Lösung dieser Widersprüche herausgefunden und in seinen Relativitätstheorien [3,4,5] dargelegt.
In den nachfolgenden Jahrzehnten sind die Theorien mit ihren grundlegenden Prinzipien in vielfältiger Hinsicht sowohl theoretisch als auch experimentell bestätigt (u.v.a. [6,7,8,9,10,11,12]) aber auch kritisiert worden, siehe Borderlands of Science.

Minkowski gab der Speziellen Relativitätstheorie (SRT), insbesondere durch Zusammenfassung von Raum und Zeit zu einer vierdimensionalen Raumzeit, die heutige mathematische Struktur [13,14]. Er betrachtete Inertialsysteme als vierdimensionale pseudo*riemann*sche Räume (*Minkowski* - Räume) eines flachen Universums, in dem die Massepunkte der Raumzeit mit Hilfe von drei raumartigen und einer zeitartigen Koordinate beschrieben werden.

Wir gehen hier davon aus, dass die zeitartige Koordinate Ereignisse des Universums stets in der Reihenfolge ihres Geschehens ordnet und damit auch die Alterung der Materie kontrolliert. Gesetze der Physik, die dem *Kovarianzprinzip* entsprechend in allen zulässigen Systemen eines Universums forminvariant gelten, müssen sich in ihrer zeitabhängigen Formulierung demzufolge auf die zeitartige Koordinate beziehen.

Einstein hat die mit Uhren gemessene Zeit stets als Koordinatenzeit (lineare Funktion) der zeitartigen Koordinate, in der SRT als Inertialzeit, identifiziert. Die *Minkowski* – Signatur der Räume kann als Folge dieser Identifikation angesehen werden.
Damit ordnet die Uhrenzeit Ereignisse im *Einstein*schen Universum ebenfalls in der Reihenfolge des Geschehens und bestimmt somit auch den Ablauf der Alterung. Wir werden die Validität dieser Annahme nachfolgend in Frage stellen.
Die linearen Abbildungen eines *Minkowski* - Raumes auf sich bilden eine Automorphismengruppe, die durch die *Lorentz* - Transformation definiert wird, wenn dabei das durch die Metrik bestimmte Weltlinienelement Invariante der Transformation ist.
Die Verwendung der *Lorentz* – Transformation [15] anstelle der *Galile*i – Transformation löste in der SRT das klassische Relativitätsprinzip der *Newton*schen Physik ab und ermöglichte damit einerseits, das Prinzip der Konstanz und Endlichkeit der Lichtgeschwindigkeit sowie das Kovarianzprinzip der SRT zu realisieren, führte andererseits aber weit (wir meinen, übermäßig weit) über den Rahmen der *Newton*schen Physik [16,17] hinaus – ganz abgesehen von der Förderung subjektiver Betrachtungsweisen in der Physik (die Sicht des Beobachters).
Das durch absolute Eigenschaften gekennzeichnete *Newton*sche Universum wurde damit zu einem Universum, in dem wesentliche Erscheinungen nur noch bedingt und systemabhängig, also relativ, gelten. So ist die Gleichzeitigkeit von Ereignissen keine Invariante der Systeme mehr [12]. Die Alterung der Materie läuft widersprüchlich ab (Zwillingsparadoxon, [18]). Die Inertialzeit muss sich dehnen lassen, und die raumartige Größe von Körpern unterliegt der *Lorentz* – Kontraktion [15].
Insbesondere führte die *Lorentz* - Kontraktion bei zueinander beschleunigten, beispielsweise rotierenden Systemen, über den Bereich der euklidischen Geometrie und damit über den Rahmen der *Minkowski* - Systeme hinaus. In seiner Allgemeinen Relativitätstheorie (ART) [5], die nun Gravitation und Beschleunigung einschloss, beschrieb *Einstein* daher ein nicht*euklid*isches Universum, in dem allgemeinere *Gauß*sche Systeme der *Minkowski* – Signatur und nichtlineare Koordinatentransformationen zugelassen sind. Die dabei entwickelte Gravitationstheorie stellt eine nicht*euklid*ische Geometrisierung der Gravitation unter Nutzung von Eigenschaften der Raumzeitkrümmung dar.

In den letzten Jahrzehnten des 20. Jahrhunderts ergaben jedoch Präzisionsmessungen zur kosmischen Hintergrundstrahlung mit den Höhenballons COBE [19,20], BOOMERANG und MAXIMA [21,22,23] in Übereinstimmung mit der Inflationstheorie, dass unser Universum mit an Sicherheit grenzender Wahrscheinlichkeit zumindest großskalig flach ist. Es lässt sich nicht ausschließen, dass das Universum sogar überhaupt flach sein könnte.

Die von uns dazu durchgeführten Untersuchungen zeigen die prinzipielle Möglichkeit eines flachen Universums und unterstützen damit die Verifizierung dieser Vermutung.

Wir begründen ein vierdimensionales *euklid*isches Universum, das in Übereinstimmung mit dem *klassischen* Relativitätsprinzip der *Newton*schen Physik steht, also raumzeitbezogene *Galilei* –Transformationen anstelle von *Lorentz* – Transformationen zur Systembildung zulässt, zugleich aber auch das Prinzip der Konstanz und Endlichkeit der Lichtgeschwindigkeit wahrt und Beschleunigung und Gravitation zulässt. Gravitation wird hier im Sinne Newtons wieder allgemeiner als konservative Kraft verstanden, die (ohne die Raumzeit zu krümmen) eine Partikelbewegung verursacht und damit die Dichteverteilung der Partikelmasse ändert.

Die mit Uhren gemessenen und damit systemabhängigen Zeiten ordnen dabei - im Gegensatz zu bisherigen Annahmen - Ereignisse nicht in der Reihenfolge ihres Geschehens (und damit auch nicht den Alterungsablauf der Materie), sondern stellen lediglich ein Längenmaß für die von Teilchen zurückgelegten Wege in der Raumzeit dar.
Dementsprechend haben wir systemabhängige Uhrenzeiten und systemunabhängige Koordinatenzeiten (*Galilei* – Zeiten) zu unterscheiden.
Nur *Galilei* – Zeiten ordnen zeitartige Ereignisse im *euklid*ischen Universum nach Geschehen und Alterung. Wir können sie im Allgemeinen nicht direkt messen, aber mit Hilfe von Uhrenzeitmessungen bestimmen.
Uhrenzeiten und *Galilei* - Zeiten unterscheiden sich bei kleinen Teilchengeschwindigkeiten kaum. Das Prinzip der Konstanz und Endlichkeit der Lichtgeschwindigkeit gilt jedoch nur in Bezug auf die Uhrenzeit. Im Gegensatz dazu wird die Lichtgeschwindigkeit als größte Wirkgeschwindigkeit im Universum bezogen auf die *Galilei* – Zeit unendlich groß.

2. Struktur des Universums

Die Präzisionsmessungen der Höhenballonmissionen BOOMERANG und MAXIMA [23] zur Struktur des Universums haben gezeigt, dass das Universum auf großräumigen Skalen keine Krümmung besitzt, also flach und unendlich ist. Die gegenwärtige Ausdehnung wird sich demzufolge fortsetzen. Das Universum expandiert, verringert dadurch permanent seine mittlere Massedichten und kann so als selbstauflösend betrachtet werden.

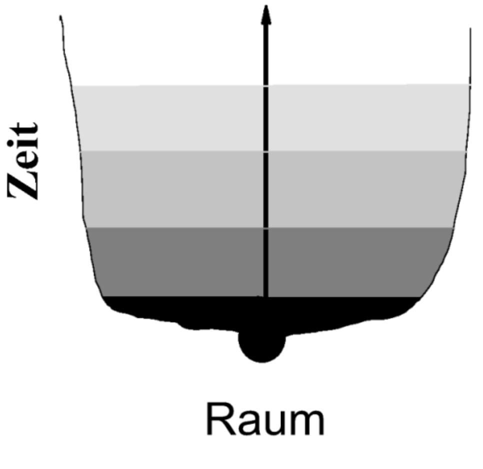

Abb 1 Selbstauflösendes Universum nach BOOMERANG, zu Beginn Urknall und Inflation, dann Selbstauflösung

Wir zeigen hier, dass ein zu diesen experimentellen Befunden passendes Universum auch allgemein flach sein könnte.

Unser Universum besteht aus raumzeitlich strukturierter Materie, die wir in vereinfachter Form als Menge raumzeitlich verteilter *massebeladener Teilchen* verstehen.
Die raumzeitlich geordneten Orte, an denen sich die Teilchen im Universum befinden, siehe Abbildung 1, gehören zu einem vierdimensionalen Kontinuum, das wir als *Raumzeit* bezeichnen.

Die Orte **X** einer Raumzeit N_4 des Universums sind dann eindeutig durch jeweils 4 reelle Zahlen x^1, x^2, x^3, x^4, den *Koordinaten* der Punkte, bestimmt, haben eine von Null verschiedene Massedichte ρ und werden deshalb *Massepunkte* genannt. Eine Raumzeit lässt sich dementsprechend in der Form

$$N_4 = \left\{ \mathbf{X} = (x^1, x^2, x^3, x^4) \in R^4 \,\middle|\, \rho(\mathbf{X}) > 0 \right\} \tag{1}$$

darstellen (R Menge der reellen Zahlen).

Wir nehmen an, dass
- jedes massebeladene Teilchen sich an wenigstens einem Massepunkt im Universum befindet,
- an jedem Massepunkt höchstens ein massebeladenes Teilchen anzutreffen ist.

Die Menge massebeladener Teilchen ist dann in der Form

$$K = \{k = P(\mathbf{X}) \mid \mathbf{X} \in N_4 \text{ und } P(\mathbf{X}) > 0\} \tag{2}$$

darstellbar ($P(\mathbf{X}) = 0$: kein massebeladener Partikel bei **X**) .

Wechselbeziehungen zwischen Teilchen hängen wesentlich von ihren Entfernungen zueinander und von raumzeitlichen Veränderungen ab.
Raumzeitartige Entfernungen ds zwischen den Punkten von N_4 werden mit Hilfe einer sogenannten

metrischen Fundamentalform [24]

$$ds^2 = g_{i,j} \cdot dx^i \cdot dx^j \, . \tag{3}$$

bestimmt)[1], die auf diese Weise Koordinatensysteme definiert. Berechnet wird ds in Abhängigkeit von den Koordinatendifferenzialen dx^1, dx^2, dx^3, dx^4 und dem *metrischen Tensor* $G = (g_{i,j})$.
Der metrische Tensor ist hier eine quadratische vierreihige Matrix, die von einem Referenzpunkt $\mathbf{X_o}$ (z.B. Koordinatenursprung) und damit von einem Referenzteilchen $k_o = P(\mathbf{X}_o)$ (Beobachter, Uhr) abhängen kann. Für die 16 geometriefestlegenden Komponenten von G muss

$$g_{i,j} = g_{j,i} \;, \quad |g_{i,j}| \neq 0 \;, \; g^{i,\mu} \cdot g_{\mu,j} = \delta^i_j \tag{4}$$

gelten.

----
[1] Die in der Arbeit gebrauchten Indizies i, j , μ, ν laufen stets von 1 bis 4. Die Indizies a, b, α, β variieren zwischen 1 und 3. Über mehrfach vorkommende Indizies ist zu summieren (*Einstein*sche Summenkonvention).

Die Raumzeit N_4 von Massepunkten des Universums definiert, verbunden mit der Matrix G, einen metrische Raum

$$\mathbb{S} = (N_4 , G) , \tag{5}$$

den wir als *System* des Universums bezeichnen.

Systeme bilden die physikalische Grundlage für raumzeitliche Veränderungen der Teilchen, für Wechselbeziehungen zwischen den Teilchen und für ihre zeitliche Ordnung.

Wenn ds^2 in der metrischen Fundamentalform (3) positiv definit ist, handelt es sich um ein *Riemann*sches System. Ist ds^2 indefinit, so liegt ein pseudo*riemann*sches System vor. In der *Einstein*schen Relativitätstheorie (RT) sind die Systeme des Universums pseudo-*riemann*sche Räume.

Ein System wird als flach (ungekrümmt) bezeichnet [24], wenn g_{ij} die Form

$$g_{ij} = \pm\delta_{ij} \tag{6}$$

hat (δ_{ij} *Kronecker* - Symbol). *Minkowski* – Räume sind flach.

Flache Systeme heißen *euklidisch*, wenn

$$g_{ij} = \delta_{ij} \tag{7}$$

gilt. Euklidische Räume haben dementsprechend kartesische Koordinatensysteme.

Die Koordinaten eines Teilchens in einem System hängen von Referenzparametern des Systems, beispielsweise vom (lokalen) Koordinatenursprung, ab. Bei Änderung der Referenzparameter ändern sich auch die Koordinaten der Punkte, möglicherweise auch ihre Abstände. Aus einem System $\mathbb{S}$ wird ein System
$\mathbb{S}' = (N'_4 , G')$, das sich relativ zum System $\mathbb{S}$ bewegen kann.

Konkret wird die Bildung von Systemen des Universums mit Hilfe einer Menge $\mathbb{A}$ von Koordinatentransformationen, mit umkehrbar eindeutigen und differenzierbaren Abbildungen also, realisiert.
Für je zwei Systeme $\mathbb{S} = (N_4 , G)$ und $\mathbb{S}' = (N'_4 , G')$ des Universums gibt es dann eine Koordinatentransformation $A \in \mathbb{A}$, die G in G' überführt und N_4 auf N'_4 abbildet:

$$X' = \mathbf{X}'(\mathbf{X}) \in N'_4 \quad \text{für } \mathbf{X} \in N_4. \tag{8}$$

Die zugehörenden Koordinatendifferenziale transformieren sich dabei in der Form:

$$d\mathbf{X}' = A \cdot d\mathbf{X} \ \text{ oder } \ dx'^{\mu} = A^{\mu}_{\nu} \cdot dx^{\nu} \quad \text{mit} \quad A^{\mu}_{\nu} = \frac{\partial x'^{\mu}}{\partial x^{\nu}} \ . \tag{9}$$

Dabei sind die massegeladenen Teilchen Invarianten aller Koordinatentransformationen:

$$k' = P'(\mathbf{X}') = P(\mathbf{X}) = k$$

Bildet die Menge $\mathbb{A}$ eine Gruppe, so können alle entstehenden Systeme als gleichberechtigt angesehen werden. Wir gehen im Folgenden davon aus, dass $\mathbb{A}$ eine Gruppe bildet.

Die Beziehungen (8) und (9) beschreiben den Zusammenhang zwischen den Teilchenkoordinaten unterschiedlicher Systeme des Universums.
Das Universum besteht dementsprechend aus einer Menge von Systemen, die durch eine Raumzeit N_4, durch eine Metrik G und durch eine Gruppe von Koordinatentransformationen $\mathbb{A}$ bestimmt sind und dabei alle die charakteristischen physikalische Eigenschaften des Universums besitzen.

In der speziellen Relativitätstheorie (SRT) sind die vierdimensionalen Systeme des Universums mit der *Minkowski* – Metrik ausgestattet (pseudo*euklidischer* Räume). Die Koordinatentransformationen bilden eine Automorphismengruppe linearer orthogonaler Abbildungen von einem *Minkowski* - Raum auf sich. Automorphismengruppen können durch Gleichungen charakterisiert werden, die umgekehrt eine Koordinatentransformation vermitteln. In der SRT sind das die Gleichungen der *Lorentz* – Transformation.

In der Allgemeinen Relativitätstheorie (ART) hat *Einstein* [5,25,26] auf der Grundlage des Äquivalenzprinzips von Schwere und Trägheit der Massen dann eine Verallgemeinerung der SRT durch Einbeziehung von Trägheits- und Gravitationseffekten vorgenommen. Auf dieser Grundlage entstand ein nicht*euklid*isches Universum, dessen Systeme allgemeine pseudo*riemann*sche Räume sind.

In dieser Arbeit begründen wir ein Universum, das aus einer Menge euklidischer Systeme besteht und daher als euklidisches Universum bezeichnet werden kann. Im Gegensatz zur SRT *Einstein*s werden die Systeme hier mit Hilfe einer Gruppe raumzeitbezogener *Galilei* – Transformationen gebildet.
Bezogen auf die Uhrenzeit sind die raumartigen Teilchengeschwindigkeiten dabei in allen Systemen des euklidischen Universums, ebenso wie in den *Minkowki* – Systemen der SRT, durch die universelle Konstante

$$c \approx 3 \cdot 10^5 \text{ km/s} \tag{10}$$

beschränkt, das Licht breitet sich kugelförmig aus und die Vakuum – Lichtgeschwindigkeit ist konstant c.

3. Zeiten und Ereignisse

Die Massepunkte $\mathbf{X} = (x^1,x^2,x^3,x^4) \in N_4$ eines Systems $\mathbb{S} = (N_4, G)$ des Universums können auch als *Elementarereignisse* von $\mathbb{S}$ bezeichnet werden. Ein *Ereignis* E in $\mathbb{S}$ besteht dann aus einer Menge von Elementarereignissen:

$$E \subseteq N_4 \,. \tag{11}$$

Kausale Beziehungen zwischen Ereignissen oder beim Ablauf eines Ereignisses setzen eine Ordnung zwischen beziehungsweise innerhalb von Ereignissen voraus.
Diese Ordnung wird durch die Zeitartigkeit einer der 4 Koordinaten x^1, x^2, x^3, x^4 gewährleistet. Wir legen in dieser Arbeit die 4. Koordinate als zeitartig fest und definieren:

In einem System $\mathbb{S}$ geschieht ein Ereignis $\{\mathbf{X}\}$ vor einem Ereignis $\{\mathbf{Y}\}$ genau dann, wenn $x^4 \leq y^4$ für beliebige Elementarereignisse $\mathbf{X}, \mathbf{Y} \in N_4$ ist.
Damit wird eine Relation $\leq_S$ definiert, die beliebige Ereignisse $\{\mathbf{X}\}$ und $\{\mathbf{Y}\}$ in $\mathbb{S}$ in der Reihenfolge ihres Geschehens ordnet

$$\{\mathbf{X}\} \leq_S \{\mathbf{Y}\} \;\Leftrightarrow\; x^4 \leq y^4 \,, \tag{12}$$

und so Kausalitätsbeziehungen zwischen Ereignissen begründet.

Ereignisse mit der zeitartigen Koordinate x^4 können Ursache von Ereignissen sein, die zur Koordinate y^4 stattfinden, wenn $x^4 \le y^4$ ist.
Gleichzeitigkeit von Ereignissen ist durch

$$\{\mathbf{X}\} =_S \{\mathbf{Y}\} \;\Leftrightarrow\; x^4 = y^4 \tag{13}$$

definiert.

Koordinaten, die nicht zeitartig sind, bezeichnen wir als *raumartig*. Die Koordinaten x^1, x^2, x^3 sind also raumartig. Das Kontinuum N_4 der jeweils mit 3 raumartigen Koordinaten und einer zeitartigen Koordinate gemäß (1) und (2) beschriebenen Massepunkte des Universums bildet eine *Raumzeit*.

Ein reeller Parameter τ heißt *Koordinatenzeit* der zeitartigen Koordinate von $\mathbb{S}$, wenn x^4 linear von τ abhängt:

$$dx^4 = c \cdot d\tau \,,\; c = \text{const.} < +\infty, \tag{14}$$

und c dabei eine universelle positive Konstante ist.

Anmerkungen:
- Bezogen auf die Koordinatenzeit τ ist c hier zugleich die konstante und endliche Geschwindigkeit eines Teilchens in Richtung der zeitartigen Koordinate x^4.
- Für $\mathbf{X}$, $\mathbf{Y} \in N_4$ und $x^4 = c \cdot (\tau_x - \tau_o)$ sowie $y^4 = c \cdot (\tau_y - \tau_o)$ gilt dann:

$$\{\mathbf{X}\} \le_S \{\mathbf{Y}\} \;\Leftrightarrow\; \tau_x \le \tau_y \,.$$

Als *Systemzeit* bezeichnen wir einen reellen Parameter τ_S, der die Elementarereignisse der Raumzeit eines Systems (nach einem Kriterium) ordnet.

Ein Ereignis E_T in einem System $\mathbb{S}$ des Universums nennen wir *zeitabhängig*, wenn die Massepunkte $\mathbf{X}_E \in E_T$ funktional von einer Systemzeit τ_S innerhalb eines Zeitintervalls T_{SE} abhängen:

$$E_T = \left\{ \mathbf{X}_E(\tau_S) \in N_4 \,\middle|\; \tau_S \in T_{SE} \right\}. \tag{15}$$

Die *Bahn* oder der *Weg* eines Masseteilchens k, das sich in einem System bewegt, stellt dann ein zeitabhängiges Ereignis

$$E_{T,k} = \left\{ \mathbf{X}_E(\tau_S) \in N_4 \,\middle|\; k = P(\mathbf{X}_E(\tau_S)) \;,\; \tau_S \in T_{SE} \right\} \tag{16}$$

dar, dessen Elementarereignisse alle mit dem Teilchen k belegt sind.

Ereignisse, die nicht zeitabhängig sind, bezeichnen wir als *raumartig*.
Insbesondere sind Ereignisse, die zu einem Systemzeitpunkt die Orte mehrerer Teilchen zu einem Körper zusammenfassen, *raumartig*.

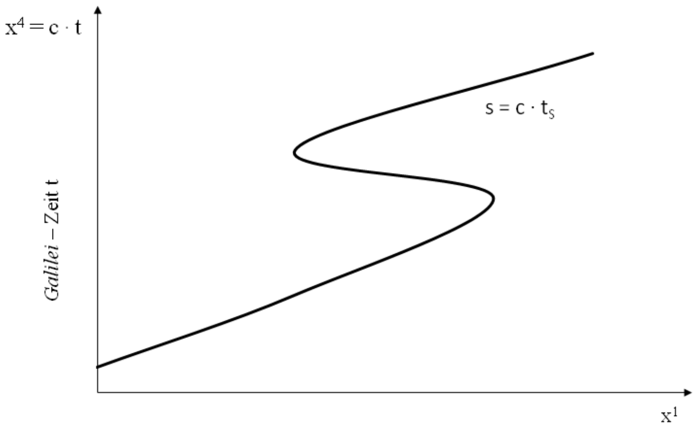

Abb 2 Teilchenbahn in der Raumzeit des *euklid*ischen Universums

Im nächsten Abschnitt werden zeitabhängige Ereignisse in zeit- und lichtartige Ereignisse weiterunterteilt.

Die Koordinatenzeit der zeitartigen Koordinate eines Systems ordnet die Elementarereignisse der Raumzeit in der Reihenfolge ihres Geschehens und ist dementsprechend eine Systemzeit, die Kausalitäten begründet.

Alterung von Materie kann als spezielle Kette von Ereignissen des biochemischen Abbaus angesehen werden. Wir nehmen hier an, dass die Dauer biochemischer Abbauprozesse durch die Koordinatenzeit der zeitartigen Koordinate quantifiziert ist. Demnach kontrolliert die Koordinatenzeit auch die *Alterung* von Materie, und die universelle Geschwindigkeit c, siehe (14), kann dann als *Alterungsgeschwindigkeit* des Universums angesehen werden. Damit legen wir dem Universum eine Eigenschaft zugrunde, die als *Prinzip der Konstanz und Endlichkeit der Alterungsgeschwindigkeit* bezeichnet werden kann.

Eine Koordinatenzeit nennen wir *Galilei* – Zeit, wenn die Koordinatenzeitdauer eines zeitabhängigen Ereignisses Invariante aller Systeme des Universums ist.
In einem Universum, das mit einer *Galilei* – Zeit geordnet wird, sind also sowohl Reihenfolge des Geschehens als auch Ablauf der Alterung in allen Systemen gleich. Die Alterung der Materie läuft also im gesamten Universum in gleicher Weise ab.

Anmerkung:
Galilei – Zeiten stehen im Allgemeinen in Wechselbeziehungen zu den Koordinaten der Raumzeit. Bei universell – einseitiger Abhängigkeit der Koordinaten von der *Galilei* – Zeit könnte man im Sinne *Newton*s auch von „absoluter“ Zeit sprechen.

4. Metrik des Universums

Newton betrachtete das Universum als festen absoluten dreidimensionalen Raum, versehen mit einer gleichförmig ablaufenden absoluten Zeit [16,17].
Aus heutiger Sicht liegen der *Newton*schen Physik empirisch gefundene dreidimensionale raumartige Systeme

$$\mathbb{S}_N = (N_3 , G_N) \tag{17}$$

zugrunde. Dabei sind die Massepunkte massebeladener Teilchen durch drei raumartige Koordinaten x^1, x^2, x^3 bestimmt. Es gibt zunächst keine zeitartige Koordinate.
Die metrische Fundamentalform von $\mathbb{S}_N$ kann in kartesischen Koordinaten durch

$$ds_N^2 = dx^\alpha \cdot dx^\alpha = |d\mathbf{x}|^2 \ , \ \mathbf{x} = (x^1, x^2, x^3) \in N_3 \tag{18}$$

beschrieben werden [27, S. 82]. Damit sind die Systeme *euklid*isch.

Der Übergang von einem System $\mathbb{S}_N$ zu einem anderen Systemen $\mathbb{S}'_N$ wird mit Hilfe von *Galilei* – Transformationen realisiert. Das *klassische Relativitätsprinzip* besagt, dass die Gesetze der *Newton*schen Physik bei Anwendung von *Galilei* – Transformationen in allen Systemen forminvariant sind. *Galilei* – Transformationen erzeugen darüber hinaus auch aus *Inertialsystemen* wieder Inertialsysteme. Das sind Systeme, in denen Masseteilchen bei Abwesenheit äußerer Kräfte ruhen oder sich geradlinig und gleichförmig bewegen. Für Inertialsysteme gilt:

$$|\mathbf{u}_\tau| \le c_\tau \quad \text{und} \quad A^\mu_\nu = \frac{\partial x'^\mu}{\partial x^\nu} = \text{const}$$

(A^μ_ν unabhängig von Massepunkten), wobei τ die Inertialzeit des Systems ist, c_τ die auf die Inertialzeit bezogene maximale Wirkgeschwindigkeit und $\mathbf{u}_\tau = d\mathbf{x}/d\tau$ die Teilchengeschwindigkeit im System sind.
Die Reihenfolge des Geschehens und damit die Grundlage für Kausalität und Alterung beruht in der Newtonschen Physik auf einer *absoluten Zeit* t , einer von allen Systemparametern unabhängigen Zeit also, die in Inertialsystemen zugleich Inertialzeit ist: $\tau = t$. Dabei wird die absolute Zeit als eine durch Uhren messbare Größe angesehen, die in allen *Newton*schen Systemen, der Galilei – Transformation entsprechend, dieselbe ist:

$$t' = t. \tag{19}$$

Bezogen auf die absolute Zeit t lassen sich raumartige Teilchengeschwindigkeiten

$$\mathbf{u} = (u^1, u^2, u^3) \ , \quad u^\alpha = \frac{dx^\alpha}{dt} \tag{20}$$

definieren. Die maximale im Newtonschen Universum vorkommende Wirkgeschwindigkeit ist dabei unendlich groß:

$$|\,\mathbf{u}\,| \le c_t = +\infty \ . \tag{21}$$

Aus (18) und (20) ergibt sich

$$ds_N = |\,\mathbf{u}\,| \cdot dt \quad , \quad \mathbf{u}^2 = u^\alpha \cdot u^\alpha . \tag{22}$$

Die dreidimensionalen *Newton*schen Systeme sind in Verbindung mit der *Galilei* – Transformation in ihrer Bewegung zeitabhängig, und können demzufolge eigentlich nicht mehr als absolute Räume angesehen werden.
Unabhängig von relativen Systembewegungen sind die Raumabmessungen eines Körpers in allen *Newton*schen Systemen (17) jedoch gleich. Das bedeutet, der Abstand $|\,\mathbf{x}_2 - \mathbf{x}_1\,|$ zweier Massepunkte in einem System ist zu einem beliebigen Zeitpunkt t auch in jedem anderen System dergleiche:

$$|\,\mathbf{x}'_2 - \mathbf{x}'_1\,| = |\,\mathbf{x}_2 - \mathbf{x}_1\,| \ , \ \mathbf{x}'_i = \mathbf{x}_i - \mathbf{v} \cdot t \ , \ i = 1,2.$$

Es gibt keine Kontraktion der Längen.

In diesem eingeschränkten Sinne kann man die Newtonschen Systeme auch heute noch als *absolute Räume* ansehen.

Der räumliche Abstand $|d\mathbf{x}|$ von Massepunkten hat sich, wie die absolute Zeit, ebenfalls als messbare Größe erwiesen. Dementsprechend kann man im erweiterten Sinne in der *Newton*schen Physik auch den Betrag einer Geschwindigkeit | **u** | und folglich auch die Variable s_N als messbar ansehen.
Im 19. Jahrhundert sind auf der Grundlage empirischer Untersuchungen, insbesondere durch die Experimente von *Michelson* und *Morley* [1], das Prinzip der Konstanz und Endlichkeit der Lichtgeschwindigkeit und, damit verbunden, das Prinzip der kugelförmigen Ausbreitung des Lichts gefunden worden. Die Vorstellungen *Newton*s ließen sich mit diesen Ergebnissen nicht vereinbaren. Sie standen im Widerspruch zu seinen Relativitätsprinzipien, insbesondere zur *Galilei* – Transformation, und lösten in der Folge eine Krise der Physik aus.
Erst im Rahmen der SRT *Einstein*s konnten die Resultate zum Charakter der Lichtgeschwindigkeit zu Beginn des 20. Jahrhunderts befriedigend interpretiert und in eine neue Sicht zur Relativität von Raum und Zeit eingeordnet werden.
Bereits ohne Gravitationseffekte einzubeziehen, machte sich eine Einbettung der dreidimensionalen *euklid*ischen Systeme S_N *Newton*s in flache vierdimensionale Systeme der Raumzeit erforderlich: $\mathbb{S} = (N_4, G)$.
Die Absolutheit von Raum und Zeit musste auf Grund der nun vorhandenen Wechselbeziehungen zwischen Raum und Zeit aufgegeben werden.

In der SRT [15,18] *Einsteins sind die Systeme* mit der *Minkowski* – Metrik flacher Räume

$$ds^2 = g_{\mu,\nu} \cdot dx^\mu \cdot dx^\nu = dx^\alpha \cdot dx^\alpha - (dx^4)^2 \;,\; G = (g_{\mu,\nu}), \tag{23}$$

in Verbindung mit den *Lorentz*schen Koordinatentransformationen [15,27] ausgestattet. *Einstein* fand heraus, dass die Endlichkeit und Konstanz der Vakuum-Lichtgeschwindigkeit in einem System invariant durch die *Lorentz* – Transformation abgebildet wird und dadurch auch das Prinzip der kugelförmigen Lichtausbreitung zu gewährleisten ist. Das suggerierte, die *Galilei* – Transformation zur *Lorentz* – Transformation zu verallgemeinern.
Letztlich ist damit die gesamte *Newton*sche Theorie relativiert worden.

Die absolute Zeit t wurde dabei durch eine messbare systemabhängige Koordinatenzeit t_S mit

$$dt_S = dx^4 / c \tag{24}$$

ersetzt. Aus (23) und (24) ergibt sich

$$dt_S^2 = \frac{1}{c^2} \cdot \left(dx^2 - ds^2\right). \tag{25}$$

Daraus folgt für raumartige Geschwindigkeiten $\mathbf{u}_S = (u_S^1, u_S^2, u_S^3)$ von Teilchen bei zeitabhängigen Ereignissen im *Minkowski* - Raum:

$$\mathbf{u}_S^2 = \left(\frac{d\mathbf{x}}{dt_S}\right)^2 = c^2 \cdot \frac{d\mathbf{x}^2}{d\mathbf{x}^2 - ds^2} \;. \tag{26}$$

In *Minkowski* – Räumen lassen sich raumartige und zeitabhängige Ereignisse mit Hilfe des Weltlinienelements ds unterscheiden [3,13,27]. Ein Ereignis ist in diesen Räumen raumartig, wenn
$ds^2 > 0$ gilt. Bei $ds^2 \leq 0$ nennen wir das Ereignis hier zeitabhängig. Ein zeitabhängiges Ereignis kann lichtartig ($ds^2 = 0$) oder zeitartig ($ds^2 < 0$) sein.

Teilchengeschwindigkeiten werden bei zeitabhängigen Ereignissen bestimmt. Daher erhält man auf Grund von (3.10) bei $ds^2 \leq 0$:

$$|\mathbf{u}_S| \leq c < +\infty \text{ und } |\mathbf{u}_S| = c \iff ds^2 = 0 . \tag{27}$$

Bei Anwendung der *Lorentz* – Transformation wird die Gültigkeit von (27) auf jedes Inertialsystem des Universums übertragen [12]. Darüber hinaus besagt das *Kovarianzprinzip* der SRT, dass die Gesetze der Physik in allen gegeneinander ruhenden oder gleichförmig und geradlinig bewegten Inertialsytemen forminvariant sind.
Mit (27) wird das Prinzip der Konstanz und Endlichkeit der Lichtgeschwindigkeit als größte im Universum vorkommende Wirkgeschwindigkeit realisiert.
Für $ds^2 = 0$ folgt aus (27) darüber hinaus die kugelförmige Ausbreitung des Lichts:

$$(dx^1)^2 + (dx^2)^2 + (dx^3)^2 = a^2 \quad , \ a = c \cdot dt_S .$$

Das Kovarianzprinzip und das Prinzip der Konstanz und Endlichkeit der Vakuum-Lichtgeschwindigkeit bilden die Grundlage der SRT.

Auf Grund der Anwendung der *Lorentz* – Transformation in der SRT ist die Koordinatenzeit der *Minkowski* - Systeme keine *Galilei* – Zeit mehr, dafür aber direkt messbar.
Daraus ergeben sich Eigenschaften des Universums, die man im Rahmen der *Newton*schen Theorie nicht erwartet hätte. Dazu gehören:

- die Relativität der Gleichzeitigkeit,
- die Relativität der Alterung der Materie,
- das Zwillingsparadoxon,
- die Dilatation der Zeit und
- die *Lorentz* - Kontraktion der Längen.

Die *Lorentz*-Kontraktion der Längen führt zudem über den Rahmen der *euklid*ischen Physik hinaus. Folge ist ein nichteuklidisches Universum, das *Einstein* in seiner Allgemeinen Relativitätstheorie [5] beschreibt.
Vielleicht hat sich *Einstein* damit weiter als nötig von der *Newton*schen Theorie entfernt.

Alternativ zu *Einstein*s Relativitätstheorie, insbesondere zur SRT, sind daher in den vergangenen Jahrzehnten verschiedene vierdimensionale euklidische Systeme des Universums untersucht worden [28,29,30].

In dieser Arbeit wollen wir in Kontinuität mit *Newton* ein vierdimensionales *euklid*isches Universum begründen, das ebenfalls allgemeinen Charakter trägt, dabei aber eine raumzeitbezogene *Galilei* - Transformation anstelle der *Lorentz* – Transformation verwendet.

Dazu betten wir die dreidimensionalen *euklid*ischen Systeme $\mathbb{S}_N$ *Newton*s ebenfalls in flache vierdimensionale Systeme der Raumzeit ein und fügen den drei raumartigen Koordinaten x^1, x^2, x^3, die einem System $\mathbb{S}_N$ zugrunde liegen, eine vierte zeitartige Koordinate

$$x^4 = c \cdot (t - t_o) \tag{28}$$

unter Beachtung des Prinzips der Konstanz und Endlichkeit der Alterungsgeschwindigkeit, siehe (14), hinzu.
Dabei ersetzen wir die absolute Zeit t *Newton*s im Gegensatz zur SRT *Einstein*s durch eine *Galilei* – Zeit, eine systemunabhängige Koordinatenzeit also.
Wir gehen davon aus, dass die so entstehenden Massepunkte gemäß (1) und (2) eine vierdimensionale Raumzeit bilden.
Das Universum enthält dementsprechend ein vierdimensionales *euklid*isches System

$$\mathbb{S} = (N_4 , G) \text{ mit } G = (\delta_{\mu,\nu}) \tag{29}$$

und der metrischen Fundamentalform

$$ds^2 = \delta_{\mu,\nu} \cdot dx^\mu \cdot dx^\nu = dx^\mu \cdot dx^\mu \ . \tag{30}$$

Der Übergang zu anderen Systemen erfolgt mit Hilfe einer raumzeitbezogenen *Galilei* – Transformation, bei deren Anwendung die Koordinatenzeiten invariant abgebildet werden, siehe Abschnitt 6.
Die so gebildeten Systeme $S' = (N'_4 , G')$ sind dabei wieder mit kartesischen Koordinaten versehen: $G' = G$. Deshalb kann der Tensor – Kalkül, der charakteristisch für die Relativitätstheorie *Einstein*s ist, hier nicht angewendet werden.
Andererseits erhält man auf diese Weise, wie wir zeigen werden, ein *euklid*isches Universum, das ebenfalls in Übereinstimmung mit dem Prinzip der Konstanz und Endlichkeit der Lichtgeschwindigkeit steht, trotzdem aber keine der erwähnten, von der *Lorentz* – Transformation hervorgerufenen Eigenschaften besitzt.

Bezogen auf die *Galilei* – Zeit t von $\mathbb{S}$ sind Teilchengeschwindigkeiten der Raumzeit durch

$$\mathbf{U} = (u^1, u^2, u^3, c) , \quad u^\mu = \frac{dx^\mu}{dt} , \ dx^4 = c \cdot dt , \tag{31}$$

definiert. Auf Grund von (30) ergibt sich für zeitabhängige Ereignisse

$$ds = c \cdot dt \cdot ß , \ ß = \sqrt{1 + \mathbf{u}^2/c^2} \quad , \quad \mathbf{u}^2 = u^\alpha \cdot u^\alpha \ . \tag{32}$$

Mit

$$dt_S = dt \cdot ß \tag{33}$$

wird in $\mathbb{S}$ eine Systemzeit t_S definiert, wobei $dt_S > 0$ für $dt \geq 0$ gilt, siehe Abschnitt 5.
Bezogen auf t_S ergibt sich dann für zeitabhängige Ereignisse:

$$ds = c \cdot dt_S , \tag{34}$$

und wir erhalten das

Prinzip der Konstanz und Endlichkeit aller Teilchengeschwindigkeiten der Raumzeit:

$$\frac{ds}{dt_S} = | \mathbf{U}_S | = c = \text{const.} < +\infty \ . \tag{35}$$

für $\mathbf{U}_S = (u_S^1, u_S^2, u_S^3, u_S^4)$ mit $u_S^\mu = \dfrac{dx^\mu}{dt_S}$.

Darüber hinaus folgt

$$dt_S^2 = \frac{1}{c^2} \cdot (d\mathbf{x}^2 + (dx^4)^2) \tag{36}$$

und für raumartige Geschwindigkeiten $\mathbf{u}_S = (u_S^1, u_S^2, u_S^3)$ ergibt sich:

$$\mathbf{u}_S^2 = \left(\frac{d\mathbf{x}}{dt_S}\right)^2 = c^2 \cdot \frac{d\mathbf{x}^2}{d\mathbf{x}^2 + (dx^4)^2} \leq c^2 . \tag{37}$$

Bezogen auf t_S ist der Betrag $|\mathbf{u}_S|$ einer raumartigen Teilchengeschwindigkeit im Universum nie größer als die endliche Geschwindigkeit c :

$$|\mathbf{u}_S| \leq c < +\infty \; . \tag{38}$$

c ist dann bezogen auf t_S auch im euklidischen Universum die größte vorkommende raumartige Wirkgeschwindigkeit.

Dabei gilt:

$$|\mathbf{u}_S| = c \quad \Leftrightarrow \; dx^4 = 0 \; \Leftrightarrow \; dt = 0 \; . \tag{39}$$

Auf Grund dieser Äquivalenz können wir zeitabhängige Ereignisse, siehe (15), hier analog zur *Einstein*schen Theorie als *lichtartig* bezeichnen, wenn dt = 0 gilt. Zeitabhängige Ereignisse, die nicht lichtartig sind, für die hier aber dt > 0 gilt, heißen *zeitartig*.

Bereits im 19. Jahrhundert hat sich bei Messungen zur Lichtgeschwindigkeit [1] herausgestellt, dass die Vakuum – Geschwindigkeit eines Photons, dessen Ruhemasse gleich Null ist, in allen, auch zueinander bewegten Inertialsystemen stets denselben endlichen und konstanten Wert

$$c_{mes} \approx 3 \cdot 10^5 \, \text{km/s}$$

besitzt. Da c_{mes} zugleich die größte je beobachtete Geschwindigkeit eines Masseteilchens, also die größte bisher beobachtete Wirkgeschwindigkeit ist, konnte

$$c_{mes} = c \tag{40}$$

angenommen werden, siehe (10). Damit findet das Prinzip der Konstanz und Endlichkeit aller Teilchengeschwindigkeiten in der Raumzeit (35) eine experimentelle Bestätigung und stellt zugleich eine Verallgemeinerung des Prinzips der Konstanz und Endlichkeit der Vakuum – Lichtgeschwindigkeit dar.

Wir können dementsprechend davon ausgehen, dass die mit (33) eingeführte Systemzeit t_S unseren (Uhr-) Zeitmessungen zu Grunde liegt und werden t_S daher als *Uhrenzeit* oder auch als *Messzeit* bezeichnen.

Mit Hilfe von (30),(31) und (35) lässt sich unter Nutzung von (14) die *Galilei* - Zeit $t = \tau(t_S)$ in Abhängigkeit von der Messzeit t_S bestimmen. Wir erhalten die

Zeitsynchronisation

$$dt = dt_S \cdot ß_S \tag{41}$$

mit

$$ß_S = \sqrt{1-\mathbf{u}_S^2/c^2}\ , \tag{42}$$

wobei $ß_S$ der *Lorentz* – Faktor ist. Aus (41) und (42) ist ersichtlich, dass im *euklid*ischen Universum Uhrenzeit und *Galilei* - Zeit im Allgemeinen nicht identisch sind.
Auf Grund von (34) ist eine auf die Uhrenzeit t_S bezogene Zeitdauer eines zeitabhängigen Ereignisses proportional zu dem Weg, den das zugehörende Teilchen dabei in der Raumzeit zurücklegt.
Das bedeutet: mit einer Uhr messen wir nicht die wirkliche Zeitdauer eines Ereignisses, die Koordinatenzeitdauer, sondern bestimmen die Länge des Weges, den ein Teilchen bei dem Ereignis (mit der Geschindigkeit c) in der Raumzeit zurücklegt.

Die Uhrenzeit ordnet Elementarereignisse dementsprechend nicht in der Reihenfolge des Geschehens und kontrolliert folglich weder Ursache – Wirkungsbeziehungen von Ereignissen noch die Alterung der Materie.

Aus (30),(31) und (34) ergibt sich zwischen Messzeitdauer, raumartiger Entfernung und *Galilei* – Zeitdauer der Zusammenhang

$$dt_S^2 = |d\mathbf{x}|^2/c^2 + dt^2 . \tag{43}$$

Die *Galilei* - Zeitdauer von Ereignissen ist im Allgemeinen nicht direkt messbar, kann aber mit Hilfe von Messwerten aus (43) berechnet werden
Uhrenzeiten und *Galilei* - Zeiten sind jedoch näherungsweise gleich, wenn die korrespondierenden Teilchengeschwindigkeiten klein gegenüber der Lichtgeschwindigkeit c sind. In diesen Fällen, die zumeist auch auf das tägliche Leben unserer Spezies zutreffen, zeigt die Uhr dann doch mit hinreichender Genauigkeit die richtige Reihenfolge des Geschehens und den Ablauf der biochemischen Alterung an.

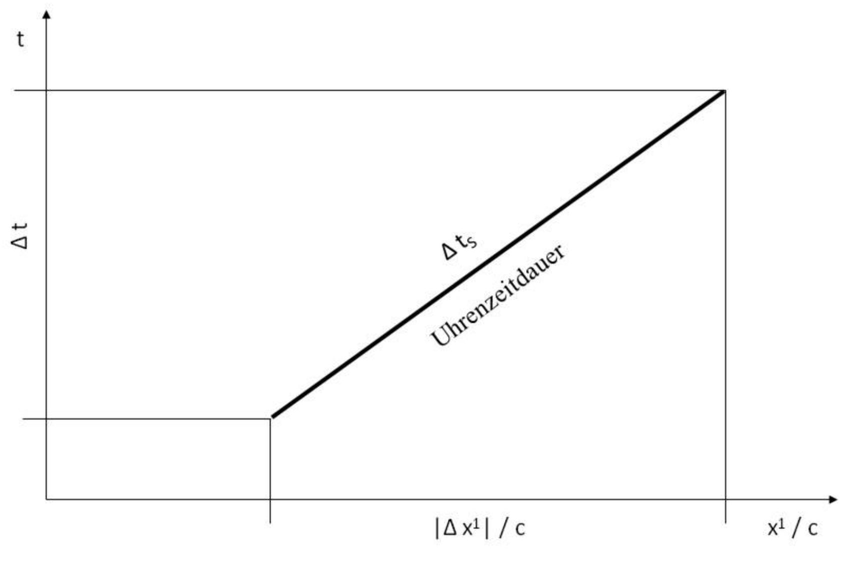

Abb 3 Uhrenzeitdauer als Maß für Weglängen in der Raumzeit

5. Endlichkeit und Unendlichkeit der Lichtgeschwindigkeit

Jede vierdimensionale Teilchengeschwindigkeit in einem *euklid*ischen Systems des Universums hat bei zeitabhängigen Ereignissen bezogen auf die *Galilei* - Zeit t das Aussehen (31). Aus der metrischen Fundamentalform (30) folgt daraus unter Beachtung von (28) und (32):

$$\frac{ds}{dt} = |\mathbf{U}| = ß \cdot c \quad \text{und} \quad \frac{dt_S}{dt} = ß \ , \quad ß = \sqrt{1 + \mathbf{u}^2/c^2} \tag{44}$$

sowie

$$c = |\mathbf{U}_S| \le |\mathbf{U}| \le \infty \ . \tag{45}$$

Dabei ist $\mathbf{u} = (u^1, u^2, u^3)$ mit $u^\alpha = \frac{dx^\alpha}{dt}$ die auf die Zeit t bezogene raumbezogene Teilchengeschwindigkeit.

Den auf t bezogenen Faktor ß wollen wir, ebenso wie den in (42) auf t_S bezogenen Faktor $ß_S$, *Lorentz* – Faktor nennen.

Insbesondere für Teilchen, die sich mit Lichtgeschwindigkeit bewegen (Photone), folgt aus (45):

$$|\mathbf{U}_S| = |\mathbf{u}_S| = c \ , \tag{46}$$

und aus (39) ergibt sich erst dt = 0 und anschließend aus (43):

$$dt_S^2 = dx^\alpha \cdot dx^\alpha / c^2 \ . \tag{47}$$

In der SRT gelten analoge Beziehungen. Allerdings ist die Messzeit t_S dort zugleich auch Koordinatenzeit, während t den Charakter einer Eigenzeit besitzt, vgl. dazu [30].

In euklidischen Systemen können Photone auf Grund von (46) und (47) als dreidimensionale Phänomene im vierdimensionalen Universum charakterisiert werden, die keiner Alterung unterliegen (dt = 0), siehe Abb. 4.

Zwischen den Lorentz – Faktoren ß und $ß_S$ besteht auf Grund von (33) und (41) der Zusammenhang:

$$ß \cdot ß_S = 1 \ \text{mit} \ ß_S \le 1 \ \text{und} \ ß \ge 1 \ . \tag{48}$$

Verglichen mit der Uhrenzeit t_s ist die *Galilei* - Zeit t die am langsamsten ablaufende Zeit:

$$dt_s \ge dt \ge 0 \ . \tag{49}$$

Für die raumbezogene Geschwindigkeit $\mathbf{u} = (u^1,u^2,u^3)$ gilt:

$$\mathbf{u} = \frac{d\mathbf{x}}{dt} = \frac{d\mathbf{x}}{dt_s} \cdot \frac{dt_s}{dt} = \mathbf{u}_s \cdot \frac{dt_s}{dt} \tag{50}$$

oder

$$d\mathbf{x} = \mathbf{u} \cdot dt = \mathbf{u}_s \cdot dt_s \ . \tag{51}$$

Die raumartigen Geschwindigkeiten $\mathbf{u}$ und $\mathbf{u}_s$ stehen daher in wechselseitiger Abhängigkeit. Wir erhalten die Gleichungen der

Geschwindigkeitssynchronisation

$$\mathbf{u} = \mathbf{u}_S / ß_S = \frac{\mathbf{u}_s}{\sqrt{1-(\mathbf{u}_s/c)^2}} \quad \text{und} \quad \mathbf{u}_s = \mathbf{u} / ß = \frac{\mathbf{u}}{\sqrt{1+(\mathbf{u}/c)^2}} \ , \tag{52}$$

siehe Abbildung 5.

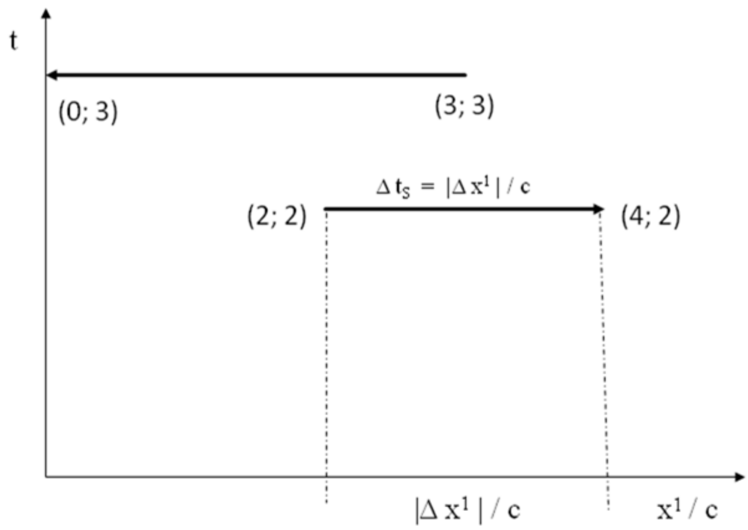

Abb 4 Teilchen mit Lichtgeschwindigkeit in der Raumzeit

Für $|\mathbf{u}_s| = c$ ergibt sich daraus sofort $|\mathbf{u}| = \infty$, und wenn $|\mathbf{u}| \Rightarrow \infty$ geht, strebt $\mathbf{u}_s \Rightarrow c$. Wir erhalten also bezüglich der Lichtgeschwindigkeit die wesentliche Aussage:

$$|\mathbf{u}_s| = c \quad \Leftrightarrow \quad |\mathbf{u}| = \infty \,. \tag{53}$$

Die auf die Uhrenzeit t_S bezogene Lichtgeschwindigkeit ist genau dann endlich, wenn die auf die Zeit t bezogene Lichtgeschwindigkeit unendlich wird. Lichtgeschwindigkeit und Alterungsgeschwindigkeit, beide bezogen auf die Zeit t, sind verschieden.

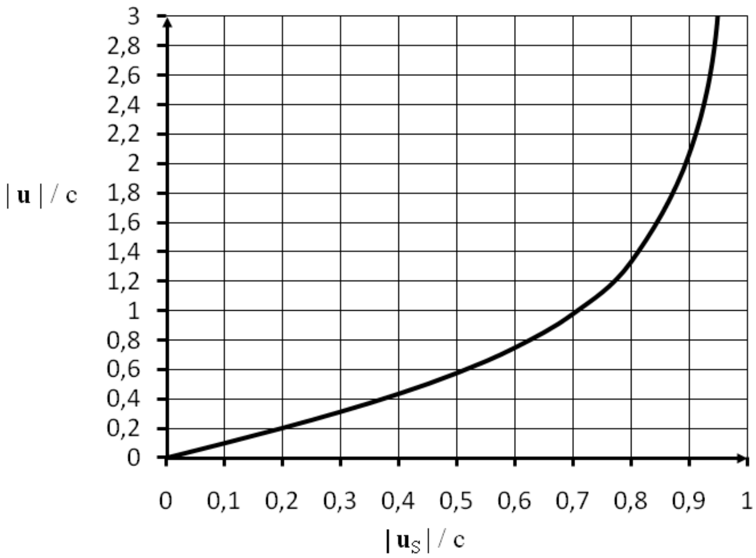

Abb 5 Wechselseitige Abhängigkeit der raumartigen Geschwindigkeiten

Bei der Übermittlung von Informationen aus entfernten Teilen des Universums sind wir bisher davon ausgegangen, in die Vergangenheit zu blicken. Werden Informationen jedoch mit der auf die *Galilei* – Zeit t bezogenen unendlich großen Übertragungsgeschwindigkeit **u** übertragen, siehe (53), so erblicken wir – auch bei beliebig weit entfernten Objekten - doch stets die gegenwärtige Situation.

6. Verallgemeinerte *Galilei* – Transformation und *euklid*isches Universum

Die Transformation der Systeme des *Minkowski* - Universums erfolgt in der SRT *Einstein*s mit Hilfe der *Lorentz* – Transformation [15,31].
Die Alterung von Materie ist bei Verwendung der *Lorentz* – Transformation systemabhängig (bewegte Uhren gehen langsamer). Die Uhrenzeit ist dort zugleich Koordinatenzeit und kontrolliert folglich Alterungsprozesse. Das ist im *euklid*ischen Universum nicht der Fall!
Hier ist das Prinzip der Konstanz und Endlichkeit der Lichtgeschwindigkeit

$$|\mathbf{u}'_s| = c \iff |\mathbf{u}_s| = c \tag{54}$$

auf Grund von (39) erfüllt, wenn die Koordinatenzeit der zeitartigen Koordinate eine *Galilei* – Zeit ist:

$$dt' = dt\,, \tag{55}$$

wenn also Alterungsprozesse systemunabhängig ablaufen, Halbwertzeiten des biochemischen Abbaus Invarianten aller Systeme sind.

Die Transformation der raumartigen Koordinaten der Raumzeit kann im Zusammenhang mit den Teilchengeschwindigkeiten in euklidischen Systemen erörtert werden.
In der Raumzeit sind Teilchengeschwindigkeiten bei Superposition von Ereignissen (wenigstens in der zeitartigen Koordinate) nicht additiv, siehe (31). Wir nehmen jedoch in Kontinuität zur *Newton*schen Theorie an, dass sich die raumbezogenen Teilchengeschwindigkeiten (komponentenweise) dabei additiv verhalten und setzen damit die Gültigkeit des

Newtonschen Additionstheorems

$$\mathbf{u}' = \mathbf{u} - \mathbf{v} \quad \text{mit} \quad \mathbf{v}' = -\mathbf{v} \tag{56}$$

für raumbezogene Geschwindigkeiten voraus [13,14,27]. Die Geschwindigkeit $\mathbf{u}$ eines Teilchens in einem System $\mathbb{S} = (N_4, G)$ ist dann gleich der Summe von raumbezogener Systemgeschwindigkeit $\mathbf{v}$ eines Systems $\mathbb{S}' = (N'_4, G')$ in $\mathbb{S}$ und der raumbezogenen Geschwindigkeit $\mathbf{u}'$ des Teilchens in $\mathbb{S}'$. Die auf die Messzeit t_S bezogene Systemgeschwindigkeit hat (52) entsprechend das Aussehen:

$$\mathbf{v}_S = \frac{\mathbf{v}}{\sqrt{1+(\mathbf{v}/c)^2}}$$

Bezogen auf Messzeiten ergibt sich nach Substitution von (52) daraus das

Relativistische Newtonsche Additionstheorem:

$$\frac{\mathbf{u}'_s}{\sqrt{1-(\mathbf{u}'_s/c'_0)^2}} = \frac{\mathbf{u}_s}{\sqrt{1-(\mathbf{u}_s/c_0)^2}} - \frac{\mathbf{v}_s}{\sqrt{1-(\mathbf{v}_s/c_0)^2}}\,, \quad \mathbf{v}'_S = -\mathbf{v}_S\,. \tag{57}$$

Wir gehen davon aus, dass es in jedem System des Universums Massepunkte gibt, die mit Ruhemasse beladen sind ($m_o > 0$) und somit auch in dem System ruhen können. Wenn ein Teilchen im System $\mathbb{S}'$ ruht ($\mathbf{u}'_S = 0$), so folgt aus (57): $|\mathbf{u}_S| = |\mathbf{v}_S|$.

Würde sich das System $\mathbb{S}^/$ mit Lichtgeschwindigkeit in $\mathbb{S}$ bewegen ($|\mathbf{v}_S| = c$), so stände das im Widerspruch zum Prinzip der Konstanz und Endlichkeit der Lichtgeschwindigkeit. Man erhielte: $|\mathbf{u}_S| = c$ und $|\mathbf{u}_S^/| = 0$.
Das bedeutet, für die raumbezogene Relativgeschwindigkeit zwischen Systemen muss stets

$$0 \le |\mathbf{v}| < \infty \text{ beziehungsweise } 0 \le |\mathbf{v}_S| < c \tag{58}$$

gelten. Systeme des Universums können sich relativ zueinander *nicht* mit Lichtgeschwindigkeit bewegen.

Aus (55) und (56) ergeben sich entsprechend (9) unter Einbeziehung von (20) und (28) die Gleichungen einer

Raumzeitbezogenen Galilei – Transformation:

$$\begin{aligned} &dx^{/\alpha} = dx^\alpha - v^\alpha/c \cdot dx^4 \text{ mit } v^{/\alpha} = - v^\alpha \text{ für } \alpha = 1, 2, 3 \\ &\text{und} \\ &dx'^4 = dx^4 , v^{/4} = v^4 = c . \end{aligned} \tag{59}$$

Gemäß (9) hat die Matrix der *Galilei* – Transformation $d\mathbf{X}^/ = A(\mathbf{V}^/) \cdot d\mathbf{X}$ dann das Aussehen

$$A(\mathbf{V}^/) = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & v^{/1}/c \\ 0 & 1 & 0 & v^{/2}/c \\ 0 & 0 & 1 & v^{/3}/c \\ 0 & 0 & 0 & v^{/4}/c \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & -v^1/c \\ 0 & 1 & 0 & -v^2/c \\ 0 & 0 & 1 & -v^3/c \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} = A(\mathbf{v}) , \tag{60}$$

$$\text{also } A^\alpha_\beta = \delta^\alpha_\beta \ , \ A^\alpha_4 = -v^\alpha / c_0 \ , \ A^4_\mu = \delta^4_\mu \ .$$

Die raumbezogene Geschwindigkeit $\mathbf{v} = (v^1, v^2, v^3)$ des Systems $\mathbb{S}^/$ in $\mathbb{S}$ repräsentiert dabei im Allgemeinen ein dreidimensionales Geschwindigkeitsfeld auf der Raumzeit N_4 von $\mathbb{S}$:

$$\mathbf{v} = \mathbf{v}(\mathbf{X}) = (v^1(\mathbf{X}), v^2(\mathbf{X}), v^3(\mathbf{X})) \text{ mit } \mathbf{v}^/(\mathbf{X}^/(\mathbf{X})) = -\mathbf{v}(\mathbf{X}) \text{ für jedes } X \in \mathbb{S}, \tag{61}$$

siehe dazu Abschnitt 7 (*Raumartige Ereignisse*).

Für $\mathbf{v}$ = const erhalten wir (abgesehen von additiven Konstanten) gemäß (8) aus (59) die *Galilei* – Transformation:

$$\begin{aligned} &x^{/\alpha} = x^\alpha - v^\alpha /c \cdot x^4 \text{ mit } v^{/\alpha} = - v^\alpha \text{ für } \alpha = 1, 2, 3 \\ &\text{und} \\ &x^{/4} = dx^4 = c \cdot t , \quad t^/ = t , v^{/4} = v^4 = c , \end{aligned}$$

die Inertialsysteme wieder in Inertialsysteme überführt.

In Hinsicht auf die Verkettung von Transformationen bildet die Menge $\mathbb{A}$ der raumzeitbezogenen *Galilei* – Transformationen (60-61) (als Abbildungen des R^4 auf sich betrachtet) eine Gruppe.
Das berechtigt davon auszugehen, dass mit einem gemäß (29) und (30) gebildeten *euklidischen* System $\mathbb{S} = (N_4 , G)$ auch jedes *euklid*ische System $\mathbb{S}^/ = (N^/_4 , G)$ zum Uni-

versum gehört, für das es eine raumzeitbezogene *Galilei* – Transformation $A \in \mathbb{A}$ gibt, die N_4 auf N'_4 abbildet.
Alle auf diese Weise zum Universum gehörenden Systeme und nur diese können untereinander als gleichberechtigt angesehen werden sind damit für die Bildung des Universums *zulässig*.
Damit erhalten wir das

allgemeine Relativitätsprinzip des euklidischen Universums:

Das *euklid*ische Universum besteht aus massebeladenen Teilchen, die in den zulässigen, untereinander gleichberechtigten vierdimensionalen *euklid*ischen Systemen lokalisiert und strukturiert sind. Die zulässigen Systeme werden mit Hilfe der Gruppe raumzeitbezogenen *Galilei* – Transformationen gebildet. Dabei wird Forminvarianz physikalischer Gesetze, die bei Zeitabhängigkeit auf die *Galilei* – Zeit zu beziehen sind, gefordert (Kovarianzprinzip).

Ergänzende Anmerkungen:
Die vierdimensionale Raumzeit zulässiger Systeme ist entsprechend (1) und (2) strukturiert, wobei ein Elementarereignis in einem der Systeme durch 3 raumartigen Koordinaten und eine zeitabhängige Koordinate bestimmt ist.
Die Elementarereignisse der Systeme werden nach unterschiedlichen Kriterien von Systemzeiten geordnet:
Die *Galilei* - Zeit t ordnet die Ereignisse der Systeme nach der Reihenfolge ihres Geschehens und der Alterung. Die Alterungsgeschwindigkeit

$$c = dx^4 / dt \approx 3 \cdot 10^5 \text{ km/s} \tag{62}$$

ist dabei eine universelle, also in allen zulässigen Systemen gleichermaßen geltende Konstante (Prinzip der Konstanz und Endlichkeit der Alterungsgeschwindigkeit) .
Die Uhren- und Messzeit t_S ordnet die zeit- und lichtartigen Ereignisse innerhalb eines der zulässigen Systeme nach der Länge des vom zugehörigen Teilchen zurückgelegten Weges ($ds = c \cdot dt_S$, siehe (34)).

Auf Grund von (34) ist das Prinzip der Konstanz und Endlichkeit der Teilchengeschwindigkeit in der Raumzeit, siehe (35), invariant in allen Systemen des Universums gültig, und stellt eine Verallgemeinerung für das Prinzip der Konstanz und Endlichkeit der Lichtgeschwindigkeit, siehe (54), dar, da die Koordinatenzeit der zeitartigen Koordinate hier eine *Galilei* – Zeit ist.

7. Weg – Zeit - Dilatationen und Längenkontraktion in *euklid*ischen Systemen

Systeme $\mathbb{S} = (N_4 , G)$ und $\mathbb{S}' = (N'_4 , G)$ des *euklid*ischen Universums haben metrische Fundamentalformen

$$ds^2 = dx^\alpha \cdot dx^\alpha + c^2 \cdot dt^2 \tag{63}$$

beziehungsweise

$$ds'^2 = dx'^\alpha \cdot dx'^\alpha + c^2 \cdot dt'^2 , \tag{64}$$

und bewegen sich relativ zueinander mit einer raumbezogenen Geschwindigkeit $\mathbf{v} = (v^1, v^2, v^3)$, wobei $|\mathbf{v}| < \infty$ ist. Auf Grund der verallgemeinerten *Galilei* – Transformation besteht dabei der Zusammenhang

$$dx'^\alpha = dx^\alpha - v^\alpha \cdot dt \quad \text{für } \alpha = 1, 2, 3 \text{ und } dt' = dt . \tag{65}$$

Bei Ereignissen, die zu einem festen Zeitpunkt t , also bei

$$dt = 0\,, \tag{66}$$

stattfinden, ergibt sich daraus

$$dx^{/\mu} = dx^{\mu}\,,\quad \text{für}\ \mu = 1, 2, 3, 4 \quad \text{bei}\ dx^4 = 0 \tag{67}$$

und damit

$$ds^{/} = ds^2 = ds_N^2 = dx^{\alpha} \cdot dx^{\alpha} = |d\mathbf{x}|^2 \tag{68}$$

sowie

$$|d\mathbf{x}^{/}| = |d\mathbf{x}| \quad \text{und} \quad |d\mathbf{X}^{/}| = |d\mathbf{X}| = |d\mathbf{x}|\,. \tag{69}$$

Dabei sehen wir $ds_N = |d\mathbf{x}|$ als messbare Größe an, siehe Abschnitt **4**.

Amerkung:

Da hier der Zeitpunkt des Stattfindens, also des Geschehens, von Ereignissen betrachtet wird, muss sich die Gleichzeitigkeit der Ereignisse auf die Koordinatenzeit beziehen, siehe (66).

Raumartige Ereignisse – ohne Lorentz - Kontraktion

Wir betrachten Massepunkte **X**, **Y** eines zusammenhängenden Körpers $E_{K,t}$ zur Koordinatenzeit t. $E_{K,t}$ stellt ein raumartiges Ereignis in $\mathbb{S}$ dar. Die Punkte **X** und **Y** = **X**+d**X** lassen sich durch eine vierdimensionale Strecke der Länge ds = $|d\mathbf{X}|$ verbinden. Wegen $y^4 = x^4 = c \cdot t$ gilt $dx^4 = c \cdot dt = 0$. Daher sind die raumartigen Koordinaten **x** und **y** = **x** + d**x** Endpunkte einer raumartigen Strecke zum selben Zeitpunkt t . Auf Grund von (66) und (69) hat die Strecke dann in jedem System des Universums dieselbe Länge. Es gibt im *euklid*ischen Universum also keine Kontraktion der Längen.

Hierin unterscheiden sich die euklidischen Systeme von den *Minkowski* - Systemen. Eine raumartige Strecke kann in verschiedenen *Minkowski* - Systemen unterschiedliche Längen aufweisen. Messzeiten t_S sind hier zugleich Koordinatenzeiten. Ereignisse, die in einem System $\mathbb{S}$ gleichzeitig stattfinden ($dt_S = 0$), können daher in einem anderen *Minkowski* – System $\mathbb{S}^{/}$ der *Lorentz* – Transformation entsprechend nacheinander eintreten. Dort gilt dann: $dt^{/}_S \neq 0$, und es kommt zur bekannten

Lorentz - Kontraktion der Längen:

$$|dx| = |dx'| \cdot \sqrt{1 - \frac{v_S^2}{c^2}}\ . \tag{70}$$

Die *Lorentz* – Kontraktion führt, insbesondere bei Einbeziehung zueinander beschleunigter Systeme, über den Rahmen der *euklid*ischen Geometrie und damit über den Rahmen der *Minkowski* – Systeme hinaus. In seiner *Allgemeinen Relativitätstheorie* (ART) hat *Einstein* die Metrik der Systeme und die Klasse der zulässigen Koordinatentransformationen dementsprechend erweitert [5].

Im *euklid*ischen Universum entfällt mit der *Lorentz* - Kontraktion der Grund für eine Veränderung der Metrik. Die Grenzen der *euklid*ischen Geometrie werden nicht überschritten - auch wenn man *Galilei* - Transformationen zulässt, deren Relativgeschwindigkeiten lokal von den Raumzeitkoordinaten $\mathbf{X} = (x^1, x^2, x^3, x^4)$ abhängen, also nicht konstant sind, siehe (61). Die raumzeitbezogene *Galilei* – Transformation bildet raumartige Ereignisse entfernungstreu ab.

Lichtartige Ereignisse

Bei lichtartigen Ereignissen im *euklid*ischen Universum finden alle Elementarereignisse zur selben Zeit t statt, und hängen dabei funktional von der Uhren- und Messzeit t_S ab. Lichtartige Ereignisse sind also zeitabhängig.
Wir betrachten ein Teilchen, das sich im System $\mathbb{S}$ mit Lichtgeschwindigkeit bewegt:

$$|\mathbf{u}_S| = \left|\frac{d\mathbf{x}}{dt_S}\right| = c.$$

Auf Grund von (34) sowie (63) ergibt sich daraus

$$dt = 0 \text{ in } \mathbb{S}.$$

Da die Koordinatenzeit t eine *Galilei* – Zeit ist, muss dann auch

$$dt' = 0 \text{ in } \mathbb{S}'$$

gelten, und wir erhalten mit Hilfe von (34) und (64):

$$|\mathbf{u}'_S| = \left|\frac{d\mathbf{x}'}{dt'_S}\right| = c.$$

Daraus folgt unmittelbar die Gültigkeit des Prinzips der Konstanz und Endlichkeit der Vakuum – Lichtgeschwindigkeit (54) für alle Systeme des *euklid*ischen Universums.
Damit werden – erstmalig auch für *euklid*ische Systeme - die experimentellen Befunde von *Michelson* & *Morley* [1] und anderen begründet.

Darüber hinaus gelten die Beziehungen (67-69), und wir erhalten

$$dt'_S = dt_S \,. \tag{71}$$

Eine von einem Teilchen mit Lichtgeschwindigkeit im *euklid*ischen Universum zurückgelegte Strecke ist in allen zulässigen Systemen gleich lang und wird dort in derselben Uhrenzeit zurückgelegt.

Zeitartige Ereignisse

Zeitartige Ereignisse beschreiben die Bahn eines Teilchens im Universum, sind also zeitabhängig. Im euklidischen Universum hängen die Elementarereignisse eines zeitartigen Ereignisses von der *Galilei* - Zeit t ab, die während des Ereignisses echt monoton wächst: $dt > 0$.
In den Systemen $\mathbb{S}$ und $\mathbb{S}'$ kann man entlang der Bahnen eines Teilchens dann die Zeitdauer

$$dt_S = dt/ß_S\,,\quad ß_S = \sqrt{1-u_S^2/c^2} \text{ in } \mathbb{S}$$

sowie die Zeitdauer

$$dt'_S = dt'/ß'_S\,,\quad ß'_S = \sqrt{1-u_S'^2/c^2} \text{ in } \mathbb{S}'$$

messen . Wegen $dt^{/} = dt$ erhalten wir daraus:

$$ds^{/} \cdot ß^{/}_S = ds \cdot ß_S \;\text{ und }\; dt^{/}_S \cdot ß^{/}_S = dt_S \cdot ß_S\,. \tag{72}$$

Ruht das Teilchen im System $\mathbb{S}^{/}$, gilt also $\mathbf{u}^{/}_S = 0$, so erhält man mit Hilfe der *Newton*schen Additionstheoreme (56) und (57):

$$|\mathbf{u}| = |\mathbf{v}| \quad \text{beziehungsweise} \quad |\mathbf{u}_S| = |\mathbf{v}_S| \quad ,$$

und es ergibt sich in diesem Fall eine

Dilatation des Weges:

$$ds = \frac{ds^{/}}{\sqrt{1-\mathbf{v}_S^2/c^2}} \quad . \tag{73}$$

Die Dilatation eines Teilchenweges ist hierbei nicht im Sinne einer *Lorentz*schen Längenkontraktion zu verstehen. Dilatation bedeutet hier: das Teilchen ruht während einer Zeitspanne $\Delta t^{/}$ in $\mathbb{S}^{/}$ ($|\Delta\mathbf{x}^{/}| = 0$), bewegt sich aber im Ablauf dieser Zeit in der Raumzeit von $S^{/}$ kräftefrei (nach *Newton* geradlinig gleichförmig) auf kürzestem Weg $\Delta s^{/} = |\Delta\mathbf{X}^{/}| = c \cdot \Delta t^{/}_S$ parallel zur zeitartigen Koordinate $\Delta s^{/} = |\Delta\mathbf{x}^{/4}|$. Dasselbe Teilchen nimmt im System $\mathbb{S}$ unter dem Einfluss einer dort wirkenden Kraft, beispielsweise der Schwerkraft eines Planeten, eine andere und zwangsläufig dann längere Bahn in der Raumzeit, siehe (73) und (44) bei $|\Delta\mathbf{x}| > 0$ und $\Delta x^4 = \Delta x^{/4}$.

Die Dilatation der Wege überträgt sich in *euklid*ischen Systemen auf die mit Uhren gemessenen Zeiten [18,32].

In der bisherigen Physik sind Uhren Instrumente zur Messung der Zeitdauer von Ereignissen, und es wird vorausgesetzt, dass mit der Uhrenzeit sowohl die Reihenfolge des Geschehens der Ereignisse (wenigstens innerhalb eines Systems) fixiert als auch der Ablauf der Alterung der Teilchen quantifiziert wird [29,33].

In einem *euklid*ischen System messen Uhren zwar ebenfalls die Zeitdauer, die ein Teilchen benötigt, um einen Weg in dem System während des Ereignisses zurückzulegen. Dabei haben wir es jedoch mit einem vierdimensionalen Weg in der Raumzeit zu tun, die Teilchengeschwindigkeit ist bezogen auf die Messzeit längs des Weges stets konstant c und die gemessene Zeitdauer demzufolge proportional zur Länge des Weges, siehe (34):

$$dt_S = 1/c \cdot ds \;\text{ in }\; \mathbb{S} \;\text{ sowie }\; dt^{/}_S = 1/c \cdot ds^{/} \;\text{ in }\; S^{/}.$$

Auf Grund von (73) folgt daraus eine

Dilatation der Uhrenzeit [12]

$$dt_S = \frac{dt^{/}_S}{\sqrt{1-\mathbf{v}_S^2/c^2}} \;,\quad dt^{/}_S = dt\,. \tag{74}$$

Es handelt sich dabei allerdings um eine *scheinbare* Dilatation. Das betrachtete Teilchen legt in der Raumzeit von $\mathbb{S}$ einen längeren Weg als in $\mathbb{S}^{/}$ zurück und benötigt demzufolge mehr Uhrenzeit, altert dabei aber in beiden Systemen gleichermaßen: $dt = dt^{/}$.

Wir messen in den *euklid*ischen Systemen mit einer Uhr also eigentlich Weglängen in der Raumzeit und keine Zeiten, die die Reihenfolge des Geschehens und die Alterung kontrollieren.

Für die auf die *Galilei* - Zeit bezogenen Teilchengeschwindigkeiten $\mathbf{U} = (u^1, u^2, u^3, c)$ in $\mathbb{S}$ und $\mathbf{U}^/ = (u^{/1}, u^{/2}, u^{/3}, c)$ in $\mathbb{S}^/$ gilt, siehe (44),

$$\left|\mathbf{U}\right| = \frac{ds}{dt} \quad \text{und} \quad \left|\mathbf{U}^/\right| = \frac{ds^/}{dt^/},$$

und wegen (55) und (73) erhalten wir daher auch eine

Dilatation der Teilchengeschwindigkeiten in der Raumzeit:

$$\left|\mathbf{U}\right| = \left|\mathbf{U}^/\right| / \sqrt{1-\mathbf{v}_S^2/c^2} \; . \tag{75}$$

Dabei ist $\left|\mathbf{U}^/\right| = \left|\mathbf{U}^/_S\right| = c$.

Uhren können in einem System des Universums ruhen, sich aber in einem anderen zulässigen System bewegen und so selber (als Teilchen betrachtet) zeitabhängige Ereignisse bilden.

Als *innere Uhr eines Teilchens* bezeichnen wir eine Uhr, die sich relativ zu dem Teilchen nicht bewegt:

$$\mathbf{u}_E^C = \mathbf{u}_E - \mathbf{u}_C = 0.$$

Bei $\left|\mathbf{u}_E^C\right| > 0$ sprechen wir, bezogen auf das Teilchen, von einer *äußeren Uhr*.

Anmerkungen:

- Eine Uhr kann *innere* Uhr eines Teilchens zugleich aber auch äußere Uhr eines
- anderen Teilchen sein.
- Jedes Teilchen, das eine von Null verschiedene Ruhemasse besitzt ($m_o > 0$), unterliegt der Alterung, die sich im Wesentlichen mit dem biochemischen Abbau identifizieren lässt. Die Abbauraten bestimmen dabei die *Galilei* – Zeitdauer von Abbauereignissen entlang der Bahn des Teilchens, insbesondere seine Lebensdauer, und etablieren so den Mechanismus einer *inneren* Uhr.
- Äußere Uhren eines Teilchens messen die Uhrenzeitdauer Δt_S, die das Teilchen benötigt, um einen Weg $\Delta s = c \cdot \Delta t_S = \left|\Delta \mathbf{X}\right|$ in der Systemraumzeit zurückzulegen. Dabei werden die Ereignisse im Allgemeinen nicht in der Reihenfolge ihres Geschehens geordnet.

Ein System $\mathbb{S}_C$ nennen wir *Ruhesystem* einer Uhr C, wenn C in $\mathbb{S}_C$ ruht: $\left|\mathbf{u}_C\right| = 0$.

Befindet sich eine Uhr in einem System in Bewegung ($\left|\mathbf{u}^/_C\right| \neq 0$), so gibt es eine Transformation in das Ruhesystem der Uhr:

$$\mathbf{u} = \mathbf{u}^/ - \mathbf{v}^/ , \;\; \mathbf{v} = -\mathbf{v}^/ \; , \;\; \mathbf{v}^/ = \mathbf{u}^/_C \, . \tag{76}$$

Dann gilt: $\mathbf{u}_C = 0$ in $\mathbb{S}_C$.

Aus (74) ergibt sich daraus:

die *innere* Uhr eines Teilchens geht langsamer als alle äußeren Uhren des Teilchens. Ruht eine äußere Uhr eines Teilchens in einem System, so bewegt sich umgekehrt die *innere* Uhr des Teilchens in dem System.

In Übereinstimmung mit der SRT *Einstein*s gilt in diesem Sinne dann auch in *euklid*ischen Systemen: bewegte Uhren gehen langsamer als ruhende.

Anmerkung:
Wir gehen hier davon aus, dass der Gang jeder Uhr vorab im Ruheraum der Uhr auf die Strahlungsfrequenz einer dort ebenfalls ruhenden Substanz abgestimmt (1s entspricht der Dauer von 9.192.631.770 Perioden der Strahlung von Cäsium 133) und so bei Ruhe geeicht wurde. Danach kann man die Lebensdauer (beziehungsweise die Lebenserwartung) von Teilchen im Ruhesystem der Uhr ermitteln. Bewegt sich das Teilchen dabei, dann muss die ermittelte Uhrzeitdauer anschließend noch durch Zeit- und Geschwindigkeitssynchronisationen (41) und (52) auf die *Galilei* – Zeit zurückprojiziert werden.
Die Lebensdauer von Teilchen wird im *euklid*ischen Universum auf die *Galilei* – Zeit bezogen und ist dann Invariante aller zulässigen Systeme des Universums.

8. Myonen

Wir wollen die Synchronisation von Zeiten und Geschwindigkeiten sowie die Dilatation von Wegen, Uhrenzeiten und Teilchengeschwindigkeiten am Beispiel der Myonen erläutern [18,34].

Bei Höhenstrahlungsprozessen in der Erdatmosphäre entstehen in etwa 20 km Höhe Myonen, die sich mit nahezu Lichtgeschwindigkeit in Richtung Erdoberfläche bewegen. Die Elementarteilchen haben bis zu Ihrem Zerfall in 3 Leptonen, einem Elektron und 2 Neutrinos, eine Lebenserwartung (Halbwertzeit) von 2,2µs. In dieser Zeit gelangen die Myonen bis zur Erdoberfläche, dürften aber eigentlich höchstens 660m zurücklegen, wenn man entsprechend (38) die auf die Uhrenzeit bezogene Lichtgeschwindigkeit c als maximale Wirkgeschwindigkeit des Universums ansieht. Die mittlere Geschwindigkeit $\mathbf{v}_S$ des Schwarms der Myonen gegenüber der Erdoberfläche konnte mit $|\mathbf{v}_S| = 0{,}9998 \cdot c$ ermittelt werden [33].
Die SRT erklärt diesen scheinbaren Widerspruch mit der Zeitdilatation: bewegte Myonen leben eben länger als ruhende.

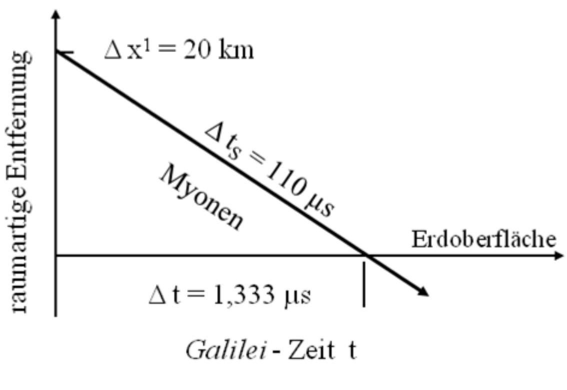

Abb 6 Lebensdauer von Myonen im *euklid*ischen Universum

Im *euklid*ischen Universum ist das anders zu interpretieren, siehe Abb. 6.
Die Lebenserwartung ist hier eine *Galilei* – Zeitdauer und damit systemunabhängig. Myonen leben also stets nur 2,2µs. Ermittelt man die Lebensdauer der Myonen mit Hilfe einer äußeren Uhr, so macht sich eine Synchronisation der Schwarmgeschwindigkeit erforderlich.

Wir erläutern das im Detail.

Dazu fassen wir den Schwarm der Myonen als *euklid*isches System $\mathbb{S}'$ auf, das sich mit der Geschwindigkeit $\mathbf{v}_S$ im *euklid*ischen System $\mathbb{S}$ der Erde bewegt.
Die Lebenserwartung der Myonen beträgt, auf die *Galilei* – Zeit bezogen, sowohl in $\mathbb{S}'$ als auch in $\mathbb{S}$:

$$\Delta t' = \Delta t = 2{,}2\mu s\ .$$

Wir vernachlässigen nun Bewegungen der einzelnen Myonen im Schwarm $\mathbb{S}'$, setzen also $\mathbf{u}'_S = 0$, und erhalten auf Grund der Additionstheoreme (56) und (57):

$$|\mathbf{u}_S| = |\mathbf{v}_S| \text{ in } \mathbb{S}.$$

Daraus ergeben sich die *Lorentz* – Faktoren:

$$ß_S = \sqrt{1-\mathbf{v}_S^2/c^2} = 0{,}02\ ,\ ß = 1/ß_S = 50 \text{ in } \mathbb{S}$$

sowie

$$ß'_S = ß' = 1 \text{ in } \mathbb{S}'.$$

Die auf die *Galilei* - Zeit t bezogene raumartige Relativgeschwindigkeit erhalten wir durch Geschwindigkeitssynchronisation (52):

$$|\mathbf{v}| = |\mathbf{v}_S|/ß_S = 49{,}996 \cdot c\ .$$

Der raumartige Weg der Myonen kann dann im Ablauf ihres Lebens (abgesehen von Hindernissen also) eine Länge von

$$|\Delta\mathbf{x}| = |\mathbf{v}| \cdot \Delta t = 32{,}99\text{km in } \mathbb{S}$$

betragen. Das zeigt, weshalb die Myonen vor ihrem Zerfall bis zur Erdoberfläche gelangen. Im Schwarmsystem $\mathbb{S}'$ dagegen ruhen die Elementarteilchen. Das bedeutet:

$$|\Delta\mathbf{x}'| = 0 \text{ in } \mathbb{S}'$$

Daraus folgt:

$$\Delta t'_S = \Delta t' \text{ und } \Delta s' = \Delta x'^4 = c \cdot \Delta t'_S = 660\text{m in } \mathbb{S}'.$$

Uhrenzeit und *Galilei* – Zeit sind in $\mathbb{S}'$ bereits synchron. Bezogen auf die *Galilei* – Zeit t ergeben sich daraus die raumzeitartigen Geschwindigkeiten und Weglängen der Myonen:

$$|\mathbf{U}'| = \Delta s'/\Delta t' = c \text{ und } |\Delta\mathbf{X}'| = |\mathbf{U}'| \cdot \Delta t' = \Delta s' = 660\text{m in } \mathbb{S}'.$$

Die Myonen legen also bis zum Zerfall (im Mittel) entlang der zeitartigen Koordinate 660m in der Raumzeit zurück.

Im System $\mathbb{S}$ kommen sie partiell in Richtung der zeitartigen Koordinate ebenfalls

$$\Delta x^4 = c \cdot \Delta t = 660\text{m}$$

weit und weisen so dieselbe Alterung auf.

Weglängen und Geschwindigkeiten der Myonen in der Raumzeit lassen sich im Erdsystem $\mathbb{S}$ nun mit Hilfe der Dilatationsgesetze (73-75) berechnen.

Auf Grund von (73) ergibt sich eine mittlere Weglänge der Myonen von

$$\Delta s = \Delta s^{/}/ß_S = 33\text{km}.$$

Nach einer im Erdsystem $\mathbb{S}$ ruhenden äußeren Uhr würden die Myonen dafür gemäß (74) eine Zeitdauer von

$$\Delta t_S = \Delta t_S^{/}/ß_S = 110\mu s$$

benötigen. Sie altern dabei jedoch, wie in $\mathbb{S}^{/}$, nur um 2,2μs.

Die Geschwindigkeit der Myonen in der Raumzeit des Erdsystems ergibt sich aus (75) zu

$$|\mathbf{U}| = ß \cdot |\mathbf{U}^{/}| = 50 \cdot c \quad \text{bei} \quad |\mathbf{u}| = 49{,}996 \cdot c,$$

und wir erhalten auch hier die Weglängen

$$|\Delta\mathbf{X}| = |\mathbf{U}| \cdot \Delta t = \Delta s = 33\text{km} \quad \text{sowie} \quad |\Delta\mathbf{x}| = |\mathbf{v}_S| \cdot \Delta t_S = 32{,}99\text{km in } \mathbb{S}.$$

Die auf die *Galilei* - Zeit t bezogenen Teilchengeschwindigkeiten sind gemäß (45) stets größer oder gleich c. Das stellt jedoch im Gegensatz zur *Einstein*schen Theorie im *euklid*ischen Universum keinen Widerspruch dar. Die Vakuum – Lichtgeschwindigkeit ist in jedem Falle die größte im Universum vorkommende Wirkgeschwindigkeit. Sie beträgt, bezogen auf die Uhrenzeit, $c \approx 3 \cdot 10^5$ km/s und ist, bezogen auf die *Galilei* – Zeit, unendlich groß. In beiden Fällen wird das Prinzip der größten Wirkgeschwindigkeit eingehalten:

$$|\mathbf{u}_S| = 0{,}9998 \cdot c \le c \quad \text{und} \quad |\mathbf{u}| = 49{,}996 \cdot c < +\infty.$$

Das Prinzip der Konstanz und Endlichkeit der Vakuum – Lichtgeschwindigkeit wird im *euklid*ischen Universum ebenfalls gewährleistet, gilt aber nur bei Bezug auf Uhrenzeiten.

9. Zwillingsparadoxon

Unter einem Zwillingsparadoxon versteht man in der SRT allgemein Probleme des unterschiedlichen Alterns von Zwillingen, die auftreten, wenn einer der beiden beispielsweise eine Weltraumreise unternimmt [3,18,35].
Wir betrachten das Zwillingsparadoxon hier modifiziert am Beispiel der Myonen: ein Beobachter B, der im Erdsystem $\mathbb{S}$ ruht, und ein Myon M, das sich im Schwarm $\mathbb{S}^{/}$ zur Erdoberfläche hinbewegt, bilden hier (abgesehen vom Vorleben des Beobachters) das „Zwillingspaar".

In der SRT *Einstein*s bestimmen die systemabhängigen Uhrenzeiten im Zusammenhang mit der *Minkowski* - Metrik den Ablauf der Alterung. Während des Fluges von M zur Erdoberfläche müsste demzufolge der im Erdsystem ruhende B schneller als M altern (bewegte Uhren gehen langsamer). Andererseits würde B aber, da er sich auf Grund der Relativität der Bewegungen auch mit der Erdoberfläche zum Schwarm der Myonen hinbewegt, nicht so schnell wie das dort ruhende M altern.
Dieses Paradoxon ist nach unserem Dafürhalten – trotz aller bisher dazu gemachten Verrenkungen - ein Indiz dafür, dass die systemabhängigen Uhrenzeiten, ungeeignet zur Beschreibung von Alterungsprozessen sind.

Wir zeigen nun an diesem Beispiel, dass im *euklid*ischen Universum Zwillinge system- und bewegungsunabhängig stets gleichermaßen altern, siehe Abb. 7.

Zu Beginn befindet sich der Schwarm der Myonen in einer Entfernung von 20km über der Erdoberfläche. Dementsprechend legen dann sowohl M im Erdsystem $\mathbb{S}$ als auch B im Schwarmsystem $\mathbb{S}'$ diese Strecke zurück:

$$\left|\Delta \mathbf{x}_M\right| = \left|\Delta \mathbf{x}'_B\right| = 20\text{km}.$$

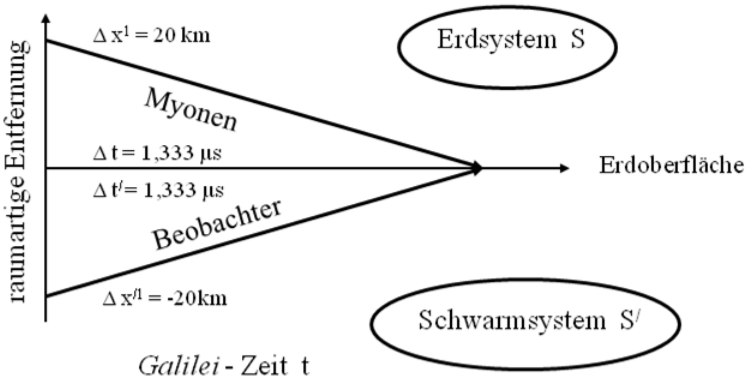

Abb 7 Zwillinge in *euklid*ischen Systemen

Dabei ruht M im Myonenschwarm sowie B an der Erdoberfläche:

$$\mathbf{u}_B = 0 \text{ in } \mathbb{S} \text{ und } \mathbf{u}'_M = 0 \text{ in } \mathbb{S}',$$

und es fallen nach dem *Newton*schen Additionstheorem (56) die Geschwindigkeiten von B und M mit der Relativgeschwindigkeit der Systeme zusammen:

$$\mathbf{u}_M = \mathbf{v} \text{ und } \mathbf{u}'_B = \mathbf{v}' \text{ mit } \left|\mathbf{v}'\right| = \left|\mathbf{v}\right| = 49{,}996 \cdot c\,.$$

B benötigt dann in $\mathbb{S}'$ dieselbe *Galilei* - Zeit wie M in $\mathbb{S}$, um die Strecke von 20km zurückzulegen:

$$\Delta t'_B = \left|\Delta \mathbf{x}'_B\right| / \left|\mathbf{v}'\right| = \Delta t_M = \left|\Delta \mathbf{x}_M\right| / \left|\mathbf{v}\right| \approx 1{,}333\mu\text{s}.$$

Die Lebensdauer von M reicht mit 2,2μs also aus, um die Erdoberfläche zu erreichen.
Da eine auf die *Galilei* – Zeit bezogene Zeitdauer systemunabhängig ist, erhalten wir darüber hinaus:

$$\Delta t'_M = \Delta t_M \text{ und } \Delta t_B = \Delta t'_B\,.$$

Die Zwillinge B und M altern also beide gleich schnell und systemunabhängig um

$$\Delta t_B = \Delta t_M = \Delta t'_B = \Delta t'_M = 1{,}333\mu\text{s}\,.$$

Es gibt im *euklid*ischen Universum kein Zwillingsparadoxon!

Bemerkung:
Bei Weltraumreisen mit im Vergleich zur Lichtgeschwindigkeit relativ großen Geschwindigkeiten könnte man in entfernte Bereiche des *euklid*ischen Universums gelangen und bei der Rückkehr wegen

$$|\Delta \mathbf{x}| = |\mathbf{u}| \cdot \Delta t \quad \text{mit} \quad |\mathbf{u}| < \infty$$

im Vergleich mit der Lebenserwartung nur wenig (im Grenzfall gar nicht), immer aber im gleichen Maße aller Zeitgenossen, gealtert sein.

10. Relativitätsprinzipien und Ausblick

In der Arbeit wurde alternativ zu *Einstein*s Relativitätstheorien ein vierdimensionales *euklid*isches, also flaches Universum vorgestellt, das auch beschleunigte Teilchenbewegungen zulässt. Der alternativen Theorie liegen drei Relativitätsprinzipien zugrunde:

- das *allgemeine* Relativitätsprinzip des *euklid*ischen Universums, siehe Abschnitt 6;
  bei *Galilei* – Transformationen wird dabei die Forminvarianz physikalischer Gesetze, die bei zeitabhängiger Formulierung auf die *Galilei* – Zeit zu beziehen sind (Kovarianzprinzip), gefordert;
- das Prinzip der Äquivalenz träger und schwerer Massen;
  das Prinzip wird in Hinsicht auf die raumzeitlich verteilte Materie der zulässigen Systeme des *euklid*ischen Universums vorausgesetzt;
- das Prinzip der Konstanz und Endlichkeit der Alterungsgeschwindigkeit in der Raumzeit, siehe Abschnitt 3.

Das Prinzip der Konstanz und Endlichkeit der Teilchengeschwindigkeiten im *euklid*ischen Universum bezieht sich auf die Uhrenzeit und lässt sich aus dem Prinzip der Konstanz und Endlichkeit der Alterungsgeschwindigkeit in der Raumzeit herleiten.
Es stellt eine Verschärfung des *Einstein*schen Prinzips der Konstanz und Endlichkeit der Vakuum – Lichtgeschwindigkeit dar.

Bezogen auf die *Galilei* – Zeit folgt in *euklid*ischen Systemen aus dem Prinzip der Konstanz und Endlichkeit der Alterungsgeschwindigkeit auch die Unendlichkeit der Vakuum – Lichtgeschwindigkeit.
Wenn wir davon ausgehen, dass die Lichtgeschwindigkeit zugleich Wirkgeschwindigkeit der Informationsübertragung ist, blicken wir bei der Beobachtung von entfernten Objekten daher nicht, wie bisher angenommen, in die Vergangenheit, sondern sehen die Gegenwart.

Das *euklid*ische Universum, das auf diesen Relativitätsprinzipien beruht, und die *Galilei* – Transformation anstelle der *Lorentz* – Transformation zur Systembildung verwendet, weist in Hinsicht auf die Relativität andere Eigenschaften als das *Einstein*sche Universum auf:

- Die Invarianz der Gleichzeitigkeit wird wiederhergestellt.
- Die Alterung der Materie erfolgt in allen Systemen des Universums in gleicher Weise. Es gibt kein Zwillingsparadoxon und
- es findet auch keine *Lorentz* – Kontraktion der Längen statt.
- Die Dilatation der Uhrenzeit ist nur scheinbar. Die *Galilei* – Zeit lässt sich nicht dehnen.

Erkenntnisse, die daraus resultieren, haben wir beispielhaft bei der Interpretation des Myonenfluges [18,34] und bei der Klärung des Zwillingsparadoxons [3,18,35] dargestellt.

Darüber hinaus können wir zeigen, dass auch die Relativitätstheorie *euklid*ischer Systeme durch wesentliche experimentelle Befunde der letzten Jahrhunderte, beispielsweise durch Messungen zu *Doppler* – Effekten [2] und zur Lichtbeugung unter Gravitation [8,10] gestützt wird (Resultate in Vorbereitung).

Die *Maxwell*schen Feldgleichungen der Elektrodynamik werden durch *Galilei* - Transformationen kovariant abgebildet, wenn die Fortschreitungsgeschwindigkeit der Wellen (Webersche Beziehung [18, 36]) dem allgemeinen Relativitätsprinzip des *euklid*ischen Universums folgend auf die *Galilei* – Zeit bezogen wird.

Die Masse – Energie – Äquivalenz, die *Einstein* auf die Uhrenzeit bezogen hat [31], lässt sich im Rahmen einer vierdimensionalen *Newton*schen Physik auch auf die *Galilei* – Zeit beziehen und damit modifizieren.

Die *Einstein*schen Feldgleichungen werden in der Allgemeinen Relativitätstheorie durch tensorielle Verallgemeinerung der *Poisson*schen Gleichung begründet [5], mit der in der *Newton*schen Theorie das auf die Uhrenzeit definierte *Newton*sche Potenzial als Maß der Gravitationsintensität berechnet wird.
Eine derartige Verallgemeinerung ist im *euklid*ischen Universum auf Grund der fehlenden raumzeitartigen Abstandsinvarianz, der fehlenden Krümmung der Raumzeit und der Unendlichkeit der (auf die *Galilei* – Zeit bezogenen) Lichtgeschwindigkeit weder möglich noch wünschenswert und darüber hinaus auch nicht notwendig.

Bei Äquivalenz von schwerer und träger Masse ist die Gravitation, die in der *Einstein*schen Theorie [4,5] als Scheinkraft zur Realisierung der Massenanziehung aufgefasst wird, im *euklid*ischen Universum eine konservativen Kraft, deren Potenzial als Maß der Gravitationsintensität mit Hilfe des *Newton*schen Potenzials gebildet wird, sich aber im Gegensatz zum *Newton*schen Potenzial auf die *Galilei* – Zeit bezieht.

Literatur

1. Michelson, A.A., Morley, E.W.: On the relative motion of the earth and the luminiferous ether. Am. J. of Science (3.Series) **34**(203), 333-345 (1887)
2. Römer, O.: Eine Demonstration der Bewegung des Lichts (Übersetzung der Originalarbeit von 1676). In: Der Weg der Physik, S. Samburski (ed.), dtv 6093, München 1978
3. Einstein, A.: Zur Elektrodynamik bewegter Körper. Ann. Phys. **17**, 891-1021 (1905)
4. Einstein, A.: Feldgleichungen der Gravitation. Sitzungsberichte der Preußischen Akad. D. Wiss. **47**, 831 (1915)
5. Einstein, A.: Die Grundlagen der allgemeinen Relativitätstheorie. Ann. Phys. **51**, 739-822 (1916)
6. Alley, C.O.: Relativity and clocks. In: Proc. 33. Annual Symp. on Frequency Control (IEEE), Atlantis City, New Jersey, USA, 30 May – 1 June 1979
7. Born, M.: Einstein’s Theory of Relativity. Dover Publications, New York 1962
8. Colls, P.: Einstein, Eddington and the 1919 Eclipse. In: Proc. Int. school on the historical Development of modern cosmology, Valencia 2000
9. Kramer, M., et al.: Tests of General Relativity from Timing the Double Pulsar. Science **314**, 97-102 (2006)
10. McEvoy, J.P.: Sonnenfinsternis. Die Geschichte eines Aufsehen erregenden Phänomens. Berlin 2001

11. Mercier, A., Treder, H.-J., Yourgrau, W.: On General Relativity. Akademie-Verlag, Berlin 1979
12. Laue, M.: Die Relativitätstheorie. In: Die Wissenschaft Bd. 38 und 68, Vieweg & Sohn, Braunschweig 1965 (Nachdruck)
13. Minkowski, H.: Raum und Zeit. Phys. Zeitschrift **10**, 104-117 (1909)
14. Minkowski, H.: Das Relativitätsprinzip. Ann. Phys. **352**, 927-938 (1915)
15. Lorentz , H.A., Einstein, A., Minkowski, H.: Das Relativitätsprinzip. Teubner, Leipzig/Berlin 1913
16. Newton, I.: Philosophiae Naturalis Principia Mathematika. In: Reg. Soc., London 1686
17. Newton, I.: Die mathematischen Prinzipien der Physik. V. Schüller und W. De Gruyter (eds.), Berlin/New York 1999
18. Melcher, H.: Relativitätstheorie in elementarer Darstellung mit Aufgaben und Lösungen. Dt. Verlag der Wissenschaften, Berlin 1974
19. Bogess, N.W., et al.: The COBE mission: Its Design and Performance Two Years after the launch. Astrophysical J. **397**, 420 (1992)

20. Odenwald, S., Newmark, J., Smoot, G.: A study of external galaxies detected by the COBE Diffuse Infrared Background Experiment, Astrophysical J. **500** (2), 544-568 (1998)
21. de Bernardis, P., et al.: A flat universe from high-resolution maps of the Cosmic Background. Nature **404**, 955-959 (2000)
22. Lange, A.E., et al.: Cosmological Parameters from the first results of Boomerang. Phys. Rev. **D 63**,1-7 (2001)
23. Netterfield, C.B., et al.: A measurement by BOOMERANG of multiple peaks in the angular power-spectrum oft the cosmic microwave background. Ap. J. **571**, 604-616 (2002)
24. Stephani, H.: Allgemeine Relativitätstheorie. Dt. Verlag der Wissenschaften, Berlin 1977
25. Einstein, A.: Prinzipielles zur Allgemeinen Relativitätstheorie Ann. Phys. **55**, 241-244 (1918)
26. Einstein, A.: Grundzüge der Relativitätstheorie. In: Vier Vorlesungen über Relativitätstheorie, 8. erweiterte Aufl.,Vieweg, 1990
27. Lenk, R., Macheleit, G., Möbius, P.: Statistische Physik, Relativitätstheorie, Elementarteilchen. Studienbücherei, Bd. 12, Dt. Verlag d. Wiss. Berlin 1979
28. Almeida, J.B.: An alternative to Minkowski space-time, arXiv:gr-qc/0104029v2, June 2001.
29. Gersten, A.: Euclidean Special Relativity. Foundation of Physics **33**(8), 1237-1252 (2003)
30. Montanus, J.M.C.: Proper-Time Formulation of Relativistic Dynamics. Foundation of Physics **31**(9), 1357-1400 (2001)
31. Stachel, J.: Einsteins Annus mirabilis . Fünf Schriften, die die Welt der Physik Revolutionierten. Rowohlt, 2. Auflage, Reinbek bei Hamburg 2005
32. Hafele, J.C., Keating, R.E.: Around the world Atomic clocks: Predicted Relativistic Time Gains (Theory and experiment). Science **177** (4044), 166-170 (1972)
33. Bailey, J., et al.: Measurement of relativistic time dilatation for positive and negative muons in a circular orbit. Nature **268**, 301-305 (1977)
34. Bailey, J., et al.: Final report on the CERN muon storage ring including the anomalous magnetic moment and the electric dipole moment of the muon, and a direct test of relativistic time dilation. Nucl. Phys. **B 150**, 1-75 (1979)
35. Skobelzyn, D.W.: Das Zwillingsparadoxon in der Relativitätstheorie. Akademieverlag, Berlin 1972
36. Weber, J.: General Relativity and Gravity waves. Interscience Publ. (Wiley), New York 1961