Beiträge zur Geschichte der Naturwissenschaften. XVI.

Von Eilhard Wiedemann.

Über die Lehre vom Schwimmen, die Hebelgesetze und die Konstruktion des *Qarasṭûn*.

Die folgenden Seiten enthalten einige weitere Mitteilungen aus der Wage der Weisheit von *al Châzinî,* dieser Fundgrube für unsere Kenntnis muslimischer Wissenschaft.

1. Über das Schwimmen.

Zunächst sollen einige wenige Abschnitte über das Schwimmen mitgeteilt werden, die *al Châzinî* als Einleitung zu seiner Wiedergabe der Beschreibung des Aräometers von Pappus dienen.

Das *Bâb* 6 der ersten *Maqâla* (fol. 14a) lautet:

Bâb 6. Über das Untersinken und Schwimmen bei den Problemen des Schiffes. Verhalten der massiven (*muṣmat*) und hohlen (*mugawwaf*) Körper bei dem Untersinken in dem Wasser und dem Schwimmen auf ihm; sie verhalten sich je nach den Umständen verschieden. Die Auseinandersetzung hierüber ist in drei *Faṣl* geteilt[1]).

Faṣl 1. Über das Verhalten (*Iḥkâm*) des massiven Körpers. Sind die Raumerfüllungen (*Masâḥa*) des festen Körpers und des Wassers gleich, so stimmen sie entweder im Gewicht überein oder nicht. Wir nennen dieses Wasser (von gleichem Volumen) „Wasser des Abbildes (*Maṯl*)“ und sein Gewicht „Gewicht des Wassers des Abbildes“. Der Körper hat auch irgendein Gewicht. Das Verhältnis seines Gewichtes zu demjenigen des ihm im Volumen (*Girm*) gleichen Wassers kann ein dreifaches sein: 1. Ist die Schwere (*Ṯaql*) beider im Gewicht (*Wazn*) gleich, so nennt man dies Volumen gleich (abbildlich, *maṯli*), d. h. seine Schwere ist gleich der Schwere des Wassers. 2. Ist der Körper von größerer Schwere als das Wasser, so heißt er „in ihm untersinkend“. 3. Ist er von geringerer Schwere, so heißt er „auf dem Wasser schwimmend“.

[1]) Vgl. hierzu E. Wiedemann, Beiträge. VII, wo die entsprechende Schrift des Archimedes übersetzt und die Literatur gegeben ist.

Wirft man den „gleichen“ Körper in Wasser, so taucht er in ihm unter, bis die beiden Flächen des Wassers und des „gleichen “Körpers gleich sind; tiefer als bis dahin taucht er nicht ein und gelangt nicht bis zum Boden [des Wassers]. Er hat in ihm keine Schwere. Wirft man den „untersinkenden Körper“ in das Wasser, so sinkt er bis zum Grund. Seine Schwere und sein Gewicht im Wasser entsprechen dem Überschuß des Gewichtes seines Volumens über das Wasser des Abbildes, der Überschuß heißt Überschuß des in ihm (dem Wasser) untersinkenden [Körpers]. Wirft man den schwimmenden Körper in das Wasser, so taucht ein Teil in dasselbe unter und nimmt von ihm einen Raum ein, der mit Wasser gefüllt, so viel wiegt, wie der ganze Körper, der Rest bleibt in der Luft, wegen der in ihm enthaltenen Luftkraft (*al Quwwa al hawîja*). Diese Luftkraft ist gleich dem Unterschied zwischen dem Gewicht des Wassers des Abbildes und dem Gewicht des verdrängten Wassers[1]). Legen wir auf den Körper eine Zusatzlast (*'Ilâwa*) von der Größe des Gewichtes der „Luftkraft“, so verhält sich der schwimmende Körper wie der „gleiche“ Körper und taucht in dem Wasser ein, bis ihre Oberflächen zusammenfallen.

Faṣl 2. Verhalten des hohlen Körpers in dem Wasser, sein Untersinken in dasselbe und sein Schwimmen auf demselben. Wird der massive einsinkende Körper zu einem hohlen, so nennt man das Gewicht des Wassers, welches die Höhlung faßt, Gewicht des Wassers des Hohlraumes (I)[2]). Ist das Gewicht des Wassers, das der von der Grenzfläche zwischen Wasser und äußerer Fläche gebildete Hohlraum (II) faßt, gleich dem Gewicht P des Körpers, so entsprechen sich (VI Form von *Kafâ*) die beiden Körper[3]). Unter der *Takâfu* verstehen wir, daß das Wasser die Ränder des Hohlraumes [I] erreicht und ihre Flächen aneinanderstoßen[4]). Wir nennen die Fläche, welche dem Wasser und dem Körper entspricht, die entsprechende Fläche (*al Saṭh al mukâfi'*). Ist der Hohlraum [II] kleiner als die Grenze des *Takâfu'*, so sinkt er im Wasser unter; ist er größer, so schwimmt er auf ihm, infolge der Luftkraft im Hohlraum [I]. Die Grenze (Grenzwert) des *Takâfu'* beim sinkenden Körper ergibt sich daraus, daß das Gewicht (G_1) des Wassers des Hohlraumes (I) gleich ist dem Überschuß des Gewichtes (P) des sinkenden Körpers über das Gewicht G_2 des Wassers des ihm an Volumen gleichen Körpers (*al Maṯl*)[5]). Dieser

1) Der Text drückt dies ein klein wenig anders aus.

2) Wir unterscheiden einen Hohlraum I, es ist der von der Innenfläche des ausgehöhlten Körpers umschlossene, und einen Hohlraum II, es ist der von der Außenfläche des ausgehöhlten Körpers eingeschlossene.

3) Wie bei Archimedes wird nur von einem Eintauchen bis zur Oberfläche, nicht aber von einem Schweben in der Flüssigkeit gesprochen.

4) In diesem Fall ist der Auftrieb A gleich dem Gewicht des Körpers, der Körper sinkt bis an die Oberfläche ein. Stillschweigend ist vorausgesetzt, daß der hohle Körper oben durch eine ebene Fläche begrenzt ist und senkrecht zu dieser sinkt.

5) Das Gewicht des verdrängten Wassers bei vollkommenem Eintauchen ist gleich dem Gewichte des Wassers im Hohlraum I G_1 plus dem

Hohlraum entspricht ihm [dem Wasser] und schwimmt auf ihm. Verkleinern wir den Hohlraum gegenüber dieser Größe, so sinkt er im Wasser unter und vergrößern wir ihn, so schwimmt er. Die Bestimmung der Größe des *Takâfu,* falls der Hohlraum vergrößert wird (d. h. wenn er über die Wasserfläche hervorragt), ergibt sich durch Subtraktion des Gewichtes des Körpers P von dem Gewicht (G_3) des Wassers des Hohlraumes[1]). Der Rest ist das Gewicht des Wassers, durch das das *Takâfu'* erreicht wird.

Wird der Körper (*al matlî*) (ein Körper mit gleichem spezifischen Gewicht wie das Wasser) hohl gemacht, so schwimmt er auf ihm, wie groß er auch sein mag. Füllt man den Hohlraum ganz mit Wasser, so entsprechen sich ihre Flächen (des Wassers innen und außen); dies ändert sich auch nicht bei Vergrößerung und Verkleinerung des Hohlraumes.

Füllt man den Hohlraum des schwimmenden und nicht untersinkenden Körpers (d. h. des Körpers mit kleinerem spezifischen Gewicht als das Wasser) mit Wasser, so erhebt sich die Wasserfläche innen höher als außen, entsprechend der Größe der Luftkraft in ihm; die drei Flächen [d. h. die des inneren Wassers, des äußeren Wassers und des Randes] fallen nicht zusammen, es sei denn, daß man noch Gewichte von außen auflegt.

Fasl 3. Über das Untersinken infolge von Gewichten. Verhalten der Gewichte, welche in den Hohlraum oder auf den massiven schwimmenden Körper gelegt werden, mit Rücksicht auf die Vorschrift für das Eintreten des Wassers in seine Höhlung. Denn wenn bei dem untersinkenden Körper das Gewicht über die Grenze des *Takâfu* erhöht wird, so geht das Volumen unter und ebenso ist es bei der Höhlung des *Matlî*, wenn das Gewicht über das Maß des Gewichtes des Wassers, das seinen Hohlraum ausfüllt, steigt, dann geht er ebenfalls unter. Bei dem schwimmenden Körper, wie bei dem Schiff fallen die [obenerwähnten] Flächen zusammen, wenn das Gewicht gleich dem Gewicht des Wassers, das den Hohlraum füllt und der Luftkraft (Auftrieb des massiven Teiles des Schiffes) zusammen ist, dann haben wir das *Takâfu'*.

Vermehrt man das Gewicht über diese Grenze hinaus, so sinkt das Schiff zu Boden. Ebenso lautet die Vorschrift für den schwimmenden massiven Körper, wenn man das Gewicht seines Zusatzgewichtes (*'Ilâwa*) vermehrt. Verbindet man mit dem untersinkenden massiven Körper einen schwimmenden, dessen Luftkraft gleich der Kraft des Herabsinkens ist, so werden beide gleichsam zum Körper *al matlî*, so daß sie im Wasser eintauchen und schweben (? entsprechen) und nicht zum Grunde sinken; überwiegt eine der beiden Seiten, so tritt das, was wir berichtet haben, ein.

Vollendet sind die Prämissen über die Schwere und Leichtigkeit.

Gewichte G_2 Wassers, das mit dem Körper ohne Hohlraum volumengleich ist; ist daher $P = G_1 + G_2$, so taucht der Körper vollständig ein d. h. es muß sein $G_1 = P - G_2$.

[1]) Das Wasser des Hohlraumes bezieht sich wohl auf den Hohlraum II; dann ist in der Tat $G_3 - P$ gleich Auftrieb. Bringt man in den Hohlraum ein Gewicht $G_3 - P$, so sinkt der Körper bis zu seiner Oberfläche ein.

2. Über die Hebelgesetze und die Konstruktion der Schnellwage (*Qarasṭûn* oder *Qabbân*).

Eine Reihe der hierhergehörigen Sätze sind teils nach Khanikoff, teils nach mir selbst von Herrn Ibel mitgeteilt. Das Folgende enthält eine Ergänzung.

Zweite *Maqâla*.

Über die Verschiedenheit der Ursachen des Gewichtes (*Wazn*) und über die Herstellung der Wage (*Mizân*), der Schnellwage (*Qabbân*)[1], der Zeichen (*Raqm*) auf dem Wagebalken und der *Bâb*[2]). Diese *Maqâla* zerfällt in zwei Teile.

Teil (*Qism*) 1. Er bildet ein besonderes Kapitel über die Eigenschaft und Verschiedenheit des Gewichtes (*Wazn*) von *Ṯâbit Ibn Qurra*[3]).

Es sagt *Ṯâbit Ibn Qurra*, daß die Sache des Gewichtes und, wie es im Gleichgewicht ist, falls es im Gleichgewicht ist, und die Ursachen, welche seine Verschiedenheit bedingen, falls es verschieden ist, einen Gegenstand bildet für das Nachdenken und für die Verwunderung über die große Zahl von hierhergehörigen Seltsamkeiten und schwer verständlichen Punkten. Das kommt daher, weil bei der Sache mit dem Gewicht und bei dem Äquilibrieren (*Taqâwîm*) der Körper gegeneinander sich Dinge finden, deren Ursachen verborgen sind, wobei Offenkundiges verworfen wird[4]). Ich beschäftigte mich damit, bis ich, wenn ich die Sache prüfte, die Richtigkeit als wahr erfand. So bei der Sache mit dem *Qarasṭûn*, der zu den allgemein bekannten Dingen gehört. Sagt einer zu einem anderen, der es nicht gesehen hat, daß, wenn man am einen Ende dieses Instrumentes einen Körper von kleinem Gewicht aufhängt, es einen Körper mit großem Gewicht [am anderen Ende] äquilibriert, so leugnet er dies zwar nicht [ohne weiteres] ab; nimmt es aber auch nicht an, ehe er es nicht geprüft hat. Hat er es aber geprüft, so findet er es als wahr und richtig und dann verläßt sich seine Seele darauf und nimmt es an und wendet sich von der Verwerfung zur Verwunderung.

Ich will nun schildern, welche Umstände dabei eintreten und wie sich dabei die Gewichte unterscheiden bei Dingen, die an Schwere gleich

---

[1]) Unser Text schreibt *Qaffân*; wir benutzen aber, wie meist üblich, die Schreibweise *Qabbân* (vgl. Ibel).

[2]) Der *Bâb* ist hier ein Teil der Schnellwage. Nach einer gütigen Mitteilung von Herrn Dr. Prüfer in Kairo ist es die Meßeinteilung auf dem *Qabbân*, wie sie z. B. weiter unten geschildert ist. Die modernen *Qabbân* haben zwei, manchmal auch drei *Bâb* für verschiedene Empfindlichkeiten s. w. u.

[3]) Es hängen manche der Ausführungen mit denjenigen in der Schrift über den *Qarasṭûn* zusammen.

[4]) Es bezieht sich das auf den Satz, daß einer, der nichts davon weiß, eventuell den Satz, daß kleinere Gewichte großen das Gleichgewicht halten, verwirft.

sind, und wie sie gleich sind bei Dingen, die an Schwere verschieden sind und wann dies eintritt und infolge welcher naheliegender Ursachen, welche man prüfen und auf welche der Augenzeuge, der ihre Richtigkeit kennen lernt, stoßen kann.

Die entfernten und abliegenden Ursachen, die hierfür [zum Verständnis] unerläßlich sind, gehören zu dem, was nur der versteht, der in der Geometrie und der Naturwissenschaft ernstlich nachdenkt. Ich habe mich aber in dieser meiner Rede (*Kalâm*) ihrer Erwähnung enthalten; ich habe als Beginn und Anfang meiner Rede die Beschreibung der Sachlage bei den gebräuchlichen (*musta'mal*) Wagen genommen, nur habe ich hierzu hinzugefügt einen Bericht über die Bedingungen, die man dabei beobachten muß [um richtige Resultate zu erhalten]. Ich habe eine Beschreibung gegeben, die zu den verborgenen Dingen hinführt und mit Sehnsucht nach ihnen erfüllt, den Dingen, deren Darstellung ich mir vorgenommen habe.

Wir sagen: Vollkommen klar ist folgendes: Jeder gerade Balken von gleichmäßiger Dicke, der durchweg aus derselben Substanz ist, ist in all seinen Teilen von gleichem Gewicht; teilt man ihn in zwei Hälften und bringt an der Halbierungsstelle eine Achse an oder hängt man ihn an dem Halbierungsort an einem Aufhängsel an oder bringt man unter ihm eine Stütze an, so ist der Balken im Gleichgewicht und verharrt im Gleichgewicht; er neigt sich nicht nach einer der Seiten. Hängt man in diesem Fall an seinen beiden Enden zwei gleiche Gewichte an, so ist der Balken wiederum im Gleichgewicht und neigt sich nicht; hängt man die beiden Gegenstände in kleinerem Abstande als die Enden sind, aber doch in gleichen Abständen von der Mitte auf, so ist der Balken im Gleichgewicht, falls die Gegenstände gleich schwer sind. Ist der eine schwerer als der andere, so neigt sich der Balken nach der Seite des schwereren Gegenstandes. Die Sache verhält sich also so, wie wir beschrieben haben. Und das, was wir gesagt, ändert sich nicht, wenn wir nur die Wage und all jenes [die Gegenstände] so anbringen, daß alle beiden Seiten der Wage sich in der Luft befinden, oder im Wasser, oder in einer anderen ihrer Natur nach einzigen Flüssigkeit, wenn sie auch nicht Wasser ist. Es müssen die Schalen der Wage, ihre Aufhängsel, ferner die zu wägenden Gegenstände und die Gewichte (*Sanga*) u. s. w. sein, mit denen gewogen wird, von ein und derselben Substanz, wie Eisen oder Kupfer oder was diesem ähnlich ist. Wenn aber eine von den Bedingungen, welche wir aufgestellt haben, nicht vollkommen erfüllt ist, so ist das Gewicht in einem Fall verschieden, wenn es in einem anderen gleich ist. Von den Dingen, welche wir aufgestellt haben, sind einige an sich klar, allgemein bekannt und keiner Prüfung bedürftig, wie unser Satz, daß beide Seiten des Balkens und die Wage von gleicher Dicke und gleicher Substanz sein müssen; andere bedürfen einer Erläuterung; deren sind es vier: 1. Unser Satz, daß beide Seiten des Balkens gleichartig in der Luft oder im Wasser oder in ein und derselben Flüssigkeit sind. 2. Daß beide Seiten und was sich in ihnen [den Schalen] von schweren Körpern befindet, von derselben Substanz sind. 3. Daß der Ort der Achse und der Aufhängung des Balkens gerade in der Mitte des Wagbalkens sich befindet, so daß die Länge dessen gleich ist, was sich zu beiden Seiten von ihr befindet. 4. Daß der Balken gerade und nicht gekrümmt ist. Wenn wir irgend etwas von diesen Bedingungen ändern (nicht erfüllen), so ändern wir etwas in der Sache der Wägung unter irgendwelchen Umständen (Versuchsbedingungen).

Faṣl 1. Deshalb haben wir auf diese erste Bedingung und ihre Definition besonderen Fleiß verwendet. Wir richten die Wage so in der Luft her, daß sie im Gleichgewicht ist, dann senken wir eine der Schalen in das Wasser, so daß sie in dasselbe untergetaucht ist und lassen sie frei, während die andere sich in der Luft aufgehängt befindet, dann sinkt die Schale in der Luft. Ferner wenn wir eine der Schalen in das Wasser setzen und die andere in Fett (*Duhn*) oder Öl (*Zait*) und wir sie frei lassen, so sinkt die Schale im *Duhn* oder *Zait*; setzt man die eine in Wasser und die andere in Traubensaft (*Ṭilâ*, Wein) oder *Murrî* (eine Art Bitterwasser), so senkt sich die im Wasser befindliche. Allgemein, falls die beiden Seiten und die beiden gewogenen Dinge, die sich gegenüberstehen, von derselben Substanz sind und die Wage durch sie in der Luft im Gleichgewicht ist und man dann die beiden Schalen samt ihrem Inhalt in zwei Gegenstände (Medien) bringt, von denen der eine leichter ist als der andere, wie in die Luft und eine Flüssigkeit oder in zwei verschiedene Flüssigkeiten, so sinkt die Schale, welche sich in dem leichten Medium befindet. Der Grund hierfür ist, daß das Gewicht eines jeden Körpers im Wasser leichter ist als in der Luft und daß ein Körper in einer schwereren Flüssigkeit leichter ist als in einer anderen. Taucht man beide Schalen in dasselbe Wasser oder in ein und dieselbe andere Flüssigkeit, so ist die Wage horizontal und im Gleichgewicht, wie dies in der Luft der Fall ist, falls die beiden gewogenen Dinge von gleicher Substanz sind.

Wegen dieser Ursachen, welche wir als die erste der vier Bedingungen aufgestellt haben, sagen wir, daß beide Seiten gleichzeitig in der Luft sein müssen oder in ein und demselben Medium, dessen Teile gleich sind.

Faṣl 2. Wenn immer wir dies getan haben, so kann doch die zweite Bedingung nicht erfüllt sein, so wenn wir in die eine Schale eine Substanz legen, die von derjenigen in der anderen verschieden ist. Es ist z. B. in der einen Gold, in der anderen Eisen- oder Kupfergewichte oder es sind die beiden Schalen aus verschiedener Substanz und in der Luft sind ihre Gewichte im Gleichgewicht. Taucht man beide Schalen in das Wasser, so sinkt in diesem Fall eine der beiden Seiten. Es ist die Seite, auf der sich das Gold befindet; es tritt nicht eher Gleichgewicht ein, bevor man nicht die Gewichtsstücke vermehrt hat. Hebt man nach der Herstellung des Gleichgewichtes die Wage aus dem Wasser, so sinken die Gewichtsstücke gegenüber dem Gold. Dasselbe tritt ebenso ein, wenn der gewogene Gegenstand Silber und die Gewichtsstücke Kupfer sind. Sind ferner die Gewichtsstücke aus Eisen und der gewogene Gegenstand Stein oder Kiesel (*Ḥaṣan*) und sind sie in der Luft im Gleichgewicht und bringt man sie in Wasser, so sinkt die Seite, auf der sich die Gewichtsstücke befinden.

Allgemein sind die Gewichte in der Luft von zwei Gegenständen im Gleichgewicht, von denen der eine von leichterer Substanz als der andere ist und bringen wir sie in Wasser, so sinkt derjenige, dessen Substanz die schwerere ist. Sind die Gewichte im Wasser gleich und bringen wir [die beiden Substanzen] in die Luft, so sinkt derjenige, dessen Substanz die leichtere ist. Und ebenso, wenn man die Übertragung vornimmt aus einer [schwereren] Flüssigkeit in eine leichtere, wie aus Wasser in Öl. Überträgt man sie [die Wage] aus einer leichteren in eine schwerere, dann ereignet sich das zuerst angeführte.

Aus dem, was wir angeführt, wissen wir, daß es möglich ist, daß, wenn eines von zwei Dingen, die sich in der Luft befinden, schwerer ist, es dann, wenn beide in das Wasser gesenkt werden, das Gleichgewicht herstellt oder leichter und geringer wird. Die Ursache für alle die Dinge, die wir zuletzt erörtert haben, kommt darauf zurück, daß, wenn von zwei Körpern der eine Körper [in seiner Substanz] schwerer ist als der andere, er im Wasser schwerer ist als der andere, vorausgesetzt, daß er in der Luft dasselbe Gewicht hat. Da nun das Gold und Silber schwerer ist in der Substanz als das Kupfer und das Eisen schwerer als der Stein und der Kieselstein, so ergibt sich das, was wir aufgestellt haben. In derselben Weise verstehen wir die Sache bei dem, was sich bei den Gewichten in den übrigen Flüssigkeiten und Substanzen ereignet. Wir haben nun berichtet, was die Nichterfüllung zweier der von uns aufgestellten Bedingungen hervorrufen kann.

Faṣl 3. Wir wollen jetzt darlegen, was geschieht, wenn die dritte Bedingung nicht erfüllt ist; sie besteht darin, daß der Balken der Wage in der Mitte aufgehängt ist und sich die Achse in seiner Mitte befindet.

Wir sagen, daß, wenn dies nicht erfüllt ist und einer der Gegenstände näher an der Mitte als sein Genosse ist, während die Sache nach den übrigen Richtungen (d. h. die anderen Bedingungen erfüllt sind) im gleichen ist, so unterscheidet sich das Gewicht und es sinkt der Gegenstand, für den der Aufhängeort oder die Achse weiter absteht, vorausgesetzt, daß die beiden Gegenstände dasselbe Gewicht haben. Hängt man die Achse in der Mitte auf und hängen wir nicht die beiden Gewichte an den Enden des Balkens auf; hängt man z. B. das eine am Ende auf und das andere in der Hälfte (bei P) zwischen dem Ende und der Mitte auf der anderen Seite auf, so tritt nicht eher Gleichgewicht ein, ehe man nicht an ihm (P) das Doppelte von dem aufhängt, was an dem anderen Ende hängt. Hängt man das eine an das Ende und das andere in $^1/_3$ des Abstandes (bei P_1) von Ende und Mitte, so tritt erst Gleichgewicht ein, wenn man bei P_1 dreimal das Gewicht auflegt, das sich am Ende befindet. Entsprechend dieser Art der Rechnung können die Menschen rechnend vorgehen, so daß sie für jeden Ort des Balkens wissen, wie viel man an ihm aufhängen muß, so daß es dem, was auf der anderen Seite aufgehängt ist, das Gleichgewicht hält.

Die Ursache für all dieses ist der Abstand und die Nähe von der Mitte. Es ist stets nötig, daß an ihm etwas aufgehängt wird, dessen Verhältnis (*Qadr min*) zu seinem Genossen, wenn es berechnet wird, gleich ist dem Verhältnis (*Qadr*) des Abstandes seines Genossen von der Mitte zu seinem eigenen Abstand von der Mitte.

So verhält sich die Sache mit dem *Qabbân* und anderen Vorrichtungen, die eine Achse haben, um die sie sich drehen. Wir haben nun die Sache von der dritten Bedingung berichtet.

Fasl 4[1]). Über die vierte Bedingung. Wenn sie nicht erfüllt ist, nämlich, daß der Balken gerade und gleichmäßig ist, so ereignet sich, was ich beschreiben werde. Es sei der Balken von einem Ende bis zum anderen gleichmäßig, dann bringt man an dessen einem Ende eine Biegung im rechten Winkel an (wir setzen einen Stab an ihm an), genau nach oben oder nach unten oder nach irgendeiner anderen Seite, wie etwas, das sich dreht[2]), nur darf die Biegung[3]) sich nicht nach der Mitte oder von der Mitte fortneigen; dann hängen wir an dem Ende der Biegung den Gegenstand, der gewogen wird, auf. Dann bleibt das Gewicht in demselben Zustand, wie wenn es an dem geraden Balken aufgehängt wird und ändert sich nicht, wenn man mit ihm das Gewicht des umgebogenen Stückes in Rechnung zieht. Neigt sich das umgebogene Stück nach der Mitte, so wird das an ihm aufgehängte geringer (vermindert), und wenn es von der Mitte fort sich neigt, so wird das an ihr aufgehängte schwerer (übertreffender).

Ferner: Falls der Balken in der Mitte aufgehängt ist, wobei in der Mitte ein Knick[4]) wie ein Winkel sich befindet und stellen wir eine der Hälften horizontal; wird ferner die andere ins Gleichgewicht gebracht und umgebogen nach der Seite oder nach oben oder nach unten, dann ist das Ding, welches an dem Ende der Seite aufgehängt ist, die ich gleichmäßig (horizontal gestellt) gemacht habe, schwerer als das, welches auf die andere Seite gehängt ist. Wie viel aber dann aufgehängt werden muß, damit Gleichgewicht eintritt, das wird nach einer Methode berechnet und ermittelt, welche wir nicht an diesem Ort zu beschreiben brauchen.

Die Verschiedenheiten (Abweichungen von den Bedingungen), die wir festgesetzt haben, können unter zwei Gesichtspunkten zusammengefaßt werden, der eine bedingt eine Verminderung, der andere eine Vermehrung [des das Gleichgewicht haltenden Gewichtes], so daß Gleich-

---

[1]) Dieses Problem ist sehr eingehend von *Ṯâbit Ibn Qurra* auch in seiner Schrift über den *Qarasṭûn* behandelt worden (vgl. Ibel a. a. O. S. 92), auch in der Schrift des Euklid über die Wage (a. a. O. S. 33) finden sich derartige Ausführungen.

[2]) Gemeint ist der Stab, der einen zum Balken senkrecht stehenden Kreis beschreibt.

[3]) Unter Biegung ist hier im allgemeinen ein unter einem Winkel an den ursprünglichen Balken angesetzter Arm zu verstehen.

[4]) Es wird eine Art Winkelhebel besprochen.

gewicht vorhanden ist. Ist z. B. die eine Seite des Balkens kürzer als die andere, so bedarf es bei jenem einer Verminderung (damit Gleichgewicht eintritt); ist die kürzere Seite horizontal und im Gleichgewicht und die andere gekrümmt, so muß für die kürzere ein Sinken eintreten, das gleich jener Verminderung ist, so daß Gleichgewicht eintritt[1]).

Und dieses bringt das Erfassen nahe und erleichtert das Verständnis auf Grund dieses Kapitels; es führt zu zahlreichen Dingen, die feiner und sinnreicher als dieses sind, das gehört aber zu dem, was ich nicht beabsichtige [vorzubringen], da es sich zu weit ausdehnt.

Faṣl 5. Beschreiben zwei sich bewegende Körper in gleichen Zeiten zwei Strecken, so ist das Verhältnis der einen Strecke zu der anderen, wie die bewegende Kraft auf der Bezugstrecke zu der anderen bewegenden Kraft. Dies ist die Prämisse, die an sich klare, die [allgemein] akzeptierte. Vollendet ist die Abhandlung von *Ṯâbit*[2]).

Der folgende Abschnitt gibt uns in trefflicher Weise einen Einblick in das theoretische Denken und das experimentelle Vorgehen der Muslime.

Teil 2. Über die Schwerpunkte und die Herstellung der Schnellwage (*Qabbân*) von *Muẓaffar al Asfizârî*[3]) in vier Kapiteln.

Bâb 1: Über die Erläuterung der Prämissen von den Schwerpunkten.

Jeder schwere Körper strebt als Ziel einem einzigen Punkt der Welt zu[4]), es ist der Mittelpunkt des All, solange ihn kein Hindernis hindert, so daß er durch dasselbe gehemmt wird und sich auf dasselbe stützt. Hat dieser Körper, dessen Bahn frei ist, den Mittelpunkt des All erreicht, so daß er mit seinem eigenen Mittelpunkt den Mittelpunkt der Welt berührt, und drückt ihn dann ein anderer Körper, so muß jeder von beiden den Mittelpunkt des All erstreben; daß sie aber beide zusammen dorthin gelangen, wird durch die Unmöglichkeit, daß die Körper ineinander eindringen, verhindert. Strebt der eine von ihnen nach dem Ort, von dem der andere ihn abhält, hält der erstere den zweiten von dem Ort ab, den er seiner Natur nach erstrebt, so entsteht infolge ihrer Naturen zwischen ihnen ein gegenseitiges Hindern, von dem man sich nicht vorstellen kann, daß man es fortschafft, da es von ihrer Natur ausgeht. Gesellt sich einer dieser beiden schweren Körper zu dem anderen, und stützt er sich auf ihn (d. h. berührt er ihn fest), so werden beide zusammen durch die Vereinigung ein einziger schwerer Körper, der einen Schwerpunkt hat:

---

[1]) Hier scheint der Text nicht ganz in Ordnung zu sein.

[2]) Dies ist ein in der Schrift über den *Qarasṭûn* aufgestellter Satz.

[3]) *Asifizâr* oder *Asfuzâr* ist nach *Jâqût* (Bd. 1 S. 248) eine Stadt in *Segistân* nach der Seite von *Herât*. *Jâqût* lobt in überschwänglicher Weise die geistigen und moralischen Eigenschaften ihrer Bewohner.

[4]) Eine große Anzahl von Sätzen über den Schwerpunkt und Betrachtungen, die mit den folgenden sich berühren, sind nach anderen Abschnitten von *al Châzinis* Werk bei Ibel zu finden.

dieser durch die Vereinigung entstehende Schwerpunkt strebt nach dem Mittelpunkt des All und nimmt ihn in Besitz. Dabei entfernen sich die den beiden Körpern eigentümlichen Schwerpunkte von dem Mittelpunkt des All. Dabei sind die Abstände von letzterem so beschaffen, daß das Verhältnis der beiden Abstände umgekehrt proportional den Gewichten der Körper ist. Das Bestehen dieser umgekehrten Proportion ist allein die Ursache für die Ruhe der beiden Körper; denn der Schwerpunkt eines jeden der beiden schweren Körper erstrebt nur den Mittelpunkt des All entsprechend seiner Kraft (*Quwwa*), und dem Überschuß der Kraft des schwereren über die Kraft des leichteren entspricht der Abstand des leichteren von dem Mittelpunkt, nach dem er strebt. —

Hieran anschließend wird nun ganz kurz die Frage aufgeworfen, ob die Berührung, die Stelle der Verbindung ein natürlicher Ort oder ein einziger Punkt ist, und wem dieser Punkt entspreche. Diese Frage wird aber nicht behandelt, sondern mit den Worten abgetan:

Das gehört zu einer Wahrheit (*Ḥaqq*), die nicht an diesen Platz (des Buches) gehört, ja zu einer Wahrheit, die nicht zu dieser Kunst (der Konstruktion der Wagen) gehört. Und vielleicht ist das Beginnen damit und das Forschen danach von seiten der Kunst wichtiger und trefflicher als das, was wir vorher auseinandergesetzt haben. Wir lassen es für einen Ort, der dessen würdiger ist, und wollen nicht die geordnete Darstellung durch einen Bericht darüber unterbrechen.

Nun fährt *al Muẓaffar* folgendermaßen fort, um zu begründen, warum er Versuche zur Erläuterung seiner Ansicht angestellt hat:

Es ist nun aber möglich, daß diese *Maqâla* in die Hände eines kommt, der nicht an mathematische Schlüsse gewöhnt ist, so daß er als etwas Entferntes (Fernliegendes) das findet, was wir gesagt haben über das Verschwindenlassen der Welt in der Vorstellung und den Kunstgriff [der Annahme] der beiden Körper in dem leeren Raum (*Faḍâ*), wo es keinen Einwohner (kein lebendes Wesen) gibt, falls er nämlich nicht gewöhnt ist, von dem Realen zu abstrahieren und das Irreale zu ersinnen, so daß es ihm zu schwer ist, es sich vorzustellen und zu ihm zu gelangen. Da ist es unsere Absicht die Allgemeinheit des Nutzens und das Umfassen des Vorteiles zu erzielen, indem wir ihm ein sinnfälliges (fühlbares) Beispiel vorlegen, durch das er das Wesen (*Quidität*) dessen erfährt, was gesagt worden ist, so daß er das kennen lernt, dessen Darlegung beabsichtigt ist.

Dazu nehmen wir eine hohle Kugelfläche, die gleichförmig ist; es ist dies ähnlich der inneren Fläche einer Tasse (*Fingâna*), wenn ihre Rundung sorgfältig hergestellt ist oder eines anderen hohlen Gefäßes entsprechend unserer Voraussetzung. Von dem Mittelpunkt der Welt zieht man nach dem Mittelpunkt (der Tasse) einen allgemeinen Pfeil und läßt in ihr zwei runde Körper rollen, sei es nun zugleich oder so, daß sie einander zuvorzukommen suchen, dann sieht man augenfällig das, was wir gesagt haben: nämlich falls ein einziger Körper vorhanden ist, daß sein Mittelpunkt nach dem Schwerpunkt (dem untersten Punkt) der Schale (*Ṭâs*) eilt, falls seine Bewegung in ihm frei ist, und daß er mit seinem Mittelpunkt von dem Mittelpunkt der Tasse fortgestoßen wird, falls er von seinem Genossen bedrängt wird. Rollt in ihr nur ein Körper, so findet man im Ruhezustand seinen Schwerpunkt auf dem Pfeil, der durch den Mittelpunkt der Schale geht, so lange seine Bahn frei ist.

Das ·Bild[1]) der drei Schalen ist das folgende: [d. h. wenn man eine Kugel, zwei gleiche und zwei verschiedene Kugeln hat]

Rollen in ihr zwei gleiche schwere Körper, so erstrebt ein jeder von ihnen den Pfeil mit seinem Mittelpunkt und stößt den Mittelpunkt seines Gefährten. Der Berührungspunkt liegt auf dem Pfeil, und der Abstand der beiden Schwerpunkte entspricht dem halben Durchmesser eines jeden von ihnen. Dies ist der Fall, weil der Schwerpunkt, der infolge der Vereinigung der beiden schweren Körper entsteht, die Verbindungslinie ihrer Mittelpunkte in zwei gleiche Teile teilt entsprechend dem umgekehrten Verhältnis [der gleichen Gewichte], wie wir das ausgeführt haben[2]).

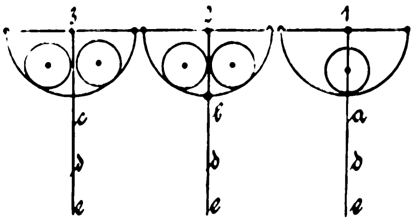

Fig. 1.

Es steht bei 1: die erste, bei 2: die zweite, bei 3: die dritte, bei a: in ihr ist ein Gewicht, bei b: in ihr sind zwei gleiche Gewichte, bei c: in ihr sind zwei verschiedene Gewichte, bei d: der Pfeil, bei e: Mittelpunkt der Welt.

Sind die beiden Körper verschieden groß, so stößt der Mittelpunkt eines jeden von beiden den andern von dem Pfeil entsprechend seinem Gewicht fort. Die Verbindungslinie zwischen den beiden Mittelpunkten der schweren Körper wird [durch den Berührungspunkt] im umgekehrten Verhältnis geteilt, denn das Verhältnis von Gewicht zu Gewicht ist wie das umgekehrte von Abstand zu Abstand. Die beiden Körper bewegen sich so lange, bis dieses reziproke Verhältnis erreicht ist.

Diese Art des Schneidens [der Verbindungslinie durch den Pfeil] entspricht der früher aufgestellten Bedingung.

Fasl [ohne Nummer]. Will einer von der Ausführung dieses Beispieles nichts wissen, so kann er von der Richtigkeit dessen, was wir gesagt, sich noch in anderer Weise mit seinen eigenen Augen überzeugen. Wir nehmen in der Luft einen Punkt an und ziehen zu ihm den Pfeil und ziehen in bezug auf ihn [den Punkt] eine Horizontalebene. Jeder schwere Körper, der bei dem Punkt in der Luft frei losgelassen wird, bewegt sich längs des Pfeiles und bleibt an dem Fußpunkt des Lotes auf der horizontalen

---

[1]) Wir geben die Figuren nach der Handschrift; sie entsprechen aber nicht ganz dem Text.

[2]) In früheren Kapiteln ist das eingehend behandelt (vgl. Dissertation von Ibel).

Ebene [liegen]. Läßt man irgendeinen schweren Körper von dem Luftpunkt herabhängen, so kommt er nur zur Ruhe, wenn sein Schwerpunkt auf den Pfeil gelangt, sonst bewegt er sich ständig in dem leeren Raum der Luft. In diesem Fall also findet man stets den Schwerpunkt, der an dem Luftpunkt aufgehängten Gegenstände auf dem Pfeil, so lange sie kein Hindernis daran hindert. Der Abstand eines jeden Schwerpunktes [vom Aufhängepunkt] ist gleich dem halben Durchmesser vermehrt um die Länge des Fadens der Aufhängung. Hier ist die Gestalt der schweren Körper [als] eine Kugel [angenommen], weil hierin für die Vorstellung eine Erleichterung liegt.

Hängen wir von dem Punkt aus zwei gleiche schwere Körper, so stößt jeder der beiden Mittelpunkte denjenigen seines Genossen von dem Pfeil fort entsprechend seiner Kraft. Zwischen ihnen entsteht ein Drängen, der Berührungspunkt kommt auf dem Pfeil in Ruhe, er ist der Schwerpunkt der Vereinigung der beiden Körper. Die Mittelpunkte der beiden schweren Körper haben von dem Schwerpunkt des Ganzen Abstände, die umgekehrt proportional sind dem Verhältnis [der Gewichte] der beiden schweren Körper. Machen wir die beiden Körper gleich, so sind die beiden Abstände vom Pfeil gleich. Machen wir die beiden Körper aus verschiedenen Substanzen, so drückt jeder von ihnen seinen Genossen und verhindert ihn, auf dem Pfeil zur Ruhe zu gelangen; für ihre Vereinigung ergibt sich ein Schwerpunkt, der auf dem Pfeil zur Ruhe kommt. Dabei ist das Verhältnis des Abstandes des Mittelpunktes des leichteren von ihnen zu dem Abstand des Mittelpunktes des schwereren wie das Verhältnis des größeren Körpers zu dem leichteren Körper. Das ist die umgekehrte Proportionalität.

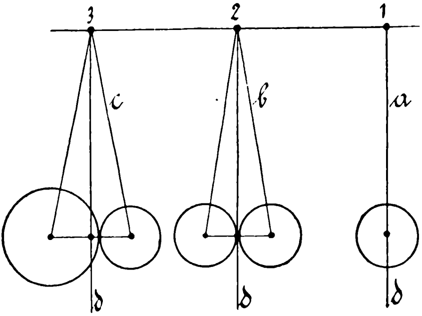

Fig. 2.

Es steht bei 1: das erste, bei 2: das zweite, bei 3: das dritte, bei a: ein Gewicht, bei b: zwei Gewichte, bei c: zwei verschiedene Gewichte, bei d: der Pfeil.

Wir haben diese Einleitung nur auseinandergesetzt, weil sie gleichsam die Basis für alles folgende (?) [1]) und die Mutter des Beginns darin ist. Und alles, worauf man sich hiernach in der Angelegenheit des *Qabbân* verlegt, gehört entweder zu dieser feineren Betrachtung oder ist aus ihr zutage gefördert und auf ihr aufgebaut.

Zweites *Bâb.*

Bâb 2: Es handelt von den einleitenden Bemerkungen über die Horizontalität des Wagbalkens. Zu den ersten Dingen, die in dieser Kunst angenommen werden, gehört: Hängt man irgendeinen Balken an

[1]) Der Text ist hier nicht ganz korrekt.

einem Punkt, der die Mitte des Balkens ist, auf, und bringt man in gleichen Abständen von dem Aufhängeort gleiche Gewichte an, so ist der Balken horizontal. Sind die beiden Gewichte bei gleichen Abständen von dem Aufhängeort aber verschieden, so sinkt das größere Gewicht und nähert sich der Horizontalebene, das kleinere Gewicht entfernt sich von der Horizontalebene um jene Größe zwangsweise. Durch ihre (der beiden Gewichte) Bewegungen entstehen zwei gleiche Sektoren und Bogen. Das schwerere sinkt nur herab, weil es von den beiden Beträgen den schwereren besitzt; die Schwere ist aber das, was das Sinken nach sich zieht, und deshalb zieht das schwerere [das Sinken] nach sich. — Machen wir die beiden Gewichte gleich, und bringen wir den Aufhängeort an einer anderen Stelle an, als in der Mitte, so sinkt das von dem Aufhängeort entferntere Gewicht und nähert sich der Erde in einer Bewegung auf einem Bogen; und es bewegt das dem Aufhängeort Nähere, so daß dieses sich notwendigerweise nach oben auf einen Bogen bewegt. Durch ihre Bewegungen werden zwei ähnliche Sektoren beschrieben; jeder Bogen entsteht durch ihren Kreis, und der Radius eines jeden Kreises entspricht dem Abstand des Gewichtes von dem Aufhängeort. Der Bogen des größeren Abstandes ist größer, während die Gewichte gleich sind; die natürliche Bewegung resultiert aber nur wegen ihrer Größen.

Der Balken wird horizontal, wenn man das Gewicht mit dem kleineren Abstand um so viel vermehrt, daß das Verhältnis des näheren Gewichtes samt dem Zusatzgewicht zu dem Gewicht des entfernteren Gewichtes gleich ist dem Verhältnis des Bogens, den das entferntere Gewicht beschreibt zu demjenigen, welchen das nähere beschreibt. Der Überschuß des entfernteren Bogens über den näheren bedingt das Übergewicht des entfernteren Gewichtes, und der Überschuß des näheren Gewichtes mit dem Zusatzgewicht über das entferntere Gewicht bedingt das Übergewicht des näheren Gewichtes. Wir kommen auf zwei voneinander unabhängige Auskunftsmittel (genügende Gründe für die Erscheinung), von denen ein jedes das Übergewicht bedingt, es sind das das Gewicht und der Abstand. Der Überschuß des einen von ihnen über den anderen im Gewicht ist gerade so, wie der Überschuß dieses anderen über ihn (den ersten) in der Entfernung. Die Ausgleichung zwischen diesen beiden Größen bedingt die Herstellung des Gleichgewichtes (*Muqâwama*). Nach der Ausgleichung ist der Balken horizontal.

Faṣl 2[1]). Über das Parallelsein des Wagbalkens in bezug auf die Seite. Zu den wahrnehmbaren ersten Dingen, welche in dieser Kunst angewendet werden, und aus deren Kenntnis man Nutzen zieht, gehört folgendes: Man hängt einen Balken an einem Punkt auf und an seinen Enden Gewichte, wobei der Balken horizontal bleibt; falls man dann eines der Gewichte an seinem Ort läßt, von dem anderen Ende eine senkrechte Linie zieht und das andere Gewicht an einem Punkt derselben aufhängt, so bleibt der Balken horizontal. Das ist der Fall, weil die Neigung des Gewichtes nach den beiden Seiten des Balkens infolge des

[1]) Die Überschrift des *Faṣl* 1 fehlt.

Gewichtes weder vermehrt noch vermindert wird (s. oben). Die Kraft ist nur bedingt durch die beiden Pole (Achsen *Quṭb*) der Achse (*Miḥwâr*). Wenn man deshalb diese Linie bei dem Aufhängeort zieht und hängt an ihr ein Gewicht auf, so ist es ohne Einfluß auf die Neigung des Balkens nach oben und unten, d. h. der Länge nach, es hat nur einen Einfluß in die Breite. Das möge genügen. Es kommen in Rücksicht darauf folgende Fälle vor für die Neigung nach den Seiten, nämlich nach der Länge und nach der Breite und das Gleichbleiben des Balkens in seinem Zustand[1]).

Faṣl 3. Über das Gleichgewicht der Länge nach. Siehe, ich habe diese einleitenden Bemerkungen vorausgeschickt, und wir sagen, daß jeder Balken, der nicht in der Mitte aufgehängt ist, und an dessen Enden zwei Gewichte angehängt sind, die sich umgekehrt wie die beiden Abschnitte verhalten, im Gleichgewicht ist.

Beispiel: Der Balken sei a b, der Aufhängeort g; a g sei $^1/_5$ von g b, dann ist g b fünfmal so groß als a b. An b hängen wir irgendein Gewicht auf, und wir sagen, daß a b horizontal steht, wenn wir an a ein Gewicht aufhängen, das sich zu dem Gewicht, das an b aufgehängt ist, wie b g : a g verhält, d. h. wenn dieses Gewicht gleich fünf Gewichten bei b ist.

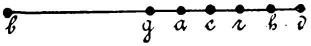

Fig. 3.

Beweis: Wir verlängern die Linie g a gradlinig bis d, es sei dann die Linie g d gleich der Linie b g, dann ist e d viermal so groß als a g, wir teilen e d in vier gleiche Teile, nämlich a e, e r, r h, h d; die fünf Teile sind alle untereinander gleich. Hängen wir den Balken b d in dem Punkt g, der ja der Mittelpunkt ist, auf, und bringen wir in d ein dem Gewicht in dem Punkt b gleiches an, so wird die Linie b d horizontal. Nähern wir dann das Gewicht d nach der Seite der Aufhängung, und bringen es bei h an, und bringen wir bei dem Punkt a, dessen Abstand vom Aufhängepunkt gleich dem Abstand d h ist, ein Gewicht an gleich dem Gewicht bei h, um das Gewicht auszugleichen, dann bleibt der Balken durch die drei Gewichte bei g a d[2]) horizontal. Nähern wir dann ein zweitesmal das Gewicht bei h dem Aufhängepunkt, bringen wir es etwa nach dem Punkt r, und hängen wir bei a ein anderes Gewicht auf, das gleich ist dem Gewicht bei r, so bleibt der Balken horizontal; das ist der Fall, weil a g und r h gleich sind. Die Gewichte, welche den Balken horizontal erhalten, sind vier, eines bei r, zwei bei a und eines bei b. Nähern wir dann das Gewicht, das sich bei r befindet, zum dritten Male dem Aufhängepunkt, und bringen wir es bei dem Punkt e an, und bringen wir bei dem Punkt a ein drittes Gewicht an, das gleich demjenigen bei e ist, so halten die fünf Gewichte, das eine bei e, die drei bei a und das eine bei b den Balken b d horizontal, da a g und r e gleich sind. Nähern wir wiederum das bei e an-

[1]) Es kann sich der Balken um eine Querachse drehen oder um eine Längsachse.

[2]) Vgl. hierzu den Satz bei Euklid (Ibel S. 34).

gebrachte Gewicht nach der Seite der Aufhängung, und bringen wir es nach dem Punkt a und legen auf den Punkt a, dessen Abstand von g dem Aufhängepunkt gleich a e ist, ein viertes Gewicht gleich demjenigen bei e, so bleibt die Säule b g horizontal, und dies ist der Fall, weil der Abstand a g gleich dem Abstand a e ist. Bei dem Punkt a resultieren fünf Gewichte, die untereinander und mit dem Gewichte b gleich sind; dabei bleibt der Balken horizontal. Wir haben also den Abstand b g fünfmal gleich dem Abstand g a gemacht, daher ist das Verhältnis des Gewichtes a zu dem Gewicht b gleich dem Verhältnis des Abstandes b g zu dem Abstand g a. Bei einer Umkehrung des Verhältnisses zwischen den Abschnitten des Balkens und der an seinen Enden aufgehängten zwei Gewichten ergibt sich die Horizontalität.

Ich sage wiederum, wird der Balken an einem beliebigen Punkt aufgehängt und an seinen Enden Gewichte angebracht, und ist dies umgekehrte Verhältnis nicht erfüllt zwischen den beiden Abschnitten des Balkens und den beiden Gewichten, so wird dieser Balken nicht horizontal, die Horizontalität ist in diesem Fall nicht möglich.

Wir wollen annehmen, es wäre dies möglich. Wir stellen den Balken horizontal, dann suchen wir einen Betrag [im Gewicht] entsprechend dem umgekehrten Verhältnis, Gewicht zu Gewicht wie Abstand zu Abstand. Legen wir diesen auf das Ende an Stelle des ersten, so wird der Balken parallel zur Horizontalen, da dies umgekehrte Verhältnis zwischen den beiden Gewichten und Abständen vorhanden ist, so daß die Kraft [Drehmoment] des Gewichtes, welches sich auf dem Ende befindet, und die Kraft desjenigen, welches wir gesucht und aufgelegt haben, im Ziehen des Balkens nach unten ein und dieselbe ist; sie sind daher untereinander gleich. Das Verhältnis des [wirklich ursprünglich vorhandenen] Gewichtes auf dem anderen Ende des Balkens zu einem von ihnen ist größer oder kleiner als sein eigenes (d. h. des neubestimmten Gewichtes) Verhältnis zu dem anderen. Dieser Unterschied [zwischen den beiden Gleichgewicht herstellenden Gewichten] ist aber nicht möglich.

Demnach also ist die Horizontalität des Balkens notwendigerweise vorhanden, falls das umgekehrte Verhältnis zwischen den beiden Abschnitten des Balkens und den an seinen Enden aufgehängten Gewichten besteht, indem dieses zugleich mit der Existenz der Horizontalität des Balkens besteht.

Faṣl 4. Über das Ausgleichgewicht (*al Mischjal*[1])). Die Reihe der logischen Schlüsse, welche wir nach geometrischer Methode (*Namaṭ*) entwickelt haben, ist nun darauf gegründet, daß der Balken eine gedachte Linie ist; es ist aber bekannt, daß eine gedachte Linie kein Gewicht hat. Mit einer solchen kann man aber nicht wägen und auch nicht an ihr zu wägende Gegenstände aufhängen. Es steht aber nicht in unserer Macht, einen Balken herzustellen, der in Wahrheit eine Linie ist, vielmehr sind

[1]) *Al Mischjal* ist das Ausgleichgewicht, das man bei einem materiellen Balken am kürzeren Ende aufhängen muß, damit er im Gleichgewicht ist, wir werden den Ausdruck „*al Mischjal*" beibehalten.

die Balken, die bei den *Qabbân* benutzt werden, schwere Körper, deren Gewicht einen Unterschuß oder einen Überschuß beim Wägen bedingt; falls nämlich der Aufhängepunkt sich nicht in ihrer Mitte befindet.

Wir wollen dies nun erläutern und einleitende Bemerkungen voranschicken, die uns den Weg dazu bahnen sollen. Irgendeine Linie werde als Balken genommen und in einem Punkte aufgehängt. 1. Dann hängt man an dem Ende des einen Abschnittes irgendein Gewicht auf und an dem andern Abschnitt zwei gleiche Gewichte, das eine am Ende und das andere an einem anderen Punkt zwischen dem Ende und dem Aufhängepunkt, und es sei dann der Balken horizontal. Ich sage, daß, wenn man die beiden gleichen Gewichte, welche auf einer Seite des Aufhängepunktes sich befinden, von ihren Lagen verschiebt und sie zusammen aufgehängt werden [an einem Punkt, der in ihrer Mitte liegt, so bleibt der Balken horizontal] [1]). 2. In derselben Weise verhält es sich, wenn eine größere Anzahl von Gewichten vorhanden ist, deren Abstände auf beiden Seiten eines Punktes (nicht des Aufhängepunktes) von diesem gleich sind. Vereinigt man alle, und hängt sie an diesem Punkt auf, so bleibt der Balken horizontal. 3. Ebenso verhält es sich, wenn man verschiedene Gewichte von den beiden Seiten zu diesem Punkte [um Strecken] entsprechend dem umgekehrten Verhältnis [ihrer Gewichte] verschiebt.

Hiermit sind die einleitenden Bemerkungen erledigt. Wir nehmen einen Balken von konstanter Dicke an, der nicht in der Mitte aufgehängt ist. Offenbar wiegt der längere Teil schwerer. Wollen wir dann das Gewicht bestimmen, das wir an dem Ende des kürzeren Teiles aufhängen müssen, um den Balken horizontal zu stellen, so bestimmen wir zunächst das Gewicht des Balkens, wie groß es auch sein mag, und ermitteln genau das Verhältnis eines der beiden Abschnitte des Balkens in (*fî*) der Länge, multiplizieren es (das Gewicht) in die Länge und dividieren das Resultat durch das Doppelte der Länge des kürzeren Abschnittes des Balkens [2]).

---

[1]) Das eingeklammerte fehlt; ist aber in dieser Weise entsprechend im folgenden und den sonst bei den Arabern benutzten Entwicklungen zu ergänzen.

[2]) In einem Zusatz zu der Schrift über den *Qarasṭûn* von *Ṯâbit Ibn Qurra* (vgl. E. Wiedemann, Archiv für die Geschichte der Naturwissenschaften, Bd. 1, Heft 3) wird für das Gewicht P_2, das an dem Ende des kürzeren Armes des Wagbalkens mit den Armen L_1 und L_2 ($L_1 > L_2$) und den Gewichten Π_1 und Π_2 aufgehängt werden muß, um Gleichgewicht herzustellen, angegeben

$$P_2 = \frac{1}{2} \frac{(L_1 + L_2)}{L_2} \cdot (\Pi_1 - \Pi_2).$$

Diese Gleichung kann man auch schreiben

$$P_2 = \frac{1}{2} \frac{\Pi_1 + \Pi_2}{L_2} \cdot (L_1 - L_2).$$

Die *Nisba fî* bedeutet hier offenbar die Differenz der beiden Längen, $\Pi_1 + \Pi_2$ ist das Gesamtgewicht des Balkens, und man erhält das im Text angegebene Resultat.

Das Ergebnis ist das Gewicht, welches am Ende des kürzeren Abschnittes aufgehängt, den Balken horizontal macht. Wir nennen es *al Mischjal*. Es gibt Leute, welche das Gewicht, das den Balken horizontal macht, nach der Beobachtung und dem Versuch aufhängen (bestimmen).

Der folgende Abschnitt enthält eine Anwendung der Hebelgesetze auf das Tragen einer Lanze am Ende, wobei die Lanze nahe am Ende auf der einen Hand (A) aufruht und mit der andern (B) am Ende umfaßt wird, so daß das lange Ende mit der Spitze nicht sinken kann. Leider ist der Schluß nicht ganz klar; vielleicht ist auch der Text verdorben.

Faṣl 5. Über das Tragen der Lanze (*Rumḥ*) am Ende und die Kraft, welche mit dem Umfassen derselben durch den, der sie trägt, verbunden ist, und über die Ursache hiervon. Wenn man die Lanze am Ende trägt, so finden sich bei der Hand des Mannes stets zwei Dinge[1]). Das eine ist die Last, entsprechend dem, was mit dem Aufhängsel des *Qabbân* verbunden ist, und das zweite ist die Kraft des sich Senkens (*Ḥaṭṭ*)[2]). Die Last wird in zwei Teile geteilt. Der eine ist die Last des Gewichtes der beiden Seiten des getragenen Körpers, und der zweite besteht darin, daß die Kraft des Sinkens überlegen ist.

Beweis dafür: Hängt man einen in zwei gleiche Teile geteilten Balken an der Halbierungsstelle auf, so ist er im Gleichgewicht. Macht man aber eine der beiden Seiten nach bekannten Methoden länger, so erhält sie ein großes Übergewicht, dies rührt nur von dem Unterschied der Teile des Balkens im Verhältnis zueinander her. Wir haben im dritten Kapitel die Bestimmung des Gewichtes für den Halbierungspunkt angegeben. Wir gründen darauf [die Lehre von dem] das Tragen der Lanze mit der Hand am Ende und die Ursache für die Beschaffenheit des Gewichtes. Die Kraft, welche durch die Hand zu dem die Lanze tragenden gelangt und mit dem Umfassen durch den Tragenden verbunden ist, sind zwei [verschiedene] Zustände. Das eine ist die Lage des Aufhängsels nach dem langen Ende, und das zweite ist das Verhalten des Gewichtes in der Schale, das dem Gewicht der *Rummâna* äquivalent ist, d. h. in dem vorliegenden Fall das Gewicht der Lanze[3]).

Beispiel: ab ist die Länge der Lanze und g die Stelle ihres Aufhängepunktes, der Punkt b das Ende des kürzeren Stückes, a das Ende des längeren Stückes. Wir tragen e g gleich g b ab und halbieren a e in d, die beiden Gewichte von b g und e g sind in bezug auf den Punkt g einander gleich. Dem Gewicht a e, wenn es in d auf der Linie a g auf-

---

[1]) Auf die Hände des Trägers der Lanze wirken zwei Kräfte.

[2]) Es ist wohl gemeint die Kraft, die dadurch entsteht, daß der eine Teil länger ist und daher sich zu senken bestrebt ist.

[3]) Der Aufhängsel entspricht der Hand A, das Gewicht in der Schale ist die Kraft bei b,; das Gewicht der *Rummâna* ist das an einem Punkt vereint gedachte Gewicht des langen Endes der Lanze.

gehängt wird, hält das Gewicht das Gleichgewicht, das in b die Lanze trägt (ihr das Gleichgewicht hält). Es ist das, zu dem sich das Gewicht in d verhält, wie die Linie bg zu gd[1]). Und bei dem Punkt g ist mit dem Gewicht der Last auf die Hand stetig verbunden Überwiegen des

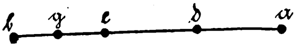

Fig. 4.

Gewichtes b wegen des Hebens, und bei dem Punkt b ist verbunden das Sinken, so daß mit Rücksicht auf das Umfassen des Tragenden vorhanden ist die Last des Sinkens entsprechend dem Gewicht b und dem Gewicht des Hebens, das ihm überlegen ist[2]).

Und das ist, was wir beweisen wollten.

Drittes *Bâb.*

Bâb 3. Über die Verfertigung des *Qabbân,* die Anbringung der Zeichen (*Ruqm*) auf ihm und das Wägen mit ihm.

Der Verfertiger des *Qabbân* muß einen Balken aus einem harten Körper nehmen, von einer Größe, die den Lasten entspricht, deren Gewichte von ihm getragen werden sollen. Er muß eine solche Gestalt haben, daß sich die *Rummâna* leicht gleitend auf ihm hin- und herbewegt. Die einzelnen Teile müssen einander ähnlich und von gleicher Dicke sein, damit sie an Gewicht gleich sind.

Faṣl 1. Über die Teilung des *Qabbân* und die Ermittelung der *Rummâna* aus ihr. Wir kerben irgendeinen Punkt auf dem Balken ein, um den Balken an ihm aufzuhängen. Dieser Punkt ist nach einem Ende verschoben; der Balken wird dadurch in zwei verschieden lange Teile geteilt. Dieser Punkt heißt der Punkt der Aufhängevorrichtung (*Naqta al Mi'lâq*). Dann bezeichnen wir einen anderen Punkt auf dem kürzeren Teil oder nahe an dessen Ende, um bei ihm das zu wägende Gewicht aufzuhängen. Wir nennen diesen Punkt Ort des Hakens (*Maudi ' al 'Aqrab*). Dann nehmen wir einen Zirkel (*Firgâr*) und öffnen ihn so weit, als wir dies wollen. Wir beginnen mit der Teilung von dem Ort des Hakens nach dem Ort der Aufhängung und teilen in gleiche Teile. Bei den Teilen des längeren Teiles [des Balkens] machen wir Striche (Ritze) (*Taḥzîz*), die eine so kleine Breite wie Linien haben, bis wir den Schluß (*Sabch*)[3]) des Balkens erreichen, es ist dies das Ende des längeren Teiles. Die Teile in dem Stücke zwischen dem Ort des Hakens O_1 und dem Aufhängeort O_2

---

1) In dem Beispiel ist alles bis hierher in Ordnung.

2) Das letzte scheint der Abschreiber kaum selbst verstanden zu haben. Man kann wohl vermuten, daß der Verfasser das richtige meint.

3) Diese Bedeutung für *Sabch* (die Vokale und vielleicht auch die Punkte sind unsicher) habe ich nirgends gefunden, sie muß auch den Muslimen wenig geläufig gewesen sein, da das Wort erklärt wird.

sind aber rational zu der Zirkelöffnung[1]) (*muntaq ʿinda*) und zu jeder Entfernung zwischen dem Aufhängepunkt und irgendeinem beliebigen Teilstrich O_3 auf dem längeren Arm des Balkens. Dann untersucht man, wie viele Teile zwischen O_1 und O_2 liegen und nimmt eine *Rummâna*, deren Gewicht gleich ist der Zahl dieser Teile in *Mann*[2]), wenn der Unterschied in dem Gewichte, welche man mit diesem *Qabbân* wiegt, je 1 *Mann* sein soll. Will man, daß man je um $^1/_2$ *Mann* oder einen anderen Bruchteil aufsteigt (ein Emporspringen (*Ṭafra*) um $^1/_2$ *Mann* vorhanden ist), so wählt man das Gewicht entsprechend diesem Bruch gleich [der Anzahl] der Teile zwischen O_1 und O_2.

Faṣl 2. Herstellung des Gewichtes der *Rummâna* nach einer anderen Methode. Wenn man will, so nimmt man zunächst eine *Rummâna* von irgendeiner Größe, wie es sich gerade trifft, dann teilt man den Balken mit einer Zirkelöffnung, O_1 O_2, indem man Teile herzustellen bestrebt ist, die gleich sind dem Gewicht der ausgewählten *Rummâna* in den *Mann* oder den halben *Mann* oder, was man sonst will. Das Verfahren ist genau gleich dem ersten[3]).

Faṣl 3. Über das *Mischjal* und das Gewicht der übrigen Glieder des *Qabbân*. Nach der Feststellung der *Rummâna* ermitteln wir den Betrag, den man an O_1 aufhängen muß, um diesen Balken dadurch horizontal zu stellen, wie wir dies vorher ausgeführt haben[4]). — Will man das nicht, oder ist der Balken an verschiedenen Stellen verschieden dick, so erhält man den obigen Betrag, indem wir an dem Ort des Hakens bekannte Gewichte aufhängen, welche den Balken horizontal machen. Diese Gewichte sind die „*al Mischjal*“ genannten. Dann bringen wir die Schnüre, die Schale (*Ṭâbiq*), den Haken an und machen, wie das üblich ist, deren Gewicht kleiner als den Betrag des *Mischjal*. Das ist aber nicht eine unbedingt notwendige Sache; macht man sie gleich groß oder größer als die

---

[1]) Man sieht daraus, daß man eine Zirkelöffnung Z wählt, für die $O_1O_2 = aZ$ ist, wo a eine ganze Zahl bedeutet. Ist dann das Gewicht der *Rummâna* aM (M ist das Gewicht eines *Mann*), so ist das gefundene Gewicht beim Gleichgewicht, wenn O_2O_3 b Teilstrichen entspricht, b *Mann*. Ist das Gewicht der *Rummâna* $a \cdot \frac{1}{x} M$, so ist das gefundene Gewicht b $\frac{a}{x}$M.

[2]) 1 *Mann* ist ein Gewicht von 1 Pfund.

[3]) Im ersten Fall wählt man das Gewicht der *Rummâna* entsprechend der Zahl der Teile auf O_1O_2. Im zweiten Fall dagegen ist die *Rummâna* mit dem Gewicht von 1 *Mann* u. s. w. gegeben, und man teilt von O_2 auf dem langen Balken mit Teilen gleich O_1O_2.

[4]) Bei der eben ausgeführten Methode wird durch ein Zusatzgewicht am Haken mit Schale und Schnüren dem Übergewicht des langen Balkens das Gleichgewicht gehalten. Das folgende bezieht sich auf den viel komplizierteren Fall, daß dies nicht der Fall ist und man noch den Rest des Übergewichtes zu kompensieren hat, der bleibt, nachdem der Haken nebst Zubehör angehängt ist.

Mischjal, so wird ihr Gewicht und ihre Last schwer[1]). Dann hängt man den Haken, die Schnüre, die Schale an dem Ort des Hakens auf; sie sind aber nicht imstande den [längeren Teil] des Balkens aufzuheben; sie sind so lange zu schwach dazu, bis man in die Schale einen Betrag (Gewicht) legt, mit dem vereint die Schnüre und die Schale dem Betrag des *Mischjal* gleich sind. Dann wird der Balken horizontal. Dieser Betrag heißt Vollendung, Ergänzung des Ausgleichgewichtes (*Tamâm al Mischjal*), da er ihnen zum Aufheben fehlt.

Dann machen wir auf dem Strich (Einkerbung), der dem Aufhängepunkte zunächst liegt, ein Zeichen einer Menge, die die Ergänzung des *Mischjal* um 1 *Mann* oder $^1/_2$ *Mann* übertrifft, entsprechend dem Gewicht der *Rummâna*, die einem Teil der Strecke O_1O_2 entspricht. Wir schreiten längs der Striche fort, welche an den ersten anstoßen und bringen auf einem jeden die Figur einer Zahl an, die die vorhergehende um diese Größe übertrifft, bis wir an den Schluß des *Qabbân* anlangen[2]).

Man kann den *Qabbân* auch nach der Fertigstellung der Glieder dadurch mit Zeichen versehen, daß man die „Hundert" beobachtet[3]) und auf dieser Stelle ein Zeichen macht und die Fünfziger und hier ein Zeichen macht. Dann teilen wir die Zwischenräume zwischen ihnen mit dem Zirkel in fünf Teile und jeden dieser in fünf Teile für die Einer, dann jeden Teil dieser in soviel Bruchteile, als möglich ist.

Dann geht man darüber hinaus und kehrt wieder zurück[4]) und vollendet die Teilung, wie das bekannt und es üblich ist.

Faṣl 4. Über die Art, wie man die Teile und die Marken auf dem *Qabbân* einritzt. Diejenigen, die den *Qabbân* verfertigen, pflegen bei dem Ritzen des *Mann* gerade Linien zu ziehen, die quer zu seiner Länge und

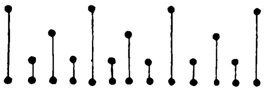

Fig. 5.

parallel zu seiner Wölbung (*Sanâm*) verlaufen und zwar bis zur Hälfte (Mitte) der Platte, für die halben *Mann* halb so lange wie für die *Mann* und für die viertel *Mann* ein Viertel so lange[5]); statt dessen machen sie auch einen Punkt in dem Raum zwischen den „Halben" und ist die Tei-

---

[1]) Sie sind dann so schwer, daß sie schon für sich den kürzeren Teil des Balkens herabziehen. Dann müssen die späteren Betrachtungen entsprechend modifiziert werden.

[2]) Man sieht, das ist eine ziemlich komplizierte Art der Berechnung und dürfte kaum gewöhnlich benutzt worden sein. Offenbar will der Muslimische Gelehrte zeigen, wie er sich zu helfen weiß.

[3]) D. h. man legt in die Schale 100 Einheiten und bestimmt die Stelle als *Rummâna*.

[4]) Das heißt wohl, man prüft die Teilung durch Hin- und Herteilen.

[5]) Diese Art der Einteilung gibt die Fig. 5.

lung bei $2^1/_2$ *Mann* angelangt, so wird die Linie gleich $^2/_3$ der Breite der Platte gemacht und ebenso für je $2^1/_2$ *Mann*[1]). — Nach je Fünf und Zehn findet sich eine Anordnung (Reihenfolge) der Beträge des Striches auf der Gestalt entsprechend des *Qâbban*[2]). Hat die Teilung 5 *Mann* erreicht, so ziehen sie die fünfte Linie von den Ganzen[3]) ganz durch die Platte und verzeichnen auf ihr das Zeichen der 5, wie wir das nachher sehen werden[4]), auf der Zehn das Zeichen der 10 und entsprechend für jede Fünf und Fünf bis zu 50. Dann fangen sie nach den 50 an Zeichen je für die 5 und die 10 für 55 und 60 und so fort bis zu 100 aufzuzeichnen. Sind die Zeichen bei 100 angelangt, so bringen sie an dieser Linie das ihr speziell zukommende Zeichen an, dann fangen sie mit den Zeichen für 5, 10 an bis zu 200 und bringen dort das ihr eigentümliche Zeichen an und so weiter bis zu dem Schluß des *Qabbân*, wie wir das abgebildet haben[5]).

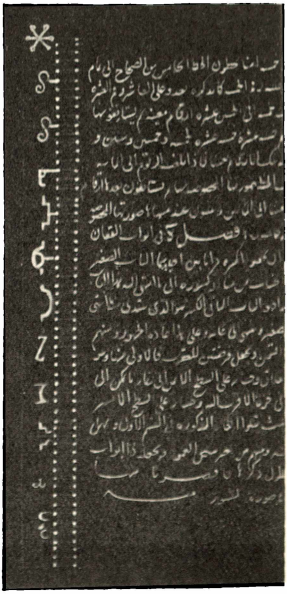

Fig. 6.

Faṣl 5. Über die *Bâb*[6]) des *Qâbban*. Die Verfertiger des *Qâbban* pflegen den meisten derselben zwei *Bâb* zu geben. Das kleine *Bâb* hat seinen Beginn bei den *Mann* oder seinen Bruchteilen bis zu dem größten Wert an dem Schluß der Zahlen; das große *Bâb* beginnt da, wo das kleine endigt und erstreckt sich bis zu dem äußersten Werte. So verfährt die große Menge. Es gibt aber auch solche, welche den großen [*Bâb*] mit zwei Teilungen versehen. Sie machen dazu für den '*Aqrab* zwei

---

[1]) Von dieser Art der Einteilung ist kein Bild gegeben.

[2]) Diese Art der Einteilung gibt Fig. 6. Es ist gemeint, daß man nach je 5 und 10 Strichen den Wert, dem der Strich entspricht, auf den *Qabbân* anschreibt.

[3]) Es bezieht sich das darauf, daß schon für die *Mann* die längsten Linien gezogen wurden.

[4]) Darüber findet sich nichts.

[5]) Aus Versehen ist bei der Reproduktion auch noch ein Stückchen Text mit aufgenommen. Wir haben ihn stehen lassen um den Charakter der Schrift erkennen zu lassen.

[6]) Die *Bâb* sind schon oben erwähnt. Man kann dieselbe Schnellwage zur Wägung verschiedener Reihen von Gewichten benutzen, entweder indem man Laufgewichte von verschiedener Größe verwendet oder aber den Abstand des Hakens vom Drehpunkt ändert oder beides zugleich benutzt.

Einkerbungen[1]). Die erste ist die entferntere von dem Aufhängeort, ihre numerische Bestimmung (*Ḥisâb*) erfolgt auf der rechten Fläche [des *Qabbân*] bis zu der Grenze, die bei dem Schluß des Balkens zu erreichen möglich ist. Für die zweite Teilung dient die nähere Einkerbung und ihre numerische Bestimmung erfolgt auf der linken Seite. Nur beginnt sie [erst] da, wo sie sich unmittelbar an die oben erwähnte Grenze bei der ersten Teilung anschließt, und läßt den Ort aus, der von ihr wiederholt ist[2]).

Es gibt Leute, welche die Gestalt des Balkens verändern und auf ihm eine größere Anzahl von „*Bâb*" anbringen. Doch würde deren Behandlung zu weit führen, daher kürzen wir ihre Betrachtung entsprechend diesem Umfang ab.

Das folgende ist das Bild des bekannten *Qabbân*.

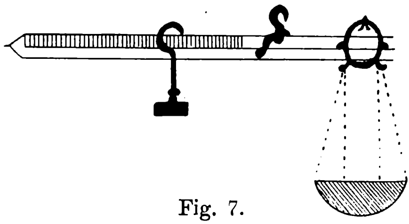

Fig. 7.

Faṣl 6. Über das Wägen mit dem *Qabbân*. Um eine Größe zu wägen, legen wir sie in die Schale und hängen die *Rummâna* an dem längeren Ende des Balkens auf und verschieben sie durch eine leichte[3]) Bewegung nach rechts und nach links, bis sie zu einem solchen Punkt gelangt, daß, wenn sie dort stehen bleibt, der Balken horizontal bleibt. Man blickt dann auf die Zeichen[4]) (*Ruqm*) dieses Punktes, da man weiß, daß sie dem entsprechen, was das Gewicht ersetzt; so daß dies der Betrag des gewogenen Gegenstandes ist. Das ist der Fall, da der gewogene Gegenstand aus zwei Teilen besteht, der eine ist die Ergänzung des *Mischjal*, dieser ist bei allen gewogenen Gegenständen der gleiche. Der zweite ist der Betrag, der der *Rummâna* das Gleichgewicht hält. Der ist aber verschieden, je nach dem Abstand der *Rummâna* von dem Aufhängepunkt. Da wir Horizontalität des Balkens voraussetzen, so ist das Verhältnis der *Rummâna* zu dem Betrag, der ihr das Gleichgewicht hält, gleich dem Verhältnis der beiden Abstände (A_1 und A_2) des Hakens und des Aufhängeortes O_3 der *Rummâna* von der Aufhängestelle des Balkens[5]). Das (Zahl)

---

[1]) Zwei Aufhängestellen.

[2]) Es sind also auf der zweiten Teilung die Stellen am Anfang ausgelassen, welche den Gewichten entsprechen, die schon durch die erste gegeben sind.

[3]) Es ist im Text statt „*al Silsila*, die Schnur" zu lesen „*sahila*, leicht."

[4]) *Ruqm* ist hier ein Zahlzeichen.

[5]) Wir werden im folgenden stets die Buchstaben A_1, der dem früheren $O_1 O_2$ entspricht, und A_2 verwenden.

Zeichen, das wir an O_3 angebracht haben, übertrifft die [Zahl der] Teile zwischen O_1 und O_2 um einen Betrag, der der Ergänzung des *Mischjal* entspricht, weil wir das so gemacht haben. Das Gewicht des gewogenen Gegenstandes ist gleich dem Zahlzeichen, das sich an dem Ort O_3 befindet; denn die Horizontalität wird nur beobachtet, wenn das reziproke Verhältnis besteht.

Machen wir das Gewicht des Hakens samt dem, was an ihm hängt, gleich dem *Mischjal*, so kann man mit ihm wägen, so daß dieser *Qabbân* ein besonderer ist. In diesem Fall ist der ganze gewogene Gegenstand selbst der Betrag, welcher der *Rummâna* das Gleichgewicht hält, oder man kann sagen, der Haken genügt mit dem, was an ihm hängt, um den Balken horizontal zu stellen, ohne daß man etwas hinzutun muß. Und das wollten wir schildern.

Viertes *Bâb*.

Bâb 4. Über die Umwandlung (Umrechnung *Taḥwîl*) eines für ein Gewicht[system] mit Zeichen versehenen *Qabbân* in einen solchen ein anderes verlangtes Gewicht[system]. Die Gewichte sind in [verschiedenen] Gegenden verschieden. Denn die durch die Übereinkunft bei irgendeinem Volk festgesetzte Einheit hat bei einem anderen Volk einen anderen Betrag. Wir wollen nun die Art des Wägens und die Umwandlung des bezeichneten *Qabbân* in ein größeres [Einheits]gewicht oder seine Reduktion (*Radd*) auf ein kleineres erläutern.

In den meisten Fällen besteht der gewogene Gegenstand aus zwei Teilen, der eine ist die Ergänzung des *Mischjal*, der andere derjenige, der der *Rummâna* das Gleichgewicht hält, daher müssen bei dieser Umwandlung des Gewichtes in ein größeres oder ein kleineres beide zusammen aus dem ursprünglich festgelegten in das zu ihm hinzugenommene umgewandelt werden[1]). Die Umwandlung des Betrages, der der *Rummâna* das Gleichgewicht hält, ist leicht, denn wenn man den Betrag des Gewichtes der *Rummâna* in Betracht zieht und ihm das, was von den Unterschieden der beiden Gewichte [Gewichtssysteme] zukommt, zufügt oder abzieht, so erhält man den Betrag, der der *Rummâna* das Gleichgewicht hält für die Last eines jeden Gegenstandes, der auf diesem *Qabbân* gewogen wird, der auf das [neu] angenommene Gewicht umgewandelt ist. Denn bei jedem Gewicht, das mit der umgeänderten *Rummâna* gewogen wird, ist das Verhältnis des Betrages der der *Rummâna* das Gleichgewicht hält zu der *Rummâna* gleich dem Verhältnis $A_2 : A_1$. Dies Verhältnis $A_2 : A_1$ bleibt aber bestehen unabhängig von einer Vermehrung oder Verminderung der *Rummâna*. Durch den Betrag der Vermehrung und Verminderung wird das Gewicht des Betrages verändert, das der *Rummâna* das Gleichgewicht hält.

Faṣl 2[2]). Über die Bestimmung der Ergänzung des *Mischjal*. Bei dieser Operation muß man auch die Ergänzung des *Mischjal* umwandeln,

[1]) Wir benutzen den kürzeren, wenn auch nicht ganz korrekten arabischen Ausdruck.

[2]) Die Überschrift *Faṣl* 1 fehlt.

da sie den gewogenen Gegenstand trägt. Geschieht das nicht, so ist bei jeder mit diesem *Qabbân* gewogenen Last der Betrag der Ergänzung des *Mischjal* gewogen durch das ursprünglich festgesetzte Gewicht und der zweite Teil, nämlich der der *Rummâna* das Gleichgewicht haltende Betrag, durch das veränderte Gewicht [und das gibt falsche Resultate].

Die Bestimmung der Ergänzung des *Mischjal* kann nach verschiedener Methode geschehen. Die eine besteht darin, daß man von diesem *Mischjal* selbst das Gewicht des Hakens nebst Zubehör abzieht, der Rest ist gerade die Ergänzung des *Mischjal.*

Eine zweite Methode besteht darin, daß man von dem [bekannten] Gewicht des gewogenen Gegenstandes das Äquivalent der *Rummâna* abzieht, dann bleibt die Ergänzung des *Mischjal.*

Die Methode[1]) bei dem Abziehen des Äquivalentes der *Rummâna* von der Last des gewogenen Gegenstandes ist folgende. Wir nehmen auf dem Balken irgendeinen Punkt P, dessen Zeichen auf einen bestimmten Betrag (Q) [des zu wägenden Körpers] hinweist. Legen wir nun in die Schale den Betrag (Q), und ist R das Gewicht der *Rummâna,* so ist $R : B = A_1 : A_2$; B ist dann das Gewicht, welches der *Rummâna* äquivalent ist, wenn man letztere im Punkt P aufhängt. Zieht man von B die Größe Q ab, so bleibt der Betrag der Ergänzung des *Mischjal.* Kennen wir die Ergänzung des *Mischjal* nach irgend einer Methode, so sehen wir zu, welcher Betrag ihm von dem Unterschied zwischen den beiden Gewichten [Gewichtssystemen] zukommt, und ziehen ihn von dem Gewicht eines jeden Gewichtes ab, das durch diesen *Qabbân* mit veränderter *Rummâna* gewogen wird, falls wir die *Rummâna* vermehrt haben, oder wir legen es ihm zu, wenn wir die *Rummâna* vermindert haben.

Faṣl 3. Ein anderer Weg bei der Veränderung des *Qabbân.* Da der Abstand (A_1) zwischen Haken und Aufhängepunkt in der Proportion dem Gewicht der *Rummâna* entspricht, so kann eine Veränderung nach Länge und Kürze an Stelle der Vermehrung oder Verminderung der *Rummâna* treten. Wollen wir einen *Qabbân* auf ein schwereres oder leichteres Gewicht umwandeln, so sehen wir zu, wie viel Teile bei dem vorgelegten *Qabbân* auf A_1 fallen. Dieses ist der Betrag des Gewichtes der *Rummâna* (s. oben), wir nehmen von diesen Teilen fort oder fügen ihnen zu, was dem Unterschied der beiden Gewichte (Systeme) entspricht; und zwar findet diese Vermehrung oder Verminderung auf der Seite des Hakens statt. Man erhält für den Haken einen anderen Ort als den ursprünglichen. Dann verschiebt man den Haken mit allem, was an ihm hängt, zu dem neuen Punkt. Wir nehmen den Anteil, der dem Haken zusammen mit dem, was an ihm von Schnüren und der Schale aufgehängt ist, zukommt, und merken es uns (es sei F). Wenn wir mit diesem *Qabbân* und dem Haken auf dem neuen Ort wägen, so fügen wir F zu dem Resultat hinzu, wenn wir die Entfernung vermindert haben, und ziehen es von ihm ab, wenn wir sie vergrößert haben. Das Resultat

[1]) Ich habe dies ein wenig anders als *al Châzinî* dargestellt.

nach der Vermehrung und Verminderung ist das Gewicht des gewogenen Körpers[1]).

Faṣl 4. Über das Verlorene seiner Glieder[2]). Wir haben gezeigt, daß der Betrag der *Rummâna* gleich der Zahl der Teile des Abstandes A_1 ist. Ist sie daher in Verlust geraten, so kann man ihre Größe dadurch kennen lernen, daß man den Abstand A_1 durch einen Vergleich findet. Man legt ihn auf den geteilten Arm des Balkens und untersucht, auf wie viele Teile A_1 fällt. Man definiert die *Rummâna* gleich der Zahl dieser Teile, sei es in *Mann*, sei es in halben *Mann*, entsprechend dem Maß, für das der *Qabbân* bestimmt ist. Ist der Haken, die Schnüre und die Schale, sei es einzeln oder zusammen, verloren, so kann man dadurch ihren Betrag erhalten, daß man den Betrag des *Mischjal* bestimmt und von ihm den Betrag der Ergänzung abzieht, dann bleibt der Betrag des Hakens und, was an ihm aufgehängt ist. Übertreffen die Schnüre und die Schale das, was ihnen [bei der ersten Anordnung] zukommt, so muß man diesen Überschuß von jedem mit dem *Qabbân* gewogenen Gewicht abziehen, sind sie leichter, so muß man diesen Unterschuß zu jedem gewogenen Gegenstand zufügen.

Faṣl 5. Über die Zunahme, wenn es sich so trifft, daß das Gewicht der Last den Betrag der äußersten Marke des *Qabbân* übertrifft[3]). Das Wägen derselben geschieht nach zwei Methoden. Bei der einen halbiert man den Abstand A_1 und hängt den Haken am Halbierungspunkt auf und wägt damit die Lasten. Dann ist ihr Betrag doppelt so groß als der, den das Zeichen angibt, vermehrt um den Haken nebst Zubehör und die Ergänzung des *Mischjal.*

Zweite Methode. Man kann auch den Abstand A_1 ungeändert lassen und an die *Rummâna* einen Gegenstand von bekanntem Gewicht anhängen, damit die *Rummâna* mit diesem Zusatzgewicht der gewogenen Lasten gewachsen ist. Dann ist die Methode bei der Bestimmung der gewogenen Last die folgende. Man bestimmt den Betrag des an der *Rummâna* aufgehängten Gegenstandes P. Dann vermehrt man die Zahl, welche die Stellung der *Rummâna* angibt, um einen Betrag x, dabei ist das Verhältnis des an der *Rummâna* aufgehängten Gegenstandes P zu x wie das Verhältnis von A_1 zu dem Abstand der *Rummâna* von deren Aufhängeort; dann ist das Gewicht der Last bekannt. Man kann nun die Last mittelst irgendeines *Qabbân* wägen mit der *Rummâna* eines anderen *Qabbân*, denn diese *Rummâna* kann um das, was nötig ist, abnehmen oder zunehmen.

---

[1]) Es wird hierdurch dem geänderten Drehmoment des Hakens etc. Rechnung getragen.

[2]) „Über die Wiederherstellung eines der Glieder des *Qabbân*, wenn es verloren ist" ist der Sinn. Mit diesem Problem hat sich *Elijâ* von Nisibis viel befaßt (vgl. Ibel).

[3]) Es handelt sich um die Methoden, um Gewichte zu bestimmen, die größer sind als diejenigen, für die ursprünglich der *Qabbân* eingerichtet war.

Man erhält den Anteil dieser Verminderung und denjenigen dieser Vermehrung durch eine der einleitenden Bemerkungen, die wir vorausgeschickt haben, so daß das Gewicht der Last bekannt wird.

Faṣl 6. Über das Wägen mit dem ungeteilten *Qabbân* (dem *Qabbân* ohne Teilung *sâdig*). Wenn es sich trifft, daß der *Qabbân* nicht mit Zahlen bezeichnet ist und einer mit ihm eine Last wägen will, so muß er die Ergänzung des *Mischjal* bestimmen und sie sich merken, dann muß er den Betrag des Gewichtes der *Rummâna* bestimmen oder an Stelle der *Rummâna* irgendein bekanntes Gewicht aufhängen und es auf dem Balken bewegen, bis dieser horizontal steht. Dann ist das Verhältnis der *Rummâna* oder dieses bekannten Gewichtes zu dem Betrag, welches der *Rummâna* äquivalent ist, von der gewogenen Last gleich dem Verhältnis der Abstände $A_1 : A_2$. Dadurch wird der der *Rummâna* äquivalente Betrag bekannt. Wird er nun um den Betrag der Ergänzung des *Mischjal* vermindert, so wird das Resultat der gewogenen Last bekannt.

So haben wir von der Sache des *Qabbân* das erlangt, was wir wollten, und wir beschließen hier die Abhandlung (*Qâul*), indem wir Gott loben, erhaben ist er!

3. Über die bisher publizierten Stücke aus *al Châzinîs* Wage der Weisheit.

Von dem Werk von *al Châzinî* sind eine große Anzahl von Stellen teils von Khanikoff publiziert und übersetzt, teils von mir selbst nur übersetzt worden. Eine Übersicht dieser Stellen sei im folgenden gegeben.

fol. 1—11ᵃ von Khanikoff, einige Teile von mir bei Ibel (S. 84 bis 88).

fol. 11ᵃ—11ᵇ. Sätze von Archimedes über das Schwere und Leichte, Beiträge VII, S. 152 (dort ist auch die Literatur angegeben).

fol. 11ᵇ—12ᵇ. Sätze von Euklid über das Schwere und Leichte von mir bei Ibel (S. 37—39).

fol. 12ᵇ—14ᵃ. Über Schwerpunkte etc. bei Khanikoff.

fol. 14ᵃ—15ᵃ. Über das Schwimmen s. oben S. 133.

fol. 15ᵃ—19ᵇ. Aräometer des Pappus bei Khanikoff.

fol. 19ᵇ—33ᵇ. Schnellwage s. oben S. 136.

fol. 33ᵇ beginnt die dritte *Maqâla* mit den Worten: Über die Prämissen und die Grundlagen, deren man samt ihrer Kenntnis bedarf, ehe man mit der Herstellung der Wage der Weisheit beginnt.

fol. 33ᵇ—35ᵃ. Versuche *al Bêrûnîs* hat Khanikoff im Auszug gegeben; das ganze hoffe ich nach einer Schrift von *al Bêrûnî* behandeln zu können.

fol. 35ᵃ—46ᵇ, die auch von spezifischen Gewichten handeln, hat Khanikoff mitgeteilt.

fol. 47ᵃ—51ᵇ über die Erfüllung der Erde mit Gold, Schachspiel u. s. w. vgl. Beiträge. XIV, S. 45—54.

fol. 51b—53a. Wage des Archimedes von mir bei Ibel (S. 185—186).

fol. 53a—55b. Untersuchung von Menelaus s. oben S. 107.

fol. 55b—57a. Wage von *al Râzî* von mir bei Ibel (S. 154—155).

fol. 57b—60a. Wage von *'Omar al Chajjâmî* s. oben S. 113.

fol. 60b—80a. Wage der Weisheit von mir bei Ibel (S. 112—151).

fol. 80a—89b. Bestimmung der Zusammensetzung von Legierung. Rechnungsaufgaben s. oben S. 117.

fol. 89b—92a. Preise von Edelsteinen nach *al Bêrûnî* (soll erst später publiziert werden, eventuell unter Berücksichtigung der Handschrift im Escorial).

fol. 92b—97b. Wage des Wechselns (ebenso).

fol. 98a—101a. Erdwage von mir bei Ibel (S. 159—160).

fol. 101b—107b. Stundenwage bei Khanikoff ganz kurz angedeutet (noch zu bearbeiten).

fol. 108a—109b. Ergänzung zur Wage von *al Râzî* von mir bei Ibel (S. 155—156).

Erneut möchte ich bei dieser Gelegenheit Seiner Exzellenz Herrn Professor Dr. Smirnoff in St. Petersburg dafür danken, daß er mir die Petersburger Handschrift in Erlangen zugänglich gemacht hat, sowie meinem verehrten Kollegen Herrn Professor Dr. Jacob für seine freundlichen Ratschläge.

Zeitschrift/Journal: Sitzungsberichte der Physikalisch-Medizinischen Sozietät zu Erlangen

Jahr/Year: 1908

Band/Volume: 40

Autor(en)/Author(s): Wiedemann Eilhard

Artikel/Article: Beiträge zur Geschichte der Naturwissenschaften. XVI. Über die Lehre vom Schwimmen, die Hebelgesetze und die Konstruktion des Qarastun. 133-159