Zeitschrift: Prisma : illustrierte Monatsschrift für Natur, Forschung und Technik
Band: 5 (1950)
Heft: 4

Artikel: Der leere Raum : zur Physik und Technik des Vakuums
Autor: Neugebauer, Hermann
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-653736

Nutzungsbedingungen
Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation
L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use
The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 02.07.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

DER LEERE RAUM

Zur Physik und Technik des Vakuums *Von Dr. Hermann Neugebauer*

„Dreifach ist des Raumes Maß", sagt Schiller in seinen „Sprüchen des Confucius" und kennzeichnet damit den Raum Euklids, der durch die drei Dimensionen, also durch drei Zahlengrößen charakterisiert ist. Über den Begriff „R a u m" ist aber schon so viel philosophiert worden, daß es nötig erscheint, den „leeren" Raum der Physiker gesondert zu definieren. Der Physiker versteht darunter einen Hohlraum, aus dem alle Luft und alle materiellen Körper entfernt wurden, ein Vakuum also, wie es in größerer oder geringerer Vollkommenheit in Laboratorien hergestellt werden kann und wie es die Astrophysiker im Weltall zwischen den einzelnen Himmelskörpern annehmen und früher auch als Weltäther bezeichneten.

Als Vater der Erforschung des leeren Raumes kann Otto v. Guericke bezeichnet werden, der in seinem 1672 in Amsterdam erschienenen Werke über den leeren Raum grundlegende Theorien aufstellte und als genialer Empiriker seine Lehren durch praktische Versuche unter Beweis stellte. Die von Guericke konstruierten Kolbenluftpumpen sind heute noch in Museen erhalten. In einer Stunde konnte man damit eine Kugel von 50 cm Durchmesser luftleer pumpen. Es ist jedenfalls erstaunlich, daß die schon früher (1643) erfolgte Erfindung des Barometers durch Torricelli und die Entdeckung des Vakuums über dem Quecksilber durch lange Zeit hindurch ohne Einfluß blieb auf die Entwicklung der Verdünnungsluftpumpen. Erst 200 Jahre später gelang es dem Glasbläser Geissler, an Torricelli anknüpfend, eine Luftpumpe zu konstruieren, bei der durch Heben und Senken eines Glasgefäßes das Quecksilber selbst als Kolben benützt wurde (Abb. 1). Der Handwerker Geissler wurde dafür von der Universität Bonn zum Ehrendoktor ernannt, was die Bedeutung seiner Tat beweist.

Die Wirkung der Kolben- und Quecksilberluftpumpen ist aber begrenzt. Bei geringem Luftdruck verdampft Wasser weit unter der Siedetemperatur. Als Absperrflüssigkeit bei Verdünnungsluftpumpen verwendet, macht es jede weitere Verdünnung unmöglich, wenn der Luftdruck auf 12 mm Quecksilbersäule gesunken ist, weil es schon bei Zimmertemperatur zu verdampfen beginnt. Guericke konnte aber trotz dieses Übelstandes wichtige Feststellungen machen. Z. B., daß Magnetismus im leeren Raum wirksam bleibt, daß sich der Schall nicht ausbreitet u. a. Quecksilber verdampft erst bei einem Luftdruck von tausendstel Millimeter Quecksilbersäule, damit erklärt sich die bessere Wirkung der Quecksilberpumpen. In neuerer Zeit verwendet man die sogenannten Apiezonöle als Absperrflüssigkeit, das sind Destillate von Mineralölen. Diese luftfreien Öle haben einen Dampfdruck von nur einem Hunderttausendstel eines Millimeters.

Während die bisher genannten Luftpumpen nur stoßweise wirkten, arbeitet die von Robert B u n s e n im Jahre 1870 konstruierte W a s s e r s t r a h l p u m p e kontinuierlich. Sie beruht auf dem Zerstäubungsprinzip. Ein kräftiger Wasserstrahl, der aus einer engen Röhre plötzlich in eine weitere gelangt, übt an dieser Stelle eine starke seitliche Saugwirkung aus. Obgleich auch schon veraltet, werden die Wasserstrahlpumpen doch noch in allen Laboratorien der Welt verwendet, weil sie keine Betriebskosten verursachen, keiner Nebenapparaturen bedürfen und sehr einfach in der Konstruktion sind.

Heute verwendet man in der Technik vielfach die rotierende K a p s e l p u m p e mit Öl als Dichtungsflüssigkeit (Abb. 2). Bei dieser Pumpe dreht sich ein massiver Zylinder exzentrisch in einem Hohlzylinder. In einem Spalt des inneren Zylinders bewegen sich zwei Schieber, die durch Federkraft gegen die Wand des Außenzylinders gepreßt werden. Bei der Rotation des Innenzylinders entsteht ein Raum, der sich vergrößert und ansaugt, ein zweiter Raum, der die vorher angesaugte Luft weiterschiebt und ein dritter Raum, aus dem die Luft durch einen Kanal ausgepreßt wird. Solche Pumpen erzeugen schon Drucke bis zu

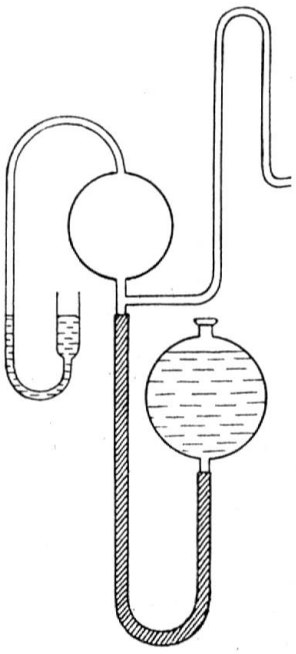

Abb. 1. Schema einer Quecksilberluftpumpe

einem Hunderttausendstel Millimeter und werden nur durch die Dampfstrahlpumpen hinsichtlich ihrer Verbreitung und ihres Wirkungsgrades übertroffen.

Die reinsten Vakua werden aber durch tiefe Temperaturen erreicht. Während das zu ent-

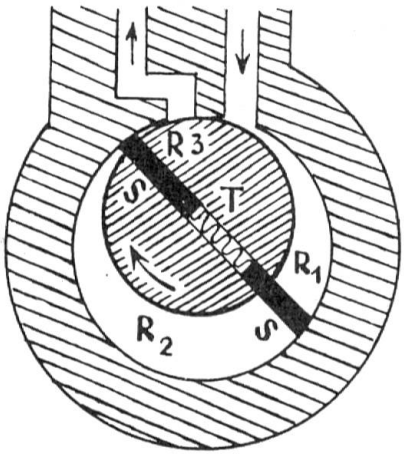

Abb. 2. Aufbau einer sogenannten „Kapselpumpe". T = Trommel, S = Schieber, durch Feder verbunden, R_1 = Raum, der sich vergrößert und Luft ansaugt; R_2 = Raum, der die Luft weiterbefördert; R_3 = Raum, der sich verkleinert und Luft austreibt

leerende Gefäß hoch erhitzt wird, sucht man ein damit verbundenes, mit präparierter Kohle beschicktes Nebengefäß tief abzukühlen, z. B. mittels Eintauchens in flüssigen Wasserstoff.

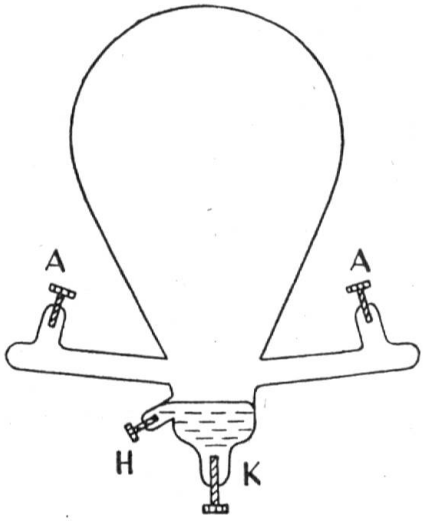

Abb. 3. Schema eines Quecksilbergleichrichters. A = Anoden, K = Kathode, H = Hilfselektrode

Durch die Kälte frieren alle Bestandteile der Luft aus, die Gasreste werden von der Kohle absorbiert und mit Hilfe elektrischer Entladungen, die durch den erhitzten Raum geschickt werden, auch aus den Wänden ausgetrieben.

Bei den spiegelnden Rundfunkröhren bedient man sich des sogenannten Getterverfahrens. Einige Metalle, z. B. Magnesium, Barium, zeigen die Eigenschaft, bei hoher Temperatur die in einem luftverdünnten Raum vorhandenen Gasreste zu absorbieren. Das verdampfende Metall schlägt sich dabei als Spiegel an den Wänden der Röhre nieder. Wenn man auch einen absolut leeren Raum nicht herzustellen vermag, so ist es der Technik doch gelungen ein Vakuum zu erreichen, das den elektrischen Strom, die Spannung möge noch so hoch sein, nicht mehr leitet. Auch eine Wärmeströmung und Wärmeleitung im gewöhnlichen Sinne gibt es im „leeren" Raum nicht. Der dickste Pelz hält nicht so warm, wie eine „Schicht" leeren Raumes. Darauf beruhen ja die Thermosflaschen, deren Innenwände versilbert werden, um auch die Wärmestrahlung zu verringern. Mit der „Strahlung" ist nämlich die einzige Möglichkeit gegeben, daß Wärme ein Vakuum durchdringt.

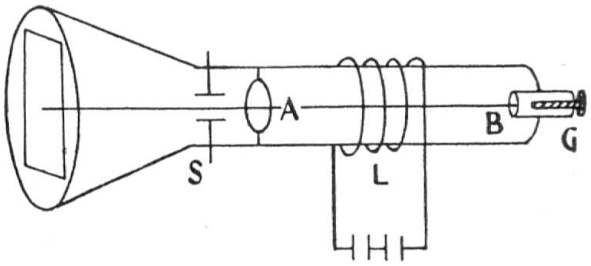

Abb. 4. Kathodenstrahlröhre (Braunsche Röhre). G = Glühkathode, B = Blende, A = Ringanode, S = Scheiben zum Anlegen der zu analysierenden Wechselspannung, L = Elektrolinse

In der Technik werden heute Vakua mehr und mehr verwendet. Die gewöhnlichen Glühlampen müssen zuerst evakuiert werden, bevor man sie mit einem Edelgas, z. Argon, unter geringem Druck füllt. Durch die Gasfüllung zerstäuben die Fäden weniger leicht, vertragen also höhere Temperaturen und geben daher helleres Licht. Auch zur Umwandlung von Wechsel- in Gleichstrom bedarf man einer luftleeren Röhre, der Gleichrichterröhre. Für starke Ströme sind solche Röhren bis zu 1½ m hoch. In dem gewaltigen Kühlballon schlägt sich der Quecksilberdampf nieder und wird an den Wänden verflüssigt. Am unteren Ende tritt der Strom durch mehrere Elektroden ein bzw. aus (Abb. 3). Die Funktion möge an dieser Stelle nur angedeutet werden. Die Kathode *K* sendet, nachdem die erste Zündung durch die kleine Elektrode *H* erfolgt ist, ununterbrochen Quecksilberdampf aus und der Strom geht abwechselnd von

einer der beiden Anoden A zur Kathode K, kann aber nicht die entgegengesetzte Richtung einschlagen. Um zu verhindern, daß kondensiertes Quecksilber beim Herabtropfen aus dem Kühlballon zu den Anoden gelangt, erscheinen deren Ansatzrohre etwas aufwärts gebogen. Würde sich nämlich an den Anoden Quecksilber ansetzen, so würden sie unter Umständen selbst wie Kathoden wirken und die Gleichrichterwirkung wäre damit aufgehoben. Große Gleichrichterröhren haben sechs Anoden.

Röntgenröhren bedürfen eines möglichst vollkommenen Vakuums. Bau und Funktion derselben sind bekannt und mögen hier übergangen werden. Auch die Verstärkerröhren, die unter anderem bei den Rundfunkempfangsapparaten in Verwendung sind, sowie die Kathodenstrahlröhren, die für das Fernsehen und zum Registrieren schnellster magnetischer oder elektrischer Vorgänge dienen, bieten Beispiele für die technische Bedeutung des leeren Raumes. In der Kathodenstrahlröhre (Abb. 4) werden durch glühenden Wolframdraht negative Elektrizitätsteilchen (Elektronen) ausgesendet. Diese Elektronen werden durch eine angelegte Spannung beschleunigt und mittels einer „Elektronenlinse" gebündelt. Eine mit Zinksulfid belegte Glimmerplatte beginnt beim Auffallen des Elektronenbündels bläulich zu leuchten. Das Elektronenbündel ist nun äußerst empfindlich gegen elektrische und magnetische Einwirkungen, es wird von negativen Ladungen abgestoßen, von positiven angezogen. Die Richtung der Ablenkung läßt sich durch die Linke-Hand-Regel bestimmen. Das Wandern des leuchtenden Punktes kann auch durch die Photoplatte festgehalten werden.

Die letztgenannten Röhren zeigen, daß es im Hohlraum keine Stromleitung gibt, daß vielmehr die Elektrizität gleichsam mit Gewalt hindurchgeschossen werden muß. Wie erwähnt, hat aber schon Otto v. Guericke gezeigt, daß magnetische Kräfte auch im leeren Raum wirksam sind und entgegengesetzt elektrisch geladene Kugeln sich sogar besser anziehen, als in der Luft. Diese im leeren Raum wirkenden elektrischen und magnetischen Kräfte mögen ein andermal abgehandelt werden, nur auf die industrielle Bedeutung des leeren Raumes sei noch kurz hingewiesen. In der Papierindustrie wird der Zelluloseschlamm über einen Vakuumkasten geführt und dadurch derart ausgepreßt, daß er den größten Teil seiner Feuchtigkeit verliert, und in den Zuckerfabriken wird durch Eindampfen des Rübensaftes in Vakuumpfannen sehr viel Brennmaterial erspart.

Neues von den Luftschichten

Die Atmosphäre der Erde ist so ähnlich geschichtet wie eine Zwiebel, die viele Schalen hat. Der Erdoberfläche nahe liegt die Troposphäre, die etwa zehn Kilometer umfaßt; darüber liegt die Stratosphäre, die sich ohne scharfe Grenze unbestimmbar in der Höhe verliert. Über der Stratosphäre verläuft dann die Ionosphäre, die elektrisch ist und Radiowellen reflektiert.

Bis vor wenigen Wochen unterschied man drei Schichten der Atmosphäre, die durch die Buchstaben E, F 1 und F 2 bezeichnet und mit einer Durchschnittshöhe von 110, 200 bzw. 240 km veranschlagt wurden. Dr. Joseph Kaplan von der Universität Kalifornien teilte nun mit, daß er eine vierte Schichte gefunden habe.

Dr. Kaplan verdanken wir bereits die Entdeckung einer besonderen Sorte des Stickstoffatoms; in der gleichen Flasche hat er auch ein neues Sauerstoffatom gefunden. Dieser Stickstoff und Sauerstoff sind energiegeladen und metastabil. Da ihm die Bedingungen bekannt waren, unter denen sich diese Moleküle in seinem Laboratorium vorfanden, schloß er, daß sie auch in der Atmosphäre vorkommen müßten, wo immer ähnliche Bedingungen obwalten. Seine Schlüsse sind durch Dr. A. B. Meinal vom Lick-Observatorium verifiziert worden.

Obzwar Dr. Kaplan den genauen Ort dieser neuen Schichte der Ionosphäre nicht kennt, schließt er, es müßte gerade unterhalb der Schichte E sein, etwa 100 Kilometer über der Erdoberfläche in der Nähe des Gebietes des Aufleuchtens der Aurora. Temperaturen beim Gefrierpunkt herrschen hier — nicht so niedrig, wie die Meteorologen angenommen haben.

Bis zur Zeit der Entdeckung dieser neuen Schicht hat man angenommen, daß nur die Ozonschichte zwischen uns und der Ultraviolett-Strahlung der Sonne liegt. Dr. Kaplan ist der Ansicht, daß die ultraviolette Strahlung der Sonne großenteils in infrarote Strahlung oder Hitze verwandelt wird. Wenn das der Fall ist, kann intensives Studium dieser Schichte unsere Meteorologen instand setzen, das Wetter genauer wie bisher vorhersagen.

Ing. O. W.