

# Überlegungen zu einer allgemeingültigen Physik ohne „Kontraktion der Längen“ und „Dilatation der Zeit“

## (4) Nicht-relativistische Begründung des Relativitätsprinzips in der Optik Teil 3: Deutung der „Pionieranomalie“ aus dem Modell der gravitationsabhängigen optischen Mitbewegung

*Zusammenfassung:* Es wird am Beispiel der sogenannten „Pionieranomalie“ die Erklärungsmächtigkeit der Annahme überprüft, dass elektromagnetische Wellen unter dem Einfluss eines an ihrer bewegten Masse angreifenden senderseitigen Gravitationsfeldes „hinreichender Stärke“ (Erde) resp. eines empfängerseitigen Gravitationsfeldes „besonderer Stärke“ (Sonne) die Schwerpunktsbewegung eines Himmelskörpers so lange mitvollziehen, bis sie ggffls von der mit dem Abstandsquadrat schwächer werdenden Gravitation aus der Mitbewegung entlassen werden. Unter dieser Annahme werden beim Entweichen des telemetrischen Signals aus der senderseitigen Mitbewegung mit der Sonne, bei Reflexion an den Flugapparaten Pioneer 10 und 11 und beim Wiedereintritt in die empfängerseitige Mitbewegung mit der Sonne Dopplereffekte verursacht, die aus der geltenden Theorie nicht zu erklären sind. Die Reichweite des *senderseitigen* optischen Mitbewegungsraumes der Sonne berechnet Verf. aus  $oMR_{send} = \frac{2Gm}{c^2} km$  mit der Sonnenmasse zu  $19,687 AE$ , was sehr gut mit der Beobachtung übereinstimmt, dass ab einer Sonnenentfernung von  $\approx 20 AE$  ein „anomaler“ Dopplereffekt dauerhaft in den telemetrischen Daten sichtbar wird. Im Widerspruch zu den bisherigen Interpretationen stellt sich dieser Effekt jedoch nicht als Blauverschiebung, sondern als Rotverschiebung dar.

1. In den vorangehenden Abschnitten wurde die aus dem Experiment von Michelson und Morley folgende Einbeziehung der Optik in den Geltungsbereich des Relativitätsprinzips mit der Annahme begründet, dass Energiequanten nach Emission unter dem Einfluss eines an der bewegten Masse der Photonen angreifenden senderseitigen Gravitationsfeldes „hinreichender Stärke“ (Planet Erde) den Bewegungszustand, den sie vor Emission mit dem Sender gemein hatten, so lange beibehalten, bis sie von der mit dem Abstandsquadrat schwächer werdenden Gravitation aus der Mitbewegung entlassen werden. Für die von außen einfallenden elektromagnetischen Wellen wird analog angenommen, dass sie unter dem Einfluss eines empfängerseitigen Gravitationsfeldes „besonderer Stärke“ (unsere Sonne und vermutlich auch die Planeten Jupiter und Saturn) den Bewegungszustand des Empfängers, an dem sie zuvor nicht teilgenommen haben, schon vor Absorption/Reflexion an der Grenze eines empfängerseitigen Mitbewegungsraumes weit geringerer Reichweite übernehmen, bis sie ggffls aus dieser Mitbewegung wieder entlassen werden. Unter dieser Annahme wird der von der Raumbewegung hinreichend massereicher Himmelskörper abhängende astronomische Dopplereffekt nicht unmittelbar an der emittierenden resp. absorbierenden/reflektierenden Grenzfläche erzeugt, sondern erst dort, wo die elektromagnetische Welle aus der Mitbewegung mit dem Himmelskörper entweicht, resp. schon dort, wo die Welle in die Mitbewegung mit dem Himmelskörper eintritt.

2. Die Erklärungsmächtigkeit dieses Verursachungsmodells lässt sich im rein terrestrischen Versuch nicht überprüfen, da die gegen die Erde bewegbaren irdischen Körper eine viel zu geringe Masse haben, um ein Gravitationsfeld „hinreichender“, ge-

schweige denn "besonderer Stärke" zu erzeugen. Die im irdischen Experiment beobachtbaren sowohl bewegungs-, als auch richtungsabhängigen Erscheinungen werden deshalb unmittelbar im Akt der Emission resp. der Absorption/Reflexion verursacht und scheinen deswegen von den Fortpflanzungsbedingungen der elektromagnetischen Wellen im Vakuum zwischen Sender und Empfänger völlig unabhängig zu sein. Diese Auffassung kommt u. a. in der relativistischen Annahme zum Ausdruck, dass der beobachtete Effekt gar nicht von der Bewegung der Körper gegen das zwischen ihnen laufende Licht, sondern allein von der Relativbewegung des Senders gegen den Beobachter abhängt. Die relativistische Erklärung greift jedoch nicht mehr, sobald die von der Raumbewegung der Erde und noch massereicherer Himmelskörper verursachten geschwindigkeitsabhängigen optischen Erscheinungen betrachtet werden. Die Tatsache, dass z. B. die stellare („Bradleysche“) Aberration nicht von der Relativbewegung Lichtquelle:Beobachter abhängt, sondern allein von der transversalen Bewegung des Beobachters gegen das einfallende Sternlicht, wird schon seit mehr als einem Jahrhundert als Beweis für die Behauptung diskutiert, dass das relativistische Erklärungsmodell nicht widerspruchsfrei sei. In den letzten Jahrzehnten lieferte die akribische Sichtung der telemetrischen Daten der NASA-Unternehmungen Pioneer 10 und 11 wie auch anderer interplanetarer Raumflugunternehmungen sowie die telemetrische Bahnverfolgung von geostationären Satelliten aufschlussreiche Erkenntnisse zum Beleg dieser Behauptung.

3. Im Falle der Pioneer-Unternehmung wird aus den NASA-Daten ab einer Sonnenentfernung von  $\approx 20AE$  eine „anomale“ Änderung der Frequenz der nach Reflexion an den Flugkörpern zu den irdischen Mess-Stationen zurückgekehrten Signale herausgelesen. In der umfangreichen Literatur zu dieser „Pionieranomalie“ (Verf. bezieht sich vor allem auf Mitteilungen von Nieto, Anderson, Turyshev und Toth) ist von einer winzigen Blauverschiebung als Beleg für eine „Entschleunigung“ der Flugkörper die Rede. Nachfolgend wird dem gegenüber die Behauptung zur Diskussion gestellt, dass sich die „anomale“ Frequenzänderung aus dem Modell der gravitationsabhängigen optischen Mitbewegung erklären lässt, wenn man annimmt, dass die zu den Flugapparaten laufenden Signale in einer Sonnenentfernung von  $\approx 20AE$  aufhören, die Bewegung der Sonne mitzuvollziehen, und dass sie nach Reflexion an den Flugapparaten in die empfängerseitige Mitbewegung mit der Sonne zurückkehren. Unter dieser Annahme erweist sich die resultierende Frequenz allerdings nicht als blau-, sondern als rotverschoben.

3. 1. Es sind zunächst Formeln für die Berechnung der Reichweite der senderseitigen resp. empfängerseitigen optischen Mitbewegung vorzuschlagen. Aus Überlegungen zur Berechnung von himmelsmechanischen Fluchtgeschwindigkeiten leitet Verf. die Formel für die Berechnung jener Entfernung ab, in der ein telemetrisches Signal aus der senderseitigen Mitbewegung mit einem Himmelskörper entweicht:

$$oMR_{send} = \frac{2Gm}{c^2} km . \quad (1)$$

Es steht  $oMR_{send}$  für den **Radius** (die **Reichweite**) des senderseitigen optischen Mitbewegungsraumes eines Himmelskörpers „*ab Gravitationsmittelpunkt*“. Nach Abzug des halben Durchmessers dieses Körpers erhält man die Reichweite der senderseitigen optischen Mitbewegung „*über Normalnull*“.  $G$  ist die Gravitationskonstante und  $m$  die Masse des betreffenden Körpers.

3. 2. Der Radius des senderseitigen optischen Mitbewegungsraumes der Erde „über Normalnull“ berechnet sich aus (1) nach Abzug des Erdradius' zu  $2,50057 \cdot 10^{03} \text{ km}$ . Daraus folgt, dass sich die geostationären Satelliten in einer Höhe von etwa  $36000 \text{ km}$  über der Erdoberfläche bereits weit außerhalb des senderseitigen optischen Mitbewegungsraumes der Erde befinden. Das würde erklären, warum in den telemetrischen Daten aus der Bahnverfolgung dieser Satelliten sowohl Dopplereffekte, als auch Aberrationseffekte erkennbar werden [vgl. 1 und 2], die es nach der geltenden Theorie nicht geben sollte, weil Sender und Empfänger (wenn die durch die Inhomogenität des irdischen Gravitationsfeldes und die horizontale und vertikale Drift dieser Satelliten verursachten Bewegungen vernachlässigt werden) gegen einander ruhen.

3. 3. Die Reichweite des *senderseitigen* optischen Mitbewegungsraumes der Sonne „ab Gravitationsmittelpunkt“ berechnet sich nach (1) unter Ansetzung der Sonnenmasse  $m_{\text{Sonne}} = 1,98892 \cdot 10^{30} \text{ kg}$ , der Gravitationskonstante  $G = 6,67384 \cdot 10^{-11}$  und der Lichtgeschwindigkeit  $c = 2,99792458 \cdot 10^5 \text{ km/s}$  zu  $oMR_{\text{sendSonne}} = 2,9538 \cdot 10^9 \text{ km}$  resp.  $1,9687 \cdot 10^{01} \text{ AE}$ .

3. 4. Für die Berechnung der Reichweite des *empfängerseitigen* optischen Mitbewegungsraumes der Sonne liefern die Pioneer-Daten, soweit sie sich auf die Flugphase ab  $\approx 20 \text{ AE}$  Sonnenentfernung beziehen, keinen Anhaltspunkt. Es kann zunächst nur gesagt werden, dass diese Reichweite wesentlich geringer sein muss als der Radius der senderseitigen optischen Mitbewegung: Senderseitig genügt ein Gravitationsfeld „hinreichender Stärke“, um die emittierte Welle zu veranlassen, den Bewegungszustand, den das entsprechende Energiequantum vor Emission mit dem Sender gemein hatte, so lange beizubehalten, bis sie von der mit dem Abstandsquadrat abnehmenden Gravitation aus dieser Mitbewegung entlassen wird. Es bedarf aber einer weitaus größeren Kraft, um einen einfallenden Wellenzug zu veranlassen, den Bewegungszustand des Empfängers, an dem er zuvor nicht teilgenommen hat, schon vor Absorption/Reflexion zu übernehmen. Die Reichweite des dazu erforderlichen Gravitationsfeldes „besonderer Stärke“ muss folglich erheblich unter der Reichweite des Gravitationsfeldes „hinreichender Stärke“ liegen. Es sei mit Vorbehalt für die Berechnung der Reichweite des empfängerseitigen optischen Mitbewegungsraumes die

$$\text{Formel } oMR_{\text{sempf}} = \frac{Gm}{c^2} \text{ km} \quad (2)$$

vorgeschlagen. Nach dieser Formel läge die Grenze des empfängerseitigen optischen Mitbewegungsraumes der Sonne bei  $\approx 10 \text{ AE}$ , d. h. etwa im Bereich der Saturnbahn.

3. 5. Der Radius des empfängerseitigen optischen Mitbewegungsraumes der Erde „ab Gravitationsmittelpunkt“ wäre nach dieser Formel kleiner als der halbe Erddurchmesser, was erklären würde, warum das erdgebundene Teleskop an seinem Standort über Normalnull ausweislich der stellaren Aberration gegen das via Sonnensystem richtungsfest einfallende Sternlicht bewegt ist.

4. Zur Begründung der Annahme, dass sich die „Pionieranomalie“ aus der gravitationsabhängigen Mitbewegung der elektromagnetischen Wellen erklärt, soll zunächst dargelegt werden, worin sich nach der in den vorliegenden Texten zu vertretenden Auffassung himmelsmechanische und „himmelsoptische“ Mitbewegung gleichen und

worin sie sich unterscheiden. Dabei ist auch auf einige durchaus triviale Zusammenhänge hinzuweisen.

4. 1. Die unstrittige Geltung des Relativitätsprinzips ist nach dem hier zu vertretenden Modell nicht nur in der Mechanik, sondern auch in der Optik an die Voraussetzung geknüpft, dass ein „Bewegungsträger“ (ein ruhemassebehafteter Körper resp. ein ruhemasseloses Photon) die Bewegung eines Bezugssystems mitvollzieht.

4. 2. In beiden Bereichen hat die Mitbewegung eine *hierarchische Struktur*. In der Mechanik ist ein Körper nicht nur z. B. mit einem irdischen Transportmittel, sondern zur gleichen Zeit auch mit der Erde, der Sonne, der Milchstraße usw. usf. mitbewegt. Das gleiche ist von einer von einem irdischen Sender abgestrahlten elektromagnetischen Welle zu sagen, nur mit dem Unterschied, dass alle gegen die Erde bewegbaren irdischen Körper eine viel zu geringe Masse haben, um eine Lichtwelle zu veranlassen, auch nur zeitweise an der Bewegung dieses Körpers teilzunehmen. Der kleinste optische Mitbewegungsraum, dessen Bewegung eine von einem irdischen Sender ausgehende Welle schon im Emissionsakt mitvollzieht, ist somit der senderseitige optische Mitbewegungsraum der Erde. Darüber hinaus ist sie mit allen übergeordneten Gravitationsfeldern hinreichender Stärke mitbewegt, bis sie diese Mitbewegungsräume einen nach dem anderen verlässt.

4. 3. Aus der hierarchischen Struktur der Mitbewegung folgt insbesondere auch für die Optik, dass es immer einen kleinsten Mitbewegungsraum gibt, dessen Bewegung das betrachtete Photon zu einem gegebenen Zeitpunkt  $t$  in der Abwesenheit von Hindernissen und Störungen isotrop mitvollzieht.

4. 3. 1. Aus dieser Annahme folgt im Widerspruch zur speziellen Relativitätstheorie, dass die Vakuumlichtgeschwindigkeit nicht „absolut konstant“ ist, sondern (analog zur Relativität der mechanischen Bewegung) nur relativ konstant, d. h. richtungsunabhängig konstant im kleinsten jener Bezugssysteme, deren Bewegung die Welle zum Zeitpunkt  $t$  mitvollzieht. Es hat daher nach dem Modell der optischen Mitbewegung eine elektromagnetische Welle relativ zu allen übergeordneten optischen Mitbewegungsräumen, an deren Bewegung sie zusätzlich teilnimmt, und relativ zu allen Bezugssystemen, deren Bewegung sie nicht mitvollzieht, eine durch galileische vektorielle Addition zu ermittelnde richtungsabhängig variable Geschwindigkeit zwischen  $c+v$  und  $c-v$ , wenn  $v$  die Geschwindigkeit des kleinsten Mitbewegungsraumes gegen das andere Bezugssystem ist.

4. 4. In beiden Bereichen der Physik benötigt ein bewegtes Etwas eine bestimmte Geschwindigkeit (die „Fluchtgeschwindigkeit“), um aus einer Mitbewegung zu entweichen. Im Unterschied zur Mechanik und speziell zur Himmelsmechanik muss dem Energiequant diese Fluchtgeschwindigkeit jedoch nicht erst durch Energiezufuhr verliehen werden, da es ab Emission im Vakuum bereits die „höchstzulässige“ Geschwindigkeit  $c$  hat.

4. 4. 1. Gravitation extremer Stärke kann zwar die Schwingungsenergie eines in Emission befindlichen Energiequants senken (Einsteinsche Gravitationsrotverschiebung), aber die Welle behält im Vakuum bei jeder Frequenz ihre Geschwindigkeit  $c$ . Mit dieser Geschwindigkeit kann sie den Einflussbereich auch eines extrem massereichen Körpers verlassen, wenn auch ggf. nicht als „Lichtwelle“ im engeren Verständnis dieses Wortes, d. h. mit einer Frequenz im sichtbaren Bereich, sondern z. B. als Radiowelle. Nur dann, wenn die Gravitation die gesamte Schwingungsenergie eines Energiequantums

aufzehrt, kann dieses Quant nicht mehr aus der Mitbewegung mit dem gravitierenden Zentrum entweichen (Schwarze Löcher).

4. 5. Der wichtigste Unterschied zwischen (himmels)mechanischer und (himmels)optischer Mitbewegung folgt jedoch aus einem Zusammenspiel des Energieerhaltungssatzes und des Satzes von der Lichtgeschwindigkeit als Grenzgeschwindigkeit (Einstein). Nach dem Energieerhaltungssatz kann die Energie der Mitbewegung eines bewegten Etwas mit einem gravitierenden Zentrum nicht in dem Augenblick spurlos verschwinden, in dem das bewegte Etwas aus der Mitbewegung entweicht. Dieser Zusammenhang realisiert sich jedoch in der Mechanik und in der Optik ganz unterschiedlich:

4. 5. 1. In der (Himmels)mechanik nimmt ein Flugkörper, wenn er aus der Mitbewegung mit einem Himmelskörper entweicht, die auf seiner Flugbahn liegende Komponente der ehemaligen Mitbewegung mit positivem oder negativem Vorzeichen mit in den nächst-übergeordneten Mitbewegungsraum. Auf diese Weise kann z. B. auch bei Fly-by-Manövern seine Flugrichtung korrigiert und seine Geschwindigkeit sowohl gesenkt, als auch erhöht werden. Einer Geschwindigkeitszunahme ist dabei nur durch die geschwindigkeitsabhängige Zunahme an „dynamischer Masse“ (sprich: Trägheitswiderstand gegen eine weitere geradlinige Beschleunigung) eine Grenze gesetzt. Sie verhindert, dass ein ruhemassebehafteter Körper durch ständige Aufnahme neuer Geschwindigkeiten schließlich die Lichtgeschwindigkeit erreicht oder gar überschreitet.

4. 5. 2. In der Optik folgt aus dem Energieerhaltungssatz und aus der Tatsache, dass die elektromagnetische Welle ab Emission im jeweils kleinsten optischen Mitbewegungsraum bereits die „höchstzulässige“ Geschwindigkeit  $c$  besitzt, dass die aus einer Mitbewegung entweichende Welle die Geschwindigkeit der aufzugebenden Mitbewegung nicht „mitnehmen“ kann. Es wird vielmehr die auf der Normalen der elektromagnetischen Welle liegende Komponente der ehemaligen Mitbewegung im Akt des Entweichens aus der Mitbewegung nicht in Bewegungsenergie, sprich Geschwindigkeit der Welle, sondern mit negativem oder positivem Vorzeichen in Schwingungsenergie umgewandelt (Dopplereffekt). Da die Vakuumlichtgeschwindigkeit frequenzunabhängig ist, hat die elektromagnetische Welle im neuen kleinsten optischen Mitbewegungsraum wieder die richtungsunabhängig konstante Vakuumgeschwindigkeit  $c$ .

4. 6. Diese Übereinstimmungen und Unterschiede zwischen mechanischer und optischer Mitbewegung wurden hier in einiger Ausführlichkeit dargestellt, weil gerade sie es sind, aus denen sich unmittelbar auch die „Pionieranomalie“ erklärt: Es muss beim Entweichen des telemetrischen Signals aus der Mitbewegung mit der Sonne die auf seiner Normalen liegende Komponente der Sonnenbahngeschwindigkeit richtungsabhängig mit positivem oder negativem Vorzeichen in einen Dopplereffekt umgewandelt werden. Dieser Vorgang wird nachfolgend mit dem aus den Publikationen zur „Pionieranomalie“ entlehnten Ausdruck „signifikantes Ereignis“ apostrophiert. Nach diesem „signifikanten Ereignis“ ist die Sonnenbahngeschwindigkeit noch bei drei weiteren Gelegenheiten richtungsabhängig dopplerrelevant: Zweimal bei Reflexion des Signals am Flugapparat (weil der Flugkörper nach wie vor die Bewegung der Sonne mitvollzieht) und ein viertes Mal bei der Rückkehr des Signals in die Mitbewegung mit der Sonne. (Weitere Effekte, die aus der Bahnbewegung der Erde um die Sonne und aus der Rotationsbewegung des irdischen Beobachtungsortes folgen,

werden hier durch Reduktion des Dopplergeschehens auf die Sonne zunächst vernachlässigt.)

5. Nachfolgen wird tabellarisch dargestellt, wie sich unter der Annahme der gravitationsabhängigen optischen Mitbewegung die Dopplerdaten vor und nach dem „signifikanten Ereignis“ entwickeln. Die auf diese Weise berechneten Dopplereffekte können hier allerdings nicht unmittelbar mit den telemetrischen Daten der Pioneer-Unternehmungen verglichen werden: Zum einen sind aus verständlichen Gründen Daten für die aufeinander folgenden einzelnen Dopplereffekte nicht dokumentiert. Zum anderen liegt eine Analyse der in den NASA-Aufzeichnungen dokumentierten resultierenden Frequenz- und Laufzeitänderungen der telemetrischen Signale völlig außerhalb der Möglichkeiten des Verf. Deshalb wird in den nachfolgenden Tabellen nur die schematische Entwicklung der Dopplereffekte für zwei baugleiche Flugkörper gezeigt, die sich *mit gleicher Geschwindigkeit* in entgegen gesetzter Richtung exakt zum Apex resp. Antapex der Sonnenbahngeschwindigkeit hin bewegen. Diese Annahmen stimmen (bis auf die Baugleichheit und die entgegen gesetzte Flugrichtung) mit den tatsächlichen Flugbedingungen der Pioneer-Sonden nur *grosso modo* überein.

5. 1. Als Annäherung an die realen Verhältnisse wird die „Reisegeschwindigkeit“ beider Flugkörper unmittelbar vor dem „signifikanten Ereignis“ gleichlautend mit  $12 \text{ km/s}$  angesetzt.

5. 2. Die Bahngeschwindigkeit der Sonne auf ihrem Weg um das galaktische Zentrum wird oft mit  $220 - 225 \text{ km/s}$  angegeben. In letzter Zeit wird aber neben Werten bis zu  $280 \text{ km/s}$  immer häufiger eine Geschwindigkeit von  $250 \text{ km/s}$  genannt. Es scheint daher sinnvoll, die Sonnenbahngeschwindigkeit mit eben diesem Wert in die Berechnung einzusetzen, zumal sich in diesem Fall das in die Berechnung der Dopplereffekte

eingehende Verhältnis  $\frac{v_{\text{Sonne}} \pm v_{\text{Flugkörper}}}{c}$  *bei der vorausgesetzten Geschwindigkeit*

von  $12 \text{ km/s}$  in der Flugrichtung zum Sonnenapex (d. h. etwa für Pioneer 11) zu  $8,739 \cdot 10^{-04} \text{ km/s}$  und in der Richtung zum Antapex (d. h. etwa für Pioneer 10) zu  $7,939 \cdot 10^{-04} \text{ km/s}$  berechnet. Der erstere Wert stimmt (wenn man den weiter unten zu erörternden Unterschied in der Größenordnung und in der Dimension vernachlässigt) sehr gut mit der aus den NASA-Daten herausgelesenen „Beschleunigung“  $a_p = (8,74 \pm 1,33) \cdot 10^{-10} \text{ m/s}^2$  überein, die in den neuesten Publikationen gleichlautend für beide Flugkörper angenommen wird. Auch der letztere Wert liegt (wieder abgesehen von den angemerkten Diskrepanzen) immer noch gut in diesem Bereich.

5. 2. 1. Verf. knüpft an diesen Zusammenhang die Erwartung, dass sich mit Hilfe vergleichbarer Experimente bei bekannter Geschwindigkeit des Flugkörpers die Bahngeschwindigkeit der Sonne um das galaktische Zentrum weiter präzisieren ließe, wenn man die bei Unternehmungen jenseits der Grenze von  $\approx 20 \text{ AE}$  gefundenen Dopplerwerte nach den hier vertretenen Grundsätzen interpretiert.

5. 3. Als Nullfrequenz wird hier (abweichend von den NASA-Bedingungen) der Bequemlichkeit halber  $f_0 = 1 \text{ kHz}$  angesetzt, um auf eine Darstellung der umfangreichen NASA-Frequenzmodulationen und Korrekturfaktoren bei der Signalübermittlung, Datengewinnung und Datenauswertung verzichten zu können.

5. 4. Die in den Pioneer-Publikationen erwähnten Dopplereffekte mit tages- und jahreszeitlicher Systematik werden in den Tabellen 1 und 2 durch Reduktion auf die Sonne vernachlässigt.

5. 5. Bei einer relativistischen Berechnung des Dopplereffektes wäre noch der Faktor der „Zeitdilatation“ anzubringen. Im Modell der optischen Mitbewegung entfällt diese Größe. Ebenfalls vernachlässigt wird die Möglichkeit einer Krümmung der Signalwege durch die Masse der Sonne, die allerdings (anders als die „Zeitdilatation“) auch in der hier zur Diskussion gestellten „Physik ohne Raumzeiteffekte“ als eine durchaus reale Erscheinung anzusehen ist.

5. 6. Das Anliegen des vorliegenden Textes und der tabellarisch dargestellten Berechnungen ist es, zu zeigen, dass ohne Rückgriff auf die Lorentzschen Raumzeiteffekte die beobachteten Dopplereffekte allein auf die Bewegung der Körper gegen das zwischen ihnen laufende Licht zurückgeführt werden können.

5. 7. In den Tabellen werden die Werte mit 14 Nachkommastellen angegeben, weil sich die „Anomalien“ erst sehr weit hinter dem Komma zu erkennen geben.

## 6. Tabelle 1, Erläuterungen zu den einzelnen Zeilen:

**Zeilen 2-5:** Es werden die Frequenzverschiebungen aus der Fluchtbewegung des Flugapparates dargestellt, wie sie sich aus den klassischen Formeln in der Phase der Mitbewegung des Signals mit der Sonne (d. h. vor dem „signifikanten Ereignis“) ergeben. Die Sonnenbahngeschwindigkeit ist in dieser Phase in Übereinstimmung mit dem auf die Optik ausgedehnten Relativitätsprinzip nicht dopplerrelevant. Relativistisch wird dies damit begründet, dass die Raumbewegung der Sonne infolge der Lorentzschen Raumzeiteffekte resp. infolge der Einsteinschen „Krümmung der Raumzeit“ unauffindbar ist. Im Modell der gravitationsabhängigen optischen Mitbewegung erklärt sich die Einflusslosigkeit der Raumbewegung der Sonne aus der Voraussetzung, dass in dieser Phase das Signal die Raumbewegung der Sonne mitvollzieht.

**Zeilen 7-10:** Unter der Voraussetzung, dass nach dem Entweichen des Signals aus der Mitbewegung mit der Sonne das System der Milchstraße das kleinste gemeinsame Bezugssystem von Lichtgeschwindigkeit und Flugkörpergeschwindigkeit ist, ergeben sich aus den klassischen Formeln mit den vorstehend vorausgesetzten Größen die von den Analysatoren der NASA-Daten nicht berücksichtigten Dopplereffekte: Es sind dies eine aus der nacheilenden Bewegung der Sonne (genauer: des *senderseitigen* optischen Mitbewegungsraumes der Sonne) folgende Erhöhung der Frequenz, sprich Blauverschiebung, beim Entweichen des uplink-Signals aus der Mitbewegung (Zeile 7), zwei aus der Fluchtbewegung des Flugkörpers gegen das eintreffende resp. reflektierte Signal folgende Senkungen der Frequenz, sprich Rotverschiebungen (Zeilen 8 und 9), und eine Erhöhung der Frequenz, d. h. eine nochmalige Blauverschiebung, bei der Rückkehr des Signals in die Mitbewegung mit der auf das Signal zu bewegten Sonne (Zeile 10). Wie man sieht, können beide Blauverschiebungen die aus der Fluchtgeschwindigkeit des Flugapparates ( $250 + 12 = 262 \text{ km/s}$ ) gegen das Signal folgende Rotverschiebung zwar etwas vermindern, aber nicht aufheben, da beim Entweichen aus der Mitbewegung und bei der Rückkehr in die Mitbewegung die blauverschiebende Geschwindigkeit allein durch die kleinere Sonnenbahngeschwindigkeit gegeben ist.

<b>Tabelle 1</b> <b>Dopplerwerte für eine Flugkörperbewegung in Richtung auf den Apex der Sonne</b> $v = 12,00 \text{ km/s} ; f_0 = 1 \text{ kHz}$		
<b>1</b>	<b>bis zu einer Sonnenentfernung von</b> $\approx 20AE$	
<b>2</b>	$f' = f_0(1 - 12,00/c)$	$9,99959972308576 \cdot 10^{02} \text{ kHz}$
<b>3</b>	$f'' = f'/(1 + 12,00/c)$	$9,99919947821456 \cdot 10^{02} \text{ kHz}$
<b>4</b>	$v = (f_0 - f'')/(f_0/c + f''/c)$	$1,20000000000102 \cdot 10^{01} \text{ km/s}$
<b>5</b>	Rundungsfehler	$1,02087227560332 \cdot 10^{-11}$
<b>6</b>	<b>ab <math>\approx 20AE</math></b>	
<b>7</b>	Blaerverschiebung nach $f' = f_0/(1 - 250/c)$	$1,00083460622467 \cdot 10^{03} \text{ kHz}$
<b>8</b>	Rotverschiebung nach $f'' = f'(1 - 262/c)$	$9,99959938901216 \cdot 10^{02} \text{ kHz}$
<b>9</b>	Rotverschiebung nach $f''' = f''/(1 + 262/c)$	$9,99086799052742 \cdot 10^{02} \text{ kHz}$
<b>10</b>	Blaerverschiebung nach $f'''' = f'''(1 + 250/c)$	$9,99919947763118 \cdot 10^{02} \text{ kHz}$
<b>11</b>	scheinbare Geschwindigkeit, berechnet nach $v = (f_0 - f'''')/(f_0/c + f''''/c)$	$1,20000087454336 \cdot 10^{01} \text{ km/s}$
<b>12</b>	Frequenzsenkung $f_{\min}$ als Differenz zwischen der resultierenden Frequenz in Z. 3 und in Z. 10	$5,83385144636850 \cdot 10^{-08} \text{ kHz}$
<b>13</b>	zugehörige scheinbare Geschwindigkeitserhöhung nach $v = f_{\min} \cdot c / 2f_0$	$8,744723323568340 \cdot 10^{-06} \text{ km/s}$
<b>14</b>	Geschwindigkeit der Sonde nach dem „signifikanten Ereignis“ nach Abzug der scheinbaren Geschwindigkeitserhöhung mit dem Rundungsfehler des verwendeten Programms	$1,20000000007103 \cdot 10^{01} \text{ km/s}$

**Zeile 11** zeigt die klassische Berechnung der zur resultierenden Frequenz  $f''''$  gehörenden Sondengeschwindigkeit. Die Frequenz  $f''''$  (Zeile 10) ist niedriger als die Nullfrequenz, folglich berechnet sich aus ihr eine Fluchtgeschwindigkeit. Da die resultierende Frequenz  $f''''$  gleichzeitig auch niedriger ist als die resultierende Frequenz  $f''$  vor dem „signifikanten Ereignis“ (Zeile 3), berechnet die klassische Formel  $v = (f_0 - f'''')/(f_0/c + f''''/c)$  jedoch eine um einen winzigen Betrag *höhere* Fluchtgeschwindigkeit als vor dem „signifikanten Ereignis“. An dieser Stelle könnte die Darstellung bereits abgebrochen werden, weil gezeigt wurde, wie sich die Dopplerwerte entwickeln, wenn angenommen wird, dass das telemetrische Signal in einer Sonnenentfernung von  $\approx 20AE$  aus der Mitbewegung entweicht und nach Reflexion am Flugkörper in einer weit geringeren Entfernung wieder in die Mitbewegung mit der

Sonne zurückkehrt. Es ist aber schon an dieser Stelle auf einen Widerspruch aufmerksam zu machen: In Zeile 11 wird in der aus der Frequenzsenkung berechneten erhöhten Fluchtgeschwindigkeit jener winzige Nachkommawert sichtbar, dessen Ziffernfolge auch in der immer wieder erwähnten „Entschleunigung“ der Flugkörper enthalten ist. Genau darin liegt der Widerspruch: In der Tabelle sichtbar wird eine winzige Erhöhung der Fluchtgeschwindigkeit, während die Analysatoren der NASA-Daten übereinstimmend von einer „Entschleunigung“ der Flugkörper und davon sprechen, dass sich diese Geschwindigkeitssenkung der Flugkörper in einer „Blauverschiebung“ der resultierenden Frequenz zu erkennen geben soll. Dieser Widerspruch soll noch einmal verdeutlicht werden:

**Zeile 12** gibt den Betrag an, um den die resultierende Frequenz  $f''''$  im Vergleich zur resultierenden Frequenz  $f''$  vor dem „signifikanten Ereignis“ (Zeile 3) gesunken ist.

**Zeile 13:** Aus dieser zusätzlichen *Rotverschiebung* ergibt sich der Betrag der zugehörigen Erhöhung der Fluchtgeschwindigkeit, der bereits in Zeile 11 erkennbar ist. Dieser zusätzliche Geschwindigkeitsbetrag ist in Zeile 13 jedoch um einen winzigen Bruchteil kleiner als in Zeile 11, weil sich in den Zeilen 7-10 Rundungen des verwendeten Rechenprogramms aufsummiert haben.

**Zeile 14:** Nach Abzug der scheinbaren Geschwindigkeitserhöhung aus Zeile 13 erhält man die unveränderte „Reisegeschwindigkeit“ des Flugkörpers nach dem „signifikanten Ereignis“ mit dem Rundungsfehler des verwendeten Programms.

## 7 Tabelle 2: Erläuterungen zu den einzelnen Zeilen:

**Zeilen 2-5:** Die Werte in diesen Zeilen sind identisch mit den Werten in Tabelle 1, weil in den Grenzen des (in der Abwesenheit von Hindernissen und Störungen) isotropen optischen Mitbewegungsraumes der Sonne die Dopplereffekte unabhängig von dem Winkel sind, den der Geschwindigkeitsvektor des Flugapparates mit dem Vektor der Sonnenbahngeschwindigkeit einschließt. Hierzu vgl. auch die Anmerkung zu den Zeilen 2-5 in Tabelle 1.

**Zeilen 7-14:** Dargestellt werden wieder die relativistisch nicht berücksichtigten Dopplereffekte unter der Voraussetzung, dass der Flugapparat sich mit gleicher Geschwindigkeit wie in Tabelle 1, aber in entgegengesetzter Richtung zum *Antapex* der Sonne hin bewegt. Deshalb vollziehen sich Blauverschiebungen und Rotverschiebungen in umgekehrter Reihenfolge. Außerdem ergibt sich (unter Vernachlässigung des Winkels, den die reale Flugbahn von Pioneer 10 offensichtlich mit der Richtung zum Antapex der Sonnenbahngeschwindigkeit einschloss) die dopplerrelevante Summe von Sonnenbahngeschwindigkeit und Geschwindigkeit des Flugapparates in den Zeilen 8 und 9 zu  $v = (250 - 12) = 238 \text{ km/s}$ , weil sich der Flugapparat zwar infolge seiner himmelsmechanischen Mitbewegung mit der Sonne mit  $250 \text{ km/s}$  auf das im System der Milchstraße richtungsfeste uplink-Signal zu bewegt resp. dem downlink-Signal naheilt, gleichzeitig aber nach Voraussetzung mit  $12 \text{ km/s}$  in der entgegengesetzten Richtung von der Sonne fortstrebt.

**Zeile 7:** Beim Entweichen des Signals aus der optischen Mitbewegung mit der Sonne erzeugt die gegenläufige Bewegung der Sonne zunächst eine Rotverschiebung.

**Zeilen 8 und 9:** Bei Reflexion am Flugapparat werden zwei Blauverschiebungen verursacht, weil sich der Flugkörper infolge seiner Mitbewegung mit der Sonne auf das uplink-Signal zu bewegt und dem downlink-Signal naheht.

**Zeile 10:** Die Fluchtbewegung des empfängerseitigen optischen Mitbewegungsraumes der Sonne gegen das zurückkehrende Signal bewirkt eine weitere Rotverschiebung.

**Zeilen 11 bis 14:** Hierzu vgl. die Anmerkungen in Tabelle 1. Erkennbar wird insbesondere, dass die Rotverschiebung und die ihr entsprechende (scheinbare) Erhöhung der Fluchtgeschwindigkeit bei einer Bewegung des Flugapparates zum Antapex etwas kleiner ausfällt als bei einer Bewegung zum Apex der Sonne hin, weil das kritisch in die Berechnung des Dopplereffektes eingehende Verhältnis  $\frac{v_{\text{Sonne}} \pm v_{\text{Flugkörper}}}{c}$  in Tabelle 2 einen etwas kleineren Wert hat als in Tabelle 1.

<b>Tabelle 2</b>		
<b>Dopplerwerte für eine Flugkörperbewegung in Richtung auf den Antapex der Sonne</b>		
$v = 12,00 \text{ km/s} ; f_0 = 1 \text{ kHz}$		
<b>1</b>	<b>bis zu einer Sonnenentfernung von</b> $\approx 20 \text{ AE}$	
<b>2</b>	$f' = f_0(1 - 12,00/c)$	$9,99959972308576 \cdot 10^{-01} \text{ kHz}$
<b>3</b>	$f'' = f'/(1 + 12,00/c)$	$9,99919947821456 \cdot 10^{-01} \text{ kHz}$
<b>4</b>	$v = (f_0 - f'')/(f_0/c + f''/c)$	$1,20000000000032 \cdot 10^{01} \text{ km/s}$
<b>5</b>	Rundungsfehler	$3,15125703309604 \cdot 10^{-12}$
<b>6</b>	<b>ab 20 AE</b>	
<b>7</b>	$f' = f_0/(1 + 250/c)$	$9,99166784588867 \cdot 10^{-01} \text{ kHz}$
<b>8</b>	$f'' = f'/(1 + 238/c)$	$9,9996000566026600 \cdot 10^{-01} \text{ kHz}$
<b>9</b>	$f''' = f''/(1 - 238/c)$	$1,0007544871810400 \text{ kHz}$
<b>10</b>	$f'''' = f'''(1 - 250/c)$	$9,9991994776846200 \cdot 10^{-01} \text{ kHz}$
<b>11</b>	scheinbare Geschwindigkeit nach $v = (f_0 - f'''')/(f_0/c + f''''/c)$	$1,2000007944281200 \cdot 10^{01} \text{ km/s}$
<b>12</b>	Frequenzsenkung $f_{\text{min}}$ als Differenz zwischen der resultierenden Frequenz in Z. 3 und in Z. 10	$5,2994275634432600 \cdot 10^{-11} \cdot \text{kHz}$
<b>13</b>	zugehörige scheinbare Geschwindigkeitserhöhung nach $v = f_{\text{min}} \cdot c / 2f_0$	$7,94364207618803 \cdot 10^{-06} \text{ km/s}$
<b>14</b>	Geschwindigkeit der Sonde nach dem „signifikanten Ereignis“ nach Abzug der scheinbaren Geschwindigkeitserhöhung mit dem Rundungsfehler des verwendeten Programms	$1,20000000006391 \cdot 10^{01} \text{ km/s}$

## 8. Schlussfolgerungen aus den Berechnungen in Tab. 1 und 2

8. 1. Die Frequenzsenkungen und Frequenzerhöhungen ab einer Sonnenentfernung von  $\approx 20AE$  heben sich nicht gegenseitig auf: Die (für die hypothetische „Pioniersonde“ angesetzte) rotverschiebende Fluchtgeschwindigkeit in Richtung Sonnenapex ist in Tab. 1 mit  $262 \text{ km/s}$  größer als die blauverschiebende Geschwindigkeit beim Entweichen und beim Wiedereintritt des Signals in die Mitbewegung mit der Sonne ( $250 \text{ km/s}$ ). Auch in Tabelle 2 ist die rotverschiebende Geschwindigkeit mit  $250 \text{ km/s}$  größer als die blauverschiebende Geschwindigkeit von  $238 \text{ km/s}$ . Daraus folgt in beiden Flugrichtungen ein winziger Überschuss an Rotverschiebung im Vergleich zur resultierenden Rotverschiebung vor dem „signifikanten Ereignis“.

8. 2. Aus dem bisher Gesagten würde folgen, dass die Flugapparate Pioneer 10 und 11 im Widerspruch zur „Entschleunigungsannahme“ auch nach der Grenze von  $\approx 20 AE$  mit gleichbleibender Geschwindigkeit auf jenen drift-behafteten hyperbolischen Trajektorien den Grenzen des Sonnensystems zustrebten, die für sie vorausgerechnet wurden.

8. 3. Diese Schlussfolgerungen stehen in mehrfacher Hinsicht im Widerspruch zu den publizierten Analysen der Pionier-Daten:

8. 3. 1. In den publizierten Analysen ist übereinstimmend von einer Blauverschiebung der Spektrallinien und entsprechend von einer Senkung der „Reisegeschwindigkeit“ der Flugkörper die Rede.

8. 3. 2. Die Senkung der „Reisegeschwindigkeit“ soll nicht den Charakter einer einmaligen irreversiblen Verminderung der Geschwindigkeit haben, anzugeben etwa in  $m/s$ , sondern den Charakter einer „konstanten Beschleunigung“ mit der Dimension  $m/s^2$ .

8. 3. 3. Die von den Analysatoren aus den Daten erschlossene Beschleunigung hat eine andere Größenordnung als jene Erhöhung der Geschwindigkeit, die man aus der Frequenzsenkung ableiten könnte, wenn diese klassisch interpretiert wird.

8. 3. 4. Nach einigen divergierenden Angaben bei der Bemessung der vermuteten Beschleunigung scheinen sich die meisten Analysatoren darin einig zu sein, dass für beide Flugkörper die gleiche Beschleunigung anzunehmen ist, während nach dem hier zur Diskussion gestellten Modell sogar unter der für die Pioneer-Sonden nicht zutreffenden Annahme einer identischen Geschwindigkeit die *scheinbare* Erhöhung der Fluchtgeschwindigkeit einen richtungsabhängig unterschiedlichen Wert haben sollte. Außerdem müsste der reale Effekt auch von dem Winkel abhängen, den die Flugbahn mit dem Vektor der Sonnengeschwindigkeit einschließt.

8. 4. Von diesen Widersprüchen kann Verf. nur den letztgenannten mit einiger Sicherheit erklären. Pioneer 10 hatte einerseits eine etwas größere Geschwindigkeit als Pioneer 11. Andererseits ist aber diese größere Geschwindigkeit mit einem kleineren Betrag effektrelevant, weil die Flugbahn von Pioneer 10 mit dem Vektor der Sonnenbahngeschwindigkeit einen größeren Winkel einschloss als die Flugbahn von Pioneer 11 und weil das kritisch in die Berechnung eingehende Verhältnis

$\frac{v_{\text{Sonne}} \pm v_{\text{Flugkörper}}}{c}$  für Pioneer 10 wegen des negativen Vorzeichens einen kleineren

Faktor ergibt. Bei genauer Prüfung aller zur Berechnung des Effektes beitragenden Gegebenheiten könnte es folglich sehr wohl sein, dass dieses Verhältnis für Pioneer 11 dem Wert für Pioneer 10 sehr nahe kommt oder ihn sogar übertrifft, obwohl Pioneer 11 eine kleinere Geschwindigkeit hatte. Außerdem darf man vielleicht annehmen, dass die Analysatoren, wenn eine flugkörperinterne Ursache für zwei baugleiche Apparate gesucht wird, den Ähnlichkeiten in den Werten größere Bedeutung beimessen als den in den Erfahrungsdaten möglicherweise trotzdem sichtbar werdenden Unterschieden.

8. 5. Hinsichtlich des Widerspruches, dass der in diesem Text berechnete Effekt den Charakter einer zusätzliche Rotverschiebung hat, die klassisch als Erhöhung der Fluchtgeschwindigkeit zu interpretieren wäre, während in den Analysen der NASA-Daten übereinstimmend von einer Blauverschiebung und deswegen von einer Verlangsamung der Flugapparate die Rede ist, müsste sorgfältig die gesamte sehr komplizierte Prozedur der Datenerfassung, Datenbearbeitung und Datenauswertung der Raumflugunternehmungen analysiert werden. Diese Aufgabe liegt völlig außerhalb der Möglichkeiten des Verf. Ein Anhaltspunkt für die Aufklärung des Widerspruchs könnte die Tatsache sein, dass auch aus dem Modell der optischen Mitbewegung eine laufende Verkürzung der Zweiweg-Signallaufzeiten ab dem "signifikanten Ereignis" folgen müsste: Es verlängert sich zwar im Falle des zum Sonnenapex bewegten Flugkörpers die Laufzeit für das uplink-Signal (weil das Signal nicht mehr auf der gesamten Entfernung zum Flugkörper „huckepack“ vom senderseitigen optischen Mitbewegungsraum der Sonne transportiert wird), dafür verkürzt sich aber die Laufzeit auf dem Rückweg zur Erde (weil der empfängerseitige optische Mitbewegungsraum der Sonne dem downlink-Signal entgegen kommt). Für den zum Antapex bewegten Flugkörper verlängert sich umgekehrt die Laufzeit für das downlink-Signal infolge der Fluchtbewegung der Sonne, dafür hat sich aber zuvor die Laufzeit für das uplink-Signal verkürzt, weil der Flugkörper dem Signal entgegenkommt. Eine genauere Berechnung dieser Effekte wäre erst möglich, wenn die Reichweite des empfängerseitigen optischen Mitbewegungsraumes der Sonne exakter bestimmt ist. Es kann aber schon jetzt so viel gesagt werden, dass eine durchgehende (und womöglich mit der Zeit zunehmende) relative Verkürzung der Signallaufzeiten die (irrtümliche) Annahme nahelegen kann, dass die Entfernung zum Flugkörper weniger schnell zunimmt, als vorausberechnet, weil die „Reisegeschwindigkeit“ des Flugkörpers *gesunken* ist. Dem würde bei dem ganz anderen Erklärungsansatz der Publikationen zur „Pionieranomalie“ eine Blauverschiebung der Frequenz vor dem Hintergrund der aus der Fluchtbewegung folgenden Rotverschiebung entsprechen.

8. 6. Die in den Mitteilungen von Slava Turyshev u. a. zu findenden Überlegungen zur Richtung der angenommenen Beschleunigung können unter der Voraussetzung der optischen Mitbewegung nicht nachvollzogen werden.

9. Es lässt sich eine experimentelle Falsifizierung der Annahme einer gravitationsbedingten optischen Mitbewegung oder ggffls der „Entschleunigungsannahme“ vorschlagen:

9. 1. Eine erste *Bestätigung* des hier zur Diskussion gestellten Modells sollte bereits mit den vorliegenden NASA-Daten zu den Pioneer-Sonden möglich sein, wenn bei einer nochmaligen Sichtung der archivierten Daten die weiter oben behaupteten rich-

tungsabhängigen Unterschiede in den Daten für Pioneer 10 und 11 tatsächlich gefunden werden.

9. 2. Eine eindeutige Falsifizierung des Modells der gravitationsabhängigen optischen Mitbewegung wäre bei Gelegenheit einer neu zu konzipierenden deep-space-Unternehmung mit zwei baugleichen Sonden möglich, wenn die Flugbahn eines der Apparate einen rechten Winkel, die Flugbahn des zweiten aber einen gestreckten oder möglichst kleinen Winkel nahe  $0^\circ$  mit dem Vektor der Sonnenbahngeschwindigkeit einschließt.

9. 2. 1. In diesem Fall dürfte nach dem Modell der optischen Mitbewegung auch nach Überschreiten der Grenze bei  $\approx 20 AE$  auf der Flugbahn im rechten Winkel zur Sonnenbahnbewegung eine „Dopplernomalie“ nicht beobachtet werden, da eine transversale Bewegung des Senders und/oder Empfängers keinen Dopplereffekt verursacht. Sichtbar bliebe auch auf dieser Flugbahn nur die Rotverschiebung aus der radialen Fluchtbewegung. Hingegen sollte auf der Flugbahn parallel oder antiparallel zum Vektor der Sonnenbahngeschwindigkeit eine vergleichbare „Anomalie“ gefunden werden wie im Falle der Pioneer-Sonden.

9. 2. 2. Verbliebe jedoch bei diesem Experiment auch auf der Flugbahn im rechten Winkel zum Vektor der Sonnenbahngeschwindigkeit nach Abzug aller erklärbaren Einflüsse auf die Dopplerdaten immer noch ein Dopplereffekt, der nicht darauf zurückgeführt werden kann, dass die Flugbahn mit dem Vektor der Sonnenbahngeschwindigkeit keinen exakt rechten Winkel einschließt, dann müsste Verf. seine Deutung der Pionieranomalie und auch das Konzept der gravitationsabhängigen optischen Mitbewegung für falsifiziert halten.

9. 2. 3. Verf. wagt jedoch die Vorhersage, dass in diesem Experiment auf der Flugbahn im rechten Winkel zum Vektor der Sonnenbahngeschwindigkeit ein „anomaler Dopplereffekt“ *nicht* gefunden würde, eben weil eine exakt transversale Bewegungskomponente keinen nicht-quadratischen Dopplereffekt verursacht. Daraus müsste man umgekehrt folgern, dass die Annahme einer wie immer zu erklärenden „Entschleunigung“ der Pioneer-Sonden jenseits der Grenze von  $\approx 20 AE$  mit der Erfahrung nicht vereinbar ist.

10. Eine weitere Überprüfung der Erklärungsmächtigkeit des hier zur Diskussion gestellten Modells der gravitationsabhängigen optischen Mitbewegung sollte schon jetzt anhand der bei den Fly-by-Manövern von Pioneer 10 und 11 und von anderen Raumflugkörpern im Bereich der Planeten Jupiter und Saturn möglich sein. Dazu wäre allerdings zunächst zu überprüfen, ob die Reichweite der empfängerseitigen optischen Mitbewegung aus der weiter oben nur mit Vorbehalt genannten Formel (2) tatsächlich in Übereinstimmung mit der Erfahrung bestimmt werden kann. Für eine Überprüfung der Formel (2) kann folgendes heuristische Konzept vorgeschlagen werden:

10. 1. Eine „säkulare Aberration“, die sowohl nach der klassischen, als auch nach der relativistischen Theorie aus der Mitbewegung der Erde mit der Bewegung der Sonne gegen die Fixsterne folgen sollte, wurde bisher nicht aufgefunden. Im Modell der gravitationsabhängigen optischen Mitbewegung erklärt sich diese Nichtauffindbarkeit einer „säkularen Aberration“ aus der Tatsache, dass das zur Erde gelangende Sternenlicht ab Grenze des empfängerseitigen optischen Mitbewegungsraumes der Son-

ne die Bewegung unseres Zentralgestirns longitudinal und transversal mitvollzieht. In diesem Fall kann die Mitbewegung der Erde mit der Sonne den erwarteten Effekt nicht verursachen: Alle bisher aufgefundenen stellaren Aberrationen sind auf sonnen-systeminterne Bewegungen des irdischen Beobachters gegen das im Sonnensystem richtungsfeste Sternlicht zurückzuführen.

10. 2. Wenn es gelänge, bei interplanetaren Raumflügen bei Positionsbestimmungen von Fixsternen (wie sie z. B. auch von der Hipparcos-Unternehmung geliefert wurden) ab einer bisher noch nicht bekannten Sonnenentfernung  $> 1AE$  eine „säkulare Aberration“ aufzufinden, wäre dies als Bestätigung des hier zur Diskussion gestellten Modells einer gravitationsabhängigen optischen Mitbewegung zu verstehen, weil damit andere Erklärungen für die Nicht-Auffindbarkeit einer „säkularen Aberration“ widerlegt wären. Nach Formel (2) könnte die Grenze des empfängerseitigen optischen Mitbewegungsraumes der Sonne bei  $\approx 10AE$ , d. h. im Bereich der Saturnbahn liegen. Denkbar wäre jedoch auch, dass sich aus den Beobachtungsdaten eine Korrektur der Formel (2) ergäbe, für die Verf. bisher keinen Anhaltspunkt sieht.

10. 3. Sollte jedoch bei einer transversalen Bewegung des Teleskops gegen die Sichtlinie zu einem Fixstern eine „säkulare Aberration“ weder vor, noch nach dem „signifikanten Ereignis“ bei  $\approx 20AE$  aufgefunden werden, dann müsste Verf. sein Konzept der gravitationsabhängigen optischen Mitbewegung erheblich revidieren, wenn nicht gar ganz aufgeben: Da die hier zur Diskussion gestellte Erklärung der Pionieranomalie voraussetzt, dass eine von einer Lichtquelle jenseits der Sonnenentfernung von  $\approx 20AE$  aktiv oder passiv abgestrahlte elektromagnetische Welle nicht an der Bewegung der Sonne teilnimmt, müsste dies auch für das Sternlicht zutreffen. Wenn dem so ist, muss die Mitbewegung des Flugkörpers mit der Sonne jene „säkulare Aberration“ verursachen, die bei erdgebundener Beobachtung nicht aufgefunden werden kann.

11. Verf. meint, mit dem bisher Gesagten gezeigt zu haben, dass die Annahme einer zeitlich und räumlich begrenzten Mitbewegung der telemetrischen Signale mit der Sonne die Erfahrungsdaten der Pioneer-Unternehmungen zwar im Widerspruch zur den bisherigen Deutungen, aber widerspruchsfrei in sich selbst erklärt.

12. In nachfolgenden Texten wird die Frage zu erörtern sein, ob sich dieser Erklärungsansatz außer im Falle der Pioneer-Unternehmungen auch auf die anderen „Doppleranomalien“ und außer auf den nicht-quadratischen Dopplereffekt auch auf die übrigen sowohl bewegungs-, als auch richtungsabhängigen optischen Erscheinungen anwenden lässt. Dazu gehört insbesondere die tägliche und jährliche stellare (Bradleysche) Aberration, die bisher regelmäßig als Kronzeugin *gegen* die Annahme einer senderseitigen Mitbewegung der elektromagnetischen Wellen speziell mit der Erde bemüht wird.

13. Ferner ist in einer allgemeingültigen Physik ohne „Kontraktion der Längen“ und „Dilatation der Zeit“ auch der zwar bewegungs-, aber nicht richtungsabhängige quadratische („relativistische“) Dopplereffekt, der als besonderer Beweis für die physikalische Realität der Lorentzschen Raumzeiteffekte angesehen wird, ohne Rückgriff auf die relativistischen Annahmen zu erklären. Da diese geschwindigkeitsabhängige Frequenzsenkung aus der gravitationsabhängigen optischen Mitbewegung nicht erklärt werden kann, stellt Verf. die Annahme zur Diskussion, dass sie der nur von der Ruhemasse abhängenden Einsteinschen Gravitationsrotverschiebung an die Seite

zu stellen sei. Als Grundlage für diese Erörterung soll zunächst die Geschwindigkeitsabhängigkeit der „dynamischen Masse“ noch einmal etwas ausführlicher erörtert werden, nachdem in Abschnitt 3 bereits gezeigt wurde, dass die Impulsmasse ohne Rückgriff auf die Lorentzschen Raumzeiteffekte mit der Äquivalenz von Energie und Masse begründet werden kann.

#### Literatur:

[1] Fognini, Andreas, Mario Berta und Gerhard Bräunlich: Dopplereffektmessungen an der Trägerfrequenz (Beaconsignal) des Kommunikationssatelliten Eutelsat W1. (2006). Quelle: Internet

[2] Штырков, Евгений Иванович: Обнаружение влияния движения Земли на aberrацию электромагнитных волн от геостационарного спутника — новая проверка специальной теории относительности (2007). Quelle: Internet

Oskar Törne  
25.04.2013