

## Die naturphilosophische Bedeutung der scholastischen Impetustheorie

Von Anneliese Maier, Rom

Über die eigentliche naturphilosophische Bedeutung der scholastischen Impetustheorie bestehen noch immer Meinungsverschiedenheiten bei denen, die die einschlägigen Texte wirklich kennen, und mit Vorurteilen vermischte Mißverständnisse bei den Fernerstehenden. Ein Punkt vor allem ist es, der immer wieder zur Diskussion gestellt wird und der auch in weiteren Kreisen ein ungewöhnlich großes Interesse gefunden hat: die Frage, ob und inwieweit jene spätscholastische Erklärung der Inertialbewegung, die im Anschluß an die Terminologie Buridans als Impetustheorie bezeichnet zu werden pflegt, die klassische Mechanik des Trägheitsprinzips nicht nur vorbereitet, sondern geradezu vorweggenommen hat. Daß sie sie *vorbereitet* hat, steht außer Zweifel: die Impetustheorie hat ihren gesicherten und wichtigen Platz in der Geschichte des naturphilosophischen und des physikalischen Denkens als eine selbständige Zwischenstufe zwischen Aristotelismus und klassischer Mechanik, und zwar als die Zwischenstufe, die für die großen Begründer der modernen Naturwissenschaft der tatsächliche Ausgangspunkt ihrer neuen Lehren wurde. Aber man will in dieser spätscholastischen Theorie vielfach noch mehr sehen: nämlich eine eigentliche *Vorwegnahme* der Mechanik des Trägheitsprinzips<sup>1</sup>.

Die strittige Frage ist diese: Haben die Naturphilosophen des 14. Jahrhunderts in irgendeiner expliziten oder impliziten Form eine These ausgesprochen, die in ihrer Sprache und im Rahmen ihrer kosmologischen Vorstellungen ein Analogon zum Trägheitsprinzip der klassischen Physik darstellt, eine These also, die irgendwie besagt oder aus der sich folgern läßt, daß eine gleichförmige, d. h. eine geradlinige, mit konstanter Geschwindigkeit erfolgende Bewegung in alle Ewigkeit weiterdauern würde, wenn keine Widerstände vorhanden wären? Es ist aber von Anfang an zu unterstreichen, daß es sich nur um ein *Analogon* zum Trägheitsprinzip handeln kann, nicht um eine genaue Parallele. Eine solche kommt nicht in Frage. Denn während die moderne

<sup>1</sup> Diese Ansicht wurde seinerzeit von P. Duhem vertreten, der ja als erster auf die scholastische Impetustheorie aufmerksam gemacht hat (in seinen *Études sur Léonard de Vinci*, Bd. I—III, Paris 1906, 1909, 1913), und sie ist seitdem immer wieder diskutiert worden.

Mechanik annimmt, daß eine gleichförmige Bewegung zu ihrer Weiterdauer keine Kraft erfordert, sondern sich durch die Trägheit der Massen von selbst erhält, nimmt die Spätscholastik an, daß sie durch eine besonders geartete *vis motrix*, eben den *Impetus*, verursacht wird. Und während die klassische Physik ohne weiteres mit einem ebenen unendlichen Raum rechnet, in dem eine ins Unendliche gehende geradlinige Bewegung denkbar ist, kennt die Scholastik nur ein geschlossenes Universum von endlicher Ausdehnung; an die Stelle der geradlinigen Bewegung müßte also notwendig die kreisförmige treten. Es bleibt als *tertium comparationis* die regelmäßige, d. h. die mit konstanter Geschwindigkeit erfolgende Bewegung, die unbegrenzte Zeit weiterdauert, ohne daß sich in den gegebenen Bedingungen etwas ändert; und die Frage ist die, ob die scholastische *Impetus*theorie die Möglichkeit einer solchen Situation annimmt oder nicht.

Es gibt gewisse Äußerungen Buridans, die in diesem Sinn ausgelegt werden können, wenn man sie isoliert betrachtet, ohne den Zusammenhang zu berücksichtigen, in dem sie sich finden, und ohne nach den Voraussetzungen zu fragen, aus denen heraus sie zu verstehen sind. In Betracht kommt vor allem eine Stelle aus seinem Kommentar zur Metaphysik; in ihr scheint tatsächlich so etwas wie ein scholastisches Trägheitsprinzip ausgesprochen zu sein. Wir werden sehen, wie es sich im einzelnen damit verhält. Doch sei zunächst noch eine grundsätzliche Bemerkung vorausgeschickt. Bei den Erörterungen über die *Impetus*theorie besteht eine prinzipielle Schwierigkeit, die sich bei allen Versuchen, ihrem Verständnis näherzukommen, bemerkbar macht: wir haben nicht die erforderlichen Begriffe und *termini*, um die Vorstellungen der spätscholastischen Denker in exakter Form wiederzugeben. Der *Impetus* ist weder eine Kraft noch eine Energie, noch ein Impuls im modernen Sinn; er hat von allen diesen Momenten etwas, aber er ist mit keinem von ihnen identisch. Andererseits fehlen uns die Mittel, um das, was der Begriff tatsächlich meint, genau zu beschreiben. Alle in Betracht kommenden Ausdrücke haben ihren bestimmten technischen Sinn in der Terminologie der heutigen Physik; und eine eigene allgemein verständliche Sprache der modernen Naturphilosophie gibt es ja leider noch nicht. Wir möchten darum von Anfang an betonen, daß wir im folgenden Begriffe wie Kraft, Energie, Trägheitswiderstand usw. nur in approximativem Sinn gebrauchen wollen, daß sie also immer *cum grano salis* zu verstehen sind.

Das Problem des *motus separatus*, das im 14. Jahrhundert zur Aufstellung der *Impetus*theorie führt, entsteht für die scholastische Philosophie aus dem allgemein anerkannten und nie in Zweifel gestellten aristotelischen Prinzip „*omne quod movetur, ab aliquo movetur*“: jede Bewegung setzt eine bewegende Kraft, eine *virtus* oder *vis motrix*, als

Ursache voraus; sie dauert nur so lange, wie diese dauert, und erlischt im selben Moment, in dem die Bewegungsursache aufhört zu wirken. Bewegung ohne *vis motrix* gibt es nicht; ebensowenig ist aber eine *actio* in distans eines räumlich entfernten Bewegers möglich. Aber was ist dann die Ursache, die die Bewegung eines fliegenden Pfeils oder eines geschleuderten Steins bewirkt?

Im Lauf der Geschichte der Philosophie sind manche Antworten auf diese Frage gegeben worden. Schon Aristoteles referiert einige und lehnt sie ab, darunter die Theorie der sogenannten *Antiperistasis*, die durch eine Art von Wirbelbewegung in der Luft den Vorgang erklären will. Er selbst gibt folgende Entscheidung: Der ursprüngliche Beweger — der *proiciens* — überträgt dem Medium einen Teil seiner eigenen *vis motrix*, und zwar in schichtweise abnehmender Stärke, derart daß die Luft in der Wurfrichtung bis zu einer gewissen Entfernung sozusagen mit einer progressiv abnehmenden Kraft geladen wird. Soweit dieses (quasi-lineare) Kraftfeld reicht, bewegt sich dann das *proiectum* nach der Trennung vom *proiciens* weiter, und zwar mit abnehmender Geschwindigkeit, die der abnehmenden Stärke der *vires motrices* in den einzelnen Luftschichten entspricht. Denn ein anderes Grundprinzip der aristotelisch-scholastischen Mechanik besagt, daß die Größe der Geschwindigkeit abhängt einerseits von der Größe der bewegendes Kraft, andererseits, in umgekehrtem Sinn, von der Größe des Widerstands, den die *vis motrix* zu überwinden hat. „*Omnis motus provenit ex virtutis moventis victoria super mobile, et cum illa virtus movet, oportet potentiam passivam eius, quod movetur, sibi esse proportionalem*“: so formuliert etwa Albertus Magnus dieses Prinzip<sup>2</sup>. Die Geschwindigkeit ist eine Funktion des Quotienten aus Kraft und Widerstand<sup>3</sup>; und wo, wie in unserem Beispiel, der Widerstand unverändert bleibt, hängt sie ausschließlich ab von der Größe der bewegendes Kraft. Und noch ein weiterer Grundsatz der aristotelisch-scholastischen Naturphilosophie kommt in dieser Erklärung der Wurfbewegung zum Ausdruck: der vom ursprünglichen Beweger getrennte Körper wird durch das Kraftfeld nach Maßgabe der ständig abnehmenden *vis motrix* bewegt, derart daß er in jedem Punkt die gesamte dort vorhandene Kraft verbraucht — denn nach seinem Durchgang ist natürlich keine Kraft mehr vorhanden —, oder anders gesagt: derart daß die dem Medium mitgeteilte *vis motrix* sich in die Bewegung des *corpus proiectum* umsetzt. Das ist der springende Punkt. Wir sehen schon

<sup>2</sup> Phys. VII tract. II cap. 6.

<sup>3</sup> Aristoteles hatte eine einfache Proportionalität angenommen, während das 14. Jahrhundert statt dessen eine sehr viel kompliziertere Funktion setzt. Aber die Grundvoraussetzung, d. h. die Abhängigkeit der *velocitas* von dem Quotienten aus *vis motrix* und *resistentia*, bleibt.

hier, daß die aristotelische *vis motrix* ein gegenständliches Moment meint, das von dem modernen Ausdruck „Kraft“ nur sehr ungefähr wiedergegeben wird; sie ist viel eher eine Art von Energie, die sich in Bewegung verwandelt und sich bei diesem Prozeß verbraucht. Auch das ist eine Vorstellung, die für das richtige Verständnis der Impetus-theorie von Bedeutung ist.

Daß die aristotelische Erklärung des *motus separatus* ihre Schwächen hat, wurde schon bald erkannt. Jedenfalls findet sich bereits im späten Altertum — bei Johannes Philoponus oder Johannes Grammaticus — ein Versuch, Aristoteles zu korrigieren, und zwar schon ganz im Sinn der späteren Impetustheorie. Derselbe Gedanke begegnet dann bei den arabischen Aristotelikern wieder, besonders bei Avicenna, und es scheint, daß von diesem eine ganze Richtung ausgegangen ist, die sich bis ins 17. Jahrhundert verfolgen läßt und die der abendländischen Entwicklung der Impetustheorie parallel liegt, ohne daß jedoch Abhängigkeitsbeziehungen oder Einflüsse anzunehmen sind. Wir können hier auf diese Dinge nicht eingehen, sondern wollen uns gleich der scholastischen Impetuslehre des 14. Jahrhunderts zuwenden<sup>4</sup>.

Der erste, der die Impetushypothese in ausführlicher, bis ins einzelne durchdachter Form ausgesprochen hat, ist der italienische Franziskaner und Scotist Franciscus de Marchia, und zwar geschah dies im Studienjahr 1319/20, im Lauf seiner Pariser Sentenzenvorlesung, die uns in Reportationen in einigen Handschriften erhalten ist. Der Hauptvertreter der Lehre wird dann Johannes Buridan, der etwa ein Jahrzehnt nach Marchia das Problem in seinem Physikkommentar *ex professo* behandelt und die Impetushypothese zu einer eigentlichen Theorie ausbildet. Seine Kritik an der aristotelischen Lösung ist nicht mehr wie die Marchias überwiegend spekulativer Natur, sondern sie geht aus von Erfahrungsstatsachen — die zum Teil schon fast den Charakter von Experimenten haben — und von ausgesprochen naturphilosophisch-physikalischen Erwägungen. Aber in ihrem Ergebnis ist die Theorie bei beiden dem wesentlichen Gehalt nach dieselbe: Im Moment der Trennung teilt der Werfende nicht dem Medium, sondern dem *proiectum* selbst eine abgeleitete *vis motrix* mit — Marchia bezeichnet sie als *vis derelicta*, Buridan als *vis impressa* oder *impetus* —, und dieser Kraft-Überrest ist es dann, der die weitere Bewegung des *proiec-*

<sup>4</sup> Zur Geschichte der Impetustheorie siehe unsere Darstellung in *Zwei Grundprobleme der scholastischen Naturphilosophie* (2. Aufl., Rom 1951) 113 ff.; zu einigen Spezialproblemen außerdem *Die Vorläufer Galileis im 14. Jahrhundert* (Rom 1949) 132 ff.; *An der Grenze von Scholastik und Naturwissenschaft* (2. Aufl., Rom 1952) 199 ff.; *Metaphysische Hintergründe der spätscholastischen Naturphilosophie* (Rom 1955) 264 ff. u. 362 ff. Auf diese Veröffentlichungen sei hiermit ein für allemal verwiesen, ohne daß wir uns im folgenden zu den einzelnen Punkten immer wieder auf sie beziehen.

tum separatum bewirkt. Die analoge Erklärung gilt für die ohne äußere Krafteinwirkung weiterdauernde Rotationsbewegung eines Mühl- oder Schleifrads oder eines Kreisels: auch sie wird von einem Impetus verursacht, nur daß es sich in diesem Fall nicht um einen geradlinig, sondern um einen kreisförmig bewegenden Impetus handelt. Unsere Philosophen sehen hier — im Gegensatz zu der späteren Mechanik — keinen wesentlichen Unterschied; der Impetus ist eine *vis motiva*, die in derselben Weise bewegt wie das ursprüngliche *movens: sive sursum, sive deorsum, sive lateraliter vel circulariter*.

Mit Buridan ist die volle Entwicklung der Theorie und ihr eigentlicher Höhepunkt erreicht. Einige interessante Präzisierungen kommen dann noch mit Nicolaus von Oresme, seinem großen Schüler, der allerdings — wir werden noch davon sprechen — den Impetusbegriff in grundsätzlich anderer Weise deutet als Buridan. Doch hat seine Auffassung kaum einen Anhänger gefunden. Die Naturphilosophen aus der zweiten Hälfte des 14. Jahrhunderts, unter denen Albert von Sachsen, der nachmalige Gründer der Universität Wien, und Marsilius von Inghen, der spätere erste Rektor von Heidelberg, die bedeutendsten sind, schließen sich durchweg Buridan an; aber sie begnügen sich im allgemeinen damit, dessen Lehre in klare und übersichtliche Form zu bringen und den einen oder andern Begriff zu vertiefen, ohne wirklich Neues zu geben. Ihr Verdienst auf diesem Gebiet besteht vor allem darin, daß sie die Theorie den folgenden Jahrhunderten übermittelten, in denen die Schriften Alberts und Marsilius' sehr viel mehr gelesen wurden als die Buridans und Oresmes.

Aber was ist nun eigentlich dieser Impetus, mit dem die Philosophen des 14. Jahrhunderts die Inertialbewegung erklären wollten? *Quares est ille impetus?* So fragt schon Buridan, und das bleibt das zentrale Problem, das immer wieder aufgeworfen und nie in ganz eindeutiger Weise entschieden worden ist.

Um hier einigermaßen klar zu sehen, müssen wir noch einen ziemlichlichen Schritt hinter Buridan zurück tun. Eine eigenartige Vorform der Impetustheorie begegnet nämlich schon im 13. Jahrhundert, bei dem großen Franziskanerphilosophen Petrus Johannis Olivi. Sie findet sich in den Quästionen zum zweiten Buch der Sentenzen, die B. Jansen ediert hat<sup>5</sup>. Olivi berichtet hier von einer Ansicht, die einige — *quidam* — vertreten und nach der die Projektionsbewegung bewirkt wird von einer *inclinatio* oder *species* oder *similitudo*, die der Beweger dem

<sup>5</sup> Qu. 23—31, vor allem qu. 29 (Bd. I der Edition B. Jansens, Quaracchi 1922). Jansen hatte schon vorher in einem Aufsatz im PhJb 23 (1920) 137 ff. auf diese Theorie aufmerksam gemacht. Wir selbst glaubten dann (und glauben), sie in etwas anderer Weise interpretieren zu müssen als Jansen, der in Olivi geradezu einen ersten Vertreter der eigentlichen Impetustheorie sehen wollte.

bewegten Körper mitteilt und die dann in *absentia motoris* die weitere Bewegung verursacht. Aber diese *inclinatio* ist nicht eigentlich eine *vis motrix*: sie ist eben nur die *species* oder *similitudo* einer solchen, die nicht die volle Wesenheit der ursprünglichen bewegenden Kraft hat. Ob Olivi selbst wirklich dieser Theorie zustimmen wollte oder ob sie von andern vertreten wurde und er selbst sie nur referiert, wollen wir jetzt nicht fragen. Für unsern Zusammenhang kommt es nur darauf an, daß auch diese Erklärung der Projektionsbewegung gegeben worden ist: der Bewegungsvorgang soll im *proiectum* ausgelöst werden durch eine *species*, die grundsätzlich derseben Art ist wie die *species sensibiles*, die den Wahrnehmungsvorgang im Sinnesorgan auslösen. Dieser Vorläufer des *Impetus* ist also jedenfalls ein Moment, dem kein Begriff der späteren Physik in auch nur ungefährer Weise entspricht.

Olivi hat dann an einer andern Stelle diese selbe Theorie energisch zurückgewiesen und widerlegt<sup>6</sup>, mit einem Ergebnis, mit dem er — wie auf manchen andern Gebieten — zu einem Vorläufer Ockhams wird<sup>7</sup>: er zeigt, daß eine lokale Bewegung unmöglich durch eine derartige *species* oder *similitudo* erzeugt werden kann, und schließt daraus — denn eine andere Form der Wirkkausalität kommt für ihn nicht in Frage —, daß die Bewegung, da sie keine Ursache hat, kein „*absolutes*“, eigentlich *reales* Moment sein kann; sie ist lediglich ein *modus se habendi* des *mobile*, oder, modern ausgedrückt: sie ist ein *Zustand* des bewegten Körpers. Das ist einer der Punkte, an dem die Scholastik, und zwar schon sehr früh, nahe an die Entdeckung des Trägheitsprinzips herangekommen ist, freilich von einer ganz andern Seite her als von der *Impetustheorie*. Denn im Grunde ist ja genau das die Definition der Bewegung, die im Beharrungsprinzip zum Ausdruck kommt: sie ist ein *Zustand*, ein eigentlicher *Seinsmodus* des *mobile*, der zu seinem Bestehen keiner besonderen Ursache bedarf. Die Annahme freilich, daß ein solcher *Modus* unbegrenzte Zeit weiterdauern könnte, ist für Olivi aus andern Gründen — die mit seiner Auffassung des Zeitbegriffs zusammenhängen — ausgeschlossen. So wurde der letzte Schritt, der tatsächlich zur Aufstellung des Trägheitsprinzips im eigentlichen Sinn geführt hätte, nicht getan.

Ob und wieweit die *Quaestio*, in der Olivi diese Ansichten aus-

<sup>6</sup> In einer *Quaestio*, die sich im vatikanischen Codex Borgh. 322 findet (fol. 127<sup>v</sup> bis 129<sup>v</sup>). Sie lautet: *utrum motus localis dicat aliquid absolutum supra mobile ipsum quod movetur localiter*. Wir haben sie in unserem Katalog der Borghese-Handschriften (*Studi e Testi*, Bd. 170, Città del Vaticano 1952) nur mit einem Fragezeichen Olivi zugeschrieben, sind aber der Überzeugung, daß sie ihm, wenn auch vielleicht nicht in der Form, in der sie uns überliefert ist, so doch jedenfalls inhaltlich mit Sicherheit angehört (vgl. *Metaphysische Hintergründe . . .*, 355 ff.).

<sup>7</sup> Zu den Beziehungen zwischen Olivi und Ockham siehe unsern Aufsatz *Zu einigen Problemen der Ockhamforschung*, *ArchFrancHist* 46 (1953) 177 ff., und *Metaphysische Hintergründe . . .*, Kap. III, 1 (und öfter).

spricht, beachtet worden ist und gewirkt hat, ist nicht auszumachen. Immerhin möchte man sich fragen, ob Wilhelm Ockham sie gekannt hat. Er selbst hat für den *motus separatus* zwei verschiedene Erklärungen gegeben, von denen die zweite eine deutliche Korrektur der ersten darstellt und zweifellos als seine „eigentliche“ Meinung anzusehen ist. Ursprünglich will er die Bewegung des *proiectum separatum* ganz einfach aus einer *simultas virtualis* zwischen *proiciens* und *proiectum* erklären, d. h. aus einer Fernwirkung, die vom eigentlichen Bewegter ausgeht. Wenn man bedenkt, daß Ockham ja überhaupt ganz allgemein die durch *species* vermittelte Kausalwirkung — insbesondere beim Wahrnehmungsvorgang — ablehnt, so kann man durchaus sagen: er vertritt der Projektionsbewegung gegenüber grundsätzlich denselben Standpunkt wie Olivi im Sentenzenkommentar, nur daß er wie bei andern, analog erklärten Vorgängen die vermittelnde *species* ausschaltet und durch eine direkte, *in distans* wirkende Kausalbeziehung ersetzt. In einer zweiten Phase lehnt er dann, genau wie Olivi in jener andern *Quaestio*, eine besondere Verursachung des *motus separatus* überhaupt ab, aber mit der umgekehrten Überlegung: die Bewegung ist nichts Absolutes, nichts an sich Reales, nichts, was verschieden wäre vom *mobile* und von den *termini motus*, folglich braucht für sie im Spezialfall des *motus proiectus* keine besondere Ursache aufgezeigt zu werden. Aber Ockham ist nicht wie Olivi von hier aus zu einer Auffassung der Bewegung gekommen, die als Annäherung an die dem Trägheitsprinzip zugrunde liegenden Vorstellungen angesehen werden könnte<sup>8</sup>. Er bleibt zu sehr bei der bloßen Ausschaltung der Bewegung als eines formal-gegenständlichen Moments stehen, ohne eine andere positive ontologische Deutung zu geben. Erst in der Reaktion gegen die occamistischen Ansichten, die sich bei Buridan findet, kommt es wieder zu einem Ansatz, im *motus localis* eine Art von Zustand des bewegten Körpers zu sehen, der nun freilich ganz anders aufgefaßt ist als bei Olivi: nicht als ein *Seinsmodus* des *mobile*, sondern als ein qualitätsartiges Moment, das ihm inhäriert<sup>9</sup>. Auch von hier aus hätte sich ein

<sup>8</sup> H. Lange (*Geschichte der Grundlagen der Physik*, Bd. I, Freiburg/München 1954, 159) zitiert (in deutscher Sprache) eine Stelle, die er Ockham in den Mund legt und in der das Beharrungsprinzip allerdings in eindeutigster Weise formuliert ist. Die Stelle steht in Anführungszeichen, aber es ist nicht angegeben, wo der Verfasser sie gefunden hat. Auf jeden Fall stammt sie aus keinem Ockhamschen Originaltext; Ockham hat niemals eine derartige Äußerung getan (und konnte sie nicht tun). Ob andererseits Ockhams Auffassung der Bewegung schon in einem transzendental-logischen Sinn aufgefaßt werden kann, der Kantsche Vorstellungen vorwegnimmt — wie Lange (ebd.) im Anschluß an G. Martin annehmen will —, scheint uns mehr als zweifelhaft. Die uns erhaltenen Texte berechtigen nicht zu einer solchen Interpretation, und gerade bei scholastischen Autoren soll man lieber nicht zuviel „zwischen den Zeilen“ lesen wollen.

<sup>9</sup> Vgl. zu Buridans Bewegungsbegriff und seinem Gegensatz zu dem Ockhams *Vorläufer Galileis* . . ., 19 ff. und *Metaphysische Hintergründe* . . ., 350 ff.

Analogon zum Trägheitsprinzip ergeben können, denn die Folgerung daß ein solches Moment ohne äußere Ursachen von sich aus weiterbestehen kann wie jede andere Qualität auch, lag nahe. Aber statt den entscheidenden Schritt in dieser Richtung zu tun, hat Buridan das Problem der Inertialbewegung von anderer Seite her angefaßt und mit seiner Impetustheorie gelöst. Wie die sich zum Trägheitsprinzip verhält, werden wir sehen.

Zunächst noch ein Wort über den Impetusbegriff des Franciscus de Marchia, der, wie gesagt, der erste eigentliche Vertreter dieser Lehre ist. Für ihn ergibt sich die Wesensbestimmung der *vis derelicta*, die das *proiectum* bewegt, aus der Überzeugung, daß Aristoteles im Grunde mit seiner Lösung ganz recht hatte und daß er nur in einem einzigen Punkt zu korrigieren ist: die Ursache der Projektionsbewegung ist in der Tat in einer abgeleiteten Kraft zu suchen — und nicht in Wirbelbewegungen der Luft, in ihrer *gravitas* oder *levitas*, in der *forma caeli* usw. Aristoteles hat sich nur über das *subiectum* getäuscht, dem diese Kraft vom *proiciens* übertragen wird: nicht das Medium ist der Träger der *vis derelicta*, sondern das *proiectum* selbst. Aber im übrigen ist die Wesensbestimmung dieser Kraft, die Marchia gibt, ganz an den aristotelischen Vorstellungen orientiert. Der Philosoph hatte angenommen, daß es sich um eine von Luftschicht zu Luftschicht schwächer werdende *virtus* handelt: Marchia postuliert dementsprechend, daß die dem *proiectum* mitgeteilte *vis motrix* allmählich — allerdings nun in zeitlichem, nicht in räumlichem Sinn — abnimmt und nach einer Weile von selbst erlischt. Sie ist darum eine *forma quasi media* zwischen der *forma simpliciter successiva*, wie es die Bewegung ist, und einer eigentlichen bleibenden Qualität, einer *forma simpliciter permanens*; sie ist etwas, was *per modicum tempus* dauert und dann vergeht, ganz abgesehen von äußeren Kräften, die sie zerstören können. Denn eine solche Kraft kann *propter imperfectionem suae entitatis* nicht von langer Dauer sein, ähnlich wie etwa die Nachbilder im Auge, die von einem leuchtenden Objekt verursacht sind, kein bleibendes Sein haben, sondern eine Weile dauern und dann von selbst erlöschen.

In diesem Punkt nun ist Buridan grundsätzlich anderer Ansicht. Für ihn lautet die Antwort auf die Frage „*quae res est ille impetus?*“: er ist eine *res naturae permanentis*. In drei Thesen formuliert er seine Antwort: Zunächst — und das geht zweifellos gegen Ockhams zweite Lösung — ist der Impetus nicht identisch mit dem *motus localis* als solchem, sondern er ist seine Ursache; und nichts kann die Ursache seiner selbst sein. Er ist aber auch nicht, allgemeiner gesprochen, eine *res pure successiva*, d. h. ein bloßer *fluxus*, denn dann wäre er — *sicut dictum est alias*, fügt Buridan hinzu — doch wieder eine Bewegung, und dieselben Schwierigkeiten würden sich erheben wie gegen die erste



Lösung. Buridan hat an anderer Stelle in der Tat gezeigt, daß die lokale Bewegung nicht nur ein sukzessiver *Vorgang* ist, sondern eine eigentliche *res successiva*, ein fluxus, der dem mobile gewissermaßen als Akzidens inhäriert, das heißt, wie wir schon sagten, eine Art von *Zustand*. Der Impetus, das will er nun sagen, ist nicht nur verschieden von der Bewegung im ockhamistischen Sinn, in dem sie ein bloßer Prozeß ist<sup>10</sup>, sondern auch von der Bewegung als Zustand, wie er selbst sie faßt. Hier ist der Punkt, an dem Buridan von seinem Bewegungsbegriff aus zur Aufstellung des Trägheitsprinzips hätte gelangen können, statt dessen aber einen andern Weg eingeschlagen hat.

Der Impetus, so lautet die dritte These, ist vielmehr eine *res naturae permanentis distincta a motu locali, quo illud proiectum movetur*. Und wahrscheinlich, so fügt Buridan hinzu, ist er eine Qualität, deren Wesen darin besteht, daß sie den Körper bewegt, dem sie inhäriert. Es ist ferner wahrscheinlich, daß diese Qualität von derselben *resistentia* oder *inclinatio contraria* gehindert, vermindert und zerstört wird wie die Bewegung selbst.

Für Buridan ist also die Ursache des motus separatus ein eigentliches reales Akzidens des proiectum, wahrscheinlich eine qualitas motiva so wie die gravitas oder die Kraft des Magneten, d. h. eine Qualität, die lokale Bewegungen verursacht. Sie ist nicht nur eine forma quasi media von beschränkter Existenzdauer, wie für Franciscus de Marchia, und noch viel weniger eine bloße species oder similitudo der ursprünglichen vis motrix, wie für Olivi, sondern sie ist wie diese ursprüngliche Kraft selbst eine eigentliche Qualität, die die volle physische Wirklichkeit<sup>11</sup> und ein permanentes Sein hat. Freilich ist damit nicht gesagt, daß sie unvergänglich, *incorruptibilis*, ist: sie ist vielmehr, wie alle realen Akzidentien, zerstörbar *a contrario agente*. Und da es sich wahrscheinlich um eine qualitas motiva im eigentlichen Sinn handelt, sind die zerstörenden Faktoren dementsprechend zu denken: es dürften dieselben sein, die der lokalen Bewegung als solcher entgegenwirken, nämlich äußere Widerstände und innere Tendenzen, mit denen das mobile selbst seinem motor widerstrebt (*resistentia* und *inclinatio contraria*).

Bei Nicolaus von Oresme nimmt der Impetus dann eine etwas andere Gestalt an. Er glaubt Buridans Theorie korrigieren zu müssen auf Grund einer vermeintlichen Erfahrungstatsache, von der im Anschluß

<sup>10</sup> Für Ockham ist der Begriff *motus* ja lediglich ein Nomen, ein Substantiv, das an die Stelle der Verbalaussage tritt: *aliquid movetur*.

<sup>11</sup> Der Impetus Buridans ist durchaus keine „nichtmaterielle Kraft“, wie H. Lange (a.a.O. 160) annimmt, sondern eine materielle, körperliche. Übrigens würde der Ausdruck „vis immateriata“, den Lange in diesem Zusammenhang gebraucht — in der Terminologie des 14. Jahrhunderts begegnet er nicht —, ja auch genau das meinen: eine in die Materie eingegangene, materielle, aber nicht eine immaterielle Kraft.

an ein falsch verstandenes Aristoteleswort viele scholastische Denker überzeugt waren: es ist das Scheinphänomen der anfänglichen Wurfbeschleunigung. Ein geschleuderter Körper soll erst nach einiger Zeit die Akme seiner Geschwindigkeit erreichen, statt vom ersten Moment an eine Retardierung zu erfahren. Buridan hatte erklärt, er habe diese Beobachtung nicht gemacht und wisse nicht, ob sie stimme; jedenfalls trägt er ihr in seiner Impetustheorie keine Rechnung. Oresme dagegen baut die seine völlig auf diesem Scheinphänomen auf und kommt aus diesem Grund dazu, im Impetus nicht die Ursache einer konstanten Geschwindigkeit, sondern einer Beschleunigung zu sehen. Es ist dies ein Kraftbegriff, der dem Newtonschen schon sehr verwandt ist. Aber es ist bei einem Ansatz geblieben, der nicht frei ist von Unklarheiten und Unstimmigkeiten, so daß diese Modifikation der Impetustheorie kaum Beachtung gefunden hat. Noch in einem andern Punkt weicht Oresme von Buridan ab: er gibt den Gedanken wieder auf, daß der Impetus permanenter Natur sei, und nimmt wie Franciscus de Marchia an, daß er unabhängig vom Vorhandensein zerstörender Kräfte nach einiger Zeit von selbst erlischt. In dieser Beziehung wurde seine Ansicht in der Folgezeit von den meisten Vertretern der Impetustheorie geteilt<sup>12</sup>: nur ganz wenige, unter ihnen vor allem Albert von Sachsen, sind mit Buridan von der Permanenz des Impetus überzeugt.

Einer derartigen Wesensbestimmung des Impetus gegenüber kann natürlich nicht einmal die Vermutung auftauchen, daß sie die Entdeckung des Trägheitsprinzips in irgendeiner Form einschließt. Das ist nur bei Buridans Fassung des Begriffs möglich. Und in der Tat haben wir, wie gesagt, bei ihm eine Stelle, die eine solche Interpretation möglich erscheinen läßt. Sie findet sich in seinem Metaphysikkommentar<sup>13</sup> anläßlich der Frage: „*utrum quot sunt motus caelestes, tot sint intelligentiae*“, und lautet:

Vos scitis quod multi ponunt, quod proiectum post exitum a proiciente movetur ab impetu dato a proiciente et movetur quamdiu durat impetus fortior quam resistentia; et in infinitum duraret impetus, nisi diminueretur et corrumpetur a resistente contrario vel ab inclinante ad contrarium motum.

Dieser Satz scheint wirklich im Rahmen der Impetustheorie ein Analogon zum Prinzip der Erhaltung der Bewegung darzustellen. Buridan sagt zwar nicht, daß die Bewegung des *proiectum separatum*, wenn

<sup>12</sup> Ohne daß jedoch eine eigentliche Abhängigkeit von Oresme angenommen werden müßte oder auch nur könnte: dazu hat seine Impetustheorie eine viel zu geringe Wirkung gehabt. Die Vorstellung eines von selbst vergehenden Impetus wurde einfach von fast allen Anhängern der Theorie für näherliegend, natürlicher, evidenter gehalten als die Annahme einer permanenten *qualitas motiva*.

<sup>13</sup> Metaph. XII qu. 9. Derselbe Gedanke ist, in weniger prägnanter Form, auch im Physikkommentar bei der Darlegung der Impetushypothese ausgesprochen (Phys. VIII qu. 12).

keine Widerstände da wären, in alle Ewigkeit weiterdauern würde, aber er sagt, daß die Kraft, die diese Bewegung verursacht, unter den angenommenen Bedingungen in alle Ewigkeit weiterdauern würde: und das scheint offensichtlich dasselbe zu sein. Aber ist es tatsächlich dasselbe?

Zunächst ist zu beachten, daß die Schlüsse, die Buridan aus dieser Bemerkung ziehen will und um derentwillen er sie macht, sich nicht auf die irdischen Bewegungen, sondern auf die Himmelsbewegungen beziehen. Die Stelle geht nämlich so weiter:

Et in motibus caelestibus nullum est resistens contrarium, ideo cum in creatione mundi Deus quamlibet sphaeram movit qua velocitate voluit, ipse cessavit a movendo, et per impetum illis sphaeris impressum semper postea duraverunt illi motus.

Es wäre also möglich, das will Buridan sagen, die Himmelsbewegungen ohne die Annahme von Intelligenzen, rein aus mechanischen Kräften heraus zu erklären. Dieser Gedanke stellt eine ziemlich gewagte Hypothese dar, nicht nur vom Standpunkt der *domini theologi* aus, denen er vorsichtig die letzte Entscheidung überläßt, sondern auch unter physikalischem Gesichtspunkt. Wir werden es noch sehen. Zunächst genügt uns die Feststellung, daß Buridan bei der Formulierung seines „Trägheitsprinzips“ an die himmlischen und nicht an die irdischen Bewegungsvorgänge gedacht hat.

Aber könnte es nicht doch für die irdische Mechanik gelten, auch wenn das nicht ausdrücklich gesagt ist? Um hier eine Antwort zu finden, müssen wir zunächst fragen, welches denn die Widerstände sind, die einem Impetus entgegenwirken, und in welcher Weise von ihnen abgesehen werden kann. Die scholastischen Denker pflegen zu unterscheiden zwischen den äußeren Widerständen, die bei einer Bewegung auf das mobile hemmend einwirken, und den inneren, die das mobile selbst seinem Beweger entgegensetzt. Praktisch kommt für den Impetus als äußere *resistentia* nur der Reibungswiderstand des Mediums in Frage, von dem leicht zu abstrahieren ist; der der etwaigen festen Unterlage wird im allgemeinen sowieso nicht in Rechnung gezogen. Also die „äußeren“ Hindernisse bieten keine Schwierigkeit. Die „inneren“ bestehen aus den natürlichen Tendenzen, die ein materieller Körper hat und die jeder gewaltsam aufgezwungenen Bewegung einen Widerstand, eine *inclinatio contraria*, entgegensetzen. Zu ihnen gehört in erster Linie die *gravitas*, die Schwerkraft: die aristotelisch-scholastische Philosophie erklärt ja den freien Fall eines schweren Körpers nicht aus der Wirkung einer wie auch immer gearteten äußeren Kraft, sondern aus einer inneren Tendenz, einem Hinstreben auf den „natürlichen Ort“, d. h. nach dem Weltmittelpunkt, der mit dem Erdzentrum zusammenfällt. Theoretisch kann man also eigentlich von dieser Ten-

denz, die zum Wesen und zur Natur des schweren Körpers gehört, nicht abstrahieren, aber in gewissen Fällen ist sie praktisch als Widerstand ausgeschaltet: wenn nämlich die Bewegung auf einer ebenen Unterlage erfolgt oder, genauer, auf der Erdoberfläche mit konstantem Abstand vom Erdmittelpunkt. Eine rollende Kugel, ein Wagen, der angestoßen worden ist und sich noch weiterbewegt, sind Beispiele für einen *motus separatus*, bei dem der Gravitationswiderstand tatsächlich ausgeschaltet ist.

Aber es bleibt noch ein anderer innerer Widerstand, der dem Impetus entgegenwirkt und ihn zu zerstören bestrebt ist. Ein ruhender Körper setzt jeder *vis motrix*, die ihn in Bewegung setzen will, einen Widerstand entgegen: in diesem Punkt sind sich die scholastische und die klassische Mechanik einig. Aber wenn es sich um den in Bewegung befindlichen Körper handelt, gehen die Ansichten auseinander. Betrachten wir zunächst nicht den *motus separatus* eines fliegenden Pfeils oder einer rollenden Kugel, sondern den *motus coniunctus*, in dem *movens* und *motum* verbunden (und beide in Bewegung) sind: etwa einen von Pferden oder von *Sortes* gezogenen oder gestoßenen Wagen. Für die klassische Mechanik setzt ein derartiges mobile im Zustand der gleichförmigen Bewegung seinem Beweger keinen Widerstand entgegen, wohl aber für die Auffassung der Scholastik, und zwar genau denselben wie der ruhende Körper. Das ist die Grundvoraussetzung der ganzen aristotelisch-scholastischen Mechanik. *Omne quod movetur, ab aliquo movetur*: die Bewegung ist in jedem Moment etwas, das von einem fremden *agens* erzeugt wird; an sich und den Gesetzen seiner eigenen Natur nach ruht der materielle Körper. Er ist darum virtuell auch immer in Ruhe, wenn er gewaltsam bewegt wird, und in jedem Moment muß das *movens* den Trägheitswiderstand des Körpers überwinden, der immer derselbe bleibt, ob der Körper sich im Zustand der Ruhe oder im Zustand der Bewegung befindet. Andererseits ist es den scholastischen Naturphilosophen des 14. Jahrhunderts, die anfangen, auf Erfahrungstatsachen zu achten, nicht entgangen, daß „scheinbar“ weniger Kraft erforderlich ist, um einen schon in Bewegung befindlichen Wagen weiterzubewegen, als um einen ruhenden in Bewegung zu versetzen. Aber diese *experientia* wurde entweder als eine Täuschung nachgewiesen<sup>14</sup> oder in anderer Weise erklärt, etwa so, daß die *vis motrix*, die auf ein ruhendes mobile zu wirken beginnt, noch nicht sofort auf alle seine Teile einwirkt, sondern daß die *applicatio* der Kraft erst allmählich erfolgt, womit dann sowohl die anfängliche Beschleunigung wie der „scheinbar“ größere Kraftverbrauch erklärt ist.

<sup>14</sup> Ein sehr anschauliches Beispiel dafür haben wir in *Vorläufer Galileis*, 152, mitgeteilt.

Auf jeden Fall setzt, nach Ansicht unserer Philosophen, der gezogene oder gestoßene Wagen dem Sortes einen Widerstand entgegen, der seinem Wesen nach ein Streben ist, in jedem Moment den gewaltsam gestörten Ruhezustand wiederherzustellen (während er nach dem Trägheitsprinzip der klassischen Mechanik die Tendenz hat, den Zustand der gleichförmigen Bewegung beizubehalten). Und was für den *motus coniunctus* gilt, das gilt natürlich auch für den *motus separatus*, d. h. für den Widerstand, den ein geschleuderter Körper oder eine rollende Kugel dem *Impetus* entgegensetzt.

Die Naturphilosophen des späteren 14. Jahrhunderts haben diesen Trägheitswiderstand des bewegten Körpers als *inclinatio ad quietem* bezeichnet<sup>15</sup>. Der erste Autor, bei dem dieser Begriff in voller Klarheit begegnet, ist Nicolaus von Oresme. Buridan hat ihn noch nicht in expliziter Form. Leider ist ja Oresmes Kommentar zur aristotelischen Physik verloren, in dem er sich *ex professo* über die Impetustheorie und wohl auch über diesen Punkt geäußert hat. Aber wir haben auch in den uns erhaltenen Werken genügend Stellen, die uns Aufschluß geben. Schon in seinen wahrscheinlich sehr frühen Quästionen zu der Sphaera des Johannes de Sacrobosco finden wir eine interessante Äußerung; sie lautet: *omne mobile quod resistit alicui motori, inclinatur ad quietem vel ad motum oppositum*<sup>16</sup>. Und in seinen lateinischen Quästionen zu *De caelo et mundo*, die gleichfalls ein relativ frühes Werk sind, begegnet dieselbe Vorstellung<sup>17</sup>. Oresme will zeigen, daß die Himmelsbewegung sich ohne Widerstand vollzieht, und es geschieht mit folgender Überlegung: *... caelum non resistit (motori), quod statim patet, quia tunc caelum inclinaretur ad quietem vel motum contrarium, et si ita esset, tunc moveretur violente*. Und noch einmal, im selben Zusammenhang: *Etiam non est resistentia extrinseca, quia (caelum) non movetur dividendo medium sicut grave, nec intrinseca, quia non habet inclinationem ad motum oppositum aut quietem*<sup>18</sup>. Damit ist indirekt gesagt, welches die Widerstände bei einer irdischen gewaltsamen Bewegung sind: die *resistentia extrinseca* des Mediums

<sup>15</sup> Diese *inclinatio ad quietem*, auf die wir als erste aufmerksam gemacht haben, hat vielfach Erstaunen und Skepsis ausgelöst. Man hat uns sogar einmal vorgeworfen, wir hätten diesen Trägheitswiderstand mehr oder weniger erfunden. Darum seien hier eine Reihe von Stellen zitiert, die diese Bedenken und Einwände beheben dürften (vgl. übrigens auch *Metaphysische Hintergründe*, 363 ff.).

<sup>16</sup> *Ista patet*, so fügt Oresme hinzu, *quia si bene consideres, resistentia non videtur esse aliquid aliud*. Eine Handschrift dieser Quästionen findet sich im Codex Vat. lat. 2185, fol. 71<sup>r</sup>—77<sup>v</sup> (die zitierte Stelle steht in qu. 9, fol. 75<sup>v</sup>).

<sup>17</sup> Auch diese Quästionen sind nur handschriftlich erhalten. Wir benützen (in Mikrofilm) das Erfurter Ms. Ampl. Qu. 299; die zitierten Stellen finden sich in der Quaestio „*utrum caelum moveatur sine fatigatione*“, fol. 27<sup>r-v</sup>.

<sup>18</sup> Eine analoge Äußerung aus Oresmes spätem französischem Kommentar zu *De caelo et mundo* werden wir weiter unten noch in einem andern Zusammenhang zitieren.

und der innere Widerstand, der aus zwei Komponenten besteht: einer entgegengesetzten Bewegungstendenz — der gravitas — und der inclinatio ad quietem, d. h. dem Trägheitswiderstand.

Auf diese Stelle in Oresmes lateinischem De-caelo-Kommentar bezieht sich ganz deutlich der Buridan- und Oresme-Schüler Dominicus de Clavasio in seinen Quästionen zu De caelo et mundo<sup>19</sup>. Auch er will zeigen, daß bei der Himmelsbewegung das mobile seinem motor keinen Widerstand leistet: . . . patet, nam si (intelligentia moveret cum resistentia) hoc esset vel quia (caelum) inclinaretur ad quietem vel ad motum oppositum, quod neutrum potest dari. Auch Albert von Sachsen dürfte sich an dieselbe Oresme-Stelle anlehnen, wenn er schreibt<sup>20</sup>: caelum non resistit motori . . . nam si resisteret motori, tunc inclinaretur ad quietem vel ad motum contrarium, et si ita esset, tunc caelum moveretur violente. Bei ihm haben wir auch eine Stelle, in der die inclinatio ad quietem ausdrücklich als ein den Impetus zerstörendes Moment eingeführt wird: talis impetus corrumpitur per . . . inclinationem ipsius mobilis ad quietem<sup>21</sup>.

Wenn diese „inclinatio ad quietem“ bei den Früheren noch nicht begegnet — auch für Buridan besteht der innere Widerstand des mobile gegen den Impetus einfach in einer „inclinatio contraria“ o. ä., die nicht näher analysiert wird —, so ist damit nicht gesagt, daß Oresme mit ihr ein neues Moment eingeführt hat. Er ist vielmehr, wie in manchen sonstigen Fällen, lediglich in der Analyse der Begriffe weiter gegangen als andere und hat eine Komponente in expliziter Form herausgestellt, die die Früheren in der *resistentia qua mobile resistit motori* implicite mitgedacht haben, und zwar ganz allgemein, nicht nur im Spezialfall der vom Impetus verursachten Bewegung. Betrachten wir, um uns davon zu überzeugen, noch einmal den gewöhnlichen Fall des motus coniunctus, mit dem sich etwa das von Sortes gezogene oder geschobene mobile bewegt. Wodurch wird nach Ansicht der scholastischen Philosophen der Widerstand, den dieses mobile (auf ebener Bahn) seinem Beweger entgegengesetzt, gemessen? Auf diese Frage gibt es nur eine Antwort, die für alle gilt, die sich mit derartigen Problemen beschäftigt haben: durch das Gewicht, das pondus. Wenn bei der Kommentierung der Regeln, die Aristoteles im siebten Buch der Physik

<sup>19</sup> Lib. II qu. 1: utrum caelum moveatur cum fatigatione et pena. Eine Handschrift dieser Quästionen haben wir im Vat. lat. 2185, fol. 1<sup>r</sup>—20<sup>v</sup> (die zitierte Stelle fol. 13<sup>v</sup>).

<sup>20</sup> In seinem Kommentar zu De caelo et mundo (der mehrfach ediert ist, u. a. Venedig 1492), lib. II qu. 9, wo auch er fragt: „utrum caelum moveatur cum pena et fatigatione“.

<sup>21</sup> *Ib.*, qu. 14. Wir haben diese Stelle und den (nicht ganz klaren) Zusammenhang, in dem sie steht, schon früher wiedergegeben (*Zwei Grundprobleme*, 269 f.). Hier interessiert uns nur die ausdrückliche Einführung der *inclinatio ad quietem* als eines den Impetus zerstörenden Widerstands.

über die Beziehungen von Kraft, Widerstand und Geschwindigkeit aufgestellt hat, von Verdoppelung oder Halbierung des Widerstands die Rede ist, so ist das ganz selbstverständliche Maß dieser Unterschiede das Gewicht der bewegten Körper, obwohl es sich immer um horizontale Bewegungen handelt, bei denen lediglich die Trägheit, aber nicht die Schwere in Betracht kommt. Ähnlich liegt der Fall bei den Diskussionen über maxima und minima: gibt es ein größtes Gewicht, das Sortes gerade noch, oder ein kleinstes, das er gerade nicht mehr bewegen kann? Wieder ist in den meisten Fällen eine Bewegung des Schiebens oder Ziehens und nicht ein Hochheben gemeint. Kurz gesagt: die scholastischen Philosophen haben noch nicht zwischen träger und schwerer Masse unterschieden; mindestens nicht in terminologischer Beziehung. Das kommt erst mit Oresme, der andererseits auch klar gesehen hat, daß die beiden inneren Tendenzen des gewaltsam bewegten Körpers, die er unterscheidet, im herkömmlichen Begriff der Schwere mitgedacht sind. Er sagt es in seinem französischen Kommentar zu *De caelo et mundo*, der als *Traité du ciel et du monde* bekannt ist, bei Erörterung der Textstelle: „Et le ciel est meu sanz labour ou travail“<sup>22</sup>. Hier heißt es: *Car la cause pourquoy telles choses comme sont hommes et bestes, ont labour et travail ou poine en mouvant elles meismes ou autres choses pesantes, est pour ce que pesanteur les encline a reposer ou a estre meues d'autre mouvement aucunement contraire . . .* Und dann noch einmal: *Mais le ciel n'a ne en soy ne dehors pesanteur ne quelcunque autre chose qui l'encline a repos ou a autre mouvement que le sien . . .*

Zu der *inclinatio contraria* des bewegten Körpers, die der Impetus bei der Bewegung zu überwinden hat, gehört also jedenfalls auch schon für Buridan — ohne daß er es ausdrücklich sagt — die Tendenz, in die Ruhelage zurückzukehren. Das ist natürlich ein Widerstand, von dem in keiner Weise, weder theoretisch noch praktisch, abgesehen werden kann. Die Bedingung für eine unendliche Dauer des Impetus, die Buridan in jener Stelle seines Metaphysikkomentars formuliert, ist also jedenfalls bei irdischen Bewegungen unerfüllbar.

Aber fragen wir trotzdem weiter: Was würde geschehen, wenn sie erfüllbar wäre? Wenn ein irdischer Impetus unter Absehung von allen Widerständen wirken könnte, würde sich dann wirklich ein Analogon zum Trägheitsprinzip ergeben? Auch diese Frage ist zu verneinen: in einem solchen Fall würde nach der Auffassung der Scholastik überhaupt keine Bewegung, kein *motus* im eigentlichen Sinn zustande kommen, sondern eine *mutatio*, d. h. kein sukzessiver, *in tempore* sich vollziehender Prozeß, sondern eine *in instanti* erfolgende Ortsveränderung.

<sup>22</sup> Livre II chap. 3. Der *Traité* ist ediert von A. D. Menuet und A. J. Denomy in: *Mediaeval Studies*, Bd. III—V (1941—43; die zitierte Stelle Bd. IV, 174).

Was ein Impetus bewirken würde, wenn — per impossibile — alle Widerstände ausgeschaltet werden könnten, wäre also nicht eine Bewegung von unendlicher Dauer, sondern von unendlicher Geschwindigkeit. Die Grundregel der ganzen scholastischen Mechanik besagt ja, daß die Geschwindigkeit abhängt vom Quotienten aus Kraft und Widerstand. Je kleiner bei gegebener vis motrix die resistentia ist, desto größer ist die resultierende Geschwindigkeit, und sie wird notwendig unendlich, wenn die Größe des Widerstands gegen Null geht. Das gilt ganz allgemein für alle natürlichen Kräfte, die ein räumlich ausgedehntes, physisches *subiectum* haben oder, wie der aristotelische Ausdruck lautet, die *in magnitudine* sind und wirken. Nur die *motores separati*, die die Himmel bewegen, sind diesem Gesetz nicht unterworfen. Denn die Intelligenzen sind keine physischen, sondern spirituelle Kräfte, die *intellectu et voluntate* bewegen, und nicht *de necessitate naturae*; für sie — und nur für sie — besteht darum die Möglichkeit, eine Bewegung zu bewirken, die ohne Widerstände und doch mit endlicher Geschwindigkeit erfolgt.

Das ist der Grund, warum Buridans Versuch, die Intelligenzen durch Impetus zu ersetzen, auch vom Standpunkt des Naturphilosophen aus etwas gewagt erscheint. Denn ein Impetus, auch ein himmlischer, ist kein motor separatus mehr, für den die erwähnte Ausnahmeregel gilt, sondern eine gewöhnliche mechanische Kraft, die den allgemeinen Gesetzen folgt. Buridan selbst berührt diese Schwierigkeit nicht. Aber Nicolaus von Oresme hat sie gesehen und hat auch in dieser Beziehung Buridan korrigieren wollen. Interessant für diese Frage ist eine seiner frühen Quästionen zu De sphaera, und zwar dieselbe, aus der wir schon eine Äußerung zitiert haben. Sie lautet: „utrum illa conditionalis sit vera: si motor caeli esset in magnitudine, moveret in instanti.“ Oresmes Entscheidung, die, wie wir annehmen möchten, gegen Buridans These gerichtet ist, ist in fünf *conclusiones* zusammengefaßt<sup>23</sup>:

Prima conclusio, quod in ipso caelo non est aliqua resistentia per quam resistat motori. — Secunda conclusio, quod omnis virtus naturalis, quae est sicut qualitas, potest movere cum aliqua resistentia. — Tertia conclusio, quod si aliqua virtus naturalis applicetur passo non habente resistentiam, ipsa moveret illud in instanti. — Quarta conclusio, quod omnis virtus, quae est in magnitudine inhaerente, est virtus naturalis et non voluntaria. — Ultima conclusio, quod si virtus movens caelum esset in magnitudine, tunc moveret caelum in instanti. Probat: quia si esset in magnitudine, esset virtus non voluntaria, sed naturalis per quartam conclusionem; et si ita esset, tunc posset movere caelum sine resistentia in instanti per tertiam conclusionem, quia caelum nullam habet resistentiam per primam conclusionem.

<sup>23</sup> Var. lat. 2185, fol. 75<sup>r-v</sup>. Wir geben nur die Thesen wieder, ohne die Beweise (mit Ausnahme des letzten).



Später ändert Oresme dann seine Ansicht. In dem späten — 1377 entstandenen — „*Traité du ciel et du monde*“ nimmt auch er wie Buridan an, daß die Himmel durch mechanische Kräfte bewegt werden, die er allerdings nicht den irdischen Impetus parallel setzt, sondern in allgemeinerer Form als inhärierende *qualitates motivae* faßt. Unter dieser Voraussetzung sind dann auch bei den *motus caelestes* Widerstände anzunehmen. Der Versuch einer näheren Bestimmung führt zu der Hypothese, daß die *resistentia*, die die Himmel den sie bewegenden Kräften entgegensetzen, in der Tendenz besteht, die eigene Geschwindigkeit beizubehalten: *car la resistance qui est au ciel ne l'encline pas à autre mouvement ne a repos, mais seulement a ce que il ne soit me plus ysnellement*<sup>24</sup>. Mit dieser Annahme hat Oresme nun in der Tat das spätere Trägheitsprinzip in seinem wesentlichen Gehalt ausgesprochen: ein gleichförmig bewegtes mobile hat das Bestreben, seine Geschwindigkeit beizubehalten — es hat keine Tendenz weder zu einer andern Bewegung noch zum Ruhezustand —, und es setzt jedem Versuch einer Beschleunigung einen Widerstand entgegen. Aber dieses Prinzip gilt wieder nur für die Himmelsmechanik und nicht für die irdischen Verhältnisse. Andererseits hat Oresme seinen Impetus, wie wir wissen, ganz in Analogie zur späteren Newtonschen Kraft aufgefaßt: als Ursache einer Beschleunigung, nicht als Ursache einer konstanten Geschwindigkeit. Doch diese Annahme gilt umgekehrt nur für die irdische Mechanik und nicht für die der Himmelsbewegungen. Hätte Oresme die beiden Hypothesen, die ja eigentlich nur zwei Komponenten desselben Gedankens darstellen, vereinigt, so könnten wir mit vollem Recht in ihm den ersten Entdecker des Trägheitsprinzips sehen. Aber er hat es eben nicht getan. Und da seine Auffassung des Impetus, wie wir schon sagten, kaum Beachtung und jedenfalls keine Weiterentwicklung gefunden hat, ist sein Gedanke auch nicht von anderer Seite zu Ende gedacht worden.

Buridan selbst geht, wie gesagt, auf die Frage nicht ein, ob auch ein Impetus die Himmel ohne Widerstand bewegen würde wie ein motor separatus oder ob gewisse besonders geartete Widerstände anzunehmen sind, die dem Impetus Gleichgewicht halten, ohne ihn zu zerstören. Das Ganze ist ja nur eine kaum skizzierte Hypothese und keine ausgearbeitete Theorie. So hat Buridan hier auch noch einen weiteren Punkt vernachlässigt, über den er sich jedoch in einem andern Zusammenhang in ganz eindeutiger Weise äußert. Es ist nämlich gar nicht selbstverständlich, daß das Fehlen von Widerständen schon eine hinreichende Bedingung für die unendliche Dauer der Himmelsbewegungen ist.

<sup>24</sup> Livre II chap. 3 (a.a.O.).

Damit kommen wir zu einer letzten Frage, von der aus noch einmal — von einer ganz andern Seite her — ein gewisses Licht auf das Wesen des scholastischen Impetus fällt. Wenn ein ohne Widerstände wirkender Impetus im Bereich des irdischen Geschehens eine Bewegung von endlicher Geschwindigkeit erzeugen könnte, würde eine solche Bewegung dann in alle Ewigkeit weiterdauern? Diese Frage wurde von den scholastischen Philosophen zwar nicht ausdrücklich gestellt, aber tatsächlich beantwortet. Das Problem der Bewegungsdauer und ihrer Ursache — d. h. die Frage, wovon *ceteris paribus* die mehr oder weniger lange Dauer einer Bewegung abhängt — ist nämlich ein Kapitel für sich, das unabhängig ist einerseits von den Bewegungsregeln, die die Beziehungen zwischen Kraft, Widerstand und Geschwindigkeit zum Gegenstand haben, und andererseits von der Theorie des motus proiectus. Der Zusammenhang, in dem es erörtert zu werden pflegt, ist die viel diskutierte Frage — die zu Beginn des achten Buchs der Physik ihre Stelle hat, aber auch das Thema zahlreicher Einzelquästionen bildet —, ob aus der unendlichen Dauer der Himmelsbewegungen<sup>25</sup> auf die intensive Unendlichkeit des ersten Bewegers geschlossen werden kann bzw. ob Aristoteles diesen Schluß ziehen wollte oder nicht. Das Problem ist, anders gesagt, dieses: Setzt eine gleichförmige, unendlich dauernde, widerstandslose Bewegung eine unendlich große Kraft voraus, oder würde eine endliche genügen? Es ist die Umkehrung der Frage, die wir gestellt haben: Würde ein (endlicher) Impetus unter den — per impossibile — angenommenen Bedingungen in alle Ewigkeit weiterwirken?

Das Problem wurde, wie gesagt, viel diskutiert und hat verschiedenartige Lösungen gefunden. Nur über einen Punkt, von dem die Erörterung ihren Ausgang zu nehmen pflegte, war man sich durchweg einig, und zwar in dem Maß, daß überhaupt niemals die Möglichkeit einer andern Auffassung in Betracht gezogen wurde. Es ist die Regel, daß normalerweise, nach den Gesetzen des irdischen Naturgeschehens, für eine länger dauernde Bewegung *ceteris paribus* „mehr“ *virtus* oder „mehr“ *potentia* erforderlich ist als für eine kürzere: *movere per duos dies est maioris virtutis quam movere per unum tantum*. Daraus folgt dann natürlich, daß für eine unendlich dauernde Bewegung unendlich viel *virtus* erforderlich ist; und das Problem ist letzten Endes das, in welcher Weise die hier gemeinte Unendlichkeit der *virtus* oder *potentia* zu verstehen ist. Aber bleiben wir zunächst bei der Regel, die den Ausgangspunkt der weiteren Überlegungen bildet. Mit ihr ist unsere Frage im Grunde schon beantwortet. Denn die Bewegung, auf die sie sich

<sup>25</sup> Die für Aristoteles tatsächlich, für die christlichen Philosophen möglich ist (mindestens *ex parte post*).

bezieht, ist ja die Himmelsbewegung, d. h. eine widerstandslos, mit konstanter Geschwindigkeit sich vollziehende Bewegung: kurz, das scholastische Analogon zur Inertialbewegung. Für eine solche Bewegung also gilt, daß eine größere *virtus* oder *potentia* erforderlich ist, um dasselbe mobile unter denselben Bedingungen mit derselben Geschwindigkeit zwei Tage lang, als um es einen einzigen Tag zu bewegen. Es liegt auf der Hand, daß das „Größer“ und „Kleiner“, das sich in dieser Weise auswirkt, ein anderes Moment in der Bewegungsursache betreffen muß als die Unterschiede, die sich bei gleichbleibenden Widerständen in der Intensität der Geschwindigkeit manifestieren. Um es kurz zu sagen — wir haben an anderer Stelle das alles ausführlicher dargelegt<sup>26</sup> —: die *potentia* oder *virtus*, von der *ceteris paribus* die Dauer der Bewegung abhängt, ist für die Naturphilosophen des 14. Jahrhunderts in letzter Analyse nichts anderes als eine Art von Energievorrat, der sich in Bewegung umsetzt und der natürlich um so länger dauert, je „größer“ er ist. Jede Bewegung verbraucht in diesem Sinn Energie — wir dürfen daran erinnern, daß diese Begriffe immer *cum grano salis* zu verstehen sind —, auch die Himmelsbewegungen; und die ewige Dauer dieser letzteren ist in der Tat zu erklären aus einer gewissen Unendlichkeit, nur daß es sich nicht um eine unendliche Intensität handelt, sondern um eine Unerschöpflichkeit oder *infatigabilitas*, die einer unendlichen Energiemenge entspricht<sup>27</sup>.

Es gibt also in der Tat Bewegungskräfte, die sogenannten *vires infatigabiles* oder *intransmutabiles*, die anders als die gewöhnlichen irdischen Kräfte beliebig lange Zeit bewegen können, ohne sich zu verbrauchen. Für sie, und nur für sie, gilt jene Regel nicht, daß die länger dauernde Bewegung „mehr“ Kraft erfordert als die kürzere: *quia* — so formuliert etwa Walter Burley<sup>28</sup> — *non maior virtus requiritur in motore infatigabili ad movendum per duos dies quam per unum diem, nec requiritur maior virtus ad movendum per octo dies quam per unum diem et sic multiplicando in infinitum*; oder, wie Buridan sich ausdrückt<sup>29</sup>: *quia sufficit ad movendum perpetuo tempore virtus quan-*

<sup>26</sup> Das Lehrstück von den „*vires infatigabiles*“ in der scholastischen Naturphilosophie (Archives internationales d'histoire des sciences 1952, 6 ff.); und *Metaphysische Hintergründe*, Kap. IV.

<sup>27</sup> Es sei noch ein Wort zur Terminologie gesagt, um eventuelle Mißverständnisse auszuschließen: die *infatigabilitas*, von der in den Kommentaren zu Phys. VIII (und in den verwandten Quästionen) die Rede ist, steht in keinem direkten Gegensatz zu der *fatigatio*, die in den oben (Anm. 17—20) erwähnten Quästionen zu *De caelo* betrachtet wird. Bei der letzteren handelt es sich — wie die Philosophen des 14. Jahrhunderts zu unterscheiden pflegen — um eine *fatigatio in operando* (oder *in ordine ad effectum*), bei der ersteren um eine *infatigabilitas* (oder *perpetuitas*) *in essendo*, die nicht nur wie die andere durch das Fehlen von Widerständen garantiert ist, sondern ein besonderes ontologisches Moment darstellt.

<sup>28</sup> Phys. VIII tract. 4 (edd. Venedig 1482 und 1491).

<sup>29</sup> Phys. VIII qu. 9. In ähnlicher Weise äußert er sich auch in *Metaph.* XII qu. 6.

tumcumque parva, dum tamen ipsa sit intransmutabilis, quia talis qua ratione potest movere per unam horam, et eadem ratione per omne tempus. Die Kräfte, die diese Besonderheit haben, sind außer dem Primum movens selbst alle diejenigen, und nur sie, die gewissermaßen *ut organa et ut instrumenta* des ersten Bewegers bewegen und unmittelbar aus der unendlichen Energiequelle heraus, die dieser darstellt: nämlich die die Himmel bewegenden *potentiae*, ob sie nun in traditioneller Weise als Intelligenzen, d. h. als *motores separati*, gedacht werden, oder, wie Buridan wollte, als *Impetus*, die von Gott selbst im Moment der Schöpfung den Sphären mitgeteilt wurden. Denn auch in diesem letzteren Fall besteht die Beziehung auf den ersten Beweger, die die *infatigabilitas* garantiert.

Umgekehrt könnte ein irdischer *Impetus* eine unbegrenzt dauernde Bewegung nur dann hervorbringen, wenn er gleichfalls eine *vis infatigabilis* wäre, d. h. wenn er entweder selbst eine unendliche Energiequelle wäre oder auf eine solche als „Organ und Instrument“ bezogen werden könnte. Aber das ist natürlich nicht der Fall. Ein von einem Menschen verursachter *Impetus* ist genauso endlich und beschränkt wie die *vis motrix* selbst, deren Ableger er ist. Für ihn gilt darum die Regel, die für alle veränderlichen und zerstörbaren Kräfte gilt: je länger die Bewegung dauert, desto größer — im Sinn der Energiemenge — muß die *vis motrix* sein; und andererseits: die Bewegung dauert so lange, bis der vorhandene Energievorrat, d. h. aber: bis der dem *proiectum* mitgeteilte *Impetus*, verbraucht ist.

Mit diesem Moment in der Wesensbestimmung des *Impetus* ist vielleicht der eigentliche Schlüssel zu seinem Verständnis gegeben. Der *Impetus* ist nicht sowohl eine „Kraft“, für die es in der klassischen Mechanik kein Analogon gibt, als vielmehr eine besondere Art von Energie, für die in der modernen Physik auch jede Parallele fehlt und deren Wesen darin besteht, daß sie sich in Bewegung umsetzt<sup>30</sup>. Und

<sup>30</sup> Das 17. Jahrhundert hat noch sehr wohl eine derartige Energie gekannt. Gassendi und die sich ihm anschlossen — und zu ihnen gehören in dieser Beziehung nicht nur die eigentlichen Atomisten, sondern auch ein Leibniz und Newton (d. h. alle, die nicht mit Descartes auf die Annahme ursprünglicher Kräfte verzichten wollten) — nehmen ja bekanntlich gewisse den letzten Körperteilchen anerschaffene *vires motrices* an, aus denen die Korpuskularbewegungen folgen sollen, die ihrerseits als Grundlage aller irdischen Geschehens betrachtet werden. Diese letzte Atomkraft, oder richtiger Atomenergie, ist für Gassendi nichts anderes „quam naturalis interna facultas sive vis, qua se per seipsam cetera movereque potest atomus, sive mavis quam ingenita, innata, nativa inamissibilisque ad motum propensio et ab intrinseco propulsio atque *impetus*“. Und der Grund, warum nach seiner Ansicht Epikur, über Demokrit hinausgehend, eine die Atombewegung verursachende *vis* eingeführt und sich nicht mit der Annahme von ursprünglichen Bewegungen begnügt hat, ist dieser: *absurdum censuit vim specialem ipsis non attribueri qua talis motus ciceretur; huiusmodi autem est gravitas sive pondus impulsiove ac impetus, qua agi quiddam moveretur constat* (vgl. zu dieser Auffassung und zu diesen Zitaten unsere Veröffentlichung

diese Energie wird *immer* verbraucht, auch im Fall der gleichförmigen Bewegung. Wir haben also auch von dieser Seite her eine grundsätzlich andere Einstellung als die, die im Trägheitsprinzip zum Ausdruck kommt.

Alles in allem müssen wir also doch wohl sagen, daß die Erklärung, die die spätscholastische Impetustheorie für die Bewegung eines *proiectum separatum* gibt, unter vielen Gesichtspunkten verschieden ist von der Auffassung, die die klassische Mechanik von demselben Vorgang hat<sup>31</sup>. Und trotzdem kann man in einem gewissen Sinn sagen, daß die Impetustheorie die Entdeckung des Trägheitsprinzips vorweggenom-

*Die Mechanisierung des Weltbildes im 17. Jahrhundert*, Leipzig 1938, 19f.). Diese den Atomen anerschaffene *vis motrix* ist ihrem Wesen nach offensichtlich nichts anderes als ein scholastischer Impetus, und zwar ein *impetus infatigabilis*, wie Buridan ihn zur Erklärung der Himmelsbewegungen einführen wollte (nur daß die Impetus Gassendis geradlinig bewegen, die Buridans kreisförmig): d. h. eine zwischen Kraft und Energie liegende Potenz, die ohne Widerstände bewegt und in sich selbst unzerstörbar und unerschöpflich ist und deren Wesen darin besteht, daß sie sich in unendlicher Dauer in gleichförmige Bewegung umsetzt. Vom Standpunkt der klassischen Physik aus ist die Annahme einer derartigen Bewegungsursache natürlich völlig überflüssig. Trotzdem haben die großen Begründer der neuen Physik mit wenigen Ausnahmen als *Philosophen*, in der Deutung der Vorgänge im Mikrokosmos (wenn wir so sagen dürfen), an ihr festgehalten und haben den Geltungsbereich des Trägheitsprinzips auf die Mechanik des Makrokosmos beschränkt.

<sup>31</sup> Wir glauben auch nicht, daß in dieser Verschiedenheit nur ein Unterschied zwischen philosophischer Erklärung auf der einen Seite und physikalischer Beschreibung auf der andern zu sehen ist (F. Van Steenberghen hat diesen Gedanken ausgesprochen anlässlich einer Besprechung, die er unsern Arbeiten widmet, *RevPhLouv* 1954, 306). Das Trägheitsprinzip der klassischen Mechanik ist ja nicht nur eine physikalische Theorie, sondern ein naturphilosophisch-metaphysisches Postulat, das in ausgesprochenem Gegensatz steht zu den aristotelischen Postulaten, die die Grundlage der Impetustheorie bilden. Eine Annäherung der spätscholastischen Vorstellungen an die im Inertialprinzip zum Ausdruck kommenden haben wir lediglich in den Versuchen, die Himmelsbewegungen zu erklären, wo eben jene aristotelischen Postulate in Wegfall kommen — und andererseits in gewissen Bemühungen um die Wesensbestimmung der Bewegung als solcher (bei Olivi und Buridan vor allem). Wir haben darauf hingewiesen. — Die aristotelische Definition „*motus est actus entis in potentia secundum quod in potentia*“ allerdings hat mit dieser ganzen problemgeschichtlichen Entwicklungslinie nichts zu tun. Das sei noch ausdrücklich gesagt; es ist uns einmal vorgeworfen worden, daß wir die Interpretation der scholastischen Impetustheorie und die Periodisierung ihrer Geschichte nicht an der Analyse dieser aristotelischen Definition orientiert hätten (von A. Koyré, in der Rezension einer unserer Arbeiten, *Archives internationales d'histoire des sciences* 1951, 769 ff.). Tatsächlich hat die Deutung der Bewegung als „*actus entis in potentia*“ in der scholastischen Naturphilosophie im allgemeinen eine sehr geringe Rolle, und in der Impetustheorie im besonderen gar keine gespielt. Darum ist die zweifellos richtige Feststellung Koyrés, daß von dieser Definition aus kein Weg zu einer dem Trägheitsprinzip verwandten Auffassung der Inertialbewegung führen konnte, ohne Beziehung auf die ideengeschichtliche Situation des 14. Jahrhunderts. Die Bedeutung der spätscholastischen Naturphilosophie liegt ja gerade darin, daß sie auf vielen Gebieten ein gutes Stück über Aristoteles hinausgekommen ist, und zu diesen Gebieten gehört nicht nur die ontologische Deutung der Bewegung, sondern auch die Impetustheorie, die gewiß nicht, wie Koyré will, auf „vor-aristotelischem Niveau“ steht, wenn sie auch andererseits das der klassischen Mechanik noch nicht ganz erreicht hat.

men hat. Allerdings nicht mit ihrer Erklärung der irdischen Inertialbewegung, wohl aber in ihrer Mechanik der *motus caelestes*: in Buridans Hypothese von den unvergänglichen Impetus, die die Himmel in ewig gleichförmiger widerstandsloser Bewegung bewegen, ist tatsächlich das Modell vorweggenommen, das Galilei in einer ersten Phase der Entdeckung des Trägheitsprinzips auf die irdischen Bewegungsvorgänge anwendet. In seinem *Dialogo sopra i due massimi sistemi del mondo* betrachtet er eine auf einer glatten Unterlage rollende Kugel; aber diese Kugel bewegt sich nicht — das wird ausdrücklich gesagt — auf einer Ebene, sondern auf einer Kugelfläche, einer kreisförmigen Bahn, deren Zentrum der Erdmittelpunkt ist<sup>32</sup>. Der Widerstand der Schwere fällt bei dieser Anordnung des Experiments weg, der Reibungswiderstand der festen Unterlage ist praktisch ausgeschaltet, und der der Luft ist zu vernachlässigen. Nachdem die Kugel angestoßen ist und frei rollt, wird sie für Galilei genauso wie für die Philosophen des 14. Jahrhunderts von einem Impetus weiterbewegt; und zwar handelt es sich in diesem Fall — auch das ist für Galilei ohne Diskussion selbstverständlich — um einen kreisförmig bewegenden Impetus, nicht um einen geradlinigen. Es ist also dieselbe Spezies des Impetus wie die, die nach Buridans Hypothese die Himmel bewegen soll. Dem Impetus in Galileis Experiment wirkt wie dem in Buridans Himmelsbewegungen kein zerstörender Widerstand entgegen, denn — und in dieser Annahme besteht eben die implizite Entdeckung des Trägheitsprinzips — das mobile selbst setzt ihm nicht mehr das Bestreben entgegen, in den Ruhezustand zurückzukehren, während andererseits das Fehlen jeglichen Widerstands keine unendliche Geschwindigkeit zur Folge hat. Die Kugel bewegt sich vielmehr mit endlicher konstanter Geschwindigkeit. Und sie würde sich in alle Ewigkeit so weiterbewegen, wenn sie auf keine äußeren Hindernisse treffen würde; mit andern Worten: der sie bewegende Impetus ist eine *vis infatigabilis* genauso wie die Impetus in Buridans Hypothese. Wir finden also in der Tat in dem Gedankenexperiment, mit dem Galilei die irdische Inertialbewegung beschreiben und erklären will, Punkt für Punkt die Vorstellungen wieder, mit denen Buridan sein Modell der *motus caelestes* konstruiert hat. Von hier aus gesehen, besteht die neue Erkenntnis Galileis, mit der er als erster, wenn auch noch in impliziter Form, das Trägheitsprinzip ausgesprochen hat, lediglich in der Übertragung der spät-scholastischen Himmelsmechanik auf die irdischen Verhältnisse.

<sup>32</sup> Opere (ed. Nazionale) VII, 172. — Später, in den *Discorsi intorno a due nuove scienze*, tritt an die Stelle der Kugelfläche eine horizontale Ebene und damit an die Stelle der kreisförmigen eine geradlinige Bewegung, aber der Impetus als Bewegungsursache wird auch dann noch beibehalten (Opere VIII, 268). Im Werk Galileis kann man wirklich Schritt für Schritt verfolgen, wie die neue Mechanik aus der scholastischen Impetustheorie herausgewachsen ist.

Mit dieser Feststellung soll natürlich in keiner Weise eine Vermutung über die tatsächlichen historischen Zusammenhänge und insbesondere über einen direkten Einfluß Buridans auf Galilei zum Ausdruck gebracht werden. Darauf kommt es uns im Moment gar nicht an. Was wir konstatieren wollen, ist lediglich die Tatsache, daß die spätscholastische Impetushypothese, wenn auch nicht als mechanische Theorie im allgemeinen, so doch in einer speziellen Anwendung, die Entdeckung des Trägheitsprinzips im eigentlichsten Sinn vorweggenommen hat.