Thomistische Gründsätze und Newton'sche Gesetze

Autor(en): **Eing, B.**

Objekttyp: **Article**

Zeitschrift: **Divus Thomas**

Band (Jahr): **8 (1930)**

PDF erstellt am: **29.05.2024**

Persistenter Link: https://doi.org/10.5169/seals-762192

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.
Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.
Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Ein Dienst der *ETH-Bibliothek*
ETH Zürich, Rämistrasse 101, 8092 Zürich, Schweiz, www.library.ethz.ch

http://www.e-periodica.ch

Thomistische Grundsätze und Newton'sche Gesetze.

Von Dr. B. EING, Pfarrer a. D., Münster in Westfalen.

I.

1. Vielfach trug die Wissenschaft der Neuzeit, besonders soweit sie unchristlich war, außer dem Stigma ihrer Gottentfremdung auch das Merkmal der Oberflächlichkeit und Seichtheit offen an der Stirn. Am deutlichsten zeigte sich das in der Philosophie, die, von unchristlichen Denkern aufgegriffen, völlig versagte und im Skeptizismus, Agnostizismus, Nihilismus ihr Ende fand.

Aber auch in der Physik griff sowohl bei christlichen als unchristlichen Gelehrten Oberflächlichkeit Platz, teils als natürliche Folge der fehlenden philosophischen Grundlage, teils überhaupt als Folge eines seichten Denkens. Dies an einem Spezialfall, an der Theorie der Zentralbewegungen, nachzuweisen, ist Zweck der folgenden Abhandlung.

2. Wie Otto Willmann nachweist (Geschichte des Idealismus, I. Bd. S. 155 und 264), war zunächst schon dem Altertum das heliozentrische System keineswegs fremd. Bereits die Astronomie der Inder lehrte, daß die Erde durch ihre Umdrehung den täglichen Auf- und Untergang der Gestirne bewirke. Arjabhatta wußte, daß die Bahnen der Planeten nicht kreisförmig, sondern der Eiform ähnlich, elliptisch, seien. Aristarch von Samos und die Pythagoräer kannten ebenfalls das heliozentrische System. Die antike Mathematik, Musiklehre und Astronomie zeigten durchgängig den Stempel des pythagoräischen Geistes ; und als Kopernikus mit der erneuten, der Vergessenheit wieder entrissenen Wahrheit auftrat, wurde diese ausdrücklich als eine Pythagoräische Doktrin bezeichnet, sowie daß die Drehung der Erde um ihre Achse ein Lehrstück der alten Pythagoräischen Schule gewesen und auch Platon nicht unbekannt gewesen sei.

Aber ferner war den Alten auch die physikalische Seite betreffs des Ursprungs der Planetenbewegung von Seiten der außerplanetarischen Gestirne nicht fremd. Wie bekanntlich der hl. Thomas von

Aquin nicht einfachhin das Ptolemäische System annahm, sondern ausdrücklich erklärte, daß es keine allein maßgebende Ansicht sei, so kennt er auch einen universellen Einfluß der Himmelskörper, der sich nicht bloß auf Lichtspendung, sondern auch auf die Bewegung erstreckt. (Vgl. In Physicorum VIII. lect. 14. — De coelo et mundo, II. lect. 10.) Die Alten kannten also die Tatsache der allgemeinen Gravitation sehr wohl. Ob sie dieselbe in mathematische Formel faßten, wie Newton es für die Neuzeit tat, hat sich bisher nicht feststellen lassen. Es wäre aber nicht unbedingt ausgeschlossen, da uns so viele Kenntnisse der Alten nicht bekannt geblieben sind.

3. Was auch immer von den Naturforschern in neuester Zeit gegen die bisherigen Grundgesetze der Physik vorgebracht wurde, die man als einer Ergänzung oder gar der Berichtigung bedürftig ansah, die Galilei'schen und Newton'schen Gesetze, auf welchen vor allem die Mechanik sich aufbaut, stehen unverrückbar fest, so das erste Newton'sche : « Jeder Körper verharrt in seiner Ruhe oder gleichmäßiger Bewegung, wenn er nicht durch die Kräfte, die auf ihn einwirken, zur Änderung seines Zustandes angetrieben wird », obgleich diese Einwirkung in der Natur freilich immer vorliegt.

Ferner ist auf unserem Gebiete von Wichtigkeit das dritte Newton'sche Gesetz : Jeder Aktion entspricht immer eine gleiche und entgegengesetzte Reaktion, und, wie wir sehen werden, die Erläuterung, die das Altertum hierzu gibt. Nicht minder aber werden wir veranlaßt sein, falschen Anwendungen dieser Gesetze bezüglich der Zentralbewegungen entgegenzutreten.

4. Nach üblichen Herleitungen, sowohl in wissenschaftlichen als populären Erörterungen auf den Gebieten der Astronomie und Physik soll ein Himmelskörper, etwa ein Planet, durch irgend einen uranfänglichen Anstoß in Bewegung versetzt sein ; und das solle mit Hilfe des Beharrungsvermögens allein die Tangentialbewegung erklären (vgl u. a. Braun S. J., « Kosmogonie »). Aber die mathematische Herleitung ergibt, daß ein Anstoß und das Beharrungsvermögen allein nicht genügen zur Erklärung einer kontinuierlich wirkenden Tangentialkraft. Das wird auch von vielen zugegeben ; und man sagt dann wohl, die Ursache der Tangentialbewegung sei freilich unbekannt, sei aber ein « Postulat ». Es genügt auch nicht, wie einige sagen, man könne ja die Kurventeile der Bewegung als infinitesimale Größen betrachten. Denn der Charakter der Bewegung bleibt schließlich immer eine Verzögerung, weil die Zentripetalkraft des Zentralkörpers kontinuierlich wirkt, also die Kraft des

Anstoßes immer mehr schwächt. Nur kontinuierlich wiederholte Stöße könnten dagegen aufkommen oder eine kontinuierlich gegenwirkende Kraft. Sonst bleibt ein fortwährend erneutes Aphel unmöglich.

Auch die Gesamtbewegung eines Planetensystems auf einen Weltenschwerpunkt hin genügt nur dann zur Erklärung eines stets erneuten Aphels, wenn infolge der Gravitation den *größeren Massen geringere, den kleineren Massen größere Beschleunigung* erteilt wird, wie im folgenden nachgewiesen wird.

5. Rousseau soll irgendwo gesagt haben : « Sage uns, Descartes, welche Kraft das Weltall bewegt, zeige uns, Newton, den Arm, der den Planeten die Tangentialkraft gab. » Aber freilich, allein mit der richtigen Anwendung seiner Gesetze zeigt uns Newton diese Kraft.

Zunächst ist klar, daß, ebenso wie die Zentripetalkraft aus einer fortwährend wirkenden Ursache, nämlich der beständig wirkenden Anziehung des Zentralkörpers entsteht, so auch die Tangentialbewegung eine fortwährend wirkende Kraft als Ursache haben muß. Der Mathematiker mag sie als gegebene Größe oder als « Postulat » voraussetzen, der Physiker und Naturphilosoph dagegen will auch die Kraftquelle wissen, aus welcher sie entstanden ist.

6. Die Kosmogonie stellt uns große Zeiträume zur Verfügung für die Ausbildung der Himmelskörper und *ihrer Bewegungen* bis zu dem gegenwärtigen Zustand. Eine leichte Rechnung ergibt, daß für die jetzige Fallbeschleunigung von 0,009 m in der Sekunde bei einem Planeten, der die beiläufige Entfernung der Venus von der Sonne hat, etwa *tausend Millionen Jahre* seit der Weltschöpfung und seit dem Beginne der Bewegung erforderlich waren. Diese Zahl der Weltbildungsjahre scheint auch bestätigt zu werden durch die Radioaktivität, nach welcher man ungefähr diese Zahl für das Alter der Erde berechnet haben will.

Die Erde hat als Fallbeschleunigung zur Sonne in der Sekunde 0,003 m, Merkur 0,018 m, Mars 0,0009 m usw., verschieden bei den übrigen Planeten je nach ihrer Entfernung von der Sonne, wobei aber auch die Massen eine Differenz ergeben. Daß nun gleichzeitig diese Fallbeschleunigungen zur Sonne hin durch Gegenwirkung aufgehalten werden, wird von der Tangentialbewegung verursacht.

Wie ist nun diese letztere entstanden ? Wir sagten vorhin, nur wenn in richtiger Anwendung der Newton'schen Gesetze beachtet wird, daß ceteris paribus *geringere Massen eine größere Beschleunigung als größere Massen erhalten*, ist diese Tangentialbeschleunigung erklärt. Die

Bedingung ist tatsächlich vorhanden. Denn nur für die einzige, bei den kosmischen Bewegungen niemals vorkommende Bedingung, daß Himmelskörper gleichbleibende Stellungen zu einander beibehielten, würde eine von ihnen angezogene größere oder kleinere Masse die *gleiche* Beschleunigung von ihnen erhalten, wie wir es beim Fall der Körper im leeren Raum an der Oberfläche der Erde ja sehen, weil die Erdmaße genügend gleichmäßige Verteilung beibehält. Weil nun aber infolge der allgemeinen Gravitation alle Himmelskörper beständig in Bewegung sind, also niemals gleichbleibende Stellung zueinander einhalten, so haben kleinere Massen ceteris paribus immer größere, bedeutendere Massen geringere Beschleunigung.

7. Dieses allgemeine Gesetz wurde sogar schon bestätigt durch die notwendig gewordene Verbesserung des dritten Kepler'schen Gesetzes, weil sich zeigte, daß bei den Planeten mit großer Masse bereits ein Unterschied festgestellt werden konnte zwischen dem Kubus der halben großen Achse der Umlaufsbahn und dem Quadrate der Umlaufszeit. Wenn für die Erde beide gleich 1 gesetzt werden, so ist bei Jupiter das Quadrat der Umlaufszeit 140,6999, aber der Kubus der halben großen Achse bloß 140,6891. Bei Saturn sind die entsprechenden Zahlen 867,868 und 867,704. Sogar bei Venus konnte ein Unterschied festgestellt werden. Die entsprechenden Zahlen sind 0,378471 und 0,378450. Also hat ein Planet mit größerer Masse geringere Geschwindigkeit als ein anderer mit geringerer Masse, der sich in derselben Entfernung vom Zentralkörper bewegen würde, wie jener mit der größeren Masse. Umgekehrt sind denn auch bei Merkur wegen seiner geringen Masse die Zahlen : 0,058001 und 0,058005.

8. Folglich ist das Resultat der Einwirkung der Fixsterne nicht bloß eine Fortbewegung des gesamten Planetensystems. Es kommen nicht nur die bloß periodischen gegenseitigen Störungen der Planeten in Betracht, sondern durch diese selbe Einwirkung der Fixsterne auch die sich jetzt bereits bemerklich machenden säkularen größeren Beschleunigungen, besonders bei Merkur wegen des bekannten Vorrückens seines Perihels. Er ist einerseits von geringer Masse und andererseits durch Störung der weit von ihm entfernten großen Planeten weniger beeinflußt. Man hat also nicht nötig, zu Hypothesen hier seine Zuflucht zu nehmen, sondern diese Anomalie in der Merkursbewegung ist *auch* nichts anderes als eine Folge der allgemeinen Gravitation und des Satzes der *größeren Beschleunigung geringerer als bedeutenderer Massen.*

Es gibt also auch, abgesehen von den periodischen, sich immer

wieder ausgleichenden Störungen, keine « *Konstanz der Planetensysteme* », sowie überhaupt keine Konstanz der Energie im Makrokosmus möglich ist, weil infolge der immer mehr zunehmenden gegenseitigen Annäherung der Himmelsmassen nach dem Gesetze der Gravitation die Bewegungsenergie stets größer wird. Daher sind auch säkuläre Störungen bei allen Himmelskörpern vorhanden, wenn sie auch bei den großen Planeten wegen deren geringen Beweglichkeit noch nicht bemerkt werden konnten, ebenso nicht bei denjenigen kleineren Massen, bei welchen durch die weit größeren periodischen Störungen die geringeren säkularen Störungen verdeckt werden, sondern wie gesagt, hauptsächlich nur bei Merkur.

9. Somit ist dieselbe Kraft, die den kleinen Körpern größere Geschwindigkeit erteilt, als den größeren, und die bei Merkur die säkulare Anomalie der Bewegung hervorruft, auch Bedingung und Ursache für die fortdauernde Erneuerung eines Aphels bei allen Planeten überhaupt. Sie ist darum auch *die Tangentialkraft*, die genügend der Zentripetalkraft, d. h. der Fallbeschleunigung auf den Zentralkörper hin entgegenwirkt.

Hätten nämlich alle Massen des Planetensystems bei der Bewegung des gesamten Systems auf einen Weltenschwerpunkt oder Fixstern zu gleiche Beschleunigung, so träten nur die Zentripetalkräfte und die periodischen Störungen in die Erscheinung. Es wäre dann genau so wie bei einem absolut ruhig und gleichmäßig fahrenden Eisenbahnzuge. Wer nur die Innenräume des Zuges beobachtete, würde auch nur die dort vorgehenden Bewegungen, etwa der Fahrgäste, bemerken. Denn diese nähmen nur in ganz gleicher Weise an den unbemerkten Bewegungen des Zuges teil.

Ganz anders geartet ist dagegen die Verbindung eines Planeten mit seinem Zentralkörper, der auf einen Fixstern oder auf einen Weltenschwerpunkt « zufährt ». Er nimmt niemals in gleicher Weise an den Bewegungen des Zentralkörpers teil. Auch wenn im Vergleich zu ihm die Fahrt seines Zentralkörpers als gleichförmig betrachtet würde, wären seine Bewegungen nicht unabhängig von der « Fahrt », wie die Bewegungen eines Reisegastes im ruhig fahrenden Zuge, sondern die Bewegungen des Planeten werden mitbeeinflußt durch die « Fahrt » auf den Weltenschwerpunkt zu, sind *Funktionen der Fahrt.*

Der Satz, daß kleinere Massen ceteris paribus größere Beschleunigung haben als größere, zeigte schon seine ausschlaggebende Bedeutung für die Erklärung der Tangentialkraft. Ebenso wird das Newton'sche

Gesetz über die Aktion und Reaktion und die Lehre der Alten von der actio und passio für die weitere Erklärung der Zentralbewegungen von Bedeutung sein.

II.

1. Die Aktion und Reaktion bedeutet nicht bloß kinetische Energie, d. h. aktuelle Bewegung, sondern zugleich mit dieser auch statische Energieansammlung innerhalb der Zeit t, während welcher ein Impuls ft wirkt, und auf welchen dann die Bewegung folgt, die mit mv = ft gemessen wird. Die Gleichheit und entgegengesetzte Richtung herrscht also nicht zwischen den z. B. beim Stoße vorkommenden Geschwindigkeiten, sondern zwischen der Aktion und Reaktion im präzisen Sinne Newton's. Die Geschwindigkeiten bei den stoßenden und gestoßenen Körpern sind nur dann gleich und niemals entgegengesetzt, wenn die Massen gleich sind. Freilich sind die Bewegungen der stoßenden Körper gewöhnlich beschleunigte, die der gestoßenen verzögerte und insofern auch gegensätzlich.

2. Sehr genau drückten die Alten das, was die Modernen Aktion und Reaktion nennen, durch die beiden Prädikamente der actio und passio aus. Es heißt in der Summa Logicae[1] (tract. 6, cap. 5) : « Notandum quod actio et passio sunt una res et eadem, scl. forma quae est in fluxu vel fieri. Hierzu macht sie sich den Einwand : « Unde non videtur, quod passio sit effectus actionis. Si enim considerantur, inquantum sunt una forma, tunc, cum idem non possit esse causa et effectus sui ipsius, passio non erit effectus actionis. Si vero considerantur inquantum sunt duo, quia actio denominat agens et passio patiens, nec adhuc sequitur, quod passio sit effectus ipsius agentis. Non ergo passio est effectus ipsius actionis. Die Antwort lautet : « Sciendum quod aliquid potest dici effectus alicujus dupliciter. Uno modo proprie, prout scl. causatur vel causatum est ab eo et isto modo passio non est effectus actionis. Alio modo, quia, quando utrumque fit, ita fiunt simul, quod unum necessaria connexione intelligitur esse post aliud. Unde primum dicitur esse *quodammodo causa* efficiens respectu secundi. Quemadmodum in tractatu de proprio dictum est de clavo et ligno cui infigitur, qualiter se habeat ad motum ; sic suo modo se habet de passione respectu actionis. Nam actio et passio sunt

[1] Die Summa totius logicae, die unter den Werken des hl. Thomas gedruckt wurde, ihm aber nicht zugehört, vertritt jedenfalls die thomistische Doktrin.

ab ipso agente ordine quodam necessario. Prius enim intelligitur agens agere quam aliquid a se pati ; et sic passio dicitur effectus actionis.

Und im Traktat de proprio, wo sie das erwähnte Beispiel näher ausführt, heißt es (tract. 1, cap. 6) : « Verum circa hoc videtur magnum dubium. Nam sequitur quod idem subjectum sit secundum idem agens et patiens et quod idem sit causa agendi et patiendi respectu ejusdem. ... Ad quod intelligendum sciendum est, quod sicut se habet res in patiendo, sic suo modo se habet in agendo. In patiendo autem non solum dicitur passive se habere illud quod recipit aliud, sed etiam illud quod illud disponit ad hoc recipiendum. Verbi gratia : cera quae recipit figuram, dicitur passive se habere ad figuram et non solum ipsa cera passive se habet respectu figurae, sed etiam mollities disponens ceram ad talem receptionem, passive se habet respectu figurae. Licet enim mollities non sit in quo recipitur figura sicut in eo quod est ratio recipiendi, est tamen aliquo modo *dispositio ratio suscipiendi.*

« Sic etiam suo modo principium originans aliquid quodam ordine et quadam necessaria connexione mediante aliquo alio aliquid producit : etiam illud quod producit, respectu illius quod producitur se habet active. Sicut clavus infixus trabi, si semper motus daretur trabi mediante clavo, quamvis totus motus effective esset ab homine movente utrumque, scl. trabam et clavum, tamen clavus ad motum se haberet active respectu trabis. Sic suo modo se habet de subjecto respectu suae propriae passionis : nam subjectum est sicut clavus, passio sicut trabs, generans sicut movens utrumque et dans esse utrique, scl. subjecto et passioni, sicut motus in clavo et trabe causatur a movente. »

3. Darum konnte auch die Log. Summa, tract. 7, cap. 2 und 3 mit Recht sagen : « Notandum quod, ut habetur III. Physic. actio et passio et motus sunt una et eadem res. ... Est autem proprium actionis ex se inferre passionem. Notandum quod, licet actio et passio et forma qua aliquid movetur sint una res, tamen propter diversam denominationem quam important vel propter diversum respectum importatum sunt diversa praedicamenta. Habet autem se actio et passio in hoc ordine : nam ad omnem actionem egredientem ad extra sequitur passio. Si enim agere nihil aliud est quam causare formam in passo cum motu, et pati nihil aliud est quam talem formam recipere, necessario sequitur quod ad omnem actionem sequitur passio, ad omne agere sequitur pati. »

4. Der Widerstand, den nach dem vorhin gewählten Beispiele der eingeschlagene Nagel in dem Balken überwindet, sei = a und

möge im Verhältnisse der zu durchdringenden Tiefe x zunehmen. Wenn der Nagel um eine infinitesimale Strecke dx eingedrungen ist, so kann der Widerstand längs dieser Strecke als konstant gelten. Die geleistete Arbeit ist also für diese Strecke = axdx. Die Länge des eingedrungenen Nagels sei = L, so ist das Integral hierzu; :

$$\int_0^L axdx = \frac{aL^2}{2}$$

Diese mechanische Arbeit ist Ausdruck sowohl für die Aktion als auch für die Reaktion als « eadem res. »

Somit ist Kraftwirkung nur insoweit vorhanden, als ein Kraftwiderstand überwunden wird, als Aktion und Reaktion einander gleich sind. Ein Gewicht fällt zur Erde. Die Aktion der Erde bewirkt es. Wo ist hier die Reaktion des Gewichtes, die gleich ist der Aktion der Erde ? Es ist das Gewicht mitsamt dem Fallweg = Ps. Dies ist auch die mechanische Arbeit, die erforderlich ist, das Gewicht zur Höhe s wieder emporzuheben. Gleich und entgegengesetzt ist dieser Arbeit das Gewicht der Erde einschließlich ihres Fallweges zu obigem Gewichte hin. Dieser Fallweg ist allerdings unmerklich klein.

5. Es besteht ferner zwischen Aktion und Reaktion nicht nur Gleichheit, sondern sogar Identität, weil sie beide den ganzen, von der verusachenden Kraft und dem Trägheitswiderstande hervorgerufenen Zustand, nämlich sowohl statische als kinetische Energie bedeuten. Sie sind der Spannungszustand mitsamt der Bewegung, die aus demselben hervorgeht.

Die statische Energie oder das Gewicht wird ausgedrückt durch

$$P = \frac{Mm}{r^2}$$

Zugleich sehen wir in dieser Formel nicht bloß die Gleichheit, sondern auch die Identität der Aktion und Reaktion ausgedrückt. Wir haben nämlich ein und dasselbe Gewicht P bei beiden Körpern M und m, mögen sie auch an Masse noch so verschieden sein, allerdings nur insofern ihre spezielle gegenseitige Aktion und Reaktion in Betracht kommt. Das Gewicht des Körpers M wird ausgedrückt durch

$$P = Mg\,;\ g = \frac{m}{r^2}$$

Ganz dasselbe Gewicht hat der Körper m. Denn es wird ebenfalls ausgedrückt durch

$$P = mG\,;\ G = \frac{M}{r^2}$$

wobei G und g diejenigen Kräfte bedeuten, welche verschiedene Beschleunigungen oder kinetische Energie hervorzurufen geeignet sind.

6. Würde bloß ein Körper im Universum existieren, so wäre dieser in dem absolut vollkommenen indifferenten Gleichgewichte. Es gäbe für diesen weder Aktion noch Reaktion. Aber sobald ein zweiter Körper existiert, treten mit der Attraktion infolge des allgemeinen Gravitationsgesetzes sofort Aktion und Reaktion auf. Dann erhält sofort dasselbe Gewicht ein Körper vom andern, welches sich freilich für beide beständig vergrößert bei der Annäherung der beiden Körper, aber in jedem Moment der Bewegung für beide identisch gleich ist. Ein allein im Universum existierender Körper wäre gewichtslos.

7. Es möchte vielleicht jemand einwenden, wenn die Aktion, « eadem res », identisch mit der Reaktion ist, so müsse sie auch Widerstand bedeuten. Freilich ; denn die beiden Körper geben sich gegenseitig dasselbe Gewicht und tragen es zugleich. Aber leistet denn so die eine Attraktion der anderen Widerstand ? Fördern sie sich nicht vielmehr gegenseitig ? Gerade durch Widerstand fördern sie sich gegenseitig. So ist ja auch, wie vorhin die Log. Summa von der passio sagte, die Reaktion oder der Widerstand eine fördernde Disposition für die hervorzubringende Bewegung. Der eine Körper ist gleichsam das Widerlager, auf dem der andere sich stützt, sodaß die Bewegungen erfolgen können.

Aber würde nicht, wenn so Aktion und Reaktion identisch sind, folgen, daß z. B. ein Stein, den jemand in der Hand trägt und die Erde, welche ihn anzieht, dasselbe Gewicht haben müßten ? Die Erde bekommt nicht von dem Steine ihr Hauptgewicht, sondern von den Himmelsmassen, von denen sie angezogen wird. Aber im speziellen Verhältnisse zu dem Stein hat sie allerdings genau dasselbe Gewicht wie der Stein. Deshalb ist auch dieselbe Kraft, die den Stein trägt, sodaß er nicht zur Erde fällt, hinreichend und erforderlich, um die Erde festzuhalten, daß sie nicht zum Steine fällt.

Es wurde von jemandem behauptet, daß die Trägheit der Körper überhaupt kein positiver Widerstand gegen die Bewegung wäre und deswegen Aktion und Reaktion keinen Sinn hätten. Denn wenn die Trägheit ein positiver Widerstand wäre, so hieße das positive Kraft. Dann aber wären zur Beendigung der Bewegungen nicht äußere Kräfte und Hindernisse erforderlich, sondern gerade die Trägheit würde die Bewegung hemmen. Aber wie bereits gesagt, nur im Zustande eines vollkommenen indifferenten Gleichgewichtes würde keine Trägheit im

Sinne eines positiven Widerstandes oder einer positiven Kraft vorliegen. Das wäre nur der Fall, wenn bloß ein einziger Körper im Universum existierte. Der allein wäre im vollkommenen indifferenten Gleichgewichte.

8. Wie wir bereits gesehen haben, daß ein kontinuierliches Hindernis nicht durch beschränkte Impulse, sondern nur durch kontinuierliche Kraft überwunden werden kann, sodaß dauernde Bewegung entsteht, so gilt dies auch bei den Zentralbewegungen. Es ist augenscheinlich, daß die Zentripetalkraft eines Zentralkörpers andauernd Kraftwirkung, Hindernis oder Widerstand darstellt, wodurch z. B. ein Planet dauernd verhindert wird, sich ganz vom Zentralkörper zu entfernen. Diesem Widerstande muß eine gleiche und entgegengesetzte Kraft entsprechen, welche den Planeten beständig vom Zentralkörper zu entfernen sucht und immer von neuem vom Perihel zum Aphel befördert.

Derjenige Effekt der Zentrifugalkraft, welcher nur Reaktion gegen die Ablenkung von der Tangentialrichtung ist, stellt keine Bewegung dar, sondern nur die Neigung, den Spannungszustand, die statische Energie, das Bestreben, in der Richtung der Tangente fortzuschreiten, während die Bewegung selbst in der Kurvenrichtung erfolgt.

Fliedner (Lehrbuch, § 45-49) bemerkt mit Recht : « Bei der Zentralbewegung wirkt nur eine nach dem Mittelpunkt gerichtete Ablenkungs- oder Zentripetalkraft, nicht aber eine radial auswärts ziehende Kraft auf den rotierenden Körper, während dieser selbst, vermöge seiner Trägheit, in jedem Punkte der Kurve das Bestreben hat, in der Tangente fortzugehen und dabei eine Gegenwirkung durch Zug oder Druck auf den ablenkenden Körper (oder die Drehachse oder die feste Leitkurve) ausübt, welche der Wirkung der Ablenkungskraft gleich, aber von entgegengesetzter Richtung ist. Diese durch die Trägheit der Masse bedingte Gegenwirkung des rotierenden Körpers gegen die auf ihn wirkende Ablenkungs- oder Zentripetalkraft wird häufig, wiewohl unpassend, Zentrifugalkraft genannt. »

9. Hier wird richtig gesagt, daß die Gegenwirkung des rotierenden Körpers bedingt ist durch die Trägheit seiner Masse. Aber woher stammt diese Trägheit, diese Reaktion ? Nur von der beständigen Einwirkung der Fixsternmassen, wie wir vorhin sahen. Bei der Zentralbewegung umfaßt auch in besonders ausgesprochener Weise die Aktion und Reaktion sowohl statische als kinetische Energie.

Wir können nämlich drei Typen von Aktion und Reaktion passend unterscheiden : 1. denjenigen, wobei nach Art des eingeschlagenen

Nagels (gemäß dem von der Log. Summa gewählten Beispiele) nur hauptsächlich statische Energie oder innere Arbeit vorliegt ; 2. diejenige Art, welche in ihrer äußeren Form sich nur als kinetische Energie, als Bewegung zeigt, wie bei dem vorhin gewählten Beispiele des zur Erde fallenden Steines, wobei der Fall der Erde zum Steine hin nicht merkbar in die Erscheinung tritt ; 3. dagegen diejenige Art von Aktion und Reaktion, bei welcher sowohl statische als kinetische Energie deutlich hervortreten, nämlich bei den Zentralbewegungen. Wir bemerken hier sowohl die Statik, den Spannungs- oder Gleichgewichtszustand, das aequilibrium motus », als auch die Kinetik, die Bewegung in der Kurvenbahn. Die Vektoranalysis drückt dies Ganze kurz aus durch die Formel :

$$P = ma_0 \frac{d^2 l}{dt^2} + \frac{R_0}{R} mv^2,$$

wo R den Krümmungsradius der Kurvenbahn bedeutet, R_0 den Einheitsvektor längs dem Krümmungsradius zum Krümmungsmittelpunkt hin, m die bewegte Masse, a_0 den Einheitsvektor, der mit der Richtung der Kurventangente zusammenfällt, l eine Kurvenstrecke, v die Geschwindigkeit der Masse, t die Zeit bedeutet. Diese Formel besagt also, daß das Gewicht P der bewegten Masse m zwei Komponenten enthält, die eine parallel der Tangente zur Bahn, die andere senkrecht dazu, zum Krümmungsmittelpunkt der Bahn hin Der erste Terminus rechts in der Gleichung bedeutet die kinetische, der zweite die statische Energie.

10. So sehen wir, daß bei der dritten Art von Aktion und Reaktion, nämlich bei den Zentralbewegungen, statische und kinetische Energie in ausgezeichnetster Weise, d. h. möglichst *gleichmäßig* verteilt bleiben, was auf lange Zeiten hin allerdings *relative* Konstanz der Planetensysteme gewährleistet. Absolute Konstanz dagegen ist unmöglich. Das zeigte sich uns in der Anomalie der Merkursbewegung, bei welcher nämlich die Kinetik schon merklich überwiegt ; und zwar erkannten wir das auf Grund des allgemeinen Satzes, daß ceteris paribus geringere Massen stets größere Beschleunigung haben.

Es mag noch erwähnt werden, daß auch der bekannte Corioliseffekt diesen Satz bestätigt. Danach werden alle an der Oberfläche der Erde fallenden Körper *nach Osten* abgelenkt. Das erklärt sich nicht durch die bloße Achsendrehung der Erde, sondern nur dadurch, daß eben diese leichteren Massen mit ihrer größeren Geschwindigkeit die geringere Geschwindigkeit der großen rotierenden Erdmasse überholen.

11. B. Jansen (Wege der Weltweisheit, S. 154) schreibt: « Den neuzeitlichen Bewegungsbegriff, der an die Stelle des Aristotelisch-scholastischen trat und mit dem angeborenen Streben nach dem naturgemäßen Ort und der Unterscheidung eines natürlichen und gewaltsamen Sichbewegens aufräumte, die moderne Bewegungsgröße, das revolutionäre Trägheitsgesetz, die Drehung der Erde um die Sonne, die analytische Geometrie: alle diese für den modernen Wissenschaftsbetrieb selbstverständlichen Dinge fand Galilei bereits vor. Die Nominalisten an der Pariser Hochschule hatten sie teilweise von den Arabern übernommen, teilweise selbständig ausgedacht. » — Also auch die hier nachgewiesenen Irrtümer stammen von den Arabern und Nominalisten und haben sich bis in die Neuzeit gehalten! Auch durfte man mit dem « angeborenen Streben nach dem naturgemäßen Ort » keineswegs aufräumen. Denn dieses « angeborene Streben » ist nichts anderes als die allgemeine Gravitation, deren Tatsache wenigstens, abgesehen von der völligen Erklärung, feststeht und deren Gesetze Newton für die Neuzeit formuliert hat. Sie ist der « motus naturalis », das natürliche Bewegtwerden, welches vom hl. Thomas und den Alten richtig unterschieden wurde von dem « motus violentus », z. B. der Stoßbewegung; und leider sind die Newton'schen Gesetze in der Neuzeit irrtümlich und mangelhaft für die Erklärung der Zentralbewegungen angewendet worden, wie wir es hier nachgewiesen haben.