

Zeitschrift: Schweizerische Bauzeitung
Herausgeber: Verlags-AG der akademischen technischen Vereine
Band: 71 (1953)
Heft: 8: Sonderheft zum Geburtstag von Prof. Dr. E. Meyer-Peter. 1. Teil

Artikel: Un précurseur des études hydrauliques sur modèles réduits: Adam de Craponne, 1526-1576
Autor: Favre, Henry
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-60503>

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: 23.01.2026

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

Un précurseur des études hydrauliques sur modèles réduits: Adam de Crapponne, 1526 - 1576

Par HENRY FAVRE, Prof. Dr. h. c., Recteur de l'Ecole Polytechnique Fédérale, Zurich

DK 92

La technique des études sur modèles réduits est aujourd'hui une des meilleures méthodes d'investigation que connaît l'ingénieur. Dans le domaine des *constructions hydrauliques*, en particulier, elle a marqué, depuis la fin de la première guerre mondiale, un développement extraordinaire. A l'heure actuelle, par exemple, on n'exécute pas un barrage en rivière, d'une certaine importance, sans avoir préalablement étudié cet ouvrage à l'état de maquette.

Il est intéressant de constater que cette technique n'a pu naître et progresser qu'en rapport direct avec le côté théorique du problème, celui de la *similitude mécanique*, c'est-à-dire de l'ensemble des lois permettant de reproduire un phénomène à une certaine échelle. En effet, les principales étapes vers cette similitude sont les recherches faites successivement par *Reech* (1852), *Froude* (1870), *Reynolds* (1883), *Weber* (1919) et *Escande* (1929). Or, dans le domaine en question, c'est en 1875 que l'ingénieur français *Fargue* fit la première étude importante sur modèle réduit, celle de l'estuaire de la Garonne, en vue de la régularisation de ce fleuve. Suivirent celle du professeur anglais *Osborne Reynolds* pour la régularisation de la Mersey, en 1885, et les expériences analogues de *Vernon-Harcourt* (1886), de *Mengin-Lecreult* (1890), de *Zeuner* (1890), d'*Engels* (1891), etc.

L'essor était donné et, en 1914, il existait déjà une vingtaine de laboratoires de recherches hydrauliques au service du Génie civil, pour la plupart en Europe. Aujourd'hui, on en compte près de deux cents, répartis sur toute la surface du globe.

Mais ce serait une erreur de croire que, dans ce domaine, aucune étude hydraulique sur modèle n'avait été faite avant celle de *Fargue*. Il semble, au contraire, que plusieurs précurseurs ont dû préparer la naissance et l'épanouissement de cette technique. Divers dessins de *Léonard de Vinci* (1452—1519) prouvent en effet que cet italien génial en avait probablement conçu l'idée, mais rien n'affirme qu'il l'ait mise à exécution. Il est également possible que, dans la suite, en Italie, des ingénieurs hydrauliciens aient tenté divers essais d'études sur maquettes.

Une chose est certaine, en revanche, c'est qu'au XVI^e siècle, au milieu des guerres de religion, un Français, dont le nom n'est hélas jamais cité dans les ouvrages modernes d'hydraulique, eut l'idée, avant la création définitive d'un canal destiné à la force motrice et à l'irrigation, d'expérimenter cet ouvrage sur un modèle réduit.

Cet homme est Adam de Crapponne.

Nous pensons rendre hommage au professeur *Eugène Meyer-Peter*, qui créa et dirigea pendant près de 25 ans le *Laboratoire de recherches hydrauliques et de mécanique des terres* annexé à l'E.P.F., en rappelant aujourd'hui la mémoire du grand hydraulicien français qui, il y a quatre siècles, fut indiscutablement l'un des grands précurseurs de la technique des études sur modèles réduits.

Adam de Crapponne est né en 1526¹⁾, à *Salon*, ville de Provence située à 15 kilomètres au sud d'un affluent du Rhône, la *Durance*, et à l'est de cette plaine désertique appelée la

*Crau*²⁾. Son père, noble marchand venu de Montpellier se fixer à *Salon*, mourut déjà en 1537. Sa mère, qui destinait Adam à la carrière des armes, l'envoya à la cour du roi *Henri II*. Il suivit ce prince dans un voyage au Piémont, et sut se faire apprécier de lui. Rentré au pays, il fit des études préliminaires, qui lui donnèrent la certitude de pouvoir amener dans la région de sa ville natale une partie des eaux de la *Durance*, au moyen d'un canal à ciel ouvert.

En 1552 cependant, nous le retrouvons auprès de *Henri II*, à ce moment fortement engagé dans sa lutte contre *Charles-Quint*. L'Empereur approchait avec une puissante armée. Pour lui barrer la route, il fallait mettre la ville de *Metz* en état de résister à un siège prolongé. C'est à Crapponne que le roi de France confia le soin de réparer et de moderniser les fortifications, depuis longtemps négligées. Il y réussit. Au bout d'un siège de deux mois et demi³⁾, l'armée impériale, qui comptait au début des opérations 60 000 hommes, et que commandait Charles-Quint en personne, dut lever le siège. Pourtant, la place n'avait qu'une garnison de 10 000 hommes, mais elle était commandée par un des meilleurs généraux de l'époque, le duc François de Guise.

Crapponne revint ensuite dans sa ville natale, où il reprit aussitôt l'étude de son canal.

Au milieu du XVI^e siècle, *Salon* était une ville relativement importante, puisqu'elle comptait déjà 5 à 6000 habitants⁴⁾. Elle ne dépendait pas

directement du comte de Provence — qui était à ce moment le roi de France lui-même — mais de l'Archevêque d'Arles. C'était ce qu'on appelait une «terre adjacente». Le pays alentour de la ville était adonné à l'agriculture. La culture des oliviers, surtout, était une de ses principales ressources. Or la région manquait d'eau, souffrait de la sécheresse. Seule une petite rivière, la *Touloubre*, la traversait, ne passant qu'à plusieurs kilomètres de *Salon*.

Crapponne projeta de prélever une partie de l'eau de la *Durance* — 7 à 8 mètres cubes par seconde — un peu en amont de la *Roque d'Anthéron*, à la cote 149 m., et de l'amener par un canal à ciel ouvert, d'abord le long de la chaîne de la *Trévaresse*, puis, par le col de *Lamanon* (cote 110 m.), jusqu'à *Salon* (88 m.). La longueur totale de ce secteur était de 30 kilomètres environ. Le canal devait être dans la suite prolongé jusqu'à l'*étang de Berre*, par *Pélissane*, *Langon*, *Cornillon* et *St-Chamas*. Une autre branche devait s'étendre de *Salon* à *Grans*. Il était prévu, en outre, au col de *Lamanon*, qu'un embranchement serait dirigé sur *Eyguières* et un autre sur *Arles*; duquel partirait une branche en direction du Sud, passant à *Miramas* et à *Istres*, et aboutissant à l'ouest de l'*étang de Berre*⁵⁾. La longueur totale de ce réseau était de 150 kilomètres environ⁶⁾.

²⁾ Voir l'esquisse ci-après, que le professeur Ed. Imhof a bien voulu faire dessiner spécialement par un de ses collaborateurs, M. Rufener, pour illustrer notre mémoire. Nous en remercions sincèrement notre éminent collègue.

³⁾ du 19 octobre 1552 au 1er janvier 1553.

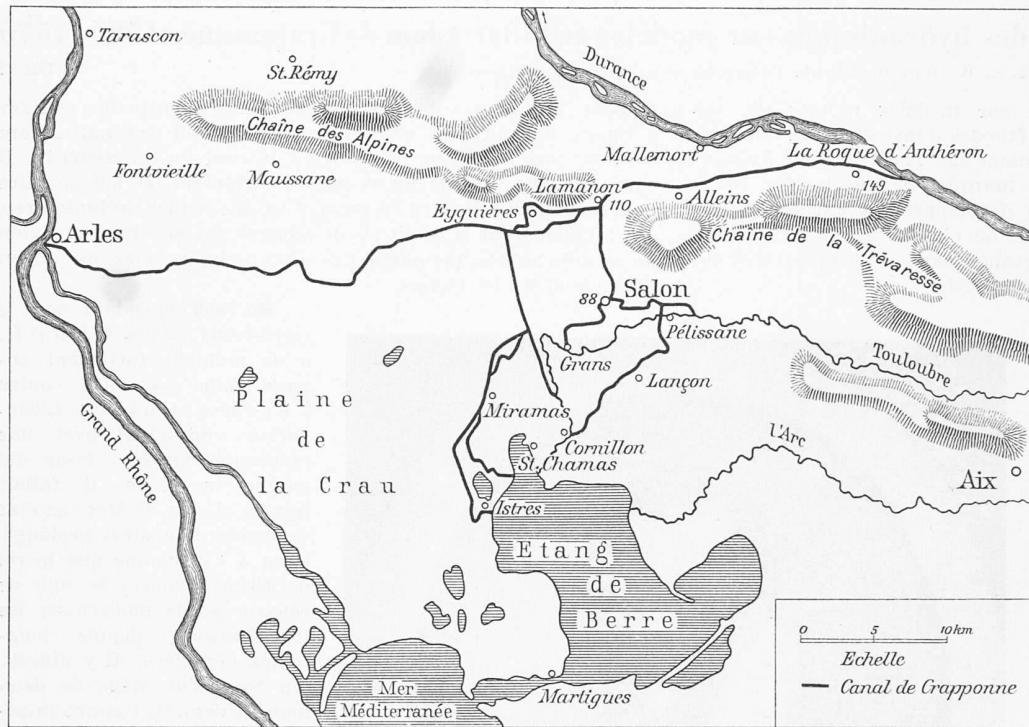
⁴⁾ Elle en compte actuellement plus de 13 000.

⁵⁾ Cette dernière branche était elle-même formée de plusieurs parties (voir l'esquisse).

⁶⁾ Il est probable que Crapponne n'envisagea pas, tout au moins



¹⁾ Cette date est incertaine, l'acte de naissance étant perdu.



Esquisse du canal de Crapponne

On visait ainsi à un double but. D'abord, le canal servirait à l'*irrigation*, contribuerait ainsi non seulement au développement de la culture des *oliviers*, mais aussi à l'*irrigation des prairies*. Puis il permettrait, au moyen d'un fractionnement en chutes de 4 mètres, d'installer des *moulins à farine* utilisant la force motrice disponible⁷⁾. Car les moulins à vent étaient rares en Provence, et d'un fonctionnement précaire. De plus, les cours d'eau susceptibles d'être aménagés en vue de fournir de l'énergie étaient totalement insuffisants.

Or, convertir le blé en farine, c'était la préoccupation constante des populations.

Le projet achevé, Crapponne demanda aux autorités compétentes l'*autorisation* de dériver les eaux de la Durance et de construire le canal. Il faut croire que cet ouvrage était attendu de chacun avec impatience, car l'*instruction d'une affaire de pareille importance ne dura pas plus de trois semaines* et, le 17 août 1554, l'ingénieur salonais obtenait de la Cour des Comptes d'Aix un acte qui équivalait à la concession de l'eau à prendre dans la Durance, et en même temps à la déclaration d'utilité publique de l'ouvrage à exécuter.

Il fallait aussi mettre au point le *problème financier*. Ici, Crapponne déploya une ingéniosité remarquable. Étant lui-même peu fortuné, il s'adressa d'abord à ses deux sœurs, à son frère, à ses proches parents et amis, qui lui prêtèrent des sommes importantes ou le cautionnèrent auprès de tiers. Cependant, comme il fallait prévoir le remboursement de ces emprunts, il imagina de vendre aux riverains ce qu'il appela le «fonds de l'eau», c'est-à-dire une sorte de copropriété du canal, à raison d'un écu d'or par «quarterée» (24 ares) de verger d'*oliviers*, et d'une somme supérieure pour les prairies. En outre, les acheteurs auraient à s'acquitter d'une faible redevance: trois sous par arrosage et par quarterée d'*oliviers*, 12 sous ou davantage par «soucherée» (20 ares) de prairies, pour tous les arrosages de l'année.

L'écu d'or représentait la part de l'acheteur dans les frais de premier établissement du canal, la redevance annuelle, sa participation aux frais d'entretien et de distribution des eaux. Crapponne espérait ainsi non seulement rembourser ses prêteurs, mais encore couvrir les frais d'exploitation.

Quant aux moulins, il utilisa diverses combinaisons, tantôt construisant lui-même l'ouvrage, et le vendant prêt à fonctionner, tantôt vendant le droit de l'établir, tantôt enfin

au début, la construction d'un réseau aussi étendu. Notre description a trait à l'*œuvre réalisée*, non seulement par l'ingénieur salonais, mais aussi par ses successeurs immédiats.

⁷⁾ Il est peu probable que l'ingénieur salonais ait songé à utiliser son projet en vue de la navigation.

construisant le moulin, mais vendant la moitié de l'ouvrage avant de commencer les travaux, et empruntant à son acheteur une somme qui, avec le prix de vente, lui permettait d'exécuter les travaux!

Idées excellentes, en vérité. Hélas, Crapponne avait sous-estimé les frais de construction du canal et ceux de l'exploitation, ce qui lui suscita, plus tard, de grosses difficultés financières et de nombreux procès.

Voyons maintenant comment il résolut les *questions techniques* qui se posèrent quant à la construction du canal. La difficulté était le choix de la *pente* et surtout celui de la *section transversale*.

Crapponne adopta, entre la prise d'eau et Salon, une pente moyenne de 2‰, ce qui était considérable, si l'on songe qu'à l'heure actuelle, on adopte en général pour

un tel ouvrage une pente inférieure à 1‰. Ce choix lui était dicté d'abord par la cote de la prise d'eau dans la Durance, et par celle des premiers moulins, situés près de Salon. Il présentait en outre l'avantage, en donnant à l'eau une vitesse moyenne assez grande⁸⁾, d'éviter que les limons entraînés par le prélèvement dans la Durance, ne se déposent trop facilement au long du parcours. De plus, à cette époque, les appareils de niveling étaient assez primitifs et inexacts: en adoptant une forte pente, on réduisait les conséquences fâcheuses des erreurs de niveling.

Quelle devait être la section transversale du canal? Au XVI^e siècle, on ne connaissait aucune règle précise qui permet de calculer la vitesse de l'eau dans un canal de section et de pente données, puisque c'est à Chézy que l'on doit la première formule fondamentale pour l'écoulement de l'eau dans un tel ouvrage (1775).

Sans doute, Crapponne dut commencer par faire une première estimation, se fondant sur quelques canaux de la région, qui prélevaient déjà l'eau dans la Durance, mais en moindre quantité. Cette estimation était évidemment peu sûre. Aussi l'ingénieur salonais eut-il l'idée de commencer par faire un ouvrage de dimensions réduites — un «petit modèle» comme il l'appela lui-même — en exécutant tout d'abord son canal, de la prise d'eau jusqu'à Salon, avec une section transversale réduite. S'il donna à cette section la hauteur définitive de 3 «pans» (0,75 m.)⁹⁾, il ne lui donna par contre qu'une largeur provisoire de 5 pans (1,25 m.).

Il put alors, ayant achevé son «petit modèle», en faire l'essai, et non seulement évaluer le débit, mais aussi contrôler les pentes adoptées et éventuellement les corriger. Ensuite, par une simple règle de trois, il en arriva à la conclusion que, pour obtenir le débit voulu, il fallait une largeur de 22 pans (5,50 m.)¹⁰⁾.

Donc, son «modèle» lui avait permis de prévoir les dimensions définitives de l'ouvrage, et c'est pourquoi l'on peut, à juste

⁸⁾ Des calculs simples, effectués à l'aide de la formule de Strickler pour $k = 40$, nous ont montré que cette vitesse devait être environ de 1,25 m/sec., en adoptant pour la section les dimensions indiquées plus loin.

⁹⁾ 0,50 m. étaient creusés dans le sol, et 0,25 m. étaient obtenus en déposant les déblais en cavaliers sur les bords. La profondeur maximum de l'eau devait donc être un peu inférieure à 0,75 m.

¹⁰⁾ Cette largeur est celle du secteur du col de Lamanon à Salon, où le débit ne devait être que de 4,5 m³/sec. La section était-elle à l'origine un rectangle ou un trapèze? Quelle était la rugosité des parois et du fond? Les documents qui existent encore sur les travaux de Crapponne ne permettent pas de répondre à ces questions, mais il nous semble probable, d'après les calculs hydrauliques comparatifs que nous avons faits, que le profil était trapézoïdal et que les parois n'étaient pourvues d'aucun revêtement. Remarquons aussi que l'extrapolation faite par l'ingénieur salonais est peu exacte, les rayons moyens de l'ouvrage définitif et de son modèle étant différents.

titre, considérer Crapponne comme un des principaux précurseurs de la technique moderne des études sur modèles réduits.

La branche du canal destinée à l'alimentation de la région de Salon fut achevée en moins de cinq ans. Le 20 avril 1559, toute la population de la ville se porta à la rencontre des eaux, clergé et ordres monastiques en tête, bannières déployées ...

Il y eut, la même année, une grande sécheresse, et seuls les oliviers irrigués par le nouveau canal donnèrent une récolte. Pour Crapponne, ce fut un succès incontestable, qui lui valut une grande renommée et lui permit de trouver les fonds nécessaires pour continuer son œuvre, en prolongeant le canal jusqu'à l'étang de Berre et en construisant les autres branches dont nous avons parlé.

Il ne put toutefois achever l'ouvrage lui-même, car il eut dans la suite, nous l'avons laissé entendre, de grosses difficultés financières. En 1571, à bout de ressources et engagé dans plusieurs procès, il se vit obligé de céder à ses adversaires la plupart de ses droits et obligations quant au canal. Mais ses successeurs continuèrent son œuvre et l'achevèrent.

Une grande partie des branches du Canal de Crapponne sont encore utilisées aujourd'hui. Plusieurs ont été agrandies ou modifiées, d'autres abandonnées, de nouveaux canaux d'irrigation ont été construits dans la région, et l'œuvre commencée il y a quatre siècles se poursuit. Elle contribue à la prospérité d'une des régions les plus pittoresques de France.

Crapponne n'a d'ailleurs pas borné son activité à l'ouvrage que nous avons sommairement décrit. Jouissant de la confiance des rois qui se succédèrent à cette époque sur le trône de France, il fut chargé de travaux importants, principalement de celui d'assainir les marais de Fréjus. Il élabora également

de grands projets, notamment celui du *Canal de Provence*, destiné à amener à Aix et Marseille l'eau de la Durance, celui du *Canal du Charolais*, qui fut construit plus tard par *Gauthier* sous Louis XVI, et qui porte aujourd'hui le nom de *Canal du Centre*, et celui du *Canal du Languedoc*, que *Riquet* devait exécuter au milieu du XVII^e siècle, mais en modifiant le projet initial. L'ingénieur salonais étudia aussi la question du *désèchement des marais d'Arles* et celle de l'*amélioration du Lac de Grandlieu*, sur la rive gauche de la Loire, en aval de Nantes.

Adam de Crapponne mourut en 1576, à l'âge de 50 ans, dans des conditions qui n'ont pas encore été éclaircies. Il se peut que, chargé par Henri III de contrôler des travaux exécutés dans la citadelle de Nantes, il ait été empoisonné dans cette ville par des gens qui, redoutant sa clairvoyance et sa droiture, auraient eu intérêt à se défaire de lui.

Lorsqu'on étudie la courte vie de cet homme, on ne peut s'empêcher d'être saisi d'admiration par l'œuvre immense qu'il a réalisée, à une époque où les moyens dont pouvait disposer un ingénieur étaient précaires. Crapponne est certainement une grande figure, et qui mériterait d'être mieux connue.

Bibliographie

J. de la Lande, Des canaux de navigation et spécialement du canal du Languedoc. Veuve Desaint, Paris, 1778, p. 171 à 175.

F. Martin, Adam de Crapponne et son oeuvre. Dunod, Paris, 1874 (96 p.).

J.-B. Bertin et V. Audier, Adam de Crapponne et son canal. Champion, Paris, 1904 (346 p.).

M. Denizet, Notice sur Adam de Crapponne et sur l'art de l'ingénier au XVII^e siècle. «Annales des Ponts et Chaussées», Paris, 1927, III (36 p.).

Leonardo da Vinci's Entwurf für eine Brücke über das Goldene Horn

Von Prof. Dr. F. STÜSSI, ETH, Zürich

DK 92

1. Das Manuskript L Leonardo da Vinci enthält die Entwurfsskizze einer massiven Brücke, die wie eine Vision von ungeheurer Kühnheit anmutet, die nicht nur weit über die Zeit Leonardos hinausreicht, sondern auch heute im Massivbrückenbau noch nicht verwirklicht worden ist. In Bild 1¹) ist diese Skizze seitenverkehrt wiedergegeben, damit der von Leonardo in Spiegelschrift geschriebene Text leichter lesbar wird: «Ponte da Pera a Gosstantinopoli, largo 40 braccia, alto dall'acqua braccia 70, lungo braccia 600, cioè 400 sopra del mare e 200 posa in terra, faccendo di se spalle a se medesimo.»

Rechnen wir die Elle (braccia) angenähert zu 0,60 m (es ist hier wohl unnötig, mit dem genaueren Wert von 0,584 m zu rechnen), so stellt diese Skizze somit den Entwurf einer Steinbrücke von 240 m Lichtweite dar, der sowohl im Aufriss wie im Grundriss bemerkenswerte Züge aufweist. Der Grundriss zeigt, dass Leonardo sich seine Brücke als «Doppelbogen» vorgestellt hat, durch den der Winddruck, dessen Grösse bei diesem gewaltigen Bauwerk einige hundert Tonnen beträgt, in beiden Richtungen auf Druck aufgenommen werden kann. Im Aufriss ist bemerkenswert, dass die Stärke des Gewölbes, das in der Scheitelgegend verhältnismässig schlank ist, etwa von den Gewölbevierteln an gegen die Kämpfer sehr stark zunimmt, und die Skizze zeigt sehr anschaulich, was Leonardo sich mit dem prägnanten Bild «sich selber Schultern bilden» vorgestellt hat.

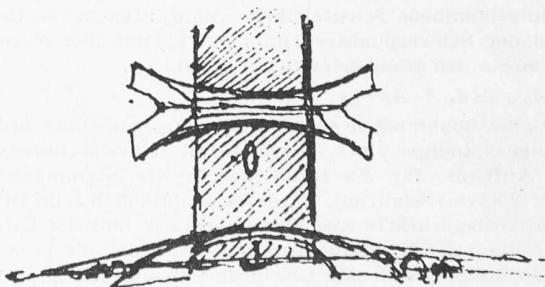
2. Es ist das Verdienst von Prof. Franz Babinger, München, durch die eingehend kommentierte Veröffentlichung eines von ihm kürzlich aufgefundenen Briefes²⁾, als dessen Absender er Leonardo identifizieren konnte, überzeugend nachgewiesen zu haben, dass hinter Leonardos Brückenskizze die feste Absicht zur Verwirklichung des Entwurfs gestanden hat. In diesem Brief vom Jahre 1502 oder 1503 empfiehlt sich Leonardo dem türkischen Sultan als Baumeister für den Bau von Windmühlen, Schiffspumpen, Zugbrücken und eben der Brücke über das Goldene Horn, die hier, im Gegensatz zum Manuskript L, die Ortsbezeichnung «von Galata nach

Stambul» trägt. Nachstehend ist die Briefstelle, die sich auf den Brückenbau bezieht, in der Uebersetzung F. Babingers wiedergegeben:

«Ich, Euer Sklave, habe vernommen, dass Ihr beabsichtigt habt, eine Brücke von Galata nach Stambul zu errichten, dass Ihr sie aber nicht gemacht habt, weil sich kein Fachmann (Kenner) fand. Ich, Dein Sklave, weiss es. Ich werde sie aufführen, so hoch wie einen Bogen, dass niemand sich einverstanden erklärt, darüber zu schreiten, weil sie so hoch sein wird. Aber ich habe daran gedacht, dass ich einen Bretterverschlag herstelle, hernach das Wasser herauszuholen und [sie] auf Pfähle setze. So mache ich es, dass ein Schiff mit (gespanntem) Segel unten durchfahren kann.»

Auf Einzelheiten dieser Briefstelle wird zurückzukommen sein.

3. In erster Linie dürfte nun interessieren, ob Leonards Brückentwurf hätte ausgeführt werden können. Bei einer Nachrechnung, die uns auf diese Frage die Antwort geben kann, ist nun allerdings zunächst zu beachten, dass zwischen den Proportionen der Skizze (Bild 1) und den Zahlenangaben des Textes gewisse Widersprüche bestehen. Solche Widersprüche kommen aber auch an andern Stellen bei Leonardo vor, so beispielsweise bei der Skizze des Fallschirms im Co-



ponte da pera a galata a stambul . largo
40 braccia alto dall'acqua 70 braccia lungo
800 braccia cioè 400 foyen gibrarsi + 200
per la intrada faccendo di se spalle a se
medesimo

Bild 1. Leonards Brückentwurf

¹⁾ Ms. L, fol. 66 recto (Institut de France). Bei der Beschaffung der Unterlagen zur vorliegenden Studie waren mir die Herren Dr. P. Scherer, Oberbibliothekar der ETH, und Dipl. Ing. W. Vogel, Betriebswissenschaftliches Institut der ETH, behilflich, wofür ich auch hier bestens danken möchte.

²⁾ F. Babinger: Vier Bauvorschläge Leonardo da Vinci's an Sultan Bajezid II (1502/3). Mit einem Beitrag von L. H. Heydenreich. Nachrichten der Akademie der Wissenschaften in Göttingen. I. Philologisch-Historische Klasse. Jahrgang 1952, Nr. 1.