

Ropé und Nutus in Keplers Astronomie

Begriffsgeschichtliche Bemerkungen zu einem Abschnitt in Keplers „Mondtraum“.

Herrn Prof. Dr. W. Gerlach in Verehrung und Dankbarkeit

Atque illa in sese conglobantur ut aranei: quæ nos solo ferè nutu transportamus, ad eò ut denique moles corporis sponte suâ vergat in locum propositum. Sed parum nobis est utilis hæc ῥοπή, quia nimis tarda: itaque nutu ut dixi acceleramus.

Die Begriffe *nutus* und *ropé* (ῥοπή), welche in der alten Naturlehre als Prinzipien der natürlichen bzw. gewaltsamen Bewegung galten, treten noch in Keplers astronomischen Überlegungen, insbesondere in seinem „Mondtraum“ auf, erfahren jedoch hier eine Erweiterung und Entwicklung ihres ursprünglichen Sinnes. Mit *nutus* bezeichnete Kepler auf Grund einer zeitgenössischen, den ursprünglichen Wortsinn erweiternden Unterscheidung den *impetus*, den Philoponos zur Erklärung des freienwurfes einführte. Die *ropé* dagegen war vor allem in den Aristoteles-Kommentaren des Simplicios, einem der antiken Gewährsmänner Keplers, behandelt. Sie bedeutete bei ihm das Streben eines Körpers, in seinem natürlichen Ort zu ruhen und machte sich als Kraft bemerkbar, wenn der Körper gewaltsam entfernt wurde. Dabei nahm die *ropé* im reziproken Verhältnis zum Abstand des Körpers von seinem natürlichen Ort ab.

Sofern die *ropé* auch bei der Kreisbewegung der Gestirne eine Rolle spielte, wurde sie zum Ausgangspunkt der Lehre vom *impetus* innerhalb der Astronomie des Mittelalters. Die Gedankengänge des Simplicios werden daher auch zum Verständnis der entsprechenden Passage in Keplers „Mondtraum“ herangezogen. Der *nutus* bezeichnet hier diejenige Kraft, die angewandt werden muß, um den Körper gegen seine *ropé* aus seinem natürlichen Ort wegzubewegen.

War die *ropé* jedoch bei Simplicios und noch in der Mechanikliteratur des 16. Jahrhunderts ein dynamisches Finalitätsprinzip, so wurde sie in Keplers Überlegungen zu einer Art statischem Stabilitätsprinzip der *machina mundana*, für die ein mechanisches Modell — wenigstens was die Erklärung einzelner astronomischer Erscheinungen durch Kepler betrifft — daher auch die Waage sein konnte, bei welcher die *ropé* auch schon seit altersher eine besondere Rolle gespielt hatte.

1. Einleitung und Problemstellung
2. Bedeutungsgeschichte von *ropé* und *nutus* vor Kepler
3. Abgrenzung der Begriffe *nutus* und *ropé* im 16. Jahrhundert
4. *Nutus* und *ropé* in Keplers „Somnium“
5. Verhältnis von *ropé* und *nutus* bei Kepler zu *gravitas* und *impetus*
6. Indirekte Bedeutung der *ropé* in der späteren Astronomie Keplers
7. Zusammenfassung der Ergebnisse.

1. Einleitung und Problemstellung

Wenn man das Weltbild Keplers durch einen von ihm selbst gebrauchten Ausdruck kennzeichnen will, dann ist der Begriff *machina mundana* dafür wohl am charakteristischsten. Schon in seinem „Mysterium cosmographicum“ tritt dies deutlich zum Vorschein. Bei dem Versuch, seine Planetenabstandstheorie durch die Erfahrung zu verifizieren, sagt er nämlich: „Man baue sich ein künstliches Planetensystem auf, indem man die regulären Körper von außen nach innen in der Reihenfolge Würfel, Tetraeder, Dodekaeder, Ikosaeder, Oktaeder zwischen die Planeten so einschaltet, daß der kleinste Abstand eines Planeten zum Radius der umschriebenen und der größte Abstand des nächst unteren Planeten Radius der einbeschriebenen Kugel des entsprechenden Polyeders wird, wobei die Exzentrizitäten den „Revoluciones“ des Kopernikus entnommen werden. Bildet man nun die Verhältnisse je zwischen dem kleinsten Abstand eines oberen und dem größten Abstand des nächst unteren Planeten und vergleicht diese Verhältnisse mit den entsprechenden Verhältnissen in dem wirklichen Planetensystem nach Kopernikus, so ergibt sich eine gute Übereinstimmung bei den Verhältnissen Jupiter—Mars und Erde—Merkur, dagegen eine erhebliche Abweichung bei dem Verhältnis Saturn—Jupiter“.¹

Nachdem er wenige Kapitel später die Gründe für die Unstimmigkeit in einzelnen Fällen angegeben hat, heißt es schließlich: „Es ist also der Beweis geliefert, daß die Entfernungen der Bahnen in dem Lehrgebäude des Kopernikus sich nach den Maßen der fünf regulären Körper richten“.² Wenn Kepler also hier zu zeigen versuchte, daß die Abstandsgesetze der einzelnen Teile der *machina mundana* stereometrische Beziehungen darstellen, und damit die Mechanik der Weltmaschine auf die Stereometrie zurückführte, hatte er nur einer alten wissenschaftstheoretischen Forderung

genügt, welche im aristotelischen „Organon“ für das Verhältnis von Mechanik und Stereometrie ausgesprochen ist. Denn die mechanischen Bewegungen müssen sich nach Aristoteles überall, wo sie sich vorfinden, entweder auf geometrische oder stereometrische Verhältnisse zurückführen lassen.³

Ein ähnlicher Versuch, wie der von Kepler, war erstmalig im platonischen „Timaeus“ unternommen worden, wo sich auch jener Ausdruck ἡ τοῦ κόσμου σύστασις findet, den Chalcidius mit *ista machina visibilis* übersetzt bzw. mit *machina rerum* kommentiert hat.⁴ Plato hatte bekanntlich eine Weltseele angenommen, durch welche die Planetenbewegungen gelenkt wurden, und diese Weltseele hatte mathematischen, genauer zahlenharmonikalischen Charakter. Das war wohl auch der Grund, weshalb Kepler zunächst die Kraft, mit welcher die Sonne die Planeten bewegt, nach dem Vorgange von Robert Grosseteste mit *anima motrix* bezeichnete. Aber schon in der zweiten Auflage seines „Mysterium cosmographicum“ wollte er den Ausdruck *anima* durch *vis* ersetzt haben,⁵ eine Abänderung, die — will man Kepler nicht zu einem Nominalisten machen — einen Wandel in seiner Vorstellung über das Wesen dieser bewegenden Kraft anzuzeigen scheint. Max Caspar meint, daß es die Lektüre von Gilberts „De magnete“ gewesen sei, die Kepler zu dieser neuen Vorstellung geführt habe. In der Tat hat Kepler zwischen der ersten und der zweiten Auflage dieses Werk, das 1600 erschienen ist, kennengelernt. Es ist aber zu bedenken, daß Gilberts *vis movendi* des Magneten von ihm selbst nicht effluvienartig, sondern seelenartig aufgefaßt wurde, denn die Wirkung geht für ihn *ab anima*, nicht *a materia*. Nur die *vis electrica* ist effluvienartig.⁶

Wenn Kepler also die Anziehung zwischen den Himmelskörpern auf magnetische Kräfte zurückführt, so kann er die Natur dieser Magnetfelder schwerlich im Sinne Gilberts aufgefaßt haben, wenn er einen wirklichen Unterschied zwischen einer *vis motrix* und einer *anima motrix* machen wollte. Viel wahrscheinlicher ist vielmehr, daß er den Ausdruck *vis motrix* oder *vis movendi* im Sinne seines Jahrhunderts⁷ als *vis impressa* aufgefaßt hat, d. h. als eine Kraft, welche den Himmelskörpern ursprünglich von Gott mitgeteilt wurde und die sie seither bewegt. Diese Idee der *vis impressa* war zur Keplerzeit noch eng mit derjenigen des *impetus* verbunden und stellte eine Weiterentwicklung dessen dar, was noch bei Aristoteles die *ropé* der Sphärenbewegung hieß.⁸

Außerdem ist zu bedenken, daß Kepler später den Versuch unternahm, die Kraft, mit der die Planeten von der Sonne bewegt wurden, durch das Modell der Waage zu beschreiben. Bei diesem Instrument spielte aber für das Verständnis des 16. Jahrhunderts ebenfalls die *ropé* eine Rolle. Nur wer diesen Sachverhalt berücksichtigt, kann verstehen, wie es für ihn überhaupt möglich war, das mechanische Modell einer Waage auf astrophysikalische Fragestellungen anzuwenden; denn die *ropé* spielte seit jeher nicht nur in der Mechanik, hier vor allem in der Lehre vom Wurf, eine Rolle, sondern wurde eben auch zum Verständnis der Sphärenbewegungen herangezogen. Darüber hinaus hatte man später zur Erklärung einer freien Wurfbewegung — warum nämlich ein einmal angestoßener Körper sich weiter bewegen könne — die Impetus-Theorie entwickelt. Die Lehre über den Wurf gehörte aber nicht in die Physik, sondern in die Mechanik, da die Wurfbewegung nicht als ein

motus naturalis, sondern als ein *motus violentus* galt, dessen Ursache ισχύς hieß. Die Ursache des *motus naturalis* dagegen war die *ροπέ*. Der junge Kepler benutzte in seinem „Somnium de astronomia lunari“⁹ sowohl den Begriff des *impetus* wie den der *ροπέ*, wobei er freilich den *impetus* mit *nutus* bezeichnete, einem Ausdruck, der eigentlich nur die lateinische Übersetzung von *ροπέ* darstellte.¹⁰

Diese für die antike und mittelalterliche Physik fundamentalen Vorstellungen sind längst aus unserem physikalischen Denkhorizont verschwunden bzw. in Begriffen der klassischen Physik aufgegangen. Offenbar ist darin der Grund für eine gewisse Unsicherheit zu suchen, mit der die modernen Interpreten des „Somnium“ von Kepler diesen Begriffen und damit dem ersten Teil dieser Schrift gegenüberstehen. Denn hier spielt die Theorie des Wurfes eine Rolle, sofern die Dämonen den Bewegter und der Mondfahrer den geworfenen Körper darstellen, an dem sich das alte Spiel von *nutus (impetus)* und *ροπέ* in neuem Gewande wiederholt. Manchen, wie Günther,¹¹ gelang nicht einmal eine richtige Übersetzung der entscheidenden Stellen andere, wie Rosen,¹² treffen war inhaltlich das Richtige, legen aber keine Rechenschaft über die Wahl der Ausdrücke ab, mit welchen sie *nutus* bzw. *ροπέ* wiedergegeben. Wieder andere, wie Gerlach und List,⁹ verzichteten darum überhaupt auf eine bestimmte Übersetzung und begnügen sich mit einer Paraphrasierung des lateinischen Textes, die den wesentlichen Gedankengang skizziert. Um nun die Bedeutung, die die beiden Ausdrücke *ροπέ* und *nutus* für Kepler hatten, festzustellen, empfiehlt es sich zwei Wege zu beschreiten: Als erstes soll der ideengeschichtliche Hintergrund beleuchtet werden, auf welchem der Bedeutungsinhalt, der diesen Begriffen aufgrund ihrer Entwicklung zukommt, verständlicher wird. Sodann wollen wir die einschlägige zeitgenössische Literatur heranziehen, aus der der Bedeutungsumfang, den die Begriffe zur Keplerzeit gehabt haben, hervorgeht.

2. Bedeutungsgeschichte von *ροπέ* und *nutus* vor Kepler

Die ideengeschichtliche Analyse des Begriffes zeigt zunächst, daß er im Bewußtsein der Antike das Gegenteil von dem bedeutet, was damals ισχύς hieß. Beide brachten räumliche Bewegung hervor: die *ροπέ* eine $\text{κίνησις κατὰ φύσιν}$, einen *motus naturalis*, dagegen die ισχύς eine Bewegung παρὰ φύσιν , einen *motus violentus*. Der Unterschied von *ροπέ* und ισχύς konstituierte also gleichzeitig denjenigen von κατὰ φύσιν und παρὰ φύσιν , von *motus naturalis* und *motus violentus*. Der Fall, in welchem beide Arten von Bewegungen zeitweise miteinander in einer einzigen Bewegung vereint sind, war eben derjenige der freien Wurfbewegung. Denn einerseits bewegt sich ein geworfener Stein oder abgeschossener Pfeil nicht von sich aus, also κατὰ φύσιν , sondern wird gewaltsam, also παρὰ φύσιν , durch einen Bewegter fortgeschleudert, der nicht mit ihm in Berührung bleibt. Andererseits macht sich von einem bestimmten Punkt der Wurfbahn an, wenn diese nämlich ihren höchsten Punkt, ihre ἀκμή erreicht hat, die *ροπέ* immer mehr bemerkbar, welche ihn dann zur Erde, als seinem natürlichen Ort zieht. Das Hauptproblem war jedoch weniger dieses Ineinander-Vermischtsein einer natürlichen mit einer

gewaltsamen Bewegung, sondern die Frage, wieso der bewegte Körper während dieser zunächst rein gewaltsamen, gegen seine natürliche *ropé* gerichteten Bewegung von der *ισχύς*, welche ihm der Werfer mitgeteilt hatte, offenbar begleitet wird, ohne doch in ihm selbst ihren Sitz zu haben..

Aristoteles behauptete nun, daß die Luft als das bei den meisten Wurfbewegungen benötigte Medium den geworfenen Körper mit sich reiße bzw. vor sich her stoße.¹³ Jedoch schon Johannes Philoponos hatte auf die mit dieser Erklärung verbundenen Schwierigkeiten hingewiesen,¹⁴ insbesondere darauf, daß die Luft eher hemmend als fördernd auf die Bewegung einwirke; zur Erklärung dieses Problems entwickelte er die später sogenannte Impetus-Theorie, indem er die Kraft, die den abgeworfenen Körper auf seiner Wurfbahn fortbewegt, als einen von ihm angenommenen und ihm zu eigen gewordenen Bewegungsschwund, ein *θύναμις κινητικῆ ἐνδιδομένη* oder, wie man später sagte, einen *impetus impressus* bzw. *acquisitus* ansah. Als Voraussetzung galt freilich, daß die Kraftübertragung dann kein körperlicher Vorgang, also keine körperliche Berührung mehr sein konnte. Die Folge war, daß ein Körper sich im Leeren schneller fortbewegen mußte, als in der Luft, da diese seinen ihm mitgeteilten *impetus* auf die Dauer nur zum Erliegen bringt.

Von Alpetragius zur Erklärung der Bewegungsübertragung zwischen den Sphären auf die Astronomie angewandt, wurde diese Impetus-Theorie im 13. und 14. Jahrhundert von Petrus Johannes Olivi und Wilhelm von Ockham erneuert und von Albert von Sachsen und Buridan so ausgebaut, daß sie seitdem überhaupt zur Erklärung der Himmelsbewegungen dienen konnte. Buridan selbst zog den Schluß: Wenn diese Theorie richtig sei, dann müsse man immerhin nicht mehr annehmen, daß die Himmels sphären durch besondere Intelligenzen bewegt würden, — eine Ansicht, für die man ja auch nirgendwo in der Hl. Schrift einen Anhaltspunkt habe. Die Impetus-Theorie hatte man also zunächst nur zur Erklärung der Aporien, die sich bei der freien Wurfbewegung ergaben, entwickelt. Dabei war die Unterscheidung von *παρὰ φύσιν* und *κατὰ φύσιν* bzw. *ισχύς* und *ῥοπὴ* immer noch vorausgesetzt; denn wenn auch die *ισχύς* bzw. der *impetus* im ersten Teil der Wurfbewegung die *ropé* überwog, so erwies diese sich doch von der *ropé* an als zunehmend stärker und blieb schließlich die überlegenere Kraft. Während diese Verhältnisse natürlich nur im sublunaren Bereich eine Rolle spielten, wenn eben ein Körper durch einen *impetus violentus* entgegen seiner *ropé* zum natürlichen Ort hin fortbewegt werden soll, so ließ sich diese Unterscheidung zwischen *impetus violentus* und *ropé* nicht mehr aufrecht erhalten, als man begann, die Impetus-Lehre auf die Bewegungen der Himmelskörper zu übertragen. Schon bei einem Wurf von oben nach unten wirkte ja der *impetus* nicht mehr der *ropé* entgegen, sondern geradezu mit ihr: er beschleunigte ihre Wirkung.

In gleichem Sinne dachte sich nun Buridan auch den Antrieb der Gestirns sphären, deren ununterbrochene Kreisbewegung Aristoteles auf die *ropé* des fünften Elementes (später Äther genannt) zurückführte. Während die (bei Aristoteles natürlich als seit Ewigkeit her wirksame) *ropé* der Kreissphäre, als des natürlichen Ortes der Gestirne, diese in ihrer Bewegung erhält, benutzte Buridan die Vorstellung eines *impetus naturalis* (der einen durch ihn geprägten Körper ja nicht von seinem natür-

lichen Ort abtrennt), um die vom christlichen Glauben her geforderte zeitliche Geschaffenheit der Gestirnsbewegung zu erklären.¹⁵ Der Begriff des *impetus naturalis* hatte also mit jenem ursprünglichen *impetus violentus* nur mehr gemeinsam, daß beide von außen (*ab extrinseco*) und nicht von innen her (*ab intrinseco*) den Körper bewegen: dies konnte nur die *ropé* leisten.

Während also die *ropé* bei Aristoteles bereits diejenige Kraft war, die die Elemente bzw. die Körper, die aus ihnen zusammengesetzt sind, in räumlicher, kreisförmiger oder geradliniger Bewegung auf ihren natürlichen Ort als ihr Ziel hin dirigierte und die somit wesentlich teleologisch aufgefaßt wird, indem sie ein Verhältnis (λόγος) zwischen dem bewegten Körper und dem Bewegungsziel stiftet¹⁶, hatte sie noch bei Plato bloß den Charakter einer undifferenzierten Anstoßursächlichkeit.¹⁷ Bei den Neoplatonikern bedeutet *ropé* zwar auch eine gerichtete Kraft, jedoch nicht zwischen dem Element und seinem natürlichen Ort, sondern zwischen dem Gleichartigen. Die *ropé* war also hier eine Art Affinitätsprinzip. Derjenige, durch den diese beiden Auffassungen über die *ropé* zu einer einzigen verschmolzen wurde, war der Aristoteles-Kommentator Simplikios, bei dem die *ropé* auch zum erstenmal der Massenträgheit des zu bewegendem Körper entgegen gesetzt erscheint.

Die Gelegenheit, den Begriff der *ropé* in dieser Weise zu entwickeln, findet Simplikios bei der Kommentierung der wichtigen, aber wenig bekannten Stelle der aristotelischen Physik, in welcher die Existenz des *Vacuum* mit dem Argument bestritten wird, daß in einem solchen keine Differenzierung der Geschwindigkeit von zwei bewegten Körpern möglich sei. Simplikios bringt hierbei eine Unterscheidung an. Sofern Aristoteles die Geschwindigkeit nur in bezug auf das *Vacuum* betrachte, sagt Simplikios, habe er recht. Soweit sie aber auch vom Körper bzw. seiner *ropé* her abhängt, weist er dessen Behauptung zurück. Der genaue Text lautet: „Zugegeben, soweit es auf das Leere ankommt, sind die sich Bewegenden gleich schnell. Die Differenz ist abhängig von den im *Vacuum* befindlichen Körpern, indem sie einen schnelleren oder einen langsameren Stoß bekommen und notwendigerweise sich auch entsprechend schneller oder langsamer bewegen müssen. Wenn nun der eine massiv (παχύ) und dicht (δυσδιαίρετον) sowie träge (δυσεξώθητον) ist und der andere die entgegengesetzten Eigenschaften hat, dann wird die Bewegung von verschiedener Geschwindigkeit (ἀνισοταχύς) sein, obwohl sie im *Vacuum* vor sich geht. Der Unterschied hängt also, wie übrigens auch Aristoteles selber sagt, von den sich bewegenden (Körpern) ab, indem das eine mehr *ropé* als das andere hat und auf diese Weise weder eine instantane Bewegung entstehen muß, noch das einen λόγος zum πλήρες hat.“

Faßt man also die Lehre von der *ropé* bei Simplikios, soweit sie an dieser Stelle entwickelt wird, zusammen, so ergibt sich folgendes: die *ropé* ist abhängig vom Stoß und der Tauglichkeit der Körper, in Bewegung gesetzt zu werden. Diese Tauglichkeit der Körper, an anderer Stelle ἐπιτηδεύτης, d. h. virtus genannt, ist ihrerseits das Resultat aus ihrer Dichte, ihrer Massivität und der *inertia*, dem δυσεξώθητον, die alle drei untereinander in engem Zusammenhang stehen. Εξωθητόν ist das möglich Stoßbare, d. h. das dem Stoß als *agens* korrespondie-

rende *patiens* im angestoßenem Körper. Das $\delta\upsilon\varsigma$ bzw. $\epsilon\tilde{\nu}$ haftet dieser passiven Potenz am Körper als sekundäre Qualität an (wie etwa nach der antiken Vorstellung die Beschleunigung der Bewegung und hängt ab von der Beschaffenheit des Körpers. Die *ropé* ist also eine gerichtete Kraft, von der u. a. auch die Schnelligkeit der Bewegung abhängt.¹⁸ Diese Schnelligkeit erfährt übrigens um so mehr an Zuwachs, je näher ein Element seinem natürlichen Ort, also z. B. ein Körper beim freien Fall der Erde kommt.¹⁹

3. Abgrenzung der Begriffe *nutus* und *ropé* im 16. Jahrhundert

Diese Ausführungen bei Simplicios sind deshalb für das Verständnis von der *ropé*, wie es das 16. Jahrhundert hatte, von großer Bedeutung, weil Simplicios bekanntlich bereits im Mittelalter als Aristoteles-Kommentator nicht nur übersetzt wurde, sondern auch eine verhältnismäßig große Rolle spielte. Kepler selbst zitiert ihn verschiedentlich²⁰ und es ist sicher, daß er ihn nicht, wie das im 16. Jahrhundert meistens üblich war, aus zweiter Hand kennenlernte²¹, sondern direkt gelesen hat. Das gilt besonders für den Kommentar des Simplicios zu Aristoteles „De coelo“. Dieser Kommentar ist auch für die Vorstellung dessen, was *ropé* aus der Tradition her für das 16. Jahrhundert besagte, nicht unwesentlich. Schon zum ersten Buch, das Kepler ja bereits in seinem „Mysterium cosmographicum“ erwähnt,²² finden sich auch für unseren Zusammenhang interessante Ausführungen²³. Plato, so meint Simplicios, habe es sich zum Ziele gesetzt, die Natur des Schweren und Leichten zu konstruieren. Das Ziel der Ausführungen des Aristoteles dagegen sei nicht dieses, sondern er möchte nur sagen, daß alle sublunaren Elemente entweder zum Ziele hin oder sich von ihm wegbewegen, während der Himmel sowohl als Ganzes wie in seinen Teilen keine *ropé* in sich habe. Für Aristoteles sei das Zentrum nicht nur das Unten und die Peripherie das Oben, sondern was nach unten tendiere, gelte als das Schwere, und was nach oben ziele, als das Leichte. Daher nenne Aristoteles dies „*ropé* nach dem Zentrum“ und „aus dem Zentrum“, und definiere es nach alter Gewohnheit an Schwere und Leichtigkeit. Daß aber auch Plato von einer solchen *ropé* gewußt habe, so heißt es bei Simplicios weiter, zeige sein Zitat: „Der Weg nach dem Verwandten macht das Ding schwerer und der Ort, wohin das Ding sich bewegt, ist das Unten“. Daß Aristoteles die Namen „schwer“ und „leicht“ in der Tat nur aus der gewöhnlichen Sprache genommen habe, zeige, daß er eben sagt, es *sei* schwer. Im vierten Buch gebe Aristoteles übrigens eine andere Definition des Schweren und des Leichten²⁴, aber auch in diesem Falle sähen wir, daß er von Plato nicht allzu sehr abweiche, indem er das Schwere und Leichte nicht nach oben und unten, sondern nach dem Zentrum strebend bzw. von ihm weg strebend definiere.

Die Ausführungen, welche Simplicios dann weiter macht, erklären aber noch mehr als nur das, was Kepler von der Tradition her unter *ropé* verstanden hat und wie er zu seinen Spekulationen im „Somnium“ gekommen ist, bzw. was an wissenschaftlicher Problematik, die sich bereits bei den Alten findet, in diesem Werk von

Bedeutung ist. Simplikios setzt sich nämlich im ersten Buch mit der Lehre des Philoponos über das fünfte Element auseinander. Dabei erfahren wir, daß Philoponos, den Simplikios ausführlich zitiert, behauptete, wenn die irdischen Körper alle eine *ropé* nach unten hätten, dann hätte die Mondsphäre, welche diejenige der Venus als ihren Ort habe, eine *ropé* nach oben. Die Mondsphäre sei somit, wie im übrigen alle Planetensphären, die sich ja alle gegenseitig umfassen, von absoluter Leichtigkeit. Im übrigen interpretiert Philoponos seinerseits die Schrift von Plutarch „De facie in orbe lunae“. ²⁵ Bei diesen Spekulationen spielt die Frage nach der Materie des Himmels und in Sonderheit derjenigen des Mondes eine nicht unwichtige Rolle.

Es ist darum kaum verwunderlich, daß der junge Kepler auch diese Schrift studiert und sogar übersetzt hat,⁹ und man geht kaum fehl, wenn man annimmt, daß er nicht nur die Problematik, sondern auch die Motive, z. B. die Vorstellung von Dämonen, welche Menschen zum Monde tragen, dieser Schrift entlehnt hat. Im übrigen ergaben sich durch die in der Antike bereits aufgeworfenen Probleme für Kepler schon während seines Studiums in Tübingen, als er durch seinen Lehrer Mästlin das in den Lehrbüchern dieser Zeit durchweg mitbehandelte *Systema copernicanum* kennenlernte,²⁵ Fragen, über die er sich viele Gedanken machte ²⁶ und zu denen auch das Wesen der *gravitas corporum* und jener Kraft gehörte, durch welche die Planeten bewegt werden und welche er in den Anmerkungen zu dieser Schrift als magnetische Kraft bezeichnete.²⁷ In alle diese Überlegungen spielte auch immer wieder die Idee der *ropé* und des *nutus* als *impetus* herein. Gerade die Tatsache aber, daß Kepler die beiden Ausdrücke *ropé* und *nutus*, die noch in der Antike bedeutungsidentisch waren, in verschiedenem, geradezu entgegengesetztem Sinn verwendet — eine Tatsache, die den modernen Leser wohl am meisten verwirrt — macht es notwendig, außer einer bedeutungsinhaltlichen Analyse mittels der Geschichte des *Ropé*-Begriffes auch eine solche des Bedeutungsumfanges beider Begriffe und ihrer Abgrenzung anhand der zeitgenössischen wissenschaftlichen Literatur vorzunehmen.

Eine der wichtigsten Grundschriften der Mechanikliteratur des 16. und 17. Jahrhunderts war neben Archimedes' „De aequiponderantibus“ die peripatetische Schrift *Μηχανικά*, welche bereits seit Anfang des 16. Jahrhunderts in lateinischer Übersetzung als „Quaestiones mechanicae“ vorlag und von der bis zur Mitte des 17. Jahrhunderts fast alle zehn Jahre zwei Ausgaben, seien es neue Übersetzungen, Kommentare oder Paragraphen erschienen.²⁸ Der Verfasser dieser Schrift, den die Keplerzeit in Aristoteles sah, versuchte alle mechanischen Bewegungen auf den Hebel zurückzuführen, dessen Gesetze aus der Kreisbewegung erklärt wurden.²⁹ Wer aber die Welt als *machina mundana* auffaßte, für den lag der Gedanke, einzelne astronomische Erscheinungen, ja sogar den ganzen Kosmos durch mechanische Modelle zu beschreiben, nahe,³⁰ besonders, wenn diese sich auf die Kreisbewegung zurückführen ließen und die Planetenbewegungen bereits seit Buridan mit der Impetus-Theorie und dadurch mit der Theorie der Wurfbegegnung verknüpft waren, die ebenfalls in der genannten Schrift in mehreren „Quaestiones“ behandelt wird. In diesem Zusammenhang — aber auch schon bei anderen astronomisch relevanten

Problemstellungen der Schrift, wie bei der Analyse der Kreisbewegung — trat bei den Kommentatoren der Begriff des *nutus* auf, der mehrfach als *ropé* in den *Μηχανικά* eine Rolle spielt;³¹ spätestens aber seit Leonardo da Vinci war er mit *impetus* bedeutungsidentisch.³²

Einer der berühmtesten Kommentare der „*Quaestiones mechanicae*“ ist derjenige des Ramus-Schülers Monantheuil.³³ Er erschien 1599 in erster und 1600 in zweiter Auflage zu Paris. Er stellt eine zweisprachige griechisch-lateinische Ausgabe des Textes dar, der nach Art der Zeit unterbrochen, teilweise sehr ausführlich kommentiert und mit dem neuesten Wissen der Zeit konfrontiert ist. Als Beispiel diene nur die Tatsache, daß Monantheuil sich anhand eines in der Schrift entwickelten Gedankenganges über die statischen Verhältnisse an Rollen, d. h. an Kreisbewegungen mit der These von Kopernikus über die Bewegung der Erde auseinandersetzt. Wenig später, noch im gleichen Kommentarstück, gibt Monantholius auch eine Definition von *ropé* und *nutus*, da diese Begriffe im Text selbst bzw. in seiner Übersetzung auftreten und somit für den Kommentar wichtig werden. Nachdem er zu Mech. 852 a26f gesagt hatte: „*nutus seu perpetua propensio confirmatur esse semper in circulo*“, heißt es zu Mech. 852 a37—41: „*ropé, nutus vis est cuiusque impressa a Deo ea natura, qua in loco suo naturali quiescit, et volenti ab eo dispellere, resistit unde ἀντιπερίστασις renixus. Extra locum vero ad eum per brevissimam viam movetur. . . Nutus autem naturalis est: vel non naturalis: vel mixtus. Naturalis est is, quo res quaelibet natura sua movetur: aut moventi resistit habita ratione loci sui naturalis, et situs suarum partium. Non naturalis est is, quo nec ratione loci naturalis, nec situs partium movetur, ut fortuitus vel voluntarius. Ille ut ventorum, hic ut animalium. Mixtus particeps est utriusque. Nutus voluntarii mille sunt modi non aliter, quam voluntaris decreto determinabiles. At naturalis unius tantum est a loco non naturali ad naturalem*“.³⁴

Die *ropé* von Monantholius selbst an denjenigen Stellen, an denen sie soviel wie Hang bedeutet, in seiner lateinischen Übersetzung des griechischen Originaltextes mit *nutus* wiedergegeben, wird also nicht nur als eine *perpetua propensio*, ein ewiger Hang, bezeichnet, der der Kreisbewegung als solcher innewohnt — und auf die Kreisbewegung führt ja der Verfasser der „*Quaestiones mechanicae*“ alle mechanischen Bewegungen zurück —, sondern sie ist eine *vis impressa*, und zwar von Gott bzw. der Natur der kreisförmigen, wie der gradlinigen Bewegung als den beiden einfachen Bewegungen eingepflanzt. Durch die *ropé* beharrt der Körper an seinem natürlichen Ort und widerstrebt allem, was ihn daraus entfernen will; daher wird sie auch „*ἀντιπερίστασις renixus*“ genannt.³⁵ Sie ist darum auch das physische Prinzip, um dessentwillen ein Körper auf dem kürzesten Wege zu seinem natürlichen Ort hinstrebt. Monantholius unterscheidet dann einen *nutus naturalis*, *non naturalis* und *mixtus*. *Naturalis* heißt eben jener *nutus*, kraft dessen jedes Ding sich entsprechend seiner Natur bewegt bzw. einem *movens* Widerstand leistet, wenn es sich in seinem natürlichen Ort befindet bzw. wegen der Lage seiner Teile. Mit *non naturalis* bezeichnet er diejenigen *nutus*, durch welche ein Körper weder wegen des natürlichen Ortes noch wegen der Lage seiner Teile bewegt wird. Diese letzteren sind entweder zufälliger Art, wie die *nutus*, die von den Winden ausgehen,

oder willentlicher Art, wie diejenigen, die Lebewesen d. h. Tiere und Menschen ausüben können. Während es von den letzteren beliebig viele mögliche Weisen geben kann, in denen sie wirken, gibt es vom *nutus naturalis* nur eine einzige, eben die *ropé* eines Körpers, die ihm vom nicht natürlichen zum natürlichen Ort hin bewegt.

Monantholius gibt uns hier also ausführlich wieder, was sich das ganze 16. und noch das beginnende 17. Jahrhundert unter *ropé* bzw. *nutus* vorgestellt haben und was, wie aus dem Vorhergehenden erhellt, auch unmittelbar an die antike und mittelalterliche Tradition anschließt. So hatte bereits der erste Übersetzer und Kommentator der Schrift *Μηχανικά*, Nikolaus Leonicus, der zur Zeit als Kopernikus in Padua studierte dort als berühmter Humanist wirkte, die spätantike Impetus-Theorie im Zusammenhang mit dem Begriff *ropé* erwähnt, wobei er freilich, seiner Übersetzung von *ropé* durch *nutus* getreu, in seinem kurzen Kommentar diesen Begriff noch nicht auf denjenigen des *impetus* durch eine Unterscheidung von *naturalis et non naturalis* ausdehnt, wie dies am Ende des Jahrhunderts bei Monantholius geschieht, dem Kepler, die wir im folgenden nun sehen werden, folgt.

4. Nutus und ropé in Keplers „Somnium“

Kepler läßt in seinem „Somnium“ bekanntlich menschliche Raumfahrer durch Dämonen, d. h. quasi-substantielle untermenschliche Wesenheiten mit übermenschlichen Kräften, deren Medium die Finsternisse sind, in denen sie sich aufhalten und durch die sie sich bewegen können, während einer Mondfinsternis der Erdschwere entgegen zum Monde hin tragen. Dazu schreibt er: „Prima quaeque molitio durissima ipsi accidit. Nec enim aliter torquetur ac si pulvere Bombardico excussus, montes et maria tranaret“.³⁶ Die Dämonen setzen also den Mondfahrer durch einen mächtigen Stoß gewaltsam in Bewegung, so daß er geradezu wie durch Pulverkraft über Berge und Meere dahinstiebt. Dann heißt es weiter: „Tunc libero aeri exponimus corpora manusque subtrahimus. Atque illa in sese conglobantur ut aranei“.³⁷ Hierzu macht Kepler die Anmerkung: *Suspensis virtutibus magneticis terrae et lunae contraria tractione; perinde est ac si nullum corpus quoquam prolectaret. Tunc igitur corpus ipsum ut totum, trahit sua membra, ut partes minores toto*“.³⁸ Kepler stellt sich also vor, daß der menschliche Organismus von außermenschlichen Kräften, die er durch „Daemones“ vertreten sein läßt, befördert wird. Entgegen der Anziehung der Erde, der *gravitas terrae* (die erst durch die *ropé* des Körpers entsteht, wenn nämlich dieser von seinem natürlichen Ort, der Erde, wegbewegt wird) gelangt er zunächst in eine kräftefreie Zone zwischen den *orbes virtutis magneticae* von Erde und Mond. Was geschieht dann mit dem Körper selbst? Er zieht sich, so meint Kepler, in jener Zone, in welcher sich die *virtutes magneticae* von Erde und Mond durch einen entgegengesetzten Zug aufheben, wie ein Spinnwebgewebe zusammen, d. h. (so kommentiert er) der Leib (*corpus*) als das Ganze zieht die Glieder als dasjenige, welches weniger als das Ganze ist, auf sich zu.³⁹ Hierbei

ist zu bemerken, daß Kepler das Verhalten einer Masse gegenüber ihr zugeordneten relativ kleineren Massen in einer kräftefreien Zone physikalisch bereits richtig beschrieben hat, wenn man von bestimmten Bedingungen hinsichtlich des Größenverhältnisses der Hauptmasse zu den Nebenmassen absieht. Es heißt dann weiter: „*quae nos solo fere nutu transportamus, adeo ut denique moles corporea sponte sua vergat in locum propositum*“,⁴⁰ Hier tritt also zum ersten Mal der Ausdruck *nutus* auf, und zwar ganz offenbar in dem Sinne, daß die Dämonen (*nos*) die Körper der Mondfahrer (*quae*), von denen vorher gesagt war, daß sie sich in der kräftefreien Zone wie Spinnewebe zusammenziehen, fast nur durch einen *nutus* transportieren, d. h. aus dieser kräftefreien Zone herausbewegen.

Kepler bezeichnet hier mit *nutus* jenen *impetus*, den die Dämonen zu Anfang den Mondfahrern mitteilen mußten, um die *ropé* zu überwinden, die sich am stärksten in Erdnähe bemerkbar macht, später dagegen sich immer mehr abschwächt. Dieser *Impetus* wirkt zwar immer noch fort, wenn auch inzwischen in sehr abgeschwächter Form. Seine *vis* reicht aber nicht mehr aus, um den Körper aus jener kräftefreien Zone zwischen Erde und Mond in den *orbis virtutis magneticae* des Mondes herauszubringen, sondern es bedarf eines neuen Kraftaufwandes der Dämonen, da sich in dieser Zone die Trägheit der Körpermasse der Mondfahrer bemerkbar macht. Deshalb kommentiert Kepler das „*sole fere nutu*“: „*Non plane nutu. Opus est viribus etiamnum. Nam omne corpus ratione materiae suae obtinet inertiam quandam ad motum, quae corpori quietem praestat in omni loco, in quo id collocatur extra virtutes tractorias. Hanc vim, seu inertiam potius, necesse est vincat is, quid id corpus loco suo est emoturus*“.⁴¹

Neben dem *nutus*, mit dem, wie gesagt, hier der dem Körper zu Anfang mitgeteilte und immer noch fortwirkende *impetus* bezeichnet wird, durch welchen er entgegen seiner durch die *ropé* entstehenden *gravitas* in die Höhe gehoben wurde, sind also immer noch zusätzliche Stoßkräfte notwendig, damit der Körper, der sich jetzt außerhalb der Zugkräfte der *orbis virtutis* von Erde und Mond und damit sich in Ruhe befindet, aus diesem Zustand, in welchem ihn seine eigene *inertia* festhält, wieder in Bewegung gerät. Diese *inertia quaedam ad motum* kommt dem Körper *ex ratione materiae* zu.⁴² Sie ist das Prinzip der *quies*, in welcher er verharrt, wenn er sich außerhalb von Zugkräften befindet. Diese *inertia* als Ruheträgheit müssen die Dämonen durch einen neuen *impetus* überwinden, was ausdrücklich auch im weiteren Text gesagt wird. Dann jedoch ist der Körper von sich aus in der Lage, sich auf eigenen Antrieb hin (*sponte sua*) auf seinen Zielort hinzubewegen. „*Sed parum nobis est utilis haec ropé, quia nimis trada*.“ Der eigene Antrieb, durch welchen sich die *moles corporea* auf das vorgestreckte Ziel, den Mond, hin bewegt, ist also ihre *ropé*. Hier gebraucht Kepler, offenbar bewußt, das griechische Wort *ropé* für *nutus*,⁴³ um dem Leser deutlich zu machen, daß er nun nicht mehr von einem *impetus* sprechen will, d. h. einer Kraft, die dem Körper nicht von außen mitgeteilt wird, sondern einer solchen, die ihm seiner Natur nach innewohnt.

Durch seine *ropé* hat der Organismus die Neigung, von sich aus auf den Mond zu fallen, wie sie — was Kepler als selbstverständlich voraussetzt — auch diejenige Kraft war, welche die Dämonen durch jenen ersten *impetus* bzw. *nutus* überwinden

mußten, um den Mondfahrer in die Höhe zu bringen. Kepler bemerkt hierzu, daß diese *ropé* den Dämonen freilich wenig nütze, da sie erst in der Nähe des Mondes merklich wirksam würde. Daraus geht hervor, daß Kepler die *ropé* immer noch als eine gerichtete Kraft auffaßt, welche beim freien Fall umgekehrt proportional der Entfernung zwischen fallendem Körper und Erde bzw. hier Mond wirkt und damit über die Vorstellung der Antike in diesem Punkt noch nicht hinausgeht. „Initio quidem parum; at proxime lunam valde multum, ut statim sequitur“, so kommentiert er diesen Gedanken. Im Text heißt es dann weiter: „itaque nutu ut dixi accel eramus; et praecedimus iam corpus, ne durissimo impactu in lunam, damni quid patiatur“. ⁴⁴ Wieder müssen die Dämonen dem Körper einen *Impetus* erteilen, nicht nur, um ihn aus seiner Ruhelage in der kräftefreien Zone gegen seine Trägheit herauszubringen, sondern um die zu Anfang noch sehr schwache *ropé*, die ihn zu seinem Ziel aus eigenem Antrieb hinbringt, zu unterstützen. Später müssen sie sogar von einem gewissen Punkte ab die sich steigernde Wirkung der *ropé* des Körpers zum Monde hin abbremsen; diesmal zwar durch Kräfte, die ihr entgegengesetzt wirken, sonst würde der Organismus, durch die eigene *ropé* beschleunigt, auf dem Mond hart aufschlagen und zerschellen. Dazu heißt es im Kommentar: „item parum utilis, plane nihil annitentibus: nitentes vero corpus tollere etiam tum iuvat, cum adhuc terra praepollet“. ⁴⁵ Die *ropé* ist also das bewegende Prinzip der *moles corporea*, wenn diese in den Einfluß des *orbis virtutis magneticae lunae* gerät, weil dann die lunare Anziehungskraft wegen des geringeren Abstandes der *moles corporea* zum Mond größer ist als zur Erde. „Quando scilicet ob propinquitatem, praepollet orbis virtutis magneticae lunae“. ⁴⁶ Den Dämonen nützt diese *ropé* deshalb wenig, da sie zunächst allzu langsam wirkt; daher müssen sie den Körper durch ihren *nutus*, d. h. *impetus* beschleunigen, den sie ihm erneut mitteilen. Außerdem eilen sie dem Mondfahrer voran, damit er nicht durch einen sehr harten Aufschlag auf dem Mond Schaden leidet, denn die *ropé* wächst, wie gesagt, mit der Nähe zum Mondmittelpunkt, wirkt also umgekehrt proportional der Entfernung. Die Dämonen müssen somit die aus der *ropé* sich ergebende Beschleunigung des Mondfahrers vermindern, was ihnen je näher dieser dem Monde kommt, um so größere Mühe macht, ähnlich wie vorher, wo sie ihn, entgegen seiner *ropé* zur Erde, von dieser weg durch ihren *nutus* in Bewegung setzen mußten, was umgekehrt mit größerem Abstand von der Erde immer leichter wurde.

5. Verhältnis von *ropé* und *nutus* bei Kepler zu *gravitas* und *impetus*

Soweit die Interpretation des Textes und der späteren Erläuterungen, die Kepler zu seinem „Somnium“ gemacht hat. Sieht man sich nun die bisher vorliegenden Übersetzungen und modernen Erklärungen des hier in unserem Zusammenhang wichtigen Textabschnittes an, so zeigt sich, daß diese beiden Begriffe *ropé* und *nutus* eine Art Schlüssel zu seinem richtigen Verständnis darstellen. So übersetzt Ludwig Günther den Ausdruck „*quae nos solo fere nutu transportamus*“: „und schaffen sich durch ihre eigene Kraft vorwärts“, was natürlich sowohl in bezug auf Subjekt und

Objekt wie auch auf die Ursache der Bewegung völlig falsch ist. Glücklicher trifft Rosen in seiner englischen Übersetzung den Sinn, wenn er den gleichen Gedanken mit „we carry along almost entirely by our will alone“ wiedergibt, obwohl es u. E. wohl notwendig gewesen wäre, die Berechtigung, hier „*nutus*“ mit „*will*“ zu übersetzen, nachzuweisen.⁴⁷ Dies läßt sich freilich — wenn auch nicht ganz streng — durchführen, wie der obenangeführte Text von Monantholius beweist. Andererseits scheint der Ausdruck „*will*“ für „*nutus*“ nicht unangemessen, wenn es sich um Dämonen handelt, da diese ja von der Antike bis zum Mittelalter als Superanimalia aufgefaßt wurden,⁴⁸ sofern es sich bei ihnen um außermenschliche Naturwesen, wie es z. B. die Astralgeister waren,⁴⁹ handelt. Die Übersetzung von *ropé* mit „onward drive“ hätte ebenfalls einer näheren Erläuterung bedurft, da sie für den Leser leicht zu einer falschen Vorstellung über das führen kann, was Kepler darunter verstand: denn auch die *gravitas* ist eine solche *onward drive* und zwar in einem viel eigentlicheren Sinne. Sie aber ist, wie wir noch genauer sehen werden, nicht identisch mit der *ropé*.

Gerlach und List haben in ihrem Nachwort zum Faksimile-Druck der Ausgabe von 1634 durch eine Paraphrasierung des lateinischen Textes, die nur den wesentlichen Gedankengang skizziert, auf eine bestimmte Übersetzung verzichtet. Es heißt dort nur: „Ist einmal der erste Teil des Weges zurückgelegt und damit die Schwierigkeit beim Verlassen des Anziehungsbereichs der Erde überwunden, so wird der Weg müheloser. Denn nun erfährt die Arbeit der dienstbaren Dämonen wesentliche Unterstützung durch einen vom Mond als einem der Erde verwandten Körper ausgehenden magnetischen Zug“. ⁵⁰ Damit meinen die Verfasser offenbar die *ropé*, die aber, wie die vorangehenden Ausführungen schon gezeigt haben dürften, zunächst von der *virtus magnetica*, die die Himmelskörper als *orbis* umgibt, irgendwie unterschieden werden muß. Es fragt sich also, wie die *ropé*, die ja für Kepler auch eine auf den Mittelpunkt der Himmelskörper gerichtete qualitative Kraft der in ihren *orbis virtutis magneticae* befindlichen Körper bleibt, durch die diese das Bestreben haben, an ihnen zu haften, mit dieser *virtus magnetica* zusammenhängt.

Wenn Kepler, was wir annehmen müssen, den Begriff *ropé* im Sinne des 16. Jahrhunderts als „ἀντιπερίστασις *renixus*“ gebraucht hat, so ist sie wie der Magnetismus eine Kraft, die auf der ganzen Oberfläche des betreffenden Körpers wirkt; denn der Begriff der ἀντιπερίστασις wurde in diesem Sinne seit Aristoteles gebraucht.⁵¹ Der ihm später hinzugefügte Ausdruck *renixus* besagt nach Monantholius ja nur, daß es sich, im Gegensatz zu einer bei Aristoteles von außen her auf die ganze Oberfläche eines Körpers angreifenden Kraft zu seiner Fortbewegung, um eine von der ganzen Oberfläche her ausgehende Kraft handelt, die gegen die Fortbewegung aus seinem natürlichen Ort Widerstand leistet. In diesem Sinne wäre die *ropé* bereits eine Art Vorbegriff der Ruheträgheit. Da die *ropé* dem Körper jedoch nicht in sich (in se), sondern immer secundum quid (nämlich in bezug auf seinen natürlichen Ort) zukommt, mußte Kepler für den Fall seines Verhaltens in einer kräftefreien Zone seine *inertia* einführen.⁵² Diese ist in der Tat bereits der Begriff einer Ruheträgheit und er hängt überdies, wie man bei Simplicios ersieht, dem er entlehnt ist, mit der *ropé* eng zusammen. Kepler hat ihn jedoch aus diesem Zusammenhang herauspräpariert

und einen Begriff von „*ropé* in se“ konzipiert. Damit hat er die Idee der *ropé* fruchtbar für die Physik gemacht. Auf der anderen Seite ist es ihm durch sein Gedankenexperiment im „Somnium“ gelungen, den Umfang des gleichen Begriffes um die Vorstellung von einer allgemeinen Gravitation zu erweitern.

Wie aus unseren Ausführungen hervorgeht, war die *ropé* zwar immer schon mit der Idee der Gravitation eng verbunden. Die *gravitas secundum situm*, wie Jordanus De Nemore in einer Schrift sie nennt, die auch Kepler erwähnt,⁵³ ging aber aus der *ropé* erst hervor, und zwar in der Weise, daß der Körper, wenn er von seinem natürlichen Ort wegbewegt wurde, wegen seiner *ropé* zu diesem hin eine *gravitas* bekam. Nicht also die *gravitas*, sondern die *ropé* war ursprünglich die dem Körper als solchem, wenn auch immer in bezug auf seinen natürlichen Ort, z. B. zur Erde, zukommende Grundqualität der Bewegung; diese ging vielmehr erst per accidens aus der *ropé* hervor. Kepler machte aber in seinem „Somnium“ die *ropé* zu einer im ganzen Kosmos, d. h. über den sublunaren Bereich hinaus, geltenden Qualität eines Körpers. Gewiß gab es auch bei Aristoteles bereits jene *ropé*, die die Kreisbewegungen der himmlischen Körper unterhielt. In der Spätantike und im Mittelalter entstanden Diskussionen darüber, ob die *ropé*, die die gradlinige, d. h. nach oben und unten gerichtete Bewegung bewirkte, auch im translunaren Bereich angenommen werden müsse, wenn nämlich die Himmelskörper auch aus den vier Elementen bestünden.⁵⁴ Aber ein konsequenter Gedankengang, wie derjenige von Kepler, daß die *ropé*, die einen irdischen Körper auf die Erde bindet, ihn ebenso auf jeden anderen Himmelskörper, z. B. den Mond, fallen ließe, wenn er in seine Nähe gebracht würde, setzt die Vorstellung von *orbis virtutis planetarum* voraus und diese gehört — soweit uns bekannt ist — erst dem 16. Jahrhundert an.

Auch betrachtet Kepler die *ropé* nicht mehr im aristotelischen Sinne als finalwirkende, auf den Erdmittelpunkt bzw. Mondmittelpunkt bezogene qualitative Eigenschaft bzw. Kraft des fallenden oder entgegen seinem natürlichen Ort bewegten Körpers; bei ihm ist sie bereits eine dem Organismus, wie jedem anderen Körper, eigene „magnetische“ Kraft, die sich darin äußert, von einem größeren Körper gleicher Artung angezogen zu werden. Hinter der Keplerschen Vorstellung von *ropé* steht also mehr die neoplatonische Vorstellung des Philolaos als die des Aristoteles. Andererseits erweitert Kepler diese ursprünglich spezifisch auf die Erde bezogene Eigenschaft materieller Körper dahin, daß jeder irdische Körper, sofern er in den *orbis virtutis magneticae* eines anderen, der Erde ähnlichen, Körpers gerät, von diesem ebenso aufgrund seiner *ropé* angezogen wird, wie von der Erde selbst. Die *ropé* der gradlinigen Bewegung ist also für Kepler keine ausschließlich auf die Erde bezogene Eigenschaft von Körpern mehr, sondern dieser Begriff bezieht sich nun auch auf alle Himmelskörper. Er ist von einem spezifisch irdischen zu einem kosmischen Begriff geworden. Da die *ropé* bis zu Kepler als die *causa finalis* galt, die den Körper auf seinen natürlichen Ort hin, oder zu dem ihm gleichen Körper hin bewegte — dies konnte bezüglich der *gravitas* nur die Erde sein,⁵⁵ hat Kepler damit auch den Begriff der Gravitation, mit dem die *ropé* auf die eben genannte Weise zusammenhing, aus einer rein irdischen Erscheinung zu einer allgemeineren gemacht und so in

besonderer Weise den Boden für die Lehre von einer allgemeinen Gravitation der Himmelskörper bereitet.

Wenn wir bereits zu Anfang sagten, daß Kepler bei der Entwicklung seiner Vorstellung einer *vis motrix magnetica* durch die Lektüre Gilberts nicht positiv beeinflusst werden konnte,⁵⁶ sondern daß ihn dabei eher die Vorstellung einer *vis impressa*, wie sie das 16. Jahrhundert allgemein kannte, geleitet habe, so können wir nunmehr diese allgemeine Behauptung dahingehend präzisieren, daß es in seiner Vorstellung offenbar die *ropé* war, die als *nutus naturalis* die Bewegungen der Himmelskörper verursachte. Kepler erweiterte aber die mittelalterliche Vorstellung Buridans durch jene andere, daß die Himmelskörper mittels dieser *ropé*, so wie sie früher allen Körpern in bezug auf ihren natürlichen Ort zukam, sich gegenseitig in einem statischen Gleichgewicht halten. In diesem Sinne scheint dann die *ropé* nichts anderes als jenes magnetische Kraftfeld zu sein, das als *orbis* jeden einzelnen Himmelskörper umgibt und das darum mit Recht von Gerlach und List mit der *ropé* in Zusammenhang gebracht wird. Die Idee des statischen Gleichgewichts aber, das die ganze *machina mundi* durchwaltet, kommt vor allem später zum Ausdruck, wenn Kepler die *vis motrix*, mit der die Sonne die Planeten bewegt, durch das mechanische Modell einer Waage zu beschreiben versucht, das ihm außerdem zur Erklärung der Marslibration dient.⁵⁷

Bevor wir aber auf diese unsere Ausführungen abschließende Betrachtung der *ropé* kommen, möchten wir noch auf jenes Verhältnis näher eingehen, das die *ropé* zum *impetus* bzw. *nutus* hatte. Die Bedeutung dieses Verhältnisses von *nutus* und *ropé* beim Austritt eines Körpers aus dem Erdschwerefeld in dasjenige des Mondes liegt nämlich in der Beziehung, die dadurch zum Problem des Wurfes bzw. des freien Falles hergestellt wird. Wir sagten zu Anfang schon, daß dieses Verhältnis bei der Frage des Wurfes bereits seit Philoponos eine Rolle spielte. Die Möglichkeit, die Verhältnisse bei der Wurfbewegung auf die Bewegung der Himmelskörper zu überinnerhalb der franziskanischen Tradition der Unterschied zwischen *motus naturalis* tragen, bestand für die Philosophen erst, seitdem durch theologische Überlegungen und *motus violentus* problematisch wurde.⁵⁸ Während Kopernikus noch an einer Unterscheidung von *ars* und *natura* und damit an einer ebensolchen von *motus naturalis* und *violentus* festhielt,⁵⁹ zog Galilei, für den die Natur nicht mehr von der Kunst betrogen werden konnte,⁶⁰ durch die Aufstellung seines Gesetzes für den freien Fall und durch seine Bestimmung der Form der Wurfbahnkurve die endgültigen Konsequenzen für die Physik. Somit war es Newton, der das darin von Galilei bereits erkannte Trägheitsprinzip mit der Idee der Zentralkraft bei Kepler verknüpfte, möglich, zu einer allgemeinen Gravitationsgleichung zu kommen.⁶¹ Trotzdem bleibt Kepler derjenige, der nicht nur den Gedanken einer allgemeinen Gravitation bereits in seinem „Somnium“ aussprach, sondern auch als erster dieses Prinzip in Zusammenhang mit der aristotelischen Vorstellung der Wurfbewegung brachte.

Wenn Rosen den Ausdruck *nutus* mit *will* übersetzt, so bezieht er ihn auf die Dämonen, welche die Mondfahrer zu jener kräftefreien Zone befördern bzw. von

dort zum Monde selbst. Es wäre also in der Formulierung des 16. Jahrhunderts ein *nutus violentus*, neben welchem noch nach Kepler über den ganzen Weg hin eine *ropé*, d. h. nach der oben genannten Einteilung von Monantholius ein *nutus naturalis*, zunächst entgegen, später mitwirkt, der den Mondfahrer zuerst proportional seiner *propinquitas* zur Erde, später ebenso zum Monde, anzieht. Es handelt sich also bei der effektiven Kraft, die sich aus der Differenz zwischen *ropé* und *nutus violentus* ergibt, seitens der Dämonen um einen *nutus mixtus*, wie er nach der Vorstellung im 16. Jahrhundert auch bei der Wurfbewegung auftritt. Bei dieser Bewegung mischt sich der *impetus* als *nutus violentus*, von dem Werfenden dem Körper mitgeteilt, mit der *ropé*, die ihn zur Erde anzieht, in der Weise, daß bis zur *ropé* der Wurfbewegung dieser *nutus (violentus)* größer als jene *ropé* sein muß, die den Körper zur Erde zieht und der von der ἀκμή ab bis zum τέλος der Bewegung von der *ropé* wiederum überwunden wird, die ja, je näher das Geschloß der Erde kommt, umso größer wird.

Kepler selbst hat, wie aus dem Text hervorgeht, um der deutlicheren Unterscheidung willen den Gebrauch der doppelten Bedeutung, die *nutus* zu seiner Zeit hatte, in seinem „Somnium“ vermieden, indem er für den Begriff *nutus violentus* den Ausdruck *nutus* verwandte, für den Begriff *nutus naturalis* dagegen die entsprechende griechische und ursprüngliche Bezeichnung für diesen Begriff, nämlich *ropé*, beibehielt. Freilich ist zu bemerken, daß er nicht nur den Begriff des *nutus*, entgegen der Sitte seiner Zeitgenossen, von demjenigen der *ropé* scheidet. Er entwickelt vielmehr in Zusammenhang mit diesem Begriffspaar auch neue Vorstellungen, die erst in der klassischen Physik endgültig zum Tragen kamen. So ist z. B. die „Mühe“, die die Dämonen bei ihrem Transport aufwenden, und die ausdrücklich von Kepler mehrfach betont wird, zweifellos bereits als ein Vorbegriff dessen anzusehen, was wir heute physikalische „Arbeit“ nennen. Denn sie konstituiert sich aus einer Kraft, nämlich dem *nutus (violentus)* der Dämonen, die längs eines Weges, nämlich von der Erde bis zur kräftefreien Zone bzw. von dort bis zum Mond wirkt und sich umgekehrt proportional zur *ropé* verhält, welche zwischen Mondfahrer und Erde bis zur kräftefreien Zone wirkt.⁶²

Das gleiche gilt für den Begriff der Gravitation, die Kepler als eine zwar immer noch von der *ropé* abhängige, aber doch bereits nicht mehr rein qualitative Kraft der gegenseitigen Anziehung bestimmt, da sie ja quasi-magnetischen Charakter hat. Das zeigt nicht nur der Zusammenhang, in welchem Kepler die Anmerkung über das Wesen der Gravitation macht, sondern auch, daß er dann sagt, sie sei größer zwischen benachbarten als zwischen entfernten Körpern. Sie nimmt also, wie auch die *ropé*, umgekehrt zur Entfernung von zwei Körpern zu: „Gravitatem ego definio virtute, magneticae simili, attractionis mutuae. Hujus vero attractionis major vis est in corporibus inter se vicinis, quam in remotis.“⁶³ Im übrigen stellt diese Anmerkung den wichtigsten Beweis dafür dar, daß die *ropé*, der die *gravitas* entspringt, für Kepler bereits eine kosmische, nicht mehr bloß eine terrestrische Kraft bedeutet und daß auf diese Weise die mit ihr seit jeher verbundene Vorstellung eines reziproken Verhältnisses zwischen anziehendem und angezogenem Körper ein konstitutives Element der späteren Gravitationsgleichung werden konnte.

6. Indirekte Bedeutung der *ropé* in der späteren Astronomie Keplers

Wenn wir nun zum Schluß unserer Ausführungen noch auf die Bedeutung des Keplerschen Versuches, durch das Modell der Waage Probleme der Astronomie zu lösen, im Rahmen unserer Problemstellung eingehen wollen, so müssen wir zunächst noch einmal auf die bereits genannte Schrift *Μηχανικά* zurückkommen. Diese Schrift war Kepler ebenso wie vielen seiner Zeitgenossen, z. B. Descartes und Galilei, bekannt, weist er doch kritisch auf die Lösung eines in ihr behandelten Problemes besonders hin, auf dasjenige der Waage. Da die Kritik als solche für unseren Zusammenhang keine Rolle spielt, können wir sie hier übergehen. Sie wurde aber schon von seinen Zeitgenossen selbst für so wichtig angesehen, daß Daniel Mögling, der uns 1629 in seiner „Mechanischen Kunstkammer“ eine deutsche Fassung von Guidobaldos „Mechanicorum libri VI“ gibt, welcher auch die „Quaestiones mechanicae“ auszugsweise übertragen beigefügt waren, diesen Passus aus Keplers „Paralipomena ad Vitellionem“⁶⁴ ebenfalls in deutscher Fassung zitierte.⁶⁵ Bedeutsam ist aber an den Bemerkungen Keplers, daß sich gerade auf dasjenige Instrument beziehen, bei dem in der antiken Mechanik vorzugsweise der Begriff der *ropé* eine Rolle spielte und mit dessen Hilfe er versucht, zwei astronomische Probleme, das der Marslibration und das der Anziehungskraft zwischen Sonne und Planeten zu erklären.

Da wir bereits an anderer Stelle auf diesen Versuch näher eingegangen sind,⁶⁶ möchten wir hier nur auf den Zusammenhang hinweisen, den dieses mechanische Modell mit dem *ropé*-Begriff hat. Dabei müssen wir uns noch einmal vergegenwärtigen, daß die *ropé* im Bewußtsein des 16. Jahrhunderts zwar der vom Gewicht eines Körpers abhängige Zug zur Erde (als ursprünglich seinem natürlichen Ort) hin, aber doch als solcher nicht mit der Schwere (*gravitas*) identisch war. Außerdem ging, wie gesagt, in die *ropé*, neben dem *pondus* eines Körpers, der *motus secundum maius et minus* d. h. die Geschwindigkeit ein, mit welcher ein Körper frei fällt. Krafft hat deshalb die *ropé* in Vergleich gesetzt zu dem, was wir heute potentielle Bewegungsenergie nennen.⁶⁷

Wer im 16. Jahrhundert die Waage als physikalisches Modell zur Beschreibung himmelsmechanischer Vorgänge benutzte, führte damit in diese indirekt immer auch den Begriff der *ropé* mit ein. Denn im Bewußtsein der Mechanikerschriftsteller dieser Zeit war z. B. die Länge der Waagebalken immer noch maßgebend für die *ropé* als der vom Gewicht der beiden Lasten abhängige Zug zur Erde hin. Sie bedeutete eine mit der Länge der Hebelarme anwachsende von ein und derselben Kraft herrührende Geschwindigkeit und konnte deshalb auch noch nicht als eine Vorform des statischen Moments angesehen werden. Außerdem ist zu beachten, daß in einem Gleichgewichtssystem, wie es die Waage darstellt, der griechische Ausdruck *ισορροπεῖν* im Falle des größeren von zwei Gewichten eine *propensio* oder eine *inclinatio*, also einen Hang, wie Mögling es übersetzt, mitbedeutet.

Wenn Kepler also in seiner „Astronomia nova“ die Waage als mechanisches Modell anwendet, so spielt die *ropé* — auch wenn sie als *terminus technicus* nicht mehr auftritt — trotzdem hierbei noch implizit eine Rolle, besonders deshalb, weil dieser Begriff auch in die einschlägigen Ausführungen des Archimedes einge-

gangen ist,⁶⁸ so daß man in der Keplerzeit nicht über die Waage sprechen konnte, ohne die *ropé* in diesem oder jenem Sinne mitzudenken.

7. Zusammenfassung unserer Ergebnisse

Unsere Ausführungen wollten ein Doppeltes zeigen: einmal sollte die Bemühung Keplers sichtbar werden, Vorstellungen wie *impetus* und *ropé*, die sowohl der Physik (im alten Sinne) wie der Mechanik angehörten, auf die Astronomie zu übertragen, in welcher der als wesensmäßig angesehene Gegensatz von *παρὰ* und *κατὰ φύσιν* zuerst überwunden wurde.⁶⁹ Zweitens sollte an einem Beispiel deutlich gemacht werden, in welcher Weise Kepler Vorstellungen, die er der wissenschaftlichen Literatur seiner Zeit und über diese der Tradition entnahm, in spezifischer Weise auf bestimmte, später aus ihnen entstandenen Begriffe der klassischen Physik weiter entwickelte.

Dies läßt sich in besonderer Weise an den beiden Begriffen *nutus* und *ropé* beobachten. Ihr Wechselspiel bei der Wurfbewegung wurde für Kepler ein Modell für seinen „Traum“ von einer Raumfahrt, bei dem es sich jedoch nicht um eine fabelhafte Spekulation handelt, sondern anhand dessen er u. a. wichtige physikalische Grundvorstellungen, wie derjenigen der Arbeit und der Ruheträgtheit konzipierte, sowie einen qualitativen Kraftbegriff, eben der *ropé*, von einer *causi finalis sublunaris* zu einer *causa efficiens universalis* entwickelte, die die Stabilität der *machina mundana* garantierte. Denn der Magnetismus konnte nur als *causa efficiens*, nicht als *causa finalis* angesehen werden; die *ropé* bei Kepler, wenn überhaupt eine Kraft, eine solche quasi magnetischer Natur, auf jeden Fall aber wie die aus ihr entstehende *gravitas* eine *vis attractionis mutuae* und damit keinesfalls mehr finaler Natur.

Wenn wir zu Anfang das Weltbild Keplers durch den Begriff der *machina mundana* charakterisierten, so nahmen wir die Berechtigung für diese Bezeichnung vor allem aus jenem klassischen Gedankenexperiment, das Kepler in seinem „Mysterium cosmographicum“ beschreibt und das einen wesentlichen Schritt in der Entwicklung des Begriffes Welt von einem durch die göttliche Erkenntnis als Schöpfungsgrund hergestellten Kunstwerk⁷⁰ zu einem durch den Menschen nachgeschaffenen⁷¹ und in diesem nachschaffenden Tun seiner Erkenntnis zugänglichen⁷² *mechanismus cosmicus* bedeutet. In diesem Gedankenexperiment — darauf wiesen wir hin — ging es aber vorwiegend um die Rückführung der *machina mundana* auf geometrische bzw. stereometrische Strukturen, die durch zahlenharmonikale Verhältnisse charakterisiert waren. In der pythagoreisch-neoplatonischen Tradition repräsentieren zwar diese zahlenharmonikalen Proportionen Kräfte, und zwar konstituieren sich durch ihren Abstand von der Einheit bestimmte *δυνάμεις*. Wenn die Einheit dasjenige war, an welchem alles *secundum majus et minus* partizipierte, so bedeutete die *ropé* in diesem Relationssystem diejenige Kraft, durch welche alle Dinge aufeinander zustreben, und zwar aufgrund und nach dem Maß ihrer jeweiligen Verwandtschaft. Während Plato dieses einheitsstiftende Prinzip in der Weltseele, der *anima mundi*, suchte und dieses im Mittelalter durch das Urlicht, welches alles

verband und gleichzeitig voneinander schied, erkannt wurde, ersetzte Kepler diese antiken und mittelalterlichen Vorstellungen durch die Idee eines kosmischen Magnetismus.

Das Modell, welches Kepler in seinem „Mysterium cosmographicum“ entwarf, zeigt noch deutlich die Spuren der mittelalterlichen Auffassung von der *machina mundi*: als eine *συστάσις* von Sphären, die sich gegenseitig orton, indem sie sich umfassen. Das Prinzip dieser Ortung war aber die Idee der *ropé*, wie sie im „Somnium“ explizit auftritt, denn sie garantierte geradezu den Bestand dieser Ortung der Sphären ineinander, besonders der sublunaren, aber auch der translunaren. Sicher ist bei Kepler nicht nebensächlich, daß die Ortung der Sphären bereits durch ein System von ineinander verschachtelten Polyedern geschieht, deren jeder in der platonischen Tradition eines der fünf Elemente repräsentierte.⁷³ Dadurch ist nämlich angezeigt, daß die translunare Welt die Natur der sublunaren Elemente eminenter als Ideen enthält und daß somit ein Partizipationsverhältnis zwischen irdischen und himmlischen Körpern besteht.⁷⁴ Die metaphysische Einheit des Kosmos, die durch dieses Partizipationsverhältnis konstituiert und konstruiert wird, drückt sich physisch in jenem magnetischen Feld aus, das alle Himmelskörper miteinander verbindet und doch, sofern es jeden einzelnen als eine *sphaera virtutis* umgibt, sie gleichzeitig voneinander scheidet. Es gibt nur eine universale *ropé*, durch die alle Himmelskörper sich gegenseitig im Kosmos orton, wie es nur eine aus ihr entspringende *gravitas* gibt, durch die sie sich gegenseitig anziehen.

Das Wesen der *ropé*, als *ἀντιπερίστασις renixus*, als ein die Körper umgebendes Kraftfeld, durch das sie an ihren natürlichen Ort gebunden sind, und sich gegen jeden *nutus violentus* wehren, der sie aus diesem herausbewegen will, garantiert somit die Stabilität der *machina mundi* im ganzen. Kepler hat also aus diesem metaphysischen Finalitätsprinzip der sublunaren Bewegungen ein statisches Stabilitätsprinzip des ganzen Kosmos gemacht. Die Waage war für ihn Modell und Symbol jener kosmischen Stabilität, die durch die *ropé* im „Somnium“ anklingt und die auch den Menschen mit einbezieht. Selbst wenn Dämonen ihren *nutus* aufbieten und ihn aus seiner ursprünglichen Heimat, der Erde, gewaltsam auf einen anderen Planeten schleudern, nie fällt der Mensch kraft eben dieser *ropé*, die ihn nunmehr zu allem, was sichtbar ist, ortet, aus seiner Einbettung in den Kosmos heraus. Denn in Keplers „Mondtraum“ wurde im Grunde die ganze Schöpfung bereits zum natürlichen Ort des Menschen.

Anmerkungen

¹ Mysterium cosmographicum. Tübingen 1596. Johannes Kepler Gesammelte Werke (KGW) Bd. I, ed. M. Caspar (1938), S. 414.

² A. a. O., S. 68, 28 ff.

³ Aristoteles an. post. II, 9, 76, a 24.

⁴ Plato, Tim. 32 C; Chalcidius Commentarium in Platonis Timaeum ed. Waszing, p. 25, 7.

⁵ Max Caspar, Keplers „Mysterium cosmographicum“. Bericht in: Blätter f. Deutsche Philos. 12 (1938), S. 48.

- 6 Guilielmi Gilberti, De Magnete etc., Londini 1628, p. 67 ff., 201 ff.
- 7 Anneliese Maier, Die Mechanisierung des Weltbildes im 17. Jahrh., in: Zwei Untersuchungen zur nachscholastischen Philosophie. Roma 1968, S. 23 f. Vgl. auch: Zwei Grundprobleme der scholastischen Naturphilosophie. 3. Aufl., Roma 1968, vgl. Anm. 56.
- 8 Aristoteles, De coelo, II, 1, 284 a 24.
- 9 Joannis Kepleri Somnium seu opus posthumum de astronomia lunari. Accedit Plutarchi libellus de facie quae in orbe lunae apparet; e Graeco latine redditus a Joanne Kepplero. Faksimiledruck der Ausgabe 1634 mit einem Nachwort hrsgg. von Martha List und Walther Gerlach, Osnabrück 1969.
- 10 Thesaurus linguae graecae. Paris 1842—47, col. 2424 ff., fol. 6.
- 11 Ludwig Günther, Keplers Traum vom Mond. Leipzig 1898.
- 12 Edward Rosen, Keplers' Somnium. The Dream, or posthumous work on lunar astronomy, translated with a commentary. Madison, Milwaukee, and London 1967.
- 13 Aristoteles Phys. IV, 8. 215a 14—19; VIII, 10. 266 b 27—267 a 19.
- 14 Philoponi Johanni in Aristotelis libros De auscultatione, ed. Vitelli, Berlin 1897. S. 642, 4.
- 15 Joh. Buridan in Metaphysicen Aristotelis Quaestiones argutissimae lib. 12q. 9; Quaestiones argutissimae lib. 12 q. 9; Quaestiones quarti libri physicorum q. 9; Quaestiones octavi libri physicorum q. 12, fol. 120 Vb, 1221 Ra.: „Aus der Bibel geht nicht hervor, daß es besondere Intelligenzen gibt, die den Auftrag haben, die Himmelskörper in Bewegung zu halten; somit besteht keine Notwendigkeit, die Existenz solcher Wesenheiten anzunehmen. Ich behaupte vielmehr, daß Gott, als er die Welt schuf, jeden einzelnen Körper in Bewegung setzte, so wie es ihm gefiel, und ihm damit einen Impetus erteilte, der ihn seitdem in Bewegung hält.“
- 16 „Plato, Pol. VIII. 556 E: σῶμα νοσῶδες μικρᾶς ῥοπῆς ἔξωθεν δεῖται προσλαβέσθαι πρὸς τὸ κάμνειν
- 17 Die vorstehenden Ausführungen entnehme ich einem Manuskript von Nelly Tsouyopoulos, welches mit die Verfasserin freundlicherweise zur Verfügung gestellt hat: Die Welt der Spät-Alexandriner. Beiträge zur Philosophie und Wissenschaft der Spätantike. Kap. 6: Die Physik der Kommentatoren.
- 18 Simplicios in: Aristotelis libros de Coelo quatuor commentaria, ed. Diels. Berlin 1882, 263, 18, 265 ff.
- 19 KGW Bd. I, S. 31.
- 20 Man benutzte zu diesem Zweck vor allem Sentenzenbücher, so z. B. die „Tabula dilucidationum in dictis Aristotelis et Averrois“ von Marc'Antonio Zimara, Venedig 1576. Von Kepler wissen wir, daß er sehr viele indirekten Kenntnisse aus Scaligers gegen Cardanus' Schrift „De subtilitate“ gerichteten „Exercitationes exotericae“ (Paris 1557) geschöpft hat.
- 21 KGW Bd. I, S. 31.
- 22 Simplicios, a. a. O., 70 ff.
- 23 Aristoteles, De coelo, IV, 1, 308 a 14 f.
- 24 Plutarch, De facie in orbe lunae, 920 ff. Ed. Xylander, Venedig 1560.
- 25 Z. B. Clavius, Commentarium in Johannes Sacrobosci De Sphaera. Venedig 1601.
- 26 Somnium, a. a. O., S. 75.
- 27 A. a. O., p. 42, Anm. 66.
- 28 H. M. Nobis, Die wissenschaftshistorische Bedeutung der peripatetischen „Quaestiones mechanicae“ als Anlaß für die Frage nach ihrem Verfasser. Maia N. F. 18 (1966), 265—276.
- 29 Ders., Die wissenschaftstheoretische Bedeutung der „Quaestiones mechanicae“ in: Studien z. Wissenschaftstheorie Bd. IV (1970), S. 47—63.
- 30 Vgl. Giuseppe Moleti Praelectio in mechanicam Aristotelis Cap. 10. Cod. Ambros R 107 sup. fol. 284 ff., beschrieben in: Sudhoffs Archiv 53 (1969), 326 ff., d. H. M. Nobis.
- 31 Aristotelis Mechanicorum problemata 852 a 8, 26 f., et passim.
- 32 Leonardo da Vinci, I libri di meccanica, ed. A. Uccelli, 386 MSEfzr.
- 33 Monantholius, Aristotelis mechanica. Parisiis 1599 u. 1600.

- 34 Ders., a. a. O., p. 108.
- 35 Bei Aristoteles ist ἀντιπερίστασις im Sinne von Phys. IV, 8, 215 a 15, eine die ganze Oberfläche des geworfenen Körpers angreifende Kraft, z. B. die Luft.
- 36 Kepler, Somnium seu de Astronomia lunari, a. a. O., p. 6, 67.
- 37 Ders., a. a. O., p. 6, 75.
- 38 Ders., a. a. O., p. 43, Anm. 75.
- 39 Vgl. dazu das scholastische Axiom: „Totum semper maius est summa partium eius“.
- 40 Kepler, a. a. O., p. 6, 76.
- 41 Ders., a. a. O., p. 43, Anm. 76.
- 42 Der Ausdruck „ex ratione materiae“ ist scholastischer Provenienz. Er stellt zusammen mit seinem Gegenstück „ex ratione formae“ ein kategoriales Mittel zur Unterscheidung dar, aus welchem der beiden Wesensteile — *materia prima* bzw. *forma substantialis* — eine bestimmte Qualität ontisch hervorgeht. So ist die Farbe z. B. mehr *ex ratione formae* als *ex ratione materiae*, umgekehrt die Härte mehr *ex ratione materiae* als *ex ratione formae*. Vgl. H. M. Nobis, Über die immaterielle Dynamik als Innen der materiellen Körpersubstanz. Diss. München 1956, Kap. 6, S. 83.
- 43 Vgl. Anm. 10.
- 44 Kepler, a. a. O., p. 7, 78.
- 45 Ders., a. a. O., p. 43, Anm. 78.
- 46 Ders., a. a. O., p. 43, Anm. 77.
- 47 Lewis-Short, A latin dictionary. Oxford 1966.
- 48 Schon aus Plato Tim. 40DE geht dies hervor, aber auch bei Aristoteles Met. Δ , 8, 10/7612 sind die δαίμονες noch ζῶα.
- 49 Vgl. H. M. Nobis, „Astralgeister“, in: Historisches Wörterbuch d. Philosophie, hrsgg. Joachim Ritter, Bd. I, Basel 1970; sowie „Gestirne“, in: Lexikon d. christlichen Ikonographie, hrsgg. von Kirchbaum, Bd. II, Freiburg 1969.
- 50 Kepler, a. a. O., S. XIV/XV.
- 51 Aristoteles Phys. IV, 8, 215 a 14—19.
- 52 Der inertia-Begriff tritt zuerst bei Cicero auf: De orat. 1. 15. 68; Rosc. Com. 824.
- 53 Johannes de Nemore, Liber de ponderibus. Nürnberg 1533, Proemium. Sie benutzt den Ausdruck bei der Entwicklung eines Theorems, welches sich auf die peripatetische Schrift Μηχανικά bezieht, nämlich auf das dort zu Anfang behandelte Problem der Waage, mit welchem Kepler sich später auseinandersetzt. Vgl. Anm. 57.
- 54 Vgl. N. Tsouyopoulos, Das Aetherproblem und die physikalische Abhandlung des Nikeforos Blemmydes, in: „Rechenpfennige“. Aufsätze für Wissenschaftsgeschichte. Festschrift für K. Vogel, München 1968, S. 69 ff.
- 55 Für das Feuer dagegen war die *ropé* nach oben gerichtet und daher umfaßte dieser Begriff für die gradlinige Bewegung auch eine *ropé*, aus der die *levitas* entsprang.
- 56 Vgl. Anneliese Maier, Zwei Untersuchungen zur nachscholastischen Philosophie, Roma 1968, S. 22, Anm. 23.
- 57 Kepler, Astronomia nova (Heidelberg) 1609. KGW Bd. III, ed. M. Caspar (1937), S. 237, 14—24; S. 353, 6—24. — Epitome astronomiae copernicanae lib. IV, Linz 1620. KGW Bd. VII, ed. M. Caspar (1953), S. 332, 10; 333, 11; 367, 38; 369, 23.
- 58 So gibt es ein bekanntes Beispiel bei Thomas v. Aquin für das Verhältnis von menschlichem und göttlichem Willen, in: STh, I, 103, 1 ad 3.
- 59 Nik. Kopernikus, De revolutionibus I, 8 p. 18, 16 f (Ed. Zeller).
- 60 Galilei, Ed. Naz. II, 155 f., 166 f.; VIII 559, 572 f.
- 61 Newton konnte mathematisch zeigen, daß bei jeder Bewegung unter dem Einfluß einer Zentralkraft der Keplersche Flächensatz gilt, und daß die Zentralkraft proportional $\frac{1}{r^2}$ ist.
- 62 Die dabei auftretende Gravitationsabnahme erfolgt reziprok zum Abstand, wobei jedoch über die Potenz, nach der diese Abnahme geschieht, noch nichts ausgesagt ist.
- 63 Somnium, p. 42, Anm. 66.

- ⁶⁴ Kepler, *Ad Vitellionem Paralipomena*. Frankfurt 1604. KGW Bd. II, ed F. Hammer (1939), S. 28.
- ⁶⁵ Daniel Mögling, *Mechanischer Kunstammer erster Theil*, Frankfurt 1629, S. 40 f.
- ⁶⁶ H. M. Nobis, *Die Bedeutung der peripatetischen „Quaestiones mechanicae“ für die Grundlegung der exakten Wissenschaften*, cap. 10, MSS 231 ff.
- ⁶⁷ F. Krafft, *Dynamische und statische Betrachtungsweisen in der antiken Mechanik*, Wiesbaden 1970. S. 74.
- ⁶⁸ Vgl. ders., a. a. O., S. 75.
- ⁶⁹ Vgl. H. M. Nobis, a. a. O.
- ⁷⁰ Vgl. Kepler, *Epitome astronomiae*, 296.27, und *Mysterium cosmographicum* II. A. ed Caspar VIII, 93.44.
- ⁷¹ Vgl. Thomas v. Aquin, *Commentarium*, in: *Aristotelis De auscultatione physicorum*.
- ⁷² Vgl. Hugo de St. Viktore, *Didascalion*, s. l. 1483, lib. I, c. 9 Migne P. L. 176. 751 C.
- ⁷³ Vgl. Augustinus: „Nos autem vidimus quia sunt, tu autem, quia tu vidis, ea sunt“.
- ⁷⁴ Vgl. Plato *Tim.* 55 D — 56 C.
- ⁷⁵ Ähnlich wie in Gott nach scholastischer Auffassung alle Eigenschaften der Dinge eminenten „aufgehoben“ sind. Vgl. Augustinus: „Wie könnte der, welcher das Auge geschaffen hat, nicht sehen, und der, der das Ohr geschaffen hat, nicht hören“.