

**2. Die Fortpflanzungsgeschwindigkeit
der Gravitation.
Bemerkungen zur gleichnamigen Abhandlung von
P. Gerber¹⁾;
von M. von Laue.**

Obwohl gleichzeitig von berufener astronomischer Seite in diesen Annalen dargelegt wird, daß der von Gerber aufgestellte Ausdruck für das Gravitationspotential bei folgerichtiger Anwendung nicht zu Gerbers Bewegungsgleichungen und somit auch nicht zu seiner Formel für die Perihelbewegung führt²⁾ wollen wir hier doch die Frage aufwerfen, inwiefern seine Überlegungen überhaupt einen Zusammenhang zwischen den Planetenbahnen und der Ausbreitung der Gravitationswirkungen herstellen. Wir müssen uns freilich versagen, seinen Überlegungen Schritt für Schritt nachzugehen, um ihre Unrichtigkeit zu beweisen; es fordern gar zu viele Punkte darin zum Widerspruch heraus, und andere Stellen sind wiederum viel zu unklar und verwaschen. Wir wollen uns vielmehr zunächst nur an den mathematischen Ausdruck für das Gravitationspotential

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

halten.

Hierin ist r der *im gleichen Augenblicke herrschende* Abstand des angezogenen vom anziehenden Körper, und die Geschwindigkeit dr/dt , mit der er sich ändert, bezieht sich ebenfalls auf den gleichen Zeitpunkt. Breitet sich aber die Gravitation mit endlicher Geschwindigkeit aus, so kann der physikalische Zustand am Ort des angezogenen Körpers nicht bestimmt sein durch die *gleichzeitige* Lage und Geschwindigkeit des anziehenden, sondern nur durch seine Lage und

1) P. Gerber, Ann. d. Phys. **52**. p. 415. 1917.

2) H. v. Seeliger, Ann. d. Phys. **53**. p. 131. 1917.

Geschwindigkeit in einem bestimmten früheren Augenblick. Denken wir uns z. B. den anziehenden Körper aus dem Ruhezustand durch einen äußeren Eingriff plötzlich in Bewegung gesetzt, so muß eine endliche Zeit vergehen, bis sich dies an einem entfernten Orte bemerkbar macht. Die verzögerten Potentiale

$$\varphi = \frac{e}{4\pi \left[r \left(1 - \frac{v_r}{c} \right) \right]_{t-\frac{r}{c}}}, \quad a = \frac{e}{4\pi} \left[\frac{v}{r \left(1 - \frac{v_r}{c} \right)} \right]_{t-\frac{r}{c}},$$

welche die Elektrodynamik für eine mit der Geschwindigkeit v bewegten Punktladung e aufstellt¹⁾, geben dies durch den Index $t - r/c$ zu erkennen, da er bedeutet, daß sowohl für r wie für v die zu der früheren Zeit $t - r/c$ geltenden Werte zur Berechnung des Potentials für die Zeit t zu benutzen sind. *Gerbers Ansatz für das Gravitationspotential ist also mit einer endlichen Ausbreitungsgeschwindigkeit unvereinbar.*

Die Sache liegt ähnlich wie beim Weberschen Grundgesetz der Elektrodynamik, mit welchem Gerbers Potentialansatz überhaupt eine gewisse Ähnlichkeit hat. Obwohl das „effektive Potential“ des Weberschen Gesetzes

$$\frac{ee'}{r} \left[1 + \frac{1}{2c^2} \left(\frac{dr}{dt} \right)^2 \right]$$

die Lichtgeschwindigkeit c enthält, verfiel Weber durchaus den Standpunkt der Fernwirkung.²⁾

Sodann behandelt Gerber bei seiner Aufstellung und Verwertung der Bewegungsgleichungen den anziehenden Körper, die Sonne, als im Koordinatenanfang ruhend. Das zugehörige Gravitationsfeld wird dann naturgemäß zeitlich unveränderlich, ob nun die Ausbreitung der Gravitation Zeit erfordert oder nicht. Wie soll sich unter diesen Umständen in der errechneten Bewegung des Planeten eine Wirkung der Ausbreitungsgeschwindigkeit äußern?

Freilich weiß Gerber, daß in dieser Annahme eine Vernachlässigung steckt, und er versucht dies durch die Abänderung der Sonnenmasse wieder gut zu machen, welche man in der Newtonschen Theorie dazu benutzt.³⁾ Diese

1) Vgl. z. B. H. A. Lorentz, Encykl. d. mathemat. Wissensch. 5. Artikel 14, Nr. 17.

2) Vgl. hierzu Encykl. d. mathem. Wissensch. 5. Artikel 12, Nr. 6 u. 7.

3) P. Gerber, l. c. p. 437 unten.

Korrektion findet in der alten Theorie ihre Berechtigung durch den Impulssatz, demzufolge die Summe aus dem Impuls der Sonne und dem des Planeten unveränderlich, und zwar gleich Null ist. Dies aber beruht wieder auf der Fernwirkung der Gravitation, denn nur bei Fernwirkung kann jede Änderung des Sonnenimpulses *sofort* durch eine Änderung des Planetenimpulses ausgeglichen werden. Sonst bedarf es dazu, wenn es überhaupt einen Ausgleich gibt, der vom Abstand abhängigen Übertragungszeit. Ist somit in Gerbers Theorie diese Korrektion unberechtigt, insofern ja gerade eine endliche Ausbreitungsgeschwindigkeit eingeführt werden soll, so ist sie andererseits nicht imstande, diese Geschwindigkeit mathematisch einzuführen, da sie mit ihr nicht zusammenhängt. *Selbst wenn die Ausgangsformel für das Potential die Ausbreitungsgeschwindigkeit zum Ausdruck brächte, könnte bei der weiteren Behandlung, die Gerber seinem Problem angedeihen läßt, die errechnete Planetenbewegung deren Einfluß nicht zeigen.*

Wenn die Einsteinsche Theorie der Gravitation¹⁾ die richtige Perihelbewegung für den Merkur liefert, so liegt dies, da auch sie dabei die Sonne als ruhend ansieht, nicht an der Art, wie sich nach ihr die Gravitation ausbreitet, sondern an anderen ihrer Züge. Wir möchten in diesem Zusammenhange auch darauf hinweisen, daß die Nordströmsche Theorie der Gravitation, trotzdem sie die Ausbreitungsgeschwindigkeit c annimmt, die Perihelbewegung sogar mit dem verkehrten Vorzeichen liefert.²⁾

1) A. Einstein, Sitzungsberichte der Berliner Akademie 1916. p. 688.

2) S. Nordström, Ann. d. Phys. 42. p. 533. 1913; 43. p. 1101. 1914; vgl. auch M. v. Laue. Jahrbuch der Radioactiv. u. Elektronik 14. Heft 3. 1917. (Im Erscheinen begriffen.)

(Eingegangen 28. Juni 1917.)