

863'070

fh PL 3. 2

GALILEO GALILEI

UNTERREDUNGEN UND
MATHEMATISCHE DEMONSTRATIONEN
ÜBER ZWEI NEUE WISSENSZWEIGE,
DIE MECHANIK UND DIE FALLGESETZE
BETREFFEND

ERSTER BIS SECHSTER TAG

ARCETRI, 6. MÄRZ 1638

HERAUSGEGEBEN VON

ARTHUR VON OETTINGEN

WISSENSCHAFTLICHE BUCHGESELLSCHAFT

DARMSTADT
Bibliothek

Erziehungswissenschaften

Bern

AHL/91430

möglich genannt habt, auch wirklich nicht geschieht. Und schliesslich, Herr *Simplicio*, habe ich mich, Euch, Ihr Herrn Philosophen zu Trotz, ermüdet im Nachdenken darüber, wie die Verdichtung und die Verdünnung gedacht werden könne ohne Annahme der Durchdringbarkeit der Körper und ohne Einführung leerer Räume: Vorkommnisse, die Ihr ableugnet und abweist, während, wenn Ihr sie zugestehen wolltet, ich Euch kein so hartnäckiger Widersacher wäre. Entweder nun lasset gelten das Schwierige oder billigt meine Speculationen, oder endlich gebet Besseres.

Sagr. Die Durchdringung möchte ich in Uebereinstimmung mit den Peripatetikern vollständig leugnen. Betreffs des Vacuums möchte ich abwägen den Aristotelischen Beweis, durch den er dasselbe bekämpft, gegen Eure gegenheilige Ansicht. Ich bitte Herrn *Simplicio*, den Beweis der Philosophen uns zu bringen, und Sie Herr *Salviati* werden gütigst antworten.

Simpl. *Aristoteles* bekämpft, soviel ich mich entsinne, die Meinung einiger älterer Philosophen, die das Vacuum als nothwendig einführten, damit eine Bewegung zu Stande komme, da ohne dasselbe eine Bewegung unmöglich sei. Im Gegensatz hierzu beweist *Aristoteles*, dass gerade die Thatsache der Bewegung die Annahme eines Vacuums widerlege; sein Beweis ist folgender. Er discutirt zwei Fälle: erstens lässt er verschiedene Massen in ein und demselben Medium sich bewegen: zweitens ein und dieselbe Masse in verschiedenen Medien. Im ersten Falle behauptet er, dass verschiedene Körper in ein und demselben Medium mit verschiedener Geschwindigkeit sich bewegen, und zwar stets proportional den Gewichten (le gravità); so dass z. B. ein 10 mal grösseres Gewicht sich 10 mal schneller bewege. Im anderen Falle nimmt er an, dass die Geschwindigkeiten ein und derselben Masse in verschiedenen Medien sich umgekehrt wie die Dichtigkeiten verhalten; so dass, wenn z. B. die Dichtigkeit des Wassers 10 mal so gross ist als die der Luft, die Geschwindigkeit in der Luft 10 mal grösser sei, als die Geschwindigkeit im Wasser. Die zweite Behauptung weist er folgender Art nach: Da die Feinheit des Vacuums um ein unendlich kleines Intervall sich unterscheidet von dem körperlich mit allerfeinster Masse erfüllten Raume, so wird jeder Körper, der im erfüllten Medium in einiger Zeit eine gewisse Strecke zurücklegt, im Vacuum sich momentan bewegen; aber eine instantane Bewegung ist unmöglich; mithin ist es unmöglich, dass in Folge der Bewegung ein Vacuum sich bilde.

Salv. Der Beweis ist, wie man sieht, »ad hominem«, d. h. gegen diejenigen gerichtet, welche das Vacuum als für die Bewegung nothwendig erachteten. Wenn ich nun die Schlussfolgerung anerkenne, indem ich zugleich zugebe, dass eine Bewegung im Vacuum nicht statthabe, so wird damit die Annahme eines Vacuums im absoluten Sinne, ohne Rücksicht auf Bewegung, keineswegs widerlegt. Um etwa im Sinne jener Alten zu reden und um besser zu durchschauen, wieviel *Aristoteles* beweist, scheint mir, könnte man alle beide Meinungen verwerfen. Zunächst zweifle ich sehr daran, dass *Aristoteles* je experimentell nachgesehen habe, ob zwei Steine, von denen der eine ein 10 mal so grosses Gewicht hat, als der andere, wenn man sie in ein und demselben Augenblick fallen liesse, z. B. 100 Ellen hoch herab, so verschieden in ihrer Bewegung sein sollten, dass bei der Ankunft des grösseren der kleinere erst 10 Ellen zurückgelegt hätte.

Simpl. Man sieht's aus Ihrer Darstellung, dass Ihr darüber experimentirt habt, sonst würdet Ihr nicht reden vom Nachsehen.

Sagr. Aber ich, Herr *Simplicio*, der ich keinen Versuch angestellt habe, versichere Euch, dass eine Kanonenkugel von 100, 200 und mehr Pfund um keine Spanne vor einer Flintenkugel von einem halben Pfund Gewicht die Erde erreichen wird, wenn beide aus 200 Ellen Höhe herabkommen.

Salv. Ohne viel Versuche können wir durch eine kurze, bindende Schlussfolgerung nachweisen, wie unmöglich es sei, dass ein grösseres Gewicht sich schneller bewege, als ein kleineres, wenn beide aus gleichem Stoff bestehen; und überhaupt alle jene Körper, von denen *Aristoteles* spricht. Denn sagt mir, Herr *Simplicio*, gebt Ihr zu, dass jeder fallende Körper eine von Natur ihm zukommende Geschwindigkeit habe; so dass, wenn dieselbe vermehrt oder vermindert werden soll, eine Kraft angewandt werden muss oder ein Hemmniss.

Simpl. Unzweifelhaft hat ein Körper in einem gewissen Mittel eine von Natur bestimmte Geschwindigkeit, die nur mit einem neuen Antrieb vermehrt, oder durch ein Hinderniss vermindert werden kann.

Salv. Wenn wir zwei Körper haben, deren natürliche Geschwindigkeit verschieden sei, so ist es klar, dass, wenn wir den langsameren mit dem geschwindigeren vereinigen, dieser letztere von jenem verzögert werden müsste, und jener, der langsamere, müsste vom schnelleren beschleunigt werden. Seid Ihr hierin mit mir einverstanden?

Simpl. Mir scheint die Consequenz völlig richtig.

Salv. Aber wenn dieses richtig ist, und wenn es wahr wäre, dass ein grosser Stein sich z. B. mit 8 Maass Geschwindigkeit bewegt, und ein kleinerer Stein mit 4 Maass, so würden beide vereinigt eine Geschwindigkeit von weniger als 8 Maass haben müssen; aber die beiden Steine zusammen sind doch grösser, als jener grössere Stein war, der 8 Maass Geschwindigkeit hatte; mithin würde sich nun der grössere langsamer bewegen, als der kleinere; was gegen Eure Voraussetzung wäre. Ihr seht also, wie aus der Annahme, ein grösserer Körper habe eine grössere Geschwindigkeit, als ein kleinerer Körper, ich Euch weiter folgern lassen konnte, dass ein grösserer Körper langsamer sich bewege als ein kleinerer.

Simpl. Ich bin ganz verwirrt, denn mir will es nun scheinen, als ob der kleine Stein, dem grösseren zugefügt, dessen Gewicht und daher durchaus auch dessen Geschwindigkeit vermehre, oder jedenfalls, als ob letztere nicht vermindert werden müsse.

Salv. Hier begeht Ihr einen neuen Fehler, Herr *Simplicio*, denn es ist nicht richtig, dass der kleine Stein das Gewicht des grösseren vermehre.

Simpl. So? das überschreitet meinen Horizont.

Salv. Keineswegs, sobald ich Euch von dem Irrthume, in dem Ihr Euch bewegt, befreit haben werde: und merket wohl, dass man hier unterscheiden müsse, ob ein Körper sich bereits bewege, oder ob er in Ruhe sei. Wenn wir einen Stein auf eine Wagschale thun, so wird das Gewicht durch Hinzufügung eines zweiten Steines vermehrt, ja selbst die Zulage eines Stückes Werch wird das Gewicht um die 6—10 Unzen anwachsen lassen, die das Werchstück hat. Wenn Ihr aber den Stein mitsammt dem Werch von einer grossen Höhe frei herabfallen lasset, glaubt Ihr, dass während der Bewegung das Werch den Stein drücke, und dessen Bewegung beschleunige: oder glaubt Ihr, dass der Stein aufgehoben wird, indem das Werchstück ihn trägt? Fühlen wir nicht die Last auf unseren Schultern, wenn wir uns stemmen wollen gegen die Bewegung derselben; wenn wir aber mit derselben Geschwindigkeit uns bewegen, wie die Last auf unserem Rücken, wie soll dann letztere uns drücken und beschweren? Seht Ihr nicht, dass das ähnlich wäre, wie wenn wir den mit der Lanze treffen wollten, der mit derselben Geschwindigkeit vor uns herfliehet? Zieht also den Schluss, dass beim freien Fall ein kleiner Stein den grossen nicht drücke und nicht sein Gewicht, so wie in der Ruhe, vermehre.

Simpl. Aber wenn der grössere Stein auf dem kleineren ruhte?

Salv. So würde er das Gewicht vermehren müssen, wenn seine Geschwindigkeit überwöge; aber wir fanden schon, dass, wenn die kleinere Last langsamer fiele, sie die Geschwindigkeit der grossen vermindern müsste, und mithin die zusammengesetzte Menge weniger rasch sich bewegte, als ein Theil; was gegen Eure Annahme spricht. Lasst uns also feststellen, dass grosse und kleine Körper, von gleichem specifischen Gewicht, mit gleicher Geschwindigkeit sich bewegen.

Simpl. Eure Herleitung ist wirklich vortrefflich: und doch ist es mir schwer zu glauben, dass ein Bleikorn so schnell wie eine Kanonenkugel fallen solle.

Salv. Sagt nur, ein Sandkorn so schnell wie ein Mühlstein. Ihr werdet, Herr *Simplicio* nicht, wie Andere, das Gespräch von der Hauptfrage ablenken und Euch an einen Ausspruch anklammern, bei welchem ich um Haaresbreite von der Wirklichkeit abweiche, indem Ihr unter dieses Haar verbergen wolltet den Fehler eines Anderen von Ankertau-Dicke. *Aristoteles* sagt: ein Eisenstab von 100 Pfund kommt von einer Höhe von 100 Ellen herabfallend in einer Zeit an, in welcher ein einpfündiger Stab, frei herabfallend, nur 1 Elle zurückgelegt hat: ich behaupte, beide kommen bei 100 Ellen Fall gleichzeitig an: Ihr findet, dass hierbei der grössere um 2 Finger breit vorausseilt, so dass, wenn der grössere an der Erde ankommt, der kleinere noch einen Weg von 2 Fingerbreit Grösse zurückzulegen hat: Ihr wollt jetzt mit diesen 2 Fingern hinwegschmuggeln die 99 Ellen des Aristotelischen Fehlers, und nur von meiner kleinen Abweichung reden, den gewaltigen Irrthum des *Aristoteles* aber verschweigen. *Aristoteles* sagt, dass Körper von verschiedenem Gewicht in ein und demselben Mittel sich mit Geschwindigkeiten bewegen, die ihren Gewichten proportional sind, und giebt ein Beispiel mit Körpern, bei welchen man den reinen, absoluten Effekt des Gewichtes wahrnehmen kann, mit Vernachlässigung des Einflusses, den die Gestalt, die kleinsten Momente haben, Dinge, die stark vom Medium beeinflusst werden, so dass die reine Wirkung der Schwere getrübt wird: wie z. B. Gold, der specifisch schwerste Körper, als sehr dünnes Blatt in der Luft flattert; desgleichen in der Form eines sehr feinen Pulvers. Wollt Ihr nun den allgemeinen Satz erfassen, so zeigt, dass derselbe für alle Körper richtig sei, und dass ein Stein von 20 Pfund Gewicht 10 mal schneller falle, als einer von 2 Pfund: das, be-

haupte ich, ist eben falsch, und mögen beide von 50 oder 100 Ellen herabfallen, sie kommen stets in demselben Augenblicke an.

Simpl. Vielleicht aber würde bei einer Fallhöhe von mehreren Tausend Ellen das eintreten, was bei kleinerer nicht beobachtet wird.

Salv. Wenn *Aristoteles* so etwas gemeint haben sollte, würdet Ihr ihm einen ganz neuen Irrthum zumuthen, ja eine Unwahrheit: da man solche senkrechte Erhebungen auf der Erde gar nicht findet, so kann auch *Aristoteles* mit solchen nicht experimentirt haben: und doch will er uns von seinen Versuchen reden, da er sagt, man »sehe den Effekt«.

Simpl. Allerdings spricht *Aristoteles* nicht dieses Princip aus, wohl aber jenes andere, welches, ich glaube, nicht diese Schwierigkeiten in sich birgt.

Salv. Aber die andere Behauptung ist nicht minder falsch; und ich wundere mich, dass Ihr den Trugschluss nicht durchschaut und erkennet, dass, wenn der Satz wahr wäre, demgemäss ein und derselbe Körper in Medien verschiedener Dichtigkeit, wie z. B. Wasser und Luft, sich mit Geschwindigkeiten bewegen, welche diesen Dichtigkeiten umgekehrt proportional wären, dass dann alle Körper, die in der Luft niederfallen, auch im Wasser sinken müssten; welches doch so sehr falsch ist, da viele Körper in der Luft fallen, im Wasser dagegen emporsteigen.

Simpl. Ich verstehe die Nothwendigkeit Eurer Consequenz; aber *Aristoteles* spricht von solchen Körpern, die in beiden Medien fallen, und nicht von solchen, die in der Luft fallen, aber im Wasser steigen.

Salv. Ihr bringt für den Philosophen Argumente vor, die er sicherlich nicht annähme, um nicht seinen ersten Irrthum zu vergrössern. Weiter, sagt mir, ob die Dichtigkeiten von Wasser und Luft überhaupt in einem bestimmten Verhältniss stehen; und wenn Ihr dieses bejaht, dann nehmt einen beliebigen Werth dafür an.

Simpl. Gut, angenommen, es sei zehn; daher wird ein Körper, der niederfällt, in der Luft sich 10 mal schneller bewegen, als im Wasser.

Salv. Jetzt denke ich mir einen Körper, der in der Luft fällt, im Wasser steigt, wie etwa ein Stück Holz, und überlasse Euch zu bestimmen, wie rasch er sich in der Luft bewegen solle.

Simpl. Angenommen, es seien 20 Maass Geschwindigkeit.

Salv. Gut. Offenbar kann diese Geschwindigkeit zu einer

anderen in demselben Verhältniss stehen, wie die Dichtigkeiten von Wasser und Luft, letztere betrüge mithin 2 Maass; so dass wirklich, entsprechend dem Aristotelischen Satze, man geradezu behaupten müsste, in der Luft falle der Holzstab mit 20 Maass Geschwindigkeit, im Wasser mit 2 Maass, und solle im Wasser nicht emporsteigen, bis er schwimmt, wie doch geschieht; oder wollt Ihr sagen, dass das Emporsteigen im Wasser dasselbe sei, wie das Niederfallen in der Luft; ich will es nicht hoffen. Eben die Thatsache, dass der Stab nicht fällt, lässt mich erwarten, dass Ihr es zugeben werdet, dass ein Stab von anderem Material sich finden könnte, der im Wasser wirklich mit 2 Maass Geschwindigkeit sich bewege.

Simpl. Gewiss, nur muss die Materie schwerer sein als Holz.

Salv. Eben das suche ich. Aber dieser zweite Stab, der im Wasser mit 2 Maass Geschwindigkeit fällt, wie rasch würde er in der Luft fallen? Nach *Aristoteles* müssten Ihr sagen, mit 20 Maass Geschwindigkeit: aber letztgenannten Werth habt Ihr selbst dem Holze zuerkannt: also müssten beide, recht verschiedene Körper mit gleicher Geschwindigkeit in der Luft sich bewegen. Wie stimmt das zum ersten Gesetz des Philosophen, demgemäss verschiedene Körper in ein und demselben Medium sich mit ganz verschiedener Geschwindigkeit bewegen, und zwar im Verhältniss ihrer Gewichte? Aber abgesehen von all solchen Ueberlegungen, wie kommt es, dass die allerhäufigsten und allerhandlichsten Phänomene von Euch übersehen worden sind, habt Ihr nicht beachtet, wie zwei Körper im Wasser sich verschieden, etwa im Verhältniss von 1 : 100 bewegen, während beim Fall in der Luft kein Hundertstel Unterschied des Betrages bemerkt wird? wie etwa ein Marmorei 10 mal schneller als ein Hühnerei im Wasser niederfällt; während beim Fall beider aus 20 Ellen Höhe durch die Luft das Marmorei keine vier Finger breit jenes übertrifft; und endlich mancher Körper sinkt in 3 Stunden 10 Ellen tief im Wasser, welcher letztere Strecke in der Luft nur ein oder zwei Pulsschläge beansprucht. Und jetzt weiss ich gewiss, Herr *Simplicio*, dass Ihr nichts mehr zu erwidern habt. Also einigen wir uns dahin, dass solch ein Argument nichts gegen die Annahme des Vacuums bringt; und wenn letzteres auch der Fall wäre, so würden dadurch nur jene grossen Vacuums zerstört, welche weder ich, noch, wie ich glaube, die Alten als natürlich sich darbietend annahmen, obwohl sie durch Kraft hervorgebracht werden können, wie aus manchen Versuchen folgt, die wir hier übergehen dürfen.