

«Relativ» oder «absolut»?

Beobachtungen zur Bestimmung der «absoluten» Erdbewegung

Von LEO COURVOISIER¹

Einleitung

Im Jahre 1920 entdeckte der Verfasser bei der Durchsicht der Resultate von wertvollen alten Meridianbeobachtungen polnaher Sterne, bei denen die Sterne sowohl direkt als auch an einem Quecksilberhorizont gespiegelt eingestellt worden waren, einen gut erkennbaren, mit dem Sterntag periodischen Unterschied von Reflexionswinkel und Einfallswinkel des Sternlichtes. Diese Erscheinung bedeutet eine erstmalige direkte Bestätigung der klassischen «Absoluttheorie» (Lichtäthertheorie), gemäss der sie mathematisch darstellbar und als Auswirkung einer sehr grossen «absoluten» Translationsbewegung der Erde (relativ zum Lichtäther) zu betrachten ist, die damit umgekehrt aus ihr bestimmbar wird. Bei der Grösse dieser Bewegung war auch eine ihr entsprechende messbare Lorentz-Kontraktion zu erwarten, die ihrerseits ebenfalls einen Rückschluss auf die Bewegung selbst zulässt.

Für den Verfasser war diese Entdeckung dann der Ausgangspunkt einer mehr als dreissigjährigen Reihe umfangreicher und ganz verschiedenartiger Untersuchungen über die «absolute» Erdbewegung, in der ein grosses Material von Beobachtungen gesammelt und ausgewertet wurde. Da diese Arbeiten jetzt mit der Ableitung der Lorentz-Kontraktion aus der beobachteten Gangschwankung der Quarzuhren zum Abschluss gekommen sind, soll hier eine endgültige Zusammenstellung der bisherigen Beobachtungsergebnisse dem Leser vor Augen geführt werden, damit er sich selbst ein Urteil über die durch sie aufgeworfene Frage: «relativ» oder «absolut»? bilden kann.

Im folgenden seien also die wichtigsten der zahlreichen verschiedenen Beobachtungen und die Beobachtungsmethoden, nach denen der Verfasser gemäss der Absoluttheorie die «absolute» Translationsbewegung der Erde im Laufe der Zeit bestimmen konnte, der Reihe nach kurz besprochen. Dabei sind drei Arten von Bestimmungen zu unterscheiden: a) solche, die nach dem «Prinzip des bewegten Spiegels» unternommen sind, wo ein Unterschied zwischen Reflexionswinkel und Einfallswinkel unmittelbar aus der Theorie folgt; oder b) nach dem «Prinzip der Lorentz-Kontraktion», bei dem die Theorie indirekt über eine Hypothese geprüft wird; oder endlich c) nach anderen Me-

thoden, wobei auch noch die Tatsache der «Jährlichen Refraktion» erwähnt wird. Als Resultate werden jedesmal die aus den Beobachtungen berechneten äquatorialen sphärischen Koordinaten A und D des Zielpunktes der «absoluten» Translationsbewegung der Erde und ihre Geschwindigkeit v angegeben, während die Ableitung derselben aus den Originalarbeiten des Verfassers zu ersehen ist, auf die durch Fussnoten hingewiesen wird.

Die Beobachtungen und ihre Ergebnisse

a) Prinzip des bewegten Spiegels

1. Die Untersuchungen des Verfassers begannen, wie schon erwähnt, 1920 mit der überraschenden Auffindung eines deutlichen periodischen Unterschiedes von Reflexionswinkel und Einfallswinkel des Sternlichtes am Quecksilberhorizont, bei sehr genauen Zenitdistanzmessungen von polnahen Sternen am Meridiankreis der Sternwarte in Leiden (1862-1874), unter jedesmaliger Einstellung sowohl des direkt gesehenen Sterns wie seines Spiegelbildes. Durch strenge rechnerische Ausgleichung der Beobachtungen nach einer vom Verfasser abgeleiteten Formel¹ findet man für die «absolute» Translationsbewegung der Erde: $A = 104^\circ \pm 21^\circ$ (mittlerer Fehler), $D = +39^\circ \pm 27^\circ$, $v = 810 \pm 215$ km/s, wobei die sterntägliche Schwankung in den beobachteten Unterschieden ungefähr $0,5''$ beträgt, also noch gut messbar war². Dieses Resultat wurde zunächst durch eine ebensolche Ausgleichung vieler ähnlicher «Reflektiert-Direkt»-Beobachtungen in Greenwich bestätigt³.

2. Ein viel genaueres, aber mit dem obigen übereinstimmendes Ergebnis hatten die daraufhin vom Verfasser 1921/22 am Vertikalkreis der Sternwarte Berlin-Babelsberg in allen Stundenwinkeln durchgeführten über 200 Zenitdistanzmessungen des besonders polnahen Sterns $BD + 89^\circ 3'$ und seines Spiegelbildes, in-

¹ Bestimmungsversuche der Erdbewegung relativ zum Lichtäther I, Astron. Nachr. 226, 241 (1926). — Über die theoretische Ungleichheit von Reflexionswinkel und Einfallswinkel am bewegten Spiegel, Verh. naturforsch. Ges. Basel 57 I, 25 (1946).

² Über astronomische Methoden zur Prüfung der Lichtätherhypothese, Astron. Nachr. 214, 33 (1921). — Bestimmungsversuche der Erdbewegung relativ zum Lichtäther I, Astron. Nachr. 226, 241 (1926).

³ Bestimmungsversuche der Erdbewegung relativ zum Lichtäther I, Astron. Nachr. 226, 241 (1926).

¹ Riehen bei Basel.

dem aus der Ausgleichsrechnung hervorging: $A = 93^\circ \pm 7^\circ$, $D = + 27^\circ \pm 12^\circ$, $v = 652 \pm 71 \text{ km/s}^1$.

3. Ähnliche Beobachtungsreihen des Polarsterns an den Vertikalkreisen der Sternwarten in München (1930/31) und Breslau (1933–1935) ausgeführt, ergaben, in Bestätigung der vorigen Resultate, für München: $A = 73^\circ \pm 6^\circ$, und unter Annahme des plausiblen Wertes $D = + 40^\circ$, noch: $v = 889 \pm 93 \text{ km/s}^2$,

4. für Breslau: $A = 92^\circ \pm 12^\circ$, $D = + 44^\circ \pm 25^\circ$, $v = 927 \pm 200 \text{ km/s}^2$. Damit konnte man als näheres Gesamtergebnat einstweilen annehmen: $A = 80^\circ \pm 4^\circ$, $D = + 30^\circ \pm 10^\circ$, $v = 700 \pm 60 \text{ km/s}$.

5. Zur Kontrolle dieser astronomischen Bestimmungen der «absoluten» Erdbewegung hat dann der Verfasser 1945 am Passageninstrument der Sternwarte in Basel bei einer über zwölf Stunden in Rektaszension verteilten Gruppe von Sternpaaren mit nahe gleichen nördlichen und südlichen Zenitdistanzen nach der besonders genauen Horrebow-Methode die *Zenitdistanz-differenzen* der wie früher sowohl direkt als auch reflektiert gesehenen Sterne vermessen und so die halbtägige Welle im Unterschied von Reflexionswinkel und Einfallswinkel erhalten. Das Ausgleichsresultat war: $A = 60^\circ \pm 14^\circ$, und mit der Annahme $D = + 40^\circ$: $v = 656 \pm 157 \text{ km/s}$, es bestätigte also das frühere Gesamtergebnat völlig genügend³.

6. Eine weitere Kontrolle bietet ein *rein terrestrischer Versuch* dar. Da die durchschnittliche relative Geschwindigkeit der uns umgebenden Fixsterne nur ein kleiner Bruchteil der grossen Translationsgeschwindigkeit der Erde bzw. des Sonnensystems ist, so muss man daraus schliessen, dass zum mindesten diese Fixsterne an der Translationsbewegung teilnehmen. Es kann also an Stelle des einfallenden Lichtes irgendeines solchen Fixsterns ebenso gut dasjenige einer *irdischen Lichtquelle* verwendet werden. Dementsprechend wurde folgende erste Versuchseinrichtung getroffen: auf dem schweren Betonfussboden des grossen Uhrenkellers der Sternwarte in Babelsberg waren zwei Fernrohre in derselben Vertikalebene (Azimut etwa 100°) fest aufgestellt und symmetrisch gegen einen zwischen ihnen liegenden Quecksilberhorizont unter 60° Einfallswinkel geneigt. Das westliche, mit festem Fadenkreuz und Beleuchtungslämpchen versehen, lieferte als Kollimator den einfallenden Lichtstrahl, während das Okularmikrometer des östlichen Messfernrohrs zur Höheneinstellung des Kollimatorfadenreflexes diente. Es war so eine fortlaufende Messung der stern täglichen Schwankung in der Differenz Reflexionswinkel–Einfallswinkel, möglich. Zwei vom Verfasser 1926 und 1927 ausge-

führte Beobachtungsreihen ergaben als einfachen Mittelwert der Ausgleichsresultate, ohne Berücksichtigung der Bodenneigung und der eventuellen Beeinflussung durch thermische, von der Insolation hervorgerufene Wellen des Erdbodens: $A = 46^\circ \pm 4^\circ$, $D = + 52^\circ \pm 8^\circ$, $v = 550 \pm 40 \text{ km/s}$, in naher Übereinstimmung mit den Annahmen. Um die Messungen vervollständigen zu können, wurde dann, nach einigen Vorversuchen, ein *besonderer Apparat* gebaut, mit zwei gleich grossen Fernrohren, die in ähnlicher Weise, aber auf einem drehbaren und ausserdem mit zwei Libellen versehenen horizontalen Lagerbalken montiert waren und auf zwei verschiedene Einfallswinkel eingestellt werden konnten. Bei Messungen in zwei um 180° verschiedenen Lagen des Apparates konnte daher unmittelbar, unter Anbringung der Neigungskorrektur, der Unterschied von Reflexionswinkel und Einfallswinkel bestimmt werden. Mit diesem *Absolutbewegungsmesser* hat der Verfasser noch sieben Messungsreihen in der Ost-West-Richtung, ausschliesslich zu den Sternzeiten des Maximums und Minimums des Effektes angestellt, eine 1932, die übrigen im Frühjahr 1933, vier davon bei ruhendem Instrument, drei in beiden Lagen desselben. Die Resultate bestätigen zwar durchwegs die mit den Annahmen: $A = 75^\circ$, $D = + 40^\circ$, $v = 400 \text{ km/s}$ berechneten Sollwerte, indem das einfache Gesamtmittel von v rund $390 \pm 20 \text{ km/s}$ beträgt, aber dieses v ist erheblich kleiner als das bisher bestimmte. Der Grund dürfte vor allem in der Gegenwirkung der erwähnten periodischen thermischen Bodenaufwölbungen liegen, die sich jedesmal in einem auffallenden Parallelgehen der unmittelbaren, für Neigung noch nicht korrigierten Ablesungsdifferenzen mit der Sonnenscheindauer zeigte, zum Teil auch wohl in der Trägheit der Libellen, welche die beobachteten Neigungsunterschiede systematisch etwas verfälschen kann, was um so leichter möglich ist, als eine Vergrösserung des Mittels der erhaltenen Ablesungsdifferenzen von kaum $0,1$ schon allgemein genügen würde, um v auf 600 km/s zu erhöhen¹.

b) Prinzip der Lorentz-Kontraktion

1. Die Lorentz-Kontraktion der Erde bewirkt eine *periodische Lotschwankung* von einem ganzen und einem halben Sterntag, die sich astronomisch vor allem in einer ebensolchen *Polhöhen schwankung* äussert. Die halbtägige Schwankung lässt sich aus *Zenitdistanzmessungen polnaher Sterne* in allen Stundenwinkeln bestimmen, und daraus ergibt sich wieder, wenn man für D einen plausiblen Wert einsetzt, die Grösse und Richtung der «absoluten» Erdbewegung, wie die folgenden, chronologisch geordneten Beobachtungsresultate zeigen. Eine Bearbeitung der in Paris 1899–1901 angestellten Meridianbeobachtungen der drei sehr polnahen Sterne $BD + 89^\circ 3, 35$ und 37 liefert zunächst:

¹ Bestimmungsversuche der Erdbewegung relativ zum Lichtäther I, Astron. Nachr. 226, 241 (1926). – Die «absolute» Bewegung der Erde nach neueren Polsternbeobachtungen an Vertikalkreisen, Astron. Nachr. 262, 201 (1937).

² Die «absolute» Bewegung der Erde nach neueren Polsternbeobachtungen an Vertikalkreisen, Astron. Nachr. 262, 201 (1937).

³ Neuartige Kontrollbeobachtungen für die astronomischen Bestimmungen der «absoluten» Erdbewegung nach dem Prinzip des bewegten Spiegels, Verh. naturforsch. Ges. Basel 57 I, 30 (1946).

¹ Bestimmungsversuche der Erdbewegung relativ zum Lichtäther II, Astron. Nachr. 230, 425 (1927); V, Astron. Nachr. 249, 273 (1933).

$A = 70^\circ \pm 11^\circ$, und mit $D = +40^\circ$: $v = 810 \pm 166$ km/s¹.

2. Ferner wurden vom Verfasser in den Jahren 1914 bis 1926 am Vertikalkreis der Sternwarte in Babelsberg vier grosse Reihen von Zenitdistanzmessungen der Polsterne $BD + 89^\circ 3'$ und 37 durchgeführt, mit dem Gesamtergebnis der Ausgleichungen: $A = 74^\circ \pm 3^\circ$, und mit $D = +40^\circ$: $v = 587 \pm 48$ km/s².

3. Am Vertikalkreis in Breslau ergaben zwei 1923–1925 und 1933–1935 in ähnlicher Weise erhaltene Beobachtungsreihen des Polarsterns, ohne Berücksichtigung der individuellen Kreisteilungsfehler: $A = 61^\circ \pm 21^\circ$, und mit $D = +40^\circ$: $v = 344 \pm 124$ km/s³.

4. Schliesslich bekommt man aus vier ähnlichen am Vertikalkreis in München 1927–1931 angestellten Beobachtungsreihen des Polarsterns, ebenfalls unter Vernachlässigung individueller Teilungsfehler: $A = 53^\circ \pm 5^\circ$ und mit $D = +40^\circ$ noch: $v = 555 \pm 48$ km/s³. Es ist klar, dass alle diese Zahlenergebnisse, deren Mittel rund: $A = 69^\circ \pm 2^\circ, 5'$, ($D = +40^\circ$), $v = 570 \pm 30$ km/s beträgt, mit den vom Verfasser allgemein angenommenen Werten: $A = 75^\circ$, $D = +40^\circ$, $v = 600$ km/s nahe übereinstimmen und dass damit die Existenz der Lorentz-Kontraktion eigentlich schon bewiesen wird.

5. Ausserdem ist zu bemerken, dass die bisher aus absolut gemessenen Meridian-Zenitdistanzen abgeleiteten *Sterndeklinationen* wegen der Nichtberücksichtigung der sterntäglichen Lot- bzw. Polhöfenschwankung *fehlerhaft* sind. Die an Orten von stark verschiedener Breite bestimmten Deklinationen derselben Sterne können daher merkliche Unterschiede aufweisen. Eine *Vergleichung der beiden* um 1900 erhaltenen *Zodiakalsternkataloge von Kapstadt und Heidelberg* ergibt für die Differenzen der Deklinationen Cape-Heidelberg neben einem konstanten Betrag von $+0''16$ eine Doppelwelle mit der Rektaszension von rund $0''4$ und $0''2$ Amplitude, in guter Übereinstimmung mit den theoretisch unter Annahme von $A = 75^\circ$, $D = +40^\circ$, $v = 750$ km/s berechneten Zahlenwerten⁴.

6. Ein anderes vom Verfasser vorgeschlagenes und erprobtes astronomisches Verfahren, die Lotschwankung zu bestimmen, besteht darin, *an einem Meridianinstrument* mit geradem Fernrohr den *Durchgang eines polnahen Sterns* sowohl bei direkt als auch an einem Quecksilberhorizont reflektiert gesehenem Sternbild zu beobachten. Aus dem Unterschied dieser auf den Mittelfaden reduzierten Durchgangszeiten ergibt sich dann die Neigung der Umdrehungsachse, während das gleichzeitig abgelesene Achsenniveau die Summe dieser Neigung und der doppelten Lotschwankung anzeigt,

womit letztere gegeben ist. Es wurden vom Verfasser an dem kleinen Meridiankreis der Sternwarte in Basel 1946–1948 derartige Beobachtungsreihen vom Polarstern, von δ Urs. min. und von 1 H. Drac. ausgeführt, deren Resultate mit den nach den allgemeinen Annahmen für A , D und v berechneten Sollwerten fast identisch sind. Das Verfahren wird zum rein terrestrischen Versuch, wenn man an Stelle der Sternbeobachtung mittels des Registriermikrometers fortlaufend den Nadirpunkt in der Ost–West-Richtung bestimmt und zugleich das Achsenniveau abliest. Aus dem sterntäglichen Gang der Differenz von Niveau und Mikrometer folgt dann wieder die Lotschwankung in der betreffenden Richtung¹.

7. Auf astronomischem Wege findet man ferner die Lorentz-Kontraktion der Erde auch aus den *Beobachtungen der jährlichen und vierzehnmonatlichen Polhöfenschwankungen*. Nach einer diesbezüglichen Untersuchung des Verfassers² erzeugt die Lorentz-Kontraktion eine Art von Ebbeerscheinung, deren periodischer Massentransport eine entsprechende Polschwankung hervorruft. Der geometrische Pol der Erde beschreibt nämlich in erzwungener sterntäglicher Schwingung im Sinne der Erdumdrehung um den im Raume so gut wie feststehenden Rotationspol einen kleinen Kreis vom Radius $0''108$, wenn wieder $A = 75^\circ$, $D = +40^\circ$, $v = 600$ km/s gesetzt wird; ausserdem wird aber dadurch in freier Schwingung ein Umlauf dieses Poles von 14 Monaten in demselben Kreis ausgelöst. Nun bewirken noch meteorologische Vorgänge in erzwungener Schwingung eine jährliche Polschwankung mit einer von verschiedenen Autoren geschätzten mittleren Amplitude von $0''07$, während der mittlere Halbmesser der vierzehnmonatlichen freien Polbahn zu $0''167$ angegeben wird. Da die Amplitude der meteorologisch bedingten freien Schwingung somit $0''07$ im Durchschnitt nicht übersteigen wird, bleibt ein zu erklärender Rest von rund $0''10$ im beobachteten Radius der freien Polbahn übrig, der, wie man sieht, ausgezeichnet durch die von der Lorentz-Kontraktion herührenden freien Schwingung $0''108$ dargestellt wird. Letztere bildet also gewissermassen das konstante Fundament der durch die meteorologischen Einflüsse sehr veränderlichen Gesamtschwankung².

8. Endlich beruht auf astronomischen Beobachtungen (Zeitbestimmungen) auch die festgestellte *jährliche Gangschwankung der Quarzuhren*, die zu einem erheblichen Teil von der Lorentz-Kontraktion verursacht wird. Es handelt sich hier ebenso wie im vorigen Falle um eine Kombination der Wirkungen der Lorentz-Kontraktion und meteorologischer Vorgänge. Letztere haben eine Jahresschwankung in der Rotationsdauer

¹ *Bestimmungsversuche der Erdbewegung relativ zum Lichtäther I*, Astron. Nachr. 226, 241 (1926).

² *Bestimmungsversuche der Erdbewegung relativ zum Lichtäther I*, Astron. Nachr. 226, 241 (1926). – *Die «absolute» Bewegung der Erde nach neueren Polsternbeobachtungen an Vertikalkreisen*, Astron. Nachr. 262, 201 (1937).

³ *Die «absolute» Bewegung der Erde nach neueren Polsternbeobachtungen an Vertikalkreisen*, Astron. Nachr. 262, 201 (1937).

⁴ *Bestimmungsversuche der Erdbewegung relativ zum Lichtäther I*, Astron. Nachr. 226, 241 (1926).

¹ *Ein einfaches astronomisches Beobachtungsverfahren zum erneuten Nachweis der «Lorentz-Kontraktion»*, Verh. naturforsch. Ges. Basel, 59, 1 (1948).

² *Über die Polhöfenschwankungen infolge der Lorentz-Kontraktion der Erde*, Z. Geophys. IV, 49 (1928).

der Erde, die Lorentz-Kontraktion dagegen hat direkt eine sterntägliche Gangschwankung einer Quarzuhr zur Folge, die aber in einer scheinbar jährlichen zutage tritt. Da aus Vergleichen zwischen Quarzuhr und Pendeluhrn sich eine vollkommene Parallelität im Gang beider Uhrenarten ergab, konnte der Verfasser die für eine Pendeluhr geltende theoretische Gangschwankungsformel ohne weiteres auch bei einer Quarzuhr anwenden. Diese wieder auf Grund der allgemeinen Annahmen: $A = 75^\circ$, $D = +40^\circ$, $v = 600 \text{ km/s}$ aufgestellte Formel besagt nun erstens, dass die Gangschwankung ausser der Hauptperiode von einem Sterntag bzw. einem Jahr noch eine halbtägige bzw. halbjährliche hat, und zweitens, dass die Jahreskurven der Uhrkorrekturen an südlichen Beobachtungsstationen sich zu denjenigen an nördlichen Stationen spiegelbildlich verhalten müssen. Beides trifft tatsächlich vollständig zu, und zwar, abgesehen von der geringeren theoretischen Amplitude der Schwankung, auch in quantitativer Hinsicht. Daraus ist nicht nur zu ersehen, dass jahreszeitliche Veränderungen in den meteorologischen Verhältnissen der Erde nicht die einzige Ursache des beobachteten Effektes sein können, sondern es ist damit auch einer der wichtigsten Beweise für das Vorhandensein der Lorentz-Kontraktion erbracht¹.

9. Das *einfachste rein terrestrische Verfahren*, die sterntägliche Lotschwankung infolge der Lorentz-Kontraktion der Erde nachzuweisen, besteht in *Dauerablesungen einer auf einem Pfeiler in einem thermisch günstigen Raume gelagerten feinen Libelle*. Es werden Änderungen der Ablesung eintreten, einerseits wegen der Lotablenkung und andererseits wegen der Neigung der Pfeileroberfläche, und zwar im selben Sinne und in gleicher Grösse. Zwei vom Verfasser im kleinen Uhrenkeller der Babelsberger Sternwarte 1929 angestellte zehntägige Beobachtungsreihen, die erste im Mai, mit zwei Libellen, die zweite im Juni, mit der auf dem später zu besprechenden «Neigungsmesser» fest aufgestellten Libelle, bestätigen die allgemeinen Annahmen: $A = 75^\circ$, $D = +40^\circ$, ergeben aber merklich kleinere Amplituden von etwa $v = 400 \text{ km/s}$, die vermutlich sowohl durch die Trägheit der Libellen als auch durch leichte, der Lotschwankung entgegengesetzt verlaufende, wegen Insolation entstehende thermische Bodenwellen verursacht werden².

10. Bei der Auswertung der anfangs besprochenen Zenitdistanzmessungen von polnahen Sternen zur Bestimmung der sterntäglichen Lotschwankung im Meridian fiel es dem Verfasser auf, dass offensichtlich *das an einer einzigen zylindrischen Drehachse befestigte Fernrohr in seiner Drehungsebene die der Lotablenkung sehr nahe gleiche Neigung der Instrumentenpfeiler*

stets nur *zu einem kleinen Teil mitmachte*. Man kann diese merkwürdige Erscheinung dadurch erklären, dass die lediglich auf der Beeinflussung der intramolekularen Kräfte beruhende Lorentz-Kontraktion zwar den Querschnitt der Drehachse und ihrer Lagerstellen deformieren, aber ihm und somit auch dem Fernrohr kein Drehmoment erteilen wird. Infolgedessen wird die optische Achse des Fernrohrs während der Pfeilerneigung ihre Stellung praktisch beibehalten, abgesehen von der relativ geringen Verdrehung wegen der Deformation des Fernrohrquerschnittes¹. Es lässt sich also diese Pfeilerschwankung bzw. die Lotschwankung beispielsweise so feststellen, dass *in der Nadirstellung des Fernrohrs mittels des Quecksilberhorizontes fortgesetzt der Nadirpunkt am Kreis* bzw. am Okularmikrometer *bestimmt wird*. Zwei kurze dementsprechende Beobachtungsreihen, die der Verfasser 1922 probeweise am Vertikalkreis der Sternwarte in Babelsberg, und zwar bei west-östlicher Orientierung des Kreises, wo die Lotschwankung am grössten ist, angestellt hat, ergaben im einfachen Mittel aus Kreis- und Mikrometerablesungen ungefähr $A = 86^\circ \pm 6^\circ$, $D = +46^\circ \pm 9^\circ$, $v = 710 \pm 40 \text{ km/s}^2$.

11. Eine ähnliche, zehntägige Reihe von *Nadirpunktbestimmungen* wurde dann 1923 am Repsoldschen Meridiankreis der Heidelberger Sternwarte ausgeführt, mit dem Ergebnis, dass die mit den Annahmen $A = 75^\circ$, $D = +40^\circ$, $v = 750 \text{ km/s}$ berechneten Sollwerte der Schwankung völlig bestätigt werden. Dabei ist besonders bemerkenswert, dass die gleichzeitig in der Richtung des Ersten Vertikals vorgenommenen Mikrometerablesungen für den Nadirpunkt, ebenfalls in Bestätigung der Theorie, keine merkliche Veränderung aufweisen, weil hier die durch die Kontraktion eintretende Ablenkung des Meridianfernrohrs fast identisch ist mit der Lotablenkung².

12. In der Art einer Nadirbeobachtung ging auch der «Zweispiegelversuch»² vor sich. Auf einem Festpfeiler war ein Quecksilberhorizont dicht neben einem horizontal gelagerten Planspiegel aufgestellt und über beiden ein Ablesefernrohr in Nadirstellung. Von jedem Faden in der Brennebene dieses Fernrohrs entstanden so zwei Bilder, deren Abstand man mikrometrisch vermessen konnte. Wenn das Quecksilber im Gegensatz zum festen Spiegel der Lorentz-Kontraktion nicht unterliegt, so war es möglich, aus wiederholten Messungen dieses Abstandes die sterntägliche Neigungsschwankung des Pfeilers bzw. die Lotschwankung zu ermitteln. Mehrere vom Verfasser und anderen Beobachtern 1922 und 1923 an entsprechenden Apparaturen

¹ Die beobachtete Gangschwankung der Quarzuhrn und die Lorentz-Kontraktion der Erde, Astron. Nachr. (noch nicht erschienen).

² Bestimmungsversuche der Erdbewegung relativ zum Lichtäther IV, Astron. Nachr. 237, 337 (1930); V, Astron. Nachr. 249, 273 (1933).

¹ Bestimmungsversuche der Erdbewegung relativ zum Lichtäther I, Astron. Nachr. 226, 241 (1926); III, Astron. Nachr. 234, 137 (1929). – Ableitung der Bahngeschwindigkeit der Erde aus der auf Grund der Lorentz-Kontraktion (Zeigerstabversuch) bestimmten Absolutbewegung, Astron. Nachr. 247, 105 (1933). – Zur Bestimmung der Lorentz-Kontraktion und der «absoluten» Erdbewegung, Astron. Nachr. 230, 61 (1951).

² Bestimmungsversuche der Erdbewegung relativ zum Lichtäther I, Astron. Nachr. 226, 241 (1926).

vorgenommene längere Messungsreihen hatten insofern ein negatives Endresultat, als der gemessene Bildabstand dauernd gleich gross blieb. Man muss daraus den wichtigen Schluss ziehen, dass die *Lorentz-Kontraktion* ganz allgemein nicht nur feste, sondern *auch flüssige molekulare Körper umfasst*, im Einklang mit der LORENTZschen Elektronentheorie und in Bestätigung durch die Beobachtungen der Seen- und Meerespiegel, die sonst zum Teil enorme Niveauschwankungen der Meere anzeigen würden. Diese Erscheinung zieht aber sehr überraschende Konsequenzen nach sich¹.

13. Die besprochene Nadirbeobachtung mit einem in seiner Stellung verharrenden Meridianfernrohr lässt sich durch einen «*Lotschwankungsversuch*» mit einem «*Zeigerstab*» ersetzen. An Stelle eines Fernrohres kann man nämlich viel einfacher irgendeinen Metallstab benutzen, der, einem Uhrzeiger gleich, in senkrechter Lage durch einen einzigen Stift an seinem oberen Ende an einem Pfeiler fest angebracht und mittels Gegengewichtes im indifferenten Gleichgewicht gehalten ist. Dieser «*Zeigerstab*» wird die in der zum Aufhängestift senkrechten, zur Pfeilerwand parallelen Ebene vor sich gehenden Neigungsschwankungen des Pfeilers nur zu einem geringen Teile mitmachen, sein unteres Ende wird daher relativ zum Pfeiler kleine periodische Verschiebungen aufweisen, deren ausgemessene Beträge zu einer Bestimmung der Lotschwankung führen. Im Jahre 1925 wurden vom Verfasser im sehr temperaturkonstanten grossen Uhrenkeller der Babelsberger Sternwarte mit zwei verschieden langen und verschieden montierten Zeigerstäben, bei geeigneter optischer Vergrösserung der Stabbewegungen, mehrere Versuchsreihen angestellt, deren Ergebnisse die Annahmen: $A = 75^\circ$, $D = +40^\circ$ bestätigen, während die Geschwindigkeit wieder kleiner als angenommen, zu rund $v = 400$ km/s herauskommt, was wohl auf eine gewisse Mitführung des Zeigerstabes bzw. technische Unvollkommenheiten der Apparatur zurückzuführen ist².

14. Um die Genauigkeit der Ablesungen am Zeigerstab soweit zu steigern, dass sich die *Bahngeschwindigkeit der Erde* bemerkbar machen kann, wurde 1931 ein besonderer *Zeigerstabapparat* gebaut. Auf einer schweren, horizontal gelagerten und in Azimut drehbaren Eisenscheibe ist ein starkes vertikales Stativ aufgeschraubt, das an seinem oberen Ende einen an einem horizontalen Stift befestigten, im indifferenten Gleichgewicht befindlichen Doppelzeigerstab, ebenfalls in senkrechter Stellung, trägt. An dem einen unteren Stabende ist ein Faden angebracht, dessen seitliche Verschiebungen mit einem stark vergrössernden, mit dem Stativ fest verbundenen Ablesemikroskop mikro-

metrisch gemessen werden können. Der Verfasser hat dann an dem Instrument mehrere grosse Messungsreihen durchgeführt, insbesondere je eine im Herbst 1931 und im Frühjahr 1932, zur Ableitung der Bahngeschwindigkeit der Erde. Aus der ersten ergab sich zunächst: $A = 64^\circ \pm 6^\circ$, $D = +50^\circ \pm 9^\circ$, $v = 367 \pm 29$ km/s, also wiederum, wie vorher, eine Verkleinerung der Amplitude der Pfeilerschwankung. Aus der Differenz der v -Werte für die erste und zweite Reihe folgt weiterhin als mittlere Bahngeschwindigkeit der Erde: $v' = 28,7 \pm 5,6$ km/s (Sollwert: 30,0 km/s), ein Wert, der auch dann noch gut mit dem wirklichen Betrag übereinstimmt, wenn man berücksichtigt, dass er nur ein Minimum darstellt, weil v tatsächlich merklich grösser sein wird. Zur Kontrolle wurden ausserdem vom Verfasser bis zum Herbst 1932 noch sechs Beobachtungsreihen unter verschiedenen Beobachtungsbedingungen, wie andere Jahreszeit, veränderte azimutale Lage des Instruments, andere Dämpfungseinrichtung für die Erschütterungen des Zeigerstabes usw., angestellt, deren Resultate alle die vorigen bestätigen¹.

15. Ein «*Zeigerstab*» ist auch die Metallschiene, die als Teil des kleinen, «*Neigungsmesser*» genannten Apparates in horizontaler Lage in ihrer Mitte nur durch einen einzigen kurzen Stift an der Kante einer mit drei Füüssen auf einem Pfeiler ebenfalls horizontal ruhenden Stativplatte befestigt ist, längs der sie parallel verläuft. Diese Schiene trägt eine feine Libelle, und zu ihr parallel ist auf der Stativplatte eine zweite, gleiche Libelle gelagert. Bei der periodischen Pfeilerschwankung, welche das Stativ mitmacht, wird nun die Schiene mehr oder weniger in ihrer Lage verharren, und es wird daher möglich sein, aus dem Unterschied der Libellenablesungen diese Schwankung zu bestimmen, während alle aus anderer Ursache stammenden Pfeilerneigungen beide Libellen betreffen, also in der Ablesungsdifferenz eliminiert sind. Zu einem ersten Beobachtungsversuch wurde der «*Neigungsmesser*» vom Verfasser im Juni 1929 auf dem Festpfeiler des kleinen Uhrenkellers der Sternwarte in Babelsberg aufgestellt, und das Ergebnis seiner zehntägigen Libellenablesungen war: $A = 59^\circ \pm 6^\circ$, $D = +51^\circ \pm 9^\circ$, $v = 468 \pm 36$ km/s. Aus einer späteren, die erste ergänzenden Ablesungsreihe vom September 1933 erhielt er noch: $A = 87^\circ \pm 5^\circ$, $D = +64^\circ \pm 5^\circ$, $v = 577 \pm 26$ km/s. Werden beide Reihen miteinander verbunden, so ergibt sich: $A = 61^\circ \pm 5^\circ$, $D = +55^\circ \pm 7^\circ$, $v = 509 \pm 28$ km/s. Die allgemeinen Annahmen werden also hinreichend bestätigt. Dasselbe folgt aus einer weiteren, kürzeren Beobachtungsreihe vom März bis April 1934².

16. Auf Wunsch des Verfassers wurden sodann zur *Kontrolle seiner Messungen* im Geodätischen Institut

¹ Bestimmungsversuche der Erdbewegung relativ zum Lichtäther I, Astron. Nachr. 226, 241 (1926). – Ein einfaches astronomisches Beobachtungsverfahren zum erneuten Nachweis der «*Lorentz-Kontraktion*» Verh. naturforsch. Ges. Basel 59, 1 (1948).

² Bestimmungsversuche der Erdbewegung relativ zum Lichtäther I, Astron. Nachr. 226, 241 (1926). – Ableitung der Bahngeschwindigkeit der Erde aus der auf Grund der Lorentz-Kontraktion (Zeigerstabversuch) bestimmten Absolutbewegung, Astron. Nachr. 247, 105 (1933).

¹ Ableitung der Bahngeschwindigkeit der Erde aus der auf Grund der Lorentz-Kontraktion (Zeigerstabversuch) bestimmten Absolutbewegung, Astron. Nachr. 247, 105 (1933).

² Bestimmungsversuche der Erdbewegung relativ zum Lichtäther IV, Astron. Nachr. 237, 337 (1930). – Ist die Lorentz-Kontraktion vom Brechungsindex abhängig?, Z. Phys. 90, 48 (1934).

der Technischen Hochschule in Hannover von anderen Beobachtern an einem dort verfertigten «*Neigungsmesser*» zwei grosse Ablesungsreihen, im Mai 1934 und im Mai 1935 unternommen. Unter Einführung eines Temperaturkoeffizienten, die sich in dem nicht besonders temperaturkonstanten Beobachtungsraum als nützlich erwies, indem die Pfeilerschwankung dadurch noch klarer zutage trat, ergab die rechnerische Ausgleichung der vereinigten Ablesungsergebnisse der beiden Beobachtungsreihen: $A = 63^\circ \pm 7^\circ$, $D = +41^\circ \pm 12^\circ$, $v = 628 \pm 71$ km/s, also Werte, die mit den allgemeinen Annahmen ausgezeichnet harmonisieren, wobei der normale Betrag von v ausserdem für die technisch exakte Ausführung des «*Zeigerstabes*» spricht. Die Resultate des Verfassers mit dem «*Neigungsmesser*» finden dadurch eine völlige Bestätigung¹.

17. Als «*Zeigerstäbe*» kann man endlich auch die zwei Planspiegel eines *rechtwinkligen Winkelspiegels* bezeichnen, den der Verfasser *vor dem Objektiv des Vertikalkreisfernrohrs* in Babelsberg angebracht hat, wobei die Spiegel nicht fest mit dem Spiegelrahmen verbunden, sondern nur durch je eine dünne Achse in ihrer Mitte an ihm freistehend befestigt waren. Bei geeigneter Beleuchtung der Mikrometerfäden entstanden dann an den Spiegeln bei horizontaler Stellung des Fernrohrs von jedem Horizontalfaden zwei zu ihm symmetrische Reflexe, deren mikrometrisch vermessbarer Abstand ein Mass für den Spiegelwinkel ist. Misst man diesen Abstand in zwei in Azimut um 90° verschiedenen Lagen des Fernrohrs, zum Beispiel im Meridian und im Ersten Vertikal, so kann man aus der Differenz die durch die Lorentz-Kontraktion verursachte Veränderung des Spiegelwinkels berechnen und zum ersten Male aus der von der Erdkontraktion unabhängigen, reinen Wirkung der Lorentz-Kontraktion auf das Instrument diese selbst bestimmen. (Erwähnt sei hier, dass der Verfasser eine noch unerprobte Methode zur Bestimmung der Lorentz-Kontraktion eines Maßstabes angegeben hat, die ebenfalls nur auf den Formveränderungen des Apparates beruht².) Wäre aber der Winkelspiegel ein kompakter Körper, so würde, allerdings nur unter der Voraussetzung, dass die scherenden Kräfte bei der Kontraktion mitwirken, kein Effekt bemerkbar sein, weil die Ablenkungen des Lichtstrahles infolge der Lorentz-Kontraktion und nach dem Prinzip des bewegten Spiegels sich gegenseitig gerade aufheben. Entsprechende Versuche mit dieser Form des Winkelspiegels haben dem Verfasser gezeigt, dass dies der Fall ist, dass also die scherenden Kräfte wirksam sind. Mit der obigen Art der Spiegelbefestigung sind dann mehrere grosse Beobachtungsreihen in den Lagen Nord und West des Fernrohrs angestellt worden. Zuerst erhielt der Verfasser aus vor-

läufigen Messungen im April und Juli 1928: $A = 74^\circ \pm 1^\circ$, $D = +36^\circ \pm 1^\circ$, $v = 496 \pm 10$ km/s. Die Beobachtungen wurden im Frühjahr 1930 wiederholt, mit dem Ergebnis, dass die Annahmen $A = 75^\circ$, $D = +40^\circ$, $v = 400$ km/s bestätigt wurden, der Wert von v also wie bei den meisten Zeigerstabebeobachtungen zu klein herauskam. Von drei anderen Beobachtern zur gleichen Zeit angestellte Messungen stimmten in ihren Resultaten befriedigend mit denen des Verfassers überein. Die Beobachtungen sind später, nach Verbesserung der nicht ganz einwandfreien Spiegelflächen, von fünf Beobachtern, den Verfasser mitgerechnet, im Herbst 1930 wieder aufgenommen worden. Aus zahlreichen Messungsreihen folgen für jeden Beobachter Werte für die Änderung des Spiegelwinkels, die qualitativ mit den theoretischen übereinstimmen, aber im Durchschnitt erheblich unter dem Sollwert liegen, so dass der mittlere Betrag von v sich zu nur $v = 250 \pm 10$ km/s ergibt. Dieses Resultat wird verständlich, wenn man bedenkt, dass hier technische Unvollkommenheiten in der Befestigung der zwei Spiegel in doppeltem Masse die normale Veränderung des Spiegelwinkels verkleinern werden¹.

18. Die nun folgenden *Methoden* der Bestimmung der Lorentz-Kontraktion sind insofern *indirekte*, als sie auf der durch die Kontraktion der Erde hervorgerufenen periodischen *Veränderung der Schwerkraft* am Beobachtungsort beruhen, allerdings unter der Voraussetzung, dass die Schwerkraft selbst von der Lorentz-Kontraktion unabhängig ist. So wird bei Eintreten der Kontraktion die *Schwingungsdauer eines Uhrpendels* einestheils wegen der Vergrößerung der Schwerkraft, andernteils aber auch wegen der Verkürzung des Pendels *kleiner* werden. Diese Gangänderung von der Periode eines ganzen und eines halben Sterntages lässt sich aus der *Vergleichung von zwei Pendeluhr*en, die in stark verschiedener Phase der Schwankung schwingen, die also in geographischer Länge weit voneinander entfernt sind, bestimmen. Der Verfasser konnte dazu zunächst die Korrekturen des Annapolis-Zeitsignals benutzen, die sich aus den täglichen funkentelegraphischen Aufnahmen dieses Signals am Geodätischen Institut in Potsdam vom September 1921 bis November 1922 ergaben. Die Sterntagsperiode der Uhrgänge geht dabei in eine Jahresperiode dieser Uhrkorrekturen über. Das Resultat der rechnerischen Ausgleichung der Beobachtungen war: $A = 56^\circ \pm 12^\circ$, $D = +26^\circ \pm 16^\circ$, und für v , aus dem ersten periodischen Gliede, mit $D = +40^\circ$: $v = 720 \pm 93$ km/s. Später wurde das Beobachtungsmaterial noch erheblich vergrößert, so dass im ganzen mittels des Annapolis-Signals Uhrvergleichen Potsdam-Annapolis vom Mai 1921 bis Juni 1924 vorlagen, Potsdam-Ottawa ebenso, Potsdam-Ottawa mittels des Bordeaux-Lafayette-Signals dagegen vom März 1922 bis Juni 1924. Das Gesamtergebnis der Ausgleichungen aller dieser Beobachtun-

¹ Über Beobachtungsreihen zur Kontrolle des Nachweises der Lorentz-Kontraktion mittels Libellen, Z. Phys. 97, 655 (1935).

² Zur Bestimmung der Lorentz-Kontraktion und der «absoluten» Erdbewegung, Astron. Nachr. 280, 61 (1951).

¹ Bestimmungsversuche der Erdbewegung relativ zum Lichtäther III, Astron. Nachr. 234, 137 (1929); V, Astron. Nachr. 249, 273 (1933).

gen, ohne Berücksichtigung der speziellen Beobachtungsverhältnisse (Epochen der Zeitbestimmungen, usw.) lautete dann: $A = 81^\circ \pm 5^\circ$, $D = +34^\circ \pm 5^\circ$, $v = 650 \pm 50$ km/s. Endlich konnte der Verfasser noch eine Fortsetzung der Uhrvergleichen Potsdam-Annapolis vom Juni 1924 bis März 1927 bearbeiten, mit dem Ergebnis: $A = 114^\circ \pm 9^\circ$, $D = +12^\circ \pm 6^\circ$, $v = 801 \pm 128$ km/s. Da diese Resultate die allgemeinen Annahmen bestätigen, sprechen sie für die Unabhängigkeit der Schwerkraft von der Lorentz-Kontraktion¹.

19. Die sterntägliche Gangschwankung einer *Pendeluhr* muss sich auch aus dauernden *Vergleichungen derselben mit einem Chronometer* nachweisen lassen, da zu erwarten ist, dass das durch eine Feder angetriebene Chronometer von den Schwankungen der Gravitation unabhängig ist, und da die Kontraktion der Unruhe bei horizontaler Lage derselben das Maximum der den Gang des Chronometers beschleunigenden Wirkung dann erreicht, wenn die Gangbeschleunigung der Pendeluhr ein Minimum ist, und umgekehrt, wodurch also die Uhrvergleiche die Gangschwankung der Pendeluhr vermutlich eher noch vergrößert wiedergeben wird. Nach einigen Vorversuchen hat der Verfasser vom 3. bis 10. Oktober 1922 in Babelsberg ein Registrierchronometer siebenmal täglich automatisch mit zwei Pendeluhrn verglichen, und ebenso wurden im Geodätischen Institut in Potsdam vom 7. bis 10. und vom 24. bis 28. November 1922 Vergleiche von zwei Registrierchronometern mit drei Pendeluhrn vorgenommen. Die rechnerische Ausgleichung der beobachteten relativen stündlichen Gänge der Chronometer, nur nach dem sterntäglichen Hauptglied der Gangformel für eine Pendeluhr, ergab dann im Mittel aller Uhren: $A = 104^\circ \pm 9^\circ$, und mit $D = +40^\circ$ rund: $v = 600 \pm 53$ km/s, in guter Übereinstimmung mit den bisherigen Werten².

20. Eine Folge der Gangschwankung von Pendeluhrn wird ferner sein, dass *systematische Fehler in den beobachteten absoluten Rektaszensionen der Fixsterne* in Form einer Welle mit der Rektaszension auftreten, die von der Polhöhe des Beobachtungsortes abhängig ist. Diese Welle kann also an Orten mit starkem Breitenunterschied merklich verschieden ausfallen und dadurch zu einer Bestimmung der Lorentz-Kontraktion führen. Versuchsweise hat deshalb der Verfasser eine dreifache *Vergleichung von in Pulkowa und Kapstadt beobachteten Sternrektaszensionen* mittels der Fundamentalsternkataloge Pulkowa 1905, Cape 1900 I und Cape 1900 II vorgenommen, indem ausser den Hauptsternen auch die sämtlichen gemeinsamen Sterne dieser Kataloge verwendet wurden. Die nach der Rektaszension geordneten, vorzüglich miteinander übereinstimmenden drei Reihen der Rektaszensionsunterschiede lassen einen

deutlich ausgesprochenen Gang von nahe $0,03$ Amplitude erkennen, der den mit den Annahmen: $A = 75^\circ$, $D = +40^\circ$, $v = 750$ km/s berechneten theoretischen befriedigend bestätigt¹.

21. Die Gravitationsschwankung selbst ist *unmittelbar* durch Messungen an sehr empfindlichen *Gravimetern* festzustellen. Zu diesem Zwecke hat der Verfasser zunächst versuchsweise eine einfache *Federwaage* benützt, das heisst einen in einem senkrechten Stativrohr von etwa 1 m Länge aufgehängten schraubenförmig gewickelten Stahldraht, der unten mit einem Gewicht und einer an ihm angebrachten kleinen Linse belastet war. Mittels dieser Linse konnte in einem Ablesefernrohr die Stellung einer Marke am Stativrohr beobachtet und damit die Hebungen und Senkungen des Gewichts sehr genau gemessen werden. Eine erste Ablesungsreihe an diesem Instrument konnte der Verfasser vom 19. bis 27. November 1923 im kleinen Uhrenkeller der Babelsberger Sternwarte ausführen, und er erhielt, unter Einführung eines empirischen Temperatur- und Feuchtigkeitskoeffizienten, durch Ausgleichung der so verbesserten Gravimeterablesungen nach der Formel für die Gravitationsschwankung: $A = 73^\circ \pm 8^\circ$, $D = +36^\circ \pm 11^\circ$, $v = 686 \pm 81$ km/s. Nachher wurde das Instrument in den grossen Uhrenkeller gebracht, und es wurden die Beobachtungen vom Verfasser in drei Reihen, vom 25. November bis 3. Dezember, vom 3. bis 11. Dezember 1924 und vom 24. Februar bis 7. März 1925 fortgesetzt und in derselben Weise ausgewertet, mit dem allgemeinen Ergebnis: $A = 83^\circ \pm 12^\circ$, $D = +50^\circ \pm 34^\circ$, $v = 673 \pm 165$ km/s¹.

22. Eine für diese Beobachtungen noch geeignetere Form der Federwaage ist die des «*Torsionsgravimeters*». Ein solches wurde 1927 vom Verfasser in der Weise hergestellt, dass jetzt ein etwa 2 m langer schraubenförmig gewickelter Stahldraht, der an einem Pfeiler des grossen Uhrenkellers der Sternwarte Babelsberg aufgehängt war, durch ein Gewicht so weit ausgezogen wurde, dass nun bei Mehrbelastung nicht mehr dessen Senkung, sondern seine Verdrehung als Objekt der Messung in Betracht kam. Dazu war am Gewicht ein kleiner Spiegel vertikal befestigt, dessen Stellung mit Hilfe einer sich in ihm spiegelnden, auf dem Fussboden fest montierten Millimeterskala und eines Ablesefernrohrs genau bestimmt werden konnte. Nach langwierigen Vorversuchen konnten zwischen dem 21. April und dem 10. Juni 1927 vom Verfasser in Zeiten geringen Nullpunktganges etwa hundert Ablesungen des Torsionsgravimeters erhalten werden, deren graphische Ausgleichung vorläufig für $A = 82^\circ$ und für v , mit $D = +40^\circ$: $v = 753$ km/s ergab. Im Laufe der Zeit sind dann vom Verfasser noch sieben grosse Beobachtungsreihen zu verschiedenen Jahreszeiten an dem Instrument erhalten worden, nämlich 1927 und 1928 im ganzen drei, 1930 bis 1932 fünf. Ausserdem hat ein anderer

¹ Bestimmungsversuche der Erdbewegung relativ zum Lichtäther I, Astron. Nachr. 226, 241 (1926); II, Astron. Nachr. 230, 425 (1927).

² Bestimmungsversuche der Erdbewegung relativ zum Lichtäther I, Astron. Nachr. 226, 241 (1926).

¹ Bestimmungsversuche der Erdbewegung relativ zum Lichtäther I, Astron. Nachr. 226, 241 (1926).

Beobachter zur Kontrolle im Oktober und November 1928 eine ausgedehnte Ablesungsreihe unternommen, mit dem Einzelresultat: $A = 35^\circ \pm 8^\circ$, $D = +33^\circ \pm 13^\circ$, $v = 563 \pm 89$ km/s. Das Gesamtergebnis der vier ersten Reihen von 1927 und 1928 war dabei: $A = 62^\circ \pm 5^\circ$, $D = +32^\circ \pm 8^\circ$, $v = 543 \pm 55$ km/s, dasjenige der vier nächsten Reihen, von 1930 und 1931: $A = 41^\circ \pm 5^\circ$, $D = +37^\circ \pm 8^\circ$, $v = 770 \pm 50$ km/s. Endlich ist die letzte, längste, 1932 erhaltene Reihe 9 mit der vorigen nach Einführung eines empirischen Temperatur- und Feuchtigkeitskoeffizienten kombiniert worden, und es folgte als Spezialergebnis: $A = 50^\circ \pm 7^\circ$, $D = +45^\circ \pm 18^\circ$, $v = 498 \pm 78$ km/s, das sich aber von den anderen nicht wesentlich unterscheidet¹.

c) Andere Methoden und «Jährliche Refraktion»

1. Das *direkteste und wichtigste Verfahren* zur Prüfung der fraglichen Konstanz der relativen Lichtgeschwindigkeit besteht darin, aus fortlaufend *beobachteten Längen der Satelliten des Planeten Jupiter* eventuelle *Schwankungen in der* auf die mittlere Entfernung des Jupiters von der Sonne reduzierten «*Lichtzeit*» zu bestimmen². Steht nämlich der Jupiter in der Richtung der «absoluten» Erdbewegung, so wird nach der Absoluttheorie der Lichtstrahl von ihm die Erde schneller erreichen als bei gleicher Entfernung, aber entgegengesetzter Stellung des Jupiter, weil im ersten Falle die Geschwindigkeit der Erde zur absoluten Lichtgeschwindigkeit hinzukommt, im zweiten von ihr abzuziehen ist. Es würde sich also unmittelbar das Verhältnis v/c , Erdgeschwindigkeit: Lichtgeschwindigkeit, und damit v ergeben. In den *Annalen der Sternwarte in Leiden* (16, 1 und 2, 1928) finden sich die Resultate von zwei Bearbeitungen grosser Beobachtungsreihen der Haupt-satelliten des Jupiter, nämlich erstens der in Johannesburg von 1908 bis 1926, also in anderthalb Jupiterumläufen durchgeführten Verfinsterungsbeobachtungen, und zweitens der am Kap, in Greenwich und Leiden 1913–1924, ebenfalls während eines Jupiterumlaufs erhaltenen photographischen Aufnahmen, in der Form von Restwerten der Satellitenlängen, die bei der Vergleichung mit der neuesten Bahntheorie übrigbleiben. Werden diese Restwerte in Jahresmittel zusammengezogen, und zwar nur für die drei inneren Satelliten, da die Beobachtungen des vierten zu spärlich und unsicher sind, so zeigt sich schon in den graphischen Ausgleichungen dieser Jahresmittel allgemein eine mit dem Jupiterumlauf übereinstimmende, ungefähr zwölf-jährige Welle, die durch keine der bisher bekannten Ungleichheiten in den Längen der Satelliten erklärt werden kann und nach Phase und Amplitude nahe der zu erwartenden Schwankung in der Lichtzeit entspricht. Eine strenge rechnerische Ausgleichung der Jahresmittel für jeden der drei Satelliten getrennt,

nach einer Sinusformel, liefert schliesslich als einfaches Gesamtmittel aus den beiden Beobachtungsgruppen rund: $A = 126^\circ \pm 10^\circ$, die Amplitude der Lichtschwankung: $6^\circ 2' \pm 0^\circ 8'$, oder $v = 885 \pm 100$ km/s, gültig für einen Zielpunkt in der Ekliptik, mit ungefähr $D = +20^\circ$. Es kann also kein Zweifel sein, dass die Lichtzeit von der geozentrischen Stellung des Jupiter abhängt, oder dass die relative Lichtgeschwindigkeit nicht konstant ist.

2. Eine andere Möglichkeit, die «absolute» Erdbewegung auf direktem Wege abzuleiten, ergibt sich aus der *Bestimmung der «säkularen Aberration» des Lichtes*, die ebenfalls eine Folge der Absoluttheorie ist. Die sogenannte Konstante der jährlichen Aberration (Fixsternaberration) ist nämlich nicht einfach gleich dem Verhältnis der Bahngeschwindigkeit der Erde zur «absoluten» Lichtgeschwindigkeit, sondern zur relativen Lichtgeschwindigkeit in der Richtung nach dem betreffenden Fixstern, aus dessen Beobachtung die Aberration gefunden wird. Die Aberrationskonstante ist also mit dem geozentrischen Orte des beobachteten Objektes veränderlich, und zwar wird sie für die Hemisphäre des Himmels, auf welche die Erde zuläuft, kleiner sein als für die andere; der geringe Unterschied ist dann ein Mass für v/c bzw. für die Geschwindigkeit der «absoluten» Erdbewegung. Ein möglichst grosses Material an beobachteten Werten der Aberrationskonstante, die vor allem aus Deklinationsbeobachtungen von über den ganzen Himmel verteilten Sternen, zu einem kleineren Teil aus Radialgeschwindigkeiten einer Gruppe von Sternen erhalten waren, wurde vom Verfasser nach dem vollständigen Ausdruck für die Konstante der jährlichen Aberration, der die säkulare Aberration mit umfasst, einer strengen Ausgleichungsrechnung unterworfen, und es ergab sich als Endresultat: $A = 112^\circ \pm 20^\circ$, $D = +47^\circ \pm 20^\circ$, $v = 600 \pm 305$ km/s. Vereinigt man diesen Wert von v mit dem Betrag $v = 1120 \pm 630$ km/s, der aus einer früheren Untersuchung des Verfassers über die säkulare Aberration an Hand von Material des Internationalen Breiten-dienstes, mit dem Vertex der zwei Sternströme ($A = 94^\circ$, $D = +12^\circ$) als willkürlich gewähltem Zielpunkt hervorgeht, zu einem Mittel, so folgt rund: $v = 700 \pm 270$ km/s, entsprechend einem Zielpunkt, der etwa bei $A = 108^\circ$, $D = +40^\circ$ liegt. Auch hier ist die Realität der gefundenen grossen «absoluten» Erdbewegung nicht zu bezweifeln¹.

3. Die vom Verfasser seit 1904 auf Grund zahlreicher eigener und anderer astronomischer Beobachtungen immer wieder nachgewiesene *kosmische Erscheinung der «Jährlichen Refraktion»*, das heisst einer nicht nur in der nächsten Nähe der Sonne, sondern weit darüber hinaus *bis in 90° Sonnenabstand* am Polarstern noch deutlich vorhandenen, *messbaren Lichtablenkung*, muss hier als sichere Beobachtungstatsache insofern vorge-

¹ *Bestimmungsversuche der Erdbewegung relativ zum Lichtäther IV.* Astron. Nachr. 237, 337 (1930); V, Astron. Nachr. 249, 273 (1933).

² *Ableitung der «absoluten» Erdbewegung aus beobachteten Längen der Jupitersatelliten*, Astron. Nachr. 229, 33 (1930).

¹ *Bestimmung der «absoluten» Translation der Erde aus der säkularen Aberration*, Astron. Nachr. 241, 201 (1931).

Prinzip	Gruppe	A in ° m.F.	D in ° m.F.	v in km/s m.F.	Bemerkungen
a	1	104 ± 21	+39 ± 27	810 ± 215	
	2	93 ± 7	+27 ± 12	652 ± 71	
	3	73 ± 6	+40	889 ± 93	D angenommen
	4	92 ± 12	+44 ± 25	927 ± 200	
	5	60 ± 14	+40	656 ± 157	D angenommen
	6	(75)	(+40)	(400)	
b	1	70 ± 11	+40	810 ± 166	D angenommen
	2	74 ± 3	+40	587 ± 48	D angenommen
	3	61 ± 21	+40	344 ± 124	D angenommen
	4	53 ± 5	+40	555 ± 48	D angenommen
	5	75	+40	750	
	6	(75)	(+40)	(600)	
	7	75	+40	600	
	8	75	+40	600	
	9	75	+40	400	
	10	(86) ± 6	(+46) ± 9	(710) ± 40	
	11	75	+40	750	
	12	—	—	—	L.-K. einer Flüssigkeit bewiesen
	13	(75)	(+40)	(400)	
	14	(64) ± 6	(+50) ± 9	(367) ± 29	Bahngeschwindigkeit der Erde bestimmt
	15	61 ± 5	+55 ± 7	509 ± 28	
	16	63 ± 7	+41 ± 12	623 ± 71	
	17	75	+40	300 ± 10	
	18	81 ± 5	+34 ± 5	650 ± 50	
	19	104 ± 9	+40	600 ± 53	D angenommen
	20	75	+40	750	
	21	(83) ± 12	(+50) ± 34	(673) ± 165	
c	22	52 ± 4	+35 ± 6	650 ± 40	
	1	126 ± 10	—	885 ± 100	
	2	108 ± 20	+40 ± 20	700 ± 270	
	3	—	—	—	Erwähnung der «Jährlichen Refraktion»
Einfaches Mittel der objektiven Werte:		78	+40	650	
Die allgemeinen Annahmen:		75	+40	600	können also beibehalten werden

bracht werden, als sie am Sonnenrand an die Stelle der relativistischen Lichtablenkung im Schwerefeld der Sonne tritt, somit auch ihrerseits die hier gestellte Frage berührt. In einer Abhandlung¹ hat nämlich der Verfasser das mit den Sonnenfinsternisaufnahmen von 1919, 1922 und namentlich 1929 erhaltene zuverlässige Material an gemessenen Lichtablenkungen von Fixsternen einer eingehenden Diskussion unterzogen und durch Ausgleichungsrechnungen zeigen können, dass kein hyperbolischer Lichtablenkungseffekt, weder der relativistische noch der halb so grosse klassische Gravitationseffekt für sich allein den Beobachtungen gerecht wird und dass auch irgendwelche Kombinationen der beiden theoretischen Effekte mit der in ein paar Grad Abstand vom Sonnenrand noch unmittelbar beobachteten und bis dorthin unter verschiedenen Hypothesen extrapolierten, 0,5 betragenden «Jährlichen Refraktion» nicht in Betracht kommen. Es bleibt nur die Annahme übrig, dass es sich bei der in nächster Nähe der Sonne festgestellten Erscheinung eben um die natürliche Fortsetzung der «Jährlichen Refraktion» bis zum Sonnenrand allein handelt¹.

Zusammenfassung der Resultate: In der Tabelle sind die Resultate der einzelnen Beobachtungsgruppen über-

sichtlich zusammengestellt, und zwar, wie schon bemerkt, die gefundenen sphärischen Koordinaten A und D des Zielpunktes der «absoluten» Translationsbewegung der Erde und ihre Geschwindigkeit v , mit ihren errechneten mittleren Fehlern. Die Ergebnisse der Beobachtungen des Verfassers, bei denen eine subjektive Beeinflussung möglich war, sind eingeklammert und wurden nicht in die allgemeine Mittelbildung mit einbezogen.

Schlussfolgerung: Die Beantwortung der Frage «relativ» oder «absolut»? kann danach nicht schwer fallen: die Beobachtungstatsachen sprechen für sich! – und der Verfasser hat dem nichts mehr beizufügen.

Summary

After the detection of a remarkable difference of the angles of reflexion and of incidence on “the moved mirror”, which for the first time confirmed directly the “absolute-theory”, the author began in 1920 his long series of investigations on the “absolute” movement of the earth and the “Lorentz-contraction”. Over many years passed a very great number of quite different observations has been collected and discussed, and now all the positive and almost equal results of them for the determined coordinates A and D of the apex and for the velocity v of the great “absolute” movement of translation of the earth have been put together here. These facts will allow the reader to judge for himself the question: “relative” or “absolute”?

¹ Sonnenfinsternis-Aufnahmen 1919, 1922, 1929 und «Jährliche Refraktion», Astron. Nachr. 244, 279 (1932).