Der leere Raum.

Von Aurel Kiebel.

In der Einleitung bringen die meisten Lehrbücher für Physik die sogenannten allgemeinen Eigenschaften, als deren erste sie die Ausdehnung der Körper im Raume anführen. Damit im Zusammenhange tritt schon früh an die Schüler die Frage heran, ob nach Entfernung des raumerfüllenden Stoffes ein leerer Raum möglich sei, wie dies im Geometrieunterrichte stillschweigend angenommen wird.

Im Folgenden soll den Mittelschülern eine kurze Übersicht geboten werden über die Ansichten, welche die Naturphilosophen und Physiker vom fünften Jahrhundert vor Christus bis zur Mitte des 17. Jahrhunderts nach Christus über die Möglichkeit des leeren Raumes ausgesprochen haben. Im Anschluß daran stelle ich die mit den Schülern gemachten Beobachtungen über den Zusammenhang des Luftdruckes mit der Seehöhe zusammen. (s. S. 18 ff.)

Das Altertum.

Die Eleaten.[1]) **(500 – 450 v. Chr.)** Die obige Frage wurde zuerst von Parmenides aus Elea (Unteritalien)[2]) aufgeworfen. Den Satz seines Lehrers Xenophanes[3]) von der Einheit alles Seins faßt er schärfer als dieser, wobei er das Seiende mit dem Vollen, Raumerfüllenden identifizierte und ihm das Nichtseiende, den leeren Raum gegenüberstellte. „Nur das Seiende ist, das Nichtseiende ist nicht und kann nicht gedacht werden.“ Das Seiende ist ungeworden, denn es kann weder aus anderm Seienden entstanden sein, da es ja nur ein einziges Seiende gibt, noch kann es aus dem Nichtseienden entstanden sein, da dies doch nichts hervorbringen kann. Das Seiende ist aber auch unvergänglich, weil es sonst zum Nichtseienden werden müßte, was doch auch unmöglich ist. Auch ist es unveränderlich, denn was gewesen ist oder sein wird, das ist nicht, vom Seienden

---

[1]) Zeller, Philosophie der Griechen in ihrer geschichtlichen Entwickelung. Windelband, Geschichte der Philosophie im Altertum. (Handbuch der klass. Altertumswissenschaft von Iwan Müller, V. 1. B.)

[2]) geb. etwa 510.

[3]) aus Kolophon in Kleinasien.

Universitäts- und
Landesbibliothek Düsseldorf

kann man aber doch nicht sagen, es sei nicht. Das Seiende ist ferner unteilbar, denn nirgends ist ein von ihm selbst Verschiedenes, durch das seine Teile getrennt werden könnten, da aller Raum vom Seienden allein ausgefüllt wird. Sofern uns die Sinne eine Vielheit und Veränderung, ein Entstehen und Vergehen der Dinge vorspiegeln, sind sie die Ursache alles Irrtums. Wir dürfen daher nicht den Sinnen, sondern nur der Vernunft trauen.[4])

An diese Lehre hielt sich auch sein Schüler Zeno,[5]) der diese Behauptungen zu beweisen versuchte, indem er zeigte, daß man durch die auf die Sinne gestützte herrschende Vorstellungsweise zu Ungereimtheiten geführt werde. Im Gegensatze zu Zenos indirekten Beweisen bedient sich Melissos[6]) des direkten Beweises. Was nicht geworden ist und nicht vergeht, hat weder Anfang noch Ende, ist also unendlich.[7]) Unendlich ist es aber auch darum, weil es sonst durchs Leere begrenzt sein könnte, was unmöglich ist, weil es kein Leeres gibt, das nichts anderes als das Nichtseiende ist, das doch nicht ist. Da er sich die räumliche Bewegung ohne die Annahme eines leeren Raumes nicht denken kann, (denn die Stelle, in die ein Volles einrücken soll, muß vorher leer sein, um es aufnehmen zu können,) so leugnet er frischweg auch die räumliche Bewegung.

Die Atomiker. Im Gegensatze zu diesen Folgerungen der Eleaten aus der Unmöglichkeit des Leeren lehren die Atomiker Leukipp und Demokrit,[8]) daß es in Wirklichkeit viele Dinge gebe, welche entstehen und vergehen, sich verändern und sich bewegen, und weil dies alles (wie Melissos ja lehrte) ohne die Annahme des leeren Raumes unmöglich sei, schlossen beide hingegen, daß dem Nichtseienden auch ein Sein zukomme. „Das Seiende ist um nichts mehr als das Nichtseiende.“ Die Annahme des leeren Raumes ist die charakteristische Grundlehre dieser Schule. Während die Eleaten die Unmöglichkeit der Teilung behaupten, weil man bei fortgesetzter Teilung zu ausdehnungslosen Körperchen, zum Nichts, käme, schließt Demokrit aus dem letztern Umstand nur, daß die Teilung nicht ins Unendliche gehen könne, daß mithin als letzte

---

[4]) Diese Lehre ist für die Folge in der Erkenntnistheorie sehr wichtig geworden.

[5]) Von Aristoteles „Erfinder der Dialektik“ genannt.

[6]) Aus Samos, wird gewöhnlich zu der Schule der Eleaten gezählt.

[7]) Der Sprung von der zeitlichen zur räumlichen Unendlichkeit ist augenfällig.

[8]) Des ersteren Schüler, ist der größte Naturforscher des Altertums, geb. etwa 460 in Abdera, wurde 90 Jahre alt.

Universitäts- und
Landesbibliothek Düsseldorf

Bestandteile aller Dinge physikalisch unteilbare Körperchen, Atome,[9]) anzunehmen seien. Alles besteht darnach aus einer sehr großen Anzahl von Atomen und dem Leeren. Die Merkmale, welche die Eleaten dem Seienden beigelegt hatten, werden auf die Atome übertragen, sie sind ungeworden, unvergänglich und unveränderlich, denn in ihnen gibt es keinen leeren Raum. Das Leere dachten sich die Atomiker unbegrenzt. Vom Leeren sind die Atome umfaßt und durchs Leere werden sie voneinander geschieden; in jeder Verbindung der Atome, also in allen Dingen, ist das Leere enthalten, doch wurde diese Bestimmung von Leukipp und Demokrit nicht so strenge durchgeführt, daß niemals mehrere Atome sich berühren könnten; nur eine wirkliche Vereinigung wurde von ihnen ausgeschlossen. Die Eigenschaften der Dinge und die Erscheinungen der Welt werden von ihnen dann aus der im leeren Raume ursprünglich stattfindenden Bewegung der Atome erklärt. Diese finde in der Regel von oben nach unten statt, doch werden zeitweise einzelne von ihnen, die leichteren, durch andere, die schwereren, nach oben gedrängt. (Daß es im leeren Raume kein oben und unten gibt, scheint den ersten Atomikern kein Bedenken hervorgerufen zu haben.)

Aristoteles (384—322), der einflußreichste Philosoph und Naturforscher der Griechen, (343 bis 340 Erzieher und Lehrer Alexander des Großen), ist von der Unmöglichkeit des leeren Raumes überzeugt. Das veranlaßte ihn, die Lehre der Atomiker vom leeren Raum mit allen Mitteln der Dialektik[10]) zu widerlegen. Mehrere Kapitel des 4. seiner „Acht Bücher Physik“ sind dieser Aufgabe gewidmet. Am Anfange des 6. Buches weist er darauf hin, daß man sowohl die Gründe der Verteidiger des leeren Raumes als auch seine Gegner sowie die landläufigen Meinungen darüber beachten müsse.[11]) Darauf stellt er fest, daß des Anaxagoras Beweis von der Unmöglichkeit des leeren Raumes deshalb verfehlt sei, weil er die nur von Luft erfüllten Räume mit den leeren Räumen identifizierte, während man doch gewöhnlich den Raum als leer bezeichne, in dem „gar nichts, d. h. kein durch den Tastsinn wahrnehmbarer Körper, weder ein schwerer noch ein leichter“, sei. Man habe also zu zeigen, daß es entgegen der Behauptung des Leukipp und Demokrit keine von den Körpern verschiedene Ausdehnung gebe, weder trennbar von ihnen noch auch untrennbar, daß der Raum nicht ein etwas neben den „in ihn hineinfallenden Körpern“ sei.

---

[9]) Die mathematische Teilung, Teilung in Gedanken, ist dadurch jedoch nicht ausgeschlossen.

[10]) teilweise unter Aufwendung sophistischer Gründe (so bes. der 8. u. 9. Einwand.)

[11]) Die Ansichten mancher Vorläufer des Aristoteles sind uns nur auf diese Art erhalten worden.

Universitäts- und
Landesbibliothek Düsseldorf

1. Schon aus dem Begriff des Raumes folge, daß es keinen leeren Raum geben könne. Der Raum könne weder Form des Körpers, noch dessen Stoff sein[12]) noch auch der Körper selbst, „denn diese sind das Umfaßte, nicht das Umfassende.“ Auch ist er nicht der Zwischenraum zwischen den äußersten Grenzen des Körpers, weil dieser selbst veränderlich ist. Ebensowenig ist er die Grenze oder die Gestalt der einzelnen Körper als solcher, weil diese sich mit ihnen bewegen, der Körper würde sich dann aber nicht in dem Raume, sondern mit ihm bewegen. Der Raum eines Körpers ist vielmehr die Grenze des umschließenden Körpers gegen den umschlossenen.[13]) Bei dieser Definition ist es allerdings selbstverständlich, daß es keinen leeren Raum geben könne.

2. Die für die Notwendigkeit des leeren Raumes von den Atomikern angeführten Gründe hält Aristoteles nicht für beweiskräftig. Zur Erklärung der Möglichkeit der Bewegung sei der leere Raum [entgegen der Behauptung des Melissos] unnötig, weil[14]) die Körper nicht im leeren Raume sich bewegen müssen, sondern „wechselseitig einander aus dem Wege gehen können, wie bei den Wirbelbewegungen der kontinuierlichen Körper“.

3. „Jedem einfachen Körper kommt von Natur aus eine bestimmte Raumbewegung zu, so dem Feuer die nach oben, der Erde die nach unten und gegen den Mittelpunkt[15]) zu. Was soll sich dann nach dem Leeren bewegen?“

4. „Da nun kein Körper eine naturgemäße Bewegung nach dem Leeren habe, so könne auch keine gewaltsame Bewegung in ihm vor sich gehen“, denn[16]) der geschleuderte Körper werde (wie er glaubt), wenn der stoßende ihn nicht weiter berühre, nur darum sich weiter bewegen, weil „die von ihm verdrängte Luft gleichsam um ihn herum mit einer größeren Geschwindigkeit als der sich bewegende Körper selbst in den von ihm verlassenen Raum eile und ihn zu weiterer Bewegung antreibe.[17]) Dieser müßte also folgerichtig im leeren Raume „augenblicklich sich zu bewegen aufhören.“

5. Läßt sich ebenso das Gegenteil davon beweisen.[16]) Der Körper A soll sich durch einen Raum, der von einem Mittel B [Wasser]

---

[12]) „Da das Gefäß nichts mit dem in ihm befindlichen zu tun hat“. Kap. 3, 7.

[13]) Kap. 3, 10.

[14]) Kap. 7, 6.

[15]) Der Welt (nach der gewöhnlichen Meinung jener Zeit).

[16]) Kap. 8, 5.

[17]) Erst von Benedetti in einem 1585 erschienenen Werke, dessen 4. Abteilung „Disputationes de quibusdam placetis Aristotelis“ lautet, wirksam bekämpft: „Hinter dem Körper tritt eine Verdünnung der Luft ein, welche eher ein Rückwärtsziehen des Körpers bewirken müßte.“

Universitäts- und
Landesbibliothek Düsseldorf

erfüllt ist, in der Zeit C bewegen, hingegen durch einen gleich großen, aber von einem „feinteiligen (= weniger dichten) Mittel D [Luft] erfüllten Raum in der Zeit E und es sind die Zeiten C und E dem „hindernden Körper“ [d. i. den Dichten der beiden Mittel] proportional. Um wieviel feiner und unkörperlicher die Luft (D) ist als das Wasser (B), um soviel schneller wird der Körper A durch D hindurchbewegt als durch B; um wieviel weniger hinderlich und leichter teilbar dasjenige ist, durch das es hindurchbewegt wird, um soviel schneller wird es bewegt. Das Leere hat nun aber gar keine Verhältniszahl, um welche[18]) es vom Körperhaften überragt würde“. . . . . „Wenn der Körper durchs Feinste hindurch in dieser oder in jener bestimmten Zeit diese oder jene bestimmte Strecke durchläuft, so übersteigt seine Bewegung durchs Leere hindurch jede Verhältniszahl, also würde er im leeren Raume mit unendlich großer Geschwindigkeit sich bewegen“.[19])

6. Wir sehen aber auch, daß dasjenige, was eine größere Schwungkraft entweder der Schwere oder der Leichtigkeit hat, während alles übrige sich gleich verhält, schneller durch den gleichen Raum bewegt wird u. zw. in dem Verhältnis, in dem die Größen[20]) der Dinge zueinander stehen. Dies müßte auch im Leeren stattfinden. Nun wird das Volle vom Größeren mit mehr Gewalt zerteilt werden, also wird auch das Größere vom Vollen mehr Antrieb zur Bewegung erhalten. Im Leeren wäre aber darin kein Unterschied, also müßte im Leeren alles gleich schnell sein, was jedoch eine Unmöglichkeit[21]) ist. Somit folgt auch daraus die Unmöglichkeit des leeren Raumes.

7. Ein weiterer augenscheinlicher Grund gegen die Möglichkeit des leeren Raumes sei aus folgendem Beispiel zu ersehen. Denken wir uns in einem Würfel (geraden Prisma) die vertikale Kante in n gleiche Teile geteilt und durch die Teilungspunkte horizontale Ebenen gelegt. Dadurch wird der Körper in n kongruente

---

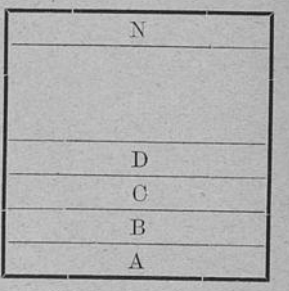
[18]) Im angeführten Zahlenbeispiel ist das geom. Verhältnis durchs arithm. ersetzt, doch dürfte dies nicht durch Aristoteles selbst verschuldet sein.

[19]) Diese Schlußweise wurde erst von Galilei in seinem mechan. Hauptwerke „Unterredung und math. Demonstrationen. 1. Tag“ (Ostwalds Klassiker der exakten Wissenschaften, Nr. 11, S. 56 bis 70) als fehlerhaft aufgedeckt; s. auch meine 1894 veröffentlichte Arbeit (Jahresbericht der gr. or. O.-Realschule Czernowitz.)

[20]) Ihre Gewichte.

[21]) Gestützt auf Galilei zeigt man seit der Erfindung der Luftpumpe mit der Fallröhre gerade, daß dies tatsächlich stattfinde und der Unterschied in den Fallhöhen nur eine Folge des Luftwiderstandes sei.

Universitäts- und
Landesbibliothek Düsseldorf



Teile zerlegt.[22]) Wäre der unterste Teil (A) leer und die darüber befindlichen Teile (B . . . N) von Schwerem erfüllt, dann wird zunächst aus dem über dem leeren Raume A befindlichen Raume B das diesen ausfüllende Schwere herabfallen und A ausfüllen, hierauf wird aus C das diesen Raum ausfüllende nach B, das nun leer ist, fallen, hierauf aus D das Ausfüllende nach C u. s. f. Schließlich wird aus dem obersten Raume N das diesen Raum ausfüllende Schwere in den unmittelbar darunter befindlichen kongruenten Raum fallen. Wir hätten aber dann (nach Aristoteles) die sonderbare Erscheinung, daß der leere Raum sich nach und nach von A über B, C, D . . . . nach N bewegt hätte und es sei doch unsinnig, eine Bewegung des Nichts für möglich zu halten. „Es müßte da also scheinen, als ob durch den Würfel hindurch die gleiche Ausdehnung, welche schon vorher im Leeren war, hindurchgegangen wäre".[23]) Es wären also nach Aristoteles durchs Hineinlegen eines Körpers in den leeren Raum, da der Körper selbst einen Raum an sich hat, an dieser Stelle zwei Räume zugleich vorhanden.

8. Da überdies im leeren Raume keine Richtung vor der andern den Vorzug hat, so müsste ein ins Leere gebrachter Körper sich „darin ins ganz Leere hinein, d. h. zugleich nach jeder Richtung hin bewegen.[24])

9. „Die Teile eines ins Leere gelegten Körpers würden, falls sie nicht besonders hineingelegt würden, gar nicht in einem Orte, sondern nur im Ganzen sein".

10. Ebensowenig wie zur Erklärung der Bewegung sei der leere Raum zur Erklärung der Verdichtung[25]) der Körper nötig. Denn wenn ein Körper dichter oder weniger dicht werde, geschehe nichts weiter, als daß er aktuell (in Wirklichkeit) das werde, was er vorher schon potenziell (der Möglichkeit nach) gewesen sei.

11. Eine „Bewegung in die Ausdehnung" (Volumszunahme) sei aber nicht nur dadurch möglich, daß ein Körper einen andern aufnehme, sondern auch durch die „Bewegung der Qualität" (Änderung des Aggregatzustandes). Aber auch zu dieser sei die Annahme des leeren Raumes unnötig, denn „man könne sich z. B. leicht denken,[26])

---

[22]) In der Figur ist der Würfel durch ein Quadrat ersetzt.

[23]) Kap. 8, 13.

[24]) Kap. 8, 2.

[25]) Aristoteles hält die Zusammendrückbarkeit des Wassers für möglich und erklärt sie dadurch, daß Luft aus ihm herausgepreßt werde.

[26]) Kap. 9, 1.

Universitäts- und
Landesbibliothek Düsseldorf

daß wenn eine gewisse Menge Wasser zu Luft werde (verdunste oder verdampfe), wieder eine gleich große Menge Luft zu Wasser werde (Dunst oder Dampf kondensiere).

Die Zeit nach Aristoteles. Unter den philosophischen Schulen der Griechen nach Aristoteles sind nur zwei zu nennen, die der Stoa und die des Epikur.

Bei den Stoikern wird der Raum als das von einem Körper Erfüllte, als die Entfernung zwischen den Grenzen eines Körpers definiert. Der leere Raum kann darnach innerhalb des Weltganzen nicht vorkommen, außerhalb desselben dagegen soll er sich ins Unendliche ausdehnen. Der Raum sei ebenso wie die Körperwelt begrenzt, das Leere jedoch unbegrenzt.

Epikur (341—270) ist Naturphilosoph und nicht Naturforscher. Er entlehnt viele Sätze dem Demokrit,[27]) ohne aber dessen System zu verstehen noch auch ganz anzunehmen.[28]) Seine Lehre besteht hauptsächlich darin, daß nichts wirklich ist als das Leere und die Atome, alles Geschehen bestehe ausschließlich in der Bewegung der Atome im leeren Raume. Gegenüber dem Einwand, der dem Demokrit gemacht wurde, daß es im leeren Raume weder ein Oben noch ein Unten gebe, bemerkt er, es gebe wohl kein absolutes Oben und Unten, aber es sei doch immer die Bewegung in der Richtung von unserm Kopfe gegen unsre Füße einer solchen in der Richtung von unsern Füßen gegen unsern Kopf entgegengesetzt. Daß es aber einen leeren Raum geben müsse, folge schon aus dem Unterschied im [spezifischen] Gewichte der Körper. Im Gegensatz zu Demokrit behauptete er, daß es wohl unbestimmbar viele, aber nicht unendlich viele Atomgestalten gebe, denn eine unendlich große Menge derselben würde die Ordnung der Welt, in der alles zwischen gewisse äußerste Grenzen eingeschlossen ist, unmöglich machen.

Hero von Alexandrien (100 v. Chr.) glaubt, daß ein leerer Raum von großer Ausdehnung gegen die Natur sei, doch hält er seine zeitweilige Herstellung für möglich, er höre jedoch zu

---

[27]) Dessen Werke erst 600 Jahre später verloren gegangen sind.

[28]) Der zuerst von den Stoikern erhobene Vorwurf, seine Lehre sei eine Verherrlichung des sinnlichen Vergnügens, und die im Zusammenhange damit erfolgte Identifizierung der physikal. und metaphysischen Lehre Epikurs mit dem System Demokrits hat zweifellos am meisten dazu beigetragen, eine gerechte Würdigung der wissenschaftlichen Größe Demokrits für lange Zeit zu verhindern. Erst P. Gassendi (1592—1655), Abt von Digne in der Provence, war durch seine Schriften De vita, moribus et doctrina Epicuri (Leyden 1647) und Philosophiae Epicuri syntagma (Haag 1655) für die Erneuerung der Atomistik und die Ehrenrettung Epikurs, dessen Schriften er 20 Jahre lang studiert hatte, eingetreten.

Universitäts- und
Landesbibliothek Düsseldorf

bestehen auf, sowie die Kraft zu wirken aufhöre. Leere Zwischenräume zwischen den kleinsten Teilchen (Atomen) der Körper sind notwendig, doch sind diese leeren Zwischenräume an Volumen kleiner als die Atome.[29]) Nur durch Verringerung dieser (leeren Zwischenräume) läßt sich die Verdichtung und Verdünnung der Luft erklären. Das Verbrennen der Körper erfolge dadurch, daß die Teilchen des Feuerelements in die Zwischenräume des verbrennenden Körpers eindringen, der Diamant sei hingegen unverbrennbar, weil die leeren Zwischenräume in ihm kleiner als die Teilchen des Feuerelements seien. Die Mischung von Wein und Wasser, die Durchsichtigkeit der Luft, des Wassers und andere Körper beweisen das Vorhandensein der Poren. Hätte nämlich das Wasser keine Poren, so müßte es beim Eindringen der Lichtteilchen im Gefäße aufschäumen; wenn der Lichtstoff die Körperteilchen treffe, werde er reflektiert. Reflexion und Durchlassen des Lichtes seien ohne Poren unerklärlich.

Nach Vitruvius bekommt der Kalk beim Brennen Poren, in die beim Löschen das Wasser eindringt und den Feuerstoff vertreibt, wodurch das Aufschäumen bewirkt wird. Seneca sprach sich entschieden gegen leere Zwischenräume in der Luft aus.

Das Mittelalter.

Während die Mutakallimun (die arabischen Scholastiker) neben den Atomen einen oder mehrere leere Räume annehmen, d. h. Räume, die leer von jedem Körper und frei von jedem Stoffe sind, um die Bewegung zu verstehen, sind die Vertreter der christl. Scholastik starre Anhänger des Aristoteles und seines Lehrsatzes, daß der Raum an den Körper geknüpft ist und nicht von der Gegenwart umschließender Körper abhängt. Werde doch der Himmelskreis nicht von andern Körpern eingeschlossen. Der leere Raum ist den Scholastikern nur eine künstliche Abstraktion, der in der Erfahrung nichts entspricht. Auch vor der Erschaffung der Welt habe es keinen leeren Raum gegeben, denn vor jener Zeit habe es überhaupt keinen Raum gegeben.

Trotzdem unterscheiden die Scholastiker drei Arten des leeren Raumes: a) den außerweltlichen jenseits des äußersten Himmels, b) den innerweltlichen zwischen den Körpern und c) den leeren Raum in den Körpern (die Poren). Mit Vorliebe werden von ihnen Betrachtungen angestellt, ob einer dieser leeren Räume möglich sei und welche Folgen die Entstehung wenigstens eines derselben hätte.

---

[29]) Sämtliche Körper, auch die Metalle enthalten ein gewisses Maß von leeren Zwischenräumen, das ihrer Natur entspricht.

Universitäts- und
Landesbibliothek Düsseldorf

Dabei kommen sie zwar teilweise zu andern Ergebnissen als Aristoteles, obwohl sie dessen Ansichten im allgemeinen für unanfechtbar halten, dennoch wird das ganze Mittelalter hindurch keine Ansicht ausgesprochen, die etwas grundsätzlich Neues gegenüber dem Altertume geboten hätte.

Die Neuzeit.

W. Gilbert († 1603) stimmt der Ansicht, daß die Körper aus Atomen bestehen, nicht zu, daher gibt es für ihn auch keinen leeren Raum zwischen den Teilchen der Materie, wohl aber einen solchen jenseits der Atmosphäre, den man weder als endlich noch als unendlich bezeichnen könne. Die Planeten und Kometen bewegen sich ununterbrochen im leeren Raume, während die Fixsterne in ihm beständig ruhen. Das Licht von den Sternen gelangt, ohne Zeit zu gebrauchen, zu uns, während es durch die Luft und die durchsichtigen Körper nur in der Zeit sich fortpflanzt.

Die Physiker am Ende des Mittelalters hatten den Satz gelehrt: „Die Natur verbietet das auszuführen, wodurch notwendigerweise ein leerer Raum entstünde," †) einen Satz, den sie auf Aristoteles stützten. **Galilei**, der bei Begründung der Dynamik Aristoteles aufs schärfste bekämpft, übernimmt zwar den Satz vom horror vacui, aber dieser ist ihm nicht mehr ein unbegrenztes Widerstreben der Natur, sondern eine ganz bestimmte Kraft[30]) und er ging sogar darauf aus, einen Apparat zu ersinnen, um „die Kraft des leeren Raumes von andern gesondert zu messen". Auf der Suche nach „einer Substanz, die keinen andern Widerstand gegen die Trennung der Teile besitzt als den leeren Raum", glaubt er sie in dem Wasser[31]) gefunden zu haben. Der von ihm ersonnene Apparat leistet ersichtlich nicht das, was er erwartet, aber dabei erinnert er sich einer Erscheinung,[32]) die ihm „lange Zeit wunderbar und unerklärbar erschien". Jemand hatte in einem Brunnen eine Hebepumpe angebracht, in der „das Wasser durch Anziehung des Kolbens emporstieg und nicht durch Druck. . . . Sie schaffte das Wasser gut und reichlich, wenn es im Brunnen eine gewisse Höhe hatte, sobald

---

†) Galilei, Unterredungen und math. Demonstrationen. 1. Tag. Ostwalds Klassiker der exakten Wissenschaften, Nr. 11, S. 13 (Simplicio.)

[30]) Diese soll ihm auch die Aggregatzustände erklären. Feste Körper enthalten viele leere Räume im Innern [(Poren), in welche die Natur die Materie hineinzupressen sucht.] Je mehr leere Räume, desto fester ist der Körper. Dringt der Feuerstoff in diese leeren Räume und füllt sie aus, so wird der Körper flüssig, entweicht er, so erstarrt der Körper wieder. Ostwalds Klassiker Nr. 11, S. 19.

[31]) Ostwalds Klassiker Nr. 11, S. 14.

[32]) S. 16—17.

Universitäts- und
Landesbibliothek Düsseldorf

es aber daselbst unter eine gewisse Höhe sank, arbeitete die Pumpe nicht mehr. Ich glaubte, die Pumpe sei verdorben und suchte den Meister auf, daß er sie zurecht richte, doch dieser versicherte, . . . daß weder mit Pumpen noch mit andern Maschinen, die das Wasser durch Anziehung heben, es möglich sei, dieses ein Haar breit mehr als 18 Ellen (10 m) ansteigen zu lassen und es bleibe dieses die äußerste Hubhöhe, möge die Pumpe weit oder enge sein. Ich habe nun erkannt, daß wie ein Eisenstab solange verlängert gedacht werden kann, bis schließlich das Eigengewicht ihn zerreißt, dasselbe auch viel leichter bei einer Wassersäule eintreten muß. Denn was ist es anders, das man anzieht, als ein Zylinder voll Wasser, der oben seine Befestigung hat und beständig verlängert wird, bis diejenige Grenze erreicht wird, über welche hinaus bei noch weiterer Verlängerung die Wassersäule zerreißt wie ein Seil?" . . . . . „Wir werden also stets, wenn wir dies Wasser wägen, welches in 18 Ellen Höhe enthalten war, . . . den Wert des Widerstandes haben, den der leere Raum in einem festen Zylinder [desselben Querschnitts] aus irgend welchem Stoffe darbietet".

Wir sehen daraus, daß Galilei den alten Ausdruck horror vacui für eine ganz bestimmte Kraftwirkung gebraucht, deren Erklärung ihm noch nicht klar genug ist. Diese gelang erst nach Galileis Tode dessen Schüler Toricelli.

Ein Versuch mit Quecksilber.[33])

Brief Toricellis an Ricci[34]) vom 11. Juni 1644.

. . . „Ich zeigte Ihnen bereits meine Absicht an, irgend einen philosophischen Versuch über den leeren Raum zu machen, u. zw. nicht, um bloß einen leeren Raum zu erzeugen, sondern um ein Instrument herzustellen, das die Veränderungen der Luft dartun könnte, welche bald schwerer und dichter, bald leichter und feiner ist. Viele haben gesagt, daß es keinen leeren Raum gebe, andere, daß es einen solchen gebe, jedoch nur mit Widerwillen der Natur und mit Mühe [lasse er sich herstellen]; ich weiß jedoch nicht, daß er ohne Mühe und ohne Widerstreben der Natur besteht. Ich überlegte also: Wenn ich eine ganz offenbare Ursache fände, von der jener Widerwille, den man bei der Herstellung eines leeren Raumes fühlt, sich ableitet, dann würde man, scheint mir, vergeblich dem leeren Raume diese

---

[33]) Meteorolog. Zeitschrift 1894, S. 446—448 und Evangelista Toricelli, Experienza dell' Argento Vivo. Bei der von mir im Jahre 1899 besorgten Übersetzung aus dem Italienischen war mir Herr Prof. E. Bolis in Brüx in entgegenkommender Weise durch seine Ratschläge behilflich.

[34]) Michel Angiolo Ricci (1619—1682), Kardinal, korresp. Mitglied der berühmten Accademia del cimento, die 1657—67 in Florenz bestand.

Universitäts- und
Landesbibliothek Düsseldorf

von einer Ursache herrührende Wirkung beizulegen suchen. Im Gegenteil finde ich mit Hilfe gewisser leicht auszuführender Rechnungen, daß die von mir angenommene Ursache, d. h. das Gewicht der Luft (der Luftdruck), für sich allein einen größern Widerstand hervorrufen müßte, als wenn man den leeren Raum zur Erklärung heranzieht. Ich sage dies deswegen, weil so mancher Philosoph sah, daß er diesem Bekenntnis nicht ausweichen könne, daß das Gewicht der Luft den Widerstand (der Luft), den man bei Herstellung des leeren Raumes fühlte, veranlasse, trotzdem aber die Wirkung des Luftdruckes nicht zugestand, sondern beharrlich versicherte, daß die Natur dem leeren Raume widerstrebe. Wir leben auf dem Grunde des Luftmeeres eingetaucht. Von der Luft, einem Elemente, weiß man aus unzweifelhaften Versuchen, daß sie schwer ist, u. zw. derart, daß ihr spezifisches Gewicht in ihrer größten Dichte nahe der Erdoberfläche beiläufig der 400. Teil von dem des Wassers ist.[35]) Die Entdecker der Dämmerung[36]) haben beobachtet, daß die dunstige und sichtbare Luft sich 50—54 Meilen über uns erhebt, aber ich glaube, nicht so hoch, weil ich zeigen könnte, daß der leere Raum einen viel größeren Widerstand leisten müßte, als er ihn wirklich leistet, obwohl es für sie noch den Ausweg gibt, daß das von Galilei angegebene Gewicht sich auf die unterste Luft erstreckt, in der Menschen und Tiere vorkommen, daß jedoch über den Gipfeln der hohen Berge die Luft ganz rein zu sein beginne und ein viel geringeres spezifisches Gewicht habe, als der 400. Teil des Wassers ist.

(Beschreibung des Versuchs.) Wir haben mehrere, zwei Ellen lange Glasgefäße hergestellt. Sobald sie mit Quecksilber gefüllt waren, haben wir die Öffnung mit einem Finger verschlossen und sie hierauf umgestürzt und in das in einem Gefäß befindliche Quecksilber getaucht. Dann sahen wir das lange Glasgefäß sich [teilweise] entleeren und nichts in das sich entleerende eintreten. Gleichwohl blieb die Röhre bis zur Höhe von $1^1/_4$ Elle und einem Zoll darüber gefüllt. Um hierauf zu zeigen, daß die Röhre[37]) vollständig leer wäre, füllten wir die darunter gestellte Schale mit Wasser.[38]) Indem wir die Röhre ganz allmählich erhoben, sahen wir, wenn ihre Öffnung ins Wasser gelangte, das Quecksilber aus ihr herausfließen und das Wasser sie mit schrecklichem Ungestüm gänzlich ausfüllen. Ich stellte folgende Überlegung an. Während das Gefäß (in seinem obersten Teile) leer stand und das Quecksilber, obschon es sehr schwer ist, sich in (dem darunter

---

[35]) Richtiger der 775. Teil.

[36]) Der Araber Alhazen † 1038.

[37]) d. h. der vom Quecksilber verlassene Teil der Röhre.

[38]) das man auf das in der Schale befindliche Quecksilber goß.

Universitäts- und
Landesbibliothek Düsseldorf

befindlichen Teile) der Röhre hält, hat man bisher geglaubt, daß die Kraft, die das Quecksilber gegen seine Natur hinabzufallen verhinderte, ihren Sitz innerhalb des Gefäßraumes habe, der entweder völlig leer ist oder ein nach Möglichkeit höchst verdünntes Mittel (enthält). Aber ich behaupte, daß die Kraft ihren Sitz außerhalb habe und von außen herrühre. Über der Oberfläche der Flüssigkeit im weiten Gefäße lastet die Luft von 50 Meilen Höhe; was ist es also für ein Wunder, wenn das Quecksilber, das weder Neigung noch auch Widerwillen hat, sich im (zwei Ellen langen) Gefäß zu befinden, dort eintritt und solange steigt, bis es dem Gewichte der äußern Luft, die es hineinstößt, das Gleichgewicht hält? Das Wasser wird daher in ein ähnliches, aber bei weitem längeres Gefäß fast bis zu 18 Ellen aufsteigen, d. h. in dem Maße mehr, als das Quecksilber (spezifisch) schwerer als das Wasser ist, um derselben Ursache, die das eine wie das andere hineinstößt, Gleichgewicht zu halten.*)

Diese Überlegung bestätigte der gemachte Versuch auf die gleiche Weise bei einem Gefäße A (das sich oben in eine Kugel erweiterte) wie bei einer (durchaus gleichmäßig zylindrischen). Röhre B, in denen (beiden) das Quecksilber sich in derselben horizontalen Ebene einstellte, gleichsam ein sicheres Zeichen dafür, daß die Kraft nicht von innen wirkte; denn das Gefäß A, in dem mehr vom verdünnten und[39]) anziehenden und (daher) wegen der größeren Verdünnung viel kräftiger wirkenden Mittel als in dem sehr kleinen Raum von B enthalten war, hätte mehr Kraft gehabt. Ich habe mit diesem Grundsatze[40]) alle Arten von Widerwillen, die man in den verschiedenen, dem leeren Raume zugeschriebenen Wirkungen merkt, zu erklären gesucht und habe dabei noch nichts gefunden, was sich nicht gefügt hätte. Ich weiß, daß Ihnen[41]) viele Einwürfe zu Gebote stehen werden, aber ich hoffe auch, daß Sie selbst sie durch Nachdenken überwinden werden".

Bereits am 18. Juni 1644 erwiderte Ricci diesen Brief also: „ . . . Ich halte Ihre Erklärung (vom Luftdruck) für besser als die frühere[42]) (Abscheu vor dem leeren Raume), da sie uns mit der

*) s. Galileis Beobachtung (S. 22).

[39]) nach der bisherigen Ansicht.

[40]) Luftdruck.

[41]) Ricci.

[42]) Diese Äußerung des späteren Kardinals Ricci ist bemerkenswert, da seit dem Mittelalter die Vertreter des aristotelischen Systems diejenigen, welche die Möglichkeit des leeren Raumes lehrten, mit Vorliebe beschuldigten, Atheisten (Gottesleugner) zu sein. (vergl. Anm. 28.)

Universitäts- und
Landesbibliothek Düsseldorf

Einfachheit der Natur in ihrem Wirken in Übereinstimmung zu setzen gestattet; so erklärt der einzige Trieb der Abwärtsbewegung einheitlich auch das Aufsteigen des Quecksilbers . . ." Darauf teilt er ihm drei Einwürfe mit und ersucht Toricelli um Aufklärung, was dieser in einem zweiten Briefe vom 28. Juni tut.

Den ersten Einwurf Riccis, wenn das weite Gefäß durch einen Metalldeckel bedeckt wäre, würde die Luftsäule auf das Quecksilber keinen Druck ausüben können, somit die Quecksilbersäule in der Röhre herabsinken, widerlegt Toricelli so:

„Wenn der Metalldeckel die Oberfläche des Quecksilbers gerade berührt, könne die Quecksilbersäule nicht wegen des Luftdruckes, sondern deshalb nicht herabsinken, weil sie durch diesen Deckel am Herabsinken gehindert werde.[43]) Wenn die Platte so angebracht werde, daß über der Quecksilberoberfläche Luft, u. zw. im gleichen Grade der Verdichtung wie die äußere sich befinde, dann aber müsse das Quecksilber sich wie zuvor in der Höhe halten. Dies erläutert er dann noch mit Hilfe des sogenannten Wollbeispiels. Aber wenn die von der Platte eingeschlossene Luft weniger dicht als die äußere sei, dann würde das Quecksilber herabsinken, außer daß der eingeschlossene Raum kleiner an Volumen wäre.

Der zweite Einwand Riccis war, daß, wenn man bei einer Spritze die Öffnung verschließe und den Kolben kräftig nach hinten ziehe, man einen großen Widerstand fühle, nicht nur wenn man die Spritze nach unten halte und den Kolben nach oben ziehe, also der drückenden Luft entgegen, sondern auch wenn die Spritze anders gehalten werde und der Kolben nach einer anderen Richtung gezogen werde. Dem begegnet Toricelli mit dem Hinweis, „daß die Flüssigkeiten, obwohl sie von Natur hinabstreben, trotzdem nach jeder Seite hin den Druck fortpflanzen."

Den dritten Einwand Riccis, ob man nicht an Stelle des Satzes von den verbundenen Gefäßen vielmehr den Satz vom Auftrieb (also das Archimedische Prinzip) anzuwenden habe, als unrichtig nachzuweisen, fiel ihm gar nicht schwer.

Pascal und Périer. Trotz dieses Versuchs Toricellis wollten seine Zeitgenossen den Grundsatz des Abscheus vor dem leeren Raume nicht so bald aufgeben. In der im Jahre 1647 veröffentlichten Schrift „Neue, den leeren Raum betreffende Versuche, die in Röhren mit verschiedenen Flüssigkeiten angestellt wurden von Blaise Pascal," wird dieser Grundsatz noch zur Erklärung herangezogen, zugleich jedoch die schärfere der beiden bis dahin geltenden Ansichten, die Natur würde eher sich selbst vernichten als daß sie die Entstehung eines leeren Raumes zuließe, bekämpft.

[43]) Satz von der Undurchdringlichkeit.

Universitäts- und
Landesbibliothek Düsseldorf

Jedoch bereits Ende des Jahres bezweifelte Pascal die Richtigkeit dieses Grundsatzes.[44]) Am 15. November 1647 schrieb er seinem Schwager Périer, Rat bei der Steuerkammer in Clermont (in der Auvergne): „Nach diesem Versuche habe ich gewiß Grund, Sie zu überzeugen, daß es nicht der Schrecken vor dem leeren Raume ist, den wir für die Ursache der Einstellung des Quecksilbers beim gewöhnlichen Versuche[45]) halten, sondern daß vielmehr das Gewicht und der Druck der Luft dem Gewicht des Quecksilbers das Gleichgewicht halten. Aber weil alle Wirkungen dieses Versuches . . . . auch durch den Abscheu vor dem leeren Raum genug wahrscheinlich erklärt werden, hielt ich mich[46]) an diesen ältern Grundsatz, bin aber dennoch entschlossen, eine vollständige Aufklärung dieser Schwierigkeit durch einen entscheidenden Versuch zu erstreben.[47])

Ich[48]) habe mir einen Versuch ausgesonnen, welcher allein genügen wird, uns die gesuchte Einsicht zu verschaffen, wenn er nur mit Genauigkeit ausgeführt werden kann. Zu dem Zwecke ist der gewöhnliche Versuch vom leeren Raume mehrmals an demselben Tage, in derselben Röhre, mit demselben Quecksilber auszuführen, zuerst am Fuße und dann auf dem Gipfel eines wenigstens 500 oder 600 Toisen (975 bis 1170 m) hohen Berges, um zu prüfen, ob die Höhe des in der Röhre schwebenden Quecksilbers gleich oder verschieden an diesen beiden Orten ist. . . . Wenn man die Höhe der Quecksilbersäule auf dem Gipfel des Berges geringer als an seinem Fuße findet, so wird notwendigerweise folgen, daß das Gewicht und der Druck der Luft die alleinige Ursache dieses Schwebens des Quecksilbers und nicht der Abscheu

---

[44]) „Da die Natur weder beseelt noch empfindsam ist, habe ich Mühe zu glauben, daß sie für den Abscheu empfänglich sei, da die Leidenschaften doch eine Seele voraussetzen, die sie (d. L.) nachzuempfinden fähig ist".

[45]) Dem Toricellischen.

[46]) d. i. in der heuer veröffentlichten Arbeit.

[47]) „Es ist uns nicht gestattet, uns leichtsinnig von den Grundsätzen, welche wir vom Altertum überliefert erhalten haben, loszusagen, wenn wir dazu nicht durch unzweifelhafte und unwiderlegliche Beweise verpflichtet sind. . . . Wir müssen jedoch mehr Hochachtung vor offenkundigen Wahrheiten als Starrsinn für die überkommenen Meinungen haben", bemerkte er bereits am Anfange dieses Briefes.

[48]) Ob dieser Versuch, wie manche glauben, eigentlich von René Descartes (1596—1650) ersonnen worden sei, konnte ich nicht feststellen. Kurd Lasswitz führt einen Brief desselben an, der angeblich am 2. Juni 1631 an Réneri, seinen ersten Schüler in Holland, gerichtet wurde und worin ein sogenanntes Wollbeispiel wie im zweiten Briefe Toricellis vorkommt. Eigentümlich ist nur, während im 17. und 18. Jahrhundert das Bestreben vorherrschte, Descartes Entdeckungen (Brechungsgesetz) und Erfindungen (Analytische Geometrie) als Plagiat an anderen hinzustellen, nun umgekehrt im 19. Jahrhundert die wissenschaftlichen Taten anderer für ihn in An-

Universitäts- und
Landesbibliothek Düsseldorf

vor dem leeren Raume ist, da es doch gewiß ist, daß am Fuße des Berges mehr Luft als über seinem Gipfel lastet, wogegen man nicht sagen könnte, daß die Natur den leeren Raum am Fuße des Berges mehr als auf seinem Gipfel verabscheut".

Da Clermont am Fuße des Puy de Domme[49]) liegt, ersucht Pascal, Périer möge diesen Versuch dort ausführen und ihm das Ergebnis bekannt geben, da er es Mersenne[50]) mitteilen wolle. Périer kam erst[51]) am 19. September 1648 dazu, diesen Versuch auszuführen und 3 Tage später sandte er an Pascal folgenden Bericht: „Da um 5 Uhr morgens schönes Wetter war und der Gipfel des Puy de Domme sich unbedeckt zeigte, entschloß ich mich zur Ausführung des Versuchs. Ich benachrichtigte daher mehrere Standespersonen dieser Stadt von meiner Absicht und um 8 Uhr versammelten wir uns im Garten der Minoriten, der fast der tiefste Ort der Stadt ist. Dort wurde der Versuch also begonnen.

Zuerst goß ich in ein Gefäß 16 Pfund Quecksilber, die ich während dreier vorangegangenen Tage gereinigt hatte, und nahm darauf zwei dicke Glasröhren von je vier Fuß Länge, die an einem Ende luftdicht verschlossen und am andern offen waren. Ich führte mit jeder von ihnen den gewöhnlichen Versuch des leeren Raumes in demselben Gefäße aus, und nachdem ich die zwei Röhren einander genähert hatte, ohne sie aus dem Gefäß herauszuziehen, zeigte es sich, daß das in jeder von ihnen gebliebene Quecksilber 26" $3^1/_2$'" über der Oberfläche desjenigen im Gefäße stand. Ich wiederholte den Versuch an demselben Orte, mit denselben zwei Röhren, mit demselben Quecksilber und in demselben Gefäße zweimal. Immer stand das Quecksilber beider Röhren gleich hoch, u. zw. in gleicher Höhe wie das erstemal.

---

spruch genommen werden, mindestens von ihm vorausgeahnt worden sein sollen. Im 2. Teil, Kap. 16 bis 19 seiner 1644 erschienenen Prinzipien der Philosophie bestreitet er die Möglichkeit eines leeren Raumes und der Existenz von Atomen. „Leer ist nicht ein Gefäß, in dem absolut nichts ist, sondern ein solches, in dem sich nicht solche Gegenstände befinden, die man dort erwartet". (Ein leerer Fischbehälter enthält keine Fische, ist aber voll Wasser.) . . . „Wenn Gott alle in einem Gefäße enthaltenen Körper wegnähme und keinen andern an deren Stelle einzutreten gestattete, würden die Wände des Gefäßes sich berühren". 3. Teil, Kap. 60: „Leer sind jene Räume, welche mit einem Stoff ausgefüllt sind, der die Bewegung weder unterstützt noch hindert".

[49]) Rechtschreibung Pascals; jetzt Puy de Dôme.

[50]) P. Mersenne (1588—1648), Minorit, stand mit den bedeutendsten Männern der Wissenschaft in brieflicher Verbindung und förderte die Wissenschaft sehr, indem er den Austausch ihrer Ansichten vermittelte und die Behandlung wissenschaftlicher Fragen anregte. Er erlebte den Versuch nicht; † 1. September.

[51]) Da er längere Zeit durch Amtshandlungen außerhalb Clermont gehalten wurde.

Universitäts- und
Landesbibliothek Düsseldorf

Nachdem dies geschehen, ließ ich die eine dieser zwei Röhren in ihrem Gefäße an demselben Orte zur ununterbrochenen Beobachtung, bezeichnete auf dem Glase die Höhe des Quecksilbers und bat den hochw. Vater Chastin dieses Klosters, einen frommen und gewissenhaften Mann, der diesen Gegenstand gut beurteilte, sich der Mühe zu unterziehen, von Zeit zu Zeit während des ganzen Tages darauf zu achten, ob eine Veränderung stattfände. Mit der andern Röhre und einem Teile desselben Quecksilbers führte ich vor denselben Herren dieselben Versuche auf den Gipfeln des Puy de Domme aus, der sich 500 Toisen (975 m) über das Minoritenkloster erhebt, wobei sich zeigte, daß das Quecksilber in dieser Röhre nur 23" 2"' hoch blieb .... so daß die Quecksilberhöhen am Fuße und auf dem Gipfel des Berges sich um 3" $1^1/_2$"' unterschieden. Dies riß uns alle zu Bewunderung und Erstaunen hin und überraschte uns derart, daß ich, um jeden Zweifel unserseits zu beseitigen, . . . den Versuch noch 5mal, sehr sorgfältig, an verschiedenen Stellen des Berggipfels wiederholte, sowohl in der kleinen dort befindlichen Kapelle, als auch im Freien geschützt vor dem Winde oder ihm ausgesetzt, sowohl im schönen Wetter als auch im Regen und Nebel, die uns dort plötzlich aufsuchten. Nachdem wir jedesmal die Röhre sehr sorgfältig von der Luft befreit hatten, wurde immer dieselbe Höhe der Quecksilbersäule zu 23" 2"' gefunden. . . . .

Nachher wiederholte ich, vom Berge herabsteigend, unterwegs denselben Versuch mit derselben Röhre, demselben Quecksilber und demselben Gefäße an einem Orte, der Lafon de l' arbre[52]) heißt, weit oberhalb des Minoritenklosters, aber noch weit mehr unterhalb des Berggipfels, und ich fand dort die Höhe des in der Röhre verbliebenen Quecksilbers zu 25". Zuerst wiederholte ich ihn daselbst und dann noch Herr Mosnier, Domherr, mit gleichem Erfolge. . . . Dies steigerte nicht wenig unsere Zufriedenheit, da wir die Höhe der Quecksilbersäule abnehmen sahen, sobald die (See-) Höhe der Orte wuchs.

Als wir zuletzt nach dem (Garten der) Minoriten zurückgekehrt waren, fand ich in der dort zur beständigen Beobachtung zurückgelassenen Röhre (das Quecksilber) in der gleichen Höhe von 26" $3^1/_2$"' wie ich es zurückgelassen hatte, von welcher Höhe es, wie der zur Beobachtung zurückgebliebene hochw. Vater Chastin berichtete, während des ganzen Tages trotz des recht unbeständigen Wetters nicht abgewichen war.

Ich wiederholte darauf den Versuch mit der Röhre, welche ich auf den Puy de Domme genommen hatte, und in dem Gefäße,

[52]) Am Schlusse des Berichtes wird für diesen Ort eine relative Höhe von 150 Toisen [292 m] angegeben.

Universitäts- und
Landesbibliothek Düsseldorf

in dem die zur ununterbrochenen Beobachtung stehende Röhre stand, und fand wieder die Höhe von 26" $3^1/_2$''' . . . . . Des folgenden Morgens schlug mir der hochw. Vater De la Mare, Priester an der Kathedralkirche, der zwar im Garten der Minoriten gewesen war, aber nicht mit aufgestiegen war, und von mir erfahren hatte, was auf dem Puy de Domme geschehen war, vor, denselben Versuch am Fuße und auf der Höhe des höchsten Turms der Notre Dame (Kirche) zu Clermont zu machen, um zu erfahren, ob es dort einen Unterschied (der Höhen der Quecksilbersäulen) gebe. Um der Wißbegierde zu genügen, ... stellte ich noch an demselben Tage den gewöhnlichen Versuch vom leeren Raume in einem Privathause, das am höchsten Orte der Stadt 6 bis 7 Toisen (11·7 bis 12·6 m) höher als der Garten der Minoriten und im Niveau des Fußes des Turmes liegt. Wir fanden die Quecksilbersäule fast 26" 3''' hoch, also etwa $^1/_2$''' geringer als im Minoritengarten. Hierauf habe ich (denselben Versuch) auf der Höhe des Turmes, 20 Toisen (38·9 m) über seinem Fuße und 26 bis 27 Toisen (50·6 bis 51·5 m) über dem Garten der Minoriten gemacht. Dort betrug die Höhe der Quecksilbersäule 26" 1''', also um 2''' weniger als am Fuße des Turmes und um $2^1/_2$''' weniger als im Garten der Minoriten. . . . ."

Am Schlusse seines Briefes stellte Périer die erhaltenen Beobachtungen zusammen.

Als Pascal diesen Bericht empfangen hatte, empfand er zunächst Genugtuung über den von ihm ersonnenen Versuch, er ersah aber auch, daß es ihm in Paris selbst möglich sei, den Versuch auszuführen. Er fand so zwischen dem Fuße und einer 24 bis 25 Toisen (etwa 48 m) höheren Stelle des Turmes von S. Jakob der Fleischerzunft einen Unterschied von 2''' für die Quecksilbersäule und dann $^1/_2$''', als er in einem Privathause 90 Stufen erstiegen hatte Damit war also seine am Anfange seines Briefes an seinen Schwager gemachte Bemerkung: „Die Natur läßt in der Tat einen beliebig großen Raum frei von allen uns bekannten Stoffen, die unsern Sinnen bemerkbar werden", als unzweifelhaft richtig nachgewiesen[51].)

Nach der von der k. k. Zentralanstalt für Meteorologie und Erdmagnetismus hrsg. 4. Aufl. von (Jelinek's) Anleitung zur Ausführung meteorolog. Beobachtungen, 2. Teil, S. 67—68 sind 26" $3^1/_2$''' = 711·71 mm, 23" 2''' = 627·12 mm, 3" $1^1/_2$''' = 84·59 mm, 25" = 676·75 mm, $^1/_2$''' = 1·13 mm, 2''' = 4·51 mm.

---

[51]) Das Ergebnis veröffentlichte er noch in demselben Jahre in der Flugschrift: Récit de la Grande Expérience de l' Equilibre des Liqueurs (Erzählung des großen Versuchs vom Gleichgewichte der Flüssigkeiten), Paris 1648. Ein Facsimiledruck wurde 1893 in Nr. 2 der Sammlung „Neudrucke von Schriften und Karten über Meteorologie und Erdmagnetismus" herausgegeben. Der von mir 1894 angefertigten Übersetzung sind die oben angeführten Stellen entnommen.

Universitäts- und
Landesbibliothek Düsseldorf