

VOLKER BIALAS (München)

BOSCOVICH ALS INGENIEURWISSENSCHAFTLICHER GUTACHTER UND WISSENSCHAFTSINITIATOR

1. Einführung

Mit der vorliegenden Thematik werden hauptsächlich die praktischen Arbeiten von Boscovich im Zusammenhang mit der Begutachtung technischer Projekte und seine Tätigkeit als Initiator und Berater wissenschaftlicher Untersuchungen, vorzugsweise in der Astronomie und Geodäsie, behandelt. Dagegen werden in diesem Beitrag Inhalt und Wirkung seiner theoretischen Arbeiten, insbesondere seines Hauptwerkes „*Theoria philosophiae naturalis*“ von 1758, das einen neuen theoretischen Entwurf der Mikrostruktur der Materie und der Massenpunkt-Mechanik zum Inhalt hat, nicht erörtert.

Bedenken wir, daß Boscovich nicht weniger als vier Jahrzehnte als Gutachter auf den Gebieten des Wasserbauwesens und der Baustatik mit großem Erfolg tätig war, so haben wir es hier überhaupt mit einem Schwerpunkt seiner Tätigkeiten, der gesondert zu würdigen ist, zu tun.

Allerdings war die Ausführung derartiger praxisbezogener Arbeiten durch Theoretiker der sich herausbildenden exakten Naturwissenschaften um 1750 nicht ungewöhnlich. So legte beispielsweise der Jesuit Leonardo Ximenes, Professor für Geographie und Mathematik, Gründer einer Sternwarte in Florenz und zugleich Boscovichs größter Rivale auf dem Gebiet der Hydrodynamik, zahlreiche Gutachten über die Regulierung von Flüssen und über die Schiffbarkeit des Po vor. Noch fehlte es jedoch an speziellen ingenieurwissenschaftlichen Ausbildungsstätten, wie sie für die neuen technischen Großprojekte der sich herausbildenden Industriegesellschaft bald erforderlich waren.

Boscovich, im Jahr 1740, also bereits im Alter von 29 Jahren, auf den Lehrstuhl für Mathematik am *Collegium Romanum* berufen, wurde bald darauf durch Vermittlung von Kardinal Valenti Gonzaga von Papst Benedikt XIV. (1740–1758) mit der Bearbeitung ingenieurwissenschaftlicher Arbeiten beauftragt, später auch von dessen Nachfolger Klemens XIII. (1758–1769), von Kaiserin Maria Theresia (1740–1780) und anderen Potentaten.

2. *Boscovich als baustatischer Gutachter*

Mit derartigen technisch-wissenschaftlichen Problemstellungen verbanden sich für Boscovich häufig diplomatische Aufgaben, wie beispielsweise bei der Entscheidung über das Ozzeri-Projekt in Wien im Jahr 1757. Dabei ging es um einen Streit wegen einer Drainage in der Grenzregion zwischen der habsburgerischen Toscana und der Republik Lucca, die Boscovich als ihren Sachverständigen gewann und an den Kaiserlichen Hof schickte. Es sollte ein neuer Kanal, der vom Lago di Bientina gespeist werden sollte, durch die Ebene von Luccese und die Stadt Lucca geführt werden und einen Teil des bereits bestehenden Kanals von Ozzeri miteinbeziehen.¹ Sein Gegenspieler, der die Interessen der Toscana verteidigte, war der schon genannte Leonardo Ximenes (1716–1786). Boscovich gewann in diesem Streit und erhielt daraufhin von der Republik Lucca im selben Jahr 1757 den Adelstitel verliehen, den Boscovich aber nach den Bestimmungen seines Ordens nicht annehmen durfte.

¹ Guiseppe Ruggiero BOSCOVICH, *Riflessioni sulla relazione dell' abato Ximenes, appartenente al progetto d' un nuovo Ozzeri nello stato Lucchese*. In: *Opere Idrauliche* 1823, 199–226; hier No. 4 auf 199–200.

Zu dieser Zeit hatte sich Boscovich auf dem Gebiet der Baustatik bereits einen Namen gemacht, vor allem durch eine Expertise über die Stabilität und die Bauschäden der Kuppel der Peterskirche in Rom des Jahres 1742, die er im Auftrag des Papstes gemeinsam mit den Mathematikern François Jacquier und Thomas Le Seur ausführte.² (Abb. 1)

Das Ungewöhnliche in der Vorgehensweise dieser Arbeiten, die von Boscovich geleitet wurden, bestand darin, daß nicht allein von den Erfahrungsregeln der Baufachleute ausgegangen wurde, sondern die Standfestigkeit des Bauwerkes auch nach wissenschaftlichen Methoden geprüft wurde. Dementsprechend stand am Anfang der Untersuchung eine Art Rechtfertigung der neuen Methode gegenüber den Praktikern:

„Wir sind vielleicht verpflichtet, uns bei den vielen zu entschuldigen, die nicht nur die Praxis der Theorie vorziehen, sondern überhaupt allein die Praxis für notwendig und angebracht halten, die Theorie dagegen für schädlich.“³

Die Berechnung lief darauf hinaus, die Größe des Horizontalschubs der Kuppel, dem die eingebauten eisernen Zugringe standzuhalten hatten, zu bestimmen. Das zugrunde liegende statische Prinzip, schon Leonardo da Vinci bekannt, lautete:

„(Die einfache Maschine), die imstande ist, ein Gewicht G um die Höhe h zu heben, kann auch ein Gewicht $n \cdot G$ um die Höhe $\frac{1}{n} \cdot h$ heben.“

Bei Boscovich resultiert aus diesem Prinzip die folgende dynamische Gleichgewichtsbedingung:⁴

*Zwei gegeneinander gerichtete Kräfte sind dann im Gleichgewicht, wenn die Geschwindigkeit der Bewegung der ersten infolge der Wirkung der zweiten größeren Kraft um so viel größer ist als die Geschwindigkeit der zweiten Kraft (wie die zweite Kraft an sich größer als die erste ist). Daraus folgt also, daß die Energie oder das Moment einer Kraft mit der Geschwindigkeit wächst oder sich verringert. Seine Größe ergibt sich aus dem Produkt Kraft mal Weg, der bei geringerer Intensität der eigenen Richtung entgegengesetzt ist und, wenn die Intensität höher ist, gleiche Richtung hat.*⁵

Für den tatsächlichen Verlauf der Risse aufgrund der Bewegung der Kuppel wurde dann ein graphisches Schema aufgestellt, aus dem auf geometrischem Wege das Verhältnis der Verschiebungswege der Massen des Bauwerkes und der sich dehnenden eisernen Zugringe entnommen wurde. Als Ergebnis wurde schließlich der Einbau weiterer Eisenringe für notwendig erachtet. Dieser Vorschlag wurde dann etwa zwei Jahre später vom Architekten Luigi Vanvitelli (1700–1773) ausgeführt. Mit dieser Expertise über die Schäden der Peterskirche und deren Behebung, so fragwürdig sie auch den Praktikern unter den Bauleuten erschien, hatte Boscovich alle Kriterien erfüllt, die zu dieser Zeit an einen Sachverständigen zu stellen waren.

Allgemein gesagt ist ein Sachverständiger derjenige, der über einen Sachverhalt zuverlässig Auskunft geben kann und zur Lösung des Problems das Objekt selbst in Augenschein nimmt. Dabei sollte er über den Wissensstand seiner Zeit verfügen, um der Problemstel-

² Roger Joseph BOSCOVICH, Parere di tre Matematici sopra i danni, che si sono trovati nella cupola di S. Pietro sul fine dell' Anno MDCCXLII. Di nostro Signore Papa Benedetto XIV.

³ Zitiert nach: Hans STRAUB, Boscovich und die Anfänge der Baustatik. In: Actes du Symposium International R.J. Bošćović 1959, Livre 1 (Beograd 1959) hier 206.

⁴ BOSCOVICH, Parere (Anm. 2) p. XXVI.

⁵ *Due forze, che contrastano insieme, allora sono in equilibrio, quando la velocità del moto, che far dovrebbe la prima contro la direzione sua propria nell' essere superata dalla seconda, tante volte è più grande della velocità, che la seconda avrebbe pur nella propria sua direzione, quante volte la seconda forza considerata in sé stessa, è maggiore della prima. Quindi ne viene che l'energia, o l momento, di una forza cresce o scema, quanto pur cresce o scema la spiegata velocità, e per avere la sua misura conviene moltiplicar esse forza per la via, che contro alla sua propria direzione farebbe se fosse vinta, e a seconda della medesima, se vincitrice.*

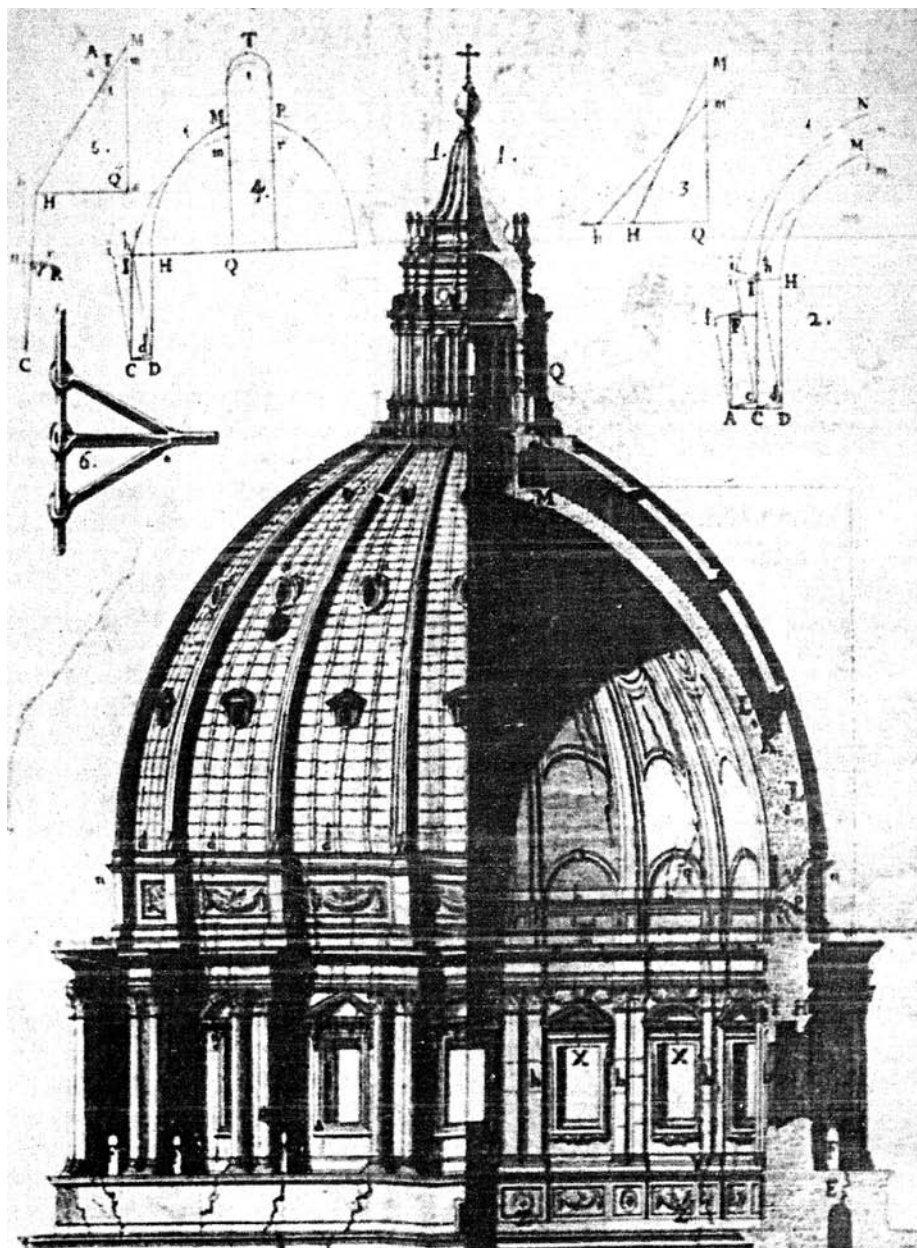


Abb. 1. Die Kuppel von St. Peter zu Rom. Boscovichs geometrische Figuren zur mathematischen Analyse der Risse. (Aus: Žarko DADIĆ 1990.)

lung optimal gerecht werden zu können. Des Weiteren muß er den Mut haben, vielleicht auch neue Wege einzuschlagen. Schließlich soll er die Bewertung des Problems und die von ihm gefundene Lösung in möglichst objektiver Form vorlegen.⁶

⁶ Ulrich SANNER, Ein Bild des Sachverständigen in Geschichte und Gegenwart (Kippenheim 1986).

Es war daher nicht überraschend, daß Boscovich bald nach seiner Ankunft in Wien am 6. April 1757 von Kaiserin *Maria Theresia* mit einem neuen baulichen Gutachten, das schadhafte Bauwerk der Hofbibliothek betreffend, beauftragt wurde. Dieser Bau wurde von Kaiser Karl VI. (1711–1740) im Jahr 1722 in Auftrag gegeben und nach Plänen von Johann Bernhard Fischer von Erlach (1656–1723) von seinem Sohn Joseph Emanuel Fischer von Erlach (1693–1742) in den Jahren 1723–1726 errichtet.

In diesem Zusammenhang ist beachtenswert, daß Kaiser Karl VI. für die neue Bibliothek eine Benützungordnung erließ, in der es u.a. heißt:

„Kaiser Karl, Sohn des erhabenen Leopold Augustus, widmet allgemeiner Nutzung seine Bibliothek. Niemand soll heimlich eintreten, noch Hand an die Bücherschränke legen ... Der Benützer braucht nicht zu bezahlen, er soll reicher von dannen gehen und öfter wiederkehren.“⁷

Für Boscovich war evident, daß die sichtbaren Risse und Sprünge eine Instabilität der Fundamente des Bauwerks erkennen ließen. Sie wiesen nach seinen Beobachtungen eine Abweichung von 12 Zoll gegen die Lotrichtung auf.⁸ Insbesondere bestand die Gefahr des Einsturzes des Prunksaales bereits drei bis vier Jahrzehnte nach seiner Erbauung. Entgegen den Angaben in neueren Biographien hat Boscovich keine Denkschrift über die Hofbibliothek im Jahr 1757 oder 1758 veröffentlicht, sondern eine handschriftlich ausgefertigte Expertise *Maria Theresia* zum 46. Geburtstag „am glücklichen Jahrestag ihrer Geburt“, also am 13. Mai 1763, überbracht. Diese Handschrift findet sich heute noch im Handschriftenbestand der Österreichischen Nationalbibliothek.⁹ Auf dem Titelblatt dieser 18seitigen Schrift mit dem Titel „Scrittura sulli danni osservati nel' edificio della Bibliotheca Cesarea di Vienna“ (Schrift über die festgestellten Schäden am Bauwerk der Kaiserlichen Bibliothek zu Wien) vergleicht Boscovich die erforderliche Stabilität der Bibliothek mit dem von den Göttern gesegneten Leben der „Großen Theresia“ (Abb. 2, Titelblatt).

Die Schrift selbst ist nach dem Vorbild der früheren Expertise über St. Peter zu Rom angelegt. Sie behandelt nach der baulichen Beschreibung der Bibliothek systematisch

- unter § 1 die festgestellten Schäden des Bauwerks;
- unter § 2 das System der erfolgten Bewegungen in diesen Teilen;
- unter § 3 die Ursachen der erfolgten Bewegungen und
- unter § 4 die Hilfsmittel, die Schäden zu beseitigen.

Auch hier verwendet Boscovich zur Lösung eines baustatischen Teilproblems eine einfache vektorielle Kräfteanordnung in graphischer Form.¹⁰ Indessen ist auch bei dieser Expertise von Boscovich zu berücksichtigen, daß noch andere Fachleute mit dem baulichen Zustand der Bibliothek beschäftigt waren. So war seit 1760 Nicolas Paccassi (1716–1790), der Hofarchitekt und Nachfolger Fischer von Erlachs, mit den baulichen Problemen der Hofbibliothek befaßt. Paccassi gilt als der repräsentativste österreichische Baumeister der Theresianischen Zeit. Er machte sich u.a. mit dem Umbau von Schönbrunn einen Namen und war seit 1768 Mitglied der Wiener Akademie der Bildenden Künste. Boscovich beriet

⁷ Zitat nach Irina KUBADINOW, Die Österreichische Nationalbibliothek (München 2004) 20.

⁸ No. 15 in der Wiener Hs., Österreichische Nationalbibliothek, Cod. 13989 (vgl. Anm. 9).

⁹ Die Hs. ist enthalten als Cod. 13989 in t. VII (1875) der Handschriftensammlung. Sie ist nachgewiesen bei Carlos SOMMERVOGEL, Bibliothèque de la Compagnie de Jésus, Vol. I, Bruxelles 1890, allerdings mit dem falschen Jahresvermerk 1783.

¹⁰ Der Verfasser dankt der Handschriftensammlung der Österreichischen Nationalbibliothek für die Überlassung einer Kopie des Originalgutachtens von Boscovich wie auch ihrem Direktor, Herrn Dr. Andreas Fingernagel, für die Erlaubnis, die Titelseite hier zu reproduzieren.

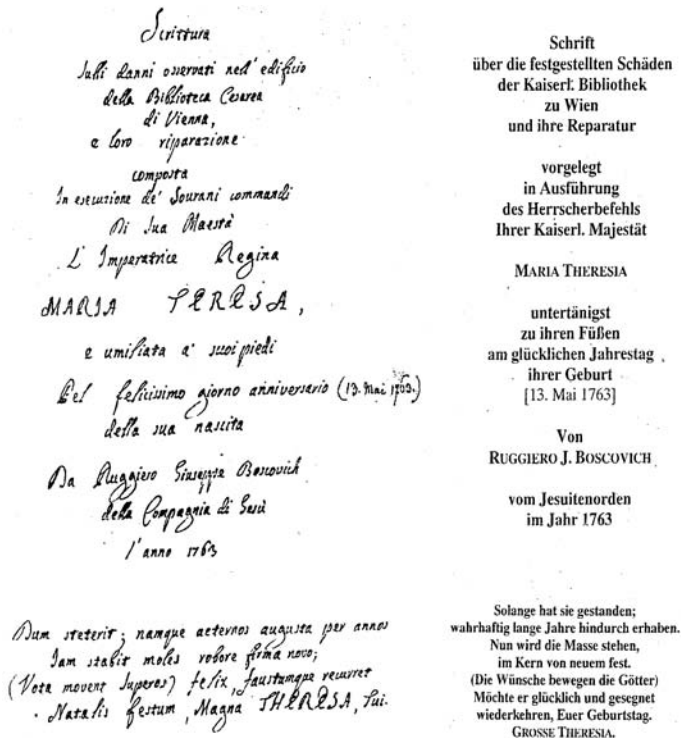


Abb. 2: Boscovichs Denkschrift über die Schäden der Hofbibliothek zu Wien.
 (Hs. Wien, Österr. Nat.bibl. Cod. 13989, No. 72.)¹¹

Paccassi in baustatischen Fragen.¹² Er überbrachte seine *Scrittura* am 13. Mai 1763. Paccassi brachte eine eigene Denkschrift zum selben Gegenstand nur wenige Wochen später am 8. Juni desselben Jahres heraus. Boscovich erwähnt ausdrücklich die als „Risse“ bezeichneten architektonische Zeichnungen von Paccassi¹³, während dieser seinerseits die Zusammenarbeit mit Boscovich in seiner Denkschrift hervorhebt:

... Dies ist mein gedanckhen, wie ich es in jtaliano den P. Boscovich samt denen Rissen gegeben, so daß mehrere anzeigen, worüber er seine Meinung Ihro Mayt: behändiget; Er hat mir Beydes zurück gestöllet, so ich in allenfahl Ihro Mayt: und Euer Exzellenz [Generalhofbaudirektor Losy v. Losynsthal] aufweisen köne ...¹⁴

Beide Memoranden waren dann die Grundlage für die bald darauf begonnene Renovierung. Dafür erhielt Paccassi 46.000 fl. ausbezahlt. Zunächst wurden die Kelleröffnungen vermauert. Des Weiteren wurden die Vierungspfeiler mit Gurtbögen aus Stein versehen, und die Kuppelschale erhielt Eisenschließen, um so das Gewicht der Kuppel besser auszugleichen und vorhandene Mauer Schäden zu beheben. Im Zuge dieser Renovierung wurde

¹¹ Ms. Cod. 13989 (Anm. 8), No. 72.

¹² Josef STUMMVOLL (Hrsg.), Geschichte der Österreichischen Nationalbibliothek. Erster Teil: Die Hofbibliothek (1368–1922) (Wien 1968) 245.

¹³ Ms. Cod. 13989 (Anm. 8), No. 76.

¹⁴ Robert TEICHL, Die Rettung des Prunksaals der Wiener Hofbibliothek durch Nicolas Paccassi. In: Josef Stummvoll (Hrsg.), Die Österreichische Nationalbibliothek. Festschrift für Josef Bick (Wien 1948) 616.

auch das heutige Treppenhaus erbaut.¹⁵ Insgesamt spielte hier bei den baustatischen Untersuchungen die wissenschaftliche Begründung aber eine geringere Rolle als in der Expertise von Boscovich über den baulichen Zustand der Kuppel von St. Peter.

3. Boscovich als Hydroingenieur

Der andere große Aufgabenbereich von Boscovichs Gutachtertätigkeit umfaßte hydraulische Untersuchungen hauptsächlich der Jahre 1751–1774 und betraf natürliche Gewässer, Sumpfe und künstliche Wasserbauwerke, wie Kanäle, Brunnen und Hafenanlagen (vgl. *Übersicht 1*).¹⁶

Jahr	Projekt / Veröffentlichung
1751	Über Schäden der hölzernen Hafenmole vom Fiumicino, dem schiffbaren Arm des Flusses Tiber
1756/ 57	Das Ozzeri-Projekt. Die Kontroverse über die Fluten in der Grenzregion zwischen Lucca und der Toscana
1764	Hydrologische Untersuchung zur Trockenlegung der Pontinischen Sumpfe, mit Einschluß der Bewertung eines früheren Projekts von Manfredi und Bertaglia
1764	Über die Dämme entlang des Flusses Po
1764	Über die Ursachen des Hafens von Rimini. Publikation: <i>Del Porto di Rimini. Memorie (1765)</i>
1765	Publikation: <i>Wissenschaftlicher Brief über die Prinzipien der Hydrodynamik</i> , in: <i>Antonio Lecchi, Idrostatica</i> .
1766	Bericht über die Fluten in der Perugia-Region
1771	Über Schäden am Hafen von Savona
1771	Bericht über den Fluß Tidone in der Piacenza-Region
1772	Über die Renovierung der Brunnen von Perugia
1773	Über die Mündung des Flusses Adige. Vergleich mit den Vorschlägen von Antonio Lorgna und Šimun Stratik für die Verbesserung des Flußbettes
1774	Instruktionen für die Drainage der Pontinischen Sumpfe

Übersicht 1: Boscovichs Arbeiten
als Hydroingenieur.

Auch hier bildete die Verbindung von Mechanik und Geometrie, wie Boscovich bereits zu Beginn seiner Lehrtätigkeit am Collegium Romanum in einem Brief an den Vater eines Studenten hervorhob, einen wichtigen Ansatzpunkt für die Bearbeitung hydromechanischer Probleme.¹⁷ Ihm ging es um die Weiterentwicklung der *Mathesis mixta*, der Angewandten Mathematik, bei der Bearbeitung von Problemstellungen des sich zu dieser Zeit herausbildenden und gegen Ende des Jahrhunderts sich auch im zivilen Bereich institutio-

¹⁵ STUMMVOLL, Geschichte der Österreichischen Nationalbibliothek (Anm. 12).

¹⁶ Übersicht nach: Ivica MARTINOVIĆ, Ruder Bošćović's expert analyses in Hydraulic Engineering. In: Valentin POZAIĆ (Hrsg.), Jesuits among the Croats. Proceedings of the international Symposium: Jesuits in the religious, scientific and cultural life among the Croats, October 8–11, 1990 (Zagreb 2000), 66f.

¹⁷ MARTINOVIĆ, Ruder Bošćović's expert analyses in Hydraulic Engineering (Anm. 16), S.66.

nalysierenden Ingenieurwesens. Trotz der zahlreichen wasserbautechnischen Projekte, die Boscovich begutachtete oder bearbeitete, wurden zu seinen Lebzeiten auf dem Gebiet der Hydraulik nur zwei Arbeiten veröffentlicht. Das war einmal ein Beitrag über die Prinzipien der Hydrodynamik für ein Werk über Hydrostatik des befreundeten Paters Antonio Lecchi (1702–1776). Darin erörterte Boscovich in der Form eines wissenschaftlichen Briefes an Lecchi die geometrische Darstellung der Durchschnittsgeschwindigkeit einer Flüssigkeit.¹⁸ Auch hier wie schon bei der Lösung baustatischer Probleme ist für Boscovichs Vorgehensweise charakteristisch, daß er nicht den Calculus der Infinitesimalrechnung benutzte, sondern die geometrische Methode von unendlich kleinen Größen, die für ihn „die Macht der Geometrie verkörperte“.¹⁹

Das andere, mehr empirische Projekt, das zu einer Publikation führte, betraf die Untersuchung der Schäden des Hafens von Rimini (*Abb. 3*).

Seine sorgfältigen Studien der örtlichen Gegebenheiten umfaßten Messungen der Tiefe des Hafens sowie Beobachtungen der Strömungen, der Phänomene der angrenzenden Küsten und der Wirkungen des Meeres. Ebenso berücksichtigte er die Erfahrungen der Hafenvärter, der hafenkundigen Fischer und Seeleute. Über seine Expertise fertigte Boscovich eine schriftliche Ausarbeitung an, die der üblichen Systematik folgte:

Articulo Primo: Über den früheren und gegenwärtigen Zustand des Hafens.

Articulo Secondo: Über die Ursachen der Schäden des Hafens.

Articulo Terzo: Über die Abhilfen der Schäden.²⁰

Die Hauptbedrohung erkannte Boscovich in der unheilvollen Tätigkeit des Flusses Marecchia, der eine Verschlammung an seiner Mündung verursachte und so durch die entstehenden Sandbänke den Hafen praktisch verriegelte.

Fragen wir abschließend für diesen Teil nach den wesentlichen Merkmalen von Boscovichs ingenieurwissenschaftlichen Gutachtertätigkeit. Immer wieder hat es Boscovich verstanden, über eine bloß empirische Vorgehensweise auch mathematische Prinzipien der theoretischen Mechanik in geometrischer Form in Anwendung zu bringen. Davon zeugen beispielsweise die Berücksichtigung der Gleichgewichtsbedingung gegeneinander wirkender Kräfte bei der baustatischen Untersuchung der Verschiebungswege der Massen des betreffenden Bauwerks wie auch die Anwendung der mathematischen Eigenschaften einer Zykloide bei der Erklärung der Verhältnisse der Wasserbewegung im Hafen von Rimini. Gewiß beschränkt Boscovich dabei auch neue Wege. Jedoch waren bei der Lösung baustatischer und hydraulischer Probleme auch andere Gelehrte erfolgreich tätig, und der Name Boscovich würde kaum unter den Namen anderer Ordensbrüder, wie Leonardo Ximenes, Antonio Lecchi und Francesco Puccinelli, hervorleuchten, würde man nicht auch seine überragenden mathematisch-naturwissenschaftlichen Arbeiten auf den Gebieten Physik, Geodäsie, Astronomie und instrumentelle Optik berücksichtigen. Gerade seine hervorragenden astronomischen und geodätischen Kenntnisse haben Boscovich dazu geführt, internationale wissenschaftliche Projekte zur weiteren Beförderung dieser Wissenschaften zu initiieren. Davon soll nun noch die Rede sein.

¹⁸ Lettera del Padre Boscovich sulli principi ... in: Antonio LECCHI, *Idrostatica* ..., (Milano 1765) 319–345.

¹⁹ Željko MARKOVIĆ, Boščović, Rudjer J. In: *Dictionary of Scientific Biographies*, Vol. 2 (New York 1970) 330.

²⁰ Del porto di Rimini. Memorie del Padre Rugiero Guiseppe Boscovich. In: *Opere Idrauliche 1823*, 345–408. Vgl. auch MARTINOVIĆ, Ruder Boščović's expert analyses in Hydraulic Engineering (Anm. 16).

DEL PORTO
DI RIMINI
MEMORIE
DEL PADRE
RUGGIERO GIUSEPPE
BOSCOVICH
DELLA COMPAGNIA DI GESU'.



IN PESARO, MDCCLXV.

PRESSO DONNINO RICCI.
CON LICENZA DE' SUPERIORI.

Abb. 3: Boscovich, Del porto di Rimini, 1765.

4. *Boscovich als Initiator astronomischer und geodätischer Projekte*

Um 1750 befand sich die Astronomie in einer Phase rascher Entwicklung, in der sich mit der Himmelsmechanik und der Stellarastronomie zwei klassische Zweige der Astronomie herausbildeten. In der Himmelsmechanik ging es darum, auf der Grundlage der Newtonschen Mechanik und vorzugsweise mit Hilfe der algebraischen Methode der Analysis zu einer genauen Berechnung der Bewegungen der Himmelskörper und ihrer Örter an der Himmelssphäre für beliebige Zeitpunkte zu gelangen. Auf diesem Gebiet waren die Arbeiten französischer Astronomen und Mathematiker von überragender Bedeutung, während Boscovich, der den Calculus in algebraischer Form nicht benutzte, vergleichsweise wenig zu den neuen Erkenntnissen beitrug.

Immerhin entwickelte er Methoden zur Berechnung von Kometen- und Asteroiden-Bahnen aus drei Beobachtungen und beeinflusste damit einschlägige Arbeiten von Gauß und Laplace.²¹ In kosmologischen Fragen verfolgte er, ohne jedoch bei seinen Zeitgenossen Zustimmung zu finden, physikalisch-relativistische Ansätze und vermutete Abweichungen von Newtons Gravitationsgesetz bei großen Distanzen.²²

Größere Beiträge von Boscovich liegen für die Stellarastronomie vor, und auf diesem Gebiet konnte er sowohl mit französischen wie auch mit britischen Astronomen, die sich besonders durch ihre Beobachtungstätigkeit und neue Entdeckungen am Sternenhimmel auszeichneten, in näheren Kontakt treten. Eine von Boscovich mehrfach behandelte Problemstellung betraf die Dimensionierung des Sonnensystems oder die Bestimmung der Sonnenparallaxe. Dazu hatte bereits im Jahr 1716 Edmund Halley eine Methode publiziert, bei einem scheinbaren Durchgang oder Transit der Venus durch die Sonnenscheibe die Momente des Eintritts und Austritts der Venus von verschiedenen Orten der Erde aus zu beobachten. Dabei sind der mittlere Erdradius und die Sonnenparallaxe, also der Winkel, unter den der Äquatordradius der Erde vom Mittelpunkt der Sonne aus erscheinen würde, die wesentlichen numerischen Daten. Die Beobachtung des Planeten gestattet dann nach dem 3. Keplerschen Gesetz die Berechnung der Entfernung Erde-Sonne, also der astronomischen Einheit.²³ Zu diesem Thema veröffentlichte Boscovich im Jahr 1737 eine Arbeit über einen Merkur-Transit,²⁴ die ihn als Astronomen bekannt machte.

Während eines Aufenthalts in England im Jahr 1760 legte er der Royal Society in London eine Abhandlung über den nächsten Venus-Transit des Jahre 1761 vor und machte Vorschläge, an welchen Orten zweckmäßigerweise beobachtet werden sollte, so u.a. auch in Konstantinopel.²⁵ Seine Absicht, diesen Venus-Durchgang in Konstantinopel am 6. Juni 1761 selber zu beobachten und seine Beobachtungen mit denen anderer Astronomen an anderen Orten zu vergleichen, ließ sich allerdings nicht realisieren. Er wollte mit dem neuen Venezianischen Botschafter Pietro Correr (1707–1768), der die Schiffsreise vorbereitete, reisen. Doch dieser, aufgehalten durch andere Angelegenheiten, verspätete sich erheblich, so daß der Zielort erst im September 1761, also drei Monate nach dem astronomischen

²¹ Zdenek KOPAL, The astronomical contributions of R. J. Bošković. In: *Actes du Symposium International R. J. Bošković* 1958, Livre 1 (Beograd 1959) 59–65.

²² A. POLIKAROV, Zum heutigen Stand des kosmologischen Problems. In: *Actes du Symposium International R. J. Bošković* (Dubrovnik 1961) Livre 2 (Beograd 1962).

²³ Volker BIALAS, Vom Himmelsmythos zum Weltgesetz. Eine Kulturgeschichte der Astronomie (Wien 1998), 299f.

²⁴ Roger Joseph BOSCOVICH, De Mercurii novissimo infra Solem transitu. Dissertation habita in Seminario Romano SJ (Romae 1737).

²⁵ Roger Joseph BOSCOVICH, De proximo Veneris sub Sole transitu. In: *Philosophical Transactions*, Vol. 51 (1759/60), 865–888.

Ereignis, erreicht wurde. Über seine Rückreise auf dem Landweg veröffentlichte Boscovich dann einen detaillierten Reisebericht, der in verschiedene Sprachen übersetzt wurde.²⁶

Indessen war er nun in den Gelehrtenkreisen Englands soweit bekannt geworden, daß er für das Jahr 1769, in dem erneut ein Venus-Durchgang zu beobachten war, von James Douglas, dem Präsidenten der Royal Society, dazu eingeladen wurde, eine entsprechende Forschungsreise nach der damals noch spanischen Kolonie Kalifornien zu leiten. Um diese Zeit verschärfen sich jedoch die Spannungen zwischen Spanien und dem Jesuitenorden, so daß Boscovich vom Kaiserlichen Hof in Wien die notwendige Genehmigung der Reise verweigert wurde. Dafür ausschlaggebend war das negative Votum des Österreichischen Staatskanzlers Wenzel Anton v. Kaunitz (1711–1794), der als Wegbereiter der Aufklärung in Österreich gilt. Graf v. Kaunitz entwickelte zu dieser Zeit Pläne zu einer grundsätzlichen Reform im Verhältnis von Staat und Kirche zugunsten des Staates und schaffte 1768 die Steuerfreiheit des Klerus ab.

Boscovichs astronomische Arbeiten waren von Anfang an stark praxisbezogen. Bereits in einer frühen Arbeit des Jahres 1742 erörterte er die Konstruktion und Genauigkeit verschiedener astronomischer Instrumente, wie Fernrohr mit Mikrometer, Quadrant und Pendeluhr.²⁷ So erfüllte er alle Voraussetzungen für den Aufbau und die Leitung einer neuen Sternwarte in Brera bei Milano, deren Gründung nicht nur im Interesse des dortigen Jesuitenkollegiums lag. Die Förderung der wissenschaftlichen Forschung, so auch auf dem Gebiet der Astronomie, wurde ebenso von dem für die Lombardei zuständigen Wiener Hof unterstützt, der unter dem Einfluß der Ideen des aufgeklärten Absolutismus eine Reform des Bildungswesens eingeleitet hatte. Zuständig für den Vollzug des Reformwerks des Staatskanzlers v. Kaunitz war der österreichische Botschafter in Neapel Graf Carl Joseph Gotthart Firmian (1718–1799), der seit 1756 auch für die Lombardei bevollmächtigt war.

Boscovich war ab 1764 bei der baulichen Konstruktion und der Organisation des Observatoriums maßgeblich beteiligt.²⁸ Für die Anfangsjahre entwarf er ein detailliertes Forschungs- und Beobachtungsprogramm, wobei er den Hauptakzent auf die Bestimmung der Koordinaten der Fixsterne im Äquatorsystem als verfeinertes Bezugssystem anderer zu beobachtender Himmelskörper legte. Als ein Beispiel aus seinem Forschungsprogramm, das weitere Forschungen initiierte, sei der Vorschlag eines Experimentes zur Bestimmung der Aberration des Lichtes genannt. Mit diesem astronomischen Terminus wird die Schwankung der Sternenerörter infolge der Überlagerung des Lichtes beim Durchgang durch den Tubus des Fernrohrs mit der Bewegung der Erde um die Sonne bezeichnet. Hierbei wollte Boscovich die Beobachtungen mit Hilfe eines normalen Teleskops mit denen eines zweiten mit Wasser gefüllten Teleskops vergleichen. Darüber schrieb er eine Mitteilung an seinen französischen Ordenbruder Joseph Jérôme Lalande, die dieser in seiner „Astronomie“ abdruckte.²⁹

Noch mehr als in der Astronomie fand der kroatisch-italienische Universalgelehrte sein genuines Arbeitsgebiet in der Geodäsie, und hier übte er einen erheblichen Einfluß auf die internationale Wissenschaft aus, so daß er als einer der führenden Geodäten seiner Zeit gelten kann. Die *Geodäsie*, die Wissenschaft der Erdvermessung, war seit den bahnbrechenden Arbeiten von Newton um das hydrostatische Prinzip erweitert worden, demzu-

²⁶ In deutscher Sprache erschien der Bericht durch Johann Gottlieb Emmanuel BREITKOPF (Hrsg.), Des Abt Joseph Boscovich Reise von Constatinopel durch Romanien, Bulgarien und die Moldau nach Polen. Aus dem Französischen (Leipzig 1779).

²⁷ Roger Joseph BOSCOVICH, De observationibus astronomicis et quo pertingat earundem certitudo. Dissertatio habita in Seminario Romano SJ (Romae 1742).

²⁸ Žarko DADIĆ, Ruđer Bošković. Kroatisch-Englische Ausgabe (Zagreb 1990) 133ff.

²⁹ KOPAL, The astronomical contributions of R. J. Bošković (Anm. 21) 1959.

folge die Oberfläche der Erde eine Fläche gleichen Potentials der wirkenden Kräfte, also eine Äquipotentialfläche, und der Erdkörper selbst eine Gleichgewichtsfigur darstellte. Die Massenzusammensetzung der oberen Erdschichten war für die Ausformung der Erdfigur von entscheidender Bedeutung gewesen. Daher mußten die geometrischen Parameter der Erde, wie Halbachse des Äquators und Abplattung an den Polen, mit den physikalisch-astronomischen Parametern, wie Schwere und Lotrichtungen in den Oberflächenpunkten, eng zusammenhängen.

Dementsprechend war empirisch nachzuweisen, daß bei einem an den Rotationspolen der Erde abgeplatteten Erdellipsoid sowohl die Länge des Sekundenpendels unter dem Einfluß wachsender Schwere als auch die Bogenlänge eines Meridiangrades vom Äquator zu den Polen hin zunehmen. Entsprechende Daten hat Newton unter Berücksichtigung neuerer Beobachtungen in der zweiten (1713) und dritten Auflage (1726) seiner *Principia* veröffentlicht (s. *Übersicht 2*).³⁰

Breite	Pendellänge		Länge eines Meridiangrades (in Toise) nach Newtons <i>Prinipia</i>	
	Fuß	Linien	2. Auflage	3. Auflage
0°	3	7,468	56909 t	56637 t
10	3	7,526	56931	56659
20	3	7,692	56996	56724
30	3	7,984	57096	56823
40	3	8,261	57218	56945
50	3	8,594	57348	57074
60	3	8,907	57470	57196
70	3	9,162	57570	57295
80	3	9,329	57635	57360
90	3	9,378	57657	57382

Übersicht 2: Empirischer Nachweis des abgeplatteten Erdellipoids.
Länge des Sekundenpendels und Größe der Meridiangrade nach Newton.

Von diesen neuen wissenschaftlichen Grundlagen ausgehend, schlug Boscovich vor, zur genauen Bestimmung der Erdfigur Meridianbogenmessungen in verschiedenen Regionen der Erde auszuführen, und zwar in möglichst fern von Gebirgen liegenden Ebenen, um den störenden Einfluß der Gebirgsmassen auf die Richtung der Lotlinien und damit auf die astronomisch-geodätischen Messungen gering zu halten.³¹

Seine Anregungen führten zu neuen, die aufgeworfenen Probleme aber nicht endgültig klärenden Meridianbogenmessungen durch Giovanni Batista Beccaria 1763/64 in Piemont bei Turin, durch Charles Mason und Jeremiah Dixon 1764–1768 in Nordamerika und durch Joseph Liesganig 1768 in Österreich/Ungarn. Boscovichs eigener bedeutender Beitrag war die in den Jahren 1750–53 gemeinsam mit seinem Ordensbruder Christopher Maire auf Anordnung von Papst Benedikt XIV. unternommene geodätische Vermessung des Kirchenstaates. Dadurch war er jedoch verhindert, an geodätischen Messungen in Brasilien teilzunehmen, die um diese Zeit auf Einladung des portugiesischen Königs von Jesuiten zur Ausarbeitung einer geographischen Karte ausgeführt werden sollten.

³⁰ Volker BIALAS, *Erdgestalt, Kosmologie und Weltanschauung. Die Geschichte der Geodäsie als Teil der Kulturgeschichte der Menschheit* (Stuttgart 1982), 112.

³¹ Christopher MAIRE, R.J. BOSCOVICH, *Voyage astronomique et géographique dans l'état de l'église* (Paris 1770) 36–37. Französische Übersetzung der lateinischen Ausgabe von 1755. Ein entsprechender Hinweis findet sich ebenso in: ZACHS *Monatliche Correspondenz* 8 (1803), 507–527 und 27 (1813), 272–281.

Damit ist der Abschluß dieser Übersicht über wichtige Arbeiten von Boscovich auf verschiedenen Gebieten der Ingenieurwissenschaften und der Naturwissenschaften erreicht. Wenn Leibniz am Beginn des 18. Jahrhunderts die Forderung erhoben hat, dass ein Fortschritt der Wissenschaften nicht anders als in der Einheit von Theorie und Praxis zu erreichen wäre, so hat Boscovich wie kaum ein anderer mit seinen vielfältigen Arbeiten seiner Zeit dem Leibnizschen Anspruch Genüge tun können.