

Beitrag zur Kenntnis der Zwerchfellmechanik auf röntgenologischer Grundlage.

Von Professor Dr. G. G. Palmieri (Bologna).

Hochverehrter Herr Präsident!

Meine Damen und Herren!

Die Einladung, in diesem alten Universitätssitz vor der hochgeschätzten Physikalisch-Medizinischen Gesellschaft zu sprechen, die mit meiner Universität seit alten Zeiten eng verbunden ist, hat mich mit großem Stolz erfüllt. Ich erlaube mir, Ihnen den Gruß aus Bologna, der sogenannten Alma Mater Studiorum, zu entbieten, wo schon im 11. Jahrhundert Irnerius, der sogenannte Lucerna Jurin, Studenten aus allen Teilen Europas um sich gesammelt hat, um ihnen Vorträge über die Exegese des römischen Rechtes zu halten.

Mein Gruß ist aber zugleich auch der eines alten Schülers dieser Universität zu Erlangen. Ich habe im Jahre 1921 die hohe Ehre gehabt, hier, damals noch unbekannter Gast, bei Seiner Magnifizenz, dem Herrn Rektor Professor Dr. Hermann Wintz, zu weilen, dessen Ruhm schon damals die Grenzen Deutschlands überschritten und sich in der Folgezeit konsolidiert hat, als eines Gründers und Altmeisters der modernen Röntgentherapie.

Die Beziehungen, die anfangs zwischen Lehrer und Schüler bestanden, sind alsbald eine enge Freundschaft geworden, die sich eines tiefen kollegialen Geistes, von dem ich außerordentlich beehrt war, erfreute. Diese Beziehungen zwischen der Erlanger Schule und der Röntgenologischen Schule in Bologna, deren Gründung mir zuteil geworden war, haben niemals aufgehört, und fast alle meine besten Schüler haben in der Folgezeit in der

Mutterschule zu Erlangen ihre Fortbildung auf dem Gebiete der Röntgentherapie mehr oder weniger lange Zeit hindurch genossen.

Die Einladung aber, mit der Herr Prof. Wintz mich beehrt hat, vor dieser hochverehrten Versammlung einige meiner Untersuchungen bekannt zu machen, übertraf jede Erwartung, die ich unbescheidenerweise hätte haben können.

Es ist mir deshalb eine angenehme Pflicht, ihm auf diesem Wege meine innigste Dankbarkeit auszudrücken, nicht nur dafür, daß er sowohl mir als auch anderen Radiologen der ganzen Welt die Grundlagen der modernen radiotherapeutischen Methoden vermittelt hat, sondern auch, weil er mir durch diese Einladung eine Bestätigung seiner Achtung zum Ausdruck gebracht hat.

Auch dem Herrn Präsidenten dieser hochangesehenen Gesellschaft bin ich für seine liebenswürdige Gastfreundschaft großen Dank schuldig. Ich danke auch aufs herzlichste dieser geschätzten Versammlung, die auf so liebenswürdige Weise den Wunsch geäußert hat, bei diesem Vortrag anwesend zu sein.

Ich habe für meinen Vortrag ein Thema aus dem Gebiete der medizinischen Physik gewählt, an welcher die Röntgenologie einen nennenswerten Anteil hat, mit welcher ich mich schon seit dem Jahre 1921 beschäftigt habe, wie z. B. in einer Versammlung der Radiologen von Emilia im Jahre 1922, wobei, noch in den Anfängen unserer kollegialen Freundschaft, auch Herr Prof. Wintz anwesend war.

Während ich seit jener Zeit auch andere zahlreiche radioskopische Befunde zusammenstellen konnte, die meine Auffassung immer mehr gestützt haben, waren mir Arbeiten noch so gut wie unbekannt, in welchen letztere wiederholt erwähnt oder widerlegt gewesen wären. Ich glaube auch, daß diese meine bescheidenen Mitteilungen vollkommen ignoriert wurden. Deshalb habe ich es als zweckmäßig erachtet, in dieser Versammlung zu sprechen, wobei ich die Ergebnisse meiner Beobachtungen und nachfolgender Bearbeitungen ergänzen möchte, obgleich ich hier gezwungen bin, nur zusammenfassend und teilweise den Grundgedanken dieses äußerst verwickelten Problems wiederzugeben.

Ich glaube, daß Sie die Tatsache nicht wundern wird, wenn ich zum Ausgangspunkt dieser Studien über das Zwerchfell die Röntgenologie gewählt habe, nachdem diese Universität die Ehre

hat, in dem Direktor des Anatomischen Instituts den Urheber der Anwendung der Röntgenologie in der Anatomie zu besitzen, und nachdem gerade in Erlangen genaue und sichere Erkenntnisse über die Anatomie am Lebenden teils durch Herrn Professor H a ß e l w a n d e r, teils durch Herrn Professor J a m i n festen Fuß gefaßt haben, und zwar die Erkenntnisse über die an die Funktion gebundene Form des Zwerchfells, die unter der Anwendung der radiologischen Untersuchung die einzige Methode darstellt, die es ermöglicht hat, über das Verhalten des funktionierenden Zwerchfells bindende Kenntnisse zu erlangen.

Es ist wohl selbstverständlich, daß eine solche Methode imstande ist, uns nur einwandfreie, objektive Befunde zu liefern, und es wird so gut wie unmöglich sein, eine zusammenfassende Deutung zu gewinnen, ohne die klassischen anatomischen Schlußfolgerungen in Betracht zu ziehen.

Das von mir vorgeschlagene Thema hat zunächst den praktischen Zweck, die Erklärung zu geben, weshalb in verschiedenen normalen und pathologischen Verhältnissen, namentlich in den respiratorischen Bewegungen, das Zwerchfell einen bestimmten Sitz, eine bestimmte Form und eine bestimmte Bewegung aufweist, wie man es eben auf dem Fluoroskop verfolgen kann.

Die Röntgenkinematographie, deren große Fortschritte wohl bekannt sind, kann uns heute ebenfalls verwertbare Angaben ermitteln, sei es für die Bewegungsdarstellung oder für die Analyse derselben, wie es die Prüfung der einzelnen Photogramme ermöglicht. Viele Einzelheiten bei den Zwerchfellbewegungen lassen sich mittels der Röntgenkinematographie sehr gut darstellen, die ich, soweit mir bekannt, als erster im Jahre 1922 mittels einer Methode, die von mir „Phrenographie“ genannt wurde, ausgeführt habe, eine Methode, die im Grunde genommen nichts anderes war als eine Abänderung der von G ö t t und R o s e n t h a l, und zwar verwandte ich dabei eine doppelte senkrechte Spalte, die eine für die rechte, die andere für die linke Zwerchfellhälfte. Ich habe mich dabei zweier Bleimarken, einer rechten und einer linken bedient, die, auf die Thoraxhaut geklebt, mich über die respiratorischen Bewegungen der vorderen Thoraxwand unterrichteten.

Diese Methode wurde später auch von Bilancioni und Meldolesi, wie auch von meinem Schüler Paltrinieri

angewandt. Heute besitzen wir den Kymograph von Pleikart-Stumpf, der die Untersuchung bedeutend erleichtert und sehr erfolgreich ist.

Ich werde aber die Beschreibung dieser Einzelheiten unterlassen und werde vielmehr versuchen, das viel wichtigere, wenn auch allgemeinere Problem der Gesamtbewegungen des Zwerchfells zu erörtern.

Es würde zu weit führen, wenn ich bloß die objektive Beschreibung der mit der Radioskopie erhobenen Zwerchfellbewegungen in den verschiedenen Stadien mit allen ihren Einzelheiten abhandeln wollte, die uns Jamin (1906) und Habelwanger (1912) überliefert haben; da ich selbstverständlich annehme, daß die fluoroskopischen Erscheinungen mit ihren verschiedenen Beziehungen Ihnen schon bekannt sind, komme ich sofort zur Darlegung der Probleme und ihrer Deutung.

Betrachten wir statisch das Zwerchfell in irgendeinem Augenblick des Respirationszyklus, oder auch während der Atempause, während der es als stillstehend zu betrachten ist, so entsteht zunächst die Frage: was ist es eigentlich, das die Form und die Konsistenz des Zwerchfells zu bestimmen vermag? Bei einer radiologischen Untersuchung an der Leiche, die bei geschlossenem Thorax und Abdomen vorgenommen wird, bewahrt das Zwerchfell auch bei der Unbeweglichkeit der Leiche eine Form, die sich von der am Lebenden nicht allzu sehr unterscheidet. Eröffnet man den Thorax und läßt man das Abdomen unberührt, so behält das Zwerchfell gleichfalls in einer mehr oder weniger unveränderten Form seine Konfiguration, während die beiden Lungen atelektatisch werden. Dasselbe, wenn auch in etwas anderer Form, geschieht auch beim Zwerchfell, wenn wir nur das Abdomen der Leiche eröffnen. Daß die Leber in diesem Falle die erwähnte Form herbeizuführen vermag, kann nicht behauptet werden, da diese höchstens nur für die rechte Seite in Frage kommt, während die linke Seite davon unberührt bleibt.

Wenn wir dagegen Thorax und Abdomen zugleich eröffnen, so zieht sich das Zwerchfell zusammen wie eine Fahne oder das Segel eines Schiffes, wenn kein Wind weht. Auf dieselbe Weise wie der Wind die Fahne entfaltet oder besser gesagt, das Segel aufbläst, genau so bläst der Differentialdruck auf, der zwischen

dem positiven Abdomen- und dem negativen Thoraxdruck auf das Zwerchfell einwirkt und dabei dem Zwerchfell eine bestimmte Konsistenz und eine gewisse Form verleiht. Andererseits ist es verständlich, daß der bloße Druck auf eine dem Drucke selbst gegenüber resistenzlose Membran die Konsistenz der Membran selbst nicht herbeizuführen vermag. Vom statischen Standpunkt aus gesehen, muß man die von der Zwerchfellmembran ausgeübte Resistenz in Betracht ziehen, die bei der Leiche und am Lebenden zwangsläufig verschieden ist, da bei der Leiche alle aktiven, das heißt eng vitalen Faktoren, die vom Muskeltonus und von der Muskelelastizität gegeben sind, durchaus fehlen, wobei man beachten muß, daß die Muskelelastizität, wenngleich bei der Leiche anwesend, von der beim Lebenden grundverschieden ist und beim Lebenden je nach dem Kontraktions- oder dem Erschlaffungszustand der Muskelfasern wechselt.

H a b e l w a n d e r hat sich in vortrefflicher Weise ausgedrückt, wenn er sagt, daß das Zwerchfell gleichzeitig der Boden des Thorax und das Dach des Abdomens sei; betrachtet man das Zwerchfell als Teil des Abdomens, so erscheint es naheliegend, einen Vergleich der Wirkung des Abdominaldruckes mit einer durch einen inneren Druck gespannten Blase zu ziehen. Vom geometrischen Standpunkt aus gesehen, besteht das Zwerchfell gewissermaßen aus einer Art von Kalotte, die den obersten Teil des unregelmäßigen Sphäroids darstellt.

Es darf nicht vergessen werden, daß die Ränder dieser Kalotte, die ebenfalls unregelmäßig sind, einen Ansatz an einem kräftigen knöchern-muskulären Ring, und zwar an dem unteren Thoraxring, haben. Dieser Ring stellt einzig und allein das echte System der Ansatzpunkte des Zwerchfells dar.

Dieses sind die Gründe, weshalb ich es als zweckmäßig erachtet habe, anstatt eines Vergleichs mit einer Fahne oder mit einem Segel den Vergleich des Zwerchfells mit einem Fallschirm vorzuziehen, weil derselbe von einem stärkeren Druck, der unter ihm ausgeübt wird, aufgeblasen wird, während die Resistenz an der Peripherie ausgeübt wird.

Ist es also unter diesen Voraussetzungen annehmbar, wie es H a b e l w a n d e r hervorhebt, daß beim Inspirium die letzten Rippen, die teilweise den oben erwähnten Ring bilden, infolge der Abrundung des Abdomens sich fast passiv hinaufheben können

(was J a m i n schon vorher erwiesen hatte), so ist es auch andererseits möglich, daß derselbe Ring sich ebenfalls während der Einatmung hinaufhebt, sobald die respiratorischen Thoraxmuskeln in Funktion treten, wobei hier also ein aktiver, vom früheren verschiedener, Mechanismus im Spiele ist. Es handelt sich also um einen kinetischen Faktor, der, wie wir bald sehen werden, auf die Art der Zwerchfellbewegungen seinen Einfluß ausübt.

Allerdings sind die mechanischen Faktoren der Zwerchfellfunktion nicht die einzigen, da die Beschaffenheit des menschlichen Körpers sehr komplex ist, und es gilt in bezug auf die motorischen Tiermuskeln das allgemeine Gesetz, daß jede Bewegung keinesfalls einfach oder isoliert ist, sondern vielmehr eine beträchtliche Anzahl synergischer Bewegungen darstellt, die vom Nervensystem aktiv reguliert werden und wobei zahlreiche Organe und Kräfte, die in verschiedenartiger Weise wirken, mitbeteiligt sind.

Um aber das Verständnis einer jeden Erscheinung zu erleichtern, ist es angebracht, diese Erscheinung schon im Anfang, wenn auch künstlich, zu vereinfachen, indem man den Einfluß nur einer beschränkten Zahl von Faktoren analysiert und dabei nur diejenigen wählt, die für die Intuition und die Analyse als die wirksamsten und wesentlichsten erscheinen.

Nach allen diesen Voraussetzungen möchte ich meine theoretische, überwiegend geometrische Auffassung darlegen, die ich mir über den Mechanismus des Zwerchfells, wie ich ihn schon im Jahre 1921 bekundete, zu eigen gemacht habe.

Wir wollen nun von der anatomisch-funktionellen Struktur des Zwerchfells absehen und es als eine elastische, dünne und homogene Membran betrachten, die die Form einer Kalotte besitzt, die an einem starken Kreisring befestigt ist. Wir werden es auch als eine einzige Kuppel betrachten und werden von seiner beiderseitigen Innervation und von seiner morphologischen Einteilung in eine doppelte Kuppel absehen.

Wir müssen außerdem auch folgende Bedingungen annehmen :

1. Die Membran ist zwei verschiedenen Druckarten auf ihre beiden Oberflächen ausgesetzt, was ihren Spannungszustand bewirkt;

2. die Membran ist imstande, ihr eigenes Areal zu modifizieren, und zwar nicht so sehr, weil sie infolge ihrer Elastizität, die wir als minimal annehmen müssen, passiv dehnbar ist, sondern hauptsächlich deswegen, weil wir annehmen müssen, daß sie eine radiäre Struktur hat, und eine jede dieser Fasern, oder besser gesagt ein jeder Halbbogen der Kalotte imstande ist, sich aktiv zu verkürzen oder zu verlängern, weil sie kontraktionsfähig sind. Wenn wir nun eine gleichzeitige und gleichmäßige Kontraktion aller Fasern annehmen, so entsteht eine konzentrische Verkleinerung des Areals; das Gegenteil werden wir infolge der gleichzeitigen und gleichmäßigen Verlängerung aller Fasern erhalten;

3. der harte peripherische Ring kann durch den Einfluß von aktiven und passiven Mechanismen seinen Durchmesser ändern;

4. der obenerwähnte Ring kann auch seinen eigenen Stand und seine Neigung (Höhe, Inklination) in bezug auf ein System von festen Punkten ändern (z. B. auf die Wirbelsäule).

Fassen wir unsere Darlegungen vom geometrischen Gesichtspunkt aus zusammen, so gelangen wir zum Schluß, daß die Konvexität dieser Kalotte und der Stand ihrer Kuppe bezüglich des Systems der festen Punkte von den drei obenerwähnten geometrischen Bedingungen abhängt, unabhängig davon, von welchen dynamischen Faktoren sie auch hätte bestimmt werden können, und zwar:

- a) das Areal der Kalotte,
- b) die Ringweite,
- c) die Ringhöhe.

Die mögliche wechselnde Schrägheit der angenommenen Ebene, auf der der obenerwähnte Ring liegt, wird imstande sein, die Dinge weiterhin zu ändern, doch können wir vorläufig davon absehen.

Betrachten wir nun vom rein geometrischen (kinetischen) Standpunkte aus die Folgen der gesonderten Modifikation einer jeden der oben erwähnten Bedingungen.

a) Das Areal der Kalotte.

1. Die Verkleinerung des Areals beim Gleichbleiben der Ringweite und -höhe bewirkt eine Verkleinerung der Krümmung und eine Senkung der Kalottenkuppe.

2. Die Vergrößerung des Areals bei gleichbleibenden Bedingungen hat das Gegenteil zur Folge, und zwar die Vergrößerung der Krümmung und Erhöhung der Kalottenkuppe.

b) Die Ringweite.

3. Die Verkleinerung des Ringes bei gleichbleibendem Areal der Kalotte und der Höhe des Ringes selbst werden eine Vergrößerung der Krümmung und eine Erhöhung der Kalottenkuppe bewirken.

4. Die Erweiterung des Ringes wird entgegengesetzte Folgen haben.

c) Die Ringhöhe.

5. Die Senkung des Ringes bei gleichbleibenden Bedingungen wird zur vollkommenen Senkung der Kalotte führen.

6. Die Hebung des Ringes wird entgegengesetzte Folgen haben.

Es muß beachtet werden, daß sowohl die Senkung (5) als auch das Hinaufheben (6) des Ringes an und für sich keine Änderung der Kalotte nach sich zieht.

Nun wollen wir sehen, inwiefern alle diese Verhältnisse geometrischer Natur auf die Kinetik des Zwerchfells übertragbar sind. Wir werden die obenerwähnten Bedingungen Fall für Fall in Betracht ziehen, wobei wir uns vor Augen halten, daß abgesehen von verschiedenen Überlegungen die schematisch ausgewerteten geometrischen Faktoren sich nur selten isoliert, sondern nur kombiniert ändern, so daß das, was wir sehen, das Gesamtergebnis aller dieser Bewegungen ist.

a) Das Areal der Kalotte.

1. Die Verkleinerung des Areals. Dieser Vorgang kommt in typischer Weise bei der normalen abdominellen Einatmung infolge der synergischen Kontraktion der Muskelfasern vor. Tatsächlich haben wir während dieser Atmungsphase eine Verkleinerung der Krümmung der Zwerchfellkuppel und eine Senkung ihrer Spitze (des Centrum tendineum) verfolgen können.

2. Vergrößerung des Areals. Bei normalen Bedingungen kommt es dadurch zustande, daß die einzelnen Muskelfasern des Zwerchfells während der Ausatmung erschlaffen

und verlängert werden, wobei die Zwerchfellkuppel ihre eigene Krümmung wiederum vergrößert und sich hinaufhebt. Es kommt eine eigentümliche Dehnung der Muskelfasern jedesmal zustande, wenn der Abdominaldruck größer wird, wie es z. B. der Fall ist, wenn wir eine enge Bauchbinde anwenden oder wenn wir mit irgendeinem Kunstgriff den Magenfundus mittels Gas ausdehnen, was eine linksseitige lokalisierte Wirkung zur Folge hat. Dasselbe kann auch in pathologischen Zuständen vorkommen, und zwar wenn das Zwerchfell atonisch oder angeboren hypoplastisch (Parese, Paralyse, Relaxatio, Relaxatio rudimentalis) ist.

b) Die Ringweite.

3. Verkleinerung des Ringes. Dieser Zustand kommt normalerweise während der Ausatmung vor, namentlich wenn dieselbe einer tiefen Einatmung folgt. In diesem Atemmoment vergrößert die Zwerchfellkuppel ihre eigene Krümmung und ihre Spitze (*Centrum tendineum*) hebt sich hinauf. Wir können ähnliche Erscheinungen auf künstlichem Wege auch statisch herbeiführen, indem wir den unteren Thoraxring in ein enges Korsett hineinschließen, wie es bei den Frauen vor 50 Jahren Brauch war.

4. Erweiterung des Ringes. Diese Erscheinung kommt normalerweise während der Einatmung vor, wobei eine umgekehrte Reihenfolge der Vorgänge im Vergleich zum vorhergehenden Fall zu verzeichnen ist. Man kann aber auch zum Teil ähnliche statische Folgen in allen den abnormalen Zuständen beobachten (*Aszites*, Schwangerschaft) oder auch beim megalosplanchnischen Habitus, in denen der untere Thoraxring erweitert ist. Die Krümmung der Zwerchfellkuppel wird hier kleiner, doch erfährt ihre Kuppe im allgemeinen keine Senkung, da mit dem schon erwähnten Hauptfaktor auch andere Faktoren, wie z. B. die Dehnung der Muskelfasern, d. h. Vergrößerung des Areal und das Hinaufheben des unteren Thoraxringes zusammenspielen.

c) Die Ringhöhe.

5. Senkung des Ringes. Am Lebenden geht diese im allgemeinen aus bekannten anatomischen und funktionellen Gründen mit der Verengerung des Ringes selbst einher. Die Folgen

dieses geometrischen Zustandes sind demnach je nach den Fällen verschieden, das heißt, je nach der Kombination mit verschiedenen Faktoren, die im entgegengesetzten Sinn wirken. Betrachten wir diesen Faktor als eine Komponente, so zeigt er die Neigung, die Senkung der Zwerchfellkuppel im ganzen selbständig zu bewirken.

6. Hebung des Ringes. Diese kommt ebenfalls in Verbindung mit anderen Faktoren zustande und wird im allgemeinen in jenen Fällen angetroffen, in denen der Ring erweitert wird. Als Komponente betrachtet, weist dieser Faktor jedenfalls die Neigung auf, jeweils eine totale Erhöhung der Zwerchfellkuppel zu bewirken.

Schon bei der oberflächlichen Betrachtung aller dieser Tatsachen, und innerhalb der starren Begriffe der Abstraktion und der schematischen Darstellung verbleibend, konnten wir uns vom vereinfachten geometrischen Standpunkt aus darüber ein klares Bild machen, wie die verschiedenen Faktoren der Zwerchfellstatik und Zwerchfelldynamik sich zusammensetzen und in gewissem Sinne zusammenspielen.

Es ist überflüssig hervorzuheben, daß das Zwerchfell in Wirklichkeit keine dünne und homogene Membran ist und nicht die Form einer sphärischen Kalotte im geometrischen Sinn besitzt, besonders dann nicht, wenn wir den geometrischen Begriff mit einer absolut mathematischen Genauigkeit auffassen.

Das von uns oben dargestellte abstrahierte und vereinfachte Bild erfährt in der Natur verschiedene Änderungen, die auf zwei Tatsachen, und zwar äußerer und innerer Natur, beruht.

Aber alle meine Beobachtungen, über welche ich bald berichten werde, werden nicht hinreichend sein, um das Wesen der statischen und kinetischen Grundlagen, die ich oben erwähnt habe, zu widerlegen. Die zu untersuchenden neuen Elemente, die ebenfalls eine anatomische und funktionelle Wirklichkeit darstellen, können gewissermaßen als störende Faktoren der von mir vorerst beschriebenen Idealfiguren betrachtet werden.

Wegen Raummangels ist es mir unmöglich, diese sämtlichen Momente hier in Betracht zu ziehen; ich werde mich aber darauf beschränken, nur solche zu erläutern, die ich für bedeutend genug halte zur Erklärung der wichtigsten Punkte der Zwerchfellmechanik.

A. Die nicht homogene Struktur des Zwerchfells.

Diese scheint mir ein wichtiger Faktor zu sein, da die fehlende Homogenität der Struktur, die der biologischen Organisation entspringt, nicht nur mit einer ungleichmäßigen Verteilung der Widerstände, die vom physikalischen Standpunkt aus als ein passives Phänomen betrachtet werden, einhergeht, sondern auch mit einer ungleichmäßigen Verteilung von aktiven Kräften. Es ist zum Beispiel bekannt, daß gewisse Muskelbündel des Zwerchfells bei manchen Individuen eine eigentümliche Individualität aufweisen und sich viel prompter als die andern zusammenzuziehen vermögen, so daß sie in der Zwerchfellkuppe Spaltbildungen auslösen, die in sehr augenscheinlicher Weise bei der radioskopischen Untersuchung erkennbar sind, weil sie eine zwei- oder mehrlappige Kuppelform herbeiführen.

Außerdem ist es klar, daß, wenn sich einige Faserbündel mehr als manche andere kontrahieren oder eine stärkere Verkürzung als die andern erfahren, die inspiratorische Verkleinerung des Zwerchfellareals in der Gegend dieser Bündel eben größer sein wird als anderswo, das heißt, sie wird nicht symmetrisch sein, was zur Unregelmäßigkeit der von der Kuppel angenommenen Form beitragen wird.

Dieser Zustand kann unter pathologischen Bedingungen oder in einem Grenzgebiet, wie in der sog. Eventratio (Relaxatio) rudimentalis noch ausgeprägter sein. Im letzteren Fall befindet sich die linke, das heißt die gewöhnlich befallene Zwerchfellhälfte in einem hypotonischen Zustand, wenn sie auch ihre Kontraktionsfähigkeit nicht eingebüßt hat. Aus diesen beiden allerdings entgegengesetzten Gründen gerät die linke Zwerchfellhälfte während der respiratorischen Pause in eine höhere Lage als die rechte, aber während der Einatmung sinkt sie mehr als die rechte, und zwar deshalb, weil die Kontraktion zu einer stärkeren Verkürzung ihrer Muskelfasern führt, die im Ruhezustande eine größere Distension erfahren haben.

Aber die Heterogenität hängt auch damit zusammen, daß dieses Organ zum Teil ein Muskel-, zum Teil ein Sehnenorgan darstellt. Es versteht sich von selbst, daß, nachdem sowohl der eine als auch der andere Teil eine fibrilläre Struktur besitzt und dabei mit einer eigenen Elastizität ausgestattet ist, die Anpas-

sung der sehnig-muskulären Membran an die Kräftelinien im allgemeinen mit einer Regelmäßigkeit der Kurven anzunehmen ist, wobei eine fast ebensolche (passive) Anpassungsfähigkeit des sehnig-muskulären Komplexes zustande kommen wird. Nun ist es auch verständlich, daß dieser heterogene Zustand jeweils auf zwei Umstände mehr oder weniger Einfluß haben wird, und zwar 1. auf die den Druckkräften gegenüber geleistete Resistenz und auf das Überwindungsvermögen des Zwerchfells in bezug auf andere passive, den Zwerchfellbewegungen entgegengesetzte Widerstände, wie auch 2. auf die aktiven Lungenveränderungen von einzelnen geometrisch betrachteten Bogen der Zwerchfellkuppel.

Was die erste Tatsache anbetrifft, so erinnere ich an die von verschiedenen Autoren beschriebene und von Aßmann ge-deutete Erscheinung, wie z. B. die Bronchostenose oder die stark forcierte Einatmung, wo ein Hindernis zur Lungenausdehnung besteht, wobei die Zwerchfellkuppe oder das Centrum tendineum nach oben hin verlegt werden kann, da sie keine aktiven Resistenzen besitzen. Es besteht somit eine sog. doppelte Inspirationskurve des Zwerchfells, für deren Zustandekommen, wie wir schon gesehen haben und auch später sehen werden, verschiedene Erklärungsmöglichkeiten je nach dem Fall zulässig sind.

Was nun die zweite Tatsache anbetrifft, so wird eine proportional verschiedene Verkürzung zustande kommen, da sich diejenigen geometrisch betrachteten Bogen oder Halbbogen der Zwerchfellkuppe inspiratorisch aktiv zusammenziehen, deren größter Teil aus Muskelfasern gebildet ist (z. B. Pars lumbalis), während die andern Bogen beziehungsweise Halbbogen meistens aus Sehnenbündeln bestehen (z. B. Pars sternalis).

B. Geometrische Unregelmäßigkeiten der Sektion der Thoraxbasis.

Wir haben unserer Abstraktion gemäß die geometrische Figur des Zwerchfells als eine sphärische Kalotte betrachtet, die eine kreisförmige Basis besitzt. In Wirklichkeit aber ist das Zwerchfell in einer Thoraxhöhle enthalten, die keinesfalls einen kreisförmigen Durchschnitt besitzt.

Das Überwiegen des Frontaldurchmessers über den Sagittaldurchmesser, sowie das Vorhandensein der Wirbelsäule, die in die

Thoraxhöhle hineinragt und die die Neigung aufweist, den Thoraxbasisdurchschnitt in zwei Teile zu trennen, tragen zum Zustandekommen der Unregelmäßigkeit der geometrischen Figur bei oder legen zum mindesten einen Unterschied zwischen derselben und der einzigen sphärischen Kalotte klar zutage. Es ist überflüssig hinzuzufügen, daß der Thorax kein echter Zylinder ist.

Es liegt auf der Hand, daß die sich daraus ableitenden kinetischen Folgen, sowohl was die Variationen des Diaphragmaareals anbetrifft, als auch in bezug auf die Modifikationen in der Weite oder in der Höhe des Zwerchfellringes, im Grunde genommen keinerlei Veränderungen erfahren.

C. Übermäßige Größe des Diaphragmaareals im Vergleich zur Weite des Thoraxdurchschnittes.

Die Untersuchung auf Grund der radioskopisch gewonnenen Bilder ergab, daß das Zwerchfell in der ersten Einatmungsphase herabsinkt, aber gewöhnlich die eigene Krümmung beibehält und sich nur gegen das Ende der Einatmung selbst abflacht.

Um über den Tatsachenbestand eine Vorstellung zu gewinnen, wie es eigentlich während des Einatmungsaktes zugeht (was mir auch intuitiv viel leichter erscheint), halte ich es für zweckmäßig, ein ideales Verfahren zu bewerkstelligen, bei dem die kinetischen, nicht aber die dynamischen Bewegungen denjenigen ähnlich sind, die in der Zwerchfellmechanik vorkommen, allerdings unter Verwendung von vereinfachten geometrischen Figuren.

Stellen wir uns also anstatt des Thorax einen Hohlzylinder, vielleicht aus Glas, vor, um alle inneren Vorgänge verfolgen zu können, und befestigen wir an seiner Basis in luftdichter Weise eine dünne, gut dehnbare Kautschukmembran, ähnlich der eines Kinderballs. Lassen wir nun unter dieser Membran einen ziemlich starken Druck wirken, um die Membran selbst derart auszudehnen, daß dieselbe je nach dem ausgeübten Druck mehr oder weniger in das Rohrinne hineinragt, wobei wir zwecks weiterer Beobachtung einen graduell sich erhöhenden Druck vornehmen.

Die sich immer mehr ausdehnende und hineinsenkende Membran, die dabei ihre eigene Krümmung immer mehr vergrößert, würde eine gewisse Grenze erreichen, die der Figur einer sphäri-

schen Kalotte ziemlich nahesteht. Angenommen, daß die Membranelastizität so groß ist, daß sie nicht zu einer Zerreißung führt, so kann man wahrnehmen, daß, wenn wir die Membranoberfläche infolge der Ausdehnung außerhalb dieser Grenze vergrößern, so würde das Mittelteil, das seine Figur unverändert beibehält, sich im Zylinder allmählich hinaufheben, während ein sich immer mehr vergrößernder Teil der Membranoberfläche der inneren Fläche des Zylinders selbst anlegen wird. Es würde sich somit zwischen dem Zylinder und der Membran in dieser Versuchsphase ein sich immer erhöhender virtueller Zwischenraum bilden, da in dieser ganzen Phase (die der letzten Ausatmungsphase ähnlich sein soll) das Areal der Membran im Vergleich zur Durchschnittsweite des Zylinders übermäßig groß ist.

Wenn wir jetzt den Druck unter der Membran allmählich verkleinern, so werden wir eine entgegengesetzte Reihe von Erscheinungen beobachten, und zwar: zunächst würde die Kuppel im Glasrohr allmählich herabsinken, wobei sie die eigene Krvatur mehr oder weniger beibehält. Zugleich würde die Höhe des obenerwähnten virtuellen Zwischenraumes sich allmählich verkleinern. Ist einmal ein solcher Reserveraum erschöpft, so wird die Membran, die sich infolge der eigenen Elastizität noch zusammenzieht (während der Druck allmählich herabgesetzt wird), ihre Krvatur noch weiter abflachen, während die Kuppelspitze sich weiter senkt, wie es eben mit dem Zwerchfell während der Einatmung geschieht.

Die weiteren Folgen des Versuches interessieren uns nicht. Wenn wir aber aus den soeben beschriebenen idealen Verhältnissen nur den kinetischen Faktor, das heißt die Bewegungen und die Formen in Betracht ziehen und die große Ähnlichkeit zwischen den beschriebenen Bewegungen und denen, die den Teil der Zwerchfellkinetik ausmachen, feststellen, so können wir uns überzeugen, daß der oben beschriebene virtuelle Raum dem Komplementarraum der Pleura vollkommen ähnlich ist.

D. Die Schrägheit der Ansatzbasis des Zwerchfells.

Die von mir soeben geschilderten idealen Versucherscheinungen weichen von der Wirklichkeit, abgesehen von verschiedenen andern Bedingungen, auch deswegen ab, weil die Ansatz-

linie oder die Zwerchfellbasis, wie wir es aus der Anatomie wissen, im Verhältnis zur Thoraxlängsachse schräg ist.

Wenn wir uns den oben besprochenen idealen Versuch vorstellen, wo die Basis des Glaszylinders schräg geschnitten ist und die Kautschukmembran immer in luftdichter Weise an den zugehörigen Ring befestigt ist, der in diesem Falle nicht mehr einen Kreis, sondern eine Ellipse darstellen soll, so werden wir allmählich die Tatsache verfolgen können, daß die elastische Membran, unter welcher der Druck allmählich vergrößert wird, die Form einer elliptischen Kalotte annehmen wird. Dann, wenn infolge der Dehnung die Membranoberfläche bis zu einem gewissen Grad größer wird, werden wir auch sehen, daß der Membranteil, der gegen den am meisten vorstehenden Teil der Schrägbasis des Zylinders gerichtet ist, dem inneren Teil des Zylinders anhaften wird. Zugleich hebt sich die Kuppel hinauf, die sich mit der Ausdehnung der elastischen Membran gebildet hat, während die Kuppelspitze selbst sich ebenfalls hinaufhebt. Einstweilen würde die geometrische Basis der Kalotte, das heißt die Tangentiallinie der Kuppel zur inneren Zylinderoberfläche, immer weniger schräg werden und die Ellipse wird die Neigung haben, sich immer mehr dem Kreis bis zu seiner Erreichung anzunähern. In diesem Augenblick würde die von der Kalotte angenommene Gestalt sich einer Halbkugelform nähern und würde als solche auch dann bleiben, obgleich sie sich in der Zylinderhöhle noch mehr hinaufhebt, wenn wir mittels einer künstlichen Druckerhöhung das Membranareal noch weiter vergrößern würden. Eine entgegengesetzte Reihenfolge von Erscheinungen würde man beobachten, wenn man den Druck allmählich verringern würde.

Die unter C und D aufgezeichnete vereinfachte Darstellung gibt uns über diese wichtigen Tatsachen der Zwerchfellkinetik Aufschluß:

1. Die komplementären Pleuraräume sind während der respiratorischen Pause hinten (dorsal) etwas höher als vorn (ventral);
2. das Zwerchfell ist imstande, sich in der ersten Einatmungsphase im vertikalen Sinne herabzusenken, wobei es die eigene Krümmung vollständig oder fast unverändert beibehält;
3. in den folgenden Einatmungsphasen, wenn der vordere Komplementärraum sich schon vollständig geöffnet hat, sinken die

hinteren Teile der Kuppel ab und gleichzeitig wird der hintere Komplementärraum der Pleura frei. In diesem Augenblick ändert die Oberfläche sowohl ihre Krümmung als auch ihre Form, wobei die Senkungsbewegung nicht mehr vertikal, sondern im schrägen Sinne von hinten nach vorne vorstatten geht, so als wäre im vorderen costo-diaphragmatischen Winkel der Bewegungsstützpunkt. In den Fällen, in denen aus konstitutionellen Gründen der vordere Komplementärraum der Pleura wenig oder gar nicht entwickelt ist, kann man schon im Beginn der Einatmung diese schräge Senkungsbewegung des Zwerchfells erkennen, bei welchem seine hinteren Teile eine überwiegende, wenn nicht eine ausschlaggebende Rolle spielen;

4. sind die Komplementärräume einmal vollständig offen, so wird die Kalotte, falls das Zwerchfell noch imstande ist, seine Fasern zu verkürzen und somit das eigene Areal zu verkleinern, sich noch weiter abflachen, wobei sie eine Neigung aufweisen wird, die in der Praxis und in normalen Verhältnissen nicht erreichbare Grenzform einer flachen Ebene anzunehmen. (Die flache Ebene kann nur in denjenigen Fällen zustandekommen, in welchen die Komplementärräume von Schwarten geschlossen sind und das Areal des „freien“ Zwerchfells im Vergleich zur Thoraxbasisweite nicht mehr übergroß ist.)

5. Während man am Anfang der Einatmung bei einem starken Zwerchfellhochstand fluoroskopisch die Tatsache wahrnehmen kann, daß die vorderen, seitlichen und hinteren costo-diaphragmatischen Sinus beiläufig gleichspitzwinklig sind, so können wir demgegenüber in den nachfolgenden Einatmungsphasen sehen, daß der vordere Sinus die Neigung zeigt stumpf zu werden, während der hintere lange Zeit hindurch spitzwinklig bleibt und die lateralen ein mittleres Verhalten aufweisen.

Ich sollte jetzt außer der Wirkung des Gewichtes des Zwerchfells auch die von den nebenstehenden Organen ausgeübten mechanischen Wirkungen auf das Zwerchfell in Betracht ziehen. Ich werde aber wegen Zeitmangels darauf verzichten, über das Herz und den Herzbeutel, die Cava inferior eingeschlossen, zu sprechen, weil ich annehme, daß die mechanischen Wirkungen dieser anatomischen Teile auf das Zwerchfell leicht begreiflich und allgemein bekannt sind. Ich werde aber im folgenden über einige Einzelheiten, die die Lungen und die Abdominalorgane betreffen, berichten.

E. Die Lungen.

Die Tatsache, daß die Lunge, ihrer sogenannten „elastischen Kraft“ zufolge, auf die Statik und die Kinetik des Zwerchfells einen wichtigen Einfluß ausüben kann, ist unbezweifelt, wie es Jamin eindeutig bewiesen hat. Immerhin ist das nicht das einzige. Um das zu beweisen, genügt es, an die weiten Erfahrungen auf dem Gebiete des Pneumothorax zu denken, von dem man nicht behaupten darf, daß er auf die Zwerchfellmechanik keinen Einfluß ausübe. Tatsächlich behält die Zwerchfellkuppel beim Vorhandensein eines Pneumothorax, der einen Kontakt zwischen ihr und der Lunge beseitigt, ihre eigene Bogenform bei.

Wenn aber die Lunge mit dem Zwerchfell in Berührung steht, so übt sie auf dieses eine Art Saugtätigkeit aus, im Gegensatz zu der Gewichtswirkung, und zwar einestheils durch die Wirkung des über dem Zwerchfell stehenden Herzens, wie auch durch die Wirkung der darunterliegenden Baueingeweide, als auch durch das Gewicht des Zwerchfells selbst. Die Lunge zeigt also gewissermaßen die Neigung, die inspiratorische Senkung des Zwerchfells zu bremsen und seine expiratorische Erhöhung zu begünstigen (Jamin). (Eine ähnliche, wenn auch nur auf den vorderen Mittelteil des Zwerchfells lokalisierte Wirkung wird vom Perikard ausgeübt.) Wenn aber die Lunge infolge einer Sklerose nicht ständig und vollkommen dehnbar ist, so kann sich das Zwerchfell nicht hinabsenken; wenn infolge einer Bronchostenose die Lunge während der Einatmung eine träge Dehnbarkeit aufweist, so wird auch das Zwerchfell eine träge Hinabsenkung zeigen; dehnt sich schließlich die Lunge infolge einer interstitiellen Sklerose in irgendeinem Teil nicht, so wird das Zwerchfell in seiner Senkung an irgendeiner Stelle verhindert sein, und es wird eine Erscheinung des sog. „Zwerchfellzeltes“ (telo da tenda) wahrzunehmen sein, wenn es auch keine Verwachsungen mit der unteren Lungenfläche erkennen lassen wird.

Was aber meines Erachtens besonders wichtig ist, ist die Tatsache, daß die elastische Kraft der Lunge nach der Auffassung unserer Schule unter der Führung von Prof. Viola nicht nur mit der passiven physikalischen Eigenschaft dieses Organs in Verbindung steht, sondern auch mit einer aktiven Eigenschaft infolge des sog. aktiven Lungentonus nach Viola, der

unter dem Vorherrschen des Sympathicus und Parasympathicus entstehen sollte. Zahlreiche sichere Tatsachen, die auf Grund der klinischen und hauptsächlich der radiologischen Beobachtungen erhoben werden konnten, scheinen diese Befunde zu bestätigen.

Die Erweiterung und die Erschlaffung der Lunge im Zusammenhang mit der Atmungstätigkeit würde somit nicht nur als eine passive Erscheinung seitens der Lunge, sondern auch als eine konsensuelle aktive Bewegung, und zwar eine Art von Diastole und Systole der Alveolen anzusehen sein.

Es gibt auch im statischen Zustand erweiterte Lungen, die sich weder von einem flüssigen Erguß, noch von einem Pneumothorax nicht oder nur wenig unterdrücken lassen, während es dagegen Lungen gibt, die sich, wie im Falle eines totalen Kollapses, spontan zusammenziehen. Der *Lungentonus* ist der Hauptfaktor des endopleuralen Druckes, welcher im Verhältnis zum Überwiegen eines verengenden Tonus normalerweise negativ ist.

Offensichtlich wirkt sich diese in der Lunge tätige Kraft auch im Zwerchfell aus. Diese Kraft, wie auch die Lunge, üben gegenseitig einen dynamischen, statischen und kinetischen Einfluß aus.

Es ist auch anzunehmen, daß dieser Einfluß sowohl bei der Ontogenese als auch bei der Phylogenese morphogenetisch wirksam war.

Es muß noch hinzugefügt werden, daß die von der Lunge ausgeübte plastische Kraft ebenso wie der endopleurale Druck in den verschiedenen Phasen der Atmungsbewegungen, und zwar teils wegen der Zwerchfelltätigkeit, teils wegen der Tätigkeit der respiratorischen Hilfsmuskeln verschieden ist. Auf jeden Fall müssen diese Änderungen des supradiaphragmatischen Druckes die komplexe Mechanik des Zwerchfells unbedingt beeinflussen.

F. Die Abdominalorgane.

Wie schon erwähnt, ist man geneigt anzunehmen, daß die Leber trotz ihrer regelmäßig konvexen oberen Fläche, die dem darüberliegenden Zwerchfell fast eine Form zu verleihen scheint — so daß die beiden Röntgenshatten sich radioskopisch überlagern und ineinander übergehen —, in diesem Sinne keine

nennenswerte Bedeutung hat. Zunächst besitzt auch die linke Zwerchfellhälfte, allerdings normalerweise etwas niedriger als die rechte (wobei die Leber eine bedeutende Rolle spielt), gewöhnlich eine regelmäßige Konvexität. Zweitens entsteht die Kuppelform des Zwerchfells und die Aneinanderfolge ihrer Bewegungen auch bei einem Pneumoperitoneum, das heißt, wenn eine Gaschicht die Leber von der unteren Zwerchfellfläche abhebt.

Allerdings kommt es auch vor, daß, wenn das rechte Zwerchfell infolge einer Verwachsung des Sinus phrenico-costalis abgeflacht ist, die Leber eine neue Form annimmt, wie es in den Fällen geschieht, in denen hypertrophische Bündel des Zwerchfells in der rechten Kuppel Lappenbildungen verursachen, die sich auf der oberen Fläche wiederholen. Umgekehrt modelliert sich das Zwerchfell auf einer Zyste des Leber-Echinococcus, wobei der Zwerchfelltonus sich normal verhält; dasselbe ist auch bei der Lunge der Fall, die der oberen Kuppelfläche anhaftet. Das hängt aber damit zusammen, daß auch sowohl die Peritoneal- als auch die Pleurahöhle bei normalen Bedingungen in luftdichter Weise geschlossen sind, und hier liegt der Hauptgrund des gegenseitigen Kontaktes der anpassungsfähigen Zwerchfellmembran und seiner Nachbarorgane, nach dem Satz von Leonardo „in natura non si dà vacuo“ (in der Natur gibt es kein Vakuum).

Normalerweise überwiegt die vom Zwerchfell ausgeübte Kraft über den in den digestiven Hohlorganen Magen und Kolon herrschenden Dehnungsdruck, so daß sich diese dem Diaphragma anpassen müssen, wengleich umgekehrt, doch auch wieder in gewissem Maße die Wölbung der linken Kuppel von diesen Blasen mitbedingt ist.

Anders dagegen ein hypotonisches Zwerchfell. In diesem Zustande paßt es sich der besonderen und verschiedenen Konvexität der beiden obenerwähnten Organe, Magen und Kolon, an. Eine solche ist die Erscheinung der sog. „Doppelkurve“, die von verschiedenen Autoren bei der Eventeratio diaphragmatica beschrieben worden ist. Doch kann eine ähnliche, wenn auch weniger ausgesprochene Erscheinung auch dann vorkommen (was auch tatsächlich oft radioskopisch wahrnehmbar ist), wenn der Magen und das Kolon von Gas überdehnt eine größere Ausdehnung und zugleich eine härtere Konsistenz erhalten haben. Dann ist die Konvexität ihrer Formen schwerer deformierbar.

Wenn wir von diesen Kontaktwirkungen absehen, so beeinflussen die intraabdominalen Eingeweide das Zwerchfell auch aus zwei anderen Gründen, und zwar durch ihr Gewicht, das auf das Zwerchfell eine Zugwirkung nach unten bewirkt, und durch ihren Druck.

Sowohl der eine als auch der andere Umstand ist von der Körperlage sowie vom Tonus und eventuell auch von den aktiven Kontraktionen der Bauchwandmuskeln abhängig.

Ich hoffe es bewiesen zu haben, daß die oben beschriebenen „störenden Momente“ und solche, über die ich wegen Zeitmangel im einzelnen nicht berichten konnte, keinesfalls die Art der statischen und kinetischen Zwerchfellbewegungen im Vergleich zum abstrakten und vereinfachten Bild, das ich vorher geschildert habe, in wesentlicher Weise ändern können.

Meine bisherigen Ausführungen waren nur allgemeiner Natur und es lag mir fern, auf die Einzelheiten einzugehen. Nun müßte ich auf Grund der vorhergehenden Überlegungen die Einzelheiten der statischen Lageveränderungen des Zwerchfells bei verschiedenen Körperstellungen beschreiben und deuten und dabei die verschiedenen Erscheinungen der respiratorischen Bewegungen bei jeder Lage in Erwägung ziehen.

Eine ausführliche Beschreibung dieser Tatsachen ist schon vor mehreren Jahren von Jamin gemacht worden, der sie meistens auch physikalisch begründet hat. Ich erachte es also als überflüssig, bei diesen schon bekannten Tatsachen zu verweilen und beschränke mich darauf zu bemerken, daß die von mir gegebene allgemeine Deutung des Zwerchfellverhaltens vom mechanischen Standpunkte aus gesehen einen Beitrag darstellt, der sowohl die statischen als auch die dynamischen Erscheinungen in einzelnen normalen Bedingungen klärt.

Eine andere dankbare Aufgabe wäre, die Deutung einiger wichtiger pathologischer Erscheinungen der Zwerchfellmechanik zu geben, besonders über die sog. „paradoxe Respirationsbewegung“ von Kienböck, über die so viele Arbeiten veröffentlicht sind. Wegen Zeitmangel verweise ich deshalb, wie auch bezüglich anderer Punkte zu dem heutigen Thema, die von mir unerwähnt blieben, auf meine eigenen Arbeiten.

Ich möchte nur bemerken, daß die verschiedenen dynamischen und somit auch die statischen und kinetischen Faktoren beim lebenden Individuum sich während der normalen oder pathologischen Funktion nicht gegenseitig beeinflussen.

Wir haben zum Beispiel am Anfang der Einatmung eine Erhöhung des Abdominaldruckes, der mit einer in das Rectum eingeführten manometrischen Sonde meßbar ist, was uns allen vom physikalischen Standpunkt aus ziemlich begreiflich scheint, zumal das Zwerchfell sich in dieser Phase zusammenzieht und folglich die gesamte intraabdominale Masse herabdrückt. Demgegenüber kann man die Tatsache verzeichnen, daß am Ende der Einatmung, wenn dieser Druck das Maximum erreicht hat, wie wir auf Grund der physikalischen Gesetze annehmen müssen, der intraabdominale Druck kleiner wird. Weshalb? Weil die Muskeln der Bauchwand allerdings mit einer kleinen Ausnahme mit der Kontraktion des Zwerchfells synergisch erschlaffen.

Jedesmal, wenn ein bestimmter physiologischer Mechanismus, wenn auch mit einem physikalischen Reizmittel, gereizt wird, reagiert er, manchmal um sich der Reiztätigkeit entgegenzusetzen, ein andermal um sich ihr anzupassen. In der biologischen Reaktion macht sich immer eine Neigung zum Gleichgewicht bemerkbar; aber nicht selten, wenigstens in der ersten Zeit, überschreitet die Erwidernng den Reiz selbst, besonders wenn er sehr stark ist. Während der Zeit, die für das Zustandekommen des Gleichgewichts notwendig ist, gibt sich die Störung auf die eine oder andere Weise kund. Wo bei einer Atmung durch gewisse forcierte Intensität die statischen und dynamischen Änderungen mit großer Geschwindigkeit aufeinanderfolgen, scheint eine Gleichgewichtsphase nie zustande zu kommen; trotzdem können die beobachteten Erscheinungen mitunter einen Kontrast in bezug auf die physikalischen Gesetze aufweisen.

Im menschlichen oder tierischen Motor haben wir es im allgemeinen mit einer Maschine zu tun, deren Teile unter anderem ihre Dimension aktiv zu ändern vermögen, ohne daß zwischen diesen Tatsachen eine physikalische Korrelation von Ursache und Folge zu bestehen braucht.

Soviel ich weiß, ist das bei den vom Menschen ausgedachten und konstruierten Maschinen nicht der Fall. Das Gesetz der synergischen Bewegungen der Antagonisten stellt zum Beispiel

einen wenn auch scheinbaren Kontrast zu den Gesetzen der physikalischen Mechanik dar.

Das kompliziert ja wesentlich die Mechanik der lebenden Welt, und das um so mehr, wenn man sie bei den höheren Vertretern der zoologischen Reihe und hauptsächlich beim Menschen studiert. Bei ihm sind zunächst die physikalischen Elemente, die bei Bewegungserscheinungen, wie z. B. der Respiration, teilnehmen, äußerst komplex; es arbeiten auch alle die feinen physiologischen Mechanismen der Automatie zusammen, auch sind andere überlagernde Elemente des Willens mit im Spiele, ein Faktor, der mitunter für das Zustandekommen der Bewegungserscheinungen von grundlegender Bedeutung ist.

Aber der physikalisch denkende Arzt hat keinen Anspruch, die „Mechanik des Willens“ zu erforschen; ihm geht es darum, seine eigenen Erkenntnisse über jenen Teil der biologischen Erscheinungen zu vertiefen, der dem Gebiete der Physik angehört und der auf Grund der Gesetze der Mechanik der nicht lebenden Körper analysierbar ist. Dabei ist er sich der Tatsache bewußt, daß der Akt des Willens, welcher Art auch seine Natur und Herkunft sein mag, eine Bewegungserscheinung zustande bringen wird, die ihrerseits in ihrem mechanischen, d. h. physikalischen Geschehen betrachtet werden kann.

Er wird sich auch andererseits die Tatsache vor Augen halten, daß dies nichts weiter als ein Versuch sein wird, um nur eine Seite des Problems aufzuklären, dessen wahre Natur, wie die des viel umfangreicheren Lebensproblems, bisher noch als recht geheimnisvoll betrachtet werden muß.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Sitzungsberichte der Physikalisch-Medizinischen Sozietät zu Erlangen](#)

Jahr/Year: 1939

Band/Volume: [71](#)

Autor(en)/Author(s): Palmieri G. G.

Artikel/Article: [Beitrag zur Kenntnis der Zwerchfellmechanik auf röntgenologischer Grundlage. 263-284](#)