

*Über das al Bêrûnische Gefäß zur spezifischen
Gewichtsbestimmung*

Von Instrumenten der Araber oder in diesem Falle richtiger der Perser dürfte keines so bekannt geworden sein als dasjenige, dessen sich ABU 'L RAIHÂN AL BÊRÛNÎ (973 bis 1048) bediente, um die Mengen Wassers, die je gleichen Gewichten von Metallen und Edelsteinen entsprechen, zu bestimmen¹⁾. Bisher waren wir für die Kenntnis dieses Instrumentes auf einen Bericht angewiesen, den ein AL CHÂZINÎ (etwa 1121) in seinem Werke „Wage der Weisheit“ gibt. Das Werk ist nur in einer jetzt in Petersburg²⁾ aufbewahrten Handschrift vorhanden; leider fehlen in dieser eine Reihe von Blättern, so die Einleitung zu der Beschreibung unseres Instrumentes. In Beyrut³⁾ ist indes eine Handschrift der Arbeit selbst des großen persischen Gelehrten erhalten.

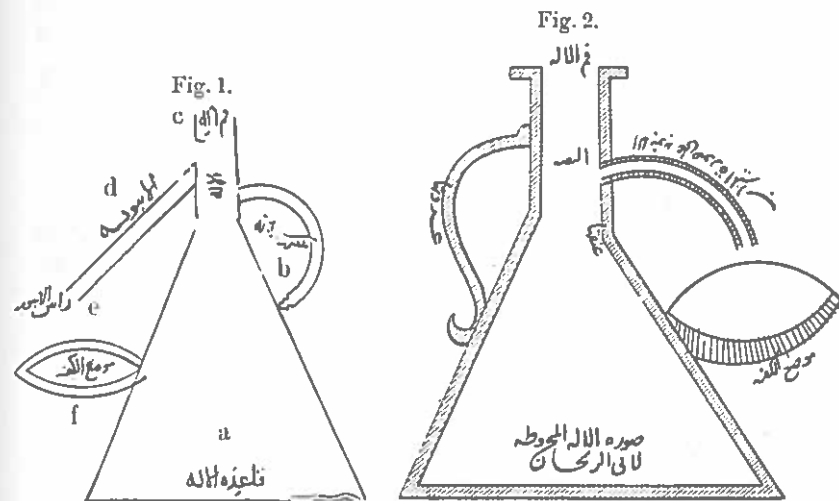
Über den Inhalt dieser Arbeit und die Art der Darstellung werde ich an einem anderen Orte (Monatshefte für den naturwissenschaftlichen Unterricht) berichten und zeigen, wie die Arbeitsmethode AL BÊRÛNÎs vollkommen der unserigen entspricht. Hier sollen nur die für den Physiker besonders interessanten Abbildungen der Apparate nach den beiden Texten und die Apparatsbeschreibung mitgeteilt werden, aus der schon der wissenschaftliche Geist, der AL BÊRÛNÎ beseelte, hervorgeht.

¹⁾ Zum Teil herausgegeben von КНАНИКОВЪ, J. american oriental Society. Vgl. auch E. W., Wied. Ann. 20, 539, 1883.

²⁾ Dank der großen Güte von Sr. Exzellenz Herrn Prof. SMIRNOFF konnte ich die Handschrift in Erlangen benutzen.

³⁾ Herr Prof. CHEIKHO an der Universität St. Joseph in Beyrut war so liebenswürdig, mir seine weiß-schwarze Photographie des Textes zuzuschicken. Leider ist dieser, wie auch die Photographie des Apparates zeigt, stark von Würmern zerfressen.

Von den Abbildungen ist Fig. 1 dem Beyruter Texte entnommen, Fig. 2 dem Petersburger. Sie unterscheiden sich vor allem durch die in dem Ansatzrohr in Fig. 2 sichtbaren Öffnungen. Nach der Beschreibung laufen die Wände des kegelförmigen Gefäßes nicht nach oben spitz zu, sondern bilden eine nach innen konkave Wölbung. Die Worte an den einzelnen Teilen haben bei der Beyruter Zeichnung folgende Bedeutungen. Es steht bei *a* Basis des Apparates, bei *b* Henkel des Apparates, bei *c* Mündung (Hals) des Apparates, bei *d* das Rohr, bei *e* Ende des Rohres,



bei *f* Ort für die Schale (der Wage). In der Petersburger Figur steht unten „Bild des kegelförmigen Apparates von ABU 'L RAIHÂN“ und an dem Ausflußrohr „das Rohr in Form eines Kanales (Mizâb)“, die anderen Worte entsprechen denen der Beyruter Handschrift.

Ehe AL BÊRÛNÎ seinen eigenen Apparat beschreibt, gibt er an, nach welchen anderen Methoden (Gießen der Metalle in Gußformen, Ziehen von Draht, Bestimmung der Gewichtsverluste im Wasser) er zunächst Versuche angestellt habe (freilich ohne genaue Resultate zu erhalten) und fährt dann etwa so fort:

Ich stellte fort und fort ein Instrument nach dem anderen her und vermied bei dem späteren das, was mir bei dem früheren

mißglückt war, bis ich endlich ein Gefäß von kegelförmiger Gestalt anfertigte, das an der Basis weit und oben eng war; von dort aus erstreckte sich sein Hals in konstanter Weite. In der Mitte¹⁾ des engen Teiles, nahe an seinem unteren Ende, machte ich ein kleines, kreisrundes Loch und befestigte (lötete) an ihn ein eben so weites gebogenes Rohr, das nach unten geneigt war . . .²⁾ Zur Zeit der Beobachtung stand sein Ende gegenüber der Schale der Wage. Dann zerkleinerte ich jedes Metall in große und kleine Stücke. Die großen waren nicht größer, als der Weite des Halses des Gefäßes entsprach, da diese sonst von ihnen verstopft worden wäre, und die kleinen waren nicht beliebig klein, sondern sie hatten die Größe einer Hirse. Mit diesen Stücken verfuhr ich so, daß ich zuerst die großen Stücke in die Mündung des Gefäßes warf, da diese das Wasser heftig bewegten und es höher in die Höhe steigen ließen, als notwendig war. Dann (nämlich nach Einwerfen der großen Stücke) hatte es nichts zu sagen, wenn ich es emporsprudeln ließ, und das war eine Verbesserung der Ausführung, indem ich die kleinen Stücke mittels einer Zange hineinwarf; hierbei wurde die Wasseroberfläche kaum so zerspalten, daß auf ihr eine Bewegung sichtbar war.

Bekanntlich steigt das Wasser entsprechend (dem Volumen) des Hineingeworfenen und daher fließt aus dem Rohre ein Volumen aus, das dem Volumen des hineingeworfenen Körpers gleich ist. Der Rest bleibt in dem Gefäß in seinem ursprünglichen Zustande. Das Instrument hat die beistehende Gestalt (Fig. 1).

Den unteren Teil des Instrumentes habe ich deshalb erweitert, damit er von der hineinzuerwerfenden Substanz mehr fassen könnte. Wäre das ganze Gefäß so eng wie der Hals³⁾, so wäre seine Form die eines Rohres (Barbach⁴⁾); dann wäre aber seine Handhabung auf der Erdoberfläche schwierig und es könnte leichter umfallen und umstürzen. Da das Instrument mehr fassen soll,

¹⁾ Es ist gemeint, daß das angesetzte Rohr in einer Meridianebene des Halses liegt.

²⁾ Hier ist der Text stark verstümmelt.

³⁾ AL BĒRŪNĪ meint, man hätte ein zylindrisches Rohr von der Weite des Halses nehmen können, das man nach unten verlängert; dann hätte es aber nicht festgestanden, sondern wäre leicht umgefallen.

⁴⁾ Barbach ist im allgemeinen ein relativ weites Rohr.

so habe ich die Breite in dem Maße vergrößert, als ich die Länge verminderte. Zwischen dem Leibe des Apparates und dessen Hals brachte ich nicht einen Winkel, wie die Winkel des Dreieckes in dem Gefäß, an, sondern eine glatte Biegung wie bei einem gerundeten Bogen, damit man den Inhalt des Gefäßes leichter herausbringen kann und nichts in ihm festsitzen blieb. Den Hals machte ich eng, damit die Oberfläche des Wassers an der engen Stelle (stark) steigt, wenn die Menge des Wassers auch nur um wenig vermehrt wird; das ist ja aber nicht der Fall, wenn die Stelle weit ist. Das ist offensichtlich! Hat die Mündung des Gefäßes die Werte von einer Spanne auf eine Spanne, so muß man eine der Kichererbse an Volumen gleich große Menge hineinwerfen, damit sich das Wasser so weit erhebt, daß es ausfließt. Ist die Weite die eines kleinen Fingers, so tritt dies beim Einwerfen eines Volumens gleich dem der Hirse ein. Würde die Ausführung (das Arbeiten mit dem Instrument) nicht dadurch erschwert werden, so hätte ich den Hals noch enger gemacht. Und etwas Ähnliches war bei dem Loche und dem Rohre der Fall¹⁾, indem sich bei ihnen etwas (Besonderes) zeigte, das darin bestand, daß das Rohr, nachdem es das Wasser ausgeschüttet und ausgegossen in die Schale der Wage, mit Wasser gefüllt blieb, das es gleichsam einsog und einzwängte. Manchmal tröpfelte aus ihm noch nach dem (ersten) Ausschütten ein Tropfen. Ich setzte mit ihm die Luft durch eine Reihe von Löchern, die ich in die obere Wand des Rohres bohrte, in Verbindung. Die Löcher bilden dann zusammen eine Art Kanal, der kleiner als ein Halbkreis ist. Von diesem Augenblick an ging das Fließen des Wassers, das sich in ihn ergoß, glatt vonstatten und es blieb in dem Rohre nur so viel Wasser hängen, als bei dessen feuchter Natur unbedingt nötig war.

Über die Größe seines Instrumentes macht AL BĒRŪNĪ keine Angaben, doch läßt sich dieselbe aus den Zahlenangaben bei einer Messung mit Gold entnehmen. Er sagt, daß ein aus früheren Beobachtungen erhaltener Mittelwert bestätigt worden sei durch eine Messung mit einem besonders guten und geprüften

¹⁾ D. h. es trat eine Schwierigkeit ein.

Instrument. Dabei hat sich ergeben, daß für die benutzten 355 Mitqâl¹⁾ Gold 18 Mitqâl 3 Dánaq, 3 Tassûg Wasser verdrängt wurden, oder 8520 Tassûg Gold verdrängen 447 Tassûg Wasser. Daraus berechnet sich das spezifische Gewicht zu 19,06 und daraus dann das Volumen der 355 Mitqâl (etwa 1600 g) zu rund 84 ccm. Das Gefäß faßt also sicher über 100 ccm, aber wohl auch nicht mehr als 250 ccm. Aus den großen angewandten Mengen erklären sich auch die erhaltenen genauen Resultate.

Bei einem anderen Versuche wurden von 240 Mitqâl (etwa 1080 g) Kupfer 28 Mitqâl 1 Tassûg Wasser verdrängt; da sich das spezifische Gewicht des Kupfers hieraus zu etwa 8,66 berechnet, so ergibt sich das geringste Volumen des Gefäßes zu mindestens 125 ccm.

¹⁾ 1 Mitqâl setzt nach einer besonderen Angabe $\alpha L BÈR'N1 = 6 Dánaq$ und $1 Dánaq = 4 Tassûg$. 1 Mitqâl ist rund 4,5 g. Der Wert wechselt etwas nach den Gegenden.