

Informations - Informationen - Informazioni - Notes

EXPERIENTIA MAIORUM

300 Jahre Barometer

Das Jahr 1648 ist das Todesjahr des *Horror vacui*. Noch ein GALILEI hatte in seinem für die Geschichte der Physik fundamentalen Werk der *Discorsi e dimostrazioni intorno a due nuove scienze attenenti alla meccanica ed ai movimenti locali* (Leyden 1638, p. 17/18) das den Hydraulikern seit altersher bekannte Phänomen des Stehenbleibens einer Wassersäule bis zu 18 «Florentiner Ellen» Höhe in den Saugpumpen mit dem *Horror vacui* der aristotelischen Naturphilosophie erklärt. Sein Schüler und Nachfolger TORRICELLI benutzte statt Wasser Quecksilber und erfand dabei 1643 das Barometer; er war sich vollständig darüber klar, daß der Luftdruck die Ursache des Stehenbleibens des Quecksilbers in der umgestülpten Glasröhre ist. In zwei erhalten gebliebenen Briefen vom 11. und 28. Juni 1644 an seinen Freund MICHELANGELO RICCI in Rom hat TORRICELLI den klassischen Versuch beschrieben und dabei besonders auf die Möglichkeit der Messung des Luftdrucks hingewiesen, welcher nicht konstant, sondern Schwankungen unterworfen sei. Daß oberhalb des Quecksilbers sich das berühmte «Vakuum» befindet, interessierte TORRICELLI weniger; immerhin gab er einen instruktiven Beweis für das Vorhandensein eines Vakuums mittels zweier Röhren, in denen das Quecksilber gleich hoch steht, obwohl die Volumina oberhalb des Quecksilbers verschiedenen Rauminhalt haben (Abb. 1).

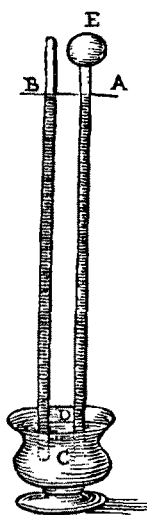


Abb. 1. Zeichnung TORRICELLIS im Brief an RICCI vom 11. Juni 1644.

Von RICCI erfuhr 1644 nun der Pater MERSENNE, der eine Art Post für die Korrespondenz der damaligen französischen Mathematiker und Physiker mit dem In- und Ausland abgab, von dem TORRICELLISCHEN Versuch und berichtete davon dem Fortifikationsingenieur PETIT, der seinerseits jenes aufregende Experiment über das Vakuum an BLAISE PASCAL weitererzählte. Seit 1646 experimentierten PASCAL und PETIT in Rouen mit dem Vakuum, indem sie das TORRICELLISCHE Experiment mit verschiedenen Röhrenformen und Flüssigkeiten variierten und damit allgemeines Aufsehen erregten. Über diese

Versuche hat PASCAL selber in einer Druckschrift *Expériences nouvelles touchant le Vuide* (Paris 1647) berichtet. Bei dieser Publikation hatte er von der TORRICELLISCHEN Erklärung des Phänomens noch nichts gehört und erklärte dieses noch nach GALILEI mit einem reduzierten *Horror vacui*, der nicht absolut, sondern genötigt sei, die Röhre oberhalb der 18 Ellen leer zu lassen. Indem PASCAL aber überhaupt das Vakuum als existierend ansah, geriet er sogleich mit den Scholastikern in Konflikt, denn nach den ontologischen Prinzipien ARISTOTELES' sei ein Vakuum unmöglich, erklärte ihm der Pater NOËL — übrigens der Philosophielehrer DESCARTES' in La Flèche — sogleich in einem Brief von Ende 1647. Unterdessen erfuhr PASCAL aber von MERSENNE die uns heute selbstverständlich erscheinende Erklärung des Barometerphänomens mit dem Luftdruck von TORRICELLI, die damals keineswegs auf der Hand lag, führte doch zum Beispiel ROBERVAL, welcher ebenfalls die Experimente mit PASCAL wiederholt hatte, die Erscheinung auf eine noch unbekannte Attraktionskraft zurück. PASCALS Scharfsinn erkannte — wenigstens ihm auch die TORRICELLISCHE Hypothese einleuchtete —, daß das Quecksilber TORRICELLIS genau so wenig wie das Pumpenwasser GALILEIS den Luftdruck als Ursache dieser Erscheinung erweise und daß es nötig sei, ein *Experimentum crucis* anzustellen.

Am 15. November 1647 bat er seinen Schwager PÉRIER in Clermont — am Fuße des 974 m hohen Puy-de-Dôme — in einem historisch gewordenen Brief, die Höhe der Quecksilbersäule sowohl am Fuße des Berges wie auf der Spitze zu messen, zu welcher Untersuchung PASCAL in Paris keine Gelegenheit hatte. Diese Messung sollte das *Experimentum crucis* abgeben und dem altersschwachen *Horror vacui* den Todesstoß versetzen. Es heißt in dem Brief:

«...resolu neantmoins de chercher l'eclaircissement entier de cette difficulté par vne experience decisiue, l'en ay imaginé vne qui pourra seule suffire pour nous donner la lumiere, que nous cherchons, si elle peut estre executée avec iustesse: C'est de faire l'experience ordinaire du Vuide plusieurs fois en mesme iour, dans vn mesme tuyau, avec le mesme vif-argent, tantost au bas, & tantost au sommet d'une montagne effluée pour le moins de cinq ou six cens toises, pour esprouuer si la hauteur du vif-argent suspendu dans le tuyau, se trouuera pareille ou differente dans ces deux scituations. Vous voyez desia sans doute, que cette experience est decisiue de la question, & que s'il arriue que la hauteur du vif-argent soit moindre au haut qu'au bas de la montagne (comme l'ay beaucoup de raisons pour le croire, quoy que tous ceux qui ont medité sur cette matiere soient contraires à ce sentiment,) il s'ensuiura necessairement que la pesanteur & pression de l'air est la seule cause de cette suspension du vif-argent, & non pas l'horreur du Vuide, puis qu'il est bien certain qu'il y a beaucoup plus d'air, qui pese sur le pied de la montagne, que non pas sur son sommet, au lieu qu'on ne scauroit pas dire que la Nature abhorra le Vuide au pied de la montagne plus que sur son sommet...»

PÉRIER führte das Experiment am 19. September 1648 mit großer Umsicht aus und berichtete darüber drei Tage später in einem ebenfalls historisch gewordenen Brief an PASCAL.

Zusammen mit einigen Honoratioren und Priestern von Clermont wurde am Morgen des 19. Septembers das Experiment im Kloster der Minoriten — dem tiefsten Punkt der Stadt — begonnen: man stellte dort zwei gleiche Barometer nach TORRICELLI durch Umstülpen her, von denen eines dem Pater CHASTIN zur Beobachtung während des Tages zurückgelassen wurde. In beiden Röhren stand das Quecksilber in 26 Zoll 3,5 Linien

(712 mm) Höhe. Mit dem anderen Rohr stieg PÉRIER mitsamt seiner Begleitung auf den Puy-de-Dôme, wo er auf der Spitze des Berges den TORRICELLISCHEN Versuch wiederholte. Obwohl PASCAL den Effekt vorausgesagt hatte, entstand doch allgemeine Verwunderung, als hier das Quecksilber sich nur auf 23 Zoll 2 Linien (627 mm) einstellte. Zur Sicherheit wurde das Experiment an fünf verschiedenen Stellen der Bergkuppe wiederholt. Beim Abstieg wurde auf halber Höhe über dem Minoritenkloster nochmals der Versuch ausgeführt: das Quecksilber stieg auf 25 Zoll an. Ins Kloster zurückgekehrt, erfuhr PÉRIER von Pater CHASTIN, daß den ganzen Tag über das erste Barometer konstant auf 26 Zoll 3,5 Linien gestanden habe. Diesen Bericht seines Schwagers vom 22. September 1648 hat PASCAL zusammen mit seinem Brief an PÉRIER vom 15. November 1647 in dem *RECIT / DE LA GRANDE / Expérience de l'Equilibre / des Liqueurs / Projectée par le Sieur B. P.* (Saureux, Paris 1648), der offenbar als Flugschrift gedacht war, noch 1648 veröffentlicht.

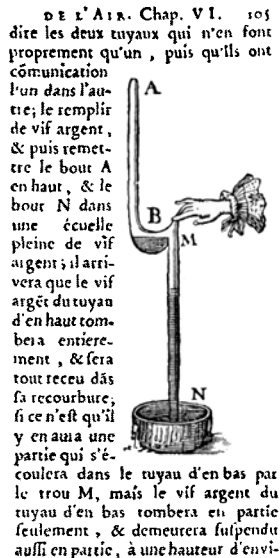


Abb. 2. Seite 105 der Originalausgabe von 1663.

Mit diesem Experiment PÉRIERS hatte PASCAL bewiesen, daß der Luftdruck dem Quecksilber in der Barometeröhre das Gleichgewicht hält und daß demnach eine Aerostatik nach hydrostatischen Prinzipien aufgebaut werden kann. So bezeichnet PASCAL konsequenterweise mit Liqueurs auch die Gase. Das Luftmeer, an dessen Boden wir uns befinden und dessen Dichte nach oben abnimmt, ist allerdings in Bewegung begriffen, die sich in den Schwankungen des Barometers kundgibt. Seit 1648 datiert die meteorologische Wissenschaft. Alle Welt war von der TORRICELLISCHEN Erklärung überzeugt und experimentierte mit dem Barometer. Diese Experimentierfreude kulminierte in den klassischen Regensburger Versuchen OTTO VON GUERICKEs (1654). PASCAL selbst hat in einem Appendix zu seinem 1653 vollendeten, aber erst 1663 erschienenen *Traité de l'équilibre des liqueurs et de la pesanteur de la masse de l'air* das instruktive Experiment des «Vide dans le Vide» beschrieben (Abb. 2).

Andererseits eröffnete das TORRICELLI-PASCALSche Experiment neue Möglichkeiten für die im Barockzeitalter sehr beliebte Meteorologie.

So bestand DESCARTES' Erstlings- und Hauptwerk, *Essais philosophiques* (Leyden 1637), aus den drei Teilen: La Méthode, La Dioptrique et les Météores, La Géo-

metrie. Und es war kein Geringerer als DESCARTES, welcher die Priorität für das PASCALSche *Experimentum crucis* beanspruchte. In einem Brief an MERSENNE vom 13. Dezember 1647 und in zwei Briefen an CARCAVY vom 11. Juni und 17. August 1647 behauptete er, 1647 PASCAL persönlich auf die Idee gebracht zu haben, die Quecksilberhöhen im TORRICELLISCHEN Barometer am Fuße und auf der Spitze eines hohen Berges zu messen. In der Tat hatte DESCARTES schon über ein Jahrzehnt vor TORRICELLI ganz klare Vorstellungen vom Luftdruck (Brief vom 2. Juni 1631), und bei Gelegenheit einer Kritik der GALILEISCHEN *Discorsi* schreibt er am 11. Oktober 1638 an MERSENNE, daß das Stehenbleiben der Wassersäulen in den Saugpumpen auf 18 Florentiner Ellen Höhe auf den Luftdruck zurückzuführen sei.

DESCARTES war 1647 nämlich für einige Zeit in Paris gewesen, und am 23. und 24. September hatte die denkwürdige Zusammenkunft zwischen den beiden größten Denkern Frankreichs im Hause PASCALS stattgefunden. PASCALS Schwester JACQUELINE hat über dieses Zusammentreffen eine anschauliche Schilderung in einem Brief an Mme PÉRIER vom 25. September 1647 gegeben. An diesem Gespräch, das sich tatsächlich auf das Problem des Vakuums bezog, nahm auch ROBERVAL teil, der DESCARTES leidenschaftlich bekämpfte und vor allem die Theorie der «subtilen Materie» angriff. Wenn auch der Brief JACQUELINES kein Detail der wissenschaftlichen Disputation gibt, so gibt doch ein hinterlassenes Fragment ROBERVALs¹ Auskunft über die Streitpunkte. Es ist ziemlich sicher, daß DESCARTES PASCAL die behauptete Anregung gegeben hat, aber es ist wahrscheinlich, daß PASCAL — wenn er überhaupt noch diese Anregung nötig hatte — auf die Worte DESCARTES' kaum gehört hat, nachdem er durch seinen Freund ROBERVAL schon gegen jenen eingenommen, immer in der kartesischen Naturphilosophie eine Spielart des Aristotelismus erblickt hatte. Der Luftdruckbegriff DESCARTES' war in der Tat mit seiner Wirbeltheorie der Schwere verknüpft, so daß der richtige Vorschlag eines *Experimentum crucis* für eine falsche Hypothese im Geiste PASCALS sofort das richtige *Experimentum crucis* für eine richtige Auffassung des Luftdrucks wurde. Es ist zu bemerken, daß PASCAL DESCARTES mit keinem Wort erwähnt.

PASCAL folgte DESCARTES nur in dessen Methodenlehre, und sein Genius erkannte schnell, daß der Naturphilosoph und Metaphysiker DESCARTES von dem erkenntnistheoretischen Impuls des Methodikers DESCARTES abgewichen war. Am Schlusse seines *Récit* bemerkt PASCAL:

«...Ce n'est pas en cette seule rencontre que quand la faiblesse des hommes n'a pu trouver les véritables causes leur subtilité en a substitué d'imaginaires qu'ils ont exprimées par des noms spécieux qui remplissent les oreilles et non pas l'esprit; c'est ainsi que la sympathie et antipathie des corps naturels sont les causes efficientes et univoques de plusieurs effets...»

Jedoch hat er, wie er weiter schreibt, nur auf Grund der Erfahrung die «schönen Worte» der Antike verlassen:

«...Mais, enfin l'évidence des expériences me force de quitter les opinions où le respect de l'antiquité m'avait retenue. Ainsi je ne les ai quittées que peu à peu, et je ne me suis éloigné que par degrés, car du premier de ces trois principes, que la nature a pour le vide une horreur invincible, j'ai passé à ce second, qu'elle en a de l'horreur, mais non pas invincible; et de là je suis enfin arrivé à la croyance du troisième, que la nature n'a aucune horreur pour le vide.»

Die einzige naturphilosophische Schrift, die wir von PASCAL besitzen, ist das *Fragment de Préface sur le*

¹ Bibliothèque Nationale, Fonds Français, Nouv. Acq. 5175, nº. 47.

Traité du Vide, die übrigens das berühmte Bienengleichnis der *Pensées* schon enthält. Seiner Grundstimmung des neuen kartesischen Forschungsideals hat er noch klarer in seiner Replik vom 29. Oktober 1647 auf den Brief des obenerwähnten Pater NOËL gegeben; konsequent setzt er die methodische Linie DESCARTES' fort, und man glaubt geradezu einen Positivisten aus den Worten dieses einmaligen Geistes zu hören, wenn er dort schreibt:

«...Car toutes les choses de cette nature, dont l'existence ne se manifeste à aucun des sens, sont aussi difficiles à croire, qu'elles sont faciles à inventer... et lors qu'on n'a pu encore tirer d'absurde ny de sa negation, ny de son affirmation, l'hypothese demeure douteuse; de sorte que, pour faire qu'une hypothese soit evidente, il ne suffit pas que tous les phenomenes s'en ensuivent, au lieu que, s'il s'ensuit quelque chose de contraire à un seul des phenomenes, cela suffit pour assurer de sa fausseté.»

Mag man deshalb aus chronologisch-biographischen Gründen die Priorität an dem *Experimentum crucis* für die Existenz des Luftdrucks DESCARTES zuerteilen wollen — eine ideengeschichtliche Bewertung wird sie PASCAL zusprechen, weil er als echter kartesianischer Methodiker die prinzipielle Tragweite seines Experiments übersehen hat, während es für den Naturphilosophen DESCARTES bloß ein Glied in der Kette des nach apriorischen Prinzipien geregelten Spiels seiner einseitig geometrischen Gedankenwelt abgab.

J. O. FLECKENSTEIN

Congrès - Kongresse - Congressi - Congresses

ENGLAND

International Geological Congress

18th Session, 1948

The Eighteenth Session of the International Geological Congress will be held in London from August 25 to September 1, 1948, on the invitation of the Geological Society of London. Two Special Meetings of the General Assembly will be held during the Session. The sectional meetings of the congress will be devoted to the following subjects: Problems of Geochemistry—Metasomatic Processes in Metamorphism—Rhythm in Sedimentation—The Geological Results of Applied Geophysics—The Geology of Petroleum—The Geology, Paragenesis and Reserves of the Ores of Lead and Zinc—The Geology of Sea and Ocean Floors—The Pliocene-Pleistocene Boundary—Faunal and Floral Facies and Zonal Correlation—The Correlation of Continental Vertebrate-bearing Rocks—Earth Movements and Organic Evolution—Varia.

The International Palaeontological Union is planning several meetings during the Session, and the "Association des services géologiques africains" will hold a number of open meetings. A number of excursions to various parts of England will take place before, during and after the Session.

For instructions, representation of papers, and for all detailed information, the Fourth Circular, issued in November, 1947, should be consulted. All communications and correspondence should be addressed to the General Secretaries, Eighteenth Session, International Geological Congress, Geological Survey and Museum, Exhibition Road, South Kensington, London S.W. 7.

President:
H. H. READ

General Secretaries:
A. J. BUTLER, L. HAWKES

ITALIE

Congrès de physiologie et pathologie de la reproduction animale

Le Premier Congrès international de physiologie et pathologie de la reproduction animale et de la fécondation artificielle aura lieu à Milan du 23 au 30 juin, de sorte que les participants qui le désirent pourront aussi se rendre au Congrès international de Génétique qui se tiendra à Stockholm du 7 au 14 juillet de même qu'au Congrès international de Zoologie, à Paris du 21 au 27 juillet. Le 21 juin, sous les auspices de l'UNESCO aura lieu une conférence préliminaire à laquelle un nombre restreint de spécialistes italiens et étrangers discuteront de questions concernant les substances interactives de l'œuf et du sperme et la parthénogénèse. Aux sessions plénières du Congrès, seront traités des sujets d'intérêt plus général se rapportant à la biologie de la reproduction et de l'incubation, à la pathologie sexuelle et au problème de la fécondation artificielle (au point de vue méthodique, pratique et juridique). Les travaux et les demandes concernant le Congrès sont à adresser au secrétaire général: Prof. T. BONADONNA, via Bonzetti 17, Milan (Italie). Le Congrès est ouvert moyennant souscription de 8 \$ pour les membres actifs et de 4 \$ pour les membres associés. Une exposition internationale avec présentation d'animaux vivants aura lieu à l'occasion de ce Congrès.

U. S. A.

The 4th International Congress on Tropical Medicine and Malaria will be held in Washington from May 10 to May 18.

SUISSE

La 128^e Assemblée générale de la Société helvétique des sciences naturelles aura lieu à St-Gall du 4 au 6 septembre 1948.

Corrigenda

A. PREY, Die modernen Methoden und Ergebnisse der Geophysik, Exper. 4, fasc. 3, p. 88–100.

Wegen des ungenügenden Postverkehrs mit Wien erfolgen einige Autorkorrekturen verspätet.

$$\text{p. 89, Formel (1)} \quad b = \frac{2 \omega^2 a^3}{k^2 M} - \frac{3(C-A)}{2 a^2 M}$$

$$\text{statt} \quad b = \frac{2 \omega^2 a^3}{L^2 M} - \frac{3(C-A)}{2 a^2 M};$$

$$\text{in Formel (5)} \quad \frac{k^2 M}{a^2} \quad \text{statt} \quad \frac{k^2 M}{a};$$

$$\text{p. 90 in Formel (8)} \quad k^2 \text{ statt } k';$$

$$\text{in Formel (11)} \quad \frac{a-c}{a} \quad \text{statt} \quad \frac{a \cdot c}{a};$$

$$\text{p. 91 in Formel (15)} \quad k_0 \text{ statt } K_0;$$

ferner in dem Ansatz von ÖKINGHAUS

$$\vartheta = \vartheta_c e^{-h^2 x^2} \quad \text{statt} \quad \vartheta = \vartheta_c e^{-h x^2};$$

$$\text{p. 94 unten} \quad \Delta g = \frac{2h}{R} g \left(1 - \frac{3}{4} \frac{\vartheta}{\vartheta_m} \right)$$

$$\text{statt} \quad \Delta g = \frac{2h}{Q} g \left(1 - \frac{8}{4} \frac{\vartheta}{\vartheta_m} \right).$$