Zeitschrift: L'Enseignement Mathématique

Herausgeber: Commission Internationale de l'Enseignement Mathématique

Band: 2 (1956)

Heft: 1-2: L'ENSEIGNEMENT MATHÉMATIQUE

Artikel: ÜBER JAKOB BERNOULLIS BEITRÄGE ZUR

INFINITESIMALMATHEMATIK

Autor: Hofmann, Jos. E.

Notizen: ANMERKUNGEN

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-32892

Nutzungsbedingungen

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

Conditions d'utilisation

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

Terms of use

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

Download PDF: 05.12.2025

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

ANMERKUNGEN

1 Jakob Bernoulli, Opera [=BKC], 2 Bände, Genf 1744. Die Seiten der beiden stattlichen Quartbände sind durchlaufend numeriert. Der erste Band umfasst viii+ 48+664 Seiten, der zweite Band einschliesslich des Titels S.665/1139. Einige Druckfehler sind auf S. 1140/41 verbessert. In dieser Ausgabe fehlt nur die Neuerfundene Anleitung, wie man den Lauff der Comet- oder Schwantz-sternen in gewisse grundmässige Gesätze einrichten und ihre Erscheinung vorhersagen könne, Basel 1681, und zwar ersichtlich deshalb, weil sie (bis auf das der deutschen Ausgabe beigegebene Prognosticon 15) in das viel weitergehende Conamen novi systematis cometarum..., Amsterdam 1682 übergegangen ist. Einige Einzelstücke aus den Opera sind in Ostwalds Klassiker [= OKl.] übergegangen, nämlich die 5 Dissertationen über unendliche Reihen (1689/1704), dtsch. v. G. Kowalewski, Leipzig 1909 (Nr. 171), ferner die Lösung der Aufgaben meines Bruders, dem ich zugleich dafür andere vorlege (Acta eruditorum [= AE] V 1697 = BKC, S. 768/75), dtsch. v. P. Stäckel in den Abhandlungen über Variationsrechnung I, Abhdlg. II, Leipzig 1894, 2 1914 (Nr. 46) und schliesslich Auszüge aus dem Schlussteil der Zweiten Abhandlung über die Differentialrechnung (AE VI 1691 = BKC, S. 451/52), aus der Abhandlung Über die Krümmung eines elastischen Bandes (AE VI 1694 = BKC, S. 576/600) und aus den Erklärungen, Zusätzen und Ergänzungen zu dieser Abhandlung (AE XII 1695 = BKC, S. 639/45), enthalten in den Abhandlungen über das Gleichgewicht und die Schwingungen der ebenen elastischen Kurven, dtsch. v. H. Linsenbarth, Leipzig 1910 (Nr. 175), S. 1/17 u. 100/121.

² Basel 1713. Als Anhang sind die 5 Abhandlungen über die Reihenlehre beigegeben. Eine von R. Haussner besorgte deutsche Übersetzung erschien in *OKl.* unter dem Titel Wahrscheinlichkeitsrechnung (Ars conjectandi), Leipzig 1899 (Nr. 107/08). Teile der Ars conjectandi sind auch in der frz. Übersetzung von L. G. F. Vastel (Buch I: Caen 1801 mit eingehenden Erläuterungen) und in engl. Übersetzung von Fr. Masères erschienen. Sie stehen in dessen Doctrine of permutations and combinations, London 1795,

S. 35/213 = Scriptores logarithmici III, London 1796, S. 23/133.

³ Enthalten in der von C. I. Gerhardt besorgten Ausgabe von Leibnizens mathematischen Schriften Berlin-Halle 1849/63 (7 Bände), im folgenden zitiert als LMG+ Bandnummer, hier LMG III $_1$, S. 1/110. Band III $_2$ ist fortlaufend durchnumeriert; deshalb werden wir stets als LMG III zitieren.

- ⁴ Enthalten in dem von der Naturforschenden Gesellschaft in Basel herausgegebenen und von Herrn O. Spiess besorgten *Briefwechsel von Johann Bernoulli*, I, Basel 1955 [=BJS], S. 96/120.
 - ⁵ BJS, S. 1/85.
- 6 Mskr. (LI a 3) der Basler Universitätsbibliothek, im folgenden stets zitiert als Med.
- ⁷ Hierunter sind zu erwähnen: a) Der Nachruf von J. Hermann für die AE, Beilage zum Brief an Leibniz vom 28.10.1705 (LMG IV, S. 288/92) und mit einigen von Leibniz vorgenommenen Textänderungen abgedruckt in AE I 1706 = Leibniz, Opera omnia, ed. L. Dutens, Genf 1768 (6 Bde), in Zukunft zitiert als LD + Bandnummer hier LD IV, S. 280/83.
- b) Die von J. Battier, einem Jugendfreund Jakobs, stammende und ersichtlich auf genauer Kenntnis vieler interessanter Einzelheiten fussende Vita (Rede vom 23.XI.1705 = BKC, S. 7/34).
- c) Die familiengeschichtlichen Studien von P. Merian, Die Mathematiker Bernoulli, Basel 1860.
- d) Die Darstellung in R. Wolf, Biographien zur Kulturgeschichte der Schweiz I, Zürich 1858.
- e) A. Speiser, Die Basler Mathematiker, 117. Neujahrsblatt, herausgg. von der Gesellschaft zur Beförderung des Guten und Gemeinnützigen, Basel 1939.
- f) O. Spiess, Die Mathematiker Bernoulli, Basler Universitätsreden Heft 24, Basel 1948.
- g) O. Fleckenstein, Johann und Jakob Bernoulli, Basel 1949 = Elemente der Mathematik, Beiheft 6.
 - 8 D. Schwenter: Erquickstunden: Deliciae mathematicae, Nürnberg 1636.
- ⁹ Jakob hatte damals keine Ahnung davon, dass J. de Billy diese Frage in Nr. 26 des Journal des Sçavans [=JS] vom 23.IX.1666, englisch wiedergegeben in den Philo-

sophical Transactions [=PT] 1, Nr. 1 vom 22.X. (1.XI.) 1666 behandelt hatte. Er wusste auch nichts davon, dass die Aufstellung der Julianischen Periode auf J. J. Scaliger, Thesaurus temporum, Leiden 1606, zurückgeht. Die fragliche Formel heisst so: ist s die Jahreszahl im Sonnenzyklus, g die Jahreszahl im Mondzyklus (goldene Zahl) und i die Indiktionszahl, dann ist die Jahreszahl in der Julianischen Periode der Rest von 4845s + 4200g + 6916i bei Division durch 7980. Diese Regel gab Jakob auch in der Dissertation vom 25.I.1684, Art. 96 = BKC, S. 190. Als er dann im Januar-Heft der AE für 1692 die Rezension las, die Leibniz von J. Ozanam, Dictionaire mathematique..., Amsterdam 1691 gegeben hatte, da fand er dort einen Hinweis auf Billy (bei Ozanam, S. 183). Er notierte sich in den Auszügen, die er in Med., Art. 184 machte, natürlich habe er als 18-jähriger von Billys Veröffentlichung nichts gewusst.

In den Med., Art. 11 steht eine eingehende Darstellung. Ein nicht ganz zutreffender Bericht des Lyoner Arztes J. Spon in Nr. 8 des JS vom 25.III.1680 veranlasste Jakob, in Nr. 31 des JS vom 19.XI.1685 einen französischen Auszug aus seinen Aufzeichnungen einzurücken (= BKC, S. 209 bis 210). Dieser Auszug wird wiedererwähnt in Th. 25 der Dissertation vom 22.II.1686 (BKC, S. 235).

11 Hier einige Beispiele: in Art. 4 der *Med.* wird die Möglichkeit einer in einem einzigen Augenblick vollzogenen mittelbaren Schöpfung aus bereits vorgeformtem Urstoff zurückgewiesen. In Art. 5 wird verneint, dass die bei der Flucht aus Ägypten vor den Israeliten herziehende Wolke auch gegen Hitze geschützt habe. In Art. 16 wird die Frage erörtert, ob es verschiedene Grade der zukünftigen Verklärung geben könne. Das alles wird nach den strengen Regeln der scholastischen Disputierkunst und Logik behandelt. Diese Methode wird auch auf Probleme der damaligen Physik angewendet, so z.B. in Art. 8 auf die (verneinend beantwortete) Frage, ob sich ein senkrecht nach oben geworfener Stein im Umkehrpunkt in Ruhe befinde. Dabei spricht Jakob für die Aufwärtsbewegung von einem *motus violens*, für die Abwärtsbewegung von einem *motus naturalis*, steht also (trotz Galilei) noch auf dem Boden der Impetus-Theorie.

12 Beispiel: Art. 12 der Med.: Methode zur Bestimmung der Wolkenhöhe, fortgesetzt in Art. 72. Ein Hinweis steht in der Probevorlesung vom 14.II.1687 = BKC, S. 311, ein Auszug unter Beschränkung auf die einfachsten Rechnungen des Art. 72 in den AE für II 1688 = BKC, S. 336/43. Art. 23/25: Auseinandersetzungen um die Coppernicanische Auffassung, die zwar gegenüber der Ptolemäischen den Vorzug grösserer Anschaulichkeit besitze (Art. 24), jedoch mit gewissen Schriftstellen (Art. 23; Vgl. Speiser 7, S. 9; ferner Art. 25) in Gegensatz stehe und auch auf physikalische Schwierigkeiten stosse, da bei bewegter Erde Änderungen der Fixsternparallaxen zu erwarten wären. Zitiert wird bei dieser Gelegenheit: D. Lipstorp, Copernicus redivivus, Leiden 1653.

13 Vgl. hierzu den aus Jakobs Reisebüchlein, Mskr. (LI a 5) der Basler Universitätsbibliothek stammenden Bericht in Speiser 7, S. 16.

14 Med., Art. 26. Kurz zuvor entstanden die in BJS, S. 71 erwähnten noch ungedruckten Tabulae gnomonicae von 1678: Mskr. LI a 2.

15 Schon in Art. 1 der *Med.*, worin Jakob die Annahme einer ovalen oder elliptischen Erdgestalt zu Gunsten der Kugelform abweist, wird gegen eine mündlich vorgetragene Lehrmeinung Megerlins Stellung genommen. In dem nur der deutschen Ausgabe der *Kometentheorie* 1 beigefügten *Prognosticon* macht sich Jakob über einen Einblattdruck Megerlins zum Kometen des Jahres 1680 lustig (Speiser 7, S. 12/13). In der Dissertation vom 25.I.1684 kommt Jakob in Art. 94 (*BKC*, S. 190) auf die Erdgestalt zurück, in Art. 90 (*BKC*, S. 189) wendet er sich gegen einen der Gründe Megerlins in dessen *Systema mundi Copernicanum*, Amsterdam 1682 für die Coppernicanum, Lehre (Speiser 7, S. 8/9).

¹⁶ U.a. werden J. Hevelius, *Cometographia*, Danzig 1668 und T. Brahe, *De nova stella*, Kopenhagen 1573 erwähnt.

17 Jakob gibt in der Kometentheorie¹ eine Ephemeride unter der Voraussetzung einer Kreisbahn, die natürlich nicht stimmen konnte.

18 Mir scheint Art. 27/35 der Med. die Frucht dieses Aufenthaltes zu sein. Art. 27 bezieht sich auf die Einteilung der Linien in gerade, krumme und gemischtlinige. Art. 28/29 handelt von der scheinbaren Grösse geometrischer Figuren bei perspektiver Abbildung. Hier wird neben Schwenter 8 II, ed. G. Ph. Harsdörffer, Nürnberg 1651 auch A. de Bosse, Manière universelle de M^r Desargues..., Paris 1648 zitiert. Diese Studie ist Gegenstand von Th. 97 der Dissertation vom 25.I.1684 (BKC, S. 190) und von Th. 8 der Probevorlesung vom 14.II.1687 (BKC, S. 312). In Art. 30 ist von der Behandlung trigonometrischer Tafeln die Rede. Zitiert werden J. Neper, Mirifici logarithmorum canonis constructio nach der Ausgabe Leiden 1620, ferner A. Vlaco, Trigonometria artificialis, Gouda 1633 und B. Ursinus, Magnus canon logarithmicus, Kölln a.d. Spree 1624. Art. 31 handelt von der Halbierung einer sehr langen Strecke

vermittels eines Zirkels kleiner Öffnung und eines Anlegelineals. Art. 32 bezieht sich auf eine von Cl. Comiers in Nr. 16 des JS vom 17.VIII.1676 gestellte Einschiebungsaufgabe 3. Grades. Die Lösung wird als 1. Anhang zum Systema cometarum von 1682 (BKC, S. 41/43) abgedruckt. Die Aufgabe wird nochmals behandelt im Anhang zur Dissertatio de gravitate aetheris 22 von 1683 (BKC, S. 159/160). In Art. 33 wird die Sonnenhöhe aus der Polhöhe und der Sonnendeklination bestimmt, wenn sich die Sonne genau im Osten befindet. Dabei wird auf die Tabella horologiaria, Köln 1648 des sonst kaum genannten Jesuiten L. v. Middendorff verwiesen. Art. 34 handelt von der Konstruktion einer Sonnenuhr und dürfte bereits von den Exercitationes mathematicae (V, sect. 29), Leiden 1657 des Fr. van Schooten abhängen, die später so stark auf Jakob eingewirkt haben. Vgl. ferner das in der Probevorlesung vom 14.II.1687 (BKC, S. 312) Angedeutete.

- 19 Bei Chr. WITTICH und É. LEMOINE.
- 20 Bei J. Fr. BOCKELMANN.
- 21 Seine Studien lassen sich in den Art. 36/50 der Med. schrittweise verfolgen. Sie könnten recht wohl auf einer Privatunterweisung beruhen. Der mathematische Stil entspricht genau dem Verfahren der "algebraisch-geometrischen Analysis", wie es in der Schootenschen Schule ausgebildet worden war. Im einzelnen erwähne ich Art. 38, wo es um die Konstruktion und Halbmesserberechnung jenes Kreises geht, der zwei äussere von 7 kongruenten sich je zu zweit berührenden Kreisen von aussen und den umschliessenden Kreis der 6 äusseren dieser 7 Kreise von innen berührt. Eine ähnliche Aufgabe ist das Malfattische Problem am gleichschenkligen Dreieck in der Probevorlesung vom 14.II.1687 (BKC, S. 303/305). Es hängt zusammen mit einer Aufgabe des Amsterdamer Rechenmeisters N. Vooght, gestellt auf einem Einblattdruck von 1682. In Art. 39 erklärt Jakob den berühmten Kontingenzwinkelstreit zwischen Chr. Clavius und J. Peletier als gegenstandslos, weil es sich um eine Definitionsfrage handle. Vgl. die Dissertation vom 25.I.1684, Th. 82 (BKC, S. 189). In Art. 40 wird die von den spätscholastischen Euklid-Editoren bezweifelte Schlussweise: wenn a weder grösser noch kleiner als b ist, dann ist a = b, als richtig anerkannt. Bei dieser Gelegenheit wird Fr. Viètes Standpunkt erwähnt, dargelegt im Supplementum geometriae, Tours 1593 = Opera, ed. Fr. van Schooten, Leiden 1646, S. 240. Eine Anspielung auf diesen Art. findet sich in den Th. 76 (BKC, S. 188) und 89 (BKC, S. 189) der Dissertation vom 25.I.1684. Art. 49 bezieht sich auf die Billard-Aufgabe auf rechteckigem Billard und hat zu einer entsprechenden Aufgabe in der Schlussthese 100 der Dissertation vom 25.I.1684 geführt. Andererseits spielt die Billard-Aufgabe eine grosse Rolle in der Dissertatio de gravitate aetheris 22. Auf diesen Art. bezieht sich JAKOB auch in den Bemerkungen zur Rezension Leibnizens betreff Ozanams Dictionaire 9, enthalten in Art. 184 der Med. — Die kritische Stellung Descartes gegenüber bekundet sich in Th. 65 (BKC, S. 187) der Dissertation vom 25.I.1684 recht deutlich: JAKOB ist fest davon überzeugt, dass sich Descartes beim Gottesbeweis, bei der behaupteten Unendlichkeit der Welt, bei den Bewegungsregeln, bei der Begründung der Kohäsion, der Natur der Spiegelung und Brechung usw. geirrt habe.
- ²² Amsterdam 1683 = BKC, S. 45/163. Das Vorwort ist datiert: Leiden, 11. VII. 1682.
 - ²³ Quaestiones nonnullae de aëris gravitate, Middelburg 1681.
- 24 Bei dieser Gelegenheit spielt die Stosstheorie vollkommen elastischer Körper (Billard-Kugeln) eine grosse Rolle. In interessanten Digressionen wird von der Wirkung des Steuerruders am Schiff (vgl. Th. 72 der Dissertation vom 25.I.1684 = BKC, S. 188), von der Fahrtrichtung in Abhängigkeit von der Windrichtung und Steuerstellung und vom Verhalten einer Kette gehandelt alles Probleme, die später in anderem Zusammenhang erneut auftauchen sollten.
- ²⁵ Cluver zählt zu den Leibniz-Korrespondenten. Er verwies Jakob auf Leibniz' erste Abhandlung in den AE II 1682 (LMG V, S. 118/22) = Philosophical collections Nr. 7, 1682, worin die Leibniz-Reihe für $\frac{\pi}{4}$ mitgeteilt, jedoch nicht bewiesen wird. Vgl. Jakob-Leibniz, 19.X.1695 = LMG III, S. 22.
- ²⁶ Es handelt sich um die Arithmetica infinitorum, Oxford 1656, um die Tractatus duo, prior de cycloide, posterior de cissoide, Oxford 1659 und um die Mechanica, London 1670/71.
- ²⁷ Es handelt sich um die *Lectiones opticae*, London 1669 und Titelauslagen, und um die *Lectiones geometricae*, London 1670 und Titelauslagen. Barrows Name wird übrigens schon in einem Zusatz zu Art. 8 der *Med.* ¹¹ erwähnt, der nach Art. 40 eingeschoben ist. Auf diesen Zusatz wird in Th. 25 der Dissertation vom 19.IX.1685 = BKC S. 223 angespielt.
 - 98 Amsterdam 1659/61, ed. Fr. van Schooten.

²⁹ Einige von Jakob selbst stammende Vorlesungsprotokolle sind erhalten. Sie werden in BJS, S. 67 erwähnt und in O. Spiess, Einige neu aufgefundene Schriften der alten Basler Mathematiker, Verhandlungen der Naturforschenden Gesellschaft 56, Basel 1944, S. 91/92 näher geschildert. Es handelt sich um Abschriften, die der Genfer Physiker J. Jallabert im Winter 1737 anfertigen liess. Sie befinden sich heute unter der Signatur Ms. Inv. 1607 in der Genfer Universitätsbibliothek.

³⁰ Nr. 21 vom 16.VIII.1683 = BKC S. 168/70, vgl. auch *Th.* 73 der Dissertation vom 25.I.1684 = BKC, S. 188.

Nr. 22 vom 29.XI.1683 = BKC, S. 172/173.

Nr. 28 vom 31.VII.1684 = BKC, S. 199/203.

Nr. 19 vom 18.VI.1685 = BKC, S. 204/06.

Nr. 29 vom 17.IX.1685 = BKC, S. 207/08, wiedererwähnt in *Th.* 27 der Dissertation vom 19.IX.1685 = BKC, S. 223.

Nr. 31 vom 19.XI.1685 = BKC, S. 209/10 10.

31 AE II 1686 = BKC, S. 239/45.

AE II 1686 = BKC, S. 248/50.

 $AE \text{ II } 1688 = BKC, S. 336/43^{12}.$

32 Hier seien nur die Beiträge Jakobs angeführt;

JS Nr. 12 vom 24.IV.1684 = BKC, S. 195/96, erwähnt in Th. 24 der Dissertation vom 19.IX.1685 = BKC, S. 223.

AE IX 1684 = BKC, S. 192/94.

AE VII 1686 = BKC, S. 277/81.

AE VII 1691 = BKC, S. 460/65.

Nach mehr als 10 Jahren kam Jakob erneut in drei abschliessenden Veröffentlichungen auf das alte Problem zurück. Sie stehen in der *Histoire de l'ac. sc.* für 1703/04 = BKC, S. 930/36, 937/46 und 947/65.

 33 AE XII 1686 = BKC, S. 286/90.

Probevorlesung vom 14.II.1687, Th. 6 = BKC, S. 312.

AE VI 1687 = BKC, S. 314/27.

AE XI 1688 = BKC, S. 355/60.

- 34 Druck Basel 1684 = BKC, S. 175/92. Vgl. ferner die Anmerkungen 9, 15, 18, 21, 24, 30.
 - 35 Hierin spiegelt sich wohl Art. 40 21 der Med. wieder.
- ³⁶ Leider tappen wir hier mangels irgendwelcher Hinweise in den *Med.* über die Absichten des Verfassers im Dunkeln.
- ³⁷ Aus Th. 4 der Dissertation vom 19.IX.85 (= BKC, S. 219) geht hervor, dass sich Jakob hier mit Cap. 6, pars 1 der Arnauld-Nicoleschen Logique ou l'art de penser (Paris 1662 u. öfter) auseinandersetzt.
- 38 Dieser Artikel zeigt uns, wie früh sich Jakob mit isoperimetrischen Fragen befasst hat. Die *Med.* geben keine Auskunft über die Meinung Jakobs.
 - 39 Vgl. hierzu Art. 39 21 der Med.
- 40 Wahrscheinlich handelt es sich um eine kritische Auseinandersetzung mit dem Axiom vom Umfassenden und Umfassten in Archimedes, De sphaera et cylindro I, Axiom 3.
- ⁴¹ Hier nimmt Jakob gegen das Aristotelische Dogma von der Unvergleichbarkeit geradliniger und krummliniger Grössen Stellung. Über dieses vgl. J. E. Hofmann, Sitzungsber. d. Heidelberger Ak. d. Wiss., Phil.-hist. Abt. 1941/42, Nr. 4, Heidelberg 1942, S. 15/16.
- 42 Druck Basel 1685 = BKC, S. 211/24. Von den beigefügten Thesen bezieht sich Nr. 25 auf den in 35 erwähnten Zusatz zu Art. 40 der Med., Nr. 26 auf eine Untersuchung über die Sonnenuhr (Med., Art. 35), Nr. 21 auf eine Erbteilungsfrage, die mit der Wahrscheinlichkeitsrechnung zusammenhängt (genauer ausgeführt in Med., Art. 77 und ergänzend behandelt in der Dissertation vom 22.II.1686, Th. <math>31 = BKC, S. 236/37). In Th. 13 verteidigt sich Jakob gegen den Vorwurf, er habe in den Bemerkungen über den Kontingenzwinkel 21 , 39 , über die Julianische Periode 9 , 21 und über die Gravitationstheorie 22 schon Bekanntes vorgebracht: damals habe er noch nichts von der einschlägigen Literatur gewusst.
- 43 De effervescentia et fermentatione, Basel 1690 u. ö. = Opera omnia, ed. G. CRAMER [= BJC], Lausanne/Genf 1742 (richtiger 1743, da das Vorwort erst vom 1.3.1743 datiert ist), 4 Bde. Hier BJC I, S. 1/40. Im Anhang (S. 41/44) wird versucht, durch das Zusammenwirken zweier Flüssigkeiten verschiedenen spezifischen Gewichtes in zwei verbundenen Gefässen ein perpetuum mobile zu konstruieren.
- 44 Basel 1694 u.ö. = BJC I, S. 93/118. Der (heute allein noch interessante) matlic-matische Teil wurde für sich in den AE V 1694 abgedruckt.
 - 45 Brief an Leibniz vom 14.III.1696 = LMG III, S. 30.

46 Tatsächlich hat Johann nur eine einzige weitere Untersuchung dieser Art veröffentlicht, die Aufsehen erregende Disputatio medico-physica de nutritione vom 11.V.1699, Groningen 1699 u.ö. = BJC I, S. 273/306. Die hier vorgebrachten Einwände gegen eine Auferstehung des Leibes mit allen seinen Atomen führte zu heftigen Auseinandersetzungen mit den Theologen, die den rein physikalischen Standpunkt des Verfassers nicht begreifen konnten.

47 Dieses Einschiebungsproblem lässt sich bis auf Apollonios zurückführen. Jakob ist vielleicht durch das im Kommentar des Eutokios von Askalon zu Archimedes, De sphaera et cylindro II Gesagte auf den Gegenstand hingewiesen worden, wahrscheinlicher freilich durch die Erwähnung in der Descartesschen Geometria

(Ausg. 1659) nebst dem zugehörigen Kommentar von Schooten.

48 Dieses Problem dürfte durch die Lektüre des Briefes von Descartes an Mersenne vom 12.IX.1638 (Ausgabe von Cl. Clerselier, Paris 1657/67 u.ö., Band I, Nummer 74) angeregt worden sein.

49 Im Text steht ein Hinweis auf Barrow, Lectiones opticae 27, S. 41.

- Dabei wird auf J. de Witts Kegelschnittslehre in Band II, 1661 der Geometria 28 hingewiesen.
 - 51 Die Anregung könnte aus Nepers Constructio 18 stammen.
- 52 Ohne Anwendung der Algebra jene Zahl zu bestimmen, die 12 und 36 so teilt, dass sich die um 8 vermehrten Quotienten wie 3: 5 verhalten. Jakob gibt eine Lösung vermittels der regula falsi in Zahlen und in Buchstaben (die er anscheinend auch rein arithmetisch aufgefasst hat). Eine andere Lösung des Problems ging an St. Spleiss. In der Probevorlesung für die Basler Professur vom 14.II.1687 erscheint das Problem als erste Aufgabe (BKC, S. 295/300). Der weltkluge Jakob wusste sehr genau, wie stark er mit der auführlischen Behandlung dieser Aufgabe dem Geschmack der Zeitgenossen entgegenkam.
 - 52a Positiones miscellaneae e variis philosophiae partibus depromptae, Basel 1684.
- ⁵³ Supplementum geometriae ²¹, prop. 23/24 = Opera, S. 255/56. Die Form der entstandenen Gleichung 3. Grades gleicht jener in Schootens Exercitationes mathematicae ¹⁸ V, sect. 21.
- ⁵⁴ In der Rechnungsführung folgt Jakob dem Vorgehen von Hudde in der Abhandlung De reductione aequationum (Brief an Schooten vom 14.VII.1657), abgedruckt in der Geometria I ²⁸, S. 499/500.
- Jakob verwendet die Gleichung $x^3-ax^2-2a^2x+a^3=0$, geht mit $x=z+\frac{a}{3}$ zu $z^3-2\frac{1}{3}$ $a^2z+\frac{7}{27}$ $a^3=0$ über und erhält schliesslich

$$x = \frac{a}{3} + \sqrt[3]{\frac{7a^3}{54} + \sqrt{\frac{1421a^6}{2916}}} - \sqrt[3]{-\frac{7a^3}{54} + \sqrt{\cdots}}$$

statt

$$x = \frac{a}{3} + \sqrt[3]{\frac{7 a^3}{54} + \sqrt{\frac{49 a^6 - 1372 a^6}{2916}} - \cdots}$$

Er hat also das Zeichen unter der Quadratwurzel verdorben. Dann setzt er a=1000 und erhält x=444 statt 445,04. Dieses Zahlenergebnis hätte er bei Viète 53 Opera, S. 256 ablesen können. Es scheint also, dass er das Supplementum geometriae nicht selbst besass, sondern nur dem Hörensagen nach kannte.

⁵⁶ Es soll 1. in ein rechtwinkliges Dreieck, 11. in einen Viertelkreis ein Rechteck grösstmöglicher Fläche einbeschrieben werden.

- 57 Die Regel ist enthalten in der Abhandlung De maximis et minimis (Brief an Schooten vom 26.I.1658) abgedruckt in der Geometria I 28, S. 507/16. Dort sind auch mehrere Rechenbeispiele gegeben. Anstelle der Differentiation tritt die Multiplikation mit den Gliedern einer passend gewählten arithmetischen Reihe, die als Faktoren der Potenzen der Unbekannten eingeschoben werden. Indem das schwierigste Glied mit Null multipliziert wird, lassen sich in vielen Fällen vorteilhafte Vereinfachungen erzielen.
- 58 Auch diese Aufgabe stammt von einem Handzettel des Amsterdamer Rechenmeisters N. Vooght aus dem Jahr 1682. Sie ist mit in die Probevorlesung vom 14.II.1687 (BKC, S. 301/03) übernommen. Das dortige Zahlenbeispiel ist einfacher als das in den Med. Dass die Aufgabe im Problema, quod jubet ex quattuor rectis lineis datis quadrilaterum fieri, Nürnberg 1598 in voller Allgemeinheit gelöst wurde, das Joh. Richter zum Verfasser hat, dürfte Jakob kaum gewusst haben. Wohl aber finden wir in der Med. einen Hinweis auf W. Oughtred, Opuscula mathematica, ed. J. Wallis, Oxford 1677.

Med.,	Art. $Ars\ conj.$	Med., Art. Ars conj.	
63	I, Anh. prop. 3 + III, prop. 5	68 III, prop. 20	
64	prop. 4 + III, prop. 6	69 prop. 6	
65	prop. 1, verkürzt	70 $prop. 10$	
66	prop. 2	72 2. Teil Anhg. über das Ballspi	.el
67	prop. 5	82 I. prop. 4. Zusatz.	

Dann folgen in Art. 83/89 weitere Beispiele, die nicht in die Ars conjectandi übergegangen sind, hierauf nach Art. 129 ein Zusatz zu Art. 88, nach Art. 131 ein Zusatz zu Art. 70, nach Art. 133 und 151 zwei wichtige Zusätze zu Art. 77. Sie enthalten eine Vorform des entscheidenden Buch IV, Kap. 4 der Ars conjectandi, geben und begründen das Gesetz der grossen Zahlen und werden abgeschlossen mit den kennzeichnenden Worten: Diese Entdeckung schätze ich höher ein als wenn ich die Kreisquadratur hätte geben können. Vgl. BJS, S. 160, Fussnote 8/10.

60 Das erste Problem handelt von zwei Würfelspielern und ist in Nr. 25 des JS vom 26.VIII.1685 = BKC, S. 207 erschienen, blieb jedoch lange unbeachtet und wurde daher von Jakob selbst in den AE V 1690 = BKC, S. 429/31 gelöst. Daraufhin teilte auch Leibniz eine Lösung mit (AE VII 1690 = LD III, S. 237/38). Das Problem hängt zusammen mit der im Anhang zu Buch I der Ars conjectandi behandelten prop. 1^{59} . Das zweite Problem ist mit dem ersten verwandt. Es befindet sich als Th. 20 in der Dissertation vom 19.IX.1685 = BKC, S. 221/22. Das dritte Problem bezieht sich auf das Ballspiel und erscheint in Th. 32 der Dissertation vom 22.II.1686 = BKC S. 237 bis 238. Das vierte Problem tritt als 11. Th. der Probevorlesung vom 14.II.1687 = BKC, S. 313 auf. Es bezieht sich auf das Lotteriespiel.

In Art. 75 wird sin $(180^{\circ} - a - b)$ aus $\cos a$, $\sin a$, $\cos b$, $\sin b$ bestimmt. Diese Untersuchung ist in die Anmerkungen zur Geometria 28, Neuausgabe von 1695 = BKC, S. 668/70 übergegangen. In Art. 76 soll aus b, c und $p = b \cos \alpha$ die Seite a gefunden werden. In Art. 79 ist die Identität tg 45° — tg 15° = tg 60° — tg 45° in geometrischer Interpretation enthalten. Aus späterer Zeit stammen weitere ähnliche Aufgaben. Z.B. steht in Art. 102 das Subtraktionstheorem der Tangens-Funktion, in Art. 111 der Projektionssatz $c = a \cos \beta + b \cos \alpha$ im Dreieck. In Art. 127 wird sin 2t aus sin t ausgedrückt, in Art. 128 der Sinussatz des Dreiecks am Parallelogramm ausgesprochen. Art. 131 handelt von der Bestimmung der Winkel α und β im Dreieck aus a, b, γ ; Art. 137 von einer Dreiecksaufgabe, Art. 145 von der Konstruktion eines Fünfecks, das durch eine kubische Konstruktion gewonnen wird. Art. 146 enthält die Bestimmung von $\cos (a + b)$ und $\sin (a + b)$ aus tg a, tg b, 1: $\cos a$ und 1: $\cos b$. Art. 151 bezieht sich auf Kontrollrechnungen bezüglich der bekannten Näherungskonstruktionen von C. Renaldini, De resolutione et compositione mathematica, Padua 1668 für regelmässige Vielecke. Wie M. Cantor, Vorlesungen über Geschichte der Mathematik III, 2 Leipzig 1901, S. 23 bemerkt, tritt diese Konstruktion schon früher auf, nämlich bei A. DE VILLE (1628). Jakobs Rechnung wird in Th. 12 der Epimetra zur 3. Reihendissertation vom 24.XI.1696 (BKC, S. 765) verwendet. — In Art. 157 werden die Gleichungen für die 5-Teilung und 7-Teilung eines Kreisbogens aufgestellt, sicherlich in Anlehnung an Schooten, Exercitationes mathematicae 18 V, Sect. 21; die Vorlage bleibt jedoch ungenannt. Ausserdem erscheinen in Art. 120 Gleichungen für die Seiten regelmässiger Vielecke im Kreise. ausgedrückt aus dem Kreishalbmesser (3- bis 9-Eck).

Aus all dem geht hervor, dass sich Jakob nicht näher mit den trigonometrischen Lehren der vorausgehenden Epoche abgegeben haben kann; denn dort waren diese Rechnungen und Umformungen schon ausgeführt worden, z.T. viel eleganter und kürzer. Insbesondere lässt sich erkennen, dass Jakob die einschlägigen Schriften von Viète und dessen Nachfolgern niemals genauer durchgearbeitet hat.

62 BKC, S. 234.

116

63 JS Nr. 3 vom 19.I.1693 = BJC I, S. 64. Johann teilt nur die Lösung mit. Er bemerkt, er und sein Bruder hätten sich schon seit mehr als 5 Jahren vergeblich mit dieser Frage beschäftigt. Ausführlich ist das Problem in Johanns Vorlesungen für L'Hospital über Differentialrechnung 138 , prop. 20 behandelt. Von hier ist es in L'Hospitals Analyse 138 , Art. 161 übergegangen. —Auch Jakob hatte (in einem Brief vom 30.VII.1692 an Mencke, Druck AE IX 1692 = BKC, S. 515/16) nur die Lösung angegeben, aber in Art. 193 der Med., der in Abschrift am 14.III.1696 an Leibniz ging (LMG III, S. 40/41) und aus dem Nachlass (Stück 16 = BKC, S. 1075/77) erstmals allgemein bekannt geworden ist, erscheint auch eine infinitesimalgeometrische Begründung. Vgl. ferner die Erwähnungen des Problems in der Abhandlung Jakobs in den AE VI 1693 = BKC, S. 572 (wo dieser feststellt, Johann habe seine Lösung ohne

JAKOBS Vorwissen veröffentlicht) und im Brief Johanns an S. Faesch vom Juli 1695 = BJS, S. 415. Das Problem wird auch in L'Hospital, Analyse, Art. 61 behandelt.

64 Druck Basel 1686 = BKC, S. 225/38. Vgl. ferner die Hinweise in Anm 10, 42, 60, 62.

Basel 1686 = BKC, S. 251/76. Hier handelt Jakob vom Gewicht, von der Elastizität und von der Zusammendrückbarkeit der Luft. Er greift zurück auf die Dissertatio de gravitate aetheris 22 und führt aus dieser die Rechnung BKC, S. 101/02 = S. 272/74vor. Sie gründet sich auf das Boylesche Gesetz und handelt vom Druck eines durch Quecksilberfüllung abgesperrten Gasvolumens, falls die abschliessende (unten offene) Röhre im Ouecksilbertrog gehoben und gesenkt wird. Dabei wird auf die Erwärmung keine Rücksicht genommen. Neu hinzugekommen ist eine Tabelle (BKC, S. 275). Die Vorlesung wurde durch vorgeführte und wohlgelungene Experimente unterstützt. Später hat Jakob (Art. 206 der Med. = Nachlass, Stück 15; BKC, S. 1067/74) auch die barometrische Höhenformel gefunden. Natürlich konnte er nicht ahnen, dass auch HUYGENS zu diesem Ergebnis gekommen war (Aufzeichnung vom 17.VII.1662, Œuvres complètes [= HO] den Haag 1888/1950, 22 Bände), HO XIV, S. 483/90 mit weiteren Ergänzungen, S. 491/97).

66 AE IX 1686 = BKC, S. 282/83. Als Erläuterungsbeispiel dient

$$\lim_{n \to \infty} \frac{1 + 2 + 3 + \dots + n}{n + n + n + \dots + n} = \frac{1}{2};$$

 $\lim_{n\to\infty}\frac{1+2+3+\ldots+n}{n+n+n+\ldots+n}=\frac{1}{2}\;;$ vorgeführt wird jedoch nur die Formel $\frac{n\,(n+1)}{2}+(n+1)=\frac{(n+1)\,(n+2)}{2}$. Interessanterweise findet sich in den Med. keinerlei Aufzeichnung über diesen Gegenstand. Auch später verwendet Jakob gelegentlich die unvollständige Induktion; vgl. z.B. Art. 173/78 der Med. (Anm. 123/28) und die Akademie-Abhandlung von 1702 364.

67 BKC, S. 291/313. Vgl. auch Anm. 12, 18, 21, 52, 58, 60. Bemerkenswert ist noch die ballistische Th. 10 = BKC, S. 312, worin gesagt wird, die grösste Wurfweite eines Geschützes werde unter Vernachlässigung des Luftwiderstands beim Abschusswinkel 45° erzielt, bei Berücksichtigung des Luftwiderstandes bei einem nur wenig kleineren Winkel. Das scheint mit Th. 14 der Dissertation vom 22.II.1686 = BKC, S. 234 zusammenzuhängen, wo Jakob im Gegensatz zu Wallis 26, Mech. I, Cap. 10, prop. 8 behauptet, die Wurfbahn sei auch bei Berücksichtigung des Luftwiderstandes eine Parabel. Das wird in den Med., Art. 52 an Hand eines Zeit-Geschwindigkeitsdiagramms angedeutet. Näheres ist in Art. 138 ausgeführt.

- 68 In den Art. 92, 95, 105/07, 167.
- 69 In den Art. 96, 96 bis, 100, 111.
- 70 In den Art. 97, 110, 171.
- 71 In den Art. 99, 101, 103.
- 72 In Art. 98 erscheint $(a^2 x^2)$ $y^2 = a^2$ b^2 , in Art. 104 eine C⁴ und eine C⁶, in Art. 113 die C⁴: $y^4 = x^2 (a^2 - y^2)$ und in Art. 114 die C³: $(a - x) y^2 = (a + x) x^2$.
- 73 Neu tritt die Kenntnis von M. A. Ricci, Exercitatio geometrica hinzu, und zwar wird eine Stelle aus der Ausgabe London 1668 zitiert. Diese ist als Anhang zu N. Mer-CATORS Logarithmotechnia abgedruckt.
- ⁷⁴ Med. Art. 108 ist die Vorstudie zur Abhandlung in den AE XI 1687 = BKC, S. 328/35 und weicht sprachlich nur wenig von dieser ab. Die Aufzeichnung enthält jedoch einige zusätzliche Rechnungen, die in der Abhandlung unterdrückt sind. Das Problem erscheint nochmals in den Ergänzungen zur Geometria am Ende der Ausgabe Frankfurt a.M. 1695. Dort wird in Note 2 = BKC, S. 671/74 die Lösung der Gleichung auf den Durchschnitt einer Hyperbel mit einer C4 zurückgeführt. In Note 13 = BKC, S. 689/90 wird das Problem in Verbindung mit den Schnittpunkten zweier passender C3 gebracht. Über das Gedruckte vgl. A. Procissi im Periodico di mat. (4) 14, 1934, S. 1/21, über die Bibliographie des Problems G. Loria in der Bibliotheca math. (3) 4, 1903, S. 48/51.
- 75 Ein Hinweis hierauf findet sich am Anfang des Art. 108 der Med. Die nämliche Angelegenheit wird erwähnt im Brief Jakobs an N. Fatio vom 2.V.1700.
- 76 In der Abhandlung werden keine Namen erwähnt; Jakob spricht nur vom summus huius aevi mathematicus (BKC, S. 328).
- 77 HO XX, S. 425/30. Aus den dortigen Aufzeichnungen geht hervor, dass das Problem von M. de Maubuisson — einer sonst unbekannten Pariser Persönlichkeit stammte. Maubuisson hat übrigens eine sehr zierliche rationale Sonderlösung gegeben, deren Grundgedanke bei Jakob zwar anklingt, jedoch nicht voll durchgeführt ist.
- 78 Erstaunlicherweise hat Huygens, der in solchen Fragen recht empfindlich sein konnte, niemals berichtigend zur Abhandlung Jakobs Stellung genommen. -

Der anschliessende Art. 109 der *Med.* handelt von der Dreiteilung einer Dreieckssläche durch zwei senkrechte Gerade. Es liegt ein Problem 4. Grades vor.

⁷⁹ Vgl. Geometria ²⁸ I, S. 339. Die dortige Stelle ist durch Huygens beeinflusst: HO XIV, S. 413. Vgl. ferner Note 25 (BKC, S. 702) in den Ergänzungen zur Geometria ⁷⁴.

⁸⁰ Vgl. Geometria, S. 322. Auch diese Stelle ist durch Huygens beeinflusst: HO XIV, S. 420/22. Nähere Ausführungen finden sich in den Ergänzungen Jakobs zur Geometria ⁷⁴, Note 24 = BKC, S. 700/02.

81 In Art. 117 werden zur Auflösung der Gleichungen 3. und 4. Grades im Anschluss an Hudde (Geometria I, S. 325) Kreis und Hyperbel herangezogen, dann zur Auflösung der Gleichung 3. Grades im Anschluss an Geometria, S. 328 Kreis und Parabel. Im Art. 118 werden zur Auflösung der Gleichung 6. Grades im Anschluss an Geometria, S. 97 eine Parabel und eine C³ verwendet, dann ein Kreis und eine C³.

⁸² Hier führt Jakob bei der vorausgehenden Normalenkonstruktion durch einen gegebenen Hyperbelpunkt vier Methoden vor: 1. Das Verfahren von Descartes (Gleichung 4. Grades mit Doppelwurzel), 2. das von Hudde ⁵⁷, 3. das von Fermat (erste Erwähnung dieses Namens, Vorbild sind vielleicht die *Varia opera*, Toulouse, 1679, S. 63/64) und 4. das eigene (Kreis um einen passenden Asymptotenpunkt so, dass er die Hyperbel im gegebenen Punkt berührt).

 83 BKC, S. 343/51. In der Einleitung wundert sich Jakob darüber, dass weder Schooten noch Hubde noch sonst einer der Leser der Geometria diese Vereinfachung bemerkt hätten. Er kennt also weder Fermats Animadversio in Geometriam Cartesii [Paris 1657] (ed. J. E. Hofmann, Abh. Nr. 9 der Preuss. Ah. d. Wiss. für 1943, Mathnaturw. Klasse, Berlin 1944, S. 45/47), noch Fermats kurze Zeit später entstandene Dissertatio tripartita, die ihm aus dem Abdruck in den Varia opera 82 , S. 110/15 zugänglich gewesen wäre. Erst in den Ergänzungen zur Geometria 74 , Note 4 = BKC, S. 678 wird auf Fermat hingewiesen. — Die Vorstudien zu Jakobs Abhandlung AE VI 1688 sind in den Art. 122, 123 und 134 der Med. enthalten.

84 Zusätzlich wird in *Med.*, Art. 124 festgestellt, dass jede kubische Gleichung aus den Schnittpunkten einer gezeichnet vorliegenden kubischen Parabel mit einer konstruierbaren Geraden aufgelöst werden kann. Art. 125 gibt eine Variante der schon in Art. 117 81 erwähnten Descartesschen Konstruktion aus der *Geometria*, S. 328. Art. 126 handelt von der Konstruktion der vollständigen Gleichung 9. Grades. Wahrscheinlich fällt in diese Zeit die Entstehung einer noch nicht ganz geglückten Studie über die möglichen Typen der ebenen Kurven 3. Ordnung, deren Ms. erhalten ist. Vgl. Jakob an Leibniz, Brief vom 28.II.1705 (*LMG* III, S.98) und *BJS*, S. 71.

85 Basel 1688 = BKC, S. 361/73.

 86 Th. 15 = BKC, S. 371 am Schluss: Eine Linie kann als infinitesimaler Teil einer Fläche aufgefasst und zu dieser in unendlich kleines Verhältnis gesetzt werden. Th. 16 = BKC, S. 371 : Ist von gleichartigen Grössen die eine endlich, die andere unendlich gross, dann haben sie das Verhältnis Null oder besser ein unendlich kleines.

87 Basel 1689 = BKC, S. 375/402 = OKl. Nr. 1711, S. 3/24.

88 Diese Vorstudien verteilen sich so:

Art. 134 = prop. 6, BKC, S. 380/81.

Art. 135 = prop. 10, BKC, S. 382.

Art. 136 = prop. 12, BKC, S. 383.

Art. 139 = prop. 14, Abschn. 1, 2, 4: BKC, S. 384/86.

Art. 140 = Stück von prop. 16, BKC, S. 393/94.

Art. 141 = prop. 15, BKC, S. 388/89.

Art. 142 = prop. 17, BKC, S. 395/97.

Art. 143 = Stück von prop. 16, BKC, S. 393 und von prop. 17, BKC, S. 398.

Art. 144 nimmt einen Teilfall aus prop. 19 voraus: Reihendissertation vom 28.XI.1692 = BKC, S. 521.

89 Es handelt sich um die Novae quadraturae arithmeticae, Bologna 1650 und die Geometria speciosa, Bologna 1659. In den Novae quadraturae steht ein Divergenzbeweis für die harmonische Reihe, gestützt auf die Ungleichung $\frac{1}{n-1} + \frac{1}{n} + \frac{1}{n+1} > \frac{3}{n}$, ferner die Summierung der reziproken figurierten Zahlen und der Hinweis darauf,

dass $\sum_{k=1}^{\infty} \frac{1}{k^2}$ bisher noch nicht in geschlossener Form ermittelt worden sei. Hierzu vgl.

O. Spiess, Die Summe der reziproken Quadratzahlen, Festschrift zum 60. Geburtstag A. Speiser, Zürich 1945, 21 S. — Die Geometria speciosa enthält Annäherungen für die natürlichen Logarithmen rationaler Zahlen aus Teilreihen der harmonischen Reihen.

- 90 Ich erwähne vor allem prop.~4 = BKC, S. 380. Sie enthält die berühmte "Bernoullische" Ungleichung $(1+x)^n > 1 + nx$ für positive x, n ganz und ≥ 2 . Dieser Satz stammt aus Barrow, Lectiones geometricae 27 , Vorlesung 7, §13/16. Die Summierung der geometrischen Reihe in prop.~7/8 entspricht genau dem Vorgehen von Viète im Variorum... responsorum liber VIII, Tours 1593, cap. 17 = Opera 21 , S. 397/98 und ist von dort in viele spätere Fachwerke übergegangen, sodass sich die genaue Vorlage nicht feststellen lässt.
- 91 Dessen älteste Studien zur Reihenlehre denen Jakobs sehr verwandt finden sich in den Anecdota, Abhandlung 150 (BJC IV) vor; die einschlägige Rechnung in BJC IV, S. 8 entspricht genau dem in BKC, S. 392/93 Gesagten. Johann ordnet die harmonische Reihe so um, dass sich schrittweise Vielfache der Reihe der reziproken Dreieckszahlen ergeben, die sich summieren lassen. Das Ergebnis ist die um 1 vermehrte Ausgangsreihe. Jakob selbst verwendet im Grunde die Bemerkung, dass $\frac{1}{n-1} + \frac{1}{n} > \frac{2}{n}$ (gedankliche Vereinfachung des Verfahrens von Mengoli 89). Anschliessend wird gefolgert, dass es Reihen gibt, deren Glieder gegen Null konvergieren, ohne dass der Wert der Reihensumme endlich sein müsste.
- 92 Diese Reihen wurden bereits von Leibniz (seit 1673) summiert. Hierüber siehe J. E. Hofmann, Die Entwicklungsgeschichte der Leibnizschen Mathematik während des Pariser Aufenthaltes, München 1949, Stellen im Register unter Zahlenreihen. Auf diese Summierung hatte Leibniz in den AE II 82 = LMG V, S. 121 versteckt hingewiesen. Natürlich konnte Jakob daraus nicht erkennen, was wohl gemeint sei.
- 93 Oxford 1685 mit Auszügen aus den Briefen Newtons an Leibniz vom 23.VI. und 3.XI.1676. Ersichtlich kannte Jakob dieses Werk 1689 noch nicht, obwohl er an Wallis' Schriften grosses Interesse zeigte.
- 94 Nürnberg 1689. Jakob wusste nicht, dass der nämliche Fehler schon in P. Guldin, Centrobaryca, Wien 1635/41 auftritt. Leider haben wir keine Aufzeichnung über Jakobs Gegenbeweis.
- 95 Sie sind in die Reihendissertation vom 28.XI.1692 = BKC, S. 519/48 übergegangen. Art. 147 bezieht sich auf *prop.* 26 = BKC, S. 533/36, Art. 148 auf *prop.* 18 = BKC, S. 520/21, Art. 149 auf *prop.* 19 = BKC, S. 522/23.
 - 96 $AE \times 1683 = LMG \text{ VII, S. } 125/32.$
- 97 Med., Art. 150 ist die Unterlage für die Darstellung in AE V 1690 = BKC, S. 429/30. Vgl. ferner das Scholium zu prop. 59 der 5. Reihendissertation vom 8.IV.1704 (BKC, S. 970). Die in BKC, S. 430 nachfolgende Beziehung zur logarithmischen Kurve erscheint in etwas anderer Fassung in Art. 177 127.
- ⁹⁸ Med., Art. 152 entspricht AE XI 1689 = BKC, S. 418/21. In der handschriftlichen Aufzeichnung findet sich ein Hinweis auf J. Wallis, Tractatus de sectionibus conicis, Oxford 1655.
- ⁹⁹ Art. 153 der Med. ist in den Text BKC, S. 416/18 übergegangen, Art. 154/56 in den Text BKC, S. 413/16. Der Gegenstand wird von Johann in den Vorlesungen 54/55 über Integralrechnung für L'Hospital ebenfalls behandelt: BJC III, S. 539/45.
- 100 Prop. 27/35 = BKC, S. 536/39. Dass diese Studien in enger Zusammenarbeit mit Johann durchgeführt wurden, lässt sich aus dessen Abhandlung $150^{\,91}$ erkennen. Dort sind in prop. 9 = BJC IV, S. 13 ähnliche Fragen behandelt. Allerdings ist die Meinung Jakobs, er befinde sich mit einen iterierten Konstruktionen auf Neuland, ein erheblicher Irrtum. Ähnliches steht nämlich schon in J. Gregory, Vera circuli et hyperbolae quadratura, Padua 1667 u. 1668, prop 9, wiederabgedruckt in Chr. Huygens, Opera varia II, Leiden 1724, S. 426/27.
- 101 BKC, S. 421/26. Wohl aber hat Johann den Gegenstand ausführlich in den Vorlesungen über Integralrechnung für L'Hospital behandelt. Die hier erwähnte Stelle findet sich in Vorlesung 33/34 = BJC III, S. 482/86. In OKl. Nr. 194, Leipzig 1914, deutsch v. G. Kowalewski sind die ersten 37 Vorlesungen Johanns enthalten, nicht aber die 22 weiteren.
- 102 Die Aufgabe wurde von Leibniz im Verlauf einer Kontroverse mit dem Pariser Abbé Catelan um den Begriff der Bewegungsgrösse am Ende einer Abhandlung in den Nouvelles de la République des lettres für September 1687 = Leibniz, Die philosophischen Schriften, ed. C. I. Gerhardt, Berlin 1875/90 (7 Bände), im folgenden zitiert als LPG + Bandnummer, hier LPG III, S. 49/51 gestellt. Huygens teilte schon im Oktoberheft der nämlichen Zeitschrift = HO IX, S. 224/26 die Lösung mit. Leibniz erwies die Richtigkeit der Huygensschen Auflösung in den AE IV 1689 = I.MG V, S. 234/37 durch eine rein verbale Überlegung ohne algorithmische Infinitesimalbetrachtung. Er stellte gleichzeitig die wesentlich schwierigere Frage, auf welcher Linie sich ein Massenpunkt im Schwerefeld der Erde mit konstanter Geschwindigkeit

auf einen festen Punkt hinbewegt (isochrona paracentrica). Erst Jakob ¹⁰¹ gab für die Kurve konstanten Abstiegs eine beweisende Herleitung. Er beginnt mit $\left(\frac{ds}{dt}\right)^2: y = \frac{c^2}{b}$.

Daraus ergibt sich mit $\frac{dy}{dt} = b$ die Beziehung $dx = \sqrt{\frac{c^2y}{b^3} - 1}$. dy und durch Integration die Lösung. Hier erscheint erstmals das von Johann stammende und von den Brüdern Bernoulli fortwährend verwendete neue Fachwort Integral.

103 BJS, S. 97.

104 AE VII 1690 = LD III, S. 238. Leibniz rühmt hier Jakobs Abhandlung 101 über die Kurve konstanten Abstieges, aus der deutlich hervorgehe, dass der Autor zum vollen Verständnis der Leibnizschen Analysis vorgedrungen sei. Wie Leibniz das Problem der Kettenlinie angegriffen hat, geht aus den Mitteilungen an Bodenhausen vom 20.VIII.1691 (LMG VII, S. 370/72) hervor: Ist der Ursprung O als tiefster Punkt der eine Endpunkt der Kette und u der Abschnitt, den die Tangente des lau-

fenden Kurvenpunktes auf der X-Achse erzeugt, dann ist $us = \int_{0}^{s} xds$. Daraus entnimmt

Leibniz nach kurzer Zwischenrechnung, dass s=c. $\frac{dy}{dx}=cp$, also $dy=\frac{cpdp}{\sqrt{1+p^2}}$

und $x = c \int_{0}^{y} \frac{dy}{\sqrt{2cy + y^2}}$. Leibniz integriert durch Übergang zur logarithmischen

Funktion und konstruiert unter Verwendung der logarithmischen Kurve.

 105 BJC I, S. 48/51. Die eingeschlagene Methode ist deutlicher zu ersehen aus der Darstellung in den Vorlesungen über Integralrechnung, Vorlesung 12 und 36 = BJC III,

S. 426/27 und 491/97. Auch Johann findet
$$x = c \int_{0}^{y} \frac{dy}{\sqrt{2cy + y^2}}$$
. Er konstruiert einerseits

vermittels der Quadratrix $\xi \sqrt{2cy + y^2} = c^2$, andererseits aus der Fläche eines Sektors der Hyperbel $\xi = \sqrt{2cy + y^2}$, schliesslich aus der Rektifikation der Parabel $\xi^2 = 8ay$.

 106 HO X, S. 95/98. Wie aus den Aufzeichnungen von Huygens in den HO IX, S. 502/10 hervorgeht, sieht diese Lösung in moderner Umschrift so aus:

$$\frac{ds}{dtg\,\tau} = c \quad \text{also} \quad s = c \cdot tg\,\tau\,, \quad \rho = \frac{c}{\cos^2\tau} = \frac{c^2 + s^2}{c}\,,$$

$$x = \int_{0}^{s} \frac{cds}{\sqrt{c^2 + s^2}}, \quad y = \int_{0}^{s} \frac{sds}{\sqrt{c^2 + s^2}} = \sqrt{c^2 + s^2} - c.$$

Das zur Darstellung von x verwendete Integral macht Huygens abhängig von der Quadratur der Kurve $\xi=c^2:\sqrt{c^2+s^2}$.

107 LMG V, S. 243/47 mit Hinweisen auf das erste Auftreten des Problems bei Galilei (Discorsi e dimostrazioni matematiche, Leiden 1638, Ed. Naz. VIII, Florenz 1898, S. 186+309/10), wobei die Kettenlinie als Parabel angesehen wird. Weiterhin wird erwähnt, dass J. Jungius (Geometria empirica, Rostock 1627) bereits durch Rechnung und Versuch widerlegt habe, dass die Kettenlinie eine Parabel sei. Die erste theoretische Begründung gab bekanntlich der 17-jährige Huygens im Herbst 1646: HO XI, S. 36/41.

108 Ich erwähne Leibnizens Aufsätze in den AE IX 1691 = LMG V, S. 255/58, in Nr. 13 des JS vom 31.III.1692 = LMG V, S. 258/63 und im Giornale de letterati (= GdL) 1692 = LMG V, S. 263/66.

 109 BKC, S. $^{432/40}$, beruhend auf den Vorarbeiten in den Med., Art. 161, die jedoch nicht ganz in die Abhandlung übergegangen sind. Andererseits fehlt in den Aufzeichnungen die Rektifikation der Spirale.

110 $AE \times 1684 = LMG \text{ V}$, S. 220/26, deutsch von G. Kowalewski in OKl. Nr. 162, Leipzig 1908, 2 1920, S. 3/11.

111 Diese Bemerkung zeigt nur, dass Jakobs Untersuchungen von Barrow ihren Ausgangspunkt genommen haben, nicht mehr. Sie lehrt uns überdies, dass Jakob keine Ahnung von den wichtigen Vorarbeiten J. Gregorys in der Geometriae pars universalis, Padua 1668 hatte, auf die sich Barrow stützen konnte. Dort hätte er übrigens auch die parabolische Spirale vorgefunden (prop. 66, S. 120/23), deren Fläche von Gregory

(nicht ganz richtig) im Anschluss an mündliche Mitteilungen seines Lehrers St. degli Angeli (Hinweis auf S. 122) bestimmt worden war. Fast gleichzeitig hatte auch R. Fr. Sluse im Mesolabum, Lüttich 2 1668 (noch nicht in der Erstausgabe von 1659), cap. 7, S. 112/14 die Fläche der Spirale (und zwar richtig) gefunden. Diese beiden Autoren hatten ganz allgemein Kurven der Form $\left(\frac{x}{a}\right)^p = \left(\frac{y}{b}\right)^q$ (p, q ganz, positiv und teilerfremd) untersucht.

112 Sie wird auf
$$\int_{0}^{y} dy \cdot \sqrt{1 + \frac{4y^2(a-y)^2}{a^2c^2}}$$
 zurückgeführt und dann mit der Qua-

dratur der Kurve $z^2=a^2+rac{4\,y^2\,(a-y)^2}{c^2}$ in Verbindung gebracht. Bei dieser Gelegen-

heit fand Jakob die rektifizierende Transformation vermöge $x=r,\,dy=rd\phi$ wieder, die schon J. Gregory ¹¹¹, prop. 64, S. 116/17 und öfter und im Anschluss hieran auch Barrow ²⁷ 1670, Vorwort zur 12. Vorlesung, verwendet hatten. Bei dieser Gelegenheit erwähnt Jakob den Prioritätstreit zwischen Th. Hobbes und G. P. de Roberval um die Entdeckung der Bogengleichheit zwischen der Archimedischen Spirale und der gewöhnlichen Parabel (von Roberval 1643 vorgetragen), über den er sich aus Wallis ²⁶, De cycloide et cissoide orientiert hatte. "Solche Auseinandersetzungen empfinde er als überflüssig; denn warum sollten nicht die nämlichen Entdeckungen selbständig an verschiedenen Orten und zu verschiedenen Zeiten gemacht werden können ?"

113 BKC, S. 442/47 in ziemlich engem Anschluss an Med., Art. 162. Jakob erwähnt zwar als Vorgänger Barrow (Lectiones geometricae 27 , Vorlesung 11, § 26), weiss jedoch nichts von J. Gregory, der in den Exercitationes geometricae, London 1668, S. 14/17 viel weiter vorangeschritten war.

Das ist zwar einschliesslich der Reihenentwicklung enthalten in der Leibnizschen Abhandlung AE IV 1691 = LMG V, S. 130/32, aber wahrscheinlich war Jakobs MS.

beim Erscheinen dieses AE-Heftes bereits in Leipzig.

115 BKC, S. 448/49. Ersichtlich wusste Jakob nichts von der ähnlichen Behandlung bei A. Girard, Invention nouvelle en algèbre, Amsterdam 1629, fol. $g 2^r/h 3^v$. In Art. 194 der Med. gibt er dann (unter Rückbeziehung auf seine Lösung der Florentiner Aufgabe in den AE VIII 1692) den heute üblichen Beweis. Dass dieser Beweis schon in B. Cavalieri, Directorium generale uranometricum, Bologna 1632, cap. VIII, S. 315 steht, war ihm ebenfalls unbekannt.

116 BKC, S. 449/51. Mit den nämlichen Fragen befasste sich Johann in der 38./41. Vorlesung über Integralrechnung = BJC III, S. 497/507. In den Med. wird diese Frage nicht behandelt.

117 BKC, S. 451/52. Jakob gibt hier Ergebnisse aus Med., Art. 170 wieder. Dort

war er von
$$dy = \frac{x^2 dx}{\sqrt{a^4 - x^4}}$$
 mit $\xi = \frac{a}{2}$, $d\eta = \frac{dx}{dy} \cdot d\xi$ zu $d\eta = \frac{\sqrt{a^4 - 16 \, \xi^4}}{4 \, \xi^2} \cdot d\xi$ gekommen.

Nun wird vermittels $\sqrt{\cdots} = \frac{t\xi^2}{a} - a^2$ transformiert, nach Potenzen von 1: t entwickelt

und dann gliedweise integriert. Diese Überlegungen sind in etwas abgeänderter Form in prop.~60 der 5. Reihendissertation vom 8.IV.1704=BKC,~S.~970/71 übergegangen.

118 In Art. 165 der Med. wird die Differentialgleichung dieser Kurve auf die Form d^2x : $dy = dy^3$: $\int dy^3$ (mit der Bogenlänge s als der unabhängigen Veränderlichen)

gebracht. Es ist also $a^2 \frac{d^2x}{ds^2} = \left(\frac{dy}{ds}\right)^3$. — In *BJS*, S. 99/101 wird über den mutmass-

lichen Inhalt von 5 zwischen Jakob und Johann gewechselten Briefen aus dem ersten Drittel des Jahres 1691 berichtet, die grösstenteils von der Velaria gehandelt haben dürften. Damals befand sich Johann in Genf, wo er bei dem Arzt D. Leclerc wohnte und unter anderem dem Ingenieur J. Chr. Fatio de Duillier Unterricht in Differentialrechnung erteilte. Die Velaria wird von Johann erstmals in der 33. Vorlesung über Integralrechnung = BJC III, S. 510/12 behandelt. Dort und in Nr. 16 des JS vom 28.IV.92 = BJC I, S. 59/61 wird festgestellt, dass die Velaria mit der Kettenlinie identisch ist. Hier wird Johann zum erstenmal öffentlich gegen den Bruder ausfällig mit der Behauptung, dieser habe zwar das Velaria-Problem gestellt, jedoch nicht gelöst. Jakob hat die ihm angetane Kränkung niemals verwunden, zumal er bis dahin jede sich bietende Gelegenheit wahrgenommen hatte, um auf des Bruders Entdeckungen hinzuweisen. Seit diesem Zeitpunkt finden sich in Jakobs Abhandlungen — zunächst versteckt, später ganz offen — abschätzige Bemerkungen über Johanns fachliche Leistungen. Die Übereinstimmung zwischen der Velaria und der Kettenlinie steht auch

in den Med., Art. 188 und ist von hier aus andeutungsweise in AE V 1692 = BKC, S. 484/90 übergegangen. Dieser Aufsatz wurde am 19.III.1692 (BKC, S. 481) nach Leipzig gesandt.

¹¹⁹ Von diesem Gegenstand handeln auch die Art. 164 und 189 der *Med.* Johann beschäftigt sich mit ihm in der 34. und 35. Vorlesung über Integralrechnung =BJC III, S. 512/16. Beide stellen fest, dass die Lintearia mit der Elastica identisch ist. An der Darstellung Johanns hat Jakob später in den AE XII 1695 =BKC, S. 655 deutlich Kritik geübt. Hierzu vgl. auch BJS, S. 111, Anm. 13.

120 Leibniz äussert sich in den Bemerkungen zum Problem der Kettenlinie AE IX 1691 = LMG V, 257/58 zu JAKOBS unterstellter Abhängigkeit von BARROW mit einem Bericht über die Pariser Studien, der sich auf Grund der nachgelassenen Aufzeichnungen bis ins kleinste nachprüfen und als richtig erkennen lässt. Vgl. hierzu Hofmann 92. Vor allem betont Leibniz, dass ihm die wichtigsten Anregungen aus PASCAL und GREGORIUS A ST. VINCENTIO zugeflossen sind. Als er GREGORYS Werke 100, 111, 113 durchstudierte, hatte er die Transmutationsmethode, vermittels deren er alle damals bekannten Quadraturen auf einheitlicher Grundlage erweisen und zu interessanten Neuentdeckungen fortschreiten konnte, bereits erfunden. Barrows Lectiones geometricae 27 hat er sogar erst nach der Erfindung des Calculus näher durchstudiert und nun nicht mehr Neues daraus entnehmen können. Die genauere Darlegung, die Leibniz über seine ersten Studien in Paris an Jakob gehen lassen wollte (PS zum Brief vom April 1703 = LMG III, S. 71/73), wurde leider nicht abgesandt; übrigens hätte sie an Jakobs damals bereits verhärteter Einstellung schwerlich noch etwas ändern können. Dessen ganzes Verhalten zeigt, dass er die in manchen grundsätzlichen mathematischen Fachfragen deutlich spürbare geistige Überlegenheit Leibnizens als unerträgliche Anmassung empfand. Dass das Schwergewicht der Leibnizschen Fachleistung in der vereinheitlichenden calculmässigen Zusammenfassung der damals zugänglichen Infinitesimalprozesse liegt, für die es überhaupt kein Vorbild gab, scheint Jakob ebensowenig wie den übrigen mathematischen Experten der damaligen Zeit aufgegangen zu sein. Jakob steigerte sich immer mehr in ein gänzlich unbegründetes Misstrauen gegen Leibniz und Mencke (den Herausgeber der AE) hinein und glaubte allen Ernstes, es sei beider Absicht, seine eigene Leistung zu verkleinern. Dazu tritt, dass er den Versuch Leibnizens, in den heftigen Auseinandersetzungen zwischen ihm und dem Bruder zu vermitteln, ungerechtfertigterweise als Parteinahme für Johann deutete. Deshalb stellte er sich in der Auseinandersetzung zwischen Leibniz und Fatio seit 1699 hinter den Kulissen gegen Leibniz, wie aus den noch ungedruckten Briefen an Fatio aus dieser Zeit deutlich zu erkennen ist. Leider war der fachliche Scharfblick, der ihm in so vielen andern Fachfragen eigen war, in dieser Angelegenheit durch Überempfindlichkeit allzusehr getrübt.

121 In der Histoire des ouvrages des sçavans (= HOS) II 1693 = HOX, S. 408/13. Dass Newton die Lösung des Problems schon im Brief an Oldenburg für Leibniz vom 3.XI.1676 = LMGI, S. 145 gekennzeichnet hatte, war damals noch nicht an die Öffentlichkeit gedrungen.

122 Vgl. BJS, S. 114. Der Inhalt des Art. 169 der Med. ist übergegangen in prop. 51 der 4. Reihendissertation vom 26.XII.1698 = BKC, S. 860/63.

123 Art. 173 der Med., übergegangen in prop. 42 der 3. Reihendissertation vom 24.XI.1696 = BKC, S. 355/56. Als Vorlage wird die Wallissche Mechanik 26, S. 550 genannt, woselbst das Vorgehen N. Mercators 73 verbessert dargelegt wird.

124 Art. 174 der Med., übergegangen in prop. 53 der 5. Reihendissertation vom 8.IV.1704 = BKC, S. 958/60. Dieses Stück wurde von Jakob am 14.III.1696 als Beitrag zu dem geplanten, jedoch nicht ausgeführten umfangreichen Leibnizschen Werk über die Scientia infiniti nach Hannover gesandt (LMG III, S. 35/36). Ersichtich wusste Jakob damals noch nicht, dass sich die allgemeine binomische Reihe bereits unter den Auszügen befand, die Walls aus den beiden grossen Briefen Newtons für Leibniz vom Jahr 1676 in die Algebra, Oxford 1685 = Opera II, Oxford 1693 übernommen hatte. Inzwischen war aber auch Band III, Oxford 1699 der Wallisschen Opera erschienen, worin auf S. 634/45 der volle Wortlaut des Newtonschen Briefes 121 abgedruckt ist. Aus diesem Text geht hervor, dass Newton anfangs genau so wie Jakob vorgegangen ist, um die binomische Reihe durch Interpolation aus den Ergebnissen für ganze positive Exponenten in der Wallisschen Arithmetica infinitorum 26, prop. 172 ff. herzustellen. Zum Gegenstand vgl. auch J. E. Hofmann, Abh. Nr. 2 der Preuss. Ah. d. Wiss. für 1943, Math.- naturw. Klasse, Berlin 1943, S. 100/03.

125 Art. 175 der Med., übergegangen in prop. 56/57 der 5. Reihendissertation von 8.IV.1704 = BKC, S. 962/64. Auch dieses Stück lag als Beitrag zur Leibnizschen Scientia infiniti 124 dem Brief vom 14.III.1696 bei: LMG III, S. 36/37.

126 Art. 176 der Med. Jakob setzt zunächst a=2c und $\sqrt{c^2+y^2}=z$. Nun hat er $\frac{z^2dz}{\sqrt{z^2-c^2}}=\left\{z+\frac{c^2}{2z}+\frac{1\cdot 3}{2\cdot 4z^3}+\cdots\right\}dz$ zu integrieren. Da hierbei auch ein logarithmisches Integral auftritt, ist sein Ansatz praktisch wertlos. Ähnlich, sagt er, könne man auch hei der Darstellung der Vettenlinis der Breiter man auch bei der Darstellung der Kettenlinie durch den Bruder vorgehen, indem man entwickle. Er bezieht sich hier auf Johanns Abhandlung AE VI 1691 105 ,

die er selbst nach Leipzig gesandt hatte, und zwar schon gegen Ende 1690. — Der hier angeführte Art. 176 der *Med.* ist im Frühjahr 1691 niedergeschrieben.

127 Art. 177 der Med. Vgl. dazu die Abhandlung AE V 1690 97, auf die im Text angespielt wird. E. Halley führt den nämlichen Gedanken in ähnlicher Unvollkommenheit durch in den PT 19, Nr. 216 für III/V 1695, S. 58/67. Vgl. ferner prop. 59 der 5. Reihendissertation vom 8.IV.1704 (BKC, S. 967/69).

128 Art. 178 der Med.: Das Ganze ist in modifizierter Form in die Akademie-Abhandlung von 1702 (BKC, S. 922/28) übergegangen. Schon in Art. 159 der Med. hatte Jakob im Anschluss an die vorangegangenen Vielecksberechnungen 61 bemerkt, dass sich die Umfänge u_n und die Flächen f_n der regelmässigen Vielecke im Kreis des Halbmessers a so darstellen lassen:

$$u_{4} = 4a\sqrt{2}, \quad f_{4} = 2a^{2};$$

$$u_{8} = 8a\sqrt{2-\sqrt{2}}, \quad f_{8} = 4a^{2}\sqrt{2-\sqrt{2}};$$

$$u_{16} = 16a\sqrt{2-\sqrt{2+\sqrt{2}}}, \quad f_{16} = \cdots; \text{ usw.}$$

$$u = 4 \cdot 2^{\infty} a\sqrt{2-\sqrt{2}} (\text{sic!}), f \cdots.$$

Ähnliche Gedanken liegen den Entwicklungen in Viètes Varia responsa 90, cap. 18 = Opera, S. 400 zu Grunde, die zur Herstellung des unendlichen Wurzelproduktes für 4 geführt haben.

129 LMG V, S. 128/32, insbes. S. 129.

130 BJS, S. 101.

 131 BJS, S. 105.

132 LMG I, S. 115/16. Vgl. Hofmann 92, S. 154. Die in BJS, S. 105 gegebene Wiederherstellung des Verfahrens von Jakob entspricht genau dem Leibnizschen Vorgehen, Übrigens kennt auch Jakob diese rationalisierende Transformation. Er bedient sich ihrer in prop. 45 der 3. Reihendissertation vom 24.XI.1696 = BKC, S. 760/61 zur Kreisguadratur.

133 Art. 179 der Med. Zum Gegenstand vgl. J. E. Hofmann in Centaurus 3, 1954. S. 279/95. Aus der mir damals noch unzugänglichen Bemerkung L'Hospitals an Johann vom 16.V.1693 (BJS, S. 169) geht im Gegensatz zu meiner Annahme (S. 287) hervor, dass L'Hospital seine Lösung unabhängig von Johann gefunden hat. Dieser hat den Gegenstand erst nachher mit L'Hospital durchgesprochen (4. Vorlesung über Integralrechnung = BJC III, S. 403/05). Übrigens geht aus dem Unvermögen JAKOBS erneut die Unkenntnis der Varia opera 82 Fermats hervor; denn dort war die Fläche des Blattes bereits in geschlossener Form angegeben worden.

134 Art. 166 der Med. Hierzu vgl. auch BJS, S. 111, Anmerkung 11.

135 AE I 1692 = BJC I, S. 52/59. Nach BJS, S. 106 war der erste Teil des Aufsatzes bereits gegen Ende 1690 abgeschlossen und sollte durch Jakobs Vermittlung nach Leipzig gesandt werden. Dieser machte jedoch zusätzliche Bemerkungen über eine vereinfachte Evolutenbestimmung (BJC I, S. 57/59), die von Johann in den Aufsatz eingefügt wurden. Deshalb ging die Sendung erst im Spätherbst 1691 aus Basel ab. Die Abhandlung Johanns war die berichtigende Antwort auf mehrere ohne Begründung mitgeteilte und zum Teil irrige Ergebnisse, die E. W. v. Tschirnhaus in den AE XI 1682 und I 1687 veröffentlicht hatte. Schon in einer dritten Mitteilung AE II 1690 bezieht sich Tschirnhaus auf Einwände Johanns, über die er wohl durch seinen Leipziger Freund O. Mencke unterrichtet worden war. Johann hat die Kurve auch in der 26./28. Vorlesung über Integralrechnung = BJC III, S. 464/71 eingehend behandelt.

Leibnizens Aufsatz erschien in den AE IV 1692 = LMG V, S. 266/69. In den AE VII 1694 = LMG V, S. 301/06 ist sein Gedankengang genauer ausgeführt und wird an einem hübschen Beispiel erläutert. Jakob stellt dann in den $AE \times 1694 = BKC$, S. 618/22 fest, dass seine Regel (von der Leibnizens nur unterschieden durch die Anwendung der Huddeschen Tangentenregel anstelle jener der Differentialrechnung) zum nämlichen Ergebnis führt. Bei dieser Gelegenheit gibt er auch eine infinitesimalgeometrische Konstruktion, die er in Art. 268 der Med. zur Bestimmung des Krümmungsmittelpunktes einer gegebenen Kurve verwendet. In den Anmerkungen zur Geometria ⁷⁴, Note 7 = BKC, S. 680/84 erscheint die Einhüllende der Parabelschar $y^2 = cx - c^2$, ferner die Einhüllende der Wurfparabeln fester Anfangsgeschwindigkeit im Ausgangspunkt ¹³⁴; beidemale wird recht einfach auf algebraischem Wege (aus der Doppelwurzel) gerechnet.

¹³⁷ Über die Einzelheiten siehe BJS, S. 136/37.

138 Die Vorlesungen über Differentialrechnung 63 wurden später von L'Hospital als Unterlage für die vielgelesene Analyse des infiniment petits verwendet. Hier die einzelnen Auflagen: Paris 1696, 21715, 31716, 41768 (+ Titelauflage 1769), ed. A. H. Paulian; 51781, ed. L. Lefèvre-Gineau; engl. v. E. Stone, London 1730, lat. v. K. Scherffer, Wien 1764. Das lange als verloren angesehene MS. Johanns wurde in einer späteren Abschrift 1920 von P. Schafheitlin in der Basler Universitätsbibliothek wiederaufgefunden und im Original in den Verhandlungen der naturforschenden Gesellschaft in Basel 34, 1922, in deutscher Übersetzung in OKl. Nr. 211, Leipzig 1924 herausgegeben. Über die Abhängigkeit der Analyse von Johanns Unterweisungsheften im einzelnen vgl. BJS, S. 149/55; über die Integralrechnung vgl. 101.

139 Vgl. BJS, S. 136. Die Formel ist in Jakobs Aufsatz in den AE I 1691 = BKC, S. 436 noch nicht enthalten. Aus den Hinweisen Jakobs in den AE VI 1693 = BKC, S. 559 und VI 1694 = BKC, S. 577 geht hervor, dass die beiden Brüder unabhängig von einander im Herbst 1691 zu dieser Formel vorgestossen waren. Die früheste Anwendung bei Jakob findet sich in Art. 181 der Med., wo der Ausdruck für den Krümmungsradius der logarithmischen Kurve, dessen Minimum und anschliessend die Kurvenevolute bestimmt werden.

140 Art. 185 der *Med.*, erwähnt in den *AE* V 1692 = *BKC*, S. 492/93.

141 LMG VII, S. 329/31. Auf diese Abhandlung bezieht sich Jakob schon im Schlusssatz der Abhandlung in den AE I 1691 = BKC, S. 442. In den Zusätzen zu Johanns Abhandlung über die Catacaustica des Kreises 135, enthalten in den AE III 1692, hatte sich Jakob mit der irrigen Ansicht Leibnizens (in den AE VI 1686 = LMG VII, S. 326/29) auseinandergesetzt, wonach der Krümmungskreis die Kurve in 4 zusammenfallenden Punkten treffen sollte, und den Fehler berichtigt (BKC, S. 480). Leibniz gab seinen Irrtum in den AE IX 1692 = LMG V, S. 279/85 = LMG VII, S. 331/37 freimütig zu. Gegen Ende der Abhandlung behauptete Leibniz, die Differentialgleichung $\left(\frac{dx}{ds}\right)^2 = a\frac{d^2y}{ds^2}$ führe auf die logarithmische Kurve, musste sich jedoch von L'Hospital sagen lassen (Brief an Leibniz vom 24.II.1693 = LMG II, S. 226. Das Ergebnis ist auch eingeflochten in Jakobs Aufsatz in den AE VI 1693 = BKC, S. 570/71), dass dies nicht richtig sei; wohl aber lasse sich die Lösung vermittels der logarithmischen Kurve konstruieren.

142 Art. 185 der *Med.*, übergegangen in die AE V 1692 = BKC, S. 494/97.

143 Art. 186 der Med., übergegangen in die AE V 1692 = BKC, S. 497/502. Zu ähnlichen Ergebnissen war auch Johann vorgedrungen: Vorlesungen 24 und 32 über Integralrechnung = BJC III, S. 459/60 + 481.

144 Damit drückt Јаков aus, dass diese Spirale ihre eigene Evolute ist: AE V 1692 = BKC, S. 502.

145 Dieser Wunsch wurde zwar erfüllt, jedoch nur unvollkommen; in der Hand des Steinmetzen wurde aus der logarithmischen Spirale eine Archimedische.

146 BJS, S. 119.

147 Art. 192 der Med.

148 BKC, S. 503/10. Damals wusste Jakob noch nichts von des Bruders kränkender Bemerkung im JS vom 28.IV.1692 ¹¹⁸. Deshalb hat er sich wiederum bemüht, Johanns Verdienste kund zu machen. Johanns erste Aufzeichnungen zur Catacaustica der gemeinen Zykloide kennen wir nicht, wohl aber die näheren Ausführungen in der 31. und 32. Vorlesung über Integralrechnung = BJC III, S. 478/81.

149 AE VI 1693 = BKC, S. 549/59. Es handelt sich um einen in der Hauptsache aus Art. 195 der Med. entnommenen Bericht. Der Anfang der Aufzeichnung ging am 14.III.1696 (LMG III, S. 41/42) als Beitrag zur geplanten Scientia infiniti an Leibniz. Ein veränderter Auszug aus Art. 195 steht im Nachlass, Stück 17 (BKC, S. 1077/80). Johann bemächtigte sich dieses Gegenstandes in der 56./58. Vorlesung über Integralrechnung = BJC III, S. 546/58.

150 BKC, S. 577/78. Jakob schreibt die Formel so (den Krümmungsradius bezeichnet er fast durchwegs mit z): dxds: ddy = z = dyds: ddx. Er gibt einen infinitesimalen Beweis auf rein geometrischer Grundlage; über den Vorzeichenunterschied ist er sich deshalb noch nicht im klaren. Anschliessend folgen dann verschiedene Formeln für den Krümmungsradius bei Darstellung einer Kurve in Polarkoordinaten, wie wir heute

sagen würden. Jakob verwendet jedoch nicht r, φ , sondern r und $t=a\varphi$ als Bestimmungsstücke.

Noch ohne die Bezeichnung theorema aureum findet sich der Satz in Art. 187 der Med. Hier bedient sich Jakob des Ansatzes $\frac{dy}{dx} = \frac{a}{t}$, um Differentialgleichungen 2. Ordnung auf solche erster Ordnung zurückzuführen. Er setzt im Grunde

2. Ordnung auf solche erster Ordnung zurückzuführen. Er setzt im Grunde
$$\frac{dx}{ds} = \frac{t}{\sqrt{a^2 + t^2}}, \frac{dy}{ds} = \frac{a}{\sqrt{a^2 + t^2}}, \frac{d^2x}{ds^2} = \frac{a^2}{\sqrt{\dots^3}} \frac{dt}{ds} = \frac{a^2}{t(a^2 + t^2)} \cdot \frac{dt}{ds} \cdot \frac{dx}{ds}.$$
 Die Wirksamkeit dieses Verfahrens wird an drei Beispielen auseinandergesetzt. Aus

Die Wirksamkeit dieses Verfahrens wird an drei Beispielen auseinandergesetzt. Aus $a\frac{d^2x}{ds^2} = \left(\frac{dy}{ds}\right)^3$ entnimmt Jakob $dx = \frac{tdt}{\sqrt{a^2 + t^2}}$, also $dy = \frac{adx}{\sqrt{x^2 + a^2}}$ (Identität der

Kettenlinie mit der Velaria). Von $a^2 = \rho x = x \frac{dy}{ds} : \frac{d^2x}{ds^2} = \frac{x \, dx \, \sqrt{a^2 + t^2}^3}{a \, t \, dt}$ geht er zu $x dx = \frac{a^3 \, t \, dt}{\sqrt{a^2 + t^2}^3}$, also $\frac{x^2}{2} = \frac{a^3}{\sqrt{a^2 + t^2}}$, $t = \frac{a \, \sqrt{4 \, a^4 - x^4}}{x^2}$, $dy = \frac{x^2 \, dx}{\sqrt{4 \, a^4 - x^4}}$

 $\sqrt{a^2 + t^2}$ $\sqrt{a^2 + t^2}$ $\sqrt{4a^4 - x^4}$ über (Elastica). Hier kommt er nur durch Kompensation der beiden Vorzeichenfehler zu Erfolg. Der für ρ verwendete Ausdruck $\frac{dy}{ds} : \frac{d^2x}{ds^2}$, in der Originalschreibweise $\frac{dyds}{ddx}$,

ist das theorema aureum. Im dritten Beispiel $y \frac{d^2y}{dx^2} = 1$ bildet Jakob aus $\frac{tdy}{dx} = a$

durch Differentiieren $t \frac{d^2y}{dx^2} + \frac{dy}{dx} \cdot \frac{dt}{dx} = 0$, d.h. in seiner Schreibweise $td^2y = -dydt$, also $\frac{dy}{y} = -a^2\frac{dt}{t^3}$. Ausserdem erwähnt Jakob den Ansatz $\frac{dy}{dx} = \frac{t}{a}$. Sein Verfahren

ist mit der Einführung von p=y' als Parameter gleichwertig. Der erste gedruckte Hinweis auf ein neues Kunstmittel zur Behandlung von Krümmungsfragen befindet sich in den AE VI 1693 (BKC, S. 559).

151 S. 433/37. TSCHIRNHAUS hat hier Halbverstandenes aus Leibnizens Pariser Studien wiedergegeben, die im Anschluss an Gregorys Vera quadratura 100 entstanden waren und die Frage entscheiden sollten, ob Gregorys vorgeblicher Beweis für die Unmöglichkeit der "analytischen" Kreisquadratur durch zusätzliche Existenztheoreme schlüssig gemacht werden könne oder nicht. Zum Gegenstand vgl. J. E. Hofmann und H. Wieleitner, Archiv für Gesch. d. Math., der Naturw. u. der Technik 13, Leipzig 1931, S. 277/92.

152 AE V 1684 = LMG V, S. 123/26 nebst Ergänzung in den AE XII 1684, sogleich verbessert in LMG V, S. 126/27. Leibniz kam auf die Angelegenheit nochmals in den AE VI 1686 = LMG V, S. 226/33 zurück, wo er sich unter anderem auch gegen die Unterstellung von J. Craig in dessen Methodus figurarum lineis rectis et curvis comprehensarum quadraturas determinandi, London 1685 verwahrte, er sei der Autor des (nur mit D. T. signierten) Aufsatzes 151 gewesen. Bei dieser Gelegenheit berichtet übrigens Leibniz ziemlich ausführlich über seine Pariser Studien (LMG V, S. 230/32) und über seine Stellung zu Barrow. Vgl. hierzu 120. Weiterhin berichtigt er einen nebensächlichen Rechenfehler im Aufsatz AE V 1684.

153 AE IX 1687, S. 524/27. TSCHIRNHAUS hat diesen hübschen Satz womöglich nicht selbst gefunden, sondern aus einer Jugendschrift des A. de Lionne entnommen, die von V. Léotaud als Beigabe zum $Examen\ circuli\ quadraturae\ (Lyon\ 1654)$ herausgegeben worden war. Vgl. hierzu H. Wieleitner, $Zur\ Geschichte\ der\ quadrierbaren\ Kreismonde,\ ed.\ J. E. Hofmann, Wissensch. Beilage zum Jahresbericht des Neuen Realgymnasiums München für 1933/34, S. 42/44. Auf die neuerliche Behauptung Tschirnhausens ist Leibniz nicht mehr ausführlich eingegangen; er spielt nur in kurzen Worten in den <math>AE$ IX 1691 = LMG V, S. 256 auf die Angelegenheit an.

154 London 1687 und öfter. Ich beziehe mich auf die Wiedergabe in den Opera quae extant omnia, ed. S. Horsley, London 1779/85, Bd. II, 1779, S. 126.

155 AE I 1691 = BKC, S. 440. In den Aufzeichnungen Med. Art. 161 fehlt diese Behauptung.

156 Der Beweisgedanke von Jakob sieht so aus: Wenn das Oval von einer algebraischen Kurve gebildet wird, dann gibt es eine algebraische Beziehung zwischen ϕ und tg ϕ . Sie muss zu tranzendenten Werten von ϕ führen, weil sie unendlich viele Lösungen aufweist.

157 LMG V, S. 256. Bei dieser Gelegenheit bezieht sich Leibniz auf das Urteil von Huygens, der im Brief vom 26.III.1691 (HO X, S. 57) als Gegenbeispiel gegen Newton die "ovale" Fläche zwischen zwei symmetrisch gelegenen Parabeln anführt.

158 Beilage zum Brief an Leibniz vom 14.III.1696 = LMG III, S. 39/40. Hier hat Jakob seinem Entwurf (Med., Art. 190) noch erläuternde Zusätze beigefügt. Das Beispiel erscheint übrigens auch im Brief Leibnizens an Huygens vom 19.II.1692 (HO X, S. 262), der den Sachverhalt sofort durchschaute (ebenda), ferner im Brief Leibnizens an Bodenhausen vom 5.X.1692 (LMG VII, S. 374/75). Dort wird auf die Lionnesche Quadratur 153 verwiesen, jedoch mit der höflichen Bemerkung, das könne Tschirnhaus leicht auch selbständig gefunden haben. Schon früher hatte L'Hospital durch Johann eine Abschrift des Art. 190 erhalten (erwähnt im Brief L'Hospitals an Johann vom 2.I.1693 = BJS, S. 162). L'Hospital hat es nicht für nötig befunden, auf dieses Manuskript Jakobs hinzuweisen, jedoch an Leibniz am 15.VI.1693 (LMG II, S. 242/43) eine hübsche Erweiterung gehen lassen. Sie ist in den HMP vom 29.I.1701 (Druck 1704) näher ausgeführt.

- 159 BKC, S. 650/51.
- 160 LMG V, S. 330.
- 161 Dass die gemeinen Epizykloiden rektifizierbar sind, war bereits allgemein bekannt.
 - 162 BKC, S. 736.
 - 163 BKC, S. 758.

164 Ich nenne zunächst Med., Art. 180 über den Lichtweg in Luft verschiedener Dichte, der durch einige Ausführungen am Ende von Art. 202 (Behandlung von Differentialgleichungen ohne Kurvenquadratur) ergänzt wird. Das hier Dargelegte ist fast unverändert übergegangen in Stück 14 des Nachlasses (BKC, S. 1063/67). Art. 182 handelt im Anschluss an den Traité de la lumière, Leiden 1690 (= HO XIX) vom Verlauf der Huygensschen Wellen in Luft verschiedener Dichte. Dann folgt in Art. 206 die bereits erwähnte barometrische Höhenformel 65 mit eingehender Tabelle = Nachlass-Stück 15 (BKC, S. 1067/74). Im Zusammenhang mit dem Brachystochronenproblem spielt Jakob auf die Aufzeichnungen in den Artikeln 180, 182 und 202 an. Unklar bleibt, inwieweit Jakob von Johanns Bemerkungen über den Lichtweg in inhomogenen Medien beeinflusst sein könnte (vgl. dessen Briefe an Jakob vom Ende April und 22.V.1691 = BJS, S. 101/02). Dessen eigener Ansatz steht in der 46. Vorlesung über Integralrechnung (BJC III, S. 516/18) und findet sich wieder in der Lösung des Brachystochronenproblems (AE V 1697 = BJC I, S. 190/91).

165 Diese Untersuchungen sind veranlasst durch die Théorie de la manœuvre des vaisseaux (Paris 1689) des Marine-Ingenieurs B. Renau, auf deren Unzulänglichkeit JAKOB in den AE V 1692 (BKC, S. 484/89) hinwies. Was er dort im Zusammenhang mit den Studien über die Velaria 118 andeutet, ist aus Art. 182 der Med. entnommen. JAKOB bemerkte jedoch alsbald, dass er sich geirrt hatte (Eintrag in Art. 188), ausdrücklich zugegeben in den AE XII 1695 = BKC, S. 656. Ein etwas anderer Ansatz findet sich in Art. 196 (gekürzt im Nachlass, Stück 18 = BKC, S. 1080/82), weiteres in den AE VI 1693 (BKC, S. 562/63). Etwas später hat sich auch Huygens kritisch mit Renau auseinandergesetzt (Bibliothèque universelle et historique [= BUH] IX 1693 = HO X, S. 525/31). Die Folge war eine lange Kontroverse der Jahre 1694/95 zwischen HUYGENS und RENAU (HO X). JAKOB war jedoch auch mit der Auffassung von HUY-GENS nicht ganz zufrieden (AE XII 1695 = BKC, S. 658/59). Leibniz nahm nur kurz gegen Renau Stellung (AE III 1696 = LMG V, S. 330). Jetzt wurde Jakob etwas ausführlicher (AE VII 1696 = BKC, S. 737/38). Hier stützte er sich auf Art. 234 der Med. (Nachlass, Stück 13 = BKC, S. 1057/61). Etwas später entstand Art. 255 (Nachlass, Stück 13 = BKC, S. 1061/62). Auch diese Versuche können nicht voll befriedigen. Eine abschliessende Darstellung fand der Gegenstand in Johanns Essai d'une nouvelle théorie de la manœuvre des vaisseaux, Basel 1714 (= BJC III, S. 1/96). Dort ist (BJC III, S. 97/167) auch die weitere Diskussion zwischen Renau und Johann abgedruckt. Schliesslich sei auf Art. 279 der Med. (Nachlass Stück 27 = BKC, S. 1109/15) hingewiesen, der von der Bewegung eines Bootes durch Anschlagen eines Pendels im Boot handelt.

166 Diese Untersuchungen setzen mit Med. Art. 196 ein, auf die sich die zum Teil weiterführenden Mitteilungen in den AE VI 1693 = BKC, S. 563/70 beziehen. Jakob nimmt den Widerstand eines Profils, gegen das die Flüssigkeit von unten her laminar

strömt, proportional zu $\int_{a}^{b} \left(\frac{dx}{ds}\right)^{2} dx$: $\int_{a}^{b} dx$ an. Der Gegenstand wird nochmals in den

AE XII 1695 (BKC, S. 659) und in den Artikeln 234 und 255 (Nachlass, Stück 13 = BKC, S. 1057/61) berührt. Vgl. auch AE VII 1696 (BKC, S. 738).

167 Auf diesen Gegenstand wird — ausser der Ersterwähnung in den AE VI 1691 117, die Leibniz zu einem interessierten Hinweis in den AE IX 1691 (LMG V, S. 257)

veranlasst hatte — nochmals vorankündigend in den AE V 1692 (BKC, S. 490) und VI 1693 (BKC, S. 549) hingewiesen, ehe sich Jakob zur endgültigen Veröffentlichung in den AE VI 1694 (BKC, S. 580/600) entschliesst. Allerdings sieht er sich in den AE XII 1695 (BKC, S. 656) zur Zurücknahme einiger über die Lintearia aufgestellten Behauptungen (BKC, S. 598/99) veranlasst. In Art. 187 $^{150^a}$ der Med. gibt Jakob eine verbesserte Herleitung der speziellen Elastica-Gleichung, stellt in Art. 189 119 die Identität der Elastica mit der Lintearia fest (vgl. den Hinweis in den AE VI 1694 = BKC, S. 597) und untersucht in Art. 198 die Deformation einer rechteckigen Haut bei Längsdehnung und gleichzeitiger Querkontraktion.

168 Јаков kann das noch nicht direkt hinschreiben. Er bedient sich vielmehr einer für uns überflüssigen Hilfsgrösse t, die er vermöge ady=tds einführt. Die Darstellung in Art. 205 ist in ihrer Kürze und Übersichtlichkeit viel leichter lesbar als die ausführlichere in den AE VI 1694 (BKC, S. 580/81).

169 BKC, S. 580/81. Vorarbeit: Einschaltung nach Art. 207 bezw. 215 der Med. In Art. 207 wird die Leibnizsche Regel für das Zusammensetzen von Einzelkräften nach dem Parallelogrammsatz bewiesen, die in Nr. 35 des JS vom 7.IX.1693 (LMG VI, S. 231/33) enthalten ist. In Art. 208 behandelt Jakob eine sehr einfache algebraische Aufgabe aus der Disputation des Mediziners S. Battier vom 30.XI.1693. Darnach dürfte der Zusatz zu Art. 207 im Spätherbst 1693 entstanden sein.

 170 Art. 217 der Med., übergegangen in prop. 58 der 5. Reihendissertation vom 8.IV.1704 (BKC, S. 964/66). In den AE VI 1694 (BKC, S. 596) wird nur das Ergebnis mitgeteilt, nicht die Methode.

171 Art. 216 (Nachlass, Stück 20 = BKC, S. 1084/86) wird erwähnt in den AE VI 1694 (BKC, S. 600). Jakob geht aus von dem Ansatz $a^2 = \rho s = -(sic) s \frac{dx}{ds} : \frac{d^2y}{ds^2}$.

Er bildet $a^2 d \frac{dy}{dx} = -sdx = -adt$ (Definition der Hilfsgrösse t) und integriert so:

$$a\frac{dy}{ds}=a$$
 (sic) — t. Nun ist $a\frac{dx}{ds}=\sqrt{2at-t^2}$, ferner $\frac{d^2t}{ds^2}=\frac{1}{a}\cdot\frac{ds}{dx}=1$: $\sqrt{2at-t^2}$ usw. Der Kürze halber ist die Ausdrucksweise etwas modernisiert.

172 Die Aufgabe stammt von V. VIVIANI, dem letzten Schüler Galileis, der sich unter dem Pseudonym A. D. Pio Lisci Pusillo Geometra (statt A[utore] postremo Galilei discipulo) verbarg. Sie befindet sich auf einem vom 4.IV.1692 datierten Flugblatt. Schon am 1.V.1692 gab Viviani seine eigene Auflösung, die unter dem Titel Formazione e misure di tutti i cieli zu Florenz gedruckt wurde. Sie ist wiederabgedruckt in G. GRANDI, Geometrica demonstratio Vivianorum problematum, Florenz 1699. Lösungen gaben L'Hospital (derzeit verschollen, sichergestellt aus der Mitteilung an Huygens vom 23. XI.1692 = HO X, S. 346), ferner Leibniz (AE VI 1692 nebst berichtigender Ergänzung in den AE I 1693, beides vereinigt in LMG V, S. 274/78), dann JAKOB (AE VIII 1692 = BKC, S. 512/15), Wallis (Brief vom 12.IX.1692, abgedruckt in den PT 17, Nr. 197 vom I 1693, S. 584/92, übergegangen in Cap. 192 der Algebra = Opera II, 1693), Johann (nicht veröffentlicht, erwiesen aus Jakobs Bemerkung in den AE VI 1693 = BKC, S. 571/72 und dem Brief Johanns an L'Hospital vom 22.VII.1694 = $BJ\mathrm{S},~\mathrm{S.}~232$), David Gregory (PT 19, Nr. 207 für I 1695, S. 25/29) und G. Grandi (Flores geometrici..., Florenz 1728). Über den Gegenstand vgl. die Monographie von L. TENCA im Ist. Lombardo Sc. Lett., Rendiconti, Cl. sc. mat. natur. 86, 1953, S. 113/26. Auf die zahlreichen Erwähnungen in den Briefen der Zeitgenossen kann nur mehr streifend eingegangen werden. Ich verweise etwa auf die unter Problème de Viviani angeführten Stellen in HO X und auf LMG VII, S. 364/69. — Die Med. enthalten keine Aufzeichnungen Jakobs über seine Lösung des Florentiner Problems.

173 Diese Lösung stimmt im wesentlichen überein mit jener Vivianis 172. Das wurde von Huygens in einer Aufzeichnung vom 27.X.1692 (HO X, S. 336/37) festgestellt und später auch von Jakob erwiesen (AE X 1696 = BKC, S. 744). Huygens bemerkte ausserdem (a.a.O.S. 337/38), dass die Bernoullische Kurve mit einer Ellipse bogengleich ist. Dies folgt für uns aus der Parameterform $x = a \sin \varphi$, $y = a \cos^2 \varphi$,

 $z=a\cos\varphi\sin\varphi$; denn $ds^2=a^2$ (1 + $\cos^2\varphi$) $d\varphi^2=(a\sin\varphi\,d\varphi)^2+(a\sqrt{2}\cos\varphi\,d\varphi)^2$. 174 Ausgangspunkt ist die Bemerkung Johanns (AE VI 1696 = BJC I, S. 160/61), das Oberflächenstück eines geraden Kreiskegels verhalte sich zu seiner Projektion auf den Grundkreis wie die Seitenlinie zum Grundkreisradius. Man könne auch das Oberflächenstück auf einer beliebigen Drehfläche kennzeichnen, und bei den Drehflächen 2. Ordnung sei das Problem besonders einfach. Jakob teilt alsbald (AE X 1696 = BKC, S. 739/44) unter Bezugnahme auf diese Stelle mit, er habe folgendes gefunden: Ist die Meridiankurve r=r(z) und im Meridianschnitt eine weitere Kurve $\varphi=\varphi(z)$ gegeben und werden auf dem Breitenkreis in der Höhe z (Halbmesser r) die Bögen σ

so vom Ausgangsmeridian aus abgegrenzt, dass $\frac{\sigma}{\rho} = \frac{dz}{ds}$ (s = Bogenlänge auf dem Meridian), dann umgrenzen die Endpunkte P der Bögen σ eine Oberfläche, die gleich $\int \rho \, dz$ ist. Dieser Sachverhalt ergibt sich für uns sofort aus der Beziehung $O = \int r d\rho \, ds$ $= \int \rho \, dz$. Eine weitere Komplanation beruht auf dem nämlichen Grundgedanken. Ferner fügt Jakob zur Meridiankurve r = r(z) noch die Kurve n = n(z) hinzu, wobei n die Kurvennormale ist und aus $\frac{dz}{ds} = \frac{r}{n}$ ermittelt werden kann. Dann bestimmt Jakob die veränderliche Strecke r jeweils so, dass $r^2 = 2 \int n dz$ ist. Die Projektion des auf dem Drehkörper abgegrenzten Oberflächenstücks wird von der Kurve $r = r(\varphi)$ umschlossen. Diese wird punktweise auf die Kurve $r = r(\varphi)$ bezogen. Dann ist

$$0 = \oint d\varphi \cdot r ds = \int d\varphi \cdot \int n dz = \frac{1}{2} \int \overline{r}^2 \cdot d\varphi \cdot$$

Also ist das Flächenstück innerhalb der Kurve $\tilde{r}=\tilde{r}(\varphi)$ ebensogross wie das Oberflächenstück auf dem Drehkörper senkrecht über dem von der Kurve $r=r(\varphi)$ umschlossenen Flächenstück. Auch hier folgt noch eine weitere Komplanation, die auf dem nämlichen Grundgedanken beruht.

JOHANN gibt später (AE III 1697 = BJC I, S. 174/75) ergänzende Sätze über Oberflächen und Rauminhalte von Körpern, die durch Drehen um drei sich schneidende Achsen entstehen, wenn die eine den Winkel zwischen den beiden andern halbiert.

175~BKC,~S.~517,42. Die Vorarbeiten stehen in den Med., Art. 144 88, 147,49 95 und 153 55 99.

176 Prop.
$$18: \sum_{1}^{\infty}$$
; prop. $19: \sum_{1}^{n}$; prop. $20: \sum_{1}^{\infty}$.

177 Schon Cramer hat in den zugehörigen Anmerkungen (BKC, S. 531/32) auf die Unzulässigkeit dieser Schlussweise hingewiesen. Kowalewski¹ (S. 125/28) gibt eine moderne Analyse des Sachverhaltes.

175 Jakob denkt hier an die logarithmische Spirale, von deren Bogenlänge bis zum unendlich oft umkreisten Pol schon in den AE VI 1691 (BKC, S. 443) die Rede war. Die Rektifikation der logarithmischen Spirale war schon Descartes bekannt 48. Dass auch Torricelli zum nämlichen Ergebnis gekommen war (Opere, ed. G. Loria-G. Vassura. Faenza 1919, 3 Bde., zitiert als TO) und darüber seit 1645 in vertraulichen Briefen (TO III, S. 286, 361 62, 364, 391 92, 470, 477) und in der Übersicht über seine Studien aus der zweiten Hälfte 1645 (TO III, S. 21 24) berichtet und eine interessante Abhandlung von 1647 (TO I2, S. 349 76) hinterlassen hatte, konnte Jakob nicht wissen. Diese Abhandlung ist nunmehr in der von E. Carruccio (Pisa 1955) besorgten revidierten Textfassung zugänglich.

179 In diesen Sätzen sehen wir Hinweise auf das bereits erwähnte MS. Jakobs über Kurven 3. Ordnung 84 .

180 Vermutlich bezieht sich Jakob auf ähnlich lautende Sätze in Huygens, Horologium oscillatorium (Paris 1673, S. 90 = HO XVIII, S. 241). Dass sie erstmals von Torricelli (TO I_1 , S. 191/221; TO I_2 , S. 25, 233, 241 und öfter; TO III, S. 12. 372) und Fermat (Œuvres, ed. P. Tannery Ch. Henry, Paris 1891/1910, 4 Bde., zitiert als FO) in einer sehr frühen Abhandlung (FO I, S. 256/60, 266, bereits abgedruckt in den Varia Opera 82 von 1679) aufgestellt wurden, hat Jakob wohl nicht gewusst.

181 Es handelt sich um die schon oben 141 erwähnte Angelegenheit. Leibniz hatte die Bemerkungen Jakobs nicht voll verstanden; deshalb legte dieser seinen Standpunkt in den AE VI 1693 (BKC, S. 559,61) nochmals eingehend dar. Zu diesem Thema äusserte sich Leibniz in den AE VIII 1694 (LMG V, S. 309,10) überhaupt nicht, erklärte jedoch, schon lange bediene er sich bei der Bestimmung von Krümmungsradien ähnlicher Sätze wie des Jakobschen theorema aureum 150; im übrigen bestimme er den Krümmungsmittelpunkt (ξ , η) eines laufenden Kurvenpunktes (x, y) durch Differentiation der Normalengleichung $\xi = x + (\eta - y) y' = 0$ unter der Annahme, dass ξ und η fest bleiben. So findet er $\xi - x = -y'$ ($1 + y'^2$): y'', $\eta - y = (1 + y'^2)$: y'' usw. Bei dieser Gelegenheit betont er, man könne auch ohne (infinitesimale) Betrachtung an einer Hilfsfigur nur durch den Calculus selbst zum Ziel kommen. Das ist näher ausgeführt in Art. 157 der L'Hospitalschen Analyse 138. Erst in den AE VIII 1695 (LMG V, S. 328) gab Leibniz unumwunden seinen Irrtum hinsichtlich der Wertigkeit der zusammenrückenden Punkte bei der Berührung zwischen Kurve und Krümmungs-

kreis zu. Jakob erneuerte seinen Angriff in den AE XII 1695 (BKC, S. 647) und in Note 8 (BKC, S. 684/85) der Ergänzungen zur Geometria 74 — damals wahrscheinlich noch nicht im Besitz des Augustheftes der AE. In den AE III 1696 (LMG V, S. 330) hat Leibniz seinen Irrtum erneut eingestanden.

182 Die Aufgabe befand sich in einem heute verschollenen Brief Debeaunes vom September 1638. Der Wortlaut ist erkennbar aus der Antwort von Descartes vom 20.II.1639 (Ausgabe von Clerselier 48, Bd. III, Nr. 71). Die Aufgabe wird auch erwähnt in einem Brief von Descartes an einen unbekannten Empfänger vom Juni 1645 (Clerselier, Bd. III, Nr. 79).

183 Descartes hatte bereits folgendes festgestellt: Wird die Gerade y=a+x mit der Parallelen durch den laufenden Kurvenpunkt P(x,y) zur x-Achse in Q und mit der Kurventangente durch P in R geschnitten, dann ist QR = $a\sqrt{2}$ (Descartes an Debeaune 182, 20.II.1639). Leibniz wusste bereits (Aufzeichnung vom Juli 1676, abgedruckt im Briefwechsel mit Mathematikern, ed. C. I. Gerhardt, Berlin 1899, S. 201/03), dass das Problem durch eine logarithmische Kurve gelöst wird. Johann trennt in der 11. Vorlesung über Integralrechnung (BJC III, S. 423/24) die Veränderlichen vermittels der Substitution y=x+z, erhält dx=zdz: (a-z), konstruiert die Hyperbel $\xi=az$: (a-z) und bestimmt ax als Flächeninhalt, indem er die Qua-

dratur $\int\limits_0^z \xi \, dz$ ausführt. Er weiss, dass y=a+x die Kurvenasymptote ist, und findet

ausserdem $\int\limits_0^x y dx = x (a + y) - \frac{1}{2} y^2$. Das Ganze stellt er L'Hospital zur Verfügung,

der die Ergebnisse (vermehrt um die Schwerpunktskoordinaten der Fläche $\int\limits_0^{\infty}ydx$ und

mit Hinweisen auf die Rauminhalte der Körper, die durch Drehen dieser Fläche um die beiden Achsen bezw. um die abschliessende Ordinate entstehen) in Nr. 34 des JS vom 4.IX.1692 (BJC I, S. 62/63) unter seinem eigenen Signum G*** veröffentlicht. L'Hospital, der für sich kaum mehr als die Textfassung in Anspruch nehmen konnte, stellte sich trotzdem Huygens gegenüber im Brief vom 10.IX.1692 (HO X, S. 312/13) als den Entdecker der Lösung hin und übermittelte sogar eine Abschrift des Aufsatzes mit einem Zusatz (Konstruktion der lösenden Kurve aus der logarithmischen) an Huygens (Brief vom 12.II.1693 = HO X, S. 391/93), die wenig später auch an Leibniz ging (Brief vom 23.IV.1693 = LMG II, S. 234/36). Andererseits wusste Jakob wohl schon seit dem Frühjahr 1692, dass sich Johann mit der Debeauneschen Aufgabe befasst hatte. Das ist zu schliessen aus Art. 191 der Med. Hier stellt Jakob zunächst fest, dass auch y = x + a mit zu den Lösungen zählt. Auf die Differentialgleichung dx = zdz: (a - z) wendet er die Substitution a - z = t an und erhält (ohne Berücksichtigung des Vorzeichens) dx = adt: t - dt. Daraus entnimmt er, dass die lösende Kurve nicht geometrisch sein kann.

Leibniz nimmt L'Hospitals Aufsatz und einen Hinweis auf diesen (Brief von HUYGENS vom 12.1.1693 = HO X, S. 387) zum Anlass, um in den AE IV 1693 (LMG V, S. 287/88) eine Lösung durch Reihenentwicklung unter Hinweis auf die Darstellbarkeit durch Logarithmen zu geben. Kurz zuvor hatte er die Beziehung zur logarithmischen Kurve auch im Brief an Huygens angedeutet (Schreiben vom 30.III.1693 = HO X, S. 429). Dieser glaubte nunmehr irrtümlich, Leibniz habe nur das von L'Hospital Empfangene etwas umgeformt (Brief an L'Hospital vom 9.IV.1693 = HO X, S. 437). Johann nimmt in den AE V 1693 (BJC I, S. 65/67) den Aufsatz im JS vom 1.IX.1692 (mit Recht) für sich in Anspruch. Auch er gibt eine Konstruktion vermittels der logarithmischen Kurve; sie ist eine Variante der L'Hospitalschen. Bei dieser Gelegenheit bemerkt Johann, die Rektifikation der das Debeaunesche Problem lösenden Kurve sei möglich, "jedoch nicht in abstracto, sondern nur unter Mitverwendung der logarithmischen Kurve oder einer gleichberechtigten". Von Huygens zur Rede gestellt (Brief an L'Hospital vom 5.VIII.1693 = HO X, S. 476), musste L'Hospital zugeben (Brief an Huygens vom 10.VIII.1693 = HO X, S. 484), er habe in Paris Johann das Debeaunesche Problem vorgelegt. "Dieser habe ihm in sehr kurzer Zeit eine Lösung übermittelt, die sich kaum von seiner eigenen unterscheide." In den AE II 1696 (BJC I, S. 145/48) kommt Johann nochmals auf die Konstruktion vom V 1693 zurück und gibt eine eingehende Begründung.

184 Erwähnt sei die Disputation vom 7.XII.1693 (Basel 1693 = BJC I, S. 77/91) über logische Sätze. Einige der beigefügten Thesen richten sich gegen weitverbreitete

Tagesmeinungen, so die achte: Non datur saltus in rerum natura gegen Descartes, die elfte gegen die Erklärung von Spiegelung und Brechung auf Grund des Prinzips vom kürzestdurchlaufenen Weg: Leibniz (AE VI 1682 = LD III, S 145/50) ist zwar vielleicht gemeint, wird jedoch nicht genannt. In Th. 19 wird darauf hingewiesen, dass der Lichtweg (in geschichteter Atmosphäre) keine Gerade ist. Es handelt sich um die Ergebnisse der gemeinsamen Studien beider Brüder 164 . Th. 22 besagt — vielleicht im Anschluss an Leibnizens Note in Nr. 7 des JS vom 28.II.1678 (LMG VII, S. 119/20), dass jede Primzahl > 3 in der Form $6n \pm 1$ geschrieben werden kann. In Th. 23 wird festgestellt, dass die zusammengesetzten Zahlen der Form $6n \pm 1$ nur Teiler der nämlichen Form haben können.

185 Jakob berichtet im Brief vom 19.X.1695 an Leibniz (LMG III, S. 21) von skorbutartigen Anfällen mit Gallenbeschwerden, die ihm das Arbeiten am Schreibtisch zur Qual machten und ihn für ein halbes Jahr ans Bett fesselten. Johann muss an L'Hospital (wohl im verschollenen Brief vom 20.I.1693 = BJS, S. 164) einen sehr ungünstigen Bericht gegeben haben; denn dieser äussert sich in seiner Antwort vom 20.II.1693 (BJS, S. 165) recht besorgt und betont, welchen Verlust die Wissenschaft durch den allenfallsigen Tod Jakobs erleiden müsste. Jakobs Erkrankung wird auch im Brief Johanns an Mencke vom 7.III.1693 (BJS, S. 390) erwähnt; zum Glück befinde sich der Patient jetzt wieder auf dem Wege der Besserung.

186 Aus dem Brief L'Hospitals an Johann vom 2.I.1693 (BJS, S. 162) geht z.B. hervor, dass l'Hospital eine Abschrift aus Art. 190 ¹⁵⁸ der *Med.* und die Konstruktion Jakobs für die Leibnizsche Pseudologarithmica ¹⁶⁴ $a\frac{d^2x}{ds^2} = \left(\frac{dy}{ds}\right)^2$ vom Ende des Art. 202 (Zusatz zu Art. 180) erhalten hat. Jakob war hier folgendermassen vorgegangen: er hatte die Beziehung $\frac{dx}{ds} \cdot \frac{d^2x}{ds^2} + \frac{dy}{ds} \cdot \frac{d^2y}{ds^2} = 0$ zur Überführung der Leibnizschen Differentialgleichung in die Form $a \frac{d^2y}{ds^2} = -\frac{dx}{ds} \cdot \frac{dy}{ds}$ verwendet und diese mittels $\frac{dy}{ds} = \frac{z}{a}$, also $\frac{dx}{ds} = \sqrt{a^2 - z^2}$: a, $ds = -a^2 dz$: $z\sqrt{a^2 - z^2}$ reduziert. Daraus konnte er dx = -adz: z und dy = -adz: $\sqrt{a^2 - z^2}$ entnehmen. Jetzt wird y als Bogen am Kreis $y^2 + z^2 = a^2$ gedeutet, dem die Strecke $z = a \cdot \cos \frac{y}{a}$ zugeordnet ist. Andererseits ist x=a . $\ln \frac{c}{z}$ aus einer logarithmischen Kurve konstruierbar, also auch die Kurve (x, y). Eine Variante dieser Konstruktion befindet sich im Nachlass, Stück 14 (BKC, S. 1064/65). L'Hospital bestätigt die Konstruktion (BJS, S. 162/63), kann sich aber nicht denken, wie sie zustande gekommen ist. Joнann gibt im verschollenen Brief an L'Hospital vom 20.I.1693 (BJS, S. 164) die gewünschte Auskunft. Vielleicht bemerkte er hierbei, dass man ohne Umschweife sogleich mit dem Ansatz $\frac{dy}{ds} = \frac{z}{a}$ zu Erfolg kommt. L'Hospital sieht (Brief an Johann vom 20.II.1693 = BJS, S. 165) in der Verwendung zweier Hilfskurven zur Konstruktion einer gesuchten etwas grundsätzlich Neues. — Ausserdem erhielt Johann Einblick in Art. 178 128 der Med. und liess die darin dargelegte Methode zur Bestimmung der Cosinus- und Sinus-Reihe an Varignon gehen (BJS, S. 167), der sie an L'Hospital weitergab. Dieser vermerkte sehr richtig im Brief an Johann vom 25.IV.1693 (BJS, S. 167/68), das Bildungsgesetz der Koeffizienten sei von Jakob durch Induktion erschlossen, nicht eigentlich bewiesen. — Weiterhin finden wir in den Med., Art 200/01 Aufgaben über arithmetische und geometrische Reihen, die in Teil IV, Kap. V der Ars conjectandi, S. 228/30 verwendet

187 Hier erscheint (BKC, S. 559) die erste Andeutung über ein neues Kunstmittel zur Behandlung von Krümmungsfragen 150 a (nämlich das hier noch nicht genannte theorema aureum), "das anscheinend uns Brüdern allein zugehört". Später (BKC, S. 562) wird allerdings festgestellt, Johann sei damals in Paris mit dem Velaria-Problem nicht ganz fertig geworden, obwohl auch er Jakobs Mittel zur Bewältigung der Gleichung $a \cdot \frac{d^2x}{ds^2} = \left(\frac{dy}{ds}\right)^3$ entdeckt habe. Das war die Antwort auf Johanns taktlose Bemerkung vom 28.IV.1692 118, die jedoch mit keinem Wort erwähnt wird. Schliesslich verweist Jakob (BKC, S. 572) auf Johanns Lösung des Florentiner Problems 172 und auf dessen Behandlung des Problems der kürzesten Dämmerung, die veröffentlicht worden sei, ohne dass Jakob davon etwas gewusst habe 63. In diesem Aufsatz übt Jakob des

werden, aber auch in frühe Aufzeichnungen Johanns übergegangen sind (BJC IV, S. 26/27). Eine davon wird auch in Johanns Brief an Leibniz vom 18.VI.1695 (LMG

III, S. 184/85) behandelt.

öfteren ziemlich scharfe Kritik an Leibniz, so in der Frage, wie der Krümmungskreis die Kurve trifft 181 (BKC, S.559/61), und bei Behandlung der Leibnizschen Pseudologarithmica 164 , 186 (BKC, S. 570/71). Gegen Ende der Abhandlung schlägt er freundlichere Töne an und hebt Leibnizens grosse Verdienste in durchaus angemessenen Worten hervor (BKC, S. 572/73).

188 Hier wäre die Preisaufgabe zu erwähnen, die Јонапп in Nr. 28 des JS vom 20.VII.1693 (BJC I, S. 66/67) stellt: Die graphische Konstruktion von Gleichungslösungen vermittels eines kleinen Stückes einer passenden Hilfskurve zu geben. Jонанн setzt sein Verfahren in Nr. 34 des JS vom 31.VIII.1693 (BJC I, S. 67/69) auseinander. In Th. 24 der logischen Disputation vom 7.XII.1693 (BJC I, S. 90) werden die in Nr. 36 des JS vom 14.IX.1693 (BJC I, S. 70/72) erhobenen Einwände eines Unbekannten als unzutreffend zurückgewiesen, und in Nr. 4 des JS vom 18.I.1694 (BJC I, S. 73/74) wird Jakobs Aufsatz in den AE VI 1688 83 anerkennend genannt. Später hat Jakob den Hauptinhalt der Note Johanns vom 31. VIII.1693 in die Ergänzungen zur Geometria 74, Note 18 übernommen (BKC, S. 694/96) und bei dieser Gelegenheit auch seinen Aufsatz in den AE IX 1689 99 erwähnt, nicht aber Johanns Beiträge. —Auch Th. 26 der logischen Disputation Johanns vom 7.XII.1693 (BJC I, S. 90), bezieht sich auf eine Behauptung Jakobs aus den AE I 1691 155, der freilich an dieser Stelle nicht erwähnt wird, nämlich auf die vorgebliche Unmöglichkeit, das durch eine in sich zurücklaufende algebraische Kurve begrenzte Flächenstück algebraisch zu quadrieren und seine Berandung algebraisch zu rektifizieren 156. Johann äussert sich so: Allein aus der Tatsache, dass die Spiralen keine algebraischen Kurven sind, weil sie von einer Geraden in unendlich vielen Punkten geschnitten werden, folgt verbindlich, dass die Quadratur und Rektifikation von Kreisen und anderen in sich zurücklaufenden Kurven und den von ihnen umschlossenen Flächen algebraisch unmöglich ist.

¹⁸⁹ Vgl. hierzu BJS, S. 182, Anmerkung 2.

¹⁹⁰ Niemand ahnte damals, dass dieses Problem schon ein Menschenalter früher von J. Gregory gelöst worden war. Unter Bezugnahme auf die einschlägigen Stellen im J. Gregory-Tercentenary memorial volume, ed. H. W. Turnbull, London 1939 (zitiert als GT) erwähne ich zunächst Gregorys Brief an Collins vom 15.IX.1670 (GT, S. 102), wo gesagt wird, das Problem hänge von der Hyperbelquadratur ab. In der Sendung an Collins vom 29.XII.1670 (GT, S. 148/50) wird die Logarithmica als Kurve

konstanter Subtangente aus
$$\frac{dy}{dx} = \frac{b}{x}$$
 erklärt. Das Bogenintegral $s = \int_{a}^{x} \sqrt{1 + \frac{b^2}{x^2}} dx$

geht vermöge der Substitution $b\sqrt{...} = t + b^2 : x$ über in $b \cdot \ln \frac{x}{a} + \frac{1}{b} \int_{a}^{x} t dx$. Nach

partieller Integration und unter Verwendung der Hilfsgrösse $c=\sqrt{b^2+\frac{b^4}{a^2}}-\frac{b^2}{a}$ findet

Gregory einen sehr geschickt unter Mitverwendung der Ausgangskurve geometrisch gedeuteten Ausdruck, der auf die Darstellung in der Form

$$bs = tx - ac - 2b^2 \ln \left(\sqrt{b^2 - c^2} : \sqrt{b^2 - t^2} \right) + b^2 \ln \frac{x}{a}$$

hinausläuft. Dazu tritt (nach Abspalten eines Logarithmus) die Entwicklung nach

Potenzen von
$$x$$
 vermöge $s = b \cdot \ln \frac{x}{a} + \int_{a}^{x} \frac{b}{x} \left\{ \sqrt{1 + \frac{x^2}{b^2}} - 1 \right\} dx$. Hierbei wird die

Wurzel nach dem binomischen Satz entwickelt und dann gliedweise integriert. Schliesslich folgt im Brief an Collins vom 27.V.1671 (GT, S. 190) die Entwicklung nach

Potenzen von
$$\frac{1}{x}$$
 aus dem Ansatz $s = x + \int_{a}^{x} \left\{ \sqrt{1 + \frac{b^2}{x^2}} - 1 \right\} dx$.

191 L'Hospital teit zunächst im Brief an Huygens vom 26.VII.1692 (HO X, S. 305) das Ergebnis mit, verbessert im Brief vom 10.IX.1692 (HO X, S. 312) ein Schreibversehen des Kopisten und führt eine Verifikation durch, die sein Vorgehen genau erkennen lässt. Auch er geht von der Darstellung der Logarithmica aus der kennzeichnenden Differentialgleichung aus. Dann formt er um:

$$s = \int_{a}^{x} \frac{x^2 + b^2}{x \sqrt{x^2 + b^2}} dx = \sqrt{b^2 + x^2} + b^2 \int_{a}^{x} \frac{dx}{x \sqrt{b^2 + x^2}}.$$

Im verbleibenden Integral substituiert er zuerst $x = b^2$: u. Das Ergebnis

b
$$\int_{b^2:a}^{u} \frac{du}{\sqrt{b^2+u^2}}$$
 ist — das wusste er aus der zweiten Vorlesung Johanns über Inte-

gralrechnung (BJC III, S. 396) — proportional zur Sektorfläche an der gleichseitigen Hyperbel $v^2 = b^2 + u^2$. Jetzt macht er vermöge $\xi = (u+v) : \sqrt{2}, \ \eta = (-u+v) : \sqrt{2}$ die Hyperbelasymptoten zu den Koordinatenachsen und erhält das verbleibende Integral in der Form $b \ln \left(\xi : \frac{b}{\sqrt{2}}\right)$. Am Schluss verwendet er die aus

$$\xi = \frac{u + \sqrt{b^2 + u^2}}{\sqrt{2}} = \frac{b^2 \sqrt{2} + b \sqrt{2(b^2 + x^2)}}{2x} \text{ bzw. } 2\xi^2 x = b^2 x + 2b^2 \xi \sqrt{2}$$

bestimmte Hilfskurve. Im Brief an Huygens vom 23.XI.1692~(HO~X,~S.~342/44) führt L'Hospital eine Variante dieses Verfahrens vor. Mit einem Schlag rationalisiert er die

Wurzel vermöge
$$\sqrt{b^2 + x^2} = \frac{tx}{b} - b$$
. Daraus erhält er die einfachere Hilfsgleichung $t^2 x = b^2 x + 2b^2 t$ und nunmehr unmittelbar $\frac{b^2 dx}{x\sqrt{b^2 + x^2}} = -b\frac{dt}{t}$. Ohne die Herleitung findet sich diese Form des Ergehnisses samt der zugehörigen Hilfsgleichung

leitung findet sich diese Form des Ergebnisses samt der zugehörigen Hilfsgleichung auch im Brief an Leibniz vom 14.XII.1692 (LMG II, S. 216 17). Huygens berichtet über L'Hospitals Entdeckung, die er für richtungsweisend ansah, in der HOS II 1693 (HO X, S. 407/08). Er bemerkt, dass gleichzeitig die Quadratur der Kurve $x^2 y^2 (b^2 + x^2) = b^6$ geleistet ist; man könne jedoch auch mit der einfacheren Hilfskurve $x^2y^2=b^2(b^2+x^2)$ auskommen. — Später hat Jakob die Ausstreckung der logarithmischen Kurve in geschlossener Form und durch Reihenentwicklung in prop. 52 der 4. Reihendissertation vom 26.XII.1698 (BKC, S. 863/64) übernommen. Erstaunlicherweise hat keiner der damaligen Bearbeiter bemerkt, dass das Bogenintegral am einfachsten vermittels der Substitution $b^2 + x^2 = y^2$ behandelt werden kann.

192 HO X, S. 408/13 121. Leibniz gibt seine eigene Lösung in den AE IX 1693 (LMG V, S. 296/97). Dort berichtet er, er sei bereits in Paris von Cl. Perrault, der es nicht zu meistern wusste, auf das Traktrixproblem hingewiesen worden und habe es schon damals gelöst.

193 BJC I, S. 66. Aus dem Brief Johanns an L'Hospital vom 22.IV.1694 (BJS, S. 208/11) geht hervor, dass Johann OT als x, PT als px:q und die Projektion von PT auf die Abszissenachse als y eingeführt hat. Er transformiert die entstehende Differen-

tialgleichung $(p^2x + q^2y)$ $ydx = p^2x^2(dx + dy)$ vermittels ay = tx in $\frac{dx}{x} = \frac{ap^2dt}{a^2t^2 - a^2p^2}$. setzt dann $t = \frac{ap}{q} \cdot \frac{q^2z^2 + a^2p^2}{q^2z^2 - a^2p^2}$ und erhält schliesslich $\frac{dx}{x} = -\frac{p}{q} \cdot \frac{dz}{z}$. Erst viel später (um 1740) hat Johann auf einem beigelegten Zettel die Integration nicht durch die Transformation $t \longrightarrow z$, sondern durch Partialbruchzerlegung erledigt und einen begangenen Fehler berichtigt (BJS, S. 212/14).

194 BKC, S. 574/76 enthält nur die Lösung und eine interessante mechanische Fadenkonstruktion. Aus Art. 203 (Nachlass, Stück 19 = BKC, S. 1082/84) der Med. geht Jakobs Ansatz hervor: PT wird als x, OT als nx, die Projektion von PT auf die

Abszissenachse als y bezeichnet. Jetzt ist $\frac{d\sqrt{x^2-y^2}}{d(nx+y)} = \frac{\sqrt{x^2-y^2}}{y}$, also $\frac{x\,dx-y\,dy}{x^2-y^2} = \frac{n\,dx+dy}{y}$. Mit y=xz ergibt sich $\frac{dz}{z^2-1}=n\,\frac{dx}{x}$, folglich $y=x\cdot\frac{c^{2n}-x^{2n}}{c^{2n}+x^{2n}}$. Jakob

nimmt allerdings für c nur den Wert 1 an. Eine andere Art der Lösung gibt L'Hospital im Brief an Jонаnn vom 27.VI.1693 (BJS, S. 174/77). Sie erscheint nach einigem Hin

und Her (hierzu vgl. BJS, S. 174, Anm. 4) in der von Johann besorgten lateinischen Übersetzung in den AE IX 1693 (S. 398/99). L'Hospital beginnt — erkennbar aus dem

Brief an Huygens vom 18.IX.1693 (HO X, S. 518/23) — mit der Differentialgleichung
$$\frac{y\,ds}{x\,dy-y\,dx}=\frac{p}{q}$$
, setzt dann $x=uy$, erhält $q\,\frac{dy}{y}=\frac{(p^2+q^2)\,dx}{qu+\sqrt{p^2u^2+p^2q^2}}$ und kommt

durch den Ansatz $\sqrt{p^2u^2+p^2q^2}=v-pu$ zu einem durch Logarithmen integrierbaren Ausdruck in v. Sein Ergebnis erscheint in etwas erweiterter Form auch in den Mémoires de mathématique et de physique [= MMP] vom 30.VI.1693, S.97/101 (erschicnen Ende 1693) mit lateinischem Nachdruck in den AE V 1694, S. 193/96. In den AE X 1693 (HO X, S. 512/14) berichtet Huygens ohne Rechnung über seine Bestätigung für Jakobs Lösung. Er spricht ausdrücklich von einer Differentialgleichung, rühmt Leibniz als den Entdecker der Differentialrechnung und stellt eine kurze instrumentale Lösung in Aussicht. Im Brief an L'Hospital vom 1.X.1693 (HO X, S. 536/37) erwähnt Huygens zum erstenmal die von ihm kurz zuvor (HO X, S. 555) aufgefundene Bedingung für das Auftreten einer Spitze $\left(\frac{y}{x}=n>1\right)$, deren Tangente auf dem Fahrstrahl durch den Ursprung senkrecht steht (zuerst mitgeteilt in den AE IX 1694 = HO X, S. 673/74). Die Einwände des Abbé Catelan gegen L'Hospitals Lösung (Nr. 13 des JS vom 29.III.1694, lateinisch in den AE V 1694), ihre Widerlegung durch L'Hospital (AE X 1694) und das Eintreten Leibnizens für Jakob und L'Hospital (AE VII 1694 = LMG V, S. 306) sowie L'Hospitals Darstellung in der $Analyse^{138}$, Art. 74 seien nur mehr am Rande erwähnt. Auch die einschlägigen Bemerkungen Leibnizens (AE VII 1693 = LMG V, S. 288; AE VII 1694 = LMG V, S. 306 und Nr. 34 des JS vom 23.VIII. 1694 = LMG V, S. 306/08) über die Behandlung von Differentialgleichungen, die sich als Funktionen aus Stücken am charakteristischen Dreieck ergeben, können nur mehr gestreift werden.

195 Med., Art. 204. Jakob setzt zunächst ay=xz, erhält $\frac{dx}{x}=\frac{a^2dz}{bz^2-a^2z+a^2c}$ und beseitigt alsdann das lineare Glied im Nenner vermöge der Transformation $z=t+a^2$: 2b. Wahrscheinlich stammt das Problem von Johann, der eine Lösung am 20.I.1693 (BJS, S. 164) an L'Hospital gehen liess. Dieser äusserte sich in der Antwort vom 20.II.1693 (BJS, S. 165) anerkennend über das für ihn neue Verfahren Johanns, das wir heute nicht mehr sicher identifizieren können.

196 Es handelt sich um Th. 27 der Dissertation (BJC I, S. 91). Jakobs Aufzeichnungen finden sich in den Med., Art. 209/11.

197 Jakob wusste wohl nicht, dass derartige Fragen schon längst in J. Collins, Doctrine of decimal arithmetic, simple interest, etc., London 1664, 21674 behandelt worden waren. — Am Ende der Aufzeichnung bemerkt Jakob, es handle sich um das nämliche Problem wie in These 9 der Epimetra zur 2. Reihendissertation vom 28.XI.1692 (BKC, S. 541), wo gefragt wird, nach wieviel Zügen einer Luftpumpe im Rezipienten ein vorgeschriebener Grad von Luftverdünnung auftritt. Später erscheint die Aufgabe als letzte These der Epimetra zur 3. Reihendissertation vom 24.XI.1696 (BKC, S. 766).

198 L'Hospitals Entdeckung ist in einer Note vom 30.XI.1693 in den MMP, S. 145/47 enthalten, die vermutlich Ende Mai 1694 zum Druck kamen. Sie richtet sich gegen die Behauptung Jakobs in den AE III 1692 (BKC, S. 481), im Wendepunkt müsse der Krümmungshalbmesser unendlich sein, der auch Leibniz in den AE IX 1692 (LMG V, S. 282) beigetreten war. Sie wird auch in Note 22 (BKC, S. 697/98) der Ergänzungen Jakobs zur Geometria 74 von 1695 wiederholt. Anscheinend war Jakob von Johann über L'Hospitals Entdeckung verspätet unterrichtet worden.

Die ersten Erwähnungen des richtigen Sachverhaltes finden sich in den Briefen L'Hospitals an Huygens vom 22.III.1694 (HO X, S. 585/86) und an Johann vom 7.IV.1694 (BJS, S. 203/04). Beidemale nennt L'Hospital als Gegenbeispiel das Verhalten der Kurve $a^2 x^3 = y^5$ im Ursprung. An Leibniz geht im Brief vom 30.XI.1694 (LMG II, S. 253) nur ein kurzer Hinweis ohne das Beispiel. Es scheint, dass Johann schon dem Brief an Mencke vom 22.IV.1694 (BJS, S. 392/93) einen Zettel an Leibniz beigelegt hatte, worin L'Hospitals Entdeckung erwähnt wird (vgl. Johanns Brief an L'Hospital vom 22.IV.1694 = BJS, S. 206). Auf den Sachverhalt wird ausserdem auch in L'Hospitals $Analyse^{138}$, Art. 82 verwiesen, die in der später hinzugefügten Überschrift zu den Med., Art. 218 erwähnt wird.

199 Vgl. Johanns Brief an L'Hospital vom 22.IV.1694 (BJS, S. 206).

²⁰⁰ Dies ist, soweit ich sehe, das erste Beispiel für die Auflösung einer höheren Kurvensingularität. — Art. 218 der Med. ist mit nur geringfügigen sprachlichen Veränderungen in AE IX 1697 (BKC, S. 779/82) übergegangen, wo ausdrücklich auf L'Hospitals Note vom $30.XI.1693^{198}$ Bezug genommen wird.

²⁰¹ BKC, S. 576/600. Vgl. Anm. 139, 150, 167/71.

 202 BKC, S. 579/80. Indem JAKOB $x = a\varphi$, y = r setzt und das Bogenelement der Kurve mit ds bezeichnet, erhält er einen Ausdruck für ρ , der mit $a\frac{dy}{ds}$: $\left(2\frac{dx}{ds}\cdot\frac{dy}{ds} + \frac{d^2x}{ds}\right)$

 $+y\frac{d^2x}{dy^2}$) gleichwertig ist und in verschiedenen Varianten auftritt.

²⁰³ In den AE X 1694 (BJC I, S. 119) stellt Johann die Sätze Jakobs über den Krümmungshalbmesser in Polarkoordinaten als wenig belangreich und sehr einfach beweisbar hin. Ein Beweis steht im Brief an L'Hospital vom 12.I.1695 (BJS, S. 256), mitverwendet in den Artikeln 64, 66, 79 und 81 der Analyse ¹³⁸. An späterer Stelle des Aufsatzes vom Oktober 1694 (BJC I, S. 121) versucht sich Johann mit der Gegen-

bemerkung zu revanchieren, dem Bruder sei die Darstellung von Integralen wie $\int \frac{dx}{\sqrt{a^2x-x^3}}$ oder $\int \frac{dx}{\sqrt{a^4-x^4}}$ durch Rektifikation noch nicht bekannt. Sein Hin-

weis war jedoch ein Schlag ins Wasser; denn schon in den AE IX 1694 (BKC, S. 611) hatte Jakob des Bruders Andeutung vorweggenommen, der diesen Aufsatz noch nicht kannte. Nachmals behauptete Johann im Brief an Leibniz vom 17.IV.1696 (LMG III, S. 268/72), in dem er sich voller Bitterkeit über Jakob äussert, dieser habe die Konstruktion mit der Lemniskate erst nach Johann gefunden, aber seine Arbeit sei früher zum Druck gekommen. Vgl. Anm. 223.

²⁰⁴ An der etwas ruhmredigen Ausdrucksweise Jakobs (vgl. BJS, S. 251, Anm. 9) nahm auch L'Hospital Anstoss: Siehe den Brief an Johann vom 31.XII.1694 (BJS, S. 251/52), wo zwei der von Jakob beweislos mitgeteilten Formeln durch eine direkte geometrische Betrachtung erwiesen werden. L'Hospital bemerkt, auf die eine dieser Formeln sei er durch Jakobs Abhandlung in den AE VI 1693 149 über die diakaustischen Kurven verfallen und habe sie schon am 2.IX.1693 an Johann gegeben, dazu eine Variante der Formel 1: $\rho = \frac{d^2y}{ds^2}$: $\frac{dx}{ds}$ (BJS, S. 185/87). Auch im Brief an Leibniz vom

2.III.1695 (LMG II, S. 271) nimmt L'Hospital die Sätze Jakobs für sich in Anspruch unter Verweis auf seinen Aufsatz vom 31.VIII.1693 (MMP, S. 129/33, etwa im Frühjahr 1694 gedruckt). Johann bestätigt L'Hospitals Anspruch im Brief an Leibniz vom 12.II.1695 (LMG II, S. 163). Er beklagt sich in scharfen Worten über die Geheimnistuerei und das Geltungsbedürfnis Jаковs, vor allem über die Art, wie dieser Јонаnn um dessen Erfolge willen beneidet. Vergeblich versucht Leibniz im Brief vom 10.III.1695 (LMG III, S. 165/66) JOHANN zum Einlenken und zu besserer Würdigung der Verdienste des Bruders zu bewegen. Im Brief vom 30.IV.1695 (LMG III, S. 173) stehen weitere abschätzige Bemerkungen über Jakob. Nur ungern bestellt Johann die ihm regelmässig für den Bruder aufgetragenen Grüsse und bringt immer wieder Nachteiliges vor, vor allem im Brief an Leibniz vom 17.IV.1696 (LMG III, S. 268/72).

 205 BKC, S. 586/89. Die Spannungskurve $t=c\left(\frac{x}{a}\right)^p$ wird als höhere Parabel angenommen. In den Med. findet sich für diese Betrachtung keine Vorlage.

 206 BKC, S. 591/92. Jakob beginnt mit der Kennzeichnung einer Kurve aus $\frac{dy}{dx} = \frac{t(x)}{a}$. Er sagt, wenn man eine algebraische Kurve $\Phi(x, u) = 0$ angeben könne,

deren Subtangente u: $\frac{du}{dx} = \frac{a^2}{t}$ sei, dann ergebe sich y aus dem Logarithmus von u (nämlich als $a \cdot ln \frac{u}{c}$). Lasse sich keine derartige algebraische Hilfskurve ermitteln,

dann genüge der ausschliessliche Ansatz mit Logarithmen nicht mehr. Gegen die missverständliche sprachliche Fassung erhob Leibniz im Brief an Huygens vom 27.VII.1694 (HO X, S. 661) und in den AE VIII 1694 (LMG V, S. 313) Einspruch, jedoch konnte sich Jakob durch zweckmässige Auslegung seines Textes in den AE XII 1695 (BKC, S. 646/47) salvieren. Andererseits hatte Jakob angedeutet, unter den transzendenten Kurven liesse sich nur die logarithmische punktweise konstruieren. Auch dagegen wandte sich Leibniz in den AE VIII 1694 (LMG V, S. 311/12), indem er auf die punkt-

weise Konstruierbarkeit der Sinuslinie $y=a\sin{\frac{x}{a}}$ durch fortgesetztes Halbieren von

Winkeln und Strecken hinweist, sobald der Viertelkreisbogen konstruiert vorliegt. 207 BKC, S. 592, vgl. Anm. 218. Johann übt an dieser Stelle in den AE X 1694 (BJC I, S. 122) eine nicht ganz zutreffende Kritik, wenn er sagt, dass das Integral nur zum Teil von der Rektifikation der Ellipse (in der Form $\int \frac{a^2 + x^2}{\sqrt{a^4 - x^4}} dx$) abhängt. — Schon bei der Rektifikation der parabolischen Spirale in den AE I 1691 112 war JAKOB

auf das elliptische Integral $\int\limits_0^a dy\,\sqrt{1+4\,y^2\,(a-y)^2\!:a^2\,p^2}$ gestossen, hatte jedoch

damals nur die durch $\int\limits_0^y \cdots$ und $\int\limits_a^a \cdots$ gekennzeichnete Bogengleichheit zwischen je zwei

einander zugeordneten Bogenstücken gefunden. Das hatte ihm ein schönes Lob von Leibniz (AE IX 1691 = LMG V, S. 256) eingetragen.

²⁰⁸ BKC, S. 601/07. — Leibniz hatte das Problem in den AE IV 1689 (LMG V, S. 237) gestellt ¹⁰² und in den AE V 1690 (LMG VI, S. 194) und VII 1690 (LD III, S. 239) wiederholt. Lange wagte sich niemand an die Lösung.

209 Ist nämlich der Ursprung O jener Punkt, dem der laufende Kurvenpunkt (x, y) mit konstanter (positiver oder negativer) Geschwindigkeit c zustrebt, dann ist $x^2 + y^2 = c^2 t^2$. Weil die Bewegung im Schwerefeld der Erde vor sich geht, gilt weiterhin $\left(\frac{ds}{dt}\right)^2 = -2a(s+s)$ mit der Arstendam ist $s^2 + s^2 = -2a(s+s)$ mit der Arstendam ist $s^2 + s^2 = -2a(s+s)$ mit der Arstendam ist $s^2 + s^2 = -2a(s+s)$ mit der Arstendam ist $s^2 + s^2 = -2a(s+s)$ mit der Arstendam ist $s^2 + s^2 = -2a(s+s)$ mit der Arstendam ist $s^2 + s^2 = -2a(s+s)$ mit der Arstendam ist $s^2 + s^2 = -2a(s+s)$ mit der Arstendam ist $s^2 + s^2 = -2a(s+s)$

=2g~(a+y) mit der Anfangsbedingung $c^2=2ga$. Daraus ergibt sich die erwähnte Differentialgleichung durch Entfernen von c und g. Ersichtlich hat sie L'Hospital durch Johann kennengelernt. Er brachte sie vermittels des Ansatzes $y=z^2$: a auf die Form $a^2~(x+z)~dx=2~(a^2~x-z^3)~dz$. Da er nun nicht mehr weiterkam, wandte er sich am 14.XII.1692 (LMG II, S. 217) an Leibniz. Dieser schlug in seiner Antwort vom Januar 1693 (LMG II, S. 220/22) eine Lösung durch Reihenentwicklung vor. L'Hospital entgegnete am 24.II.1693 (LMG, S. 224), es handle sich um eine spezielle Lösung der isochrona paracentrica, jedoch ging Leibniz auf diese Bemerkung nicht ein. Irgendptwas über diese Korrespondenz muss an Jakob gegangen sein, vielleicht in den verlorenen Briefen des Jahres 1692 von L'Hospital an Jakob (vgl. BKC, S. 660). Daraus erklärt sich wohl die Unterstellung Jakobs in den AE VI 1694 (BKC, S. 601), auch Leibniz sei mit der Aufgabe nicht fertig geworden. In Wirklichkeit hatte dieser den Zettel mit der Aufgabe nicht fertig geworden. In Wirklichkeit hatte dieser den Zettel mit der Aufgabe verlegt (Brief an Huygens vom 11.XII.1693 = HO X, S. 574/75 bezw. an L'Hospital vom 6.I.1695 = LMG II, S. 257) und erst später wiedergefunden.

Dieser Ansatz heisst $x^2 + y^2 = r^2$, ay = rz. Er führt auf $\frac{dr}{\sqrt{ar}} = \frac{a dz}{\sqrt{az(a^2 - z^2)}}$.

211 Vermittels $az = u^2$ folgt nämlich $\sqrt{ar} = \int \frac{a^2 du}{\sqrt{a^4 - u^4}}$.

²¹² Erst Huygens bemerkte im Brief an Leibniz vom 24.VIII.1694 (HO~X, S. 667/68, auch übergegangen in den von Leibniz veranlassten Auszug in den AE IX 1694 = HO~X, S. 671/72), dass es auch lösende Kurven geben könne, die sich dem Ursprung in unendlich vielen Windungen annähern.

Dass sich Jakob nicht hinreichend von dem jüngeren Bruder anerkannt fühlte, geht sehr deutlich aus dem bei Spiess 71, S. 27 in deutscher Übersetzung wiedergegebenen Hochzeitsgedicht vom März 1693 hervor.

²¹⁴ Med., Art. 219 (Nachlass, Stück 2 = BKC, S. 999/1006). Ein Auszug ging am 14.III.1696 (LMG III, S. 42/44) als Beitrag Jakobs zur beabsichtigten scientia infiniti an Leibniz.

215 Vom griechischen λημνίσκος, wollenes Band.

²¹⁶ BKC, S. 608/12.

Dies ergibt sich mittels der aus $x^2 + y^2 = t^2$, $x^2 - y^2 = a^2$ folgenden Parameterform für die gleichseitige Hyperbel.

218 Unter Mitverwendung der Ellipse $2x^2 + y^2 = 2a^2$ folgt das so: Das Bogendifferential der Ellipse ist $\frac{a^2 + x^2}{\sqrt{a^4 - x^4}} dx$, das der Elastica $\frac{a^2 dx}{\sqrt{a^4 - x^4}}$, also ihre Differenz

$$\frac{1}{\sqrt{a^4-x^4}}$$

²¹⁹ Brief an Leibniz vom 24.VIII.1694 (HO X, S. 664/67), in einem von Leibniz besorgten lateinischen Auszug nebst dessen zusätzlichen Bemerkungen abgedruckt in den AE IX 1694 (HO X, S. 671/72).

²²⁰ LMG V, S. 309/18.

²²¹ Die ersten Versuche Leibnizens in dieser Richtung gehen zurück bis auf den August 1673. Vgl. hierzu D. Mahnke, *Neue Einblicke in die Entdeckungsgeschichte der höheren Analysis*, Abh. d. preuss. Ak. d. Wiss. Jhg. 1925, phys.-math. Kl. Nr. 1, Berlin 1926, S. 52/53 und 55/56 bezw. J. E. Hofmann/H. Wieleitner ¹⁵¹, S. 587/88.

²²² BJC I, S. 119/22.

223 JOHANN verwendet die durch einen Kunstgriff gewonnene Zerlegung

$$d\sigma^2 = \frac{a^3 dt^2}{2t(a^2 - t^2)} = \frac{(a + 2t)^2 dt^2}{4t(a + t)} + \frac{(a - 2t)^2 dt^2}{4t(a - t)} \equiv d\xi^2 + d\eta^2.$$

Daraus folgt $\xi^2 = at + t^2$, $\eta^2 = at - t^2$. Daran schliesst sich eine sehr elegante Konstruktion der Elastica vermittels der Lemniskate. Im Brief an L'Hospital vom 3.V.1695 (BJS, S. 287) schreibt Johann, er habe seine Lösung vor Jakob gefunden, und unterstellt, der Bruder habe eine Andeutung erhalten und sei dem Entdecker durch eilige Sendung nach Leipzig zuvorgekommen. Vgl. Anm. 203.

²²⁴ BKC, S. 639/63. Vgl. die Anmerkungen 119, 159, 165/67, 181, 206.

 225 BKC, S. 641. Jakob denkt sich die Bogenlänge s einer Kurve geradegestreckt und als Abszisse aufgefasst. Wird die zugehörige Strecke a^2 : ρ als Ordinate aufgetragen,

dann "hängt
$$\int_{0}^{s} \frac{a^2}{\rho} \cdot ds = a^2 \tau$$
 von der Kreisquadratur ab". Der Satz ist näher ausge-

führt in den Med., Art. 249 (gekürzt im Nachlass, Stück 10 = BKC, S. 1033/36). Dort wird ausserdem die Behandlung von Differentialgleichungen 2. Ordnung vermittels passender Beziehungen zwischen den 2. Ableitungen der Koordinaten x, y und der Bogenlänge s gelehrt und auf die Velaria, die Elastica und die Lintearia angewendet. Der Satz ist wahrscheinlich die Antwort Jakobs auf die Entdeckung Johanns in den AE VIII 1695 (BJC I, S. 142/44), wonach die Endpunkte A und B einer starren Strecke c, die auf einem (wendepunktfreien) Bogen rollt und dabei um den Winkel τ gedreht wird, zwei sich zu ct ergänzende Bögen beschreiben. Johanns Beweis ging am 23.VI.1695 (BJS, S. 295) an L'Hospital und wurde von diesem in Art. 166 der Analyse 138 aufgenommen. — In den Med., Art. 221 hat sich Jakob einen Beweis für Johanns Satz zurechtgelegt, der auf einer direkten infinitesimalgeometrischen Betrachtung beruht und von dem Johanns kaum abweicht. In BKC, S. 644 deutet er an, dass er auf das Problem unabhängig von Johann gekommen ist. Woher die Anregung stammt, ist bisher noch nicht klar. Leibniz bildet Johanns Ergebnis weiter, indem er die Fläche ausrechnet, die bei Abwicklung des Fadens längs einer Kurve von einem bestimmten Fadenstück überstrichen wird (AE XI 1695 = LMG VII, S. 337/39).

 226 BKC, S. 656/58. Diese Studien sind angeregt durch die Mitteilungen Leibnizens in Nr. 35 des JS vom 7.IX.1693 169 (LMG VI, S. 231/33) über die Zusammensetzung von Kräften und Bewegungen nach dem Parallelogrammgesetz. Sie umfassen die Artikel 222/27 der Med. nebst einem vor Artikel 230 beigefügten Zusatz.

²²⁷ Med., Art. 230 setzt die früheren Studien fort. Art. 232 enthält die Behandlung der Kurve mittlerer Richtungen nebst einigen Beispielen.

²²⁸ BKC, S. 618/23.

²²⁹ Vorstudie: Med., Art. 197 vom Winter 1692/93. In den AE wendet Jakob sein Ergebnis sogleich mit grossem Geschick an auf die bereits von Johann in den AE I 1692 (BJC I, S. 57/58) geleistete Bestimmung der Astroide. Der Gegenstand wird auch in Art. 148 der L'Hospitalschen Analyse ¹³⁸ behandelt, die Astroide dortselbst am Ende von Art 158 erwähnt.

²³⁰ Vgl. Med., Art. 166 ¹³⁴. Der Gegenstand wird nochmals in Note 7 (BKC S. 682/84) der Ergänzungen zur Geometria ⁷⁴ behandelt. Auch L'Hospital wusste über Johann von der Hüllkurve der Wurfparabeln. Er erwähnt das Problem im Brief an Leibniz vom 24.II.1693 (LMG II, S. 226) und übernimmt diesen Hinweis in die Analyse ¹³⁸, Ende von Art. 147.

231 Es handelt sich um die Kurvenschar $y^{p+q} = t^p (x-t)^q$ mit t als Parameter. Der einfachste Fall p=1, q=1 wird ziemlich ausführlich in Note 7 (BKC, S. 681/82) der Ergänzungen zur Geometria 74 dargelegt. Der allgemeine Fall erscheint in L'Hospitals Analyse 138, Art. 209. In den Ergänzungen zur Geometria findet sich ausserdem (BKC, S. 683) ein Hinweis auf die Einhüllende jener Schar von Parabeln mit parallelen Achsen durch einen festen Punkt, deren Scheitel auf einer gegebenen Kurve wandert. Diese Frage wird auch im Brief L'Hospitals an Johann vom 8.XII.1692 (BJS, S. 160), in der verschollenen Antwort Johanns vom 18.XII.1692 (BJS, S. 161) und in L'Hospitals Entgegnung vom 2.I.1693 (BJS, S. 161/62) berührt. Im Brief an Leibniz vom 24.II.1693 (LMG II, S. 225/26) führt L'Hospital das von Johann Erhaltene ohne Nennung des Mentors vor und übernimmt es in die Analyse, Art. 146/47.

²³² BKC, S. 621/22. Jakob denkt an die unter Anwendung des theorema aureum (Haupttext bei Anm. 168) durchführbare Trennung der Veränderlichen.

233 BKC, S. 623. Die Aufgabe lautet: Gegeben sind die algebraischen Kurven \mathfrak{T} , \mathfrak{U} , \mathfrak{V} . Die Tangente in P auf \mathfrak{T} schneide \mathfrak{U} in U und \mathfrak{V} in V. Die Tangenten an \mathfrak{U} in U und \mathfrak{V} in V schneiden sich in \mathfrak{U} . Die Tangente an die von \mathfrak{U} bestimmte Kurve in \mathfrak{U} ist zu bestimmen. Johann, der die Aufgabe als armselig (chetif) bezeichnet (Brief an L'Hospital vom 21.II.1695 = BJS, S. 264), gibt die Lösung in den AE II 1695 (BJC I, S. 138) in sieben Zeilen, L'Hospital eine Lösung und Verallgemeinerung in den AE VII 1695, S. 307/09.

234 Das Problem fordert, jene Kurve für ein Laufgewicht anzugeben, das in jeder Stellung eine Zugbrücke im Gleichgewicht hält, wenn die Zugbrücke durch das Laufgewicht von einer Kette gehalten wird, die über eine feste Rolle läuft. Rein statisch behandelt, führt es auf die Kurvengleichung in Polarkoordinaten $r=a+b\cos\varphi$

255 Über das Intrigenspiel, das Johann in dieser Angelegenheit angerichtet hatte, vgl. BJS, S. 145/47.

236 BJC I, S. 129/31. — Bei L'Hospital ist die Cosinus-Funktion ersetzt durch x: r. L'Hospital gibt am Schluss die Differentialgleichung des Problems an, aus der

 $^{237}\ BJC$ I, S. 132/33. Johann weist vor allem darauf hin, dass die Zugbrückenkurve als Epizykloide bei Abrollen eines Kreises auf einem zweiten gleichen Halbmessers entsteht. Anschliessend gibt er eine Erweiterung des Problems (BJC I, S. 134/35): Ein Gewicht P kann sich auf einer Kurve & bewegen. Es soll durch ein Gewicht Q im Gleichgewicht gehalten werden, das mit P durch eine Kette verbunden ist, die über eine feste Rolle läuft. Dann setzt Johann (BJC I, S. 136/38) auseinander, dass das von Leibniz (AE VIII 1694 = LMG V, S. 308) irrtümlich mit der Rektifikation der Hyperbel in Verbindung gebrachte Integral $\int \sqrt{a^4 + x^4} \cdot dx$ in Wirklichkeit auf die Rektifikation der kubischen Parabel $3a^2y=x^3$ führt — eine Bemerkung, die auch im Brief L'Hospitals an Leibniz vom 2.III.1695 (LMG II, S. 271) enthalten ist. Hierauf folgt die bereits erwähnte Lösung der Tangentenaufgabe Jakobs ²³³.

238 AE II 1695 (BKC, S. 624/25). JAKOB geht auf die Natur der lösenden Kurve

nicht weiter ein.

239 AE IV 1695 (LMG V, S. 318/20). Jetzt zieht Leibniz die Behauptung über $\int \sqrt{a^4+x^4} \cdot dx$ zurück und will sich die Sache nochmals genauer überlegen. Die Hyperbelrektifikation hatte ihm schon seit Jahr und Tag Schwierigkeiten gemacht. Um 1675 glaubte er aufgrund einer unrichtigen Rechnung (vgl. Hofmann, 1949 42, S. 118), sie lasse sich auf die Hyperbelquadratur zurückführen. Diese Fehlmeinung klingt noch im Brief vom 16.VI.1694 (LMG III, S. 142) an Johann an. Die unrichtige Behauptung in den AE VIII 1694 237 beruht auf einem Rechenfehler, über den der Brief Leibnizens an L'Hospital vom Ende März 1695 (LMG II, S. 275) aufklärt: die Hyperbelrektifikation führe auf $\int \sqrt{a^4 + x^4} \cdot dx$: x^2 (wahrscheinlich durch eine Flüchtigkeit bei der Transformation des richtigen Integrals $\int x^2 dx : \sqrt{a^4 + x^4}$ entstanden); er glaube dieses Integral auf $\int \sqrt{a^4 + x^4} \cdot dx$ reduzieren zu können.

240 AE XII 1695 (BKC, S. 661). 241 AE XI 1694 (BJC I, S. 123/25). Johann hatte seine neuen Vorstellungen sehr knapp an den beiden Beispielen y^2 y' = ax (Wendeort x ($y^3 - 2ax^2$) = 0, nicht angegeben) und $a^2y' = x^2 + y^2$ (Wendeort $a^2x + x^2y + y^3 = 0$, mitgeteilt) angedeutet. Im Brief an L'Hospital vom Dezember 1694 (BJS, S. 247/48) ist ein Stück dieses Kurvensystems nebst Wendeort richtig eingezeichnet.

242 Diese Reihe erscheint erstmals im Brief an Leibniz vom 12.IX.1694 (LMG III, S. 150), dann gedruckt in den AE XI 1694 (BJC I, S. 125/28). Die Erfindung ist angeregt durch Leibnizens Mitteilungen in den AE IV 1693 (LMG V, S. 285/88) über die Reihenentwicklung der Lösungen von Differentialgleichungen durch Ansatz in unbestimmten Koeffizienten. Johanns Reihe lässt sich durch schrittweises Anwenden partieller Integrationen gewinnen — das ist der Sinn der Herleitung, die Leibniz im Brief an JOHANN vom 16.XII.1694 (LMG III, S. 156) gegeben hat. Es wäre ein Leichtes gewesen, auf diesem Wege zu strengen Konvergenzbetrachtungen zu gelangen. Erstaunlicherweise hat sich Johann mit verhältnismässig wenigen und nicht sehr bedeutenden Beispielen zufrieden gegeben, obwohl er durch geschickte Anwendung seiner Reihe die sämtlichen damals bekannten Potenzentwicklungen auf einheitlicher Grundlage hätte herstellen können.

 243 Aus den AE VIII 1694 (LMG V, S. 317/18). Dort wird jedoch in erster Linie von den Näherungspolygonen gesprochen 221; der Feldbegriff ist nur ganz schwach angedeutet.

244 Hier dürfte Jakob auf die Schlussbemerkung zu Art. 232 der Med. anspielen, wo er die Differentialgleichung $y'=x^2+y^2$ zunächst vermittels des Ansatzes y=-z': z auf die Form $z''+x^2z=0$ bringt. Nun entwickelt er z in eine nach Potenzen von x^4 fortschreitende Reihe und stellt das für x=0 verschwindende Integral der Ausgangsgleichung dar in der Form

$$y = \frac{\frac{x^3}{3} - \frac{x^7}{3 \cdot 4 \cdot 7} + \frac{x^{11}}{3 \cdot 4 \cdot 7 \cdot 8 \cdot 11} - \frac{x^{15}}{3 \cdot 4 \cdot 7 \cdot 8 \cdot 11 \cdot 12 \cdot 15} \pm \cdots}{1 - \frac{x^4}{3 \cdot 4} + \frac{x^8}{3 \cdot 4 \cdot 7 \cdot 8} - \frac{x^{12}}{3 \cdot 4 \cdot 7 \cdot 8 \cdot 11 \cdot 12} \pm \cdots} = \cdots$$

Das Ganze ist im Nachlass, Stück 12, Ende (BKC, S. 1053) gedruckt.

Diese Entwicklung wäre allerdings vermittels der Bernoullischen Reihe nicht gut möglich gewesen. Im Brief an Leibniz vom 15.XI.1702 (LMG II, S. 65) verweist JAKOB auf die reduzierte Differentialgleichung, gibt sie jedoch in der unrichtigen Form $z'' = x^2 z$. Auf Leibnizens Bitte vom April 1703 (LMG III, S. 68) um die näheren Einzelheiten sendet Jakob am 3.X.1703 (LMG III, S. 74/75) sowohl die ursprüngliche wie die durch Ausdividieren entstandene Reihe.

²⁴⁵ AE XII 1695 (BKC, S. 663), nochmals erwähnt in den AE VI 1696 (BKC, S. 724 und 726). Schrittweise hat sich Jakob der Lösung dieser Differentialgleichung bemächtigt. Das erkennen wir aus Art. 232 der Med. (Nachlass, Stück 12 = BKC, S. 1049/53). Dort wird nur die Gleichung $y'=ax^m\ y+bx^p\ y^n$ durch Reihenentwicklung behandelt. In den AE VII 1696 (BKC, S. 731/34) ist das Lösungsverfahren nur flüchtig angedeutet. - Aus dem interessanten Art. 232 ist insbesondere die Einführung der Symbole ls für ln s und Ncx^p für e^{cx^p} beachtlich.

²⁴⁶ BKC, S. 665/71. Vgl. die Anmerkungen 61, 74, 79, 80, 83, 136, 181, 188, 198, 230/31. Geschlossene Notizen über die Vorlagen für diese Ergänzungen sind anscheinend nicht mehr vorhanden.

²⁴⁷ In der einen dieser Aufzeichnungen (Med., Art. 228) wird behauptet, es gebe unendlich viele durch quadratische Konstruktion bestimmbare Streckenpaare b, c so,

dass
$$\int_{b}^{c} dx$$
: $\sqrt{a^4 + x^4}$ algebraisch ist. In der anderen Aufzeichnung (Art. 229) glaubt

Jakob eine Methode angeben zu können, mittels deren er nach Adjunktion einer einzigen transzendenten Konstanten durch quadratische Konstruktionen unendlich viele Punkte der Kettenlinie konstruieren könnte. Unrichtig ist hier nur das eingeschlagene Verfahren; nicht der Satz. Ist z.B. die Grundstrecke a und die transzendente Strecke $b = \frac{a}{2}(e+1:e)$ bekannt, dann lassen sich tatsächlich unendlich viele Punkte

der Kettenlinie $y = \frac{a}{2} (e^{x:a} + e^{-x:a})$ wie gefordert aus a und b herstellen. Die Menge

der auf diesem Wege herstellbaren Punkte der Kettenlinie ist in sich dicht. In den AE VII 1696 (BKC, S. 735/36) erwähnt Jakob algebraische Punktkonstruktionen an transzendenten Kurven. Er bezweifelt jedoch, dass es hierfür allgemeine Regeln gebe.

²⁴⁸ BJC I, S. 149/52 = BKC, S. 718/22.

²⁴⁹ AE VI 1696 = BKC, S. 723/24.

 250 AE VI 1696 = BJC I, S. 159/60. 251 AE VI 1698 = BJC I, S. 242/47. Die Abhandlung ging am 14.XII.1697 (LMG II, S. 473) an Leibniz und wurde in Leipzig von Tschirnhaus eingesehen, der die Ber-NOULLISCHE Konstruktion im Brief an Leibniz vom 18.III.1698 (LBG, S. 503/05) als unrichtig erklärte. Dieser gab hierüber am 4.IV.1698 (LMG III, S. 482) an Jонаnn Nachricht, der sich nunmehr in seiner Antwort vom 26.IV.1698 (LMG III, S. 485/86) heftig über die Druckverzögerung beklagte. Er erhielt mit Leibnizens Brief vom 25.V.1698 einen Auszug aus Tschirnhausens Schreiben (LMG III, S. 489/92). In der Antwort vom 10.VI.1698 (LMG III, S. 492/95) setzte er sich so geschickt zur Wehr, dass die Abhandlung nunmehr sogleich gedruckt wurde. Leider ging dieser eine Note TSCHIRNHAUSENS voraus (AE VI 1698, S. 259/61), worin sich dieser in erstaunlicher Skrupellosigkeit den entscheidenden Gedanken Johanns aneignet.

252 BKC, S. 725/28. Die dort ohne Ableitung mitgeteilte Konstruktion stammt aus den Med., Art. 233 (Nachlass, Stück 21 = BKC, S. 1086/87, etwas abgeändert). JAKOB sucht eine Kurve mit dem laufenden Punkt C, die im Ursprung A von der X-Achse berührt wird. Die Kurventangente schneidet die X-Achse in D; das Lot aus C trifft auf die X-Achse in B. Mit AD = x, DB = y, DC = p (x) ergibt sich nach

Umforming
$$\int_{0}^{x} \frac{dx}{p} = \ln \frac{p-y}{p+y}$$
. Dann folgt die Konstruktion. Sie ist als Erweiterung

der für den Sonderfall p = nx gegebenen 194 anzusehen und mit einer ähnlichen LEIBNIZERS (AE IX 1693 = $LM\bar{G}$ V, S. 299/301) verwandt. 253 BKC, S. 731/35.

254 AE II 1696 (LMG V, S. 330/31). Leibniz sagt, die Gleichung könne auf $\eta' = \pi(\xi) \eta + \kappa(\xi)$ zurückgeführt werden. Diese Gleichung hatte er schon im Brief an L'Hospital vom 6.1.1695 (LMG II, S. 257) allgemein gelöst.

255 Im Brief an Leibniz vom 4.IX.1696 (LMG III, S. 323/24) führt Johann die

allgemeine Differentialgleichung vermöge des Ansatzes $y^n = \eta^{\frac{n}{1-n}}$ zurück auf eine

lineare und löst diese vermittels $\eta=uv$. Im Druck befindet sich das in den AE III 1697 (BJC I, S. 175/76).

256 BKC, S. 745/66.

257 BKC, S. 748.

258 Wie schon in Anmerkung 124 erwähnt, wusste Jakob damals noch nichts von den Mitteilungen über Newtons Vorgehen in den Wallisschen Opera II 124 von 1693.

259 Ausgabe von 1713, S. 95/98. Dort wird ausdrücklich auf die Mängel des Wallisschen Verfahrens der unvollständigen Induktion hingewiesen und die Summierung vermittels der "Bernoullischen Zahlen" allgemein durchgeführt. Dabei steht der Schluss von n auf n+1 an Beispielen im Vordergrund. Die Med. enthalten nichts

260 Unabhängig von Jakob und fast gleichzeitig hatte auch Leibniz das nämliche Ergebnis gefunden, jedoch nicht geometrisch, sondern vermittels der logarithmischen Funktion erklärt: Brief an Johann vom 19.XI.1696 (LMG III, S. 337).

261 Jakob geht aus von der Gleichung $x^2 = a^2 \pm a^2 y^2$, bestimmt das Element der Sektorsläche in der Form $\frac{x\,dy-y\,dx}{2} = \frac{a^2\,dy}{2\,x} = \mp \frac{a^2\,dx}{2\,y}$ und setzt dann $x = a \pm t$. Die Sektorsläche stellt er dar durch $\int\limits_0^t \frac{a\,dt}{2\,\sqrt{2\,at\pm t^2}}$, rationalisiert vermittels

 $\sqrt{2at \pm t^2} = \frac{t}{z}$, entwickelt nach Potenzen von z und integriert dann gliedweise.

 262 BJC I, S. 161. — Die Aufgabe war bereits am 15.V.1696 (BJS, S. 319) an Varignon gegangen, der sie den Pariser Mathematikern mitteilte, ferner nach England (wahrscheinlich an Cluver; vgl. LMG III, S. 283) und am 19.VI.1696 (LMG III, S. 283/84) an Leibniz. Dieser gab am 26.VI.1696 (LMG III, S. 290/95) die Auflösung und wollte das Problem auch in französischen und italienischen Zeitschriften anzeigen. Da es aber Druckverzögerung gab, schlug er im Brief vom 2.IX.1696 (LMG III. S. 322/23) Verschiebung der ursprünglichen Frist (Ende 1696) auf Ostern 1697 vor. wozu Johann am 22.IX.1696 (LMG III, S. 330) seine Einwilligung gab. Dieser neue Termin wird in den Anzeigen in Nr. 38 des JS vom 19.XI.1696 (LD II₁, S. 94/97), im GdL 1695 (Druck 1696; vgl. LD V, S. 116), in den AE XII 1696 (BJC I, S. 165), in einem später als Programm bezeichneten Flugblatt Johanns vom 1.I.1697 (BJC I. S. 166/69) und in der HOS XII/II 1696/97, S. 284 genannt.

263 Im Brief an Johann vom 26.VI.1696 (LMG III, S. 290/95). Zunächst kennzeichnet Leibniz den Punkt P auf einer gegebenen Horizontalen zwischen A und B, der (unter Beibehaltung der Laufgeschwindigkeit im Knick bei P) bei Bewegung auf der Doppelstrecke APB kürzeste Fallzeit erzeugt. Dann überträgt er die erhaltene Bedingung auf je drei benachbarte Punkte eines Streckenzuges kürzester Laufzcit zwischen A und B, dessen Ecken in aequidistanten Horizontalen zwischen A und B liegen. Durch Grenzübergang erhält er hieraus die Bedingung $\frac{dx}{ds}$: $\frac{dy}{dt}$ = const., wobei

die Fallzeit t in senkrechter Richtung proportional zu \sqrt{y} ist. Daraus folgt $\frac{dx}{ds} = \sqrt{\frac{y}{2a}}$ und hieraus

$$x = \int_{0}^{y} \sqrt{\frac{y}{2a - y}} \, dy = \int_{0}^{y} \frac{a \, dy}{\sqrt{2ay - y^{2}}} - \sqrt{2ay - y^{2}}.$$

In der Eile bemerkt er noch nicht, dass sich als Lösungskurve eine Zykloide ergibt; darauf wird erst von Johann hingewiesen (Brief vom 31.VII.1696 = LMG III, S. 299).

264 Im Brief an Leibniz vom 31.VII.1696 (LMG III, S. 302/06). Johann denkt sich die Brachystochrone als Lichtweg in horizontal geschichteter Atmosphäre, wobei er dem Vorgehen Fermats (Opera varia §2, S. 156) bezw. Leibnizens 184 folgt. Dem Brechungsgesetz gibt er die Fassung $\frac{\sin \alpha}{u} = \frac{1}{c} = \text{const.}$ Dahei ist α der Winkel der Kurve mit der y-Achse, also $\sin \alpha = \frac{dx}{ds}$. Die Fortpflanzungsgeschwindigkeit u in

der atmosphärischen Schicht ist von y abhängig. Hieraus ergibt sich $dx = \frac{u\,dy}{\sqrt{c^2-u^2}}$.

Aus dem Fallgesetz folgt aber $u^2 = cy$, also $dx = \sqrt{\frac{y}{c-u}} dy$ usw.

²⁶⁵ LMG III, S. 306/08. Johann kennzeichnet zunächst jenen Kreisbogen durch zwei Punkte A, B, auf dem ein Körper zwischen A und B in kürzester Zeit fällt. Durch Grenzübergang folgt, dass der Krümmungsradius der Brachystochrone das Doppelte des Abschnittes auf der Kurvennormalen vom Kurvenpunkt bis zur χ-Achse ist. Das liefert die Differentialgleichung der Kurve.

266 Brief vom 10.VIII.1696 (LMG III, S. 310); im Druck erschien sie erst am Ende der Abhandlung in der Histoire de l'Académie Royale des sciences avec les Mémoires de

mathématique et de physique (= HMP) 1718 (BJC II, S. 267/69).

²⁶⁷ PT 19, Nr. 224 vom I 1697 = Opera ¹⁵⁴ IV, S. 415. Johann erhielt die Lösung um den 20.III.1697. Eine Abschrift ging im Brief vom 30.III.1697 (LMG III, S. 388/89) an Leibniz und wurde in den AE V 1697, S. 223/24 abgedruckt.

²⁶⁸ Ein vom 26.XII.1696 datiertes Schriftstück Sauveurs (BJS, S. 334/37) lag dem Brief L'Hospitals an Johann vom 31.XII.1696 (BJS, S. 333/34) bei. L'Hospital entdeckte den Fehler (unzulässiger Grenzübergang) nicht, wohl aber fanden ihn Johann und Leibniz (Brief an Johann vom 8.II.1697 = LMG III, S. 360/63), dem Sauveurs Schreiben von Johann am 29.I.1697 (LMG III, S. 354/57) übermittelt worden war.

²⁶⁹ Dieser nicht näher bekannte junge Mann hatte geglaubt, $ax^2 = y^3$ sei die Brachystochrone. Vgl. Johann an L'Hospital, 30.III.1697 (*BJS*, S. 348), sowie die Briefe Johanns an Leibniz vom 30.III. und 17.VI.1697 (*LMG* III, S. 387 und 420).

 270 L'Hospital berichtet hierüber im Brief an Johann vom $^{3.\rm{VI}.1697}$ (BJS , S. 349), Lahire habe auf mehreren Wegen "gefunden", dass die Brachystochrone eine kubische Parabel sei.

271 L'Hospital kam zunächst mit der Fragestellung nicht zurecht. Im Brief an Johann vom 15.VI.1696 (BJS, S. 319) erbat er eine rein geometrische Form des Problems und erhielt am 30.VI.1696 (BJS, S. 321) die Fassung: Wann nimmt $\int \frac{ds}{\sqrt{y}}$ seinen kleinsten Wert an? Johann versäumt allerdings, zu sagen, dass hier nicht s, sondern x als die Integrationsveränderliche anzusehen ist. L'Hospital lässt sein Verfahren am 25.II.1697 (BJS, S. 342/45) an Johann gehen, der den Brief am 5.III.1697 (LMG III, S. 372/75) an Leibniz sendet. In BJS, S. 343/45 ist auseinandergesetzt, dass L'Hospital unzulässige Schlüsse verwendet und nur durch Zufall zum richtigen Ergebnis kommt.

²⁷² Das wissen wir durch einen Zufall. L'Hospital hatte von Jakob, mit dem er in einem nicht mehr erhaltenen Briefwechsel stand, ein Paket mit den letzten Nummern der AE empfangen, das versehentlich einen Zettel mit Aufzeichnungen über das Problem enthielt. Diesen Zettel sandte L'Hospital am 30.XI.1696 (BJS, S. 326) an Johann, der sich in der Antwort vom 21.XII.1696 (BJS, S. 329) über des Bruders Versuch lustig machte, den Kreis als Brachystochrone aufzufassen (wie es schon Galilei getan hatte: Discorsi ¹⁰⁷, 3. Tag, prop. 36, scholium). — In der gedruckten Abhandlung (AE V 1697 = BKC, S. 769) teilt Jakob mit, Leibniz habe ihm im (verschollenen) Brief vom 23.IX.1696 angezeigt, dass er die Lösung besitze. Jakob fügt hinzu, er habe seine Lösung am 16.X.1696 gefunden und Freunden (wohl S. Battier und Hermann) gezeigt. — In der HOS VI 1697 (BJC I, S. 200) weist Johann öffentlich darauf hin, dass Jakob die Auffassung Galileis längere Zeit geteilt habe und nur durch grosse Anstrengungen zur Lösung des ganz einfachen Problems gekommen sei.

 273 Im Brief an Leibniz vom 6.II.1697 (LMG III, S. 49) wird die Sendung angekündet mit der ausdrücklichen Auflage, sie nur mit den andern gemeinsam zu veröffentlichen. Am 15.III.1697 (LMG III, S. 377) schreibt Leibniz an Johann, das MS. sei bei Mencke eingetroffen.

 274 Der Aufbau ist aus Med., Art. 237 genau erkennbar. Die Druckvorlage für die AE V 1697 (BKC, S. $^{769/74}$) weicht nur wenig von der Aufzeichnung in den Med. ab, ist jedoch wegen umständlicher Ausdrucksweise etwas schwieriger zu lesen. Die Einzelausführung gleicht jener Leibnizens; der einzige Unterschied ist, dass die zwischen A und B liegende Horizontale durch den Mittelpunkt von AB hindurchgeht. Auch Jakob war sich des Zusammenhanges des Brachystochronenproblems mit der Bewegung in einem geschichteten Medium bewusst; das zeigt ein Hinweis am Schluss seiner Ausführungen.

Dies wird auch von Leibniz, der Jakobs Aufsatz am 5.VI.1697, d.h. sogleich nach Erhalt des Mai-Heftes der AE, an Johann sandte (LMG III, S. 407/13) ausdrücklich hervorgehoben. Bei dieser Gelegenheit macht Leibniz einen neuen Versöhnungsversuch (LMG III, S. 405/06): Er gestehe zu, dass Jakob schwer zu behandeln sei, halte ihn jedoch nicht für unversöhnlich und rate, Johann möge bei passender Gelegenheit deutlicher hervorheben, wieviel er von seinem älteren Bruder gelernt habe.

²⁷⁶ Hintereinander folgen die Aufsätze von Leibniz (LMG V, S. 331/36), Johann (BJC I, S. 187/93), Jakob (BKC, S. 768/78) und L'Hospital (BJS, S. 342/44). Angefügt ist ein Beitrag Tschirnhausens (AE, S. 220/23), der vermutlich durch Mencke erfahren hatte, dass die lösende Kurve eine Zykloide sei. Mehr als diesen Hinweis können wir aus Tschirnhausens Bemerkungen nicht entnehmen, vor allem nichts über die eingeschlagene Lösungsmethode. Abschliessend wird Newtons Lösung, ein Wiederdruck der Mitteilung in den PT I 1697 ²⁶⁷, abgedruckt. Die meisten dieser Beiträge enthalten auch Lösungen der von Johann im Programm vom 1.I.1697 ²⁶² gestellten Aufgabe: Jene Kurve zu ermitteln, die von jeder Geraden durch den Punkt O in genau zwei Punkten P und Q derart geschnitten wird, dass $OP^m + OQ^m = const.$ ²⁷⁷ BKC, S. 775.

278 Das Problem wird in Art. 240/41 der Med. eingehend behandelt. Ihr Inhalt ist in die ziemlich ausführliche Darstellung in den AE V 1698 (BKC, S. 787/94) übergegangen. Johann hatte die Lösung bereits in der HOS VI 1697 (BJC I, S. 202/03) durch die Bemerkung gekennzeichnet, die Zykloide müsse auf die fragliche Gerade senkrecht auftreffen. Auch L'Hospital gab eine Lösung: AE I 1698, S. 48/52.

Im Anschluss an seine Ausführungen verallgemeinert Jakob das Problem (BKC, S. 788/90): Gegeben sei eine Kurvenschar durch O, deren Exemplare aus O ähnlich liegen, ferner eine Linie \mathfrak{A} , die von den Kurven der Schar bezw. in P getroffen werden soll. Auf welcher Kurve der Schar erhält eine passende Funktion, die von der Lage des Punktes P abhängt, einen Extremwert? Als einfachstes Beispiel wird in Wiedergabe von Art. 236 gefragt, auf welchem von O senkrecht nach unten ausgehenden Kreisbogen ein fallender Körper mit grösster Wucht auf eine gegebene Senkrechte (nicht durch O) auftrifft. Für beliebige Kurven, die zu einander affin sind, wird das Problem in Art. 253 der Med. behandelt (Nachlass, Stück 4 = BKC, S. 1017/20). Im MS. verweist Jakob auf einen am 8.V.1698 abgesandten verschollenen Brief unbekannten Empfängers.

²⁷⁹ Der wesentliche Inhalt ist in verbesserter Redaktion übergegangen in die isoperimetrische Dissertation vom 1.III.1701 (Basel 1701 = BKC, S. 895/920), die auch in den AE V 1701 erschienen ist.

 280 Dieser schon in den AE VI 1691 (BJC I, S. 50, Nr. 13) bei Johann anklingende Gedanke wird erstmals von Leibniz im Brief an Johann vom 16.V.1695 (LMG III, S. 176) klar ausgesprochen. Keiner von beiden ist zu einem rechnerisch brauchbaren Ansatz gekommen.

Um das Verfahren in Jakobs Sinn zu Ende zu führen (so steht es in der Dissertation vom 1.III.1701 = BKC, S. 917/19), berücksichtigen wir die Beziehung $dxd^2x + dyd^2y = 0$. Jetzt folgt $3 \cdot \frac{d^2y}{dy} = \frac{d^3x}{d^2x}$ und nach Integration $\left(\frac{dy}{ds}\right)^3 = a\frac{d^2x}{ds^2}$. Mit $\frac{dx}{dy} = \frac{t}{a}$ ergibt sich $\frac{dx}{ds} = \frac{t}{\sqrt{a^2 + t^2}}$, $\frac{dy}{ds} = \frac{a}{\sqrt{a^2 + t^2}}$, $\frac{d^2x}{ds^2} = \frac{a^2}{\sqrt{\dots^3}}\frac{dt}{ds}$; also t = s usw. Wir würden nunmehr zuerst $x = \sqrt{a^2 + s^2} = a\sqrt{1 + \left(\frac{dx}{dy}\right)^2}$ bestimmen, dann quadrieren und differentieren.

282 Mittels $dxd^2x = dsd^2s$ würde sich $3\frac{d^2s}{ds} = \frac{d^3x}{d^2x}$ ergeben, also $\left(\frac{ds}{dy}\right)^3 = -a\frac{d^2x}{d^2y}$. Daraus folgt, dass die Lösung konstanten Krümmungshalbmesser ρ hat, also ein Kreis ist. — In der isoperimetrischen Dissertation fehlt dieses Beispiel, weil dort gleich der allgemeine Fall erledigt wird.

²⁸³ Wir gehen nicht auf diese Rechnung ein, weil unten (Haupttext nach Anmerkung 306) der allgemeine Fall $\int p(x) dy$ ausführlich behandelt wird.

²⁸⁴ Das teilt Johann im Brief an Leibniz vom 17.VI.1697 (LMG III, S. 414) mit. Er hatte einen Sonderdruck als Beilage zu einem (verschollenen) Brief Menckes erhalten, der wahrscheinlich gleichzeitig mit Menckes Brief vom 1.VI.1697 an Leibniz (vgl. LMG III, S. 406) abgesandt wurde. Auch Leibniz sandte einen Sonderdruck an Johann (Beilage zum Brief vom 5.VI.1697 = LMG III, S. 407/13).

285 LMG III, S. 416/18.

²⁸⁶ BJC I, S. 202.

287 LMG III, S. 427/31. Johann denkt sich ein rechteckiges Tuch, das vollständig biegsam, unelastisch und flüssigkeitsundurchlässig ist, an zwei Gegenseiten in gleicher Höhe festgeklemmt und seitlich durch senkrechte Wände abgeschlossen. Nun wird die entstehende zylindrische Mulde stricheben mit Flüssigkeit gefüllt. Gefragt ist, bei welcher Profilform des Tuches der Schwerpunkt der als konstant angesehenen Flüssigkeitsmenge am tiefsten liegt. Die freie Flüssigkeitsobersläche wird als y-Achse eingeführt, der schichtweise in vorgebener Art veränderliche Flüssigkeitsdruck proportional

142

zu x^m angesehen. Da das Tuch feste Ausmasse hat, muss das Maximum von $\int x^m dy$ gemeint sein. Johann kennzeichnet die Profilform des Tuches aus $y = \int \frac{(b^m + x^m) \, dx}{\sqrt{a^{2m} - (b^m + x^m)^2}}$ und stellt fest, dass zum Maximum vom $\int x^m dy$ ein Minimum von $\int x^{-m} ds$ gehört.

²⁸⁸ Abgedruckt in Nr. 39 des JS vom 2.XII.1697; ein lateinischer Auszug befindet sich in den AE I 1698. Die französische Fassung ist wiederabgedruckt in BJC I, S.206/14 und BKC, S. 814/21. Die fragliche Stelle: BJC I, S. 208/11.

²⁸⁹ LMG III, S. 506/14. Da Leibniz diesen Brief nach dem Überlesen verlegte, erhielt er unterm 2.VIII.1698 (LMG III, S. 517) nochmals eine Abschrift; eines dieser MS. ging auf Bitten Johanns (Briefe vom 21.II. und 14.III.1699 = LMG III, S. 572 und 581) als Beilage zum Brief Leibnizens vom 24.III.1699 (LMG III, S. 578) wieder zurück. Am 22.I.1701 ging das MS. in versiegeltem Umschlag an Varignon (vgl. BJS, S. 373) und wurde von diesem der Académie am 1.II.1701 präsentiert (BJC I, S. 424); der Umschlag sollte erst nach Eingang der Lösung Jakobs geöffnet werden. Als Johann durch einen Brief Varignons vom 27.II.1701 erfuhr, dass der Bruder persönlich nach Paris kommen und dort seine Lösung vorlegen wolle, zog er das MS. zurück; es wurde ihm am 23.III.1701 durch Fontenelle übersandt. Erst nach dem Tod des Bruders ging die Sendung erneut nach Paris und wurde dort am 17.IV.1706 eröffnet. Das ursprünglich lateinische MS. erschien in französischer Übersetzung in den HMP 1706 (BJC I, S. 424/35).

²⁹⁰ Johann gibt zwei Arten von Lösungen, eine direkte und eine indirekte. Die direkte Lösung beruht auf einer infinitesimalgeometrischen Überlegung unter Beschränkung auf Glieder 2. Ordnung. Johann geht von zwei nahe bei einander liegenden Kurvenpunkten A und B aus und schaltet zwei Punkte P und Q so ein, dass AP + PB =

= AQ + QB. Er findet richtig, dass $\int p(x) dy$ sein Maximum für $\frac{dy}{ds} = \frac{p(x)}{a}$ annimmt. Die indirekte Lösung ist die in Anmerkung 287 gekennzeichnete vermittels der hydrostatischen Hilfsüberlegung. Anschliessend behauptet Johann fälschlich, $\int q(s) dy$ besitze eine durch $\frac{dq}{ds} = a \frac{d^2y}{dx^2}$ gekennzeichnete Extremale.

Das sagt Leibniz sogar in den AE IV 1701 (LD III, S. 368/69), wo er auf Wunsch Johanns den richtigen Eingang der lösenden Analysis in der Sendung vom 15.VII.1698 289 bestätigt.

²⁹² Am 9.VI.1701 (*LMG* III, S. 340) hatte L'Hospital an Leibniz geschrieben, er habe gerade Jakobs isoperimetrische Dissertation vom 1.III.1701 erhalten und voller Interesse überflogen. Ihm scheine das angewendete direkte Verfahren gut zu sein. Leibniz knüpft im Brief an Johann vom 24.VI.1701 (*LMG* III, S. 674) an diese Bemerkung an. Er halte die Verwendung von Gliedern 3. Ordnung für überflüssig und sehe Johanns Verfahren als besser an. So schreibt er auch an L'Hospital am 26.IX.1701 (*LMG* II, S. 343).

²⁹³ Es handelt sich um die Wiedergabe des Briefs an Varignon vom 15.X.1697 (BJC I, S. 206/14).

```
294 BKC, S. 821/22.
```

 303 Selbständig gedruckt in Basel 1700. In BKC, S. 874/87 ist nur der auf das rein Mathematische beschränkte Auszug in den AE VI 1700 aufgenommen. Das dort Fehlende ist von Ch. Bossut in den Observations sur la physique, sur l'histoire naturelle et sur les arts 41, 1792, S. 161/73 wiedergegeben.

²⁹⁵ BJC I, S. 215/20.

²⁹⁶ BKC, S. 827.

²⁹⁷ BJC I, S. 221/22.

²⁹⁸ BKC, S. 829/39.

²⁹⁹ BKC, S. 839/40.

³⁰⁰ BJC I, S. 231/39.

³⁰¹ Vgl. BJS, S. 366, Anmerkung.

³⁰² BKC, S. 873.

³⁰⁴ BKC, S. 874/80.

³⁰⁵ Nachlass, Stück 32 = BKC, S. 1134/39.

 $^{^{306}}$ Vgl. die Stelle im Haupttext nach Anmerkung 279 . — Dieses Beispiel erscheint auch in der Dissertation vom 1.III.1701 (BKC, S. $^{909}/12$).

³⁰⁷ Das wird in Artikel 246 der *Med.* nur knapp angedeutet und erst in *prop.* 6 der Dissertation vom 1.III.1701 (*BKC*, S. 907/08) näher ausgeführt, jedoch nicht in

der allgemeinen Form des Haupttextes, sondern nur am Erläuterungsbeispiel $p(x) = \sqrt{a^2 + x^2}$.

In der Anmerkung zu BKC, S. 1135 sagt Cramer, dass es keines intuitiven Ansatzes bedurft hätte; denn nach Verwendung von $dxd^2x = dsd^2s$ und Division mit hds^2d^2x ergibt sich die integrable Differentialgleichung $\frac{d^3x}{d^2x} - 3\frac{d^2s}{ds} = \frac{dh}{h}$.

309 BKC, S. 880/82.

Jakob stellt fest, dass die Extremale des zu einem Minimum werdenden isoperimetrischen Integrals $\int q$ (s) dy nicht durch $\frac{dq}{ds} = a \frac{d^2y}{dx^2}$ gekennzeichnet wird, wie Johann behauptet hatte ²⁹⁰ (Schreiben an Varignon vom 15.X.1697), sondern durch dy = qds: $\sqrt{a^2 + q^2}$.

311 Jakob vertraute die Sendung nicht der Post an, sondern liess sie durch den verlässlichen Jk. Hermann persönlich in Groningen überbringen. Johann berichtet an Leibniz am 7.V.1701 (LMG III, S. 668/69) kurz über Hermanns Besuch, über die seiner Meinung nach überflüssige Einschaltung von zwei Zwischenpunkten auf der Extremalen und über den Entschluss, die eigene Lösung erst dann preiszugeben, wenn des Bruders Veröffentlichung bei den von beiden Seiten anerkannten Preisrichtern eingetroffen sei. Aus dem noch unveröffentlichten Brief Jakobs an N. Fatio vom 9.VIII.1701 erfahren wir, Johann habe Hermanns Bitte um die Aushändigung der Analysis seiner Lösung mit den Worten abgelehnt: er sei nicht verpflichtet, diese Analysis irgendjemand zu zeigen.

312 Zum Glück für Johann scheiterten dessen Versuche, nach Erhalt des offenen Briefes 303 und der Dissertation 311 Jakobs in den AE oder im JS eine weitere Gegenerklärung einrücken zu lassen.

313 London 1715, prop. 17, Probl. 12 = S. 68/70.

314 JAKOBS Name wird nicht genannt, jedoch ist schwerlich anzunehmen, dass Taylor nichts von seinem Vorgänger wusste.

315 BJC II, S. 235/69. Eine lateinische Fassung, die nicht in die BJC übergegangen ist, erschien in den AE I und II 1718.

316 Vermutlich ist Hermann gemeint, der seine eigene Überarbeitung der Jakobschen Methode in den AE I 1718, S. 32/38 erscheinen liess.

317 AE IX 1697 (BKC, S. 782/85). Diese Note wird von Jakob selbst als Ergänzung zur Untersuchung in den AE VII 1696 253 über die Differentialgleichung $y' = p(x) y + q(x) y^n$ angesehen.

318 Nachlass, Stück 12 = BKC, S. 1050/53.

319 BKC, S. 784.

320 Diese Formel ist nicht mit in den Nachlassdruck aufgenommen.

³²¹ BJC I, S. 193.

322 Mit Orthogonaltrajektorien hatte sich Johann erstmals im Sommer 1694 beschäftigt. So erwähnt er im Brief an Leibniz vom 12.IX.1694 (LMG III, S. 151/52) die sich senkrecht durchschneidenden Scharen $x^n = u^{n-1}y$, $nx^2 + y^2 = v^2$ und $x^2 = 2p (y + u), y + p \cdot ln \frac{x}{v} = 0$. Ausserdem weiss er, dass sich Lichtstrahl und Wellenfront im Sinne der Huygensschen Theorie senkrecht durchschneiden. An der nämlichen Stelle wirft er auch das Isogonaltrajektorienproblem auf, erläutert am Beispiel der logarithmischen Spiralen um den Ursprung, von denen die Fahrstrahlen aus dem Ursprung unter festem Winkel geschnitten werden. Im Zusammenhang mit der Lösung des Brachystochronenproblems entdeckte er dann, dass sich die von einem Punkt A auf den Brachystochronen durch A fallenden Körper in gleichen Zeiten wieder auf einer Zykloide befinden, die von der Gesamtheit der Brachystochronen senkrecht geschnitten wird. (Synchronenproblem, erstmals erwähnt im Brief an Leibniz vom 31.VII.1696 = LMG III, S. 299/300). Dort wird ergänzend bemerkt, eine ähnliche Eigenschaft komme auch der logarithmischen Spirale zu. Schon im ersten Entwurf des Brachystochronen-Aufsatzes (Druck V 1697), der dem erwähnten Brief an Leibniz beilag (LMG III, S. 302/09), wird die Bestimmung der Orthogonaltrajektorien der logarithmischen Kurven gefordert. Da Leibniz keine Zeit zur Auflösung fand, sandte JOHANN seine Lösung am 6.XI.1696 (LMG III, S. 333/34).

 323 Das geht aus einem Eintrag in Art. 242 der *Med.* hervor. Dort sind die beiden komplizierteren Beispiele ausführlich behandelt, während der Druck in den *AE* V 1698 (*BKC*, S. 810/12) nur die Konstruktion und Diskussion einer einzigen der Lösungskurven enthält.

324 BKC, S. 806/13.

325 In etwas modernisierter Bezeichnungsweise heisst die Ausgangsgleichung der Schar $x = a \ln \left(1 - \frac{y}{u}\right)$; eine dazu senkrechte Kurve wird durch $2ax + y^2 + a^2 e^{-\frac{x}{a}} =$ = av gekennzeichnet.

326 Jetzt heisst die Ausgangsschar $x=u\cdot \ln\frac{y}{a}$; eine dazu senkrechte Kurve ergibt sich aus $x^2 = \frac{u^2}{2} - y^2 \ln \frac{y}{a} + uv$.

 327 AE X 1698 = BJC I, S. 266/71.

328 Es handelt sich um die Differentiation eines Integrals nach einem Parameter. Auf diese Methode war Leibniz verfallen, um die von Johann am 27.VII.1697 (LMG III, S. 441) gestellte Frage zu beantworten, wie die Kurven zu kennzeichnen seien, die von den Endpunkten gleichlanger Bögen aus dem Ursprung auf den Ellipsen $y^2=\lambda x~(2a-x)$ gebildet werden. Das Leibnizsche Verfahren ist in einer Beilage zum Brief an Johann vom 13.VIII.1697 (LMG~III, S. 451/54) enthalten und wird am Beispiel der logarithmischen Kurven $y=u\cdot \ln\frac{x}{a}$ entwickelt. Gemeinsamer Anfangspunkt der Bögen ist diesmal der Punkt $(a,\ 0)$. Leibnizens Methode ist erst durch GERHARDT bekannt geworden. — Johann wusste nicht, dass sich auch Jakob erfolgreich mit der nämlichen Frage beschäftigt hatte. Dieser betrachtet in Art. 254 der Med. (Nachlass, Stück 5 = BKC, S. 1021/23) eine Schar affiner Kurven durch O und bestimmt aufgrund einer Methode, die der in Anmerkung 333 angedeuteten verwandt ist, die Tangenteneigenschaft jener Kurve, deren Punkte P auf den einzelnen Kurven der Schar gleichlange Bögen OP abschneiden. In diesem Zusammenhang wird der verschollene Brief vom 8.V.1698 ²⁷⁸ nochmals erwähnt. Anschliessend behandelt Jakob das Problem, indem er eine beliebige Kurvenschar zugrunde legt, die aus ihrem Parameter bestimmt wird.

 329 Die Orthogonaltrajektorien der Parabelschar $y^2=u\;(x-u)$ bestimmt Johann aus $\frac{du}{u} = -\frac{(a^2 + 4\eta^2) d\eta}{(3a^2 + 2\eta^2)\eta}$. In *BJC* I, S. 271 hatte er eine unrichtige Formel gegeben, die in einer Akademie-Abhandlung von 1702 (BJC I, S. 395) verbessert ist. — Aus den Anmerkungen Cramers zu BKC, S. 808 und 812 lässt sich erkennen, wie Johann vorgegangen ist. Mittels $ax = u\xi$, $ay = u\eta$ wird die Ausgangsgleichung zu $\eta^2 = a \ (\xi - a)$. Daraus folgt, dass die Parabeln der Schar aus dem Ursprung ähnlich liegen. Nun ist $dx = ud\xi + \xi du$, $dy = ud\eta + \eta du$. Also gilt für die Orthogonaltrajektorien $\frac{d\eta}{d\xi} = -\frac{ud\xi + \xi du}{ud\eta + \eta du}$, d.h. $\frac{du}{u} = -\frac{d\xi^2 + d\eta^2}{\xi d\xi + \eta d\eta}$. Wird jetzt aus der Parabelgleichung eingesetzt, dann ergibt sich Johanns Formel. Dieser verschweigt allerdings, dass die Parabelschar von den beiden Geraden $x^2 - 4y^2 = 0$ berührt wird, und dass die Orthogonaltrajektorien wendepunktfrei sind, bei steigbügelartiger Form in Spitzen auf den Einhüllenden der Parabeln aufsitzen und die Y-Achse zur gemeinsamen Asymptote haben. Das Isogonaltrajektorienproblem an den um den Ursprung gedrehten Kurven löst Johann, indem er modifizierte Polarkoordinaten (r und $t = a\varphi$) verwendet.

330 BJC I, S. 204/05.

331 BKC, S. 796/806.

332 AE, S. 48/52. — Die Art der Lösung ist aus dem Brief L'Hospitals an Johann vom 27.IX.1697 (BJS, S. 351) erkenntlich.

333 Im Anschluss an Cramer (BKC, S. 803) gibt Herr Spiess (BJS, S. 355) eine schöne Wiederherstellung der Konstruktion Jakobs. Er geht aus von der Kurve y = y(x) mit dem laufenden Punkt P(x, y) und dem zugeordneten Flächeninhalt

$$F(x) = \int_0^x y dx$$
. Die zu dieser Kurve affin-benachbarte habe unter Beibehaltung der

Abszisse x die Ordinate $y + \delta y$ und den laufenden Punkt II $(x, y + \delta y)$. Die zugeordnete Fläche ist F + δ F. Wegen der Affinität gilt δ F: F = δy : y. — Nun gehen wir auf der Ausgangskurve zum Punkt Q (x + dx, y + dy) über. Der zugeordnete Flächeninhalt

ist F $(x + dx) = F + dF = \int_{0}^{x+dx} y dx$. Also ist (unter Beschränkung auf Grössen

1. Ordnung) dF = y(x) dx. Gesucht ist jene Kurve ΠQ , längs deren $\delta F = dF$; also y^2 : $F = \frac{\delta y}{dx}$ ist. Nun ist $\delta y = P\Pi = [(y + \delta y) - y(x + dx)] + [y(x + dx) - y(x)]$

$$\delta y = P \Pi = [(y + \delta y) - y(x + dx)] + [y(x + dx) - y(x)]$$

und $\frac{(y+\delta y)-y(x+dx)}{dx} \approx \frac{y}{t}$, unter t die durch ΠQ auf der x-Achse bestimmte Sub-

tangente verstanden. Entsprechend ist $\frac{y(x+dx)-y(x)}{dx} \simeq \frac{y}{s}$, unter s die durch PQ

auf der X-Achse bestimmte Subtangente verstanden. Nun ist aber y:s=y' aus der gegebenen Kurve bekannt, also die Tangente an die gesuchte Kurve konstruierbar. Jakob konstruiert genau nach dieser Vorschrift; Johann gibt im Brief an L'Hospital vom 15.X.1697 (BJS, S. 354/55) eine Variante. — Jakob fügt hinzu, die gesuchte Kurve hänge von einer Differentialgleichung der Form $y'=py+qy^n$ ab. Dies dürfte auf einer Täuschung beruhen.

334 Jakob konstruiert aus einer Verhältnisgleichung, die auf folgendes hinauskommt: Trifft der Bogen OP auf einer Kurve der Schar die Sehne OP unter einem bestimmten Winkel, dann wird die gesuchte Kurve von jener Halbierenden des Winkels bei P berührt, die nicht in das Segment OP eindringt. Cramer (BKC, S. 804) beweist die Verhältnisgleichung Jakobs durch eine Überlegung, die jener von vorhin ähnelt. Der Sachverhalt ist jedoch auch ohne Rechnung klar: Ist OQ der zu OP aus O ähnliche Bogen auf einer Nachbarkurve der Schar und gleich dem Bogen OPH auf der Ausgangskurve, dann ist bis auf Glieder 2. Ordnung PQ = PH. — Johanns Lösung im Brief an L'Hospital vom 15.X.1697 (BJS, S. 354) ist eine Variante der soeben angedeuteten rein geometrischen Überlegung. Jakob fügt ein weiteres Ergebnis an ähnlichen Bögen zu, das mit Flächeninhalten zusammenhängt.

335 Lassen wir etwa die aus O ähnlich gelegenen Kurvenbögen auf der X-Achse beginnen und eine gegebene Gerade g schneiden, dann sieht Jakobs Konstruktion so aus: Er greift irgendeine Kurve der Schar heraus; ihr Anfangspunkt auf der X-Achse sei A. Dann schneidet er die in A beginnende Evolvente dieser Kurve mit der Parallelen h zu g durch O in C, bestimmt den Berührpunkt B der aus C an die Kurve möglichen Tangente und schneidet OB mit g in B*. Der Bogen A* B* der Schar zwischen g und der X-Achse, so sagt er, ist der gesuchte. Cramer gibt in BKC, S. 792 einen analytischen Beweis, in BKC, S. 805 einen infinitesimalgeometrischen.

- 336 Brief an Johann vom 18.XI.1697 (BJS, S. 360/61).
- 337 Leibniz an Johann, Brief vom 27.XII.1697 (LMG III, S. 475).
- 338 BKC, S. 797/801.
- 339 Nachlass, Stück 6 = BKC, S. 1023/25.
- ³⁴⁰ Sur quelques questions de maximis et minimis, HMP 1733, Pariser Ausgabe, S. 186/94.
- 341 Nachlass, Stück 7=BKC, S. 1025/26. Hier verwendet Jakob den Umstand, dass die geodätischen Linien des Kegels bei dessen Ausbreitung in die Ebene zu Geraden werden.
 - 342 Nachlass, Stück 8 = BKC, S. 1028/29.
 - ³⁴³ AE X 1698 (BJC I, S. 263/66).
- 344 Diese Kennzeichnung (die durch drei konsekutive Kurvenpunkte bestimmte Schmiegungsebene der Kurve enthält die Flächennormale) ist im Brief Johanns an Leibniz vom 26.VIII.1698 (LMG III, S. 532) angedeutet. In einer Mitteilung an S. Klingenstierna aus dem Jahr 1728 (BJC IV, S. 108/28) wird eine sehr interessante Allgemeindarstellung mit vielen Erläuterungsbeispielen gegeben.
- 345 Hiervon handeln die Artikel $^{243/45}$ der *Med.* Der umfangreiche Art. 245 ist im Nachlass als Stück 11 (*BKC*, S. $^{1036/48}$) gedruckt.
- 346 Art. 247 der *Med.* ist die Vorarbeit für die beiden Akademie-Abhandlungen von 1703 (*BKC*, S. 930/46). Art. 248 ist die Vorarbeit für die Akademie-Abhandlung von 1704 (*BKC*, S. 947/53).
- 347 Art. 250 der Med. enthält die Vorarbeiten für die Akademie-Abhandlung von 1705 (BKC, S. 976/89). Die Ergänzung in Art. 251 (Nachlass, Stück 9=BKC, S. 1030/32) bezieht sich auf die Frage, mit welcher Geschwindigkeit sich die einzelnen Teile eines ursprünglich gespannten und dann freigegebenen elastischen Bandes wieder strecken. Die abschliessende Ansicht Jakobs über die Biegung eines ausgedehnten elastischen Bandes weicht von der in Art. 250 gegebenen ab. Sie findet sich in Art. 280.
 - 348 Basel 1698 = BKC, S. 849/67.
 - 349 Übernommen aus den AE IV 1691 129 und VI 1691 107.
 - 350 AE VI 1691 113.
- ³⁵¹ Die zugehörigen Rechnungen erscheinen erst in den AE II 1699 (BKC, S. 868/70). Der Beweis steht in Art. 267 der Med.
- 352 Es handelt sich um Beispiele für Differentialgleichungen, in denen die Differentiale einer einzigen Veränderlichen auftreten. Modern geschrieben: $ay'' = y'^2$ bezw. $2yy'' = y'^2$.

353 D. Gregory hatte in den PT 19, Nr. 231 für VIII 1697, S. 637/52 (mit Wiederdruck in den AE VII 1698, S. 305-31) eine Herleitung der Kettenlinie gegeben, von der Jakob sagt: Das Ergebnis ist nur deshalb richtig, weil sich zwei grundsätzliche Fehler aufheben. Leibniz liess eine anonyme Widerlegung in den AE II 1699 (LMG V, S. 336/39) erscheinen, auf die Gregory in den AE VII 1700, S. 301/06 mit einer einsichtslosen Entgegnung reagierte. Unter diesen Umständen unterliess Leibniz die Fortsetzung der aussichtslosen Diskussion. Im Zusammenhang mit Gregorys Ausführungen ergab sich jedoch ein neues anregendes Problem: Wie müssen die Steine eines gewölbten Tores behauen werden, damit dieses ohne Mörtelverbindung in sich selber festhält? Dass der Torbogen nach Art der Kettenlinie gewölbt werden müsse, behauptet Jakob in Art. 285 der Med. (Nachlass, Stück 29 = BKC, S. 1119/23). Nach Cramers Feststellung (BKC, S. 1120) ist seine Schlussweise nicht fehlerfrei. Laut Eintrag im MS. hat Jakob diese Untersuchung am 5.X.1704 ausgeführt, als es ihm gesundheitlich schon sehr schlecht ging.

 354 BJC I, S. 322/27 (lateinisch) = HMP 1699 (französisch).

355 Aus dem laufenden Punkt P (x, t) des Kreises $t^2 = 2ax - x^2$ mit der Bogen-

långe
$$OP = s = a \int_{0}^{x} dx$$
: t ist der laufende Punkt Q $(x, s + t)$ der Zykloide bestimmt.

Johann beweist, dass das Zykloidensegment zwischen den Punkten Q_1Q_2 elementar quadrierbar ist, falls $x_1+x_2=a$ ist. Dabei darf Q_2 auch durch seinen Spiegelpunkt $\overline{Q_2}$ an der X-Achse ersetzt werden. Entsprechend zeigt er, dass die Fläche zwischen dem Zykloidenbogen OQ und den Verbindungsstrecken des Punktes R(a-x,0) mit O und O quadriert werden kann. Schliesslich deutet er an, auch die Zykloidenzone zwischen der X-Achse, dem Bogen O02 und den zugehörigen Ordinaten lasse sich algebraisch quadrieren, falls das Verhältnis der Bögen O12 und O12 ganzzahlig ausgedrückt werden könne. Johann verweist bei dieser Gelegenheit auch auf die Zykloidenquadraturen von Huygens (O13 = O14 und O15 im O16 die O16 und O16 von Leibniz (O16 und O17 und O17 und O18 des O18 vom 23.V.1678 (O16 V, S. 116/17), die sich aus seiner eigenen als Spezielfälle ergäben.

356 Das folgt aus der Erwähnung im Brief an Leibniz vom 22.IX.1696 (*LMG* III, S. 327).

³⁵⁷ Wahrscheinlich war beiläufig erwähnt worden, dass Johann Neues über quadrierbare Zykloidensegmente in Aussicht stelle.

358 BKC, S. 871/73.

359 BJC I, S. 330/35.

 360 BKC, S. 892/94. Die Einzelausführung ist enthalten in Art. 264 bis der Med. (Nachlass, Stück 31 = BKC, S. 1129/34). Ein dort auftretender Rechenfehler ist belanglos.

 $^{361}\ BJC$ I, S. 386/89. Anschliessend folgt (S. 389/91) die Anwendung auf das Zykloidenproblem.

 362 Johann verweist auf die Mitteilung an L'Hospital (vom 22 .I.1701 = BJS, S. $^{371/73}$), woselbst die Reihe (A) durch schrittweises Vorgehen an Hand geometrischer Überlegungen für ganzes n bewiesen wird. Anscheinend wusste er nicht, dass sein Verfahren genau dem Vorgehen Viètes in Theor. 7 der nachgelassenen Sectiones angulares entspricht, die wir in der von A. Anderson besorgten Ausgabe kennen (Paris $^{1615} = Opera$ 21 , S. $^{296/97}$). Der Unterschied liegt einzig darin, dass sich Viète mit der Aufstellung des Koeffizientenschemas begnügt, während Johann auch den allgemeinen Ausdruck für das Ergebnis hinschreibt. Die Ausdehnung auf unganze n wird von Johann nicht etwa erwiesen, sondern nur formal erschlossen. Echten Anspruch kann Johann wohl auf die Reihen (B) erheben. Auf sie wird im Brief an L'Hospital nur kurz verwiesen. Die Herleitung findet sich in einer Beilage zum Brief an Leibniz vom 10 .VI.1702 (LMG III, S. $^{699/701}$).

363 BJC I, S. 391/92.

 364 BKC, S. 921/29. Diễ Abhandlung war Beilage zu einem Schreiben vom $^{13.\rm{VII}.1702}$ (vermutlich an Varignon). Im Grunde ist die vorgenommene Entwicklung eine Variante des in Art. 178 der Med. 128 eingeschlagenen Verfahrens.

 $_{365}$ Jakob kannte diese Arbeit aus dem MS. Sie wurde erst in den AE VIII 1703, S. 345/51 gedruckt.

366 Opera II 124, S. 384. Es handelt sich um die Stelle aus dem ersten Brief Newtons an Oldenburg für Leibniz über die höhere Analysis vom 23.VI.1676 (LMG I, S. 107). Newton bezeichnet den Kreisdurchmesser mit d und die dem Peripheriewinkel α

gegenüberliegende Sehne mit x=d. sin α , die dem Peripheriewinkel $n\alpha$ gegenüberliegende Sehne mit $y=d\cdot\sin n\alpha$. Er drückt y aus x aus wie folgt:

$$nx + \frac{1-nn}{2\times 3 dd}xx A + \frac{9-nn}{4\times 5 dd}xxB + \cdots$$

Dabei ist A das vorhergehende Glied nx, B das vorhergehende Glied $\frac{1-nn}{2\times 3\,dd}xxA$ usw.

Er bemerkt, dass die Reihe für ungerade n endlich bleibt und alsdann in die aus der gewöhnlichen Algebra entnehmbare Formel übergeht.

Überraschenderweise sagt Jakob nichts davon, dass schon A. de Moivre in den PT 20, Nr. 240 vom V 1698, S. 190/93 einen interessanten Beweis für die Newtonsche Formel gegeben hatte. Dieser Beweis beruht auf dem Ansatz in unbestimmten

Koeffizienten, angewendet auf die aus
$$\int_0^y \frac{dy}{\sqrt{a^2-y^2}} = n \int_0^x \frac{dx}{\sqrt{a^2-x^2}}$$
 folgenden Reihen-

entwicklungen (um Verwechslungen zu vermeiden, ist Newtons d durch a ersetzt). Wir würden nach zweimaliger Differentiation auf die noch zweckmässigere Form reduzieren (a^2-x^2) $y''-xy'+n^2$ y=0. Jetzt führt der Ansatz $y=\sum b_k x^k$ auf

$$b_{k+2}=rac{(k^2-n^2)\ b_k}{(k+1)\ (k+2)\ a^2}$$
 . Vielleicht war dies der Weg, auf dem Newton selbst zum

Ziel gekommen ist; die Form des Ergebnisses legt das nahe. Unwahrscheinlich ist, dass Jakob die Moivresche Abhandlung nicht gekannt hat; denn wir finden in Art. 265 der Med. eine Studie über die vorhergehende Arbeit Moivres in den PT 19, Nr. 230 vom

VII 1697, S. 619/25, worin
$$\left(\sum_{k=1}^{\infty} a_k x^k\right)^m$$
 unter Verwendung eines Ansatzes in un-

bestimmten Koeffizienten ausgerechnet wird.

In dieser Aufzeichnung (Nachlass, Stück 1=BKC, S. 993/98) verwendet Jakob drei verschiedene Methoden zur Herstellung der Moivreschen Ergebnisse. Die erste beruht auf Koeffizientenvergleich, nachdem beiderseits logarithmisch differenziert wurde (nicht im Druck); die zweite stützt sich auf den polynomischen Lehrsatz, den Jakob in Teil II, Kap. VIII der $Ars\ conjectandi\ von\ 1713$, S. 132 in vorbildlicher Kürze behandelt hatte. Jakob verweist ausdrücklich auf diese Stelle. Auch die dritte Methode hängt mit der logarithmischen Differentiation zusammen, angewendet auf die etwas

allgemeinere Reihe
$$\begin{bmatrix} \infty \\ \sum_{k=1}^{\infty} u_k(x) \end{bmatrix}^m$$
.

367 JAKOB war über Leibniz verärgert, weil er (irrtümlich) annahm, dieser stelle sich in der Angelegenheit mit den isoperimetrischen Problemen grundsätzlich auf die Seite Johanns. Er überschätzte den Einsluss Leibnizens auf Mencke und glaubte, das in den AE übliche Verfahren, polemische Bemerkungen zu unterdrücken oder wenigstens abzuschwächen, sei einseitig gegen ihn angewendet worden, um ihn zu benachteiligen. Über dieses Verfahren beklagt er sich heftig im Brief an N. Fatio vom 2.X.1700 (MS). Dieser hebt im Brief vom 22.III.1701 (MS) die Verdienste Newtons um die Erfindung der höheren Analysis besonders hervor. Dort wird auch auf den vollen Wortlaut der beiden Briefe Newtons über die höhere Analysis in J. Wallis, Opera III 124, 1699 hingewiesen, aus dem hervorgehe, dass Newton seine Methoden bereits entdeckt hatte, als Leibniz noch unwissender Anfänger war. Ob Jakob diesen Wallis-Band eingesehen hat, wissen wir nicht. Es gibt keine Stelle, aus der sich mit Sicherheit ein Zitat aus diesem Werk entnehmen lässt. Hypochondrisch veranlagt, wie er nun einmal war, fühlte sich Jakob von Leibniz zurückgesetzt. Er brach deshalb den an sich nur losen Briefwechsel mit Leibniz ab, indem er dessen Brief vom 25.III.1697 (LMG III, S. 56/62) unbeantwortet liess. Erst als er zu seiner völligen Überraschung auf Leibnizens Veranlassung hin am 11.VII.1701 in die Berliner Akademie der Wissenschaften aufgenommen wurde und das Diplom mit einem Begleitschreiben des Akademie-Sekretärs J. Th. Jablonski vom 26.IX.1702 (LMG III, S. 62) erhielt, knüpfte er den Briefwechsel durch das Schreiben vom 15.XI.1702 (LMG III, S. 62/66) wieder an.

368 Art. 258 der Med. (Nachlass, Stück 22 = BKC, S. 1088/97), Art. 259 (Nachlass, Stück 23 = BKC, S. 1098/99) und Art. 260 (Nachlass, Stück 24 = BKC, S. 1099-1100). In Art. 258 mahnt Jakob zunächst (BKC, S. 1088) zur Vorsicht bei Vernachlässigung infinitesimaler Glieder höherer Ordnung (vgl. Th. 7 der Epimetra zur 5. Reihendissertation vom 8.IV.1704 = BKC, S. 975). Dann folgt die hübsche Bemerkung (BKC, S. 1091), in einem Extrempunkt sei die Kurvenkrümmung besonders einfach bestimmbar, weil dort y' = 0 ist. Art. 266 (Nachlass, Stück 25 = BKC, S. 1101/05) bezieht sich

auf die Bestimmung des Krümmungsradius bei Fadenkurven. Das MS. trägt das Datum 1701. Von fremder Hand ist vermerkt, die Abhandlung sei niedergeschrieben worden, nachdem Jakob das MS. eines Hermannschen Aufsatzes zum nämlichen Thema gesehen habe, der erst in den AE XI 1702, S. 501/04 zum Abdruck kam.

³⁶⁹ BKC, S. 888/91.

370 BJC I, S. 381/86. Hier bemerkt Johann, falls eine Kurve durch eine Differentialgleichung y' = f(x, y) gegeben sei, lasse sich ρ am zweckmässigsten aus der Form $\sqrt{1+y'^2}$: y'' bestimmen. Noch etwas weiter geht Hermann, der in einer Studie für Leibniz (Beilage zum Brief vom 15.X.1704 = LMG III, S. 261/63) die Ausgangsgleichung M (x, y) dx = N(x, y) dy zugrundelegt.

371 Von diesem Gegenstand, dessen sich Leibniz schon gegen Ende der Pariser Zeit bemächtigt hatte (vgl. Leibniz an Jakob, April 1703 = LMG III, S. 67), handeln die Aufsätze in den AE V 1702 (LMG V, S. 350/61, Zerlegung in Partialbrüche mit nur einfach zählenden Nennern) und I 1703 (LMG V, S. 361/66, Auftreten mehrfach zählender Nennerfaktoren). Zur nämlichen Frage war Johann unabhängig von Leibniz gelangt. Er hatte bei der kritischen Durchsicht der Arbeit Jakobs in den AE II 1699 351

über die loxodromische Skala bemerkt, dass man zur Ermittlung von $\int \frac{a^2 dx}{a^2 - x^2}$ nicht der bis dahin von den Brüdern benutzten umständlichen Transformation $x = a \cdot \frac{b^2 - t^2}{b^2 + t^2}$

bedarf, sondern zweckmässiger $\frac{a^2}{a^2 - x^2} = \frac{a}{2} \left[\frac{1}{a + x} + \frac{1}{a - x} \right]$ verwendet. Am

10.VI.1702 (LMG III, S. 702) behauptete er bereits, das Integral über eine rationale Funktion könne keine anderen transzendenten Bestandteile als Kreisbögen und Logarithmen enthalten. Am 5.VIII.1702 sandte er ein diesbezügliches MS. nach Paris, wo es in der HMP 1702 (BJC I, S. 393/400, lateinischer Auszug in den AE I 1703) abgedruckt wurde.

Leibniz hielt die Behauptung Johanns für unrichtig und glaubte, Integrale wie $\int \frac{dx}{a^4 + x^4}$ könnten weder durch Kreisbögen noch durch Logarithmen dargestellt werden (LMG V, S. 359/61). Johann gab jedoch später die Zerlegung $a^4 + x^4 =$ $=(a^2+x^2)^2-2a^2x^2\equiv (a^2+x^2+ax\sqrt{2})(a^2+x^2-ax\sqrt{2})$ an, vermittels deren die behauptete Darstellung auch in diesem Falle bestätigt werden konnte: AE VI 1719 (BJC II, S. 403/04). JAKOB, der von Leibniz am 3.XII.1703 (LMG III, S. 79/80) auf das Integral hingewiesen worden war, durchschaute den Sachverhalt nicht, sondern trat in der Antwort vom 20.IV.1704 (LMG III, S. 86/87) der unrichtigen Meinung Leibnizens bei.

372 Јаков deutet am 2.VIII.1704 (LMG III, S. 90/91) an, er besitze ein Verfahren, um $\int uv^{p-1} dx$ (p gebrochen) auf eine Normalform zu reduzieren, falls u ein Polynom m-ten und v ein Polynom n-ten Grades in x sei (m > n) und sich aus v kein Faktor (p — 1)-ten Grades abspalten lasse. Leibniz versteht zunächst nicht, um was es sich handelt (Antwort vom 28.XI.1704 = LMG III, S. 93/94) und erhält hierauf am 28.II.1705 (LMG III, S. 97) ein Erläuterungsbeispiel.

Aus diesem geht hervor, dass Jakob an einen Ansatz der Form $\int uv^{p-1} dx = Uv^p +$ $+\int \nabla v^{p-1} dx$ (U, V Polynome in x) in unbestimmten Koeffizienten denkt. Er behauptet, dass der Grad von V kleiner als n — 1 gemacht werden kann. Die Einzelheiten gehen aus den Aufzeichnungen in Art. 261/64 und 276 hervor (Nachlass, Stück 3 = BKC, S. 1007/17). Eine frühere Studie dieser Art findet sich in Art. 220. Sie ist im Anschluss an Art. 219 214 entstanden und bringt hübsche Einzelsätze über elementar ausdrückbare irrationale Integrale, dringt jedoch noch nicht zu allgemeineren Gesichtspunkten vor.

Jetzt weiss Leibniz, was Jakob meint. Er sendet diesem eine ältere Aufzeichnung (LMG III, S. 104/08) als Beilage zum Brief vom April 1705 (LMG III, S. 98/103). Wir kennen noch einen andern Entwurf dieser Art (LMG V, S. 366/77), der jedoch als zu umfänglich nicht übersendet wurde. Leibniz verwendet im Grunde Jakobs Verfahren, erweitert es jedoch, indem er u(x) nicht mehr als Polynom, sondern als beliebige rationale Funktion von x ansieht.

Als Leibniz dieses MS. niederschrieb, kannte er wohl bereits Newtons Tractatus de quadratura curvarum (Opera 154 I), der als Anhang zur Optik (London 1704) gedruckt ist. Das dortige Verfahren, stark verwandt mit dem Vorgehen Jakobs und Leibnizens, stammt im wesentlichen aus der erst 1736 zum Druck gekommenen Methodus fluxionum et serierum infinitarum (Erstdruck nach dem lateinischen Original Opera I, S. 389/518),

Kap. 10 (etwa S. 483/87). Die Leibnizsche Darstellungsweise ist umfassender und durchsichtiger als die der beiden Partner.

373 Schon im Brief vom April 1703 (*LMG* III, S. 71) erkundigt sich Leibniz nach der Spieltheorie Jakobs, von deren Existenz er einmal gehört habe. Am 3.X.1703 (*LMG* III, S. 77/78) berichtet Jakob über das vor langen Jahren begonnene Buch, dem nur mehr die Anwendung der Wahrscheinlichkeitstheorie auf das bürgerliche Leben fehle. Dann folgt ein Hinweis auf das Haupttheorem, das Gesetz der grossen Zahlen, wonach mit der Anzahl der Beobachtungen auch die Sicherheit der Ergebnisse wächst. Gegen diesen Gedanken wendet sich Leibniz in mehreren Briefen und lässt sich von Jakob nicht überzeugen.

 374 Basel $^{1704} = BKC$, S. $^{955}/^{75}$.

 375 Prop. 53 bezieht sich auf Art. 174 der Med. 124 , prop. 56 auf Art. 175 125 , prop. 58 auf Art. 217 170 , prop. 59 auf Art. 177 127 und 150 97 und prop. 60 auf Art. 170 117 .

 376 Jakob gibt die Reihe für $(1+n)^p$ mit dem Bemerken, sie sei den Geometern allgemein bekannt, und unterdrückt den Beweis, "um nicht zu ausführlich werden zu müssen". Das Interpolationsverfahren und die Erhebung zu einer unbestimmten Potenz, sagt er, lassen sich auf die nämliche Grundlage stützen.

Jedoch ohne Hinweis auf die Leibnizsche Abhandlung in den AE IV 1693 242.

³⁷⁸ Hier wird zwar nicht Leibniz zitiert, wohl aber dessen vorhin erwähnte Abhandlung in den AE IV 1693. Dazu tritt das in Art. 177 der Med. ¹²⁷ angedeutete Verfahren durch Grenzübergang aus der binomischen Entwicklung, jetzt allerdings wesentlich verbessert und beinahe im modernen Sinne streng durchgeführt.

379 Erwähnt sei etwa (prop. 53 = BKC, S. 960) der Nachweis dafür, dass $p_{2n} = \frac{1}{2} \cdot \frac{3}{4} \cdot \frac{5}{6} \cdot \cdots \cdot \frac{2n-1}{2n}$ mit $n \to \infty$ gegen Null strebt. Jakob betrachtet nebenher auch $q_{2n} = \frac{2}{3} \cdot \frac{4}{5} \cdot \frac{6}{7} \cdot \cdots \cdot \frac{2n}{2n+1}$ und stellt durch gliedweisen Vergleich der Faktoren fest, dass $p_{2n} < q_{2n}$. Wäre nun $\lim_{n \to \infty} p_{2n} > 0$, so auch $\lim_{n \to \infty} q_{2n} > 0$. Es ist aber $p_{2n}q_{2n} = \frac{1}{2n+1}$, also $\lim_{n \to \infty} p_{2n}q_{2n} = 0$ und folglich auch $\lim_{n \to \infty} p_{2n} = 0$.

 $n \to \infty$ $n \to \infty$ $n \to \infty$ 380 Jakob denkt hier nicht an unsere Tafeln, sondern an die damals üblichen, bei denen Sinus und Tangens als Streckenverhältnisse mit dem Nenner 10 10 aufgefasst werden. Deshalb fügt er hinzu: $lg \sin \varphi$ bezw. $lg tg \varphi = 0$, falls arc $\varphi = 10^{-10}$, also φ im Gradmass = $4 \cdot 60^{-5} + 27 \cdot 60^{-6}$. Für noch kleinere Winkel sind die fraglichen Logarithmen negativ.

³⁸¹ In *BKC*, S. 974 wird darauf hingewiesen, dass Jakob an die Unbestimmtheit für $\frac{dy}{dx}$ in einem singulären Punkt der aus F (x, y) = 0 gekennzeichneten Kurve gedacht haben könnte, falls $\frac{\partial F}{\partial x} = \frac{\partial F}{\partial y} = 0$.

³⁸² Das wissen wir aus dem Brief Jakobs an Leibniz vom 2.VIII.1704 (LMG III, S. 91/92). Leibniz sah die neue Reihe als bedeutsam an, konnte aber die Umrechnung nicht nacherfinden: Brief an Hermann vom 24.XI.1704 (LMG IV, S. 265) und an Jakob vom 28.XI.1704 (LMG III, S. 94).

383 Brief an Leibniz vom 21.I.1705 (LMG IV, S. 267/68).

384 Brief an Leibniz vom 28.II.1705 (LMG III, S. 96).

³⁸⁵ Brief an Hermann vom 7.IV.1705 (LMG IV, S. 271/72) und an Jakob vom April 1705 (LMG III, S. 103).

386 EULERS Methode wird erstmals entwickelt in der Abhandlung De seriebus divergentibus (in der Berliner Akademie gelesen am 27. X.1746, der Petersburger Akademie vorgelegt am 12.III.1753, gedruckt in den Novi commentarii ac. sc. Petrop. 5, 1754/55, S. 205/37, ausgegeben 1760 = Opera I, 14, Leipzig 1924, S. 585/617) und ist von hier übergegangen in die Institutiones calculi differentialis, Petersburg 1755 = Opera I, 10, Leipzig 1913, Teil 2, Kap. 1. EULER geht, um es kurz modern zu sagen, von einer alternierenden Potenzreihe $y = a_1 x - a_2 x^2 + a_3 x^3 - a_4 x^4 + \dots$ aus. Er setzt x = t: (1-t) und entwickelt nach Potenzen von t:

$$y = a_1 t + (a_1 - a_2) t^2 + (a_1 - 2a_2 + a_3) t^3 + \cdots$$

Indem er sich das Koeffizientenschema der a_k angeschrieben denkt, kann er $a_1-a_2=\Delta a_1,\ a_1-2a_2+a_3=\Delta^2 a_1$ usw. setzen. Sein Vorgehen ist rein formaler Natur. Mit $x=1,\ t=1:2$ erhält er

$$a_1 - a_2 + a_3 - a_4 \pm \cdots = \frac{1}{2} a_1 + \frac{1}{2^2} \Delta a_1 + \frac{1}{2^3} \Delta^2 a_1 + \cdots$$

Sein Verfahren führt auf eine Konvergenzverstärkung, falls die Glieder a_k der alternierenden Reihe unbeschränkt abnehmen.

Es kann sein, dass Euler von Hermann, neben dem er 1727/31 in Petersburg wirkte und mit dem ihn auch verwandtschaftliche Bande verknüpften, eine Anregung für seine Untersuchungen empfangen hat.

 387 Art. 269 der Med. handelt von der Schwerpunktsbewegung zweier Körper, die gleichförmig bewegt werden, Art. 270 von der Schwerpunktsbewegung beim Zusammenstoss zweier vollkommen unelastischer bezw. elastischer Körper, Art. 271 von der dabei statthabenden Erhaltung der lebendigen Kraft. Art. 272 (Nachlass, Stück 9 = BKC, S. 1031/32) ergänzt das in Art. 251 347 Gesagte. Art. 277 bezieht sich auf die Ruhelage einer beschwerten Rolle, die an einem in den Endpunkten festgehaltenen Faden hängt. Art. 278 handelt von der Ruhelage einer Schnur, die über zwei feste Rollen A und B gelegt ist und einerseits von zwei gleichgrossen Gewichten a und b an den Schnurenden, andererseits von einem an loser Rolle zwischen A und B hängenden Gewicht C (a + b) gespannt wird.

Art. 281 enthält eine Studie über die Zentralbewegung. Unter der Annahme, dass y als die unabhängige Veränderliche gilt, wird aus einer Infinitesimalbetrachtung die Proportionalität zwischen der Zentripetalbeschleunigung und $\sqrt{x^2+y^2}\,\frac{d^2\,x}{d\,y^2}$ festgestellt. Als Erläuterungsbeispiel dient die Rechnung an der Ellipse. Daraus ermittelt Jakob bei gegebener Zentripetalbeschleunigung unter Mitverwendung des Flächensatzes die zugehörige Kurvengleichung. Veranlasst ist diese Untersuchung durch das in Newtons Philosophiae naturalis principia mathematica 154, Buch I, Abschnitt VIII, prop. 40 Gesagte. Später haben sich Hermann (Brief an Johann vom 12.VII.1710 = BJC I, S. 469/70) und Johann (Antwort vom 7.X.1710 = BJC I, S. 470/80) mit dem nämlichen Problem befasst.

Schliesslich bestimmt Jakob in Art. 286 (Nachlass, Stück 30 = BKC, S. 1124/28), der vom 12.XII.1704 datierten letzten Aufzeichnung der Med., die Wirkungslinie und den Gesamtimpuls von unendlich vielen Stössen (in einer Ebene), die aus verschiedenen Richtungen auf einen starren Bogen in dieser Ebene ausgeübt werden.

³⁸⁸ Art. 273 (Nachlass, Stück 26 = BKC, S. 1105/08) handelt vom Spannungszentrum. Art. 280 gibt Jakobs abschliessende Ansicht über die Biegung eines ausgedehnten elastischen Bandes wieder. Auf ihn stützt sich die Akademie-Abhandlung von 1705 (BKC, S. 976/89). Eine interessante Anwendung findet sich in Art. 282 (Nachlass, Stück 28 = BKC, S. 1115/18): Eine Uhrfeder soll so auf einen Conus aufgewickelt werden, dass die Spannkraft der Feder für die Uhrbewegung immer gleich gross bleibt. Welche Form hat der Conus?

389 Art. 274 handelt von der Stelle, an der uns auf der Erde der Planet Mars im hellsten Licht erscheint. Art. 275 bezieht sich auf ein Problem von J. K. Eisenschmidt: Einem gegebenen Vieleck ein anderes so umzubeschreiben, dass entsprechende Seiten parallel sind und die Abstände zusammengehöriger paralleler Seiten zu den äusseren Seiten in gegebenem Verhältnis stehen. In Art. 283 (datiert 1.XI.1704) wird eine von Ph. Naudé stammende bewegungsgeometrische Aufgabe gelöst, die auf eine Kurve 4. Ordnung führt. Art. 284 (datiert: 28.XI.1704) befasst sich mit einem von J. Chr. Fatio stammenden Problem über Kreisbögen, das vermittels der Sinus-Linie gelöst wird.