
Alfons Kauffeldt

Otto von Guericke

Biografien hervorragender Naturwissenschaftler, Techniker und Mediziner Band 11

1982 BSB B. G. Teubner Leipzig

Abschrift und LaTeX-Satz: 2023

<https://mathematikalpha.de>

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	4
2	Kindheit und Studium	5
3	Ratsherr, Ingenieur und Diplomat	8
4	Der Naturforscher und sein Werk	18
4.1	Guerickes Versuch mit den Magdeburger Halbkugeln	43
4.2	Guericke zum Problem von Schwere und Kraft	49
4.3	Guerickes philosophischer Standpunkt	67
5	Das Schicksal des Werkes von Guericke	71
6	Literatur	76

Vorwort zur ersten Auflage



Abb. 1. Otto von Guericke,
Gemälde von Lucia Maria Lauch um 1650
(im Besitz der Technischen Hochschule Otto
von Guericke Magdeburg)

In Würdigung der Leistungen in Lehre und Forschung wurde der Hochschule für Schwermaschinenbau Magdeburg auf Beschluss des Präsidiums des Ministerrats der DDR im Jahre 1961 der Status einer Technischen Hochschule und der verpflichtende Name "Otto von Guericke" verliehen.

Damit wurde ehrend dieses hervorragenden Sohnes von Magdeburg gedacht, der einen unvergesslichen Platz in der Geschichte dieser Stadt einnimmt und Bedeutendes in seiner Tätigkeit als Ingenieur, Experimentator, Ratsherr und späterer Bürgermeister geleistet hat.

Seine Forschungsarbeiten waren ein großer Beitrag zur Weiterentwicklung der bürgerlichen Wissenschaft und zur Überwindung der mittelalterlichen Scholastik.

Obwohl der Name "Otto von Guericke" nicht nur den Wissenschaftlern bekannt geworden ist, herrschte lange Zeit über sein Leben und Werk ein einseitiges Bild vor. Eine wesentliche Seite seines Schaffens blieb in den 300 Jahren, die seit dem Erscheinen seines Hauptwerkes "Experimenta Nova (ut vocantur) Magdeburgica de Vacuo Spatio" ("Neue sog. Magdeburger Experimente über den leeren Raum") im Jahre 1672 vergangen sind, unbekannt und unbeachtet.

Anlässlich des 10jährigen Bestehens der Magdeburger Hochschule 1963 und insbesondere durch mehrere marxistisch-leninistische wissenschafts- und philosophiehistorische Arbeiten des Autors der Biographie wurden die Verdienste umfassender dargestellt und gewürdigt. Otto von Guericke vertrat eine für seine Zeit progressive Weltanschauung.

Als Materialist steht er uns in seiner Denkweise und nicht zuletzt auch in Fragen der wissenschaftlichen Methodik näher als viele seiner Zeitgenossen, die durch eine bürgerliche Geschichtsschreibung eine größere Berühmtheit erlangten. Um die Herstellung der engen Verflechtung von Naturforschung und Technik hat sich Otto von Guericke große Verdienste erworben. Wir haben mit dem Namen "Otto von Guericke" die Verpflichtung übernommen, sein Wirken fortzusetzen und sein Andenken zu pflegen.

Die vorliegende Biographie, die im zwanzigsten Jahr des Bestehens unserer Hochschule erscheint, unternimmt es, ein besseres, zutreffenderes Bild Otto von Guericke zu verbreiten.

Wir danken dem Autor und wünschen ihm mit dieser Arbeit viel Erfolg.

Magdeburg, im Juli 1972

Prof. Dr. rer. nat. Weinschenk

Rektor der Technischen Hochschule Otto von Guericke Magdeburg

1 Einleitung

Otto von Guericke hat sich durch naturwissenschaftliche Experimente, Entdeckungen und Erfindungen einen Namen gemacht.

Durch sie ist er zu einem der Pioniere der neueren Naturforschung geworden. Es ist gerechtfertigt, ihn einen großen Naturforscher zu nennen. Wenn man jedoch den Begriff "Naturforscher" in unserem gegenwärtigen Sinne verstände, dann bekäme man eine ziemlich falsche Vorstellung von Otto von Guericke.

Heute bedeutet "Naturforscher" oder "Naturwissenschaftler" unter anderem auch einen Beruf. Einen solchen Beruf gab es aber zu jener Zeit noch gar nicht. Er hat sich erst im Anschluss an jene Periode und auch nur allmählich herausgebildet.

Guericke übte eine Tätigkeit aus, die man als seinen Beruf bezeichnen könnte: Er war 50 Jahre im Dienste seiner Vaterstadt Magdeburg tätig, davon die letzten 30 Jahre als einer der vier Bürgermeister, die sich turnusmäßig im Vorsitz ablösten.

Er ist zudem fast 50 Jahre geworden, ehe er mit seinen Untersuchungen begann, die er auch dann nur neben seiner dienstlichen Tätigkeit durchführte, und zwar aus eigenem Antrieb und mit eigenen Mitteln. Diese doppelte Tätigkeit hat er etwa zehn Jahre hindurch betrieben, dann mit der Abfassung eines Manuskriptes beendet und nicht wieder aufgegriffen.

Das alles war zwar auch damals nicht gerade üblich, aber keineswegs so ungewöhnlich, wie es uns heute erscheint. Weil jedoch seine naturwissenschaftlichen Untersuchungen nur eine Nebenbeschäftigung darstellen, müssen wir uns zuerst einmal mit dem Ratsherrn und Bürgermeister Otto von Guericke beschäftigen, ehe wir uns dem Naturforscher Guericke zuwenden.

2 Kindheit und Studium

Otto von Guericke, vielmehr Otto Gericke, wurde am 20. November 1602 als Sohn des Hans Gericke und seiner Ehefrau Anna geborene von Zweidorff in Magdeburg geboren. Die Gericke waren ein seit dem 14. Jahrhundert in Magdeburg ansässiges Patriziergeschlecht, das mit vielen anderen Magdeburger Patriziergeschlechtern versippt und verschwägert war. Guericke's Mutter war eine Patriziertochter aus dem benachbarten Braunschweig. Sie war übrigens die zweite Frau seines Vaters, die er nach dem Tode seiner ersten Frau, einer geborenen Alemann und Magdeburger Patriziertochter, geheiratet hatte.

Häufig übernahmen die Söhne dieser Geschlechter ein Amt in ihrer Vaterstadt, die Töchter heirateten meist in eine andere Patrizierfamilie hinein. Für die Eltern des jungen Otto stand somit schon im wesentlichen fest, welche Laufbahn er einschlagen sollte. Sie gaben ihm eine entsprechende Erziehung. Er besuchte nicht nur die sehr gute städtische Schule, sondern erhielt außerdem noch privaten Unterricht von ausgesuchten Hauslehrern. In den reichen Patrizierfamilien war es damals durchaus üblich, ihren Söhnen eine gute Ausbildung mitzugeben.

In den Städten, insbesondere in den großen Handelsstädten, zu denen Magdeburg gehörte, konzentrierte sich ein reges geistiges Leben. Die bedeutenden Impulse der Renaissance und des Humanismus wirkten fort und riefen, wenn auch nur bei einem kleinen Teil des deutschen Bürgertums, das Bemühen wach, das Leben des einzelnen und das der Gesellschaft von innen her neu zu gestalten.

Durch das wirtschaftliche Leben vor allem in den Handelsstädten war im Bürgertum auch der Träger des kulturellen und wissenschaftlichen Lebens gegeben. Wo jedoch das Bürgertum durch die Interessen des landesherrlichen Partikularismus in seiner Entwicklung gehemmt wurde, waren die Möglichkeiten für wissenschaftliche und kulturelle Blüte weniger gut.

Der Handel hatte viele Verbindungen zu fremden Ländern entstehen lassen und eine gute Kenntnis von ihnen vermittelt. Man konnte daher in diesen Städten eine gewisse Weltoffenheit und Weltgewandtheit antreffen. In den größeren Städten der ausgehenden Feudalzeit wiederholte sich in einem gewissen Grade, was im Altertum in den griechischen Stadtstaaten schon einmal aufgetreten war, nämlich eine Aufgeschlossenheit für geistige und kulturelle Leistungen und ein breites Interesse an ihnen.

Der Rückgriff auf das griechische Altertum in der Renaissance ist unter anderem ein Ausdruck für das weit verbreitete Empfinden, im griechischen Altertum etwas Verwandtes, Gleichartiges entdeckt und wiedergefunden zu haben, die großen Leistungen in Kunst, Wissenschaft und Philosophie, die ja noch heute unsere Bewunderung erregen.

Die im Anschluss und in Auswirkung der Renaissance im christlichen Europa entstandene geistige Atmosphäre war durchaus geeignet, wiederum hervorragende geistige Leistungen entstehen zu lassen. Das ist bekanntlich auch geschehen, aber in Richtung und Charakter unterschieden sie sich wesentlich von denen im Altertum.

In unserem speziellen Falle war es nicht ohne Bedeutung, dass bereits der Vater, Hans Gericke, eine sehr sorgfältige Erziehung und Ausbildung erhalten hatte. Er hatte die

Universität besucht und Jura studiert. Noch bedeutsamer erscheint uns, dass er im Einverständnis mit seinem Vater, der selbst ein vielgereister Mann gewesen war, als Hofjunker in den Dienst des damaligen Königs von Polen, Stephan Bathori (1533-1586), treten konnte, der den jungen Hans Gericke wegen seiner umfassenden Kenntnisse nacheinander zu seinem Gesandten in Kopenhagen, Stockholm, Moskau und sogar Konstantinopel machte.

Neun Jahre hat der Vater unseres Otto Gericke auf diese Weise im fernen Ausland zugebracht. Der König belohnte ihn mit dem polnischen Reichsadel, schuf dem Sohn also ein Vorbild, dem dieser später nacheiferte. Aber wichtiger erscheint uns, dass somit Otto von Guericke einen weitgereisten und gebildeten Vater hatte, der seinen Sohn dazu angehalten haben dürfte, einen ähnlichen Weg einzuschlagen. Er starb leider schon 1620, als sein Sohn noch nicht 18 Jahre alt war.

Dieser wurde bereits 1617, mit knapp 15 Jahren, auf die Universität geschickt, und zwar nach Leipzig. Angesichts seiner guten Ausbildung war dieses Alter durchaus angemessen, denn damals war dem eigentlichen Studium an einer der drei Fakultäten, der theologischen, der juristischen und der medizinischen, eine allgemeinbildende vierte Fakultät vorgeschaltet, die philosophische oder Artisten-Fakultät, an der in den sogenannten Freien Künsten unterrichtet wurde.

Der Stoff dieser niederen Fakultät entsprach etwa dem der Oberstufe der späteren Gymnasien oder höheren Schulen,

Insbesondere erlernten die Studenten hier das Latein, die unabdingbare Voraussetzung für das spätere Fachstudium, hörten Philosophie und Mathematik.

Als im benachbarten Böhmen 1618 ein Krieg ausbrach - er sollte zum 30jährigen Krieg werden -, der sich hinzog und sich den Grenzen Sachsens näherte, nahmen die besorgten Eltern ihren Sohn von Leipzig fort und schickten ihn an die damalige Universität Helmstedt.

Guericke konnte aber das Studium nicht mehr aufnehmen, weil sein Vater im selben Monat starb und er nach Magdeburg zurückkehren musste. Erst im folgenden Jahr, 1624, konnte er sein Studium in Jena an der juristischen Fakultät fortsetzen.

Dort studierte er bis 1623. Einen akademischen Grad hat er nicht erworben. Das war auch nicht notwendig. Ein akademischer Grad war nur für eine weitere Tätigkeit als Professor an einer Universität Voraussetzung.

Nach seinem Studium in Jena ging er nach Leiden in Holland, um an der dortigen Universität weiterzustudieren, und zwar, obwohl er an der juristischen Fakultät eingeschrieben war, vor allem Mathematik und Festungsbau, also in unserer Terminologie die zeitgenössische Ingenieurwissenschaft.

Außerdem studierte er dort die modernen Sprachen: Französisch, Englisch und Holländisch. Es handelte sich hierbei nicht um einen Wechsel der Studienrichtung und auch nicht um einen Widerspruch zu dem Berufsziel, das seinen Eltern vorgeschwebt hatte. Es war vielmehr die Fortdauer des Krieges, die es ratsam erscheinen ließ, als zukünftiger Ratsherr beste Kenntnisse im Festungsbau zu haben. Wie wir noch sehen werden, hat er seine Kenntnisse auch angewendet.

Was aber auch immer die Motive des künftigen Ratsherrn gewesen sein mögen, für den zukünftigen Naturforscher war das Studium des Festungsbaus in Leiden von sehr großer Bedeutung. Es hat ihm die mathematischen, naturwissenschaftlichen und technischen Kenntnisse vermittelt, die die Voraussetzung für seine späteren eigenen Forschungen gebildet haben.

Holland im allgemeinen und Leiden im besonderen stellten Hochburgen der neueren Naturforschung dar, die sich damals im Kampf mit der überlieferten Scholastik zu formieren und durchzusetzen begann. Hier lernte Guericke den Stand der Naturforschung kennen, erfuhr von den aufsehenerregenden Entdeckungen und kühnen neuen Lehren eines Galileo Galilei (1564-1642) und eines Johannes Kepler (1571-1630) sowie anderer Wegbereiter der neuen Naturforschung.

Guericke erlebte während seiner Studienzeit in Leiden, dass nicht scholastische Disputierkunst und pfäffisches Gezänk sondern allein der praktische Versuch, die neue Form der Naturforschung, die exakte Naturbeobachtung, das Material für eine wissenschaftliche Naturerkenntnis und für eine philosophische Verallgemeinerung liefern.

Dadurch allein wurde eine echte geistige Entwicklung gefördert.

Guericke scheint sich mit den Problemen der neuen Naturforschung und mit den Fragen des copernicanischen Weltsystems schon in seiner Studienzeit intensiv beschäftigt zu haben. In seinem späteren Werk tritt uns Guericke als ein entschiedener und überzeugter Verfechter dieses Systems entgegen.

Es spielte zudem in seinem eigenen Werk eine sehr bedeutsame Rolle als Beleg für seine Lehre vom leeren Raum. Sein Werk lässt ferner eine sehr gute Kenntnis aller mit der Diskussion um dieses System zusammenhängenden astronomischen Verhältnisse und Daten erkennen. Diese Kenntnisse dürfte er sich mindestens zum Teil schon in Leiden erworben haben. Und dort muss auch schon das Interesse an diesem Streit geweckt worden sein.

An sein Studium in Leiden schloss Guericke eine etwa neunmonatige Bildungsreise an, die ihn nach Frankreich und England führte.

Solche Reisen wurden häufig von jungen Leuten seines Standes unternommen. Uns interessiert hierbei, dass er auf diesen Reisen neben Holland, das er ja schon kannte, die damals fortgeschrittensten Länder persönlich kennengelernt hat.

Sie müssen ihm, dem Sohne einer bedeutenden Handelsstadt, tiefe Eindrücke vermittelt und ihn mit Verhältnissen bekannt gemacht haben, die sich in vieler Hinsicht vorteilhaft von denen in Deutschland unterschieden.

Das gilt insbesondere für Holland, in dem das Bürgertum bereits zur führenden Klasse aufgerückt war. Guericke hat immer mit großer Hochachtung von Holland gesprochen. Dieselbe Hochachtung und sogar Verehrung finden wir bei anderen Deutschen dieser Zeit, z.B. bei Tschirnhaus (1651-1708), einem jüngeren Zeitgenossen Guericke's, mit dem er in Briefwechsel gestanden hat.

3 Ratsherr, Ingenieur und Diplomat

Im Jahre 1626 kehrte Otto von Guericke wieder in seine Heimatstadt zurück und trat noch im selben Jahr in das Ratskollegium ein.

Im gleichen Jahr heiratete er auch, und zwar Margarethe Alemann, eine Tochter Jakob Alemanns, der oberster Beisitzer des Magdeburger Schöffengerichtes war. Die Alemanns waren in mehreren Linien in Magdeburg vertreten. Im folgenden Jahre wurde dem jungen Paar ein Sohn geboren, der den Namen seines Vaters, Otto, erhielt. Er sollte das einzige Kind bleiben, denn eine Tochter und ein zweiter Sohn starben bereits im frühen Kindesalter.

Bis dahin unterschied sich der Lebensweg Otto von Guericke durch keine wesentliche Besonderheit von dem irgendeines anderen jungen Mannes seines Standes. Es war der Krieg, der für die Magdeburger diesen normalen Lebensweg jäh unterbrach. Otto von Guericke lebte in der Zeit des Vorabends und des Verlaufs des Dreißigjährigen Krieges und erlebte dessen Auswirkungen noch mit.

Somit war das Leben Otto von Guericke mit der gesellschaftlichen Auseinandersetzung zwischen der frühen bürgerlichen Gesellschaftsordnung, die auch in Deutschland schon in Erscheinung getreten war, und einer besonders reaktionären Gruppe der Fürsten sowie mit dem bewaffneten Konflikt, in den auch andere europäische Feudalstaaten mit unterschiedlicher Entwicklungsstufe eingegriffen haben, verbunden.

Dieser Kampf wurde auf dem Rücken des deutschen Volkes ausgetragen. Das politisch zerrissene Deutschland, in dem die frühbürgerliche Revolution nicht hatte siegen können, bildete den Kriegsschauplatz. Verlierer dieses Kampfes waren auch die deutschen Städte.

Der Krieg war Ende der 20er Jahre näher an Magdeburg herangerückt. Er hatte außerdem durch das Eingreifen des Schwedenkönigs Gustav Adolf (1594-1632) eine Intensivierung erfahren.

Magdeburg geriet zwischen die beiden Lager und in eine schwierige Situation. Im Jahre 1629 hatte es eine mehr als halbjährige Belagerung durch kaiserliche Truppen unter Wallenstein (1583-1634) ertragen müssen. Die Stadt war dadurch in erhebliche Versorgungsschwierigkeiten geraten. Zudem kam es zu Gegensätzen innerhalb der Bürgerschaft, in der sich eine schwedenfreundliche und eine kaiserliche Partei herausgebildet hatte. Der alte Rat der Stadt wurde gestürzt und ein neuer gewählt. Während die Mehrzahl der Mitglieder des alten Rates nicht wieder gewählt worden war, erhielt Guericke auch im neuen Rat Sitz und Stimme und wurde mit dem Amte eines Bauherrn betraut.

Im September des folgenden Jahres rückten die kaiserlichen Truppen erneut vor Magdeburg und begannen die Stadt zu belagern. Im März 1631 erschien der anstelle von Wallenstein zum Oberbefehlshaber der kaiserlichen Truppen ernannte Graf Tilly (1559 bis 1632) persönlich vor der Stadt, fest entschlossen, sie so oder so zu nehmen.

Die Stadt war für beide Parteien ein strategisch wichtiger Übergang über die Elbe und eine bedeutende Festung. Nachdem bis Anfang Mai alle Außenwerke der Stadt in Tillys Hand und seine Truppen bis unmittelbar an die Mauern der Stadt vorgerückt waren, forderte er die Stadt schriftlich zur Übergabe auf.

Die Vertreter der Stadt hatten die Übergabe der Stadt beschlossen.

Die Diskussion mit dem Vertreter des Königs von Schweden über die Einzelheiten der Kapitulation zog sich aber so lange hin, dass die kaiserlichen Truppen, offenbar eine günstige (Gelegenheit erkennend und ausnutzend, bereits in die Stadt eingedrungen waren, bevor die Kapitulationsabordnung aufgebrochen war.

Der Versuch, die kaiserlichen Truppen wieder aus der Stadt herauszudrängen, misslang. Die Stadt wurde erobert.

Ein grausiges Morden, Schänden und Plündern begann, dem nur ein allgemeiner Brand der Stadt ein nicht weniger grausiges Ende setzte. Die näheren Umstände des Eindringens der kaiserlichen Truppen und des Ausbruchs des Brandes sind nicht ganz geklärt. Die Uneinigkeit innerhalb der Stadt hat aber möglicherweise bei dem einen oder dem anderen oder bei beidem mitgespielt. Keine Unklarheit besteht dagegen über das Ergebnis: Die Stadt Magdeburg war zum überwiegenden Teil zerstört, ein sehr großer Teil ihrer Bürger war in dem Gemetzel und im Brand umgekommen. Vernichtet war damit auch die ökonomische Macht und Bedeutung der Stadt.

Der Dreißigjährige Krieg hat Deutschland ganz allgemein fürchterlich verwüstet und es in seiner Entwicklung zurückgeworfen. Aber keine andere Stadt von der Größe und Bedeutung Magdeburgs ist so schwer getroffen worden.

Guericke und andere Ratsmitglieder konnten sich zwar durch ihre Beziehungen zu hohen Persönlichkeiten im kaiserlichen Lager und durch ein hohes Lösegeld mit ihren Familienangehörigen retten. Aber für keinen von ihnen gab es eine einfache Rückkehr zum früheren Leben.

Sie werden ähnlich, wie es Guericke von sich berichtet, alles bewegliche Eigentum, Kostbarkeiten und Erinnerungsstücke bei der Plünderung verloren haben. Und auch die normalen Einkünfte aus Gütern oder dem Brauen von Bier fehlten zunächst.

Für Guericke ergab sich daraus eine Umstellung, die für seine spätere wissenschaftliche Tätigkeit nicht ohne Bedeutung gewesen ist. Er selbst berichtet darüber wie folgt:

"Dieweil nun aber Haus und Hof samt allem, allem, was darin, totaliter verbrannt, hingegen von Äckern, Pachten, und Zehnten niemand etwas bekommen können, so habe mich zu der in fremden Landen erlernten Festungs-Bau-(Kunst) verwendet, auch bald, ein halb Jahr nach dieser Eroberung, unter Herzog Wilhelm von Sachsen-Weimar, Königl. Schwedischem General-Lieutenant, damals zu Erfurt, Dienst und Bestallung für einen Ingenieur bekommen."

Mit anderen Worten, der Patriziersohn Guericke übernahm die besoldete Tätigkeit eines Ingenieurs. Ganz unabhängig davon, ob er dabei günstige Bedingungen fand oder nicht, sah die Welt doch erheblich anders aus, wenn man sich seinen Unterhalt in dieser Weise erarbeiten musste.

Eine solche Tätigkeit auszuüben lag nicht in der Tradition der Patriziergeschlechter. Guericke selbst hat nichts dergleichen geäußert, sein Schicksal nicht beklagt.

Er hat vielmehr diese Tätigkeit mit großem Interesse ausgeübt und dabei beachtliche

Leistungen vollbracht, die ihm die verdiente Anerkennung einbrachten. Erwähnt sei die ihm vom schwedischen König erteilte Aufgabe, einen Grundriss der zerstörten Stadt anzufertigen, und die Aufgabe, die Festungswerke und vor allem die Brücken wieder instand zu setzen.

Für die letztere Aufgabe standen ihm einige hundert, zeitweilig bis zu 700 Handwerker zur Verfügung. Eine so große Truppe von Arbeitern anzusetzen, erforderte nicht nur technisches Können.

Offenbar hat Guericke die Fähigkeit gehabt, eine solche Truppe auch zu leiten, denn als 1636 nach dem Abzug der Schweden kursächsische Truppen die Stadt Magdeburg besetzten, wurde Guericke von diesen als Ingenieur übernommen. Guericke entwarf auch einen Plan für den großzügigen Wiederaufbau Magdeburgs, wobei er an eine bedeutende Handelsstadt und ein bedeutendes Verkehrsnetz dachte. Dieser Plan, der modern anmutende Gesichtspunkte enthielt, konnte aber nicht verwirklicht werden.

Die Besatzungsmächte, ob Schweden oder Sachsen, hatten in erster Linie ein Interesse an den strategischen Bauten und nur ein sehr bedingtes Interesse am Wiederaufbau der Stadt selbst. Guericke erlebte dabei die Enttäuschung, die sich später wiederholen sollte, dass gute Gedanken und wohlgemeinte und berechtigte Vorschläge nichts nutzten, wenn sie den Interessen der herrschenden Klasse widersprachen.

Insgesamt aber darf man annehmen, dass die Tätigkeit als Ingenieur sehr wertvoll für Guericke gewesen ist. Er hat neue Erfahrungen und Erkenntnisse gewinnen können, und auch sein Weltbild hat eine nicht unwesentliche Bereicherung erfahren.

Sehr aufschlussreich ist ferner die Mitteilung seines Urenkels, dass sein Ahne im Jahre 1632 eine Wasserwaage, ein Astrolabium und ein mit einer durch ein Uhrwerk in Bewegung gesetzten Himmelskugel versehenes Schreibzeug, das er dem schwedischen Feldmarschall Torstenson zum Geschenk gemacht hat, selbst angefertigt habe.

Im Hinblick auf seine späteren Versuche darf man dem jungen Guericke eine solche Kunstfertigkeit durchaus zutrauen. Zwei dieser selbst gefertigten Dinge bezogen sich auf die Astronomie. Das deutet darauf hin, dass er bereits damals, wie oben schon erwähnt, an den Fragen des copernicanischen Weltsystems interessiert war.

Nicht nur als Ingenieur, sondern auch in anderer Funktion wurde Guericke nur tätig, weil die durch die Kriegseignisse herbeigeführte Lage Magdeburgs es erforderte und er dem Rat der Stadt als die am besten geeignete Person erschien. Wir meinen die vielen Verhandlungen, die er im Auftrage der Stadt führte.

Sie waren immer mit größeren Reisen verbunden, die in jedem Falle beschwerlich, aber während des Krieges auch keineswegs ungefährlich waren und großen Mut und einen klaren Kopf verlangten. Diese Verhandlungen erforderten auch immer eine längere, zum Teil über viele Monate sich erstreckende Abwesenheit von Magdeburg. also auch von seiner Familie und von seinen privaten Angelegenheiten.

Es ist gut zu verstehen, dass Guericke sich niemals danach gedrängt hat, weil er wegen seiner Abwesenheit seine eigene Wirtschaft vernachlässigen musste. Unter Hinweis darauf hat er auch vom Rat der Stadt eine entsprechende finanzielle Rücksichtnahme gefordert, die zuletzt in der Forderung nach Immunität zum Ausdruck kam, d. h. nach

der Befreiung von den Abgaben, die jeder zu entrichten hatte, der eine "bürgerliche" Nahrung hatte, wie man damals alle Einkünfte bezeichnete, die auf irgendeinem bürgerlichen Gewerbe beruhten.

Die Angehörigen des Adels waren von diesen Abgaben befreit, genossen, also aufgrund ihrer Geburt diese Immunität.

Guericke betrieb, wie oben in seinen eigenen Worten schon angedeutet war, einmal Landwirtschaft auf eigenem und gepachtetem Boden und außerdem die Bierbrauerei, hatte also eine "bürgerliche" Nahrung.

Die erste Reise trat Guericke im Jahre 1642, also noch während des Krieges an. Sie war notwendig geworden, weil der Kommandant der kursächsischen Truppen, die Magdeburg besetzt hielten, unerträgliche Forderungen an die verarmte Stadt stellte und direkte Verhandlungen mit ihm zu keinem Ergebnis geführt hatten.

Guericke sollte deshalb nach Dresden zum Kurfürsten Johann Georg (1585-1656) reisen und bei ihm eine Erleichterung erwirken. Das gelang ihm auch.

Aber nach kurzer Zeit erhöhte der Kommandant erneut seine Forderungen, und der Rat der Stadt beschloss, sich erneut direkt an den Kurfürsten zu wenden. Wieder wurde Guericke damit beauftragt, die schwierigen Verhandlungen zu führen, diesmal in Begleitung der Ratsmitglieder J. F. Alemann und G. Rosenstock.

Es gelang wieder, die erforderlichen Erleichterungen zu erhalten. Guericke reiste zwei Jahre später, 1645, noch einmal nach Dresden zum Kurfürsten, aber dabei war das Magdeburger Ziel etwas anders und etwas weiter gesteckt.

Man wollte die fremde Besatzung ganz loswerden. Dazu aber genügte die Einwilligung des sächsischen Kurfürsten allein nicht mehr, es musste auch ein Einverständnis und ein Abkommen mit der anderen Kriegspartei erreicht werden, also mit den Schweden.

Deshalb schloss sich an die Reise nach Dresden eine Reise nach Leipzig und Eilenburg zum schwedischen Feldmarschall Torstenson an und eine weitere nach Halle zum Administrator des Erzstiftes Magdeburg, dem Magdeburg in bestimmter Weise unterstand. Der derzeitige Administrator Herzog August (1614-1680) war ein Sohn des Kurfürsten Johann Georg von Sachsen. Auch dieses Ziel wurde erreicht, und im April des Jahres 1646 zogen die sächsischen Truppen ab. An ihrer Stelle rückten dann von der Stadt neu angeworbene Truppen ein.

Damit war eine erste Etappe von Verhandlungen der Stadt Magdeburg mit den kriegführenden Mächten abgeschlossen und zugleich auch für Guericke ein erster Abschnitt der für ihn ungewohnten diplomatischen Tätigkeit erfolgreich beendet.

Im selben Jahre begannen in Osnabrück und Münster die Friedensverhandlungen. Die Stadt Magdeburg wollte erreichen, dass sie aus der Unterstellung unter das Erzstift Magdeburg entlassen würde und den Status einer reichsunmittelbaren Stadt erhielte. Objektiv und de facto hatte die bedeutende Handelsstadt Magdeburg bis zu ihrer Zerstörung alle Voraussetzungen für einen solchen Status auch besessen. Die Zerstörung hatte zwar die Stadt auch ökonomisch zurückgeworfen, stand aber trotzdem grundsätzlich einer solchen Forderung nicht im Wege. Man kann verstehen, dass der Rat dieses Ziel verfolgte, nicht etwa aus Prestige Gründen, sondern aus ganz konkreten wirtschaft-

lichen Überlegungen heraus.

So verständlich somit diese Forderung nach Reichsunmittelbarkeit auch war, unter den Umständen am Ende des 30jährigen Krieges war sie utopisch.

Denn die eigentlichen Sieger dieses unseligen Krieges waren die deutschen Territorialfürsten, die de facto die völlige Souveränität ihrer Gebiete erreicht hatten. Diesen Fürsten ging es nur darum, in den Friedensverhandlungen ihr Gebiet zu erweitern. Sie hatten nicht das geringste Interesse daran, einer Stadt zur Reichsunmittelbarkeit zu verhelfen.

Im Falle Magdeburgs war die Sachlage ganz eindeutig: es ging nicht um Reichsunmittelbarkeit oder nicht, sondern darum, ob Erzstift und Stadt zu Kursachsen oder zu Kurbrandenburg kommen sollte.

Damit war auch die Stellung des Kaisers in dieser Frage festgelegt, denn selbstverständlich dachte dieser gar nicht daran, sich wegen Magdeburg diese mächtigen Kurfürsten zu Feinden zu machen.

Neuere Aktenfunde haben bestätigt, dass von vornherein beschlossen war, der Stadt lediglich formale, gewissermaßen papierene Zugeständnisse zu machen. Die Berufung der Stadt auf eine Urkunde Ottos I. (912-973) aus dem Jahre 940 konnte an dieser Sachlage nichts ändern, gleichgültig, ob die angezweifelte Echtheit der Urkunde erwiesen werden konnte oder nicht.

Alles das lässt sich heute und aus unserer Sicht übersehen. Aber damals haben die Beteiligten natürlich ihre wahren Ziele nicht offen ausgesprochen, und die Stadtväter Magdeburgs machten sich Hoffnungen, ihr Ziel zu erreichen.

Mit seiner Realisierung wurde wiederum Guericke beauftragt, der zu den Friedensverhandlungen seinen Sohn Otto mitnahm, den er auf diese Weise in die diplomatische Tätigkeit einführen wollte, mit Erfolg, wie die berufliche Karriere seines Sohnes bewiesen hat.

Obwohl Guericke wiederum nur ungern diesen Auftrag übernommen hatte, so war die Sache, die er vertreten sollte, auch seine Sache, und wie seine Sache vertrat er sie dann auch. Ohne dieses persönliche Engagement hätte er die beachtlichen Erfolge wohl kaum errungen. Als persönliche Leistung betrachtet, hat er nämlich eine wirklich großartige Tat vollbracht. Es ist ihm gelungen, im Friedensvertrag einen besonderen, Magdeburg betreffenden Artikel durchzusetzen, der praktisch alle Forderungen der Stadt bestätigte. Dieser Passus hatte folgenden Wortlaut:

"Der Stadt Magdeburg soll ihre alte Freiheit und das Privilegium Ottos I, vom 7. Junius 940, obwohl es durch die Ungunst der Zeit verloren gegangen ist, auf ihre untertänig angebrachte Bitte von seiner Kaiserlichen Majestät erneuert werden, ebenso das von Kaiser Ferdinand II. ihr verliehene Festungsprivilegium, welches mit aller Gerichtsbarkeit und Eigenhörigkeit bis auf eine Viertelmeile auszudehnen ist, so wie auch alle ihre übrigen Privilegien und Rechte, geistliche und weltliche, ungeschmälert und ungefährdet bleiben sollen mit der besonderen Klausel, dass die Vorstädte zum Nachteil der Stadt nicht wieder aufgebaut werden dürfen."

Wie man sieht, ging es wirklich nicht um die Frage des Ansehens und des Prestiges, sondern um sehr konkrete Regelungen zugunsten - der Position der Stadt im Verhältnis zu ihren unmittelbaren Nachbarn, insbesondere dem Erzstift Magdeburg, zu dem die Vorstädte und die Viertelmeilen-Zone gehörten. Und selbstverständlich war diese Regelung nur gegen den heftigsten Widerstand des Erzstiftes zu erreichen oder, anders gesagt, dem Geschick und der Energie Guericke zu verdanken. Das haben die Stadtväter auch anerkannt.

Die ihm bereits zugestanden Privilegien wurden erweitert und auf seine Nachkommen beiderlei Geschlechts ausgedehnt.

Heben wir aber an dieser Stelle hervor, dass diese Diplomatentätigkeit grundverschieden war sowohl von der als Stadtrat wie von der als Ingenieur. Guericke vollbrachte aber auch in diesem ganz anders gearteten und ihm zunächst fremden Gebiet sehr beachtliche, überdurchschnittliche Leistungen.

Und wiederum setzte er sich mit seiner ganzen Person ein, wie wir es schon bei der Ingenieurtätigkeit gesehen haben. Guericke's Position unterschied sich zudem zu seinen Ungunsten von der anderer Vertreter, denn er konnte weder mit eigenen Machtmitteln noch mit denen mächtiger Verbündeter aufwarten, noch so hohe Mittel einsetzen, um entscheidende Persönlichkeiten wirklich umstimmen zu können.

Beides aber, Machtmittel und Bestechungsgelder, gehörten zum unentbehrlichen Arsenal dieser Art von Verhandlungen. Guericke musste versuchen, die Sache Magdeburgs durch die Qualität und Stichhaltigkeit der Argumente durchzusetzen.

Ihm kam zugute, dass er eine Sache zu vertreten hatte, von deren Berechtigung er überzeugt sein konnte und auch überzeugt war. Die moralische Überlegenheit und das gute Gewissen hatte er auf seiner Seite. Von einer solchen Position aus zu argumentieren und zu polemisieren, hat er in diesen Verhandlungen lernen und üben können. Wir finden diese Fähigkeit in seinem Werk wieder.

Auf einen weiteren, ganz anders gearteten positiven Einfluss kommen wir noch zu sprechen.

Wie oben schon kurz dargelegt, war die Freude Guericke und der Stadtväter Magdeburgs über ihren Erfolg verfrüht.

Das zeigte sich schon 1649 auf dem Friedensexekutionstage in Nürnberg, als es also darum ging, die im Friedensvertrag festgelegten Maßnahmen zu realisieren. Weder dort noch in Wien, wohin er sich von Nürnberg aus begab, um direkt beim Kaiser die Anweisung zur Verwirklichung der Magdeburg zugestanden Rechte zu erwirken, noch in Prag beim kaiserlichen Hoflager (1652), noch schließlich auf dem Reichstag zu Regensburg (1653/54) konnte Guericke auch nur einen echten Schritt weiterkommen.

Dieses Bemühen um die Realisierung der zugestanden Privilegien hat Guericke sehr viel mehr Zeit und Anstrengungen gekostet als alle Reisen und Verhandlungen vorher. Allein in Wien wurde er ungefähr anderthalb Jahre festgehalten, zusätzlich noch durch eine schwere Krankheit.

Es war kein eigentliches Verhandeln mehr, sondern der Versuch Guericke bzw. Magde-

burgs, die kaiserlichen Räte und andere wichtige Persönlichkeiten günstig zu stimmen. Auf der anderen Seite bestand die Aufgabe der Beteiligten darin, die Stadt hinzuhalten, ohne sich zu einer offenen Ablehnung zwingen zu lassen.

Der Briefwechsel Guericques mit dem Rat der Stadt gibt Auskunft über die Mittel, die zu diesem "Günstigstimmen" einzelner Personen zur Verfügung gestellt worden sind. Sie waren, wie schon gesagt, zu gering, um einen entscheidenden Effekt herbeiführen zu können.

Guericke hat aber zusätzlich noch andere Mittel einzusetzen gewusst. Zu den "Geschenken", die man zum Zwecke des Günstigstimmens verwendete, gehörten auch Kostbarkeiten. Und zu den Kostbarkeiten gehörten damals auch handwerkliche und künstlerische Meisterwerke, die gern angenommen wurden.

Das oben erwähnte Schreibzeug mit der durch ein Uhrwerk in Drehung versetzten Himmelskugel hat Guericke 1646 dem schwedischen Marschall Torstenson als Geschenk überreicht.

Auf dem Reichstag zu Regensburg aber hat er seine Versuche mit der Luftpumpe und mit evakuierten Gefäßen den teilnehmenden Fürsten und schließlich sogar dem Kaiser vorgeführt. Der Reichstag war zwar schon zu Ende und am Resultat zu diesem Zeitpunkt nichts mehr zu ändern.

Aber dennoch hatte es Gewicht, wenn sich ein Unterhändler auf diese beeindruckende Weise Achtung und Autorität verschaffen konnte.

Es ist unwahrscheinlich, dass Guericke seine Geräte bereits mit der Absicht nach Regensburg mitgenommen hat, um sie dort vorzuführen. Er hat vielmehr die viele freie Zeit, die ihm das Warten auf eine Audienz bescherte, sinnvoll nutzen wollen und die Geräte mitgenommen, um für sich mit ihnen Versuche durchzuführen.

So hatte auch seine diplomatische Tätigkeit eine günstige Auswirkung auf seine wissenschaftlichen Arbeiten.

Denn obwohl die Verhandlungen sehr viel Zuarbeit erforderten, Eingaben, Erwidern, Stellungnahmen, Berichte an den Rat der Stadt und dergleichen mehr, verblieb doch auch freie Zeit, die dann aber auch frei von den Aufgaben blieb, die bei Anwesenheit in Magdeburg die städtischen Angelegenheiten ihm gestellt hätten.

Ein so aktiver und geistig reger Mensch wie Otto von Guericke konnte aber nicht einfach "nichts tun". Er musste eine sinnvolle Beschäftigung finden.

Und somit bot ihm die vielmonatige Abwesenheit von Magdeburg die Gelegenheit, sich mit Dingen zu beschäftigen, die sein Interesse gefunden hatten und nichts mit seiner Privatwirtschaft noch mit den städtischen Obliegenheiten zu tun hatten, eine Beschäftigung, die ihm eine Erholung war nach der Erledigung seiner doch unerfreulichen Pflichten.

Das Vorführen der Versuche auf dem Regensburger Reichstag ließ Guericques Arbeiten und Erfolge sowie seinen Namen in einem gewissen Sinne und Umfang auch über die Grenzen Deutschlands hinaus bekannt werden.

Unter den zuschauenden Fürsten befand sich auch der Kurfürst Johann Philipp von

Mainz, der zugleich Bischof von Würzburg war und der dem als Professor für Physik und Mathematik tätigen Jesuiten Kaspar Schott (1608 bis 1666) den Auftrag gab, diese Versuche zu wiederholen und zu veröffentlichen.

In seiner "Mechanica hydraulica-pneumatica" (1657) beschreibt er ausführlich diese Versuche. Das war für den englischen Naturforscher Robert Boyle (1627-1691) ein Anreiz, in Zusammenarbeit mit Robert Hooke (1635-1703) schon ein Jahr später eine Luftpumpe zu konstruieren und mit ihr eine Reihe von Versuchen durchzuführen.

Welches Aufsehen die von Guericke gezeigten Versuche erregt haben, geht aus den Worten Kaspar Schotts in seiner "Technica euriosa" (1664) hervor. Er schreibt:

"Ich trage keine Bedenken zu bekennen, dass ich auf diesem Gebiete nichts Bewunderungswürdigeres gesehen habe. Auch meine ich, dass die Sonne niemals Ähnliches, geschweige denn Wunderbareres seit der Erschaffung der Welt beschienen hat."

Diese Anerkennung Schotts ist um so bemerkenswerter, als er im allgemeinen kein Anhänger des von Galilei und Boyle eingeschlagenen Weges der Naturforschung war.

Mit dem Besuch des Reichtags zu Regensburg war die diplomatische Tätigkeit im wesentlichen beendet. Guericke hat zwar auch danach noch im Auftrage der Stadt Verhandlungen geführt.

Der Partner war aber in diesen Fällen der Kurfürst von Brandenburg, und die Frage, um die es ging, betraf die Unterwerfung Magdeburgs unter die Oberhoheit Brandenburgs und die erforderlichen Modalitäten.

Magdeburg hat sich über ein Jahrzehnt geweigert, die geforderte Huldigung zu leisten. Guericke selbst war ebenfalls gegen die Huldigung. Aber schließlich, 1666, unterwirft sich die Stadt unter dem Eindruck eines vor die Stadt gerückten brandenburgischen Heeres doch, und jetzt befürwortet Guericke diesen Schritt.

Wahrscheinlich hatte er inzwischen die Aussichtslosigkeit weiteren Widerstandes eingesehen. Die in der Literatur geäußerte Vermutung, dass er über seinen Sohn, der inzwischen in den Dienst des Kurfürsten von Brandenburg getreten und 1663 zu dessen Residenten für den niedersächsischen Kreis ernannt worden war, interne Informationen über die wirkliche Sachlage erhalten habe, erscheint sehr glaubhaft.

Zudem war ein letzter Besuch in Wien anlässlich der Huldigung des neuen Kaisers Leopold I. (1659) ohne jeden Erfolg gewesen, desgleichen der Versuch des Magdeburger Abgesandten Rosenstock, auf dem Reichstag, der 1663 wieder in Regensburg abgehalten worden war, die Sache Magdeburgs doch noch durchzusetzen.

Guericke war nicht der Mann, sich Illusionen hinzugeben. Damit endete seine Tätigkeit als Abgesandter und Vertreter seiner Stadt bei den vielen notwendig gewordenen Verhandlungen.

Er selbst hat sich mehrfach darüber beklagt, dass er diese Tätigkeit ausüben müsse. Er hat mehr als einmal um seine Abberufung gebeten, die ihm aber niemals bewilligt wurde, weil Magdeburg keinen geeigneteren, geschickteren Gesandten hatte.

Als 1650 in Wien die Dinge nicht so gingen, wie der Rat erwartet hatte und man

Guericke derartige Gedanken mitteilte, antwortete er sehr bitter. Am Schluss seiner Darlegung der Sachlage schreibt er:

Ich kan nicht länger in der wiederwärtigkeit leben, sondern will mich auch zur ruhe begeben und allen ruhm, lob und ehre, so Sie vermeinen ich allein haben wolle, einem andern gantz und gar lassen. Alles, wass ich von diesem gantzen negotio (Geschäft - A. K.) so viell jahr nach einander haben werde, dass wird sein durch viell sorge, mühe, arbeit, wiederwärtigkeit und eyffer die verkürtzung meines lebens. Darumb am besten desto zeitiger davon sein und alles Gott zu befehlen."

Man kann Guericke diese Bitterkeit nachfühlen. Sie resultierte im Grunde aber aus der aussichtslosen Lage Magdeburgs, daraus, dass Guericke eine Sache zu vertreten hatte, die auch er nicht zum Erfolg führen konnte, was er schon lange vor dem endgültigen Ergebnis fühlte und ahnte. Und um so glaubhafter wird jetzt, dass er ein echtes Bedürfnis nach Abwechslung, nach einer Beschäftigung haben musste, die ihm Freude machte und Erholung bot.

Und aus unserer Sicht müssen wir noch hinzufügen, dass Guericke durch die Bekanntschaft mit so vielen Leuten aus ganz Deutschland und sogar aus dem Ausland natürlich auch sehr viel erfahren hat, was ihm in Magdeburg wahrscheinlich entgangen wäre. Er selbst berichtet z. B., dass er erst in Regensburg auf dem Reichstag von den Versuchen von Evangelista Torricelli (1608-1647) und Blaise Pascal (1623-1662) erfahren habe, also zu einer Zeit, als er selbst schon unabhängig von jenen einen leeren Raum hergestellt und die Luftpumpe erfunden hatte. Wir werden später noch näher darauf eingehen.

Betrachten wir jetzt noch Guericke's weiteres Leben. Im Rat der . Stadt hatte er verschiedene Ämter inne. 1630 wurde er Bauherr im damals neugewählten Rat. Nach der Eroberung ruhte dieses Amt zunächst, und Guericke war Ingenieur zuerst in schwedischen, dann, ab 1637, in kursächsischen Diensten.

Aber ab 1634 übte er unbesoldet auch wieder das Amt des Bauherrn aus, 1641 machte man ihn zum Kämmerer und 1646 zum vierten Bürgermeister, wie schon. berichtet wurde. Dieses Amt übte er bis 1676, also bis zum 74. Lebensjahr, aus.

Und selbst dann wollte man ihn nicht emeritieren und tat es erst, nach sehr energischem Drängen Guericke's, der auf sein hohes Alter und seinen schlechten Gesundheitszustand hinwies. Schon einige Zeit vorher hatte sich das Verhältnis Guericke's zum Rat der Stadt recht unerfreulich gestaltet. Der Grund lag in der Immunität Guericke's.

Sie war ihm, seinem Sohn und gegebenenfalls ihren Witwen 1649 von der Stadt zuerkannt worden. Guericke hatte 1665 beim Kaiser Leopold I. ein Majestätsgesuch eingereicht und war daraufhin vom Kaiser in den erblichen Adelsstand erhoben worden.

Er durfte sich nun "von Guericke" statt "Gericke" nennen und schreiben. Im gleichen Jahr, 1666, ließ sich Guericke seine Immunität auch noch von seinem neuen Landesherrn, dem Kurfürsten von Brandenburg, bestätigen, der ihn zudem zu seinem "Rat" ernannte.

Auch in diesen Fällen ging es nicht oder nicht in erster Linie um Ansehen und Presti-

ge, sondern um sehr reale finanzielle Dinge. Die Immunität Guerickes bedeutet für die Stadt den Verlust von Einnahmen, die sie sonst erhalten hätte.

Als die Streitigkeiten mit der Stadt begannen, waren der jüngeren Generation der Ratsherren die früheren Verdienste Guerickes um die Stadt nicht mehr in Erinnerung und schon gar nicht mehr erkennbar.

Guericke wusste also schon, warum er sich seine wohlerworbenen Rechte vom Kaiser und vom Landesherrn bestätigen ließ.

Im selben Jahr 1666 starb Guerickes Mutter, hochbetagt mit fast 80 Jahren. Sie hat aber die Erfolge und die Adelung ihres einzigen Sohnes noch miterleben können. Sie hat sehr an ihrem Sohn gehangen.

Guerickes erste Frau war bereits 1645, erst 40jährig, gestorben. Er war 1652 mit Dorothea Lentke, der Tochter eines Amtskollegen, eine zweite Ehe eingegangen. Die Ehe blieb kinderlos.

Guerickes Sohn verlor seine Frau, eine geborene von Bunsow, schon nach nur 5jähriger Ehe. Auch er ging eine zweite Ehe ein, und zwar mit Hedwig von Ulcken in Hamburg, wo er als Resident seinen Wohnsitz aufgeschlagen hatte. 1681 zog unser Otto von Guericke zu seinem Sohn nach Hamburg, wo er am 11. Mai 1686 gestorben ist. Seine Frau folgte ihm im folgenden Jahr.

Soweit in großen Zügen sein Lebenslauf. Es war dies für einen Mann seiner Herkunft kein ungewöhnlicher Lebenslauf, die Kriegereignisse drückten ihm aber ungewöhnliche Züge auf. In unserem Falle haben diese ungewöhnlichen Züge zu sehr weitgehenden Auswirkungen geführt, die jedoch keineswegs deren einfache Folge gewesen sind. Mit ihnen wollen wir uns jetzt beschäftigen.

4 Der Naturforscher und sein Werk

Es wurde schon angedeutet, dass sich zur Lebenszeit Guericke eine neue Form der Naturforschung zu formieren und gegen die bestehende alte Form, die Scholastik, durchzusetzen begann. Der Kampf wurde ausgefochten an bestimmten wissenschaftlichen Problemen, Die Frage nach dem wahren Weltsystem, ob geozentrisch oder heliozentrisch, war das bei weitem bedeutendste Problem.

Eine große Rolle spielte aber auch die Frage, ob ein Vakuum möglich oder der Natur widersprechend und daher unmöglich sei. Und überhaupt überprüften die Pioniere dieser neuen Naturforschung auch die anderen, damals als unumstößliche Wahrheiten geltenden Lehren und Thesen, die im wesentlichen alle auf die Erkenntnisse der Griechen und insbesondere auf Aristoteles (384-322 v. u. Z.) zurückgingen.

Erinnert sei hierzu noch an die bedeutende Widerlegung der aristotelischen Fallgesetze durch Galilei und seine Entdeckung der wirklichen Fallgesetze. Diese Entdeckung Galileis hat eine außerordentlich große Auswirkung gehabt.

Die Diskussionen waren aber nur die Form, in der sich die Auseinandersetzung mit der Scholastik und die Formierung der neueren Naturforschung vollzogen. Die Differenzen gingen in Wirklichkeit viel tiefer und betrafen einmal die Frage, wie, auf welchem Wege man die Wahrheit erfahren könne, und zum andern die Frage, wie denn festgestellt werden könne, ob es sich um eine Wahrheit handle oder nicht.

Es ging also, anders gesagt, um die Methode und um erkenntnistheoretische Probleme. In beiden Fällen war der Standpunkt der beiden Lager so grundverschieden, dass man sagen kann, dass sie auf verschiedener Ebene und damit aneinander vorbei argumentierten.

Das ist damals den meisten Beteiligten gar nicht so klar gewesen, wie wir es heute erkennen können. Um das zu verstehen, müssen wir weiter gehen und fragen, warum es denn zu dieser Zeit überhaupt zu solchen prinzipiellen Diskussionen gekommen ist. Mit dieser Frage dringen wir zu der Wurzel der ganzen Unruhe vor, die etwa seit dem 15. Jahrhundert das christliche Europa erfasst hatte und in immer anderer Form hervorbrach.

Nennen wir hier nur die Renaissance, die Bewegung des Humanismus, die Reformation, die Bauernkriege und die sogenannten Religionskriege. Sie und auch die umwälzenden Veränderungen in der Naturforschung, die mit dem Werk von Copernicus eingeleitet wurden, sowie weitere Bewegungen und Kämpfe sozialen Charakters in dieser Zeit sind Ausdruck der Krise, in die der Feudalismus in seiner mittelalterlichen Form geraten war, und auch Ausdruck des Aufstiegs einer neuen Klasse zu wirtschaftlicher Macht und entsprechender allgemeinerer Bedeutung.

Diese neue Klasse war das Bürgertum oder der dritte Stand. Es waren Vertreter oder besser gesagt Angehörige des Bürgertums, die in erster Linie die neue Richtung in der Naturforschung geschaffen hatten und sie jetzt vertraten. Ihre Gegner, die Scholastiker, waren in der Mehrzahl direkte Angehörige der Kirchen, sowohl der katholischen wie der protestantischen.

Die katholische Kirche war die Repräsentantin der feudalen Gesellschaft in allen ideologischen und geistigen Fragen. Bis zur Reformation war sie zudem der größte Grundbesitzer gewesen, dem etwa ein Drittel allen Bodens gehört hatte. Sie war auch politisch die führende Macht gewesen. Erst jetzt begann der Prozess des Übergangs der Macht an den weltlichen Teil der Feudalmächte, vor allem in Form der Herausbildung der absoluten Monarchie.



Abb. 2. Titelblatt des Werkes von Otto von Guericke

Auf diesen sozialen und politischen Hintergrund muss hingewiesen werden, um verständlich zu machen, dass ein Streit um rein wissenschaftliche Fragen einen solchen Widerhall in weiten Kreisen, vor allem des Bürgertums, fand und dass mit solcher Leidenschaft und Heftigkeit gekämpft wurde.

Es sei daran erinnert, dass Giordano Bruno (1548-1600) in Rom und ein Miguel Serveto (1511?-1553) in Genf den Scheiterhaufen besteigen mussten, dass man einem Galilei den Prozess machte und unter Androhung der Folter dazu brachte, der copernicanischen Lehre abzuschwören.

Die scheinbar rein wissenschaftlichen Fragen hatten eben eine sehr deutliche politische, gegen die Vormundschaft der Theologen und der Kirche gerichtete Bedeutung erlangt. Zweifel an den anerkannten naturwissenschaftlichen Lehren und Autoritäten aufkommen zu lassen, bedeutete, dem Zweifel auch an anderen Thesen, auch an den gottgewollten Herrschaftsverhältnissen Tür und Tor zu öffnen.

Wohlgedacht, alle Angriffe dieser Art richteten sich gegen die Kirchen, gegen eine gesellschaftliche Institution der damaligen Gesellschaft, nicht gegen die Religion als solche.

Von all diesen Kämpfen und Diskussionen konnte Guericke in Leiden und in Frankreich und England mehr erfahren als in Magdeburg. Seiner Herkunft und seiner Bildung nach

gehörte er zu den Menschen in jener Zeit, die sich für solche weltanschaulich-politischen Fragen interessierten.

Das copernicanische Weltsystem bedeutete für die Menschen damals eine viel größere Sensation, als für uns der Aufstieg des ersten Sputniks bedeutet hat.

Die Probleme, die sich für das Denken der Menschen aus dem copernicanischen Weltsystem ergaben, warfen nicht nur wissenschaftliche Fragen auf, sondern griffen tief in das alltägliche Denken und die Vorstellungswelt der Menschen ein. Ging man nur allein von der sinnlichen Wahrnehmung aus, so war es damals schwer vorstellbar, dass die Erde, das Sinnbild des festen und ruhenden Mittelpunktes der Welt, sich bewegen sollte, und das sogar mit einer unvorstellbaren Geschwindigkeit, und dass man von dieser Bewegung nicht das geringste zu spüren brauchte.

Dagegen sollte die Sonne, deren täglichen Lauf doch jeder sehen konnte, still stehen. Den meisten Menschen musste das absurd vorkommen. Aber auch der relativ kleine Kreis, der überhaupt Näheres über diese Lehre erfuhr und genügend Kenntnisse hatte, um in sie einzudringen, hatte Mühe, umzudenken. Aber andererseits reizte natürlich gerade die Schwierigkeit der neuen Lehre, Genaueres über sie zu erfahren oder sich die Werke selbst zu beschaffen.

Guericke hat sich dazu geäußert, wie er zu seinen Untersuchungen gekommen sei. Es ist nicht die Frage nach der Möglichkeit eines Vakuums gewesen, wie man annehmen könnte. Auch die Frage des Weltsystems ist nicht primär der Anlass und Ausgangspunkt gewesen.

Im ersten Kapitel seines zweiten Buches schreibt er, nachdem er von der Erde ausgehend die Dimensionen des Weltalls vor Augen geführt hat, folgendes:

"5.) Das größte von allen ist dieses Unermessliche zwischen ihnen (den Sternen - A. K.), dieser Raum, diese Ausdehnung, das alle diese Sternkugeln, wie viel und wie groß sie auch sein mögen, enthält, mit dem verglichen alle diese Weltkörper zusammengekommen nur wie ein winziges kleines Teilchen, nur wie ein Atom zu betrachten sind. Nachdem ich lange über dies nachgedacht und zugleich mich häufiger mit dem Weltenbau abgemüht hatte, haben mich nicht nur die riesigen Massen dieser Gestirne und ihre dem menschlichen Verstande völlig unzugänglichen unermesslichen Entfernungen erschauern lassen, sondern hat mich insbesondere dieses Ungeheuerliche zwischen ihnen, der bis ins Grenzenlose hingestreckte Raum in Verwirrung versetzt und mir die unauslöschliche Begierde eingegeben, ihn zu erforschen.

Was mochte das wohl sein, umfasst es doch alles und gewährt ihm die Stätte seines Seins und Bleibens? Ist es irgendein feuerartiger Himmelsstoff, fest (wie die Aristoteliker behaupten) oder flüssig (wie Copernicus und Tycho Brahe glauben)? Oder ist es eine durchsichtige Quintessenz? Oder doch jener, freilich stets geleugnete, jeder Stoffheit bare LEERE RAUM?"

Man erkennt den Zusammenhang sowohl mit dem Vakuumproblem als auch mit der Frage nach dem Weltsystem. Aber über das Vakuumproblem geht Guericke's Fragestellung weit hinaus, er fragt nach dem Wesen des Raumes.

Zur Streitfrage Weltsystem nimmt er auch nicht direkt Stellung, sondern nur indirekt, da die riesigen Entfernungen eigentlich nur im copernicanischen System in Erscheinung traten, nicht aber in den als endlich vorgestellten geozentrischen Systemen.

Indem Guericke somit die unvorstellbare Weite und Größe des Weltraums als Ausgangspunkt seiner Überlegungen nennt, stellt er sich unausgesprochen auf den Standpunkt des copernicanischen Systems. Im Buch selbst tut er das, wie wir noch sehen werden, ganz klar und betont.

Als er das oben Zitierte schrieb, 1663, hatte er bereits alle seine Versuche und Überlegungen abgeschlossen und kannte deren Ergebnis.

Was er als Anlass angibt, schreibt er rückblickend und aus dem Gedächtnis. Man darf es aber als zutreffend unterstellen, denn es entspricht seinen Darlegungen im gesamten Werk. Ein weiteres Zitat, fast zehn Jahre später in einem Brief an Gottfried Wilhelm Leibniz (1646-1716) niedergeschrieben, beweist einmal, dass er sein Problem genau so definiert, und zweitens, dass er sich der Bedeutung dieses Problems klar bewusst ist. Er schreibt an Leibniz:

"So viel das hauptwerck betrifft, besteht alles vornehmlich uff die rechte verständnis oder erkendnuß des Universalis vasis seu Continentis omnium rerum (des universalen Gefäßes oder Behältnisses aller Dinge - A. K.), welches ich zwardt brev' verbo Spatium (kurz Raum - A. K.) nenne, aber nicht in solchem verstande, ut Vulgus Spatium secundum trinam dimensionem concipere solet (wie die Menge den Raum nach drei Dimensionen zu verstehen pflegt).

Davon dan so deutlich in meinem Buche gehandelt wirdt, daß unmöglich zu contradicieren (zu widersprechen - A. K.); Anfangs werdenß zwardt Paradoxa zu sein dünken, und sich viel opponenten, aber hernach, wan erst gespühret worden, waß es for ein licht in allen natürlichen dingen geben wirdt, sich desto mehr defensores (Verteidiger, Verfechter - A. K.) finden."

In der Forschung spielt das Thema der Untersuchung eine außerordentlich große Rolle. Es entscheidet vielfach bereits über Erfolg und Misserfolg und über die Bedeutung.

Wie aus den Zitaten hervorgeht, hatte Guericke sich zur Erforschung des Raumproblems entschlossen. Seit Albert Einsteins (1879-1955) Relativitätstheorie wissen wir heute, um was für ein grundlegendes Problem es sich handelt.

Das konnte zwar weder Guericke noch ein anderer zu jener Zeit ganz überschauen. Aber im letzten Absatz des letzten Zitats kommt zum Ausdruck, dass Guericke, der sich eingehend mit diesem Problem beschäftigt hat, etwas von der Tiefe und Bedeutung des Problems gespürt haben muss.

Er hat, um das schon vorwegzunehmen, nur dieses eine Problem untersuchen wollen, weil er sich aber volle Gewissheit verschaffen wollte, ist er von diesem Problem aus zu sehr vielen weiteren Problemen und Fragen geführt worden. Er hat also selbst erfahren, "waß for ein licht in allen natürlichen dingen" sein Problem gegeben hatte.

Führen wir noch eine weitere Stelle an, wo Guericke sich über sein Ziel geäußert hat. In der Vorrede an den Leser schreibt er:

"Weil nun aber schon seit langem die Philosophen über das Leere ob es sei oder nicht und was es sei, so heftig untereinander gestritten haben und ein jeder seine einmal vorgefasste Meinung verbissen wie ein Soldat eine Festung gegen den anstürmenden Feind verteidigt hat, ist das brennende Verlangen in mir aufgestiegen, die Wahrheit dieser so umstrittenen Sache zu ergründen, das ich nicht mehr besänftigen oder gar unterdrücken konnte, so dass ich beschloss, einen Versuch darüber anzustellen, sobald sich die Muße dazu fand."

Hier spricht Guericke nur vom Leeren als seinem Problem. Das ist aber nur scheinbar ein Widerspruch zum oben Dargelegten. Denn einmal ging es ihm natürlich auch um dieses Problem, zum anderen denkt er hier an die experimentelle Untersuchung des ganzen Problems.

Und dabei kam es in der Tat auf den Nachweis der Herstellbarkeit eines leeren Raumes an. Aber dieses Zitat ist noch aus einem anderen Grunde aufschlussreich. Er habe beschlossen, einen Versuch anzustellen, sobald sich dazu die Muße fand. Diese Muße konnte er am ehesten bei seiner vielmonatigen Abwesenheit von Magdeburg finden, wie wir oben schon angenommen haben.

Guericke selbst gibt hier eine indirekte Bestätigung. In allen diesen Zitaten spricht Guericke nur von sich und von seinem Verlangen, Gewissheit darüber zu bekommen, was, denn der Raum sei.

Man muss das wörtlich verstehen. Hier kommt Zeitgenössisches zum Ausdruck, insofern die Beschäftigung mit naturwissenschaftlichen Fragen aus eigenem Antrieb und aus eigenem, privatem Interesse damals weit verbreitet war.

Die Naturforschung war, wie wir schon sagten, kein Beruf, sie hatte vielmehr einen stark privaten Charakter. Auf die gesellschaftlichen Hintergründe haben wir schon hingewiesen.

Und je mehr sich zeigte, dass auf dem Gebiet der Naturforschung die Verfechter des alten scholastischen Standpunktes in die Defensive gedrängt und die Autorität eines Aristoteles und der Kirchenväter erschüttert werden konnte, desto lebhafter wurde das Interesse an eigener Betätigung auf diesem Gebiet. Und so haben sich damals Berufene und Unberufene auf diesem Gebiet betätigt.

Das Interesse allein tat es allerdings nicht. Man musste auch die Mittel haben oder von einem Mäzen bekommen, die die Naturforschung auch damals schon erforderte. Guericke zum Beispiel hat alle Apparaturen und Geräte, die er für seine Versuche benötigte, nicht nur selbst entworfen, sondern auch aus eigenen Mitteln sich anfertigen lassen.

Man darf dabei auch noch in Rechnung stellen, dass das Bedürfnis nach Geltung und Repräsentation eine nicht geringe Rolle gespielt hat. Und was bei Fürsten Sammlungen von Kostbarkeiten, von Kunstwerken und handwerklichen Meisterwerken waren, nämlich ein Mittel zur Repräsentation, das konnten bei bürgerlichen Leuten Leistungen auf dem Gebiet der Naturforschung sein. Diese Komponente war vorhanden.

Uns soll aber daran interessieren, dass der Forschende sein eigener Auftraggeber war, was eine bestimmte Bedeutung für den Charakter der Fragestellung und für die Beweisführung hatte. Bei Guericke kommt das darin zum Ausdruck, dass er sich ausschließlich

auf sein Problem konzentriert, zu dem Problem alles heranzieht und untersucht, was ihm die gesuchte Gewissheit verschaffen könnte, und dass er dadurch zu dieser wirklich umfassenden, das Problem erschöpfend untersuchenden Beweisführung gelangt.

Es führt auf der anderen Seite dazu, dass er Erscheinungen, auf die er bei dieser umfassenden Verfolgung seines Problems stößt - und er ist auf sehr viele gestoßen - nur soweit untersucht, wie es für sein Problem notwendig ist.

Wie wir noch sehen werden, hat er mit seiner Schwefelkugel eine Reihe von Erscheinungen beobachtet, die neu waren. Er hat sie auch beschrieben. Aber näher untersucht hat er sie nicht. Obwohl er deutlich von elektrischen Erscheinungen spricht und sie von den magnetischen abgrenzt, interessiert ihn nicht die Erscheinung "Elektrizität" selbst, sondern sie ist für ihn nur das Modell einer Weltkraft oder "virtus", wie er sie für die Weltkörper fordert.

Er ist also sehr selbstherrlich vorgegangen. Er hat nicht danach gefragt, was denn die Naturforschung im gegebenen Falle an Untersuchungen erfordert hätte. Dazu hat aber auch wesentlich beigetragen, dass Guericke seine Forschungen nur neben einer sehr in Anspruch nehmenden Hauptbeschäftigung betreiben musste. Das zwang zur Beschränkung.

Guericke hat nicht angegeben, wann er mit seinen Überlegungen und Untersuchungen begonnen hat. Seine einzige zeitliche Angabe bezieht sich auf die Versuche, die er 1654 gegen Ende des Reichstages in Regensburg den Fürsten und dem Kaiser vorgeführt hat.

Er hat die aus zwei mittels Röhren mehrfach miteinander verbundenen kugelförmigen Rezipienten bestehende Apparatur als Iconismus IX (Abb. 5) in seinem Werk abgebildet. Daraus geht hervor, dass er zu dieser Zeit schon die echte Luftpumpe besaß und schon längere Zeit experimentelle Untersuchungen betrieben hatte. Man darf im Hinblick auf das oben Dargelegte schließen, dass er etwa um 1649 oder 1650 mit seinen Versuchen begonnen hat.

Genau angegeben hat Guericke, wie er vorgegangen ist und mit welchen Versuchen bzw. Überlegungen er angefangen hat. Wir wollen ihn wieder selbst zu Wort kommen lassen. Im II. Kapitel des dritten Buches schreibt er einleitend:

"Als ich dies wie auch die Unermesslichkeit des Raumes ... und seine ihm notwendig zukommende Allgegenwart bei mir erwog, kam mir folgendes Verfahren in den Sinn. Ein Wein- oder Bierfass werde mit Wasser gefüllt und allseits gut abgedichtet, so dass die äußere Luft nicht eindringen kann. Am unteren Ende werde eine eiserne Röhre (eine Handwasserspritze - A. K.) angebracht, mit der jemand das Wasser herausziehen sollte. Durch seine natürliche Schwere wird das Wasser unbedingt nachfolgen und hinter sich im Fass einen von Luft - und folglich von jedem Körper - leeren Raum zurücklassen."

Als Guericke dies schrieb, 1663, wusste er es bereits besser, wusste er z. B., dass es nicht nur nicht notwendig ist, vorher das Fass mit Wasser zu füllen, um es mit einer Wasserpumpe herausziehen zu können, sondern, dass man mit einer etwas abgeänderten Pumpe die Luft direkt und sogar viel leichter als das Wasser herausholen kann.

Denn im ersten Falle liegt schon beim ersten Zug des Pumpenkolbens der gesamte

Luftdruck darauf. Alles das wusste er aber zu Beginn der Versuche noch nicht, und er berichtete also wahrheitsgemäß von seinen Überlegungen so, wie er sie damals angestellt hatte.

Man darf daraus schließen, dass er den Ausgangspunkt seiner Untersuchungen der Wahrheit entsprechend wiedergegeben hat. Seine oben dargelegten Überlegungen beweisen außerdem, dass er in der Tat unabhängig von Torricelli und Pascal vorgegangen ist, zu Beginn seiner Untersuchungen deren Experimente also noch nicht gekannt hat. Das ist von Bedeutung, denn durch sein anders geartetes Problem und sein anders geartetes Vorgehen ist er auf Erscheinungen gestoßen, die jene nicht bemerkt haben und infolge ihrer ganz anderen Versuchsanlage auch gar nicht hatten beobachten können, z. B., welche gewaltige Größe der Luftdruck annimmt, wenn er auf größere Flächen wirkt.

Um auch noch die Unterschiede der Problematik zu erkennen, sei der Versuch Torricellis, den dieser 1643 zusammen mit Vincenzo Viviani (1662-1703) angestellt hat, kurz dargestellt.

Ausgangspunkt war eine Überlegung und ein Gedankenversuch Galileis. Dieser wollte den horror vacui, den "Abscheu vor dem Leeren", zwar beibehalten, ihm aber den mystischen Charakter nehmen und ihn messen. Er hielt ihn also für endlich entgegen der vorherrschenden Meinung.

Galilei waren die Erfahrungen der Pumpenbauer, dass Saugpumpen maximal nur 10 Meter Höhenunterschied bewältigen können, wohl bekannt. Er hat es als Argument angeführt. Das war ein bedeutender Fortschritt. Um ihn zu messen, hatte er sich folgenden Versuch ausgedacht:

Er wollte einen einseitig geschlossenen Zylinder nehmen und ihn am anderen Ende durch einen dicht schließenden, beweglichen Kolben abschließen. Der gesamte Innenraum des Zylinders über dem Kolben sollte mit Wasser vollkommen ausgefüllt sein.

Dann sollten unten an den Kolben solange Gewichte angehängt werden, bis dieser unter Überwindung des horror vacui herausgezogen würde. Daraus ließe sich dann seine Größe ermitteln. Torricelli und Viviani haben diesen Gedanken in einer wirklich eleganten Weise umgesetzt. Übernommen haben sie den einseitig geschlossenen Zylinder.

Aber Kolben, Gewicht und ausfüllende Flüssigkeit haben sie zu einem Element vereinigt. Dabei haben sie statt des Wassers das über 13mal spezifisch schwerere Quecksilber genommen. Dadurch konnten sie die Länge des Zylinders auf ein beherrschbares Maß reduzieren, statt 10 Meter brauchten sie weniger als zwei Ellen.

Mit dieser "Barometerröhre" konnten sie dann genau das beobachten, was Galilei vermutet hatte, dass nämlich die das ganze Rohr ausfüllende Quecksilbersäule bei einer bestimmten Länge abbricht und sich unter Hinterlassung eines leeren Raumes von der oberen Wand löste. Was weder sie noch Galilei vorausgesehen hatten, war, dass die Quecksilbersäule nach dem Abreißen nicht ganz, nicht bis zum unteren Quecksilberspiegel, in den das Rohr eintauchte, absank, sondern bei etwa 76 cm stehenblieb.

Das führte Torricelli zur Vermutung einer äußeren Ursache und zur Entdeckung des

Luftdrucks. Schwankungen dieses Standes der Quecksilbersäule verstärkten diese Vermutung, und Pascal lieferte dann den direkten Beweis, unter anderem dadurch, dass er eine Barometerröhre auf den Puy de Dome, eine etwa 1000 Meter hohe Erhebung in Frankreich, tragen ließ und die deutlich geringere Höhe der Säule maß.

Aber Torricelli und Pascal haben weder die Gewalt des Luftdrucks unmittelbar erleben können, noch stellte ihr Gerät eine Pumpe dar, mit der man größere Volumina evakuieren konnte.

Bei Guerickes Versuch war die Wirkung des Luftdrucks für jeden erkennbar. Verwunderlich war bereits, dass die gewöhnliche Feuerspritze, die er als Pumpe verwendete, entgegen aller bisherigen Erfahrung mit diesem Instrument nur außerordentlich schwer betätigt werden konnte.

Guericke berichtet, dass zwei "viri quadrati", also zwei "vierschrötige Männer" erforderlich waren, um den Kolben herauszuziehen, während doch sonst schon ein Junge genügt hätte. Und weil eine solche Kraft erforderlich, aber nicht erwartet worden war, rissen die kleinen Schrauben aus dem Holz, mit denen die Pumpe am Fass befestigt worden war,

Der Schaden wurde behoben, und nun gelang es "drei starken Männern", das Wasser herauszubekommen. Man vernahm jetzt aber ein Geräusch, als ob im Fass Wasser heftig koche.

Als das Fass dann geöffnet wurde, war es nicht leer, sondern fast ganz mit Luft gefüllt. Guericke stellte allerdings fest, dass beim Öffnen doch noch etwas Luft einströmte, also ein gewisser Effekt aufgetreten war. Er schlussfolgerte, dass Luft Holz durchdringen kann, und wandelte den Versuch ab.

Beim nächsten Versuch stellte er das zu evakuierende Fass in ein größeres hinein, das er mit Wasser füllte, so dass das innere Fass allseitig von Wasser umgeben war. Wieder ließ er dieses Fass auspumpen und dann zunächst stehen. Wieder hörte er ein Geräusch, das diesmal wie Vogelgezwitscher klang und drei Tage angedauert haben soll.

Als er jetzt das Fass öffnete, strömte zwar wieder etwas Luft nach, aber im übrigen war das Fass mit Wasser und Luft gefüllt. Also, stellte Guericke fest, auch Wasser vermag Holz zu durchdringen.

In der Annahme, dass Metall nicht durchlässig sei, ließ er sich eine aus zwei Hälften zusammengesetzte Hohlkugel aus Kupfer anfertigen und unternahm einen dritten Versuch. Zunächst ging alles wie bisher, allerdings ohne jede Geräusche.

Aber noch vor Beendigung des Pumpens wurde die Metallkugel zum Schrecken aller Anwesenden mit lautem Knall zusammengedrückt, so, "wie man ein Leinentuch mit der Hand zerknüllt".

Guericke dachte jedoch auch jetzt nicht daran aufzugeben. Vielmehr war er eher noch bestärkt worden, seinen Weg fortzusetzen, weil er diesmal denselben Gewalteffekt bekommen hatte, obwohl er die Kugel nicht wie die Fässer vorher mit Wasser gefüllt, sondern die Luft direkt herauszupumpen unternommen hatte. Das war ein wichtiger Schritt zur Erfindung der echten Luftpumpe.

Das Versagen der Kupferkugel führte Guericke darauf zurück, dass sie nicht genau rund ausgeführt worden sei. Daran ist nur ein Körnchen Wahrheit, weil die Kugel in der Tat die Fläche ist, die relativ den größten Druck auszuhalten vermag. In diesem Falle war jedoch die Kugel in Wahrheit einfach zu dünnwandig gewesen.

Die zweite Kugel, die er sich nun anfertigen ließ, war hinreichend starkwandig und hielt den Druck aus. Guericke hatte damit sein ursprüngliches Ziel schließlich doch erreicht.

Er konnte zwar den gesuchten leeren Raum nicht direkt wahrnehmen, aber wohl, dass sich die Wände nicht wechselseitig berührten, wie Rene Descartes (1596-1650) behauptet hatte, worauf wir noch zu sprechen kommen. Der Luftdruck erschien auch wieder, jedoch in anderer Form.

Als nämlich Guericke die Kugel öffnen ließ (sie hatte einen durch einen Hahn absperrbaren Pumpstutzen), strömte die Luft mit einer solchen Gewalt hinein, "dass sie einen im Wege stehenden Menschen offenbar wohl gleichsam an sich gerissen hätte. Näherte man den Mund, so blieb einem in ziemlichen Abstand der Atem fort."

So schilderte Guericke seinen Eindruck. Und weiter beobachtete er, dass sich die Kugel wieder mit Luft füllte, wenn man sie einige Zeit liegen ließ. Er sann deshalb, wie man diesem Übel und allen anderen Mängeln abhelfen könne.



Abb. 3. Darstellung der ersten Versuche

Aufgrund aller seiner bisherigen Erfahrungen entwarf er eine Pumpe, die Luft herausholen und allen Anforderungen mechanisch gewachsen sein sollte. Er montierte den Pumpenkörper auf einen robusten Dreifuß, den er außerdem noch mit Schrauben am Fußboden befestigte. Der Kolben wurde mittels eines längeren Hebels, der am Dreifuß gelagert und über ein Gelenk mit dem Kolben verbunden war, bewegt.

Der Saugstutzen befand sich oben und war mit einem Trichter umgeben, der Wasser enthielt, um jedes Eindringen von Luft zu verhindern. Einen wassergefüllten Eimer ordnete er am unteren Ende an, in den die Pumpe bis zum Kolben eintauchte. In seinem Werk hat er diese Pumpe und ihre Einzelteile auf dem Iconismus VI dargestellt (Abb. 4).

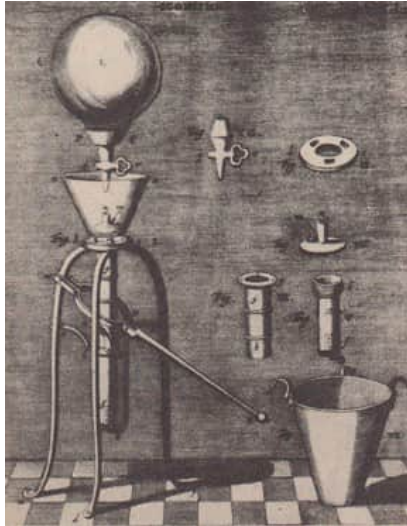


Abb. 4. Die Luftpumpe

Mit dieser Pumpe hat er alle weiteren Versuche ausgeführt. Aber auch alle anderen Naturforscher, die, angeregt durch seine und Torricellis Versuche, nun in steigender Zahl ähnliche Versuche anzustellen begannen, haben Pumpen dieses Typs benutzt, der zwar später einige Verbesserungen erfuhr, aber bis Ende des 19. Jahrhunderts der praktisch einzige Typ blieb. Erst dann setzten Erfindungen ein, die auf ganz anderen Wirkungsprinzipien und Konstruktionen beruhten.

Mit diesen Versuchen und dieser Pumpe wurde aber immer auch direkt oder indirekt die Luft oder der gasförmige Zustand untersucht, über den sich dadurch allmählich genauere Kenntnisse ansammelten. Die genauere Erforschung der Luft hat zu der Entwicklung der Chemie zu einer quantitativ untersuchenden Wissenschaft wesentlich beigetragen. Auf die Erfindung dieses wichtigen Geräts war Guericke aber Schritt für Schritt durch die Art seiner Fragestellung und seiner ersten Versuchsanlagen geführt worden. Er hat den ihm bis dahin unbekannten Luftdruck unmittelbar erleben können.

Seine Erlebnisse haben ihn immer weiter getrieben. Torricelli und Pascal, der eine ganz ähnliche Apparatur wie Torricelli benutzte, hatten diese Erlebnisse nicht, konnten sie nicht haben. Daher blieb ihnen diese Seite des Luftdrucks unbekannt.

Für Guericke selbst hatten die ersten Fehlschläge noch eine weitere Bedeutung.

Sie veranlassten ihn, aus den bei einem Versuch beobachteten Erscheinungen Schlüsse zu ziehen; anders gesagt, sie lehrten ihn, den Versuch als eine Quelle von neuen Erkenntnissen zu betrachten und zu werten. Das mag uns heute selbstverständlich und trivial erscheinen. Man muss sich aber in jene Zeit versetzen.

Das Experiment war natürlich bekannt, schon im Altertum. Aber in erster Linie dienten die Experimente dazu, etwas zu demonstrieren, etwas, was an sich schon bekannt war, zu veranschaulichen und in gewissem Umfang auch zu beweisen. Aber das Experiment dazu zu benutzen, ein Frage an die Natur zu stellen, dem Experiment die Funktion zuzuerkennen, zwischen Streitfragen entscheiden zu können, sich vom Experiment belehren und führen zu lassen, alles das war damals neu und nicht geläufig.

Deshalb war es von so großer Bedeutung für die weitere Entwicklung der Naturforschung, dass das Experiment und auch die Beobachtung in dieser ihrer fundamentalen

Bedeutung erkannt wurden. Guericke hat hierzu einen bedeutenden Beitrag geliefert. Er ist in dieser Hinsicht über die älteren Pioniere der neueren Naturforschung und sogar schon über Galilei hinausgegangen.

Seit den Griechen gab es eine Überschätzung des reinen Verstandes, der ratio, für den Erkenntnisprozess. Die ratio wurde als das Instrument sowohl der Wahrheitsfindung wie der Wahrheitsbestätigung angesehen und bewertet.

So werteten sie auch die Scholastiker, aber auch z. B. Descartes und Leibniz und auch noch Galilei, der doch andererseits das Experiment im Sinne der Wahrheitsfindung und Wahrheitsbestätigung eingeführt hat. Eine solche Widersprüchlichkeit findet man bei vielen Vertretern der neueren Naturforschung dieser Zeit.

Sie erklärt sich aus der Tiefe und Grundsätzlichkeit der Umwälzung, die damals vor sich ging. Man darf nicht unterstellen, dass die, die das Neue geschaffen und vorangetrieben haben, nun in allem und jedem über das Alte hinausgewachsen wären.

Wie unterschiedlich die erkenntnistheoretischen Standpunkte waren, lässt sich an einem Ausspruch von Descartes demonstrieren.

Guericke führt diesen Ausspruch in seinem Werk an, Er lautet:

Frage man, was geschehen würde, wenn Gott aus einem Gefäß jeden darin vorhandenen Körper wegnähme und keinen anderen an dessen Stelle eintreten ließe, so ist zu antworten, dass die Wände des Gefäßes sich dann von selbst berühren würden.

Denn wenn zwischen zwei Körpern nichts zwischenliegt, müssen sie sich wechselseitig berühren, und es ist ein offener Widerspruch, dass sie von einander abstecken sollen, oder, dass zwischen ihnen ein Abstand, aber dieser Abstand ein Nichts sei. Denn jeder Abstand ist eine Form der Ausdehnung und kann deshalb nicht sein ohne eine Substanz, die Ausdehnung hat.

Erinnern wir an den Ausgangspunkt der Überlegungen, die Guericke vor seinen Versuchen angestellt hat. Auch er wollte aus einem Gefäß alles herausnehmen und verhindern, dass etwas anderes nachrücken könne.

Er aber schlussfolgerte, dass dann der leere Raum in Erscheinung treten müsse.

Der Unterschied besteht jedoch nicht so sehr in der unterschiedlichen Schlussfolgerung, sondern darin, dass Guericke seinen Schluss und damit seine Annahme durch einen Versuch überprüfen wollte und überprüft hat.

Descartes aber seinen nicht. Descartes vertraute allein der Logik seines Schlusses, Descartes war nicht irgendwer, sondern ein bedeutender Gelehrter. Sein Wort hatte sehr großes Gewicht, und seine Ansichten hatten das Denken vieler Gelehrter stark beeinflusst.

Die Mehrzahl der Philosophen und Naturforscher der neueren Richtung waren um die Mitte des 16. Jahrhunderts mehr oder weniger Cartesianer. Anders gesagt, Descartes hat die Meinungen und Vorstellungen der Mehrheit seiner Zeitgenossen am prägnantesten zum Ausdruck gebracht und sie dadurch zu seinen Anhängern gemacht.

Einen in wesentlichen Punkten gleichen Standpunkt wie Descartes vertraten auch solche Männer wie Leibniz und Christiaan Huygens (1629-1695). Das alles muss man beach-

ten, um richtig zu würdigen, dass Guericke einen grundsätzlich anderen Standpunkt vertreten und in seinem Werk gerade Descartes angegriffen und widerlegt hat.

Guericke unterschätzte seinerseits keineswegs die Rolle und Bedeutung des reinen Verstandes für den Erkenntnisprozess, er machte jedoch die zeitgenössische Überbewertung nicht mit. Bei ihm treffen wir eine echte Einheit von Theorie und Praxis an.

Er hat seinen erkenntnistheoretischen Standpunkt in der "Vorrede an den Leser", die er seinem Werk vorangestellt hat, mehrfach und sehr klar zum Ausdruck gebracht. Er zitiert Galilei, den Jesuiten Kirchner und den englischen Theologen Clerck, wo sie den gleichen Standpunkt zum Ausdruck bringen und die Bedeutung der Erfahrung (lateinisch "experientia" - A. K.) hervorheben und schließt sich ihnen mit eigenen Worten an, z. B.:

"Was daher durch die Erfahrung oder sinnliche Wahrnehmung bewiesen wird, muss jeder noch so wahrscheinlichen und glänzenden Theorie vorgezogen werden, Denn vieles erscheint bei der bloßen Betrachtung und Erörterung als wahr, was sich dennoch in der Praxis als haltlos erweist."

An einer anderen Stelle derselben Vorrede finden wir folgende Worte:

"Also können Philosophen (in diesem Zusammenhang soviel wie "Wissenschaftler" - A. K.), die einzig auf ihren Überlegungen und Beweisgründen bestehen und die Erfahrung verschmähen, nichts Sicheres über den natürlichen Aufbau der Welt erschließen."

Nehmen wir noch eine weitere Äußerung hinzu, gleichfalls aus der Vorrede:

"Wo nämlich das Zeugnis der Dinge selbst vorliegt, bedarf es keiner Worte. Wer aber handgreifliche und sichere Erfahrungstatsachen bestreitet, mit dem soll man nicht streiten und sich groß in einen Kampf einlassen. Bitte, mag er doch bei seiner Meinung verbleiben und wie die Maulwürfe der Finsternis nachjagen."

Wenn Guericke in diesen Äußerungen wie auch die von ihm zitierten Männer so sehr der Erfahrung das Wort redete, so geschah das ausschließlich deshalb, weil diese eben bisher so unterschätzt worden war, wie oben schon gesagt wurde. Wir werden noch sehen, dass Guericke auch die Theorie sehr hoch einschätzte und sie sehr wohl zu handhaben wusste.

Deshalb sei noch ein weiteres Zitat angeführt, das sich von den oben angeführten deutlich unterscheidet. Er verwendete es im Zusammenhang mit Einwänden, die aus der Bibel gegen das heliozentrische System vorgebracht worden waren und die er zu entkräften suchte. Er hatte dargelegt, dass man das Wunder an der Uhr des kranken Königs Hiskia, durch das diese auf Bitten Jesajas von Gott um zehn Stunden zurückgestellt worden sei, auf diese Uhr beschränken müsse und nicht etwa auf das ganze Weltall ausdehnen dürfe. Dann bemerkt er abschließend:

"Die Wunder muss man auf ihre Bereiche beschränken; weil nämlich Gott den Menschen den Verstand gegeben hat, so sind wir eben Verstandesmenschen und können derartige Wunder nicht zugeben, die jeder Logik ins Gesicht schlagen und der Allmacht Gottes selbst abträglich sind. Denn was könnte diese wohl mehr herabsetzen als der

Gedanke, als ob er gar nicht anders, als so viel tausend Himmelskörper und die ganze Zeitenfolge in Unordnung zu bringen, den einen einzigen Schatten in Ahas Sonnenuhr zum Rückgang hätte zwingen können?"

Dieses Zitat lässt übrigens erkennen, wie Guericke mit Argumenten verfuhr, die ohne eine sachliche Begründung vorgebracht wurden.

Dann half auch keine Berufung auf die Bibel, die, wie er an einer anderen Stelle desselben Kapitels (Kap. VIII des I. Buches) darlegte, nicht geschrieben worden sei, um uns Unterricht über das astronomische Weltsystem oder über die Physik zu erteilen.

Nachdem Guericke nun wusste, wie ein Vakuum herzustellen war, und sich eine leistungsfähige und mechanisch robuste Pumpe hatte anfertigen lassen, wollte er den leeren Raum auch sehen und ließ sich zu diesem Zweck ein Versuchsgefäß aus Glas herstellen. Er verwendete einen Rundkolben oder, wie er sagte, eine Vorlage, dessen Öffnung er durch eine angekittete Blechkappe verschloss.

Die Blechkappe enthielt in der Mitte eine konische Öffnung, in die der Konus eines Hahnstutzens genau eingeschliffen war, der am anderen Ende einen zweiten, in den Pumpstutzen eingepassten Konus besaß.

Er konnte den Kolben also evakuieren und in diesem evakuierten Zustand von der Pumpe abnehmen, wenn er den Hahn vorher schloss.

Er hatte sich damit eine sehr brauchbare, allerhand Varianten erlaubende Anordnung geschaffen. Sein erstes Anliegen bestand aber nur darin, feststellen zu können, ob das Gefäß leer war und wie weit leer.

Zu diesem Zweck ließ er Wasser hineinströmen und beobachtete dann, ob es das Gefäß ganz füllte oder nicht. Er entdeckte, dass eine etwa haselnussgroße Blase von Wasser frei blieb, das Gefäß also nicht vollkommen leer gewesen war.

Das war eine Entdeckung, die ihn selbst zwar nicht an seinem Endziel zweifeln ließ, die ihm aber insofern Sorge machte, als sie den Gegnern Vorwände gab, die Existenz eines wirklichen Vakuums zu bestreiten.

"Diejenigen jedoch, die bestreiten wollten, dass das Glas leer gewesen sei, lauerten auf einen Vorwand, um widersprechen zu können", bemerkte er selbst dazu.

Also unternahm er jetzt alles, um die Herkunft der restlichen Luftblase aufzuklären. Er entdeckte einen luftgefüllten Hohlraum im Hahnküken als eine Quelle von Luft und beseitigte ihn.

Dann aber stellte er viele Versuche an, um Beobachtungen machen und aus ihnen Schlüsse ziehen zu können. So sah er z. B., dass sich beim Einströmen des Wassers durch die enge Hahnöffnung viele Blasen bildeten, die dann aber zum größten Teil wieder verschwanden. Er stellte fest, dass diese Blasen insgesamt und auch einzeln viel größer waren als die verbleibende Restblase oben im Kolben.

Er entdeckte, dass bei Verwendung von frischem Wasser und zu Anfang einer solchen Versuchsreihe die Blasen zahlreicher und größer waren, als wenn er die Apparatur einige Zeit unter Vakuum stehen ließ und bereits benutztes Wasser verwendete.

Er kam zu der Vermutung, dass mindestens ein Teil der Luft aus dem Wasser gekommen

sei. Daraufhin ließ er sich eine Apparatur machen, bei der ein kleineres, engeres, einseitig geschlossenes Rohr in einem anderen, größeren und weiteren angeordnet war.

Das war so weit mit Wasser gefüllt, dass die Öffnung des inneren engeren Rohres stets unter Wasser gehalten werden konnte. Er pumpte diese Apparatur aus und ließ Wasser aus dem größeren Rohr so in das innere fließen, dass es ganz ausgefüllt war.

Er ließ das Ganze dann unter Vakuum einige Zeit stehen und beobachtete, dass in dem inneren, doch ganz von der Außenluft abgeschlossenen Rohr sich wiederum diese kleine Luftblase gebildet hatte. Er ließ durch vorsichtiges Kippen die Blase in das größere Rohr übertreten und wiederholte das Stehenlassen unter Vakuum.

Erneut erschien nach einiger Zeit die kleine Luftblase. Und sooft er den Versuch auch wiederholte, immer erhielt er dasselbe Resultat. Indem er den Versuch abwandelte und alle Erscheinungen sehr genau beobachtete, überzeugte er sich schließlich davon, dass die restliche Luft in der kleinen Blase während des Versuchs im Innern der Apparatur neu entstandene Luft sein musste.

Sie entstand aus dem Wasser, aber auch aus dem Kitt, mit dem die Blechkappe am Glaskolben befestigt worden war, und sogar von den Glaswänden wurde Luft abgegeben, wie er überzeugend nachweisen konnte.

Alles, was Guericke bei diesen Versuchen festgestellt hat, trifft zu:

Im Wasser ist immer Luft gelöst, die austritt, wenn evakuiert wird. Und alle Wände, aus welchem Material auch immer, sind mit einer Gashaut überzogen, die sich unter den Bedingungen, die bei den Versuchen von Guericke bestanden, nicht beseitigen lässt. Dazu wäre ein Ausheizen oder ein sehr viel höheres Vakuum erforderlich. Aber alles das war damals vollkommen unbekannt, ist also von Guericke erst entdeckt worden.

Guericke hat damit bewiesen, dass er sehr wohl in der Lage war, durch zielstrebige Versuche und sehr genaue und sachkundige Beobachtungen auch bisher Unbekanntes zu ermitteln und überzeugend einzuführen. Wie wir oben schon bemerkt haben, stieß er bei seinen Untersuchungen auf viele neuartige Erscheinungen, die ein ähnliches Erforschen erfordert hätten. Er verzichtete aber darauf, wenn es für sein Hauptproblem nicht erforderlich war.

Die soeben geschilderten Versuche offenbarten noch eine ganz andere Fähigkeit Guericke's. Er begnügte sich nicht mit dem experimentellen Nachweis, sondern suchte eine theoretische Erklärung für die beobachteten Erscheinungen. Erst dann war er selbst von seiner eigenen Erklärung überzeugt.

Er entwickelte in diesem Falle die Theorie, dass alle Stoffe oder Körper aus sich etwas luftartiges ausströmen ließen, einen "odor" oder "Geruch", den wir aber meistens gar nicht wahrnahmen. Erst wenn ein Körper oder ein Stoff mit dem leeren Raum in Kontakt käme, werde dieser luftartige Ausfluss oder Ruch wahrnehmbar.

Zur Überprüfung seiner Meinung schloss er z.B. die Torricellische Röhre über der Quecksilbersäule an seine Pumpe an und konnte zeigen, dass sich mit Beginn des Pumpens in der Quecksilbersäule kleine Luftbläschen zu bilden anfangen, die mit Fortschreiten des Pumpens größer wurden und schließlich nach oben stiegen.

Er bemerkte dazu, dass diese Luft schon vorher im Quecksilber gewesen sei und beim

Einfüllen des Quecksilbers unvermeidbar immer hineinkäme. Er hatte ein besonderes Interesse an diesem Nachweis von Luft im Quecksilber, weil Leute im Stile der Scholastik verabsolutierten und behaupteten, dass das Torricellische Vakuum eine vollkommene Leere darstelle.

Er ging dann noch einen Schritt weiter und behauptete, die uns bzw. die Erdkugel umgebende Luft sei der luftartige Ausfluss der Erde. Indem er dann noch durch eigene Experimente nachwies, dass der Luftdruck bzw. das "Gewicht" der Luft über uns bereits in der Höhe eines Kirchturms merklich geringer sei, schloss er, dass sich die aus der Erde ausgeströmte Lufthülle nicht beliebig weit in den Raum hinein erstrecke, sondern bereits in Entfernungen ende, die im Vergleich zur Entfernung des Mondes oder gar noch entfernterer Himmelskörper winzig sei und vernachlässigt werden könne.

Aber wo die Lufthülle ende, dort sei auch nichts anderes, kein Körper mit seinen Ausströmungen und somit der leere, und zwar völlig leere Raum. Wenn also hier unten auf dem Grunde des Luftozeans kein vollkommen leerer Raum herzustellen sei, weil alle mitwirkenden Körper ihren Ruch abgäben, und auch sonst hier unten in der Natur kein mathematisch vollkommenes Vakuum vorkommen könne, weil die Luft elastisch sei und jeden Raum ausfülle, der nicht von einem anderen Körper oder Stoff eingenommen werde, so sei das kein Beweis gegen die Unmöglichkeit eines vollkommenen Vakuums in der Natur überhaupt.

Jenseits der Lufthülle und in den unvorstellbar weiten Zwischenräumen zwischen den Himmelskörpern existiere dieser völlig leere Raum, und die Herstellbarkeit eines relativ leeren Raumes hier unten sei dafür Beweis genug.

Als Guericke zu diesen Schlüssen kam, kannte er den Luftdruck bereits. Dieselbe Apparatur, die wir zuletzt beschrieben haben, gab ihm den ersten direkten Beweis dafür, dass alle unerwarteten Überraschungen, die er erlebt hatte, und alle sogenannten pneumatischen Effekte, die man bereits seit dem Altertum kannte, auf eine Ursache zurückgeführt werden mussten, die von außen eingriff.

Hier war eine alte, sehr glaubhafte Vorstellung zu überwinden gewesen. Man kann sie sich an einer einfachen Fahrradpumpe klarmachen: Hält man sie zu und bewegt dann den Kolben, dann hat man in beiden Fällen, also, ob man ihn nach oben oder nach unten bewegt, das Gefühl, dass der Widerstand im Innern der Pumpe läge.

Dass in beiden Fällen nur die Differenz zwischen Innen- und Außendruck wirksam ist, spürt man nicht, das ist eine gegenüber dem unmittelbaren Gefühl sehr abstrakte Erklärung. Heute macht uns diese Erklärung keine Schwierigkeit.

Aber damals bestand ausschließlich die Vorstellung, dass der Abscheu der Natur vor dem Leeren zwischen den Körpern wirke, also im Sinne Galileis eine innere Kraft sei.

Der erste Schritt zur Entdeckung des Luftdrucks bestand also in der Einsicht, dass eine äußere Ursache gesucht werden müsse. Bei Torricelli war es die Beobachtung, dass die Höhe der Quecksilbersäule in seiner Barometerröhre schwankte, mal stieg, mal fiel, wieder stieg, wieder fiel und so fort.

Pascal hat mit dem schon genannten Versuch, bei dem eine Barometerröhre auf einen hohen Berg getragen wurde, und dann durch Hintereinanderanordnen zweier solcher

Röhren den direkten Nachweis erbracht.

Guericke konnte bei seinem erwähnten Versuch etwas Ähnliches beobachten:

Die in der engeren inneren Röhre eingeschlossene Wassersäule sank bis auf das Niveau des Wassers im äußeren Rohr ab, wenn beide unter Vakuum standen. Und als er die im inneren Rohr entstehende kleine Luftblase mehrmals wie beschrieben in die äußere hatte austreten lassen, sah er, wie sich das Wasser in der inneren Röhre etwas über dem äußeren Wasserspiegel zu erheben begann, weil, wie er richtig schlussfolgerte, die im äußeren Rohr angesammelten Luftblasen allmählich einen gewissen Druck auszuüben vermochten.

Eine Eigentümlichkeit der Luft, ihre Spannkraft oder Elastizität, lernte er bei dieser Gelegenheit erneut kennen, die er ja schon in gewissem Sinne seiner neuen Pumpenkonstruktion zugrunde gelegt hatte. Halten wir außerdem fest, dass er eine direkte Verbindung zu Fragen des Weltalls gefunden hatte.

Er hat das Problem, von dem er ausgegangen war, niemals aus dem Auge verloren. Hier hatte er einen Beleg für die Leere des Weltalls gefunden, der unabhängig von anderen und vor ihm noch nicht entdeckt worden war. Er hat weitere unabhängige Belege gefunden, wie wir noch sehen werden. Sie alle konvergierten in seiner These vom leeren Weltraum. Es lag somit System in diesem Aufspüren immer weiterer, voneinander unabhängiger Belege für seine These.

Zu seinem System gehörte auch die Methode, nicht nur die eigene These von immer anderen Seiten aus zu betrachten und zu beweisen, sondern auch, die gegnerischen Argumente von mehreren Seiten aus anzugreifen und zu widerlegen.

Diesem doppelten Zweck diente eine Apparatur, die er sich nun anfertigen ließ und die er in Regensburg auf dem Reichstag den Fürsten und dem Kaiser vorführte. Sie bestand aus 2 größeren Glaskugeln von der oben beschriebenen Art, die an einem gemeinsamen Hahnstutzen übereinander angeordnet waren.

Außerdem waren die beiden Kugeln noch durch eine durchgehende Röhre verbunden, die im unteren Gefäß fast bis auf den Boden reichte. In dieses ragten noch zwei weitere Röhren, die oben auf dem aufgekitteten Deckel zu einem Hahn führten.

An zwei dieser Hähne konnte er eine weitere Röhre anschließen, die außen an der unteren Kugel vorbei bis in einen auf dem Fußboden stehenden, wassergefüllten Eimer reichte. Sie hatte unten noch einen Hahn, so dass sie an beiden Enden abgesperrt werden konnte. Wie man schon aus dieser Beschreibung erkennen kann, konnte man mit Hilfe der in die Glaskugeln eintauchenden Röhren und der Hähne die beiden Kugeln in verschiedener Weise miteinander verbinden und auch voneinander trennen (Abb. 5).

Guericke beschreibt 9 verschiedene Versuche, die mit diesem Gerät, das er in seinem Arbeitszimmer auf einem Tisch aufgestellt hat, ausgeführt worden sind. Wir werden nur die wichtigsten anführen.

Dazu sei ergänzt, dass die untere Kugel bis über die Enden der hineinragenden Röhren mit Wasser gefüllt war. Ein erstes Ziel war die erneute Demonstration der Elastizität oder der Spannkraft der Luft.

Er wies darauf hin, dass beim Evakuieren der oberen Kugel durch die untere und durch das in dieser enthaltene Wasser hindurch die Luft von sich aus bis zur Pumpe oder dem evakuierten Gefäß vordringt, und zwar solange, bis alle Luft entfernt ist. Er tat dazu nichts anderes, als den verbindenden Hahn zu öffnen.

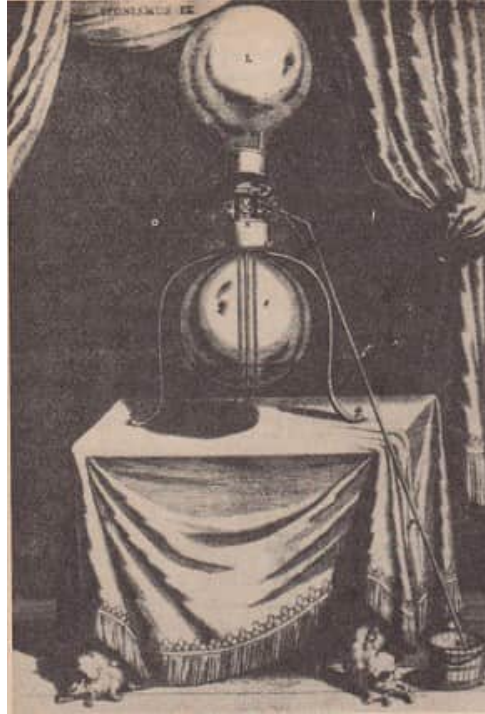


Abb. 5. Tischapparatur, mit der Guericke die Existenz des Luftdruckes und die Elastizität der Luft nachwies

Ein zweiter Versuch richtete sich gegen die horror-vacui-Vorstellung. Er evakuierte bei gesperrter Verbindung zur oberen Kugel die untere. Dann öffnete er den Verbindungshahn zur oberen - übrigens mit der gebührenden Vorsicht, damit die stürmisch einströmende Luft nicht das Gefäß zerstöre, wie es ihm schon geschehen sei.

Wenn jetzt die Luft im oberen Gefäß in das untere eindringt, bemerkte Guericke, dann hinterlässt sie im oberen einen luftverdünnten Raum. Wieso tue sie das, wenn sie nach der horror-vacui-These nur deshalb in den unteren ströme, um dort das Entstehen eines Vakuums zu verhindern?

Diesen Hinweis hatte er schon bei den Versuchen mit den beiden ineinander geschachtelten Röhren gemacht.

Mit einem anderen Versuch beweist er, dass es wirklich nur die Spannkraft oder der Druck der Luft sei, der die beobachtbaren Erscheinungen verursache. Wenn in beiden Glaskugeln keine Luft sei,

"zeigt das Wasser des unteren Behälters keinerlei Neigung, emporzusteigen und das leere obere zu füllen. Sobald man aber durch den Hahn f etwas Luft in das untere Glas treten lässt, steigt das Wasser sofort mit großer Gewalt in das obere hoch, Und nun hält die vom äußeren Luftdruck in das untere Gefäß gedrückte Luft infolge ihres Ausdehnungsvermögens das emporgestiegene Wasser in dem erreichten Stande in der Schwebe, bis der Hahn f wieder geschlossen wird."

Er hatte also dargelegt, dass die Annahme eines Abscheus der Natur vor dem Leeren nur zu Ungereimtheiten und Widersprüchen führte und die Annahme eines Ausdehnungsvermögens oder einer Spannkraft der Luft eine wirkliche Erklärung liefere und immer wieder bestätigt werde.

Mit dem bis zum Fußboden in einen wassergefüllten Eimer reichenden Rohr konnte Guericke Wasser in die evakuierten Gefäße "entgegen seiner Natur" aufsteigen lassen. Diesen Ausdruck hat Guericke nicht erfunden. Er war schon in der Antike geprägt worden.

Gemeint war mit dieser Formulierung, dass es in der Natur aller schweren Körper und damit auch des Wassers läge, zum Erd- oder zum Weltmittelpunkt zu streben. Wenn also Wasser entgegen dieser seiner Natur sich nach oben, also vom Weltmittelpunkt fort, bewege, dann müsse es durch etwas anderes gedrückt oder gezogen werden.

Der Heber war z. B. solch ein Fall und schon den alten Griechen bekannt. Man erklärte seine Wirkung damit; dass alle Körper einen untrennbaren Zusammenhang bildeten, so dass, wenn irgendein Glied in dieser ununterbrochenen Kette in Bewegung gesetzt werde, dessen Nachbarn sofort nachrückten und den Raum einnahmen, den der erste Körper geräumt habe.

Neu war bei den Griechen im wesentlichen nur die Erkenntnis, dass auch die Luft zu diesen Körpern gehöre, dass auch sie körperlicher Natur sei, was damals durch eine Reihe von Erfahrungstatsachen und sogar Experimenten bewiesen wurde. Wie wir noch sehen werden, bestritt Guericke, dass die Schwere eine den Körpern innewohnende Eigenschaft sei.

Sie sei vielmehr von der "virtus conservativa" eines Himmelskörpers, in unserem Falle der Erde, in den Körpern hervorgerufen, Die Größe der Schwere sei deshalb relativ und hänge einmal ab von der Stärke dieser virtus conservativa, die wir der Sache, nicht aber dem Sinne nach mit Schwerkraft übersetzen können.

Sie hänge außerdem noch von der Größe des Körpers ab, also von dessen Masse.

Guericke hat aufgrund solcher Überlegungen deutlich zwischen Masse und Schwere unterschieden, eine sehr modern anmutende Unterscheidung. Wir haben hier aber einen weiteren Fall vor uns, wo Guericke aufgrund seiner Erkenntnisse mit alten eingewurzelten Vorstellungen brechen musste und gebrochen hat.

Ergänzen wir gleich an dieser Stelle, dass er auch die recht verbreitete Vorstellung bestritten und widerlegt hat, dass es in der Natur als Gegenstück zur Schwere eine Leichtigkeit gäbe, also ein den betreffenden "leichten" Stoffen innewohnendes Streben vom Erdmittelpunkt fort und in Richtung der "Sphäre", die ihr "natürlicher Ort" sei.

Zu diesen leichten Körpern oder Stoffen zählte man demgemäß die Luft. Aber gerade das bestritt Guericke, musste er bestreiten, wenn er das "Gewicht" der Luft als die Ursache aller von ihm beobachteten Kraftäußerungen anerkannt haben wollte. Die nähere Untersuchung dieser Schwere der Luft wurde vordringlich.

Guericke berichtet, dass ihn die Frage eines Besuchers, wie hoch denn das Wasser wohl aufsteigen könne, veranlasst habe, diese Höhe durch eine Messung zu ermitteln. Er hat

sich zu diesem Zwecke an seinem Hause ein aus mehreren Rohrstücken zusammengesetztes Wasserbarometer machen lassen.

Im Versuch verlängerte er das Rohr jeweils durch ein weiteres Stück, bis er feststellte, dass das Wasser nicht mehr höher stieg. Dort setzte er statt der Metallröhren ein gläsernes Stück ein. Die Höhe bis zu diesem Niveau maß er zu mehr als 19 Ellen, er fand also dieselbe Höhe, die die Pumpenbauer auch schon gefunden hatten, ohne dafür eine Erklärung zu haben.

Guericke deutete sie als das Gewicht der Luft, die sich über uns befindet. Hier kam ihm zugute, dass bei der Untersuchung der Druckverhältnisse im Wasser um diese Zeit bereits geklärt war, und zwar durch den Holländer Simon Stevin (1548-1620), dessen Werke er beim Studium in Leiden kennengelernt hatte, dass für den Druck nur der Niveauunterschied ausschlaggebend ist, nicht der Querschnitt.

Es ist gewiss kein Zufall, dass auch Torricelli Untersuchungen über ähnliche Probleme angestellt hat. Er hat insbesondere die Abhängigkeit der Austrittsgeschwindigkeit von der Höhe des Wassers über der Austrittsöffnung untersucht und außerdem die dem Galileischen Fallgesetz entsprechende Parabelform des austretenden Wasserstrahls nachgewiesen.

An diesem Wasserbarometer beobachtete nun auch Guericke dieselben Schwankungen, die schon Torricelli am Quecksilberbarometer festgestellt hatte. Er bemerkte dazu ausdrücklich, dass er ein Absinken des Wasserspiegels durch irgendwelche Undichtigkeiten noch hätte erklären können, aber dafür, dass nach solchem Absinken das Niveau wieder anstieg, keine Erklärung finden konnte.

Um sicher zu gehen, ließ er

"das Glas erneut auspumpen und den Versuch wiederholen. Dabei stieg das Wasser wieder bis zu der gleichen Höhe ... Aus dieser mir ganz unverhofft zugefallenen Erfahrung konnte ich nur den Schluss ziehen, dass die Scheu vor dem Leeren in der Schwere der die Erde umgebenden Luft oder in ihrem Druck besteht. Er drückt das Wasser in jeden freien und von anderen Körpern leeren Raum hinein, und zwar um so viel, wie ihrer Schwere entspricht."

Das war seine abschließende Erkenntnis. Er unterstreicht sie noch einmal, indem er etwas später fortfährt:

Erfolgte nämlich das Steigen infolge einer Scheu vor dem Leeren, so müsste das Wasser entweder der Leere beliebig hoch bis ins Unendliche folgen oder stets auf gleicher Höhe verharren. Da die Höhe aber schwankt, ist dies das sicherste Anzeichen dafür, dass nicht nur das Steigen des Wassers, sondern auch die Höhenschwankungen aus einer äußeren Ursache entstehen.

Guericke hat übrigens die ihm zunächst unbekannte Ursache der Schwankungen erkannt. Er folgerte, dass der äußere Luftdruck nicht immer denselben Wert habe, sondern in Abhängigkeit vom Wetter schwanke. Dabei nahm er an, dass der unterschiedliche Gehalt der Luft an Wasserdampf den Unterschied bewirke.

Bei einem besonders tiefen Stand des Wasserspiegels sagte er ein Unwetter voraus, das dann einige Stunden später tatsächlich eintrat. Guericke hat somit als erster das Barometer als Instrument zur Erforschung des Wetters vorgeschlagen. Es ist dies eine der vielen Erkenntnisse, die ihm bei seinen Untersuchungen zugefallen sind.

Gemäß seiner Methode suchte Guericke trotzdem nach weiteren Beweisen für die Schwere der Luft. So hängte er eine ziemlich große Glaskugel an eine Waage und tarierte sie genau aus, während der Hahn ihres Pumpenstutzens offenstand. Dann evakuierte er die Kugel und stellte fest, dass sie leichter geworden war, und zwar um das Gewicht des eingeschlossenen Luftquantums.

Er ließ wieder Luft einströmen und fand wieder das Gewicht, das sie vor dem Evakuieren gehabt hatte. Damit war auf eine neue, von der beschriebenen unabhängige Weise nachgewiesen, dass die Luft Gewicht hat.

Mit derselben Anordnung hat er übrigens auch die Schwankungen des Luftdrucks nachweisen können, weil ja das Gewicht der Kugel von der jeweiligen Dichte der Luft abhängig ist.

Es ist diese Anordnung der Idee nach der Vorläufer der Anaeroidbarometer.

Wie wir schon mehrfach gesehen haben, musste sich Guericke mit zeitgenössischen Vorstellungen auseinandersetzen, die er zunächst bei sich selbst überwinden musste. Ein Einwand gegen die Annahme eines Luftdrucks und sogar eines so gewaltigen bestand darin, dass wir diesen Druck doch spüren müssten, ja, das wir ihn gar nicht aushalten würden, wenn es ihn gäbe.

Diesen Einwand hat Guericke mit dem Hinweis auf das Beispiel der Fische recht kurz abgetan. Wieder kam ihm zugute, dass die Druckverhältnisse im Wasser, wie schon gesagt, recht gut erforscht waren.

Ein anderer Einwand war spezifisch scholastischer Natur. Man warf ein, dass mit dem Herauspumpen der Luft kein wirkliches Vakuum geschaffen worden sei, weil ein ganz feiner Stoff den frei gewordenen Raum ausfülle. Das war eines jener Argumente, das vorgebracht wurde, ohne irgendeine sachliche Begründung, sondern rein aus dem Bestreben, der These von der Scheu vor dem Leeren formal Genüge zu tun.

Guericke war aber solchen Angriffen durchaus gewachsen. Er antwortete auf dieses Argument wie folgt:

"Doch angenommen - wohlgemerkt, nicht zugestanden - es gäbe die [einere Luftart, die Glas durchdringen kann, dann erhebt sich die Frage: weshalb tut sie dies nicht vor dem Auspumpen der vermeintlich gröberen Luft? ..., Und selbst, wenn man die Möglichkeit einer Luftart zugeben wollte, die Glas und andere feste Stoff zu durchdringen vermag, so dass sie beim Auspumpen des Wassers durch das Glas in den vom Wasser freigegebenen Raum eindringe, und wieder beim Eintritt von Wasser durch das Glas entwiche, so würde diese Annahme doch der Vernunft widersprechen.

Denn eine Luft, die Glas durchdringen kann, würde auch durch Wasser dringen und nicht weichen, wenn das Wasser erneut hineinstürzt, Sie wäre vielmehr schon vor dem Auspumpen im Glase und würde auch nach dem Auspumpen darin bleiben. Das hieße nichts anderes als eine unkörperliche, alles durchdringende Luft annehmen, ganz ebenso,

wie wir dem Raum zuschreiben, dass er alles durchdringe, also unbeweglich und in allem zugegen sei, ... Das alles kann man aber in keiner Weise von einer Luft sagen."

Damit haben wir zugleich ein Beispiel kennengelernt, wie Guericke über theoretische Probleme zu diskutieren pflegte.

In diesem Zusammenhang entwickelte er auch eine recht konkrete Vorstellung über den inneren Aufbau der Luft, Guericke war Anhänger der Atomlehre, die um diese Zeit durch den französischen Gelehrten Pierre Gassendi (1592-1655), der die antike Atomlehre von Demokrit, Epikur und Lukrez erneuert hatte, wieder zu Ansehen gekommen war.

Im Sinne dieser Lehre stellte er sich die Luft vor, gebildet aus Luftatomen, die sich in einer leeren Umgebung befänden. Daher könne man die Luft sowohl verdichten, dann würde der Anteil des Leeren am Volumen kleiner, wie auch ausdehnen, dann nehme umgekehrt der Anteil des Leeren zu. Über eine Bewegung der Atome hat er nichts gesagt.

Er sprach immer nur vom Ausdehnungsvermögen der Luft. In dieser Vorstellung kommt ein deutlicher Unterschied zu anderen Vorstellungen von der Luft zutage, die zwar gleichfalls eine atomare Struktur annahmen, aber die Elastizität der Luft den Atomen selbst zuschrieben.

Das hat z. B. Robert Boyle angenommen, allerdings nur als eine von zwei Möglichkeiten. Solche Annahmen über die Atome zu machen, war damals häufig. Man wollte damit makroskopische Eigenschaften aus Eigenschaften der Atome direkt erklären.

Einige Gelehrte nahmen z.B. kleine Häkchen an, mit denen sich die Atome wechselseitig festhielten. Wenn Guericke die Elastizität der Luft nicht den Atomen selbst zuschreiben wollte, so wohl deshalb, weil dann eine Grenze der Elastizität und damit der Verdünnung angenommen werden müsste.

Die Scholastiker wollten z.B. eine Verdünnung noch zugeben, behaupteten aber, bei einer bestimmten Grenze ließe die Natur eine weitere Verdünnung nicht mehr zu.

Dabei muss noch ergänzend bemerkt werden, dass von einer Erfüllung des Raumes gesprochen wurde, in dem oben angeführten Descartesschen Sinne, dass es keinen Abstand geben könne ohne eine - materiell gedachte - Substanz, die den Abstand bewirke.

Aber gerade das bestritt Guericke ganz entschieden. Er wies darauf hin, dass die Luft um so weniger in der Lage sei, einen Abstand oder überhaupt eine mechanische Wirkung auszuüben, je weniger von ihr vorhanden sei, also je dünner sie durch das Auspumpen gemacht worden sei.

Er führte ferner an, dass es doch ein Unsinn sei anzunehmen, dass der sichtbare Abstand, den zwei Türme oder zwei Berge hätten, nur durch die zwischen ihnen befindliche Luft zustande gekommen sei, also nicht mehr bestehen könne, wenn die Luft fehlte.

Er hatte ja bei seinen eigenen Versuchen ganz eindeutig sehen können, dass nichts dergleichen eintritt, wenn man die Luft zwischen zwei Körpern mit einem Abstand voneinander entfernt. Um Guericke's Leistung zu verstehen, muss man die Vorstellungen kennen, mit denen er sich auseinandersetzen musste.

In einer Anzahl von besonderen Versuchen hat Guericke das Verhalten der Dinge im leeren Raum näher untersucht. Seine diesbezüglichen Versuche sind das Vorbild für die Versuche, die man später in großer Zahl angestellt hat.

Wesentlich Neues ist dabei aber nicht herausgekommen. Guericke hatte dieses Gebiet ziemlich umfassend untersucht. Eine Gruppe betraf den leeren Raum als Medium. Er stellte fest, dass das Licht den leeren Raum wie einen durchsichtigen Körper durchdringt. Beim Schall hat er sich etwas zu eng an die direkt beobachtbaren Erscheinungen gehalten.

Er stellte fest, dass ein Ton das Vakuum nicht durchdringt, dass aber ein Geräusch gehört werden könne. Er hatte das beobachtet, aber die Aufhängung der Klapper nicht berücksichtigt, die ja auch eine Schallübertragung bewirken kann.

Noch bedauerlicher ist, dass er bei der Untersuchung einer Flamme im Vakuum an einer wichtigen Erkenntnis vorbeigegangen ist. Er stellte eine brennende Kerze in sein Versuchsgefäß und ließ anschließend auspumpen.

Da wurde die Flamme kleiner, schrumpfte zusammen und erlosch, als sie am Docht angekommen war. Dabei kam ihm die Erkenntnis, dass die übliche Form der Flamme hervorgerufen werde durch das Aufsteigen der von der Flamme erhitzten Luft. Sein Fazit war:

Aus diesen öfter wiederholten Versuchen war zu erkennen: "Feuer kann ohne Luft nicht leben, sondern erlischt, sowie die Luft schwindet."

In einem abgewandelten Versuch sperrte er nur den Hahn ab, nachdem er die brennende Kerze in das Gefäß hineingestellt hatte. Die Flamme ging nach kurzer Zeit aus. Dazu bemerkte Guericke:

"Die Ursache dieses Ausgehens vermochte ich mir befriedigend nur durch die Annahme zu erklären, dass das Feuer aus der Luft etwas als Nahrung aufnimmt, also die Luft verzehrt und somit wegen Nahrungsmangel nicht länger leben kann. Ich stellte deshalb den im folgenden Kapitel beschriebenen Versuch an."

Bei diesem Versuch ließ er ein Röhrchen aus dem Gefäß mit der Kerze in ein zweites Gefäß darüber hineinragen, das etwa zur Hälfte mit Wasser gefüllt war. Über die kleine Röhre stülpte er innerhalb des zweiten Gefäßes ein weiteres, einseitig geschlossenes Gefäß, das unten fast bis an den Boden des zweiten reicht.

Der untere, die Kerze enthaltende Raum war somit über das Röhrchen mit dieser übergestülpten Glocke verbunden.

Zu Beginn des Versuchs hob sich die Glocke zunächst etwas, was Guericke zu Recht auf die durch die Flamme erwärmte und sich dadurch ausdehnende Luft im unteren Kolben zurückführte. Dann aber stieg das Wasser in der Glocke, und zwar solange, bis die Kerze erlosch.

"Das war", bemerkte Guericke dazu, "das sichtbare Zeichen für den Verzehr eines Teiles der in der Vorlage enthaltenen Luft. Es wurde so mindestens ein Zehntel der Luft von der Kerzenflamme aufgezehrt."

Soweit erscheint uns alles richtig beobachtet und gedeutet. Aber dann fährt Guericke

im selben Satz fort: "... und sie hätte vielleicht alle verbraucht, wenn sie nicht so schnell erloschen wäre." Und daran anschließend sagt er:

"Der Mangel an Luft kann zwar eine Ursache des Erlöschens der in der Vorlage eingeschlossenen Flamme sein. Außerdem geschieht es aber, scheint mir, auch wegen der Verunreinigung der Luft, die durch ein Versprühen von Wachs oder Talg in der Vorlage entsteht.

Denn wenn man die noch verbliebene Luft aus der Vorlage herauspumpt, beginnt sie sogleich dunkel zu werden, weil sie einen schwarzen Rauch zurücklässt, der vorher in der dichteren Luft nicht wahrnehmbar war.

Schließlich erhebt sich die Frage, wie das Feuer die Luft aufzehrt, ob es sie in ein Nichts verwandelt oder aber in etwas Erdiges. Ich glaube, dass Letzteres der Fall ist."

Guericke hat also das Ausflocken von Ruß in seinem Gefäß beobachtet. Das hat ihn irre gemacht an seiner ersten und einfachsten Annahme, dass nämlich die Flamme einen Teil der Luft verzehrt habe. Wir bemerken hier einen anderen Guericke als im oben behandelten Fall der angeblichen Abhängigkeit von einem Stoff, der Ausdehnung hat und den Abstand bewirke.

Hier ist Guericke unsicher, er schwankt zwischen zwei oder noch mehr Erklärungsmöglichkeiten. Das lag daran, dass er in diesem Falle keine zutreffende, einleuchtende Theorie hatte.

Das Problem selbst betraf sein zentrales nicht direkt, so dass er auch nicht alles unternommen hat, um zu einer eindeutigen Klärung zu kommen. Er lieferte damit ein Beispiel dafür, dass das Experiment oder die Beobachtung allein, d. h. ohne Ergänzung durch eine entsprechende theoretische Analyse, blind sind.

In diesem Falle lag es aber nicht an ihm, dass er keine passende Theorie finden konnte, vielmehr am Stand der Chemie zu jener Zeit.

Über die chemische Natur der Luft war damals praktisch nichts bekannt. Über die chemischen Prozesse hatte man im wesentlichen falsche Vorstellungen, wonach es in der Natur als Elemente die sogenannten Prinzipien gebe, z.B. des Festen, des Flüssigen, des Luftartigen und des Feurigen gemäß der antiken Vier-Elementen-Lehre, wozu im Mittelalter noch die Prinzipien des Brennbaren, des Erdigen, des Säureartigen und die Essenzen gekommen waren bzw. sie ersetzt hatten.

Nach diesen Vorstellungen sollte eine geringe Menge eines Prinzips eine große Menge des an sich qualitätslosen Stoffes die betreffende Qualität erteilen können. Das war die theoretische Grundlage der Alchemie.

Mit diesen Vorstellungen waren die von Guericke beobachteten Erscheinungen nicht zu erklären. Dazu musste sich einmal, wie schon gesagt, die Erkenntnis von der chemischen Natur der Luft entwickeln.

Das aber setzte einen anderen Begriff vom Element voraus, den Robert Boyle um diese Zeit bereits ausgesprochen hatte. Er hatte gefordert, das als Element zu betrachten, was auf chemischem Wege nicht mehr weiter zerlegt werden könne. Diese neue Vorstellung begann sich aber nur langsam durchzusetzen,

Unter den gegebenen Umständen wäre es somit Guericke schwergefallen oder wohl einfach unmöglich gewesen, eine bessere Deutung zu finden. Und selbst, wenn er sie gefunden hätte, würde er keinen Glauben gefunden haben.

Das lässt sich durch das Schicksal des englischen Arztes John Mayow (1643-1679) belegen. Zunächst sei noch ergänzt, dass Guericke's Versuch nicht neu war, in Form der sogenannten Saugkerze hatte ihn schon Ktesibios im 3. Jahrhundert vor der Zeitrechnung ausgeführt.

Ktesibios hat noch vor Heron von Alexandrien (um 100 v.u.Z.) Geräte geschaffen, die die Pneumatik im damaligen Sinne betrafen. Seine Saugkerze war eines davon und sollte demonstrieren, wie man das Wasser dazu bringen kann, entgegen seiner Natur nach oben zu steigen.

Eine Erklärung des Phänomens hat er nicht gegeben. Und wenn zu Anfang der 70er Jahre der genannte John Mayow ebenfalls einen solchen Versuch durchführte, so beweist das, dass das Verhalten einer Flamme im leeren oder im abgeschlossenen Raum eine Frage darstellte, die nahelag, wenn die Frage nach der Möglichkeit eines Vakuums im Blickpunkt stand.

Das war ja um diese Zeit geschehen, und in England hatte sie Robert Boyle sehr bekanntgemacht durch seine eigenen, ebenfalls mit einer Pumpe durchgeführten Versuche. Mayow war von der Beobachtung Boyles ausgegangen, dass im Vakuum ein brennbarer Stoff mittels eines Brennglases nicht zur Entzündung gebracht werden konnte.

Mayow zeigte, dass in einem abgeschlossenen Luftvolumen der brennbare Stoff gezündet werden kann, dass aber die Verbrennung schnell erlischt und dass dann weiterer brennbarer Stoff in dem Gefäß nicht mehr entzündet werden könne.

Er schloss, wie schon Guericke, dass die Flamme einen Teil der Luft verzehrt, aber über Guericke hinaus, dass die verbleibende "verbrauchte" Luft die Verbrennung nicht zu unterhalten vermag.

In einem entsprechenden Versuch hat er den Anteil zu etwa einem Viertel ermittelt. Er nannte den für die Verbrennung notwendigen Anteil der Luft aktive oder "salpetrige" Luft. Dann schließt Mayow kleine Tiere in sein Gefäß und beobachtet, dass z. B. eine Maus verendet, aber bis zu ihrem Tode einen gleichen Anteil Luft "verbraucht" hatte wie vorher die Flamme.

Er hatte also zwischen Atmung und Verbrennung eine Gleichartigkeit entdeckt.

Das erhärtete er durch einen weiteren Versuch, bei dem mehrere Häufchen Pulver in demselben Versuchsgefäß eingeschlossen und nacheinander mittels Brennglas zur Entzündung gebracht wurden.

Das gelang immer, sogar im Vakuum. Als Deutung gab Mayow den Hinweis, dass das Pulver seinen "Salpeter" in sich habe und daher nicht abhängig sei vom salpetrigen Bestandteil der Luft. Es könnte daher auch in verbrauchter Luft und sogar im Vakuum, also in Abwesenheit von Luft, zur Entzündung gebracht werden.

Er sprach sogar noch den Gedanken aus, dass seine salpetrige Luft dem Salpeter dessen sauren - im chemischen Sinne - Charakter verleihe. Damit hat er die sogenannte Kalzi-

nierung, d. h. die Oxydation, mit der Verbrennung und mit der Atmung in Verbindung gebracht.

Wie weit er gekommen war, mag man daran ersehen, dass er eine stille, flammenlose "Verbrennung" der Nahrung im tierischen und menschlichen Körper vermittle der Atemluft annahm und damit die Körperwärme erklärte.

Damit stieß er allerdings auf tief eingewurzelte Vorstellungen, die die Körperwärme durch eine besondere feurige Seele erklärten.

Es war den Menschen damals auch geläufiger und daher leichter vorstellbar, dass die Erscheinung "Wärme" von einem besonderen Stoff, gewissermaßen ihrem Prinzip, hervorgerufen werde. Für diese Annahme hatte sich auch Boyle ausgesprochen, der damals in England eine große Autorität genoss - im übrigen durchaus zu Recht -, während Mayow ein relativ unbekannter junger Mann war. Er starb kurz nach seinen Entdeckungen mit nur 36 Jahren.

Es vergingen mehr als hundert Jahre, ehe Antoine-Laurent Lavoisier (1743-1794) die "salpetrige" Luft Mayows mit dem Sauerstoff identifizierte und ihm alle die Wirkungen zuschreiben konnte, die man bis dahin dem Wärmestoff, dem Phlogiston Georg Ernst Stahls (1660-1734) zugeschrieben hatte, Mayow aber bereits seiner Salpeterluft.

Dieser Entdeckung Lavoisiers war aber als entscheidende Voraussetzung die Entdeckung der Gase vorausgegangen, vor allem Joseph Blacks (1728-1799) Entdeckung der Kohlensäure als einer von der Luft deutlich verschiedenen Luftart, die auch kein Bestandteil der Luft war, sondern des Kalziumkarbonats.

Bald darauf entdeckte Henry Cavendish (1731-1810) den Wasserstoff, und Joseph Priestley (1733-1804) und Karl Wilhelm Scheele (1742-1786) entdeckten unabhängig voneinander den Sauerstoff (1774).

Die Isolierung chemisch deutlich voneinander verschiedener Gase war von entscheidender Bedeutung für die Überwindung der eingewurzelten Vorstellung von den "Prinzipien" und für die Umwandlung der Chemie in eine echte Wissenschaft.

Dazu haben sowohl die Luftpumpe als Gerät, mit dem man mit Gasen umgehen kann, als auch die mit dem Vakuum und der Luft zusammenhängenden Probleme sehr wesentlich beigetragen, wie wir schon einmal betont haben. Guericke erlebte übrigens mit seiner Raumtheorie eine ähnliche Behandlung seitens seiner Zeitgenossen wie Mayow mit seiner Lehre:

Auch sie wurde nicht beachtet, obwohl sie, wie wir noch sehen werden, von unserem Standpunkt den anderen, damals vertretenen Theorien überlegen war.

Guericke schloss übrigens auch Tiere in seinen Versuchskolben ein und beobachtete ihr Verhalten beim Auspumpen. Es waren kleine Vögel, ebenfalls Mäuse und dann verschiedene Fische.

Zum Unterschied zu Mayow stellte er aber nur fest, dass sie verendeten, dass sie also die Luft zum Leben brauchten. Quantitative Untersuchungen oder einen Vergleich zur Verbrennung hat er nicht angestellt. Er hat nur, wie er es generell getan hat, alles sehr genau und erschöpfend beschrieben, was er beobachtet hatte.

Erwähnenswert aus der jetzt besprochenen Versuchsreihe wären noch die über Fäulnis und Gärung. Er ging ja von der Annahme aus, dass alle Körper einen Geruch hätten und ihn als ihre Luft abgäben. Fäulnis und Gärung betrachtete er unter diesem Gesichtspunkt als Prozesse, bei denen besonders viel neue Luft gebildet würde.

Man muss dabei wieder den Stand der Erkenntnis berücksichtigen.

Guericke hatte, aufmerksam geworden durch seine Beobachtungen an Wasser im Vakuum, den kleinen Bläschen besondere Beachtung geschenkt, die erscheinen, wenn man Körper, z.B. Silbersachen, in Wasser legt und einige Zeit stehen lässt. Er deutete sie als jene neue Luft, die sich nach seiner Annahme dabei gebildet hätte. Er konnte sich die Anwesenheit von Luft im Wasser anders nicht erklären.

An einer Stelle sagt er ausdrücklich, dass die Luft zwar auf das Wasser ebenso drücke wie auf jeden anderen Körper, aber "soweit, dass sie eindringen könnte, drückt sie nicht, weil sie leichter ist".

Ihm wie seinen Zeitgenossen war nicht bekannt, dass Wasser und andere Flüssigkeiten Luft in gelöstem Zustand in sich aufnehmen können. Lösungen fester Stoffe waren bekannt.

Guericke selbst hat auch angenommen und Belege dafür gebracht, dass Wasser in Luft gelöst sei, in diesem Zustand nicht sichtbar sei, aber als kleine Tröpfchen ausgeschieden werde, wenn die Luft zuviel davon enthalte. Davon ausgehend, hat er Nebel und sogar Wolken in seinem Versuchsgefäß erzeugt.

Die wie Dampf ausgeatmete Luft von Menschen und Tieren an kalten Wintertagen deutete er ebenso als kleine Wassertröpfchen, die ausgeschieden worden seien, weil die kalte Luft nicht soviel Wasser enthalten könne wie der warme Atem.

4.1 Guericke's Versuch mit den Magdeburger Halbkugeln

Sehr viel bedeutsamer als alle diese Versuche über das Verhalten der Dinge im Vakuum waren seine Bemühungen, die Gewalt des Luftdrucks, die er ja erlebt hatte, in einem besonders eindrucksvollen Experiment vorzuführen.

Guericke hat in der Vorrede an den Leser an einer Stelle gesagt, dass er nicht die Absicht gehabt habe, etwas über seine Versuche zu veröffentlichen. Man darf ihm das glauben, ihm dann aber unterstellen, dass er seinen berühmten Versuch mit den Magdeburger Halbkugeln als eine Art, und zwar seine Art, von Veröffentlichung gemeint hat.

Er hatte geglaubt, damit alle Zweifler eindrucksvoll überzeugen zu können.

Es wurde aber schon darauf hingewiesen, dass rein wissenschaftliche Fragen damals eine weltanschaulich-ideologische Bedeutung erhalten hatten und es deshalb nicht einfach bloß um falsch oder wahr ging. Das hat Guericke erfahren müssen.

In seinem Buch führte er Einwände gegen das Leere an, die immer noch vorgebracht wurden, obwohl sie längst eindeutig widerlegt worden waren. Zum Teil stammten die Einwände noch aus der Zeit der alten Griechen und wurden wortwörtlich wiederholt, ohne Notiz von den Versuchen zu nehmen, durch die sie widerlegt waren. Diese Unbelehrbarkeit der Gegner hat ihm dann schließlich die Feder in die Hand gedrückt.

Als Guericke den Versuch mit den Magdeburger Halbkugeln unternahm, hatte er das Gewicht der Luftsäule ausgerechnet, das bei einem bestimmten Durchmesser auf den Kugelschalen lasten würde. Die Kugeln hatten einen Durchmesser von $3/4$ Ellen im ersten Versuch, von etwa einer Elle im zweiten. Sie bestanden je aus zwei Halbkugeln mit einem Flansch.

Ein mit Wachs und Terpentin getränkter Lederring wurde zwischen diese Flansche gelegt. Sonst enthielten die Halbkugeln noch je zwei starke Ösen, an die die Pferde angeschirrt werden konnten, und den durch einen Hahn absperrbaren Pumpstutzen.

Der Versuch ist 1657 in Magdeburg vorgeführt worden. Bei den kleineren Halbkugeln lasteten nach Guericke's Rechnung 2686 Pfund auf jeder Schale. Acht Pferde auf jeder Seite wurden angeschirrt, denen es aber nur manchmal gelang, die Halbkugeln auseinanderzureißen.

Das geschah immer mit einem Knall, als ob eine Kanone abgefeuert würde. Für die Kugel mit einer Elle Durchmesser hatte Guericke einen Druck von rund 5400 Pfund ausgerechnet, der etwa 34 Pferde für das Auseinanderreißen erfordert hätte.

Guericke nahm aber nur 24 Pferde, um zu vermeiden, dass dies geschehe, weil dabei immer etwas beschädigt würde. Statt dessen ließ er einen Mann den Hahn öffnen und mit einer kleinen Handpumpe Luft in die Kugeln hineindrücken, bis sie von allein auseinanderfielen. Guericke bemerkte dazu:



Abb. 6. Der berühmte Versuch mit den Magdeburger Halbkugeln

"Man kann also in der Tat behaupten, dass etwas, was 24 oder (bei größeren Kugeln) 100 und mehr Pferde nicht auseinanderzureißen vermögen, auf diese Art von einem einzigen Manne auseinander geblasen oder durch einen Luftstoß getrennt werden kann."

Dieser Versuch mit den Magdeburger Halbkugeln hat über Magdeburg hinaus in ganz Europa verständlicherweise größtes Aufsehen erregt, und zwar bei einem breiten Publikum, während die Versuche von Torricelli und Pascal doch nur einem relativ kleinen Kreis von Gelehrten bekannt geworden waren.

Insofern hatte dieser Versuch in der Tat eine viel breitere Wirkung als eine Veröffentlichung ausgeübt. Er hat viele Menschen dazu angeregt, sich selbst mit diesem so

interessanten Gebiet zu beschäftigen. Die scholastischen Gegner waren jedoch nicht zum Schweigen veranlasst worden.

Von noch größerer Bedeutung erwiesen sich dann aber die abgewandelten Versuche, die Guericke nach diesem Versuch durchführte.

Er verzichtete auf die Pferde und ließ sich bei seinem Hause einen stabilen Galgen bauen, an dem er Haken und Rollen anbringen ließ. Im ersten Versuch hängte er die evakuierten Kugeln an den Haken und an die Ösen der unteren Schale eine starke Platte. Auf diese ließ er solange Gewichte auflegen, bis die Kugelhälften auseinandergerissen wurden.

Er hatte damit eine exakte Kontrolle über seine Berechnung des Luftdrucks gewonnen. Sonst aber war dieser Versuch nur eine Wiederholung mit anderen Mitteln.

Schon der nächste Versuch weist eine interessante Abweichung auf.

Statt der beiden Halbkugeln hatte er sich jetzt einen großen Zylinder vom Durchmesser der Kugeln anfertigen lassen, in dem wie in einer Luftpumpe ein dicht schließender, beweglicher Kolben war. Diesen Zylinder ließ er fest am aufrechten Balken seines Galgens anbringen, so, dass der geschlossene Boden des Zylinders unten lag.

Vom Kolben ging eine starke Stange aus, an der ein entsprechend starkes Seil befestigt war, das über zwei am Galgen befindliche Rollen geführt wurde und an der Seite des Querbalkens wieder abwärts führte. An dieses abwärts führende Ende ließ er zwanzig oder dreißig dünnere Seile anknüpfen und jedes Seil einem kräftigen Mann in die Hand geben (Abb. 7).



Abb. 7. Versuch, mit dem Guericke die Gewalt des Luftdruckes demonstriert hat

Den Männern gab er den Auftrag, an ihrem Seil mit allen ihren Kräften zu ziehen. Dann ließ er über entsprechende Stützen ein großes, vorher evakuiertes Gefäß an den Zylinder anschließen, so dass es mit dem Raum unterhalb des Kolbens in Verbindung gebracht werden konnte. Dann ließ er den Hahn öffnen, wodurch dieser Raum zwischen Boden und Kolben plötzlich an das Vakuum im Gefäß angeschlossen wurde.

Es entstand eine Luftverdünnung und ein Druckunterschied zum Außendruck. Der Kol-

ben wurde mit großer Gewalt vom äußeren Luftdruck in den Zylinder hineingedrückt und riss dabei die die Seile haltenden Männer unwiderstehlich mit.

Das war der Effekt, den Guericke erreichen und demonstrieren wollte.

Erinnern wir an seine Bemerkung, dass die in ein leeres Gefäß einströmende Luft einen im Wege stehenden Mann wohl in das Gefäß hineinreißen würde. Das hatte er mit diesem Versuch beweisen wollen.

Interessant ist hier, dass der Luftdruck eine aktive Rolle zu spielen hat. Der nächste Versuch macht diese Linie noch deutlicher. Er war im Prinzip genauso aufgebaut wie der eben beschriebene, nur waren die Männer ersetzt durch die Gewichtsplatte des ersten Versuchs.

Auf dieser Platte befanden sich aber bereits Gewichte, und zwar etwas weniger, als zum Hochreißen des Kolbens notwendig gewesen wären. Dann ließ Guericke wieder plötzlich die Luftverdünnung eintreten und zeigte, dass jetzt die Platte mit den Gewichten gehoben wurde. Er überschrieb dieses Kapitel mit:

"Versuch, ein ungeheures Gewicht zu heben."

An den Rand schrieb er: "Wie ein 15jähriger Junge ein Riesengewicht heben kann." (Solche Bemerkungen am Rande des Schriftsatzes hat er im ganzen Buch angebracht. In ihnen drückt er in kurzer Form einen wesentlichen Punkt des nebenstehenden Textes aus.)

Guericke war sich der Richtung dieses Versuchs durchaus bewusst. In dieser Zeit war das, was Guericke aussprach, ein sehr aktuelles Problem. Man suchte damals nach einer Maschine oder nach einem Verfahren, um "ungeheure Gewichte heben zu können". Es gab bereits eine Anzahl von "Erfindungen" in dieser Richtung, die allerdings alle auf dem Papier blieben. Aber Guericke's Hinweis führte zu Konsequenzen.

Er selbst hat nichts weiter unternommen. Seine Anordnung war so ohne Wert. Aber der große holländische Naturforscher Christiaan Huygens fand einen Weg, das erforderliche Vakuum unter dem Kolben auf eine andere Weise zu erzeugen.

Er kannte Guericke's Werk und übernahm die beschriebene Anordnung. Aber im Boden des Zylinders ordnete er ein kleines Hütchen mit Pulver an. Oberhalb des Kolbens sah er im Zylinder ein Rückschlagventil vor.

Sein Gedanke war, das Pulver zu zünden, den Pulverdampf durch das Rückschlagventil austreten zu lassen, so dass anschließend im Zylinder entsprechend dem Sog ein Unterdruck entstehen musste.

Dieser Unterdruck sollte dazu benutzt werden, den Kolben vom Luftdruck in den Zylinder hineintreiben zu lassen, wobei er dabei den Kolben einer angeschlossenen Saugpumpe hochziehen sollte.

Denn eine Pumpe zu betätigen, Wasser zu heben, das war das aktuelle Problem, diese Aufgabe stellten sich fast alle Erfinder einer Maschine zum Heben einer großen Last. Huygens' Maschine ist nicht verwendet worden.

Die alten Verfahren waren sicherer und ökonomischer. Aber Huygens' Assistent Denis Papin (1647-1714), der Erfinder des nach ihm benannten Drucktopfes, verbesserte die

Methode, ein Vakuum zu erzeugen, ganz wesentlich.

Statt des Pulvers sah er im Kolbenboden eine dünne Schicht Wasser vor. Das Wasser sollte über einem Feuer zum Verdampfen gebracht werden, der hochgetriebene Kolben in seiner oberen Stellung durch eine Klinke festgehalten und dann wie bei Huygens an das Gestänge einer Saugpumpe angeschlossen werden.

Nun sollte der Zylinder durch Wasser abgekühlt werden, so dass der Dampf wieder zu Wasser kondensierte und dadurch ein Unterdruck im Zylinder entstand. Wurde jetzt die Klinke herausgeschlagen, war der Kolben frei und konnte vom Luftdruck niedergedrückt werden und das Pumpengestänge betätigen.

Dann wurde der Zylinder abgehängt und ein anderer, inzwischen erhitzter Zylinder an seiner Stelle an das Gestänge angehängt und ein weiterer Pumpenhub ausgelöst. So sollte das Spiel fortgesetzt werden.

Man erkennt daran, welche Umständlichkeiten man bereit war, in Kauf zu nehmen, um eine solche Maschine zur Betätigung einer Pumpe zu erhalten. Auch diese Maschine hat sich nicht durchgesetzt.

Das gelang erst der atmosphärischen Dampfmaschine des englischen Grobschmiedes Thomas Newcomen (1663-1729). Newcomen ging von Papin aus.

Er verwendete aber nur einen, und zwar fest montierten Zylinder. Den erforderlichen Dampf erzeugte er in einem gesonderten Kessel und leitete ihn über eine absperrbare Leitung in den Zylinder.

Wenn dort der Kolben die obere Stellung eingenommen hatte, also der Zylinder sich mit Dampf gefüllt hatte, kühlte er ihn, wie Papin den seinen mit Wasser, wobei er sogar noch Wasser in den Zylinder hineinspritzen ließ.

Der Kolben war über ein Gestänge mit einem kräftigen Balancier verbunden, an dessen anderem Balken das Pumpengestänge hing. Wurde also der Kolben im Zylinder durch den Luftdruck niedergedrückt, hob er mittels des Balanciers den Pumpenkolben hoch. Dann wurde die Verbindung zum Dampfkessel wieder geöffnet, neuer Dampf strömte in den Kessel, und ein neuer Pumpenhub wurde betätigt.

Diese 1712 erbaute atmosphärische Dampfmaschine ist in den englischen Kohlebergwerken zur Wasserhaltung eingesetzt worden, und zwar mit Erfolg. Sie war trotz ihres außerordentlich niedrigen Wirkungsgrades - er lag bei 0,4% - wirtschaftlicher als der Pumpenbetrieb mit Pferdegöpel, der mit dem Tieferwerden der Gruben die Rentabilität ernsthaft zu gefährden begann.

Die Maschine war allerdings nur in Kohlengruben anwendbar, weil dort Kohle direkt zur Hand war. Es sind aber in den folgenden 60 Jahren etwa 100 solcher Maschinen eingesetzt worden.

Vor allem aber hat James Watt (1736-1819) anhand der Reparatur eines Modells einer solchen Maschine - er war Universitätsmechaniker - seine echte Dampfmaschine erfunden, indem er die Kondensation des Dampfes aus dem Arbeitszylinder herausnahm und in einen besonderen, stets kühl gehaltenen Zylinder, den Kondensator, verlegte und den Dampf die Arbeit leisten ließ statt des Luftdrucks.

Auch er ist nur schrittweise zu dieser Lösung gekommen.

Über die Bedeutung der Dampfmaschine für die weitere Entwicklung der Technik und der Produktion braucht nichts gesagt zu werden. Die ersten Schritte zu dieser wichtigen Maschine stammen aber von Otto von Guericke. Er hat die Idee geliefert, den Luftdruck zur Leistung von Arbeit auszunutzen. Er hat auch die Methode angegeben, wie das zu bewerkstelligen sei.

Und obwohl die Maschine dazu, der einseitig geschlossene Zylinder mit dicht schließendem beweglichem Kolben bereits im Altertum erfunden worden war - wir finden eine solche Pumpe bereits bei Ktesibios -, so hat Guericke dennoch das Verdienst, diese Maschine für den neuen Zweck, nämlich mechanische Arbeit aus Druckdifferenzen von Luft zu gewinnen, vorgeschlagen zu haben.

Diese Verdienste werden noch deutlicher, wenn man beachtet, dass es eine Parallelentwicklung zur Dampfmaschine gegeben hat. Sie ging aus von dem Gedanken, den Dampf direkt auf das zu fördernde Wasser wirken zu lassen.

Papin hat in einem zweiten Versuch diesen Gedanken durch Verwendung eines auf dem Wasser schwimmenden Kolbens zu verwirklichen versucht. Vorgesehen hatte er auch einen Windkessel zum Ausgleich der stoßartigen Zufuhr von Wasser, das übrigens nach der Förderung auf ein höheres Niveau ein Wasserrad betätigen sollte.

Den Abschluss dieser Entwicklung bildete die Maschine von Thomas Savery (um 1650-1715), die er etwas voreilig "des Bergmanns Freund" genannt hatte. Sie ist ausgeführt worden, bewährte sich aber nicht, da sie, um überhaupt wirksam zu werden, mit einem erheblichen Überdruck hätte arbeiten müssen. Solchen Drücken war die Technik nicht gewachsen.

So hatte Savery z. B. Bleiröhren vorgesehen, die natürlich nach kurzem Betrieb platzten.

Man kann daran erkennen, dass es schon Bedeutung hatte, dass in der von Guericke ausgehenden Linie kein Überdruck erforderlich war und in Zylinder und beweglichem Kolben Maschinenelemente verwendet wurden, die seit langem bekannt waren und deren Herstellung gut beherrscht wurde.

Zwar stellte die atmosphärische Maschine von Newcomen einen Umweg dar, der aber über kurz oder lang zur echten Dampfmaschine führen musste, vorausgesetzt, dass diese Maschine in der Praxis eingesetzt wurde. Denn erst die Praxis gibt die Möglichkeit, Erfahrungen mit ihr zu sammeln und sie aufgrund der Erfahrungen zu verbessern.

Das hat, wie schon berichtet, Watt getan. Man darf als sicher annehmen, dass auch die Saverysche Maschine zur echten Dampfmaschine weiterentwickelt worden wäre, wenn sie sich in der Praxis bewährt hätte. Papin war schon auf diesem Wege, konnte aber aus Mangel an eigenen Mitteln seine Ideen nicht verwirklichen.

In dem mit "Eigene Experimente" überschriebenen dritten Buch seines Werkes hat Guericke noch über einige weitere von ihm durchgeführte Versuche berichtet. Sie befriedigten zum Teil nur eine gewisse Liebhaberei für Kuriositäten, die für jene Zeit charakteristisch war.

Es würde hier zu weit führen, über alle diese Versuche zu berichten. Er hat in diesem dritten Buch auch einige Gedanken über die grundlegenden Probleme eingeflochten.

Darauf werden wir ohnehin noch zu sprechen kommen. Aber ergänzen müssen wir hier schon, dass er gleich im ersten Kapitel dieses Buches seine Erkenntnisse über die Luft zusammengefasst hat. Er schreibt selbst zur Begründung:

"Zum besseren Verständnis unserer Versuche schicken wir einige neue und gesicherte Tatsachen über die Luft voraus, die erst nur dargelegt, in den folgenden Kapiteln aber bewiesen werden sollen.

Wir haben schon darauf hingewiesen, dass man damals über die Luft bzw. den gasförmigen Zustand weniger wusste als über den festen und den flüssigen. Guericke's Aufzählung der Eigenschaften der Luft stellte daher einen ersten Schritt in dieser Hinsicht und gleichzeitig ein Programm zur weiteren Erforschung der Luft dar.

In der Folgezeit wurde auch die Luft in den aufgeführten Richtungen näher untersucht."

Guericke hat 18 Punkte genannt, die damals von Interesse schienen. Wir wollen davon 9 anführen, um eine Vorstellung vom damaligen Stand der Erkenntnis der Eigenschaften der Luft zu geben:

1. Die Luft ist kein Element (im damaligen Sinne von Element),
2. sie ist körperlicher Natur,
3. sie besitzt Schwere (also könne sie keine positive Leichtigkeit besitzen, die Guericke überhaupt bestritt),
4. sie übt auf alles hier auf der Erde (auch auf sich selbst) einen Druck aus, der dem einer Wassersäule von etwa 20 Magdeburger Ellen gleichkommt,
5. sie ist kompressibel,
6. sie vermag sich auszudehnen und füllt deshalb hier alle von keinem anderen Körper eingenommenen Räume aus,
7. sie wird durch Wärme ausgedehnt, durch Kälte verdichtet,
8. sie ist für alle Lebewesen existenznotwendig,
9. sie ist irdischen Ursprungs (ein körperlicher Ausfluss oder eine virtus corporea der Erde, der Gewässer, aller Dinge), kann aber, einmal ausgeströmt, nicht wieder zu Wasser verdichtet werden.

Alle diese und die weiteren 9 Punkte hat er in einem oder mehreren Versuchen belegt und bewiesen. Aber in keinem Falle hat er versucht, seine Feststellung in die Form eines Gesetzes zu kleiden, etwa im Sinne des Boyle-Mariotteschen Gesetzes über den Zusammenhang von Druck und Volumen. Diese Eigentümlichkeit unterscheidet ihn von den meisten der anderen großen Naturforscher dieser Zeit.

4.2 Guericke zum Problem von Schwere und Kraft

Guericke hat außer den hier dargestellten, direkt oder indirekt die Probleme des Vakuums betreffenden Experimenten auch noch Versuche über andere Probleme durchgeführt. Sie sind im vierten Buch seines Werkes beschrieben. Bevor wir sie aber behandeln können, müssen wir erst die theoretischen Argumente kennenlernen, die Guericke vor-

gebracht hat.

Sie stellen die andere Seite seiner Beweisführung dar. Denn so hoch Guericke auch das Experiment bewertet hat, allein genügte es ihm nicht. Wir müssen uns also jetzt diesen theoretischen Argumenten zuwenden.

Guericke war von der Überzeugung ausgegangen, dass das unvorstellbar riesige Weltall unmöglich von irgendeinem Stoff erfüllt sein könne, dass es vielmehr zwischen den Himmelskörpern leer sei.

Andererseits bildeten aber die Sonne und ihre Planeten ein System und bewegten sich die Planeten so auf ihren Bahnen, als ob sie von irgend etwas auf diesen Bahnen gehalten würden. In allen geozentrischen Weltsystemen war auch etwas darüber gesagt worden, wie die Himmelskörper auf ihren Bahnen gehalten würden.

Das geschah im alten ptolemäischen System durch jene berühmten Himmelsphären, an denen die Planeten und die Sonne befestigt seien.

Im Kompromissystem von Tycho Brahe, welches damals dem ptolemäischen System schon den Rang abgelaufen hatte, sollte die Sonne die Planeten - aber nicht die Erde mit ihrem Mond - mittels eines feinen, flüchtigen, ätherischen Mediums um sich und um die Erde führen.

Bei Descartes sollten die Ätherwirbel etwas Ähnliches leisten. Wenn Guericke auf seiner These, dass das Weltall leer sei, bestehen wollte, musste er angeben, wie denn die Himmelskörper über die Leere hinweg bewegt und auf ihrer Bahn gehalten werden.

Guericke hat diese Frage zweifach beantwortet, einmal positiv, indem er eine entsprechende These oder Theorie entwickelte und vortrug, und einmal negativ, indem er alle bestehenden Weltallmodelle einer Kritik unterzog und die Frage stellte, ob denn der in den einzelnen Systemen vorgesehene Mechanismus überhaupt möglich sei oder das leisten könne, was man von ihm behauptete.

Dabei zeigte es sich, dass nur das copernicanische System dieser Kritik standhalten konnte und nur dieses Weltsystem mit seiner eigenen These vom leeren Weltraum zu vereinbaren war. Daraus ergab sich für Guericke das größte Interesse daran, die Wahrheit des copernicanischen Systems überzeugend zu beweisen.

Dabei wurde unversehens dieses Weltsystem zu einem gewichtigen Argument für seine These. Und nun wird auch verständlich, dass sein Werk mit dem Titel "Neue sogenannte Magdeburgische Experimente über den leeren Raum" sich vorwiegend, nämlich in vier von insgesamt sieben Büchern, mit der Diskussion über die damals nebeneinander vertretenen Weltsysteme befasst.

Guericke hat für das copernicanische und gegen die anderen Systeme neue, vor ihm nicht vorgebrachte Argumente gefunden, die überzeugend waren. Am meisten beeindruckt, dass er eine Reihe voneinander unabhängiger Belege oder Beweise gefunden hat, die alle in seiner These und im copernicanischen System konvergierten.

Beginnen wir mit der positiven Antwort auf jene Frage. Hier befand sich Guericke in einer ganz ähnlichen Lage wie Mayow, dass er gegen tief eingewurzelte Vorstellungen vorgehen musste, die mit der Frage selbst direkt gar nicht zusammenhingen. Es war

nämlich damals bei den neueren und den scholastischen Naturforschern unbestrittene Wahrheit, dass mechanische Wirkungen nur auf mechanischem Wege zustande kommen könnten.

Es galt der Satz, dass andere Körper nur bewegen könne, was selbst bewegt sei. Die Übertragung von Bewegung konnte man sich nur durch unmittelbare Einwirkung mittels Druck oder Stoß denken, sonst nur noch durch ein die Bewegung übertragendes Medium.

Diese Vorstellungen waren, wie oben angedeutet, in allen Weltsystemen berücksichtigt worden durch die Annahme von "Himmelsphären" oder himmlischen Medien. Im copernicanischen System war die Frage offen gelassen, woher die Bewegung komme und wie sie übertragen werde.

Guericke suchte diese Lücke auszufüllen durch die Annahme von unkörperlichen Ausflüssen oder *virtutes incorporeae*, die von den Himmelskörpern ausströmten und auf die anderen Himmelskörper einwirkten, wohlgemerkt, mechanisch einwirken sollten. Er unterstellte also eine unkörperliche oder unstoffliche Parallele zu den körperlichen oder stofflichen Ausflüssen, die in Form von Luft oder eines Duftes von den Körpern, vor allem von den Himmelskörpern, ausgehen sollten.

Zu diesen unkörperlichen Ausflüssen zählte er z. B. auch das Licht, das von der Sonne und den Fixsternen ausgestrahlt werde. Er hat in seinem vierten, mit "Weltkräften" überschriebenen Buch eine ganze Anzahl solcher *virtutes* aufgezählt, darunter auch eine vom Mond ausgehende *virtus gelufaciens*, also eine Kälte hervorrufende Kraft, "wie aus verschiedenen Gründen glaubhaft sei".

Der Sonne und anderen Fixsternen unterstellte er natürlich eine *virtus calefaciens*, also eine "Wärme erzeugende Kraft". Aber viel aufschlussreicher sind seine gewissermaßen rein physikalischen *virtutes*, nämlich seine *virtus impulsiva* (antreibende), *conservativa* (erhaltende), *expulsiva* (forttreibende), *directiva* (richtende) und *vertens* (drehende). Zusammen mit den erstgenannten ergibt das ein recht buntes und heterogenes Gemisch. Gemeinsam sollte allen diesen *virtutes* ihre Unkörperlichkeit sein, und mit den körperlichen sollten sie gemein haben, Ausflüsse der Körper zu sein, die in der Lage seien, "agere in distans", das heißt, in der Ferne wirken zu können.

Es ist vor allem diese Unterstellung einer Fernwirkung, ohne ein vermittelndes Medium wohlgemerkt, die auf Unglauben und Widerspruch stieß.

Den zuletzt aufgezählten, gewissermaßen rein physikalischen *virtutes* lagen in der Tat physikalische Kategorien zugrunde. Es sind keine bloßen Gedankengebilde, sondern in der Wirklichkeit beobachtete Erscheinungen.

Nur kommen sie bei Guericke etwas unklar zum Ausdruck. Sie sind auch vermischt mit Vorstellungen aus der menschlichen Lebenssphäre. Aus der näheren Beschreibung geht z. B. recht klar hervor, dass man Guericke's *virtus conservativa* ohne großen Fehler mit Anziehungskraft übersetzen könnte.

Aber Guericke bemerkt in dieser Hinsicht an einer Stelle ganz deutlich, dass eben nicht von einer einfachen *attractio*, also einer Anziehung gesprochen werden könnte, vielmehr von einer "erhaltenden Kraft", also von der Fähigkeit der Himmelskörper, alles bei sich

halten zu können, was sie zu ihrer Existenz brauchten.

Es war dann nur logisch, ihnen auch die Fähigkeit zuzuschreiben, alles abstoßen zu können, was ihnen abträglich sei. Den Auswurf von Felsbrocken bei einem Vulkanausbruch führte er als ein Beispiel für diese Fähigkeit an.

In seiner *virtus impulsiva* ist, wie aus den angeführten Beispielen herausgelesen werden kann, sowohl der Impuls als auch die Trägheit enthalten, ohne dass eine klare Unterscheidung gegeben würde. Die Richtkraft (*virtus direktiva*) wird von Guericke am Beispiel der Magnete und der Erhaltung der Richtung der Erdachse im Raum erläutert, die sie immer beibehielt trotz ihres Umlaufs um die Sonne.

Und durch die drehende Kraft sollten Körper in Umlauf oder Drehung versetzt werden können. Wenn alles das so unklar zum Ausdruck kam, so lag das nicht an Guericke allein.

Diese Kategorien waren vielmehr allgemein noch recht unklar. Zwar hatte Galilei den Begriff "Trägheit" bereits herausgearbeitet, Huygens hatte mit seinen berühmten Untersuchungen über den Stoß den Begriff "Impuls" klargestellt, aber eine endgültige Klärung aller grundlegenden Begriffe und Gesetze hat erst Isaac Newton (1643-1727) mit seinem 1687 erschienenen Werk "Mathematische Prinzipien der Naturphilosophie" geschaffen, also lange nach Erscheinen des Werkes von Guericke.

Dieses Werk von Newton ist zur Grundlage der anschließend sich entwickelnden sogenannten klassischen Physik geworden. Vor dem Erscheinen dieses Werkes ist zwar schon einiges geklärt gewesen, insgesamt herrschte aber doch noch viel Unklarheit, so, wie sie bei Guericke zum Ausdruck kommt.

Das hat aber Guericke nicht gehindert, zu sehr klaren und sogar recht zutreffenden Schlüssen zu kommen. Er war sich durchaus im klaren darüber, dass er mit der ihm vorschwebenden Theorie, dass die Sonne mittels ihrer *virtus conservativa* die Planeten einschließlich der Erde bei sich hielt und die Erde durch ihre *virtus conservativa* den Mond, die beide jeweils über den leeren Raum hinweg "in distans" wirken sollten, bei den Zeitgenossen auf Unverständnis und Ablehnung stoßen würde.

Deshalb war er bemüht, möglichst alles anzuführen, was seine Theorie stützen könnte. Durch die Aufzählung einer so großen Zahl von verschiedenen *virtutes* und die Herausarbeitung von Gemeinsamkeiten, die für alle gelten sollten, wollte er diese *virtutes mundanae* (Weltkräfte) zu einer allgemeinen Erscheinung machen, so dass die *virtus conservativa* nur ein Spezialfall dieser allgemeinen Erscheinung wurde.

Und die konkretere Untersuchung einer dieser Weltkräfte, nämlich der Luft als der *virtus corporea* der Erde, erlaubte es ihm, dabei gewonnene Erkenntnisse und dort bewiesene Erscheinungen auf die "erhaltende Kraft" zu übertragen.

So hatte er, wie oben berichtet, nachgewiesen, dass die Luft sich nicht sehr weit in den Raum hinein erstrecken könne, sondern nur bis zu einem gewissen Bereich. Das übertrug er auf seine *virtus conservativa* und die anderen *virtutes*.

Er schrieb auch ihnen einen jeweils bestimmten Bereich zu, bis zu dem sie sich in den Raum hinaus erstreckten. Er nannte den Bereich die *sphaera activitatis*, also die

Wirkungssphäre oder -kugel. Wir könnten das, was Guericke unter diesem Begriff beschreibt, als das "Feld" der betreffenden virtus bezeichnen, wenn es nicht etwas mit unterstellen würde, was weder bei Guericke noch bei einem seiner Zeitgenossen Vorhanden war.

Der Begriff "Feld" war noch völlig unbekannt, er ist erst fast 200 Jahre später von Michael Faraday (1791-1867) für das elektrische Feld geprägt worden. Aber der Sache nach beschreibt Guericke wesentliche Seiten eines Feldes.

So nahm er an, dass die Wirkung der virtus conservativa - aber genauso auch der anderen virtutes - mit der Entfernung von dem Himmelskörper, von dem sie ausgehe, abnähme. So erklärte er, dass der Mond bei der Erde bliebe, obwohl doch die Kraft der Sonne größer sei. Da sie aber so viel weiter entfernt sei, könne die an sich kleinere Kraft der Erde am Ort des Mondes größer sein als die der Sonne.

Diese seine Vorstellungen suchte Guericke nun auch experimentell zu beweisen. Aus diesem Grunde hat er die Versuche mit der geriebenen Schwefelkugel unternommen. Er kannte das 1600 erschienene Werk des englischen Arztes William Gilbert (1540 bis 1603) "Über den Magneten", in dem dieser die beim geriebenen Bernstein zu beobachtende Anziehung kleiner Schnipsel zum ersten Mal deutlich unterschieden hat von der sehr ähnlichen Anziehung des Magnetsteins, die nur für Eisen galt.

Nach dem griechischen Namen "elektron" für Bernstein nannte er diese Erscheinungen "elektrische" Erscheinungen. Es sind nach ihm weitere Untersuchungen an dieser neuen Erscheinung durchgeführt und Theorien darüber entwickelt worden. Man hatte dabei festgestellt, dass auch noch andere Stoffe dieselbe Anziehungsfähigkeit erwerben, wenn sie gerieben werden. So auch der Schwefel.

Guericke erschien die Elektrizität als ideales Modell einer unkörperlichen, in der Ferne wirkenden Kraft. Die Schwefelkugel, die er sich für seine Versuche machen ließ, sollte wie der kugelförmige Magnetstein Gilberts eine "terrella", ein "Erdchen", sein, also ein Modell der Erde.

An diesem Modell wollte Guericke die einzelnen unkörperlichen Kräfte der Erde demonstrieren. Er kommt zu erstaunlichen Übereinstimmungen oder Ähnlichkeiten, die er anführt.

Die Impulskraft und die wärmende Kraft lässt er dabei aus, weil sie, wie jeder wisse, in jedem Körper hervorgerufen werden könne.

Aber sehr eindrucksvoll kommt die Erhaltungskraft zum Vorschein, indem die geriebene Kugel in der Tat alles an sich reißt und bei sich behält, was ihr nahe genug liegt und hinreichend leicht ist.

Hierbei weist er darauf hin, dass die Kugel das, was sie so an sich zieht, doch der Erde entreißen müsste. Das könne sie, weil sie trotz ihrer geringeren Kraft näher sei.

Er findet auch die abstoßende Kraft an der Schwefelkugel bestätigt, denn er beobachtet, dass die kleine Flaumfeder abgestoßen wird, nachdem sie von der Kugel angezogen war und einige Zeit an ihr gehaftet hatte. Diese Abstoßung war bis dahin noch nicht beobachtet worden.

Neu war auch, dass die abgestoßene Flaumfeder sich in einem bestimmten Abstand von der Kugel hielt und, wenn vorhanden, auf Spitzen zuflog. Guericke beobachtete ferner, dass die Flaumfeder erst dann, wenn sie mit einem anderen Körper in Berührung gekommen war, von der Schwefelkugel wieder angezogen werde. Das alles waren erstmals beobachtete Erscheinungen.

Guericke stellte auch zum ersten Mal fest, dass die Schwefelkugel im Dunkeln wie "gestoßener Zucker" leuchtet, wenn man sie rieb, was er als Beweis dafür ansah, dass ihr auch die leuchtende Kraft innewohne. Er hat weiterhin ein Knistern gehört, wenn er die Kugel in seiner Hand hielt und diese schön trocken war.

Leibniz hat aufgrund der Mitteilungen von Guericke als erster den elektrischen Funken bei Versuchen mit einer ähnlichen Kugel beobachtet. Für Guericke war das Knistern eine Äußerung der tönenden Kraft der Schwefelkugel.

Abgesehen davon, dass er überhaupt ein sehr guter und aufmerksamer Beobachter war, sind seine jetzt angeführten Entdeckungen auch dadurch zustande gekommen, dass er gemäß seiner allgemeinen Annahmen über die virtutes diese Erscheinungen gewissermaßen erwartet und deshalb noch sorgfältiger als ohne diese Vermutungen auf diese Erscheinungen geachtet hat.

Es war dies auch ein Zusammenspiel von Theorie und Praxis, in diesen Fällen diene die Theorie als Leuchtfeuer in Unbekanntes hinein. Das aber ist nur möglich, wenn die Theorie im wesentlichen richtig ist.

Und so unklar die Vorstellungen Guericques über die sogenannten Weltkräfte auch noch waren, sie enthielten einen wahren Kern und etwas, was über die allgemein vorherrschenden Vorstellungen in einer sehr wesentlichen Richtung hinausging, nämlich in der Annahme von mechanischen Wirkungen durch unkörperliche Kräfte, die ohne Medium über den leeren Raum hinweg zu wirken vermöchten.

Gemäß seiner allgemein angewendeten Methode hat sich Guericke mit der Darlegung seiner Weltkräfte-Theorie nicht begnügt, sondern nach weiteren Beweisen für seine Auffassung vom leeren Weltraum gesucht.

Zu diesem Zweck hat er die anderen Weltsysteme daraufhin unter die Lupe genommen, ob sie sich mit seiner Annahme vereinbaren ließen. Dabei brachte er einen Gesichtspunkt in die Diskussion hinein, der bisher nicht beachtet worden war, aber den wesentlichen Unterschied zwischen allen geozentrischen Weltsystemen auf der einen und dem heliozentrischen copernicanischen System auf der anderen betraf.

Alle geozentrischen Systeme waren nämlich rein mathematische Näherungen, denen keine physikalische Realität entsprach. Die Epizyklen, Deferenten, Exzenter und Weltmittelpunkte gab es in Wahrheit gar nicht. Aber die im heliozentrischen Weltsystem vorkommenden Größen gab es in der Wirklichkeit. (Wenn Copernicus in seinem System noch an den Kreisbahnen festgehalten hatte, so war das durch den Stand der Erkenntnis und der astronomischen Messtechnik bedingt. Die Epizyklen, die er deshalb noch verwendet hatte, gab es natürlich auch nicht. Aber diesen Mangel hatte Kepler mit seinen Ellipsenbahnen inzwischen schon beseitigt.)

Indem Guericke die einfache Frage aufwarf, wie man sich denn in den einzelnen Systemen das Zustandekommen und die Aufrechterhaltung der Bewegungen vorstellen und erklären solle, traf er indirekt den wundesten Punkt aller geozentrischen Systeme.

Beim alten ptolemäischen System fragte er, wie denn der Planet Mars es fertigbrächte, einmal der Erde näher zu stehen als die Sonne, um dann aber in seiner Konjunktion weit hinter der Sonnenbahn umzulaufen. Dann müsse er doch die Sphäre der Sonne durchstoßen können.

Aber das sei doch unmöglich, diese Sphären seien doch absolut fest und also undurchdringlich. In diesem System sollte die tägliche Bewegung aller Gestirne von einem ersten Beweger hervorgerufen werden, der die äußerste, noch außerhalb der Fixsternsphäre befindliche Sphäre bildete. Um die gegenläufige Bewegung der Planeten zu erklären, die in unterschiedlichem Umfang von der täglichen Bewegung abwichen, ihr vorauseilten (innere Planeten) oder hinter ihr zurückblieben (äußere Planeten), hatte man einen zweiten Beweger angenommen innerhalb des ersten.

Guericke fragte nun, wie denn ein und derselbe Übertragungsmechanismus, das sollten die Sphären sein, die die Planeten trugen und zwiebelschalenartig ineinander geschachtelt waren, die beiden gegenläufigen Bewegungen gleichzeitig übertragen könnte. Wenn diese Frage so gestellt wurde, war sie auch bereits beantwortet, und zwar negativ.

Er ging noch weiter und fragte, wie man erklären könne, dass die dem zweiten Beweger nächsten Planeten langsamer umliefen als die ihm entferntesten inneren Planeten und wie, dass der am weitesten entfernte Himmelskörper, nämlich die Erde, unbeweglich ruhen sollte.

Sinngemäß ähnliche Fragen stellte er zum System von Tycho Brahe, das, wie schon gesagt, weiteste Anerkennung gefunden hatte. In diesem System sollte die Sonne alle übrigen Planeten mittels eines dünnen und feinen Mediums um sich herumführen, selbst aber zusammen mit dem ganzen Planetensystem die Erde umlaufen.

Guericke fragt, wie die Sonne mit diesem Medium wohl die Planeten bewegen könne, aber die Erde, die doch inmitten dieses Stroms sich befände, unbeweglich lassen könne. Er fragte weiter, wie denn dieses riesige System innerhalb von 24 Stunden die Erde umkreisen und dabei gleichzeitig noch dieses Medium durchlaufen könne, so dünn und fein es auch sein möge.

Nachdem er die geozentrischen Systeme auf diese Weise ad absurdum geführt hat, weist er umgekehrt darauf hin, dass dann, wenn man sich wie im copernicanischen System alle Planetenbewegungen von innen her, also von der Sonne hervorgerufen denkt, eine Übereinstimmung mit den Gesetzen der Mechanik erreicht würde.

Zum Beweis dessen führt er wieder spezielle Versuche durch. Und zwar lässt er sich eine größere Kugelschale machen, die mittels eines Getriebes in ziemlich schnelle Umdrehung versetzt werden konnte. In die Schale legt er einige unterschiedlich schwere und große Kugeln. Er berichtet, dass sich die Kugeln bei ihren Umläufen in der Schale je nach ihrer Schwere angeordnet hätten, die schwersten seien am höchsten gestiegen und hätten sich am weitesten vom Mittelpunkt entfernt.

An diesem einfachen Modell stellt Guericke aber folgende Ähnlichkeiten mit dem Son-

nensystem fest:

Nehmen wir z.B. an; das Copernicanische Weltsystem sei wahr und die Sonne stehe inmitten der Welt und führe mit ihrer drehenden Kraft ... innerhalb ihres Wirkungskreises die Planeten im Kreise herum. Dann müssen die Planeten infolge der virtus impulsiva (die sie durch diesen Wirbel erlangen) in dem unermesslichen und völlig stoffleeren Raum bis zu äußersten Abständen und Entfernungen vom Bewegungsmittelpunkt getrieben werden ...

Die kleineren Planeten werden also nicht so weit getrieben und entrückt wie die großen und demzufolge auf einer weniger großen Bahn um den Mittelpunkt des Wirbels herumgeführt, weil sie nicht fähig sind, eben so viel der virtus impulsiva aufzunehmen wie die größeren.

Diese beschreiben eine längere Bahn und laufen langsamer, die kleineren vollführen hingegen ihre Umläufe in kürzerer Zeit.

Ferner werden, wenn die virtus impulsiva andauert, innerhalb eines solchen Wirkungsfeldes die Körper zwangsläufig je nach ihrer Masse vom Bewegungsmittelpunkt, d.h. von der Sonne fort, bis auf einen bestimmten und ihnen entsprechenden Abstand entfernt. Folglich müssen die Planeten, wo immer auch sie sich innerhalb der Wirkungssphäre befinden, stets den Ort größten Abstandes, d.h. den Äquator, aufsuchen.

Und wenn sie auch infolge der ihnen eingepprägten virtus etwas nach oben oder nach unten abweichen und sich gegen die Achse oder gegen den Wendekreis hin bewegen, so kehren sie doch immer wieder zu ihrer früheren und weiteren Bahn, d.h. zum Äquator, zurück,

Fügen wir noch hinzu, dass sich die Planeten nicht nur nahezu in der Äquatorebene, sondern auch alle im selben Sinne bewegen, dann hatte Guericke in seinem einfachen Modell alle diese Eigentümlichkeiten des Sonnensystems beobachten können.

Er hat zwar unter dem Einfluss seiner Theorie Gesetzmäßigkeiten in der Reihenfolge der Planeten gemäß ihrer Masse angenommen und in seinem Rotationsmodell auch in etwa bestätigt gefunden, was beides in dieser Form nicht zutrifft.

Aber mit einer solchen Kritik ginge man am Kernpunkt der Sache vorbei: Guericke hat das Sonnensystem als ein Rotationssystem gedeutet, das sich im Prinzip genauso verhält wie ein entsprechendes irdisches Modell. Das war der Kernpunkt, denn ein entsprechendes Modell wäre für irgendeines der anderen Weltsysteme einfach unmöglich gewesen.

Er hat noch ein anderes Rotationsmodell untersucht: ein mit Wasser gefülltes Gefäß, in dem verschieden große Hohlkugeln schwammen, die durch eingefüllte Schrotkugeln so austariert waren, dass sie im Wasser schwebten, also gleiches spezifisches Gewicht hatten.

Sie sollten nämlich für den Versuch "schwerelos" sein. Er beobachtete an diesem Modell das gleiche wie beim anderen, z. B. auch die Anordnung nach der Größe und das Schwanken um die Äquatorebene. Er zog jedoch aus diesem Versuch den wichtigen Schluss, dass die umlaufenden Kugeln keine Stütze brauchten, um in ihrer Bahnebene zu bleiben. Und ebenso brauchten auch die Planeten keine mechanischen Stützen, son-

dern könnten sich frei im Raum bewegen, ohne zu fallen.

Hier war der andere Ansatzpunkt für Guericke, sich mit dem Problem der Schwere zu befassen, die Notwendigkeit, der "leichten" Luft Schwere zuzuschreiben, war der andere gewesen, den wir schon behandelt haben. Er behandelt die Schwere ausführlich bei der Darlegung der *virtus conservativa* oder erhaltenden Kraft. Er beginnt mit der Definition dieser Kraft:

"Die *virtus conservativa* ist eine unkörperliche Kraft der Erde, durch die alle irdischen Dinge zu einem einheitlichen Ganzen verschmelzen, Daher kann sie nicht im eigentlichen Sinne Anziehung genannt werden, sondern Annäherung, Verbindung, Verschmelzung und auch Erhaltung ihrer selbst ...

Kraft dieser Wirkungsfähigkeit erhält sich die Erde mit allem, was zu ihr gehört, unverseht im Äther, sodass sie nichts hinter sich zurücklässt ...

Auch die *virtus conservativa* hat ihre Wirkungssphäre, die sich bis zu bestimmten Entfernungen erstreckt, ... Wegen dieser Kraft erscheinen uns alle Körper in dieser Luftsphäre als schwer, was aber nur von dieser Kraft herrührt. In dieser Welt ist nämlich nichts an sich schwer oder leicht; was aber infolge der *virtus conservativa* von der Erde festgehalten wird, bereitet jemandem, der es von ihr loslösen, abheben oder trennen will, eine Schwierigkeit, die wir gewöhnlich Gewicht oder Schwere nennen und im Körper selbst annehmen, während sie doch einer der Erde innewohnenden Fähigkeit entspringt.

Wäre die Erde nicht da, so würden alle diese Körper in Ruhe verharren oder frei schweben.

Er hat an einer anderen Stelle das Problem noch einmal berührt und dort vorausgesagt, dass im Weltall, fern von den Sternen, die Körper, auch die Himmelskörper, frei schwebten oder sich bewegten, ohne irgendwelche Schwere zu haben. Das gelte auch für das ganze Sonnensystem und in ihm für die Planeten. Deshalb brauchten sie keine Stützen.

Guericke wendet sich ganz bewusst gegen die allgemein vorherrschende These, dass den Körpern selbst ein Streben zu irgendeinem Punkt hin innewohne. Seine Argumentation ist durch diese Gegenmeinungen geformt. Wir machen uns allerdings heute keine rechte Vorstellung davon, was damals alles an Thesen vorgetragen wurde.

So hatte jemand "ausgerechnet", wieviel Zeit ein Stein brauchte, um vom "äußersten Rande" der Welt auf die Erde zu fallen. Guericke wendet sich in diesem Falle vor allem dagegen, der Anziehung der Erde bis in beliebige Entfernungen denselben Wert beizumessen. Er hat in allen Dingen immer wieder darauf hingewiesen, dass alle Einzeldinge, auch Himmelskörper, auch deren Wirkungssphären, endlich seien. Die Unendlichkeit gesteht er nur dem Raum, der Zeit und natürlich Gott zu.

Bei seiner Schweretheorie lag das Primat eindeutig bei den Himmelskörpern, in diesem Falle bei der Erde. Er hat aber auch die andere Masse hineingebracht, nämlich die Masse des Körpers, der durch die Erde und ihre *virtus conservativa* Schwere erhalten habe, denn die Körper sollten um so mehr von dieser *virtus* "aufnehmen" können, also um so schwerer sein, je größer ihre Masse.

Somit hat Guericke qualitativ wesentliche Punkte der späteren Gravitationslehre von Newton bereits ausgesprochen: die Abnahme der Anziehung mit der Entfernung, die Proportionalität mit beiden Massen, die Fernwirkung und die unkörperliche Natur der resultierenden Kraft. Es wäre aber irreführend, hier von einem Vorwegnehmen zu sprechen.

Man kann bestimmt nicht sagen, dass etwa Newton die Idee zu seiner Gravitationslehre von Guericke erhalten habe. In dieser brodelnden und produktiven Zeit sind eigentlich alle Ideen schon einmal geäußert worden. Es herrschte keinerlei Mangel an Ideen. Aber auch Newton hat vor dem Problem gestanden, mit den vorherrschenden Vorstellungen zu brechen.

Er war bis in die 70er Jahre hinein wie die Mehrzahl der Naturforscher jener Zeit ein Anhänger der Ideen von Descartes. Dieser hatte die Schwere als einen Druck der Ätherpartikel auf die Körper erklärt. Im Rahmen dieser Theorie hätte Newton die Gravitationstheorie gar nicht konzipieren können.

Wenn er also dennoch zu der Vorstellung einer allgemeinen Massenanziehung gekommen ist und die Planetenbewegungen und die Schwere mit ihr zu erklären unternahm, musste er vorher mit der Descartesschen Theorie gebrochen haben.

Und dabei konnte es von Bedeutung sein, dass bereits ein anderer an Descartes Kritik geübt hatte und dabei eine andere Theorie der Schwere ausgesprochen hatte. Eine solche Bestätigung durch andere ist häufig ein wesentliches Moment gewesen.

Auch ein Copernicus hat nicht etwa die Idee eines heliozentrischen Weltsystems von Philolaos erst erhalten, wohl aber die sehr willkommene Bestätigung, einen vertretbaren Gedanken zu verfolgen. Im übrigen fand Newton einen sehr entscheidenden Einwand gegen die Theorie von Descartes, indem er darauf hinwies, dass im diesem Falle die Kraft proportional dem Querschnitt der Körper oder der Atome sein müsste, sie sei aber in Wahrheit nicht proportional der zweiten Potenz, wie daraus folge, sondern proportional der Masse und damit der dritten Potenz der Dimensionen des Körpers.

Guerickes Vorstellungen von der *virtus conservativa* sind weit entfernt von der Klarheit der Newtonschen Darlegung und Formulierung. Wenn man es darauf anlegte, könnte man sogar eine Menge von Ungereimtheiten und Unklarheiten bei ihm finden.

Seine durchaus richtige Auffassung von der Schwere führt ihn z. B. dazu, sich über die Leute lustig zu machen, die das "Gewicht" der Erde ausrechnen wollten. Die ganze Erde habe nicht einmal soviel Gewicht wie ein Gerstenkorn, sagte er in diesem Zusammenhang. Er übersieht, dass es sehr wohl Sinn hat, die Masse der Erde ausrechnen zu wollen. Und darauf liefen die Rechnungen damals *de facto* hinaus.

Im Hinblick auf die vielen Unklarheiten im einzelnen, die ihm unterlaufen, muss man sich um so mehr wundern, dass er in allem Wesentlichen einen so zutreffenden Standpunkt eingenommen hat. Man kann das nur dadurch erklären, dass er nicht mit einzelnen Argumenten gearbeitet hat, sondern mit einer Art Netzwerk von Argumenten, die sich wechselseitig stützten, ergänzten und bestätigten.

Guericke hat nämlich immer Schlussfolgerungen aus seinen Theorien gezogen, um sie an bekanntem oder durch einen Versuch zu beschaffendem Material zu überprüfen. Aus

der oben genannten Abhängigkeit der virtus conservativa bzw. der Anziehungskraft von den Massen schloss er in bezug auf das Planetensystem, dass nur der massereichste Himmelskörper derjenige sein könne, der die anderen durch seine größere Kraft bei sich halten und zwingen könne, um ihn als Mittelpunkt zu rotieren.

Der massereichste Himmelskörper war aber in diesem Falle, das war damals schon bekannt, die Sonne. Er war also auf diesem neuen Wege zu demselben Ergebnis gekommen wie auf den anderen. Aus derselben Abhängigkeit von der Masse schloss er, dass ein bloßer Punkt, wie zum Beispiel der angebliche Mittelpunkt der Welt, überhaupt keine Wirkung ausüben könne, und stützte damit seine Schweretheorie.

Aus seiner Vorstellung vom unendlichen Raum ergab sich, dass es in diesem kein oben oder unten, kein vorn oder hinten, kein links oder rechts gibt und also auch keinen Ort oder einen irgendwie vor anderen ausgezeichneten Punkt.

Also könne es auch, von hier aus betrachtet, keinen Weltmittelpunkt geben in Übereinstimmung mit dem eben Dargelegten.

Führen wir in diesem Zusammenhang noch ein sehr originelles Argument Guericke für die Leere des Weltalls jenseits der Lufthülle an. Guericke verweist darauf, dass des Nachts der Himmel doch genauso vom Sonnenlicht durchflutet werde wie am Tage, wir aber nachts den Himmel vollkommen schwarz, also dunkel sähen - abgesehen von den Sternen.

Das sei doch ein Beweis für die Leere des Himmels. Denn wenn dort Stoff wäre, müsste das Sonnenlicht an diesem Stoff gestreut werden, und wir würden dieses gestreute Licht und damit den Himmel nicht vollkommen dunkel sehen.

Die Deutung der Dämmerung als Ergebnis der Streuung des Sonnenlichts an den oberen Schichten der Luft war damals schon bekannt. Guericke konnte sich mit seinem Argument darauf beziehen.

An all diesen Beispielen sehen wir, wie er eine bestimmte These immer wieder von anderen Seiten untersuchte und überprüfte und neue Tatsachen heranzuziehen verstand, die die These stützten. Betrachten wir ein weiteres Argument, das zugleich veranschaulicht, wie Guericke mit angemessener Wissenschaftlichkeit umzugehen wusste.

Wir haben den Fall der Berechnung der Zeit, die ein vom äußersten Rande der Welt fallender Stein brauchte, behandelt.

Guericke führt ein anderes Beispiel einer Entfernungsberechnung an, die gewissermaßen bis auf den Zoll genau angegeben worden war. Einleitend schreibt er:

"Wir können kaum hoffen, die Maße der Himmelskörper so gründlich oder so bis aufs Haar genau kennen zu lernen, wie einige Astronomen sie anzugeben wagen, um die Leute beim Anhören derartiger Zahlen zur Bewunderung zu zwingen, wenn sie z.B. behaupten, der neue Komet sei ausgerechnet 373 807 und $2111/4097$ deutsche Meilen entfernt.

Aus solcher genauen Berechnung kann man natürlich noch allerhand andere minutiöse Dinge ableiten, und ungenügend unterrichtete Menschen könnten sich zu der Meinung verführen lassen, es sei ein Ding der Unmöglichkeit, dass ein solcher Astronom, der

Sternentfernungen bis auf den Zoll genau ausrechnet, sich überhaupt jemals irren könne. Dabei verfahren sie jedoch ansonsten recht grob und irren sich um Hunderte und oft um Tausende Meilen und mehr zu viel oder zu wenig.

Mit der letzteren Bemerkung meinte Guericke Irrtümer in den Messungen, die auf einer ungenügenden Klärung der Voraussetzungen beruhten. Er fügte dem Zitierten nämlich noch hinzu, dass er durchaus nicht dagegen sei, zu messen und Entfernungen zu berechnen. Der Genauigkeit seien aber ganz bestimmte Grenzen gesetzt, die erst zu berücksichtigen seien.

Es ist übrigens recht aufschlussreich, gegen wen er sich im angeführten Beispiel wendet, nämlich gegen die, die sogar ein Apogäum und Perigäum oder Exzentrizitäten der Sonne und der Planeten messen möchten und die wegen eines einzigen Fingerbreits mehr oder weniger, als sie gefunden haben, andere zurechtweisen, während sie selbst doch die ganze Himmelskunst unsicher machen.

Guericke kannte Keplers Werke und seine Lehre von der elliptischen Form der Planetenbahnen: Er konnte sich aber nicht damit einverstanden erklären, weil nach seiner oben kurz gekennzeichneten Theorie der massereichste Körper, also die Sonne, im Mittelpunkt stehen müsse, im Mittelpunkt natürlich einer Kreisbahn!

Auch hier hat erst Newton die Lösung gebracht, indem er zeigte, dass trotz der auch von ihm unterstellten zentralen Stellung der Sonne und ihrer unvergleichlich größeren Anziehungskraft gerade Ellipsenbahnen und keine Kreisbahnen resultierten.

Damit aber gibt es für die Planeten sonnennächste und sonnenfernste Punkte ihrer Bahn, also Perigäum und Apogäum. Guericke dürfte nicht der einzige gewesen sein, der hier über den scheinbaren Widerspruch noch nicht hinwegkam.

Aber trotz seines Irrtums in der Sache ist sein Hinweis, dass man ohne Klärung der grundsätzlichen, der theoretischen Fragen zu keiner zuverlässigen Messung kommen könne, durchaus berechtigt und kennzeichnet seinen erkenntnistheoretischen Standpunkt, der dem anderer Großer dieser Zeit merklich überlegen war.

Die geozentrischen Weltsysteme, die Guericke doch ad absurdum führen wollte, hatten noch einen anderen schwachen Punkt, nämlich die Fixsternsphäre. Auch diesen schwachen Punkt hat Guericke erkannt und angegriffen.

Solange man eine Rotation der Erde um ihre Achse nicht anerkannte, bewegten sich die Fixsterne genau wie die Planeten und die Sonne in 24 Stunden um die Erde als Mittelpunkt. Also gehörten sie zu dem System, dessen Mittelpunkt die Erde sein sollte. Man hat daraus sogar einen Einwand gegen das copernicanische System ableiten wollen.

Man sagte, wenn sich die Erde um die Sonne bewegen solle, dann müssten die Fixsterne doch von zwei diametral gegenüberliegenden Punkten dieser Bahn an einer anderen Stelle des Himmels erscheinen, also eine jährliche Parallaxe aufweisen. Die Schlussfolgerung ist an sich richtig.

Anfang des vorigen Jahrhunderts hat Friedrich Wilhelm Bessel (1784 bis 1846) für einen sonnennahen Fixstern erstmals eine solche Parallaxe gemessen. Aber schon Copernicus selbst hat diesem Einwand - ebenfalls zu Recht - entgegengehalten, dass die Fixsterne

so weit entfernt seien, dass ihre Parallaxe nicht gemessen werden könne.

Für die Messtechnik nicht nur seiner Zeit, sondern auch der Zeit Guericke's und bis ins 19. Jahrhundert hinein traf dieser Hinweis vollkommen zu.

Aber eine wesentliche messtechnische Neuerung war zur Zeit Guericke's in die Astronomie doch eingeführt worden, zuerst durch Galilei, nämlich das Fernrohr.

Auch mit ihm hat man noch keine jährlichen Fixsternparallaxen messen können, wohl aber hat man einen sehr wesentlichen subjektiven Irrtum beseitigen können. Mit dem unbewaffneten Auge erscheinen nämlich die Fixsterne als kleine Scheibchen. Das bedeutete, wenn sie wirklich mit einer wahrnehmbaren Ausdehnung, also als Scheibchen zu sehen wären, dass sie eine individuelle Parallaxe hätten und von uns aus unter einem, wenn auch winzigen, so doch messbaren Sehwinkel erschienen.

Dann aber ergaben sich relativ geringe Entfernungen, die eine Zugehörigkeit zu unserem Sonnensystem als durchaus möglich erscheinen ließen. Als man nun das Fernrohr auf die Fixsterne richtete, zeigte sich entgegen dieser Vorstellung, dass die angeblichen Sternscheibchen nicht etwa größer und deutlicher zu sehen waren, wie es bei den Planeten tatsächlich der Fall war, sondern dass die Scheibchen eher verschwanden und die Fixsterne noch viel punktförmiger erschienen als mit dem unbewaffneten Auge.

Das aber bedeutete, dass sie, wenn überhaupt, eine wesentlich kleinere individuelle Parallaxe haben müssten, als man bisher angenommen hatte, und also auch wesentlich weiter entfernt sein müssten. Das Fernrohr hatte die Vermutung von Copernicus eindrucksvoll bestätigt.

An diesem Punkt greift Guericke an. Er schätzt ab, dass eine Parallaxe, wenn es sie überhaupt gibt, kleiner als eine Bogensekunde sein müsste. Daraus errechnet er die Entfernung, die ein Fixstern mit einer solchen Parallaxe von einer Bogensekunde haben würde.

Um aber diese unvorstellbar riesige Entfernung so recht vor Augen zu führen und die These von der Zugehörigkeit der Fixsterne zum Sonnensystem völlig absurd erscheinen zu lassen, rechnet er vor, welche Strecken dieser Fixstern bei einem Umlauf um die Erde zurücklegen müsste, in 24 Stunden, in einer Stunde, in einer Minute und schließlich in einer Sekunde.

Man spürt direkt das grimmige Vergnügen, mit dem er das tut. Er kommt bei seiner Rechnung auf umgerechnet etwa 100000 Kilometer pro Sekunde! Er führt aber Angaben über die Entfernungen der Fixsterne an, die zu noch riesigeren Strecken führen, in einem Falle zu 199074 deutsche Meilen, das sind rund 1,5 Millionen Kilometer, die in einer Sekunde zurückzulegen wären. Das wäre etwa fünffache Lichtgeschwindigkeit!

Nun, von der Einsteinschen Relativitätstheorie konnte man damals noch nicht das geringste wissen und nicht einmal ahnen. Aber diese Geschwindigkeiten kommen Guericke doch einfach irrsinnig vor und damit die Annahmen unhaltbar, auf denen sie beruhten. Er schreibt abschließend:

"Weil aber solche und ähnliche irrsinnige Schlüsse aus den Hypothesen von Ptolemäus sowie Tycho Brahe folgen, haben die Copernicaner diese Hypothesen korrigiert und jene

Bewegung der Erde zugeschrieben.

Die weitere Korrektur, die er vornimmt bzw. der er sich anschließt, besteht darin, dass er die Fixsterne nicht mehr in das Sonnensystem aufnimmt, sondern sie als weit entfernte selbständige Sternsysteme deutet, deren "Sonnen" oder leuchtende Zentralsterne die sichtbaren Fixsterne seien, während wir deren Planeten nicht sehen könnten. Diese These hatte schon Giordano Bruno ausgesprochen.

Er musste nicht zuletzt wegen dieser Lehre den Scheiterhaufen der Inquisition bestiegen. Guericke erwähnt Bruno in seinem Werk, kannte also seine Lehre. Wie auch sonst begnügt sich aber Guericke nicht mit der einfachen Übernahme, sondern baut sie selbständig aus.

Sein wichtigster Schluss besteht darin, dass er behauptet, die Fixsterne seien nicht nur unterschiedlich weit von uns entfernt, also nicht in einer einzigen Sphäre angeordnet (das haben auch andere angenommen), sondern unter sich ebenso weit voneinander entfernt wie die nächsten von uns.

Sie seien damit jeweils so weit von ihren Nachbarn entfernt, dass ihre virtutes oder Wirkungssphären nicht zu diesen reichten, sondern längst vorher zu nichts abgeklungen wären. Deshalb übten die Fixsterne keinerlei Einfluss auf uns und untereinander aus, sie seien vielmehr völlig frei und unbeeinflusst im Raum, weltenähnlich unserem Sonnensystem.

Damit wurde nicht nur die Erde als Mittelpunkt der Welt entthront, sondern auch das ganze Sonnensystem zu einem System unter unübersehbar vielen degradiert.

Auch der Begriff Himmel wurde gegenstandslos und verlor den anschaulichen Sinn, den er in den geozentrischen Systemen gehabt hatte. Wie man daran erkennt, hatte das copernicanische System in der Tat sehr weitreichende und direkt die Weltanschauung und die Ideologie betreffende Konsequenzen, die zwar auf den ersten Blick noch nicht zu sehen waren, aber schließlich unvermeidlich auftreten mussten.

Die Vertreter der Kirche haben das sehr früh erkannt.

Wenden wir uns jetzt der Frage zu, von der Guericke ausgegangen war, der Frage nach der Natur des Raumes. Er hat dazu außer den schon dargelegten Argumenten auch rein theoretische oder philosophische Überlegungen angestellt, die allerdings kaum beachtet worden sind. In seinem Werk ist das zweite Buch diesen Überlegungen gewidmet.

Nachdem er dort die auf Aristoteles zurückgehenden Vorstellungen über "Ort" und "Zeit" angeführt und gewisse logische Fehler bemängelt hat, wendet er sich dem Begriff des Leeren direkt zu. Er untersucht die allgemein übliche Gleichstellung der Leere mit dem Nichts.

Das hat man schon im Altertum den Atomisten entgegengehalten, die ja neben dem Vollen, den Atomen, das Leere als ebenso "seiend" angenommen hatten.

Die Vertreter der These, dass die Welt lückenlos erfüllt sei, brachten dieses Argument erneut vor.

Wir haben oben ein Zitat von Descartes angeführt, wo er die Möglichkeit von Abständen im Vakuum bestritt, weil im Vakuum ja "nichts" zwischen den Dingen wäre.

Descartes gab damit aber nur die Überzeugung der überwiegenden Mehrzahl der Zeitgenossen wieder. Guericke hatte also in dieser Frage einen schweren Stand, denn noch heute können wir verstehen, dass die Gleichstellung von "leer" und "nichts" sehr einleuchtend erschien. Er entgegnete auf eine sehr originelle und das Problem wirklich tief erfassende Weise.

Nachdem er außer Descartes noch andere Gegner angeführt hatte, legt er seinen Standpunkt dar und schreibt:

"Wir verstehen aber das Leere nicht als die Leerheit selbst, und gleichsam als etwas, was als solches existiert, sondern als ein Beraubtsein oder eine Abwesenheit. Wie z.B. die Finsternis die Abwesenheit des Lichtes. Blindheit ein Des-Sehens-Beraubtsein ist und also nicht als solche sind, oder wie der Tod das Auslöschen des Lebens ist, aber nicht als Tod an sich existiert, so ist das Leere ein Des-Vollen-Beraubtseins, woraus doch nicht folgt, dass diese Beraubung oder die Abwesenheit dieses oder jenes Dinges (was man gemeinhin leer nenn!) etwas gegenständlich Existierendes wäre.

Wie aber voll wie leer immer einen Raum, ein Gefäß oder irgendein Behältnis, ob voll oder leer voraussetzen (denn einfach von voll oder leer zu sprechen, ohne ein Gefäß oder ein Behältnis in Betracht zu ziehen, heißt nichts sagen), so folgt, auch in bezug auf die Erscheinungen des Himmels oder die Himmels- oder Weltkörper, dass es ein Gefäß, einen Raum oder irgend ein Behältnis geben muss.

Weil dies aber nicht gesehen und auch nicht leicht begriffen werden kann, haben sich darüber, ob es und was es ist und ob leer oder erfüllt, so viele verschiedene Meinungen gebildet.

Es ist aber das Behältnis der Weltkörper nichts anderes als der Weltenraum oder das Universum, das alles enthält. Voll nennen wir es dort, wo sich ein Weltkörper mit seinen Ausströmungen befindet; leer da, wo kein solcher Körper mit seinen Ausströmungen vorhanden ist.

Wir sprechen daher nicht vom Leeren schlechthin (das ja in Wahrheit ein Nichts ist und weder begriffen noch verstanden werden kann), sondern vom leeren Raum und welche Vorteile seine wahre Erkenntnis der ganzen Philosophie einbringt.

Kein Geringerer als Georg Wilhelm Hegel (1770-1831) hat diesen Standpunkt ebenfalls vertreten, indem er sagte: "Das Nichts eines Etwas ist ein bestimmtes Nichts."

Und kein Geringerer als Friedrich Engels (1820-1895) hat diesen Satz bei seiner philosophischen Charakterisierung der Null als "Negation jedes bestimmten Quantums" hervorgehoben und zitiert.

Guericke ist also bis zu einer dialektischen Auffassung vom Leeren vorgedrungen. Er bezieht das Leere auf sein Gegenstück, auf das Volle, und hat sich damit die Möglichkeit geschaffen, mit dem Leeren ebenso zu operieren wie die Mathematiker mit der Null, die ja auch eine Art "Nichts" darstellt.

Historisch sind bei der Null übrigens ähnliche Begriffsschwierigkeiten aufgetreten wie beim Leeren. Sie war den Griechen und Römern noch unbekannt und ist erst mit der Einführung der indisch-arabischen Ziffern und der Stellenschreibweise in Europa

allmählich heimisch geworden. Diese Parallelität ist mehr als ein bloßer Zufall.

Guericke hat zur Stützung seiner Vorstellung vom Raum und vom Nichts auch die Schöpfungsgeschichte herangezogen. Dort wird ja gesagt, dass Gott die Welt aus dem Nichts geschaffen habe.

Der Ton liegt hier allerdings eindeutig auf "geschaffen", und "aus dem Nichts" soll die Allmacht Gottes bei der Erschaffung der Welt nur unterstreichen. Guericke hebt aber das Nichts hervor, allerdings identifiziert er es dabei mit dem Raum. Und auch dafür fand er bei den zeitgenössischen Vertretern der Kirchen Vorstellungen, die seinen Ideen nahestanden und die ihm für seine Ansichten brauchbar erschienen.

Er zitiert einige Vertreter dieser Lehre und schreibt:

"Für die Coimbraer (gemeint sind die jesuitischen Professoren der Universität Coimbra in Portugal, die einen bedeutenden Aristoteles-Kommentar veröffentlicht hatten - A. K.) steht fest, dass dieser Raum inner- und außerhalb des Himmels und von Anbeginn an besteht und dass Gott in ihm tatsächlich ist, nicht wie irgend etwas Gegenständliches, sondern kraft seiner Unermesslichkeit.

Daraus folgt mit Notwendigkeit: Ist Gott außerhalb der Welt im imaginären Raum, der sich bis ins Unermessliche ausdehnt, dann ist Gott selber der imaginäre Raum, denn Gott bedarf keines anderen Dinges und infolgedessen auch nicht des Raumes (weil er sich selbst Raum und wie er unendlich so auch sich selbst unendlicher Raum ist). Daher lehrt Lessius, ... "der imaginäre Raum sei Gott selbst, der gemäß seiner Unermesslichkeit überall und über alle Grenzen hinaus ausgebreitet sein muss."

Man erkennt deutliche Ähnlichkeiten mit Guericke's Raumvorstellungen. Man darf schließen, dass Guericke aus diesen und ähnlichen Äußerungen Anregungen für seine Vorstellungen vom Raum bekommen hat. Wir sagten schon oben zu Newton, dass es für jemanden, der eine neue, auf eingewurzelte Widerstände stoßende Idee hat, sehr wichtig ist, irgendwo bereits verwandte Gedanken vorzufinden, die ihn in seiner Idee bestärken. Das könnte auch hier der Fall gewesen sein.

Man erkennt aus dem Zitierten auch die ganz anders geartete Denkweise und Art der Argumentation der Scholastiker. Sie standen mit ihren Vorstellungen in der Tat auf einem grundsätzlich anderen erkenntnistheoretischen Grund als Guericke und die anderen Vertreter der neueren Naturforschung, so dass aneinander vorbei argumentiert wurde.

Ebenso sieht man, dass allein mit rationalen Gründen bewiesen wird, dass man deduktiv von ein für allemal gegebenen Wahrheiten ausgeht, ohne auch nur daran zu denken, diese Wahrheiten vorher zu überprüfen.

Guericke diskutiert zunächst auf der Ebene der Lessius und der Coimbrener. Er kann ihnen logische Inkonsistenzen nachweisen.

Er begnügt sich aber damit allein nicht. Denn in Wahrheit war seine Vorstellung vom Raum grundsätzlich verschieden von der der angeführten Vertreter der Scholastik. Sein Raum ist nämlich eine physikalische und keine geistige Kategorie.

Er macht zwar noch eine weitere Anleihe bei den Vorstellungen, die Gott und den

Raum identifizierten. Er überträgt nämlich Eigenschaften, die man übereinstimmend Gott zuschrieb, auf seinen Raum. Vor allem übernimmt er die Gott zugeschriebene Unendlichkeit, seine Allgegenwart, dass er alles durchdringe, um und in allem und unbewegt sei und von den Dingen nicht beeinflusst werde, aber dennoch da sei und wirke.

Er tut das aber nicht direkt! Er schreibt vielmehr dem Raum die Eigenschaft zu, unerschaffen zu sein, also eine Eigenschaft, die sonst nur Gott, dem Schöpfer der Welt, zugeschrieben werden konnte.

Auf diese "Unerschaffenheit" beziehen sich seine Darlegungen. Unter der Überschrift "Das Seiende und das sogenannte Nichtseiende" legt er mit einer Spitzfindigkeit, die der der Gegner durchaus ebenbürtig war, folgendes dar:

"Alles, was ist, ist entweder etwas Unerschaffenes oder etwas Erschaffenes; ein Drittes (so dass man etwa sagen könnte: jegliches Seiende ist entweder etwas Unerschaffenes oder Erschaffenes oder Nichts) gibt es nicht. Denn Nichts ist die Verneinung des einen und die Bejahung des anderen, folglich nichts Drittes. Was also kein Erschaffenes ist, das ist Unerschaffenes und umgekehrt, Was nicht Unerschaffenes ist, ist etwas Erschaffenes; ein Drittes gibt es nicht, also auch nicht im Geiste, noch im Verstand, noch in der Sprache.

Etwas Unerschaffenes ist von allem Erschaffenen verschieden, unbegrenzt, unermessen, ewig, das vorweg existiert, in sich selbst ruht und sein Sein aus sich selbst hat, alles enthält und von nichts enthalten wird.

Etwas Erschaffenes dagegen hat sein Sein nicht aus sich selbst, sondern aus dem Unerschaffenen, in dem es auch besteht und dem es sein ganzes Sein verdankt; es ist endlich und besteht aus seinem Stoff (mag es auch ein Geist sein, wie wir zum Schluss dieses Buches erläutern werden), seinem Leben und den ihm innewohnenden Kräften und Fähigkeiten."

Die im zweiten Absatz aufgeführten Eigenschaften des Unerschaffenen lassen sich, wie man leicht erkennt, unverändert auf Gott übertragen. Natürlich hat Guericke aber das Umgekehrte getan, er hat diese Eigenschaften Gottes auf sein Unerschaffenes, das heißt, auf seinen Raum übertragen.

Heute brauchte man eine solche Beweisführung nicht. Aber damals waren solche theologisierenden Darlegungen weder ungewöhnlich noch etwa abwegig oder überflüssig.

Leibniz und Newton haben über viele Jahre einen Disput darüber geführt, ob die Annahme eines leeren Raumes bzw. von unkörperlichen, in der Entfernung wirkenden Kräften zum Atheismus führe oder nicht. Der Streit blieb natürlich ohne Ergebnis und ist nur durch den Tod von Leibniz beendet worden.

Man darf Guericke und solchen Männern wie Leibniz oder Newton auch nicht unterstellen, dass sie solche Fragen öffentlich behandelt hätten, um sich gewissermaßen ein religiöses Alibi zu verschaffen, um sich zu tarnen.

Es gibt keine Anzeichen dafür, dass Guericke oder ein anderer um diese Zeit im Innern des Herzens Atheist gewesen sei. Vielmehr muss man in Rechnung stellen, dass ja alle religiös erzogen worden waren und somit erst einmal in sich selbst mit Fragen fertig zu

werden suchten, die sie mit der Religion in Widerspruch zu bringen schienen. Es wurde ja bereits darauf hingewiesen, dass alle, die eine neue Vorstellung entwickelt haben, erst einmal bei sich die alten Vorstellungen überwinden mussten.

Guericke hat eine Vorstellung vom Raum gewonnen, die mit unserer heutigen sehr weit übereinstimmt. Der Raum ist für ihn eine Realität, und zwar eine physikalische Realität, wie wir schon sagten.

Er kann es aber noch nicht so klar und einfach aussprechen wie wir heute. Er musste sich mit der Identifizierung mit dem Nichts auseinandersetzen, wie wir gesehen haben. Im letzten Zitat geht sein Angriff indirekt auch wieder gegen das Nichts.

Vor allem aber ist der Raum etwas schwer Greifbares, er ist nicht etwa gegenständlich so wie alles andere Existierende. In seinem Werk kommt die Redewendung "non est reale quid" (es ist nichts Dingliches, Gegenständliches; "reale" muss man hier nicht mit "wirklich" übersetzen, sondern als das von "res" - die Sache, das Ding - abgeleitete Eigenschaftswort; der Sinn "wirklich" ist daraus entstanden) sehr häufig vor, auch bezogen auf den Raum.

Diese Besonderheit des Raumes sucht er zu fassen, und dazu scheint ihm die Zuerkennung der Eigenschaft, unerschaffen zu sein, besonders gut geeignet.

In dem dem letzten Zitat vorangegangenen Kapitel seines Werkes hat er sich mit dem sogenannten imaginären Raum jenseits dieser Welt auseinandergesetzt. Er macht ein einfaches Gedankenexperiment, indem er die Frage aufwirft, ob man vom Rande der Welt in diesen imaginären Raum die Hand hineinstrecken oder einen Stein hineinwerfen könne oder nicht.

Er will zeigen, dass die einzige Lösung nur darin bestehen könne, diesen imaginären Raum als einen echten, wirklichen Raum anzusehen. Er zitiert diejenigen, die das bestritten und behaupteten, der Stein könne nicht hineingeworfen werden:

"Nicht ein Körper oder ein anderes Etwas werde Widerstand leisten, sondern das Nichts selbst, einfach das Fehlen von Raum und Platz widerstehe und es sei seine Natur, so Widerstand zu leisten, dass das Geschoss oder der Stein gleichsam wie von einem harten Körper zurückgestoßen werde."

"Aber wer soll das verstehen!" bemerkt Guericke dazu und fährt fort: "Etwas, was nicht ist, soll Widerstand leisten können und eine Natur haben, widerstehen zu können!"

Nachdem er anschließend betont hatte, dass Widerstand nur ein Körper leisten könne und dessen Raum von einem anderen Körper eingenommen werden könne, wenn er entfernt wird, macht er den Vorschlag, doch einfach vom Raum zu sprechen:

"Wenn auch unleugbar Gottes Wesenheit außerhalb der Welt ohne Grenzen und Maß ist, so ist es doch schon vernünftiger, das Unermessliche, das existiert, in Länge, Breite und Höhe, also als Raum oder Ausdehnung zu betrachten und es nicht in einem unbestimmten reinen Nichts zu suchen.

Hier kommt ganz kurz und fast nebenbei seine Vorstellung nicht nur vom imaginären Raum zum Ausdruck, sondern vom Raum überhaupt. Und das, was Guericke von den

Gegnern zitiert, führt uns erneut in die Atmosphäre jener Zeit, in die Gedankenwelt der Scholastiker.

Sie erfinden einfach ein Abprallen des Steins vom imaginären Nichts jenseits der Welt, ohne irgendeinen Beleg für ihre Behauptung für notwendig zu halten. Es brauchte nur eine formale, den jeweiligen unantastbaren "Wahrheiten" entsprechende Deutung gefunden zu werden.

In dieser Hinsicht unterscheidet sich Guericke grundsätzlich von diesen Scholastikern. In den oben angeführten "spitzfindigen" Darlegungen zum Unerschaffenen macht Guericke keine ad-hoc- (vom Zweck bestimmte) Annahme. Er geht vielmehr davon aus, dass das, was er als Raum sich vorstellt, existiert.

Dann versucht er das Unbegreifliche an diesem Existierenden, was ja auch ihm schwer begreiflich ist, tiefer zu ergründen, um es besser begreifen zu können. Und so kommt er zu dem Schluss, dass der Raum wohl existiert wie alles andere Seiende auch, aber von diesem grundsätzlich verschieden sei.

Er drückt diesen Unterschied zeitgenössisch durch "unerschaffen" aus. Dieser Begriff ist natürlich überholt. Aber der von Guericke erkannte grundsätzliche Unterschied ist vorhanden. Am deutlichsten hat ihn Engels gekennzeichnet, indem er Raum und Zeit die Existenzformen der Materie nannte.

Damit hat er sie deutlich von allen Erscheinungsformen der Materie unterschieden, also von allem "Erschaffenen" im Sinne Guericke's. Von den Spekulationen der Gegner ist dagegen nichts übrig geblieben.

Es war aber ein Engels, also einer der hervorragendsten dialektischen Materialisten, der den Grundgedanken Guericke's bestätigte, übrigens, ohne auf ihn Bezug zu nehmen. Guericke's theoretisch-philosophische Gedanken sind weitgehend unbekannt geblieben.

4.3 Guericke's philosophischer Standpunkt

Guericke hat die Notwendigkeit einer philosophischen und erkenntnistheoretischen Absicherung durchaus empfunden. Dem ist sein 2. Buch gewidmet. Wovon es handelt, ist aus den Überschriften zu erkennen, die wir deshalb anführen möchten.

Überschrift über das ganze zweite Buch: "Über den leeren Raum". Die Kapitelüberschriften lauten der Reihe nach:

Was den Autor veranlasst hat, das Vakuum zu untersuchen.

Über den Ort und über die Zeit.

Über das Leere.

Über den Raum.

Über den Raum zwischen den Weltkörpern, den man gewöhnlich den Himmel nennt.

Ob der Raum oder jenes universale, alles enthaltende Behältnis begrenzt oder unbegrenzt ist.

Über das Seiende und das sogenannte Nichtseiende.

Ob der Raum oder das universale, alles enthaltende Behältnis erschaffen oder unerschaffen ist. Über das Unendliche, das Unermessliche und das Ewige.

Über die Zahl.

Über den Himmel, den man Gefilde der Seligen nennt.

Über das Größte und das Kleinste.

In diesen Kapiteln beschäftigt sich Guericke mit Problemen und Erscheinungen, die oft nur sehr indirekt mit seinem zentralen Problem zusammenhängen. Wir finden wieder eine Reihe von klugen und tiefen Gedanken, die davon zeugen, dass seine Gedanken über die Weltkräfte, über die Schwere und über den Raum keine Zufallstreffer gewesen sind, sondern das Resultat eines gründlichen Nachdenkens.

Der Sache nach sind die meisten Gedanken zeitbedingt und heute nicht mehr so interessant, wie sie ihm erschienen sind. Sie geben uns aber zum Teil Einblick in seine allgemeine Weltanschauung. Mit die bemerkenswerteste Seite seines Weltbildes ist ein gewisser Relativismus.

Einesteils war es ein rein physikalischer Relativismus. Ein Fall davon war seine Beziehung des Leeren auf das Volle. Ein anderer kommt im letzten der oben genannten Kapitel zur Sprache. Dort legt Guericke dar, dass es groß oder klein an sich nicht gibt, sondern nur in bezug auf etwas anderes.

Davon ausgehend unterscheidet er dann in der Welt die einzelnen Kategorien der Größe, das Größte sind die Sonnen oder Fixsterne, dann folgen die Planeten, während am anderen Ende die Atome ständen bzw. die Teilchen der unkörperlichen Ausflüsse, die sogar Metalle und Glas zu durchdringen vermöchten. Abschließend bemerkt er dann noch, dass aber der Raum größer als das Größte und kleiner als das Kleinste sei.

Er bringt aber auch zum Ausdruck, dass die Erkenntnisse, über die wir zur jeweiligen Zeit verfügten, einmal das Ergebnis einer langen historischen Entwicklung seien und infolgedessen über die Erkenntnisse unserer Vorfahren hinausgingen, andererseits aber keineswegs nun die letzten Wahrheiten seien, sondern durch die Forschungen unserer Nachfahren überholt werden würden.

Diesen Gedanken hat er an mehreren Stellen ausgesprochen. Er bezieht sein eigenes Werk ohne Vorbehalt mit ein. Am Schluss der Vorrede an den Leser schreibt er:

"Im übrigen glauben wir, dass es in kommenden Zeiten nicht an feinen und scharfsinnigen Geistern fehlen wird, die, angeregt durch dieses Werk, Sorge tragen werden, dass anderes und vielleicht Besseres und Tieferes dereinst ersonnen wird."

Guericke tritt uns in allen seinen Handlungen und Äußerungen durchaus mit Selbstbewusstsein entgegen. Sein zitierter Satz ist weder bloße Höflichkeit noch Anwandlung von Bescheidenheit über das übliche Maß hinaus.

Man sollte auch diesen Satz als eine Einsicht werten, die er am Ende eines langen und ereignisreichen Lebens gewonnen hat, sie also wörtlich verstehen.

Guericke hatte zwar, wie wir zuletzt gesehen haben, sein ursprüngliche Ziel erreicht und sich klargemacht, was der Raum ist. Er war aber dabei, wie wir gesehen haben und auch schon einmal hervorhoben, auf so viele unerwartete und interessante Erscheinungen gestoßen, dass er einmal sich selbst gestehen musste, dass er diese keineswegs wirklich geklärt habe, und zum anderen, dass er hoffte, dass die in seinem Buch gegebenen

Anregungen in der Tat andere nach ihm zu weiteren detaillierten Forschungen anregen würden.

Es muss aber hervorgehoben werden, dass die Einsicht, dass unsere Erkenntnis jeweils nur relativ sei, immer nur einen begrenzten Teil der Welt wiedergebe, dieser Teil aber ständig zunehme, dass diese Einsicht keineswegs Allgemeingut zur Zeit Guericke war.

Im Gegenteil, nicht nur die Scholastiker glaubten daran, dass man ein endgültig wahres Bild der Welt finden könne, ja es in den Werken der antiken Autoritäten und der Kirchenväter bereits habe und sich nur richtig hinein vertiefen müsse, auch die neueren Philosophen und Naturforscher glaubten, ein System endgültiger Wahrheiten finden zu können.

Das war die Meinung von Descartes, von Leibniz und von anderen. Es ist wieder erst der dialektische Materialismus gewesen, der die Relativität unserer jeweiligen Erkenntnis aufgedeckt und wissenschaftlich begründet hat. Damit soll die Qualität der Gedanken gekennzeichnet werden, die Guericke geäußert hat.

Selbstverständlich kann man ihn deshalb nicht als Vorläufer von Marx und Engels betrachten. Das war er nicht und konnte er nicht sein.

In einer ähnlichen Richtung verlaufen seine Gedanken über das Aussehen der vielen Welten ähnlich der unseren, die es in diesem unendlichen Weltenraum geben muss.

Guericke teilt die etwas naiven Vorstellungen vieler Zeitgenossen, die sich nicht nur jene fernen Weltsysteme genauso gestaltet dachten wie unsere, mit Pflanzen und Tieren und bewohnt von menschenähnlichen Wesen, sondern auch unsere nächsten Nachbarn, die Planeten und sogar den Mond sich so vorstellten.

Aber Guericke macht hier eine sehr bemerkenswerte Einschränkung. Im Prinzip seien es schon solche Weltsysteme wie unser Sonnensystem und bestanden von Pflanzen, bevölkert von Tieren und bewohnt von Wesen mit Vernunft und Bewusstsein.

Aber wir dürften sie uns nicht genauso wie unsere vorstellen.

Vielmehr seien sie bei aller prinzipiellen Ähnlichkeit anders, und zwar so anders, wie wir es uns nicht vorstellen könnten. Er verweist auf das Beispiel der in Amerika entdeckten neuen Welt. Man habe dort Pflanzen und Tiere angetroffen, die anders als die in der alten Welt seien und, wir uns vorher nicht hätten vorstellen können.

Seine Überlegungen zur Unendlichkeit haben mit dazu beigetragen, dass ihm solche Vorstellungen von der unendlichen Vielfalt und Mannigfaltigkeit der Welt gekommen sind. Er hat in dieser Vielfalt der Welten keinen Widerspruch zu ihrer prinzipiellen Einheitlichkeit gesehen. Auch das war ein sehr beachtlicher und damals durchaus nicht allgemein verbreiteter Gedanke.

Ergänzen wir diese weltanschaulichen Berichte mit der kurzen Darlegung seines Standpunktes zu anderen wesentlichen Fragen jener Zeit. Wir finden in seinem Werk an mehreren Stellen eine entschiedene Stellungnahme gegen den Krieg. Nach seinen persönlichen Erfahrungen verwundert das nicht.

Er stellt Kriege, die geführt würden, um auf dieser im Vergleich zum Weltall winzigen

Erde seinem Territorium ein Stück Land zuzuschlagen oder Hab und Gut des Nachbarn sich anzueignen, als sinnlos und verwerflich hin.

Er bringt diese Bemerkungen, ohne durch den behandelten Gegenstand direkt dazu veranlasst zu sein, also bewusst und absichtlich, spricht aber nicht selbst, sondern zitiert andere, z. B. Seneca und Plinius, römische Philosophen aus dem 1. Jahrhundert.

Entschieden Stellung nimmt er auch gegen die Astrologie. Auch hier beruft er sich auf andere, wobei damals als gewichtiges Argument angeführt wurde, dass man inzwischen so viele neue Sterne entdeckt habe - durch das Fernrohr -, die doch auch ihren Einfluss gehabt, haben müssten, als die Astrologen noch keine Ahnung von ihrer Existenz haben konnten.

Guericke verwirft nicht generell, dass die Sterne Einflüsse haben könnten. Das hätte ja seiner Lehre von den virtutes oder Weltkräften widersprochen. Aber er denkt an rein physikalische Einwirkungen. Dass die Gestirne Einfluss haben könnten auf politische oder persönliche Ereignisse, betrachtet er dagegen als einfach absurd.

Über soziale Probleme hat sich Guericke nicht geäußert. Zu erwähnen wäre vielleicht, dass er sein Werk ausdrücklich nur in Holland hat erscheinen lassen wollen. Daraus kann man nur indirekt seine politische Stellung erschließen, die sich durch seine Erlebnisse in seiner Vaterstadt und in den vielen deprimierenden Verhandlungen mit den feudalen Mächten gebildet haben dürfte.

5 Das Schicksal des Werkes von Guericke

Obwohl längst nicht alles behandelt werden konnte, was in seinem Werk enthalten ist, so dürfte auch schon das Vorgebrachte erkennen lassen, dass Otto von Guericke mehr gewesen ist als nur der Erfinder der Luftpumpe und der Vater des Versuchs mit den Magdeburger Halbkugeln.

Aber gerade das, was über diese sichtbaren Leistungen hinausgegangen ist, gerade seine Gedanken und theoretischen Erörterungen sind weitgehend unbeachtet geblieben. Dazu mag beigetragen haben, dass sein Werk, in dem allein diese Gedanken enthalten sind, erst 1672 erschienen ist, also viel später als die Werke von Kaspar Schott und von Robert Boyle, in denen von den Vakuumversuchen sowohl von Guericke wie auch von Boyle berichtet worden war.

Das Sensationelle war somit schon vorweggenommen. Die Theorien aber, die Guericke in seinem Werk entwickelte, widersprachen, wie dargelegt, den geläufigen Vorstellungen und erschienen deshalb den Menschen wenig glaubhaft. Es sei zur Kennzeichnung der Situation eine Briefstelle von Leibniz angeführt, die einem Brief an Guericke entstammt. Dort schreibt Leibniz:

"Wenn mein hoher Herr nichts anderes jemals erfunden oder entdeckt hätte, als die Kugel von Wunderlicher Wirkung zu erleuchtung menschlicher Wissenschaft, und die Ausschöpfung der Luft zu Vermehrung menschlicher Kräfte, hätte derselbe sich das menschliche Geschlecht gnugsam verbunden. Und wer auch in einem oder anderen etwa von den daraus formirten Hypothesibus oder Theoria abweichen würde, wird dennoch, wenn er anders eine Ader der Billigkeit in sich hat, der Experimenten (welche so beschaffen, daß sie nicht von ohngefähr sondern durch reiffes Nachsinnen gefunden) hohe Wichtigkeit bekennen müssen."

In demselben Brief ist noch eine weitere Stelle enthalten, die Aufschluß darüber gibt, weshalb Leibniz mit Guericke's Theorie nicht einverstanden sein konnte, denn er gehörte zu denen, die sie nicht akzeptierten, übrigens auch Newton's Gravitationslehre nicht anerkannt haben. Dort schreibt Leibniz:

"Allein es ist für allen Dingen acht zu haben, daß man nicht nach Art der Scholastikorum etwa sich solcher Worth bediene, so wohl gesagt, aber nicht ausgelegt oder verstanden werden können. Denn wie mein Hochg. H. hochvernünftig ermeßen kann, so ist, was *virtus mundana* (Weltkraft - A. K.) sey, wenn keine mehrere Erklärung dazu kommt, so wenig verständlich, als was da sey *forma substantialis, sympathia et antipathia, vis magnetica, species immateriales* (substantielle Form, Sympathie und Antipathie, magnetische Kraft, immaterielle Arten - A. K.), und dergleichen mehr. Und ob mein Hochg. H. gleich mit einem schönen Experiment solche *virtutes mundanas* beweiset, so sind sie doch damit nicht erklärt, denn es ebenso dunkel bleibt. woher sowohl in *globo illo ex mineralibus composito* (in jener aus Mineralien gebildeten Kugel, gemeint ist die Schwefelkugel - A. K.) als in *mundo* (in der Welt - A. K.) solche *virtutes* (Kräfte - A. K.) entstehen."

Leibniz bemängelte also, dass Guericke keine Erklärung darüber gegeben habe, woher

denn seine Weltkräfte entstanden seien und wie man sie sich erklären sollte. Dieser Einwand wird aber immer erhoben, wenn etwas qualitativ Neues vorgeschlagen wird. Wenn Leibniz eine Erklärung verlangt, verlangt er unausgesprochen eine Erklärung im Rahmen der bestehenden, mechanistischen Vorstellungen. Die konnte Guericke nicht geben und wollte er auch nicht geben. Im Rahmen der bestehenden Vorstellungen war keine Erklärung möglich.

Aber man konnte einen ganz anderen Standpunkt einnehmen als Leibniz und andere Vertreter der mechanistischen und rationalistischen Vorstellungen. Kein Geringerer als Newton hat diesen anderen Standpunkt vertreten. Zur Schwere bemerkt er folgendes:

"Die Ursachen dieser Eigenschaften der Schwere habe ich aber noch nicht aus den Erscheinungen ableiten können und Hypothesen ersinne ich nicht ... Und es genügt, dass die Schwere wirklich besteht, nach den von uns erörterten Gesetzen wirkt und hinreichend ist für die Bewegungen der Himmelskörper und unserer See (mit letzterem waren Ebbe und Flut gemeint - A. K.)."

Genau diesen selben Standpunkt hat auch Guericke bei allen seinen Untersuchungen vertreten. Wenn er auf einen unbezweifelbaren Tatbestand stieß, dann erkannte er zunächst diesen Tatbestand an, auch wenn er noch keine Erklärung hatte.

Und nur so ist es überhaupt möglich, qualitativ Neues einzuführen. Wenn man immer erst warten wollte, bis alles erklärt werden kann, dann müsste das Neue ewig warten. Man versteht aber, weshalb sich Guericke's Gedanken nicht durchsetzen konnten bzw. erst im Rahmen der Newtonschen Lehre von der allgemeinen Gravitation, die aber ihrerseits Bestandteil des grundlegenden Werkes "Mathematische Prinzipien der Naturphilosophie" gewesen ist.

Leibniz und auch Huygens sind trotzdem gegen diese Lehre aufgetreten, weil sie mit den mechanistischen Vorstellungen ebensowenig zu vereinbaren war wie die unkörperlichen Weltkräfte Guericke's.

Man würde aber vereinfachen und unhistorisch urteilen, wenn man die beiden entgegengesetzten Standpunkte einfach als falsch oder richtig bezeichnen würde. Sie waren beides gleichzeitig. Newton z. B. hat den leeren Raum Guericke's zum absoluten Raum gemacht und hat ebenso von der absoluten Zeit gesprochen.

Beides hat Guericke vermieden, er hat vielmehr immer den Bezug auf das "Erschaffene", also auf das Materielle, für notwendig und wesentlich gehalten.

Huygens hatte recht mit seinem Hinweis, dass es keine absoluten Bewegungen gebe, sondern nur relative. Und genau an diesem Problem ist die ganze Äthertheorie oder Auffassung vom absoluten Raum gescheitert, als man gegen Ende des vorigen Jahrhunderts versuchte, eine Bewegung in bezug auf den absoluten Raum festzustellen und zu messen.

Das Ergebnis war absolut negativ und ein Anlass, die Vorstellungen von Raum und Zeit, die man damals hatte, zu überprüfen. Am Ende dieser Bemühungen stand die Einsteinsche Relativitätstheorie.

Das verdeutlicht die fundamentale Bedeutung des Problems, das Guericke zu klären

unternommen hat. Er hat sehr wesentliche Erkenntnisse gewinnen können, deren ganze Bedeutung erst sehr viel später erkannt werden konnte. Denn man muss ganz deutlich sagen, dass eine wirkliche Lösung dieses Problems zur Zeit Guericke noch nicht möglich war.

Der allgemeine Stand der Erkenntnis reichte dafür noch nicht aus. Man sollte aber auch nicht sagen, dass Guericke mit seinen Erkenntnissen seiner Zeit voraus gewesen sei. Eine solche Formulierung wird seiner Leistung nicht gerecht.

Betonen sollte man vielmehr, dass Guericke, der in jeder Hinsicht ein Kind seiner Zeit war, in seiner Zeit und mit den Mitteln seiner Zeit Erkenntnisse gewonnen hat, die über das Niveau seiner Zeit hinausführten. Das haben nämlich alle getan, die einen Fortschritt herbeigeführt haben.

Jede Zeit enthält die Möglichkeiten, die Erkenntnisse und Materialien, die es erlauben, über den Stand der Erkenntnisse dieser Zeit hinauszukommen.

In diesem Zusammenhang sei bemerkt, dass Guericke's Werk zwar nicht die verdiente Beachtung gefunden hat bei seinen Zeitgenossen, dass aber auch niemand aufgetreten ist mit dem Versuch, ihn zu widerlegen. Auch Leibniz hat das nicht getan, sondern nur weitere Aufklärung haben wollen.

Das spricht dafür, dass Guericke seine Thesen und Lehren so umfassend begründet hat, dass "unmöglich zu contradicieren". Es sind die begrifflichen und Vorstellungsschwierigkeiten gewesen, die eine weitere Beachtung behindert haben.

In der Folgezeit kam noch etwas anderes hinzu. Zur Zeit Guericke's, als die neuere Naturforschung um ihre Anerkennung zu kämpfen hatte und ebenso auch die neuere Philosophie, gab es vielfach ein Zusammengehen der beiden Gebiete, gab es viele, die beide Gebiete gleichzeitig vertraten.

Die bekanntesten Beispiele dafür sind Descartes und Leibniz.

Beide sind aber mit einem besonderen philosophischen System aufgetreten, andere gleichfalls. Nun hat Guericke zwar einen sehr klaren philosophischen Standpunkt gehabt und ihn in seinem Werk auch vertreten, besser gesagt, angewendet. Aber ein besonderes System hat er nicht geschaffen. Die Philosophie hat er als die Theorie der Naturforschung angesehen und behandelt.

Bei dem sehr großen Interesse der Zeitgenossen für die Philosophie, für neue Systeme der Philosophie hätte er bestimmt mehr Anklang, eventuell auch Widerspruch gefunden, wenn auch er ein Philosophiesystem angeboten hätte.

Nach dem Durchbruch und dem endgültigen Sieg der neueren Naturforschung hörte das Zusammengehen von Naturforschung und Philosophie mehr und mehr auf. Darauf hat schon Engels hingewiesen, indem er schrieb:

"Die Metaphysik war im 17. Jahrhundert (man denke an Descartes, Leibniz etc) noch versetzt mit positivem, profanem Gehalte. Sie machte Entdeckungen in der Mathematik, Physik und anderen bestimmten Wissenschaften, die ihr anzugehören schienen. Schon Anfang des 18. Jahrhunderts war dieser Schein vernichtet, Die positiven Wissenschaften hatten sich von ihr getrennt und selbständige Kreise gezogen. (In "Die heilige

Familie"))

Für die nun sich entwickelnde, stark empiristische Betrachtungsweise in den Naturwissenschaften, bei der die Fakten mehr galten als die Theorie, war das Werk Guericke zu philosophisch oder zu "spekulativ" geworden. Wenn in der Reihe "Ostwalds Klassiker der exakten Wissenschaften" von den 7 Büchern des Werkes von Guericke nur eins, und zwar das dritte, mit "Die eigenen Versuche" überschriebene, übersetzt und aufgenommen wurde, dann ist das ein bezeichnender Ausdruck dieser empiristischen Bewertung.

In diesem 1894 erschienenen Band der Reihe ist in der Einführung auch kaum auf den Inhalt der übrigen 6 Bücher des Werkes eingegangen, so dass der Leser sich eine zutreffende Vorstellung hätte machen können.

Und die Philosophie hat sich seit dem 17. Jahrhundert mehr und mehr nicht nur von den Naturwissenschaften getrennt, sondern in idealistischer Richtung entwickelt, vor allem in Deutschland.

Diese Entwicklung gipfelte in der Philosophie Hegels. Guericke's philosophischer Standpunkt war aber stark materialistischer Natur wie übrigens bei den meisten seiner naturforschenden Zeitgenossen.

Der sich entwickelnde Idealismus in der Philosophie sah natürlich auch keinen triftigen Grund, im Werk von Guericke gerade diesen materialistischen Charakter herauszuarbeiten und zu würdigen. So blieb es auch hier bei der Nichtbeachtung.

Wenn sein Name dennoch bis in unsere Zeit hinein lebendig geblieben ist, dann verdankt dies Guericke seinen aufsehenerregenden und öffentlich vorgeführten Versuchen. Die öffentliche Vorführung war durchaus nicht üblich, sie entsprach aber dem Übergang zur Landessprache anstelle des Lateinischen, die z. B. Giordano Bruno, Galilei und andere verwendet haben, um ein breiteres Publikum, um auch die interessierten Laien anzusprechen.

Dieses Ziel ist auch in allen Fällen erreicht worden und drückt das weit verbreitete Interesse an den Fragen der Wissenschaft aus, auf das eingangs schon hingewiesen wurde,

Guericke hat sich ferner bekannt gemacht durch seine Luftpumpe und seine Schwefelkugel als Vorform der späteren Elektrisiermaschinen. Auf die Auswirkungen der Luftpumpe und der abgewandelten Versuche nach der Vorführung der Magdeburger Halbkugeln sind wir schon eingegangen.

Wir haben auch schon auf die Auswirkungen auf die Entwicklung der Chemie zur Wissenschaft hingewiesen.

In bezug auf die Erforschung der Naturerscheinung "Elektrizität" hat Guericke's Schwefelkugel ebenfalls Schrittmacherdienste geleistet. Die intensivere Erforschung der Elektrizität setzte allerdings erst in der ersten Hälfte des 18. Jahrhunderts ein. Was Guericke bereits entdeckt, aber nicht weiter untersucht hatte, wurde erneut entdeckt und nun genauer untersucht.

Es sind aber nicht nur die konkreten Entdeckungen zu beachten, die diese Geräte ermöglicht haben. Man muss als Auswirkung auch ansehen, dass Guericke - und natürlich

auch andere - dem Experiment und dem eigenen Experimentieren ein so breites Interesse erweckt haben.

Wie schon gesagt wurde, war das Experiment in dieser neuen Form als Frage an die Natur noch neu und ungewohnt.

Andererseits hat es den Sieg der neueren Naturforschung sehr wesentlich gefördert und ihre Überlegenheit über die Scholastik erwiesen und herbeigeführt. In dieser Hinsicht hat Guericke besonders viel beigetragen, mehr als die meisten seiner naturforschenden Zeitgenossen.

In der Folgezeit hat sich zur Befriedigung des Bedarfs an Geräten zur Durchführung eigener, privater Forschungen ein besonderes Gewerbe entwickelt, vor allem in Holland und in England, aber auch in Frankreich und im 18. Jahrhundert auch in Deutschland. Vorläufer des neuen Gewerbes waren die Instrumentenmacher, Feinmechaniker und Brillenmacher, die es zu Ausgang des Mittelalters schon gab. Die neuen Unternehmen gingen aber über den Rahmen von Zunftwerkstätten schon hinaus. Sie haben später nicht nur private Liebhaber der Naturforschung beliefert, sondern haben auch Voraussetzungen für die Entwicklung der experimentellen Naturforschung geschaffen.

Die Guerickesche Luftpumpe gehörte zum Grundstock der von diesen Betrieben des wissenschaftlichen Gerätebaus gelieferten Geräte.

Man kann somit zusammenfassend sagen, dass Guericke vor allem und fast ausschließlich durch seine Experimente und durch die von ihm erfundenen Geräte Einfluss auf die Entwicklung der Naturforschung in der Folgezeit genommen hat.

Man darf bei dieser Einschätzung aber nicht übersehen, dass Experimente und Geräte nicht die primären Anliegen Guericques gewesen sind, sondern erst im Gefolge seiner ursprünglichen Fragestellung entstanden sind. Die ursprüngliche Fragestellung betraf einen Gegenstand, der keine unmittelbare praktische Bedeutung hatte, allerdings eine sehr große ideologisch-weltanschauliche.

Insofern, d.h. über diese Geräte und Experimente, sind die theoretischen Überlegungen Guericques doch wirksam geworden, während sie direkt kaum die Beachtung gefunden haben, die sie schon allein wegen ihres Gegenstandes hätten finden müssen. Diese Unterschätzung hat sich bis in unsere Zeit fortgesetzt. Es ist höchste Zeit, sie zu überwinden.

Guericke war eine Forscherpersönlichkeit eigenen Typs. Er fällt aber damit nicht aus dem Rahmen seiner Zeit. Der schon erwähnte stark private Charakter der Naturforschung dieser Zeit hatte unter anderem zur Folge, dass auch die meisten anderen Pioniere der Naturforschung Forscher eigenen Typs gewesen sind, dass sich keiner mit irgendeinem anderen vergleichen lässt.

So hat sich der ungewöhnliche Reichtum dieser Zeit an bedeutenden Naturforschern - und Philosophen - ergeben.

Guericke lebte an einem Wendepunkt in der Entwicklung der Naturwissenschaft. Er hat an dieser Wende mit einem bedeutenden Beitrag mitgewirkt.

6 Literatur

Eine vollständige Übersetzung des Werkes ist unter dem Titel Otto von Guericke: Neue (sogenannte) Magdeburger Versuche über den leeren Raum, übersetzt und herausgegeben von Hans Schimank im VDI-Verlag, Düsseldorf 1969, erschienen.

In diesem Werk ist ein sehr umfassendes Literaturverzeichnis und eine Liste der in Guericke's Werk genannten Personen enthalten.

Über die Philosophie Otto von Guericke's ist Näheres zu finden in Alfons Kauffeldt: Otto von Guericke - Philosophisches über den leeren Raum, erschienen im Akademie-Verlag, Berlin 1968.

Über die diplomatische Tätigkeit und über seine Biographie orientiert das Buch von Friedr. Wilh. Hoffmann: Otto von Guericke - Bürgermeister der Stadt Magdeburg, Verlag von Emil Baensch, Magdeburg 1874,