

## Werk

**Titel:** Encyklopädie der mathematischen Wissenschaften mit Einschluss ihrer Anwendungen

**Jahr:** 1903

**Kollektion:** Mathematica

**Digitalisiert:** Niedersächsische Staats- und Universitätsbibliothek Göttingen

**Werk Id:** PPN360709532

**PURL:** <http://resolver.sub.uni-goettingen.de/purl?PPN360709532>

**OPAC:** <http://opac.sub.uni-goettingen.de/DB=1/PPN?PPN=360709532>

**LOG Id:** LOG\_0032

**LOG Titel:** 10. Allgemeines

**LOG Typ:** chapter

## Übergeordnetes Werk

**Werk Id:** PPN360504019

**PURL:** <http://resolver.sub.uni-goettingen.de/purl?PPN360504019>

**OPAC:** <http://opac.sub.uni-goettingen.de/DB=1/PPN?PPN=360504019>

## Terms and Conditions

The Goettingen State and University Library provides access to digitized documents strictly for noncommercial educational, research and private purposes and makes no warranty with regard to their use for other purposes. Some of our collections are protected by copyright. Publication and/or broadcast in any form (including electronic) requires prior written permission from the Goettingen State- and University Library.

Each copy of any part of this document must contain there Terms and Conditions. With the usage of the library's online system to access or download a digitized document you accept the Terms and Conditions.

Reproductions of material on the web site may not be made for or donated to other repositories, nor may be further reproduced without written permission from the Goettingen State- and University Library.

For reproduction requests and permissions, please contact us. If citing materials, please give proper attribution of the source.

## Contact

Niedersächsische Staats- und Universitätsbibliothek Göttingen  
Georg-August-Universität Göttingen  
Platz der Göttinger Sieben 1  
37073 Göttingen  
Germany  
Email: [gdz@sub.uni-goettingen.de](mailto:gdz@sub.uni-goettingen.de)

Die gute Übereinstimmung<sup>44)</sup> der Werte, welche nach derselben Methode erhalten wurden einerseits, die relativ bedeutenden Differenzen zwischen den Resultaten der verschiedenen Methoden<sup>45)</sup> andererseits zeigen, dass diese Differenzen nur in prinzipiellen Mängeln der Methoden ihren Grund haben können. Solange diese aber nicht aufgedeckt sind, kann wohl kaum einem dieser Resultate mehr Gewicht beigelegt werden als dem anderen. Bei der Methode von *Wilsing* ist nur zu bedauern einmal, dass sie bis jetzt nicht von einem zweiten Beobachter angewandt und dadurch das Resultat von *Wilsing* kontrolliert wurde, und dann, dass bis jetzt der Einfluss der magnetischen Permeabilität des Doppelpendels einer Prüfung nicht unterzogen wurde<sup>46)</sup>. Bei der Bildung des Mittelwertes oben ist deshalb das Resultat *Wilsing's* nicht berücksichtigt.

## II. Astronomische und experimentelle Prüfung des Newton'schen Gesetzes.

**10. Allgemeines.** Dass das *Newton'sche* Gesetz, falls es nicht absolut richtig sein sollte, jedenfalls eine so weit gehende Annäherung an die thatsächlichen Verhältnisse darstellt, wie kaum ein anderes Gesetz, ist auf zwei von einander unabhängigen Gebieten sicher gestellt.

Auf *astronomischem*<sup>47)</sup> Gebiet ergeben sich aus diesem Gesetz nicht nur die Planetenbewegungen in erster Annäherung (*Kepler'sche* Gesetze); sondern auch die zweite Näherung, die Abweichungen von dieser Bewegung infolge der Störung durch andere Planeten, folgen aus dem *Newton'schen* Gesetz noch so richtig, dass aus beobachteten Störungen die Bahn und relative Masse eines bis dahin unbekanntem Planeten (*Neptun*) vorhergesagt werden konnte.

Andererseits liegen aber eine Reihe von astronomischen Beob-

---

Erdichte auf 5—6 geschätzt. Das Mittel 5,5 stimmt also mit dem Mittel aus den neuesten Messungen bis auf  $\frac{1}{4}\%$  überein.

44) Zwischen den Drehwagebestimmungen  $\leq 0,012\%$ , zwischen den Wagebestimmungen ca.  $0,2\%$ .

45) Grösste Differenz zwischen Wage- und Doppelpendelbestimmung ca.  $1,5\%$ .

46) Nach *F. Richarz* und *O. Krigar-Menzel* (Bemerkungen zu dem . . . von Herrn *C. V. Boys* über die Gravitationskonstante . . . erstatteten Bericht. Greifswald 1901) könnte die Abweichung des *Wilsing'schen* Resultats von den anderen durch einen solchen Einfluss bedingt sein.

47) Diskussion der Gültigkeit des *Newton'schen* Gesetzes auf astronomischem Gebiet bei *Tisserand*, *Méc. céleste* 4 (1896), cap. 29 und *S. Neucomb*<sup>48)</sup>.

achtungen vor, die gegenüber der Berechnung auf Grund des *Newton'schen* Gesetzes Differenzen zeigen. Diese Differenz beträgt<sup>48)</sup>

- 1) in der Perihelbewegung des Merkur: ca. 40" im Jahrhundert;
- 2) in der Bewegung des Knotens der Venusbahn: 5mal wahrscheinlicher Fehler;
- 3) in der Perihelbewegung des Mars: 3mal wahrscheinlicher Fehler;
- 4) in der Excentricität der Merkurbahn: 2mal wahrscheinlicher Fehler (unsicher!).

Dazu kommen

- 5) bedeutende Anomalien in der Bewegung des *Encke'schen* Kometen und
- 6) kleine Unregelmässigkeiten in der Mondbahn.

*Kleine* Korrektionen am *Newton'schen* Gesetz sind also auf Grund der astronomischen Erfahrung nicht ausgeschlossen<sup>49)</sup>, wenn auch — insbesondere in den unter 5 und 6 aufgeführten Fällen, in denen die Verhältnisse komplizierter und unsicherer liegen als bei den Planetenbahnen — keineswegs ausgemacht ist, dass die angegebenen Differenzen in einer Ungenauigkeit des Gravitationsgesetzes ihren Grund haben<sup>48)</sup>.

Auf *experimentellem* Gebiet haben die besten Bestimmungen der Gravitationskonstanten, die sämtlich auf der Annahme der Gültigkeit des *Newton'schen* Gesetzes fussen, ziemlich gut übereinstimmende Resultate ergeben<sup>50)</sup>. Da diese Bestimmungen mit Massen der verschiedensten Grösse, des verschiedensten Materials und in den verschiedensten Entfernungen ausgeführt wurden, so schliesst diese Übereinstimmung eine irgendwie beträchtliche Ungenauigkeit des

48) *S. Newcomb*, The elements of the four inner planets etc., Washington 1895. Auf p. 109 ff. sind die möglichen Erklärungen dieser Abweichungen diskutiert.

49) *Th. von Oppolzer* (Tagebl. d. 54. Vers. d. Naturf. u. Ärzte, Salzburg 1881) kommt sogar zu dem etwas sehr apodiktischen Schluss: „Die Theorie des Mondes lässt mit einiger Wahrscheinlichkeit vermuten, die des Merkur weist mit Bestimmtheit darauf hin, die des *Encke'schen* Kometen erhebt es zur unumstösslichen Sicherheit, dass die allein auf das *Newton'sche* Attraktionsgesetz in der gegenwärtigen Form aufgebauten Theorien zur Erklärung der Bewegungen der Himmelskörper nicht ausreichend sind.“

50) Man vergleiche die besten terrestrischen und Laboratoriumsmethoden:

	Beobachter	anziehende Masse	$\Delta$
Laboratoriums- methoden	<i>Boys</i>	7,4 kg	5,527
	<i>Braun</i>	9,1 „	5,5270
	<i>Poynting</i>	154 „	5,4934
	<i>Wilsing</i>	325 „	5,577
	<i>Richarz</i> u. <i>Krigar-Menzel</i>	100000 „	5,5050

*Newton'schen* Gesetzes aus und lässt höchstens *kleine* Korrekturen desselben zu.

**11. Abhängigkeit von der Masse. Astronomische Prüfung.**

Dass die Kraft, welche zwei Körper auf einander ausüben, der Masse jedes der Körper proportional sei, hat *Newton* auf folgende Weise abgeleitet.

a) Die Beobachtung zeigt, dass Jupiter seinen Trabanten, die Sonne den Planeten, die Erde dem Mond und Körpern an ihrer Oberfläche, die Sonne dem Jupiter und seinen Trabanten *Beschleunigungen* erteilt, welche gleich sind bei gleicher Entfernung. Daraus folgt: in diesen Fällen muss die *Kraft* proportional sein der Masse des *angezogenen* Körpers.

b) Daraus liefert das Prinzip von Wirkung und Gegenwirkung, dass sie auch proportional sein muss der Masse des *anziehenden* Körpers.

Gegen diese Schlussweise hat *M. E. Vicaire*<sup>51)</sup> folgenden Einwand, der aber wohl noch der Diskussion bedürfte<sup>52)</sup>, erhoben. In den angeführten Beispielen liegt ein ganz spezieller Fall vor: die Anziehung eines sehr grossen auf einen im Verhältnis dazu sehr kleinen Körper. Dann liefert aber schon die Voraussetzung, dass bei gleicher Entfernung die Anziehungskraft überhaupt nur Funktion der beiden Massen ist, das Resultat, dass die Anziehungskraft der Masse des kleinen Körpers annähernd proportional sein muss.

Denn die Funktion  $A_{Mm}$ , welche die Anziehung der grossen Masse  $M$  auf die kleine  $m$  ausdrückt, ist jedenfalls homogen in  $M$  und  $m$ . Man kann demnach setzen:

	Beobachter	anziehende Masse	$\Delta$	
Terrestrische Methoden	{	<i>Mendenhall</i>	Berg von 3800 m Höhe	5,77
		<i>E. D. Preston</i>	„ „ 3000 „ „	5,57
		„	„ „ 4000 „ „	5,13
		<i>von Sterneck</i>	Erdschichten von	5,275
		(Wien. Ber. 108)	verschiedener Dicke	5,56
	„	„	5,3	
	„	„	5,35	

51) Paris, C. R. 78 (1874), p. 790—794.

52) Dagegen spricht, dass die Massenbestimmungen der Planeten aus den Störungen, welche sie auf andere Planeten ausüben, stets innerhalb der wahrscheinlichen Fehler übereinstimmen mit den Massenbestimmungen derselben Planeten aus den Bewegungen ihrer eventuellen Monde. Z. B. ergibt sich die Masse des Mars aus Jupiterstörungen =  $1/2812526$ , aus Elongationsbewegungen seiner Monde =  $1/3093500$ . Vgl. übrigens auch *F. W. Bessel*, Berl. Abh. 1824 und Ges. Werke 1, p. 84.