3. *Zur Kritik und Geschichte der neueren Gravitationstheorien;* von *E. Gehrcke.*

§ 1. In seiner Arbeit: „Die Grundlage der allgemeinen Relativitätstheorie“, hat kürzlich Einstein[1]) Betrachtungen über die Newtonsche Mechanik angestellt; auf p. 771 folgert er, daß die klassische Mechanik „einen erkenntnistheoretischen Mangel“ hat, und er nennt Mach als denjenigen, der diesen Mangel „vielleicht zum erstenmal klar hervorgehoben“ hat.

Es sei mir gestattet, darauf hinzuweisen, daß die Überlegungen Einsteins, soweit sie nicht schon bei Mach sich finden, in wesentlichen Punkten bereits in Arbeiten von mir, und zwar, wie ich glaube, klar enthalten sind. Da diese Überlegungen ein heute noch strittiges Grenzgebiet zwischen Philosophie und Physik berühren, so kann man sie nicht als naheliegend oder selbstverständlich erachten. Insbesondere möchte ich darauf hinweisen, daß ich das physikalische Hauptresultat der Einsteinschen Erörterung an der zitierten Stelle vorweggenommen habe.

Einstein geht, gerade so wie ich es auch tat[2]), von *zwei* relativ zueinander rotierenden Körpern S_1 und S_2 aus; Mach[3]) betrachtete immer nur *einen*, relativ zum Fixsternhimmel rotierenden Körper, und es scheint mir darin der Grund zu liegen, daß Mach durch die erkenntnistheoretischen Schwierigkeiten nicht durchgedrungen ist, obwohl er sie — und bereits das war ein großer Fortschritt — gefühlt hat. Einstein folgert: „Der berechtigte Raum R_1 (relativ zu dem der Körper S_1 in Ruhe ist) ... ist eine bloß *fingierte Ursache*, keine beobachtbare *Sache*“, und weiter: „Die Ursache“ (für das voneinander verschiedene Verhalten der Körper

1) A. Einstein, Ann. d. Phys. **49.** p. 769. 1916.

2) E. Gehrcke, Verh. d. Deutsch. Phys. Ges. **13.** p. 666, 993. 1911.

3) E. Mach, Mechanik. 5. Aufl. 1904. p. 246ff.

S_1 und S_2) „muß *außerhalb* des Systems (der Körper S_1 und S_2) liegen". Dies ist, nur mit anderen Worten ausgedrückt, genau derselbe Schluß, den ich z. B. so formulierte[1]): es „folgt, daß *noch etwas Besonderes, Reales* da sein muß, relativ zu dem der (rotierende) Körper rotiert". Ohne hier im einzelnen weiter die Parallele zwischen Einstein und mir zu verfolgen, was viel Platz beanspruchen würde, möge nur das wesentliche und, wie mir scheint, physikalisch wichtige Resultat hervorgehoben werden, das man kurz so ausdrücken kann: Die erkenntnistheoretische Erörterung der klassischen Mechanik ergibt, daß in einem aus mechanischen Massen gebildeten System *außer* diesen Massen noch etwas *Besonderes* vorhanden sein muß, das in der klassischen Mechanik bisher fehlt. Ich nannte dieses Besondere ein Reales, Einstein eine außerhalb liegende Ursache oder Sache. Um noch einmal recht deutlich zu sein: Bis zu *diesem* Punkte, *daß* ein außerhalb des Systems vorliegendes Besonderes, sei dies nun Reales oder Sache genannt, existieren muß, sind die Betrachtungen Einsteins mit den meinigen identisch. Eine *zweite* Frage ist die, *worin* dieses Besondere besteht: ich sehe es im Dasein des Äthers, Einstein im Vorhandensein ferner, verborgener Massen. Aber diese zweite Frage, über deren Lösung wir auseinandergehen, kann nicht verhindern, daß wir über die *erste* Frage *einer* Meinung sind, und daß ich das ganze Problem zeitlich vor Einstein aufgeworfen und beantwortet habe.

Für diejenigen, denen der hier erörterte Gegenstand ferner liegt, sei erwähnt, daß diese Erörterungen auf die *klassische* Mechanik Bezug haben und nicht etwa auf die Relativitätstheorie Einsteins; gegen diese habe ich früher verschiedene Einwände erhoben, welche die physikalische und logische Unhaltbarkeit der alten Relativitätstheorie dartun. Der Umstand, daß Einstein nun einen „Mangel" der alten Relativitätstheorie zugesteht, und von dieser Theorie, die er neuerdings die „spezielle" nennt, zu einer neuen, die er die „allgemeine" nennt, überging, scheint mir in dem Sinne zu deuten zu sein, daß Einstein auch nicht mehr mit der alten Relativitätstheorie zufrieden ist.

---

1) E. Gehrcke, Kantstudien 1914. p. 487. Vgl. auch z. B. Sitzungsber. d. Kgl. Bayer. Akad. d. Wiss. München 1912. p. 209.

§ 2. Was nun die neue, allgemeine Relativitätstheorie anlangt, so gründet sie Einstein auf einen allgemeinen Satz, das *allgemeine* Relativitätsprinzip, welches für ganz beliebige, auch rotatorische Bewegungen gelten soll. Ich habe bereits früher dargelegt[1]), daß ein solches Prinzip physikalisch undurchführbar ist[2]), wenn man sich auf *ponderable* Massen beschränkt, wie es Einstein tut. Jedenfalls kann bei dieser Sachlage höchstens *einer* von uns, entweder Einstein oder ich, etwas Richtiges behaupten. Nun geben die Ausführungen von Einstein selbst leicht eine Entscheidung an die Hand. Einstein hat das Bedürfnis, durch ein Beispiel aus der klassischen Mechanik sein allgemeines Relativitätsprinzip plausibel zu machen[3]): er betrachtet ein Massensystem K', das gegenüber einem Massensystem K in gleichförmig beschleunigter Translationsbewegung ist, und bemerkt, daß man nicht sagen könne, welches der beiden Systeme „wirklich" beschleunigt sei. Hr. Einstein hätte aus der physikalischen Literatur entnehmen können, daß weit allgemeinere als nur *gleichförmig* beschleunigte Translationen in der klassischen Mechanik relative[4]) sind; die Beschränkung auf die Gleichförmigkeit ist unnötig. Aber bleiben wir bei dem Beispiel der in *gleichförmiger*, relativer Translationsbeschleunigung befindlichen Systeme K und K'. Ist dieses Beispiel geeignet, die Grundlage für eine Theorie der physikalischen Gravitation zu vermitteln? Kann man überhaupt, wie Einstein sagt, ein „Gravitationsfeld durch bloße Änderung des Koordinatensystems ‚erzeugen'"? Wennschon ich mir nach Belieben jedes der Systeme K' oder K als ruhend, das andere als in einem Beschleunigungsfeld befindlich *denken* kann, so hat doch dieses bloße *Denken* keine *Existenz* in der Natur zur Folge: ich kann mir z. B. auch die Masse der Sonne im Schwerpunkt konzentriert *denken*; aber daraus folgt nicht, daß die Sonnenmasse im Schwerpunkt konzentriert *ist*. Wenn nun Einstein annimmt, eines der Systeme, sagen wir K, befinde sich in einem Gravitationsfelde, so ist diese Annahme nicht immer

---

1) l. c.

2) Wohl aber macht die Annahme des Äthers ein allgemeines Relativitätsprinzip annehmbar. Dieses ist indessen nicht das Einsteinsche.

3) A. Einstein, l. c. p. 772.

4) E. Gehrcke, Verh. d. Deutsch. Phys. Ges. **15.** p. 260. 1913.

zulässig; sie ist es nur dann, wenn gewisse Massen X vorhanden sind, die dieses Gravitationsfeld erzeugen. Diesen Massen X aber fällt es erfahrungsmäßig durchaus nicht ein, *aus einem Weltende in das andere zu springen*, wenn wir zu der *Vorstellung* übergehen, statt des Systems K sei das andere K' in einem Beschleunigungsfelde. Anders ausgedrückt: Aus Einsteins Auffassung würde folgen, daß beim Springen eines Beobachters vom System K' auf das System K eine gewaltige Veränderung der Massen X vor sich geht, indem diese unter anderm von einem Weltende zum anderen springen. Man kann nicht gut, um diese Schwierigkeit zu vermeiden, dem Beobachter das Springen von einem System zum anderen *verbieten*; wie wir die Sache auch wenden mögen, wir kommen zu einer der Erfahrung widerstreitenden, absurden Folgerung. Deshalb ist — von anderen Gründen ganz abgesehen — bereits aus dem erörterten Einzelfall ersichtlich, daß die physikalische Ersetzbarkeit eines relativen Beschleunigungsfeldes durch ein Gravitationsfeld nicht durchgeführt werden kann, und daß *dieses allgemeine* Relativitätsprinzip nicht annehmbar ist.

§ 3. Also, wird man geneigt sein zu schließen, muß die neue Relativitätstheorie abermals durch eine neue ersetzt werden. Dieser Wunsch liegt besonders deshalb nahe, weil die Theorie Einsteins zu einer Beziehung zwischen Lichtgeschwindigkeit und Perihelbewegung des Merkur geführt hat, und weil der Betrag 41″, um den der Merkur pro Jahrhundert von der Newtonschen Mechanik abweicht, quantitativ aus der Theorie herauskommt. Dieses Ergebnis hat viel Aufsehen erregt, und Einstein hat nicht versäumt, die Übereinstimmung mit der Erfahrung als überzeugend für die Richtigkeit seiner Theorie hinzustellen.[1]) Einstein hat aber *nicht* darauf aufmerksam gemacht, daß eine andere, viel einfachere Theorie der Gravitation, diejenige von Gerber[2]), schon vor 18 Jahren zu dem gleichen Ergebnis führte. Gerber nimmt an, daß zwischen zwei gravitierenden Massen ein Zwangszustand herrscht, der mit einer endlichen Geschwindigkeit c im Raume fortschreitet. „Hat die anziehende Masse eine

1) l. c. p. 804.

2) P. Gerber, Ztschr. f. Mathem. u. Phys. **43.** p. 93. 1898. Vgl. auch Programm des städtischen Realgymnasiums Stargard i. Pomm. 1902.

Geschwindigkeit in Richtung zur angezogenen Masse, so verbreitet sich der Zwangszustand von ihr aus dorthin um so viel schneller, als bei der Ruhe der Masse, wie deren Geschwindigkeit beträgt.“ Hiernach ist das Potential

$$V \sim \frac{m}{r}\left(\frac{c}{c - \frac{dr}{dt}}\right)$$

zu setzen. „Kommt außerdem die angezogene Masse dem Zwangszustande mit einer gewissen Geschwindigkeit entgegen, so gehen beide mit der Summe ihrer Geschwindigkeiten aneinander vorüber. Also verkürzt sich im Falle der Bewegung der Massen die Mitteilungszeit zum Zustandekommen des Potentials im Verhältnis der Fortpflanzungsgeschwindigkeit des Zwangszustandes zur Summe aus ihr und den Geschwindigkeiten der Massen.“ Hiernach ist also nochmals der Faktor $\frac{c}{c - \frac{dr}{dt}}$ am Potential anzubringen, so daß sich ergibt:

$$V = \frac{m}{r\left(1 - \frac{1}{c}\frac{dr}{dt}\right)^2}\,.$$

Dieser Ausdruck unterscheidet sich vom Newtonschen Potential durch die Klammer im Nenner.

Gerber wandte sein Potential auf die Bewegung eines Planeten um die Sonne an und leitete eine Perihelbewegung ab; als experimentell zu prüfendes Schlußergebnis findet er die Formel:

$$c^2 = \frac{6\pi\mu}{a(1 - \varepsilon^2)\psi}\,,$$

hierin ist zur Abkürzung gesetzt:

$$\mu = \frac{4\pi^2 a^3}{\tau^2}\,.$$

Setzt man den Wert für μ ein, so folgt:

$$c^2 = 24\,\pi^3 \frac{a^2}{\tau^2\,\psi\,(1 - \varepsilon^2)}\,;$$

c ist die Lichtgeschwindigkeit, a die große Halbachse der Bahn, ε die Exzentrizität, ψ die Perihelbewegung pro Umlauf.

Vergleicht man die Formel von Gerber mit derjenigen von Einstein[1]):

$$\varepsilon = 24\,\pi^3 \frac{a^2}{T^2\,c^2\,(1-e^2)}$$

und berücksichtigt man die Bedeutung der Buchstaben, so sieht man, daß die Formel von Einstein mit der von Gerber identisch ist. Gerber hat also die Einsteinsche Formel vorweggenommen; Gerber hat ferner schon die Perihelbewegung des Merkur quantitativ erklärt; er hat auch auf die sehr geringe Größe der Perihelbewegung hingewiesen, die sich für die anderen Planeten ergibt. Man könnte meinen, es läge hier ein großer Zufall vor, und Einstein sei ohne Kenntnis der Gerberschen Arbeit zu dem gleichen Ergebnis gekommen. Eine solche Annahme wird indessen dadurch erschwert, daß die Gerbersche Abhandlung sich in der bekannten Mechanik von Mach[2]) erörtert findet, und daß Einstein erst kürzlich seine genaue Bekanntschaft mit diesem Buche gelegentlich eines Nachrufes[3]) auf Mach dargelegt hat. Übrigens ist die Arbeit von Gerber auch sonst zuweilen in der Literatur berücksichtigt worden[4]), und nur der Umstand, daß sie nichtsdestoweniger bisher selten beachtet wurde, rechtfertigt es, wenn wir hier ausführlicher auf Gerber zu sprechen kamen.

Man mag über die Gerbersche Theorie denken wie man will, jedenfalls geht soviel aus ihr hervor, daß es nicht notwendig ist, relativtheoretische Betrachtungen anzustellen, um die Gerbersche Formel für die Perihelbewegung des Merkur abzuleiten.

---

1) A. Einstein, l. c. p. 822.
2) E. Mach, Mechanik. 5. Aufl. p. 201. 1904.
3) A. Einstein, Physik. Zeitschr. **17.** p. 103. 1916.
4) Vgl. z. B. Enzyklop. d. mathemat. Wissensch. Bd. V, 2. p. 49. 1903 (Zenneck).

(Eingegangen 11. Juli 1916.)

Druck von Metzger & Wittig in Leipzig.