

möglichen und den Satz von der Konstanz der Lichtgeschwindigkeit mit einer konkreten Vorstellung von der Natur des Lichts vereinbar zu machen. Denn jeder der gegen einander geradlinig-gleichförmig bewegten Beobachter würde dann im Äther ruhen, beobachtet also selbstverständlich stets konstante Lichtgeschwindigkeit in seinem System und an den relativ zu seinem System bzw. seinem Äther bewegten Uhren und Maßstäben die entsprechenden Veränderungen, wobei sich in der Bewegung gegen den Äther auch die sonst fehlende Ursache dieser Veränderungen ergibt. Jeder beliebige Beobachter kann sich so für den allein ruhenden Pol der Welt halten, um den herum alles in Bewegung ist und für den alleinigen Besitzer des richtigen Weltlängenmaßes, wodurch die Wellennatur des Lichts, sowie eine ursächliche Verknüpfung aller Erscheinungen sich ermöglicht, und alles in schönster Ordnung ist — wenigstens für einen Positivisten. —

IV. Das „Uhrenparadoxon“ und was daraus folgt.

Einstein selbst will nun die angeführten Konsequenzen, die sich auf durchaus logischem Wege aus seiner Theorie ableiten, zum Teil nicht in vollem Umfange zugeben. Es geht dies deutlich hervor aus dem von ihm im Jahre 1918 veröffentlichten „Dialog über die Einwände gegen die Relativitätstheorie“ (*). Er beschäftigt sich dort mit dem sogenannten „Uhrenparadoxon“, wie es die Relativisten euphemistisch nennen, nämlich mit dem völlig berechtigten, meines Wissens zuerst von E. Gehrcke vorgebrachten Einwand**), daß von zwei Uhren, die gegen einander eine Relativbewegung ausgeführt haben, jede gegen die andere nachgehen müsse. Haben wir nämlich zwei zunächst zu einander ruhende synchron gehende Uhren U_1 und U_2 und führt nun die eine z. B. U_2 in gerader Linie, z. B. auf der X-Achse, eine hin- und hergehende (bis auf Beginn, Ende und Umkehr) gleichförmige Bewegung aus, so müßte sie nach der Theorie gegenüber der nicht bewegten Uhr U_1 , nachdem sie wieder relativ zu ihr sich in Ruhe befindet, nachgehen. Da aber U_1 während der

*) „Die Naturwissenschaften“ 1918, S. 697. Zum „Uhrenparadoxon“ siehe auch die Kontroverse E. Gehrcke und H. Thirring, „Naturwissenschaften“ 1921, S. 209, 482 und 550.

**) Siehe „Die Naturwissenschaften“ 1913, S. 62.

gleichförmigen Bewegung ebenfalls als bewegt und U_2 als ruhend angesehen werden kann, so müßte auch U_1 gegenüber U_2 nachgehen. In diesem Dialog erlaubt sich also der „Kritikus“ den Einwand: „Es kann doch von den gläubigsten Anhängern der Theorie nicht behauptet werden, daß von zwei neben einander gehenden Uhren jede gegenüber der anderen nachgehe“; worauf der „Relativist“ (d. h. Einstein) erwidert: „Deine Behauptung ist selbstverständlich unbestreitbar.“ Einstein legt sich dann das Uhrenparadoxon folgendermaßen zurecht: Während der ungleichförmigen Bewegung von U_2 (zu Beginn, bei der Umkehr und am Ende der Bewegung) treten Trägheitskräfte in Erscheinung, die für Einstein gleichbedeutend sind mit Gravitationskräften. Das dabei auftretende Gravitationspotential soll nun den Uhrengang derart beeinflussen, daß der raschere Gang, den es an U_1 hervorruft, das Doppelte der Verlangsamung beträgt, die der Gang von U_1 durch die gleichförmige Bewegung erfährt.*). Die Relativität der Wirkungen und der Wirklichkeit wird also von Einstein hier ausdrücklich abgelehnt; die eine Uhr soll ja nach seiner Auffassung von jedem Standpunkt aus gegenüber der anderen nachgehen.

Nun ist die Wirksamkeit des Unterschieds im Gravitationspotential in der Art, daß er gerade den gewünschten Effekt zu Stande bringt, doch eine recht merkwürdige Sache. Wir haben es aber gar nicht nötig auf die komplizierten Gedankengänge der Theorie hier näher einzugehen, da uns der Sachverhalt, an dem durch mathematische Winkelzüge nichts geändert wird, in völliger Klarheit vor Augen liegt. Es ist nämlich die ganze höchst verzwickte Auseinandersetzung über das Paradoxon an ruhenden Uhren eigentlich überflüssig und es ist nicht recht einzusehen, warum Einstein durch solch gewagte Konstruktionen einer Konsequenz auszuweichen sucht, die seiner Theorie unvermeidlich anhaftet. Denn sie tritt nicht nur in dem besonderen Falle einer an ihren Ausgangspunkt zurück-

*) Einstein sagt wörtlich: „Das Zurückbleiben wird überkompensiert durch einen schnelleren Gang der Uhr während der Beschleunigungsvorgänge resp. der Einwirkung des Gravitationsfeldes. Nach der allgemeinen Relativitätstheorie geht nämlich eine Uhr um so schneller, je höher das Gravitationspotential an dem Orte ist, an dem sie sich befindet und es befindet sich während des Teilprozesses drei (d. h. während der Zeit der Umkehr der Bewegung) U_1 tatsächlich an einem Ort höheren Gravitationspotentials als U_2 . Die Rechnung zeigt, daß dies Vorseilen gerade doppelt so viel ausmacht, als das Zurückbleiben während der Teilprozesse zwei und vier.“ (S. 699 l. c.)

kehrenden bewegten Uhr zu Tage, sondern, wie wir sahen, ganz im allgemeinen bei jeder gleichförmigen Translationsbewegung der in bekannter Anordnung in zwei Systemen parallel zur gemeinsamen Bewegungsrichtung aufgestellten und in jedem System unter sich synchron gehenden Uhren, also in einer Anordnung, in der Beschleunigungen und Verzögerungen der Bewegung gar nicht vorkommen. Es ist ja im Grunde genommen gleichgültig, ob die mit einander zu vergleichenden Uhren neben einander ruhen, oder sich zu einander gleichförmig-geradlinig bewegen. Richtige Beobachtungen (unter Ausschluß von Sinnes-täuschungen) können sowohl im einen, wie anderen Falle, wenigstens theoretisch, gemacht werden. Denken wir also wieder an die zwei Beobachter bei zwei Uhren in ihren Systemen, die sich eben an einander vorbei bewegen, so ergibt sich, wie oben ausgeführt wurde, daß sie im Augenblicke der Begegnung an ein und derselben Uhr verschiedene Zeigerstellungen wahrnehmen, oder allgemeiner ausgedrückt, an ein und demselben Gegenstand verschiedene Formen, Zustände und Vorgänge beobachten, wobei diese Verschiedenheit weder auf perspektivische Verschiebung noch auf subjektive Beobachtungsfehler oder sonst eine Sinnestäuschung zurückzuführen ist, — verschiedene ruhende Beobachter in einem System würden die gleiche Differenz wahrnehmen — es handelt sich also um richtige fehlerfreie Beobachtungen. Diese Konsequenz wird auch ohne weiteres von bekannten Anhängern der Relativitätstheorie zugegeben. So sagt J. Petzoldt, der als überzeugter Positivist ohne Schwierigkeit auch ein konsequenter Relativist sein kann: „indessen verlangt eine richtige Auffassung der Relativitätstheorie nicht etwa nur eine optische Differenz der Erfahrungen der gegen einander bewegten Beobachter, sondern auch eine ihr genau entsprechende taktilo-kinästhetische. Nicht nur für das Auge des „ruhenden“ Beobachters, sondern auch für seinen Tastsinn würde die Zeigerstellung der Uhren des „bewegten Systems“ eine andere sein als für den „mitbewegten“ Beobachter. — Wir müssen uns daher ganz klar darüber sein, daß die Theorie prinzipiell nicht nur zuläßt, sondern fordert, daß zwei gegen einander bewegte Beobachter an „ein und derselben“ Uhr gleichzeitig verschiedene Zeigerstellungen sehen und tasten würden, daß für den einen etwa „dieselbe“ Uhr für Auge und Hand 10 Uhr zeigt, an der der andere gleichzeitig, d. h. im Momente des Vorübergleitens 7 Uhr 30 Minuten ablesen und abtasten würde, während er an seiner eigenen Uhr auch 10 Uhr abliest, die

nun aber wieder für den ersten 7 Uhr 30 zeigt.“*) Dieses absonderliche Verhalten der Uhren, welches kein Relativist abstreiten kann (sofern er sich nicht von vornherein auf den extrem subjektivistischen Standpunkt stellt, daß von einer Beziehung der Wahrnehmungen verschieden bewegter Beobachter auf „ein und dasselbe“ Objekt nicht gesprochen werden darf), ist aber, wie gesagt, dem Paradoxon an ruhenden Uhren im Prinzip vollkommen gleichzustellen. Die übliche, auch oben wiedergegebene Formulierung des Widerspruchs, „daß nicht von zwei neben einander gehenden Uhren jede gegenüber der andern nachgehen könne“, verwischt nämlich die Verhältnisse und übergeht einen wesentlichen Umstand. Der der Theorie entsprechende Sachverhalt ist vielmehr folgender: von zwei nach ausgeführter Bewegung neben einander wieder in Ruhe befindlichen, mit Uhren ausgerüsteten Beobachtern findet jeder, daß die Uhr des andern, welche gegen ihn eine Relativbewegung ausführte, um einen bestimmten Betrag gegen die eigene nachgeht. Jeder Beobachter stellt also fest, daß für ihn eine andere Uhr nachgeht, die Uhr, die für den einen Beobachter nachgeht, geht für den andern vor. Es darf also nicht übersehen werden, daß es sich um die fehlende Übereinstimmung der subjektiven Wahrnehmungen zweier verschiedener Beobachter handelt. Die Aussage „jede von zwei im Gang befindlichen Uhren geht gegenüber der andern nach“ formuliert nur einen logischen Widerspruch, wenn es sich um das Erlebnis eines Subjektes handeln soll, dagegen ist ein solcher nicht gegeben, wenn von zwei Beobachtern jeder eine andere von zwei Uhren nachgehend findet. Sieht man nun aber von den Wahrnehmungen der verschieden bewegten Beobachter ab, so ergibt sich auch bei Betrachtung der in geradlinig-gleichförmiger Bewegung begriffenen Uhren der Satz, daß von zwei neben einander befindlichen Uhren (im Augenblicke der Begegnung befinden sie sich ja am gleichen Orte) jede gegenüber der andern nachgeht — denn die eine sowohl als die andere kann ja als ruhend betrachtet werden; man kommt also auch bei bewegten Uhren zum gleichen logischen Widerspruch, sobald man den

*) l. c. S. 109 u. 104. — Es ist, nebenbei bemerkt, interessant, daß hier ein überzeugter Relativist zwei Beobachter in verschiedenen Systemen etwas „gleichzeitig“ beobachten läßt. Es scheint also, daß der Begriff der absoluten Gleichzeitigkeit doch nicht so leicht „auszumerzen“ ist. Die Frage, ob der Augenblick der Begegnung zweier verschieden bewegter Beobachter nicht für beide Subjekte der gleiche sei, ist allerdings verhänglich und wohl geeignet, auch einem Relativisten einiges Kopfzerbrechen zu verursachen. Weiteres darüber siehe S. 55.

Umstand, daß es sich um die Divergenz der Wahrnehmungen zweier Beobachter handelt, nicht berücksichtigt. Das Ereignis absolut betrachtet führt also zum logischen Widerspruch; relativ, d. h. als die subjektiven Erlebnisse zweier Beobachter betrachtet führt es dagegen zur Preisgabe des absoluten Geschehens und zum Positivismus und Solipsismus. Das vielumstrittene „Uhrenparadoxon“ bietet also durchaus nichts Neues, sondern es zeigt sich in ihm die gleiche Paradoxie, die auch während der Bewegung jederzeit der Theorie nach stattfindet, und es ist nicht im geringsten einzusehen, warum dieses Verhalten der Uhren und Beobachter bei wechselseitiger Ruhe nach stattgefundener Bewegung verwunderlicher sein soll als bei vorhandener wechselseitiger Bewegung. Im einen Fall geht für jeden Beobachter die gegen ihn bewegte Uhr nach, im andern die bewegt gewesene, das ist der ganze Unterschied. Da in ersterem Falle die Verschiedenheit in den Wahrnehmungen zweier Beobachter desselben Gegenstandes gar nicht bestritten wird und auch gar nicht bestritten werden kann, ohne die Theorie aufzuheben, so wird es auch wohl im letzteren Fall damit seine Richtigkeit haben.

Die mathematische Auswirkung der die Zeit betreffenden Transformationsgleichung führt also zu recht bemerkenswerten Ergebnissen, unter denen vor allem auch die Einstein'sche Entdeckung von Wichtigkeit ist, daß Reisen jung erhält. „Denken wir uns“, sagt W. Bloch,*) „zwei ganz gleichaltrige Menschen in einem Häuschen auf einem Galilei'schen Bezugssystem wohnen. Dann lassen wir den einen von beiden eine Reise unternehmen. Er fahre mit einem D-Zug in der Richtung der X-Achse zu Verwandten und kehre nach einiger Zeit zu seinem Freunde zurück. Besaßen beide richtiggehende Taschenuhren, so muß jetzt die Uhr dessen, der die Reise unternommen hat, nachgehen. Da sie aber für ihn stets richtigen Gang, d. h. dieselbe Ganggeschwindigkeit, wie alle andern Uhren des Systems, in dem er sich gerade befand, gehabt hat, so müssen wir wohl oder übel auch sagen, daß der zurückgekehrte Freund nunmehr jünger ist, als der daheimgebliebene, denn seine Taschenuhr kann er zwar durch einen gewaltsamen Eingriff wieder mit der seines Freundes in Übereinstimmung bringen, nicht aber die Gesamtheit der körperlichen Umstände, die wir im physiologischen Sinne als sein Alter bezeichnen“, u. s. w.**)

*) Einführung in die Relativitäts-Theorie, Leipzig 1920, S. 76.

**) Auf diesen Einfluß der Bewegung auf das Alter kommt auch

Das ist nun allerdings schon recht merkwürdig, aber bei konsequenter Anwendung der Theorie kommen noch ganz andere Wunder zu Tage. Denken wir wieder an die zwei Reihen der aneinander vorbeieilenden, in jedem System unter sich synchron gehenden Uhren, so steht gar nichts im Wege, die Differenz in den Angaben derselben durch zunehmende Entfernung vom Nullpunkte immer mehr anwachsen zu lassen, aus den Sekunden Minuten und Tage und aus den Tagen viele Jahre zu machen. Ebenso wie der Gang der Uhren hängt aber nach der Theorie der Zeitablauf aller Geschehnisse, auch der Lebensvorgänge in diesen Systemen von der Bewegung ab. Nun denke man sich in ihnen zwei Weltkörper, die aus ungeheuren Entfernungen kommend nahe genug an einander vorbeieilen, und auf jedem dieser Weltkörper einen Menschen, der den andern im Momente der Begegnung beobachtet. Es kann dann der Fall eintreten, daß ein alter Mann auf dem einen Planeten einen Knaben auf dem andern erblickt, der aber für sich und in seiner Welt gleichfalls ein alter Mann ist und auch seinerseits auf der andern Seite einen Knaben vor sich sieht. Um dieses Wunder aller Wunder in Szene zu setzen, hat man offenbar nichts weiter nötig, als den Wert x für die Abscisse in der die Zeit betreffenden Transformationsgleichung hinreichend groß zu machen, wozu ja im Weltenraum genügend Platz vorhanden ist. Ja die Beobachter könnten offenbar Leute auf dem fremden Weltkörper munter sich bewegen sehen, die in ihrer eigenen Welt längst begraben und vermodert sind, sie könnten Augenzeugen von Schlachten werden, die auf ihrem Stern längst zu geschichtlichen Ereignissen wurden!*)

Einstein selbst in einer populären Darstellung seiner Theorie zu sprechen. Es heißt dort: „Man muß hinzufügen, daß das, was für diese Uhr gilt, welche wir als einen einfachen Repräsentanten alles physikalischen Geschehens eingeführt haben, auch gilt für ein in sich abgeschlossenes physikalisches System irgendwelcher anderer Beschaffenheit. Wenn wir z. B. einen lebenden Organismus in eine Schachtel hineinbrächten und ihn dieselbe Hin- und Herbewegung ausführen ließen, wie die Uhr, so könnte man es erreichen, daß dieser Organismus nach einem beliebig langen Fluge beliebig wenig geändert wieder an seinen ursprünglichen Ort zurückkehrt, während ganz entsprechend beschaffene Organismen, welche an den ursprünglichen Orten ruhend geblieben sind, bereits längst neuen Generationen Platz gemacht haben. Für den bewegten Organismus war die lange Zeit der Reise nur ein Augenblick, falls die Bewegung annähernd mit Lichtgeschwindigkeit erfolgte! Dies ist eine unabweisbare Konsequenz der von uns zu Grunde gelegten Prinzipien, die die Erfahrung uns aufdrängt“. (Vierteljahrschrift d. naturforschenden Gesellschaft, Zürich, 56. 1912. S. 11.)

*) Es ist vielleicht nicht überflüssig, nochmals darauf hinzuweisen,

E. Gehrcke erlaubt sich sogar in einem ähnlichen von ihm gebrauchten Beispiel den Scherz, die zwei Beobachter sich darüber streiten zu lassen, wer von ihnen denn nun eigentlich bereits gestorben sei.*) Dies ist nun freilich kaum wörtlich zu nehmen, denn ein Toter kann wohl auch nach der Relativitätstheorie nicht mehr sprechen und Wahrnehmungen machen. Aber auch in dem Falle, daß der Greis sich dem Knaben gegenüber sieht, könnten sich beide (d. h. beide Subjekte) nicht darüber unterhalten, wer von ihnen denn nun eigentlich der Alte und wer der Junge sei, auch wenn ihnen die kurze Begegnung dazu Zeit ließe. Es folgt nämlich aus der Theorie die Notwendigkeit, daß die Subjekte sich keine Zeichen geben, sich nicht verständigen können, weder durch optische Signale noch durch die Sprache, denn jeder der Beobachter nimmt ja gar nicht die Gegenwart, sondern die Vergangenheit seines Partners wahr. Auch ein Relativist wird es kaum als zulässig erklären, daß ein alter Mann wie ein Kind spricht und ein Kind wie ein alter Mann. Daraus ergibt sich nun eine sehr wichtige Konsequenz: Die Schallwellen der Worte des Greises müßten nämlich zwar des Knaben Ohr treffen, wenn sich beide nahe genug an einander vorbeibewegten, aber sie könnten nicht zur entsprechenden Gehörsempfindung führen, ebenso wie dem Bilde des Greises auf der Netzhaut des Knaben keine Sichtbarkeit des Greises entsprechen würde. Genau so würde auch in dem oben angeführten von J. Petzoldt gebrauchten Beispiel der eine Beobachter nicht nur an der ihm gegenüber bewegten Uhr, sondern auch an ihrer Abbildung auf der Netzhaut des mitbewegten andern Beobachters die Zeigerstellung 7 Uhr 30 vorfinden müssen, während in der Seh wahrnehmung des letzteren die

daß nach der Theorie dies nicht etwa eine Täuschung infolge der endlichen Fortpflanzungsgeschwindigkeit des Lichts ist, sondern die von allen Beobachtungsfehlern und Täuschungen befreite Wahrnehmung der relativistischen „Wirklichkeit“. Ähnliche Phänomene wären ja physikalisch zulässig unter der Annahme eines Fernrohrs von unbegrenzter Vergrößerungskraft. Braucht das Licht eines Weltkörpers hundert Jahre, um zur Erde zu gelangen, so würden wir mit einem solchen Instrument auf dem Stern offenbar die Geschehnisse vor genau hundert Jahren sich abspielen sehen, und würden wir uns von diesem Stern mit Überlichtgeschwindigkeit entfernen, so könnten wir die Ereignisse auf ihm rückläufig beobachten, wie dies C. Flammarion in dem phantastischen Roman „Lumen“ schildert. Durch alles dies würde aber der Zeit- und Wirklichkeitsbegriff nicht verrückt werden.

*) Siehe den Vortrag: „Die Relativitätstheorie, eine wissenschaftliche Massensuggestion“, Berlin 1920, Verlag K. F. Köhler, Leipzig.

Zeigerstellung 10 Uhr vorhanden ist. Entweder würden also der Gehirnprozeß und der Vorgang der Wahrnehmung durch das Subjekt nicht mehr zusammenfallen, oder der wahrgenommene Körper des bewegten Beobachters ist überhaupt nicht Sitz eines wahrnehmenden Subjekts!*) Zwischen den Welten der beiden Beobachter schlägt also die Sinnesempfindung keine Brücke der Verständigung. Denn Leibniz hat Recht: „Die Monaden haben keine Fenster“ — trotz Einstein.

— Zu noch amüsanteren Konsequenzen gelangt man, wenn man das eine bewegte System auf das andere Wirkungen ausüben läßt, an welche Möglichkeit die Relati-

*) Die sich in betreff der Sinneswahrnehmung ergebende Absurdität ist eine notwendige Folge der der Relativitätstheorie eigentümlichen Vorstellung von der Wirklichkeit der Körperwelt. Der eigentliche philosophische Sinn (oder Unsinn) der Relativitätstheorie ist, wie wir sahen, der, daß alle Zustände und Ereignisse in der Außenwelt nur für den Beobachter, d. h. für ein erkennendes Subjekt gültig und insofern relativ sind, nicht aber in gleicher Weise auch für einen anderen anders bewegten Beobachter, i. e. Subjekt. Der Begriff einer einzigen für die Subjekte wahrnehmbaren raum-zeitlichen Wirklichkeit wird aufgegeben. Es gibt so viele verschiedene materielle Welten, sovieler „Standpunktwelten“, als es erkennende verschieden bewegte Subjekte gibt.

Nun stehen aber auch nach der Relativitätstheorie die für mein Subjekt erkennbaren, bezw. nach meiner Wirklichkeitsvorstellung tatsächlich vorhandenen materiellen Vorgänge in Sinnesorganen und Gehirnen fremder Organismen z. B. anderer Menschen in kausaler Verknüpfung mit der mir gegebenen Außenwelt. Denn innerhalb der einem einzelnen Subjekt erkennbaren Welt besteht kein Widerspruch gegen den kausalen Zusammenhang materieller Vorgänge. Irgend ein Gegenstand, der in meiner räumlichen Wahrnehmung gegeben ist, muß sich für meine Wahrnehmung und in meiner Welt auch mit allen Einzelheiten auf der Netzhaut lebender Menschen abbilden, deren Auge auf diesen Gegenstand gerichtet ist. Stimmen nun die Erlebnisse verschiedener menschlicher Subjekte unter Umständen nicht im räumlich-zeitlichen Inhalt d. h. in der ihnen als wirklich gegebenen Körperwelt überein, so kann auch das Bild auf der Netzhaut nicht mit den subjektiven Gesichtswahrnehmungen übereinstimmen. (Das Gleiche gilt natürlich auch für die übrigen Sinnesorgane und sinnlichen Wahrnehmungen.) Der ganze Sinnes- und Gehirnapparat bewegter Organismen wäre dann nur eine tote Maschinerie, um auf die äußeren Sinnesreize die entsprechenden Bewegungsreaktionen folgen zu lassen, aber er würde nicht Wahrnehmungen vermitteln. Die Erlebnisse eines fremden Subjekts und die Vorgänge in seinen Sinnesorganen wie sie meinem Subjekt gegeben sind, würden auseinanderfallen. Aus der relativistischen Annahme verschiedener räumlich-zeitlicher Wirklichkeiten für verschieden bewegte Beobachter ergibt sich also unmittelbar eine Diskrepanz zwischen den materiellen Vorgängen im Sinnes- und Nervenapparat bewegter Organismen und ihren sinnlichen Wahrnehmungen.

