

neue Faltenzüge gliedern sich hier dem Festlande an, immer weiter das Meer zurückdrängend. Nur die Straße von Otranto hält gegen Süden zu die Verbindung mit dem Mittelmeer offen. In ihr treten wir bereits in das Gebiet der jungen jonischen Brüche ein. Ihre bedeutende Tiefe und der jähe Absturz der Festlandssockel zu ihr läßt ihren Einbruchcharakter erkennen; sie öffnete wahrscheinlich erst im Quartär den Ausgang zum Jonischen Meer. Das Südende des adriatischen Beckens liegt nicht hier, sondern in Südalbanien. Die tertiäre Adria war gegen Westen hin geöffnet, wo der Apennin erst allmählich aus einem Inselarchipel zu einem Festland sich zusammenschloß. Erst mit dem Ende der Pliozänzeit ging die Verbindung nach Westen mit dem Mittelmeer verloren. Vielleicht war die Adria dann eine kurze Zeit geschlossen — ein großer Brackwassersee; wenigstens könnte die sowohl am Apennin wie in Albanien in den obersten Pliozänsschichten (= Astistufe) so weit verbreitete Brackwasserfauna darauf hindeuten.

Der Schrumpfung der Adria arbeiten seit dem Diluvium die Senkung der nordadriatischen und dalmatinischen Küste entgegen. Diese Senkung wird im Mündungsgebiet der Alpenflüsse durch eine überreiche Sedimentation wettgemacht, so daß hier kein Areal an das Meer verloren geht; im Bereich der kleinen sedimentarmen dalmatinischen Flüsse dagegen ist das Meer im Vordringen. Ob die Senkungserscheinung nur eine vorübergehende Episode innerhalb des allgemeinen Schrumpfungsvorganges der Adria darstellt oder ob sie eine neue Ära in ihrer Entwicklungsgeschichte einleitet, diese Frage muß unbeantwortet bleiben; der Spekulation bieten sich hier weite Gefilde.

Ohne uns auf solche spekulative Erwägungen einzulassen, können wir zusammenfassend folgende auf tatsächliche Beobachtungen gestützte Hauptmomente in der Entwicklungsgeschichte der Adria festlegen:

1. Das adriatische Becken entstand in seiner ursprünglichen Anlage nicht durch Niederbrechen eines an seiner Stelle bestandenen Festlandes, sondern durch allmähliche Abtrennung vom Mittelmeer Hand in Hand mit der Auffaltung der Apenninen.
2. Das Gebiet der heutigen Adria stand zum großen Teil während des ganzen Tertiärs unter der Herrschaft des Meeres —, es ist eine Geosynklinale.
3. Bis zum Beginn der Pliozänzeit war die Präadria gegen Westen hin gegen das Gebiet der heutigen Apenninenhalbinsel zum Mittelmeer geöffnet. Durch bedeutende Hebung der umliegenden Länder schrumpfte seit der Pliozänzeit das Areal des adriatischen Beckens immer mehr zusammen.
4. Seit dem Diluvium vollzieht sich infolge Senkung der nordadriatischen und dal-

matinischen Küste bei anhaltender Hebung der apenninischen und albanischen Küste eine Schiefstellung des Niveaus nach Nordosten, was eine Verschiebung der Adria in dieser Richtung zur Folge hat; diese Vorgänge bedingen die heutigen Umriss und den Küstencharakter des Adriatischen Meeres.

5. Die Verbindung der Adria mit dem Jonischen Meer ist wahrscheinlich jung (quartär) — die Straße von Otranto ein mit den jonisch-griechischen Brüchen gleichaltriger Graben.
6. Das Südende der Uradria lag im heutigen Südalbanien; hier hebt sich der Boden der adriatischen Synklinale faltend empor.

#### Die wichtigste Literatur:

- Suess, E., Das Antlitz der Erde; Wien-Leipzig 1897 bis 1909.
- Cvičić, Die Dinarisch-albanische Scharung; Sitzber. Ak. d. Wiss. Wien CX (1901).
- Vetters, Geologie des nördlichen Albanien; Denkschr. Ak. d. Wiss. Wien (1906).
- Grund, Die Entstehung und Geschichte des Adriatischen Meeres; Geogr. Jahrb. aus Österr. VI (1907).
- De Stefani, Géotectonique des deux Versantes de l'Adriatique; Ann. Soc. Géol. Belg., Liège XXXII (1908).
- Frech, Geologische Forschungsreisen in N-Albanien nebst vergleichenden Studien über den Gebirgsbau Griechenlands; Mitt. Geogr. Ges. Wien XLII (1909).
- Dal Piaz-De Toni-Almagia, Relazione della Commissione per lo studio dell'Albania, p. 1 (Studi Geol. e Geogr.). Atti soc. It. per il progr. delle sc., Roma 1915.
- Ernst Nowak, Bericht über die vorläufigen Ergebnisse von geol. Aufnahmen in Albanien; Verh. d. C. R. A., Wien 1919.

## Zuschriften an die Herausgeber.

### Zur Theorie der Erregungsleitung im Nervensystem

möchte ich mir im Anschluß an die in Heft 36/37 dieser Zeitung erschienene Arbeit Thörners: „Die Grundlagen der Erregung und Erregungsleitung in der lebendigen Substanz“, der Veröffentlichung einer eingehenden Arbeit vorgreifend, einige Bemerkungen gestatten.

Mag man sich die Erregungsleitung im Nervensystem von Querschnitt zu Querschnitt mit Thörner u. a. als elektroosmotisch oder nach der Kernleitertheorie von Hermann verlaufend vorstellen: stets bleibt bei diesen Anschauungen eine große prinzipielle Schwierigkeit. Bei aller Spezifität der Fibrillen geht diese zum mindesten im sensiblen Teile des Nervensystems und jedenfalls auch im Zentralnervensystem nicht so weit, daß in jeder Fibrille nur eine einzige und keine andere Reaktion der sie aufbauenden Moleküle sich abspielen könnte. Vielmehr leiten z. B. die Fibrillen des Sehapparates sicherlich Erregungen, die den verschiedenen Farben entsprechen, also auch in verschiedenen Reaktionen bestehen müssen, und eine mindestens gleiche Vielseitigkeit ist den zentralen Fibrillen zu konzedieren. Es ist unter diesen Umständen nicht abzusehen, wie ein genereller intranervöser Reiz, wie es ein elektrischer ist, als eine spezifische Erre-

gung bei mehrfacher Reaktionsmöglichkeit der Moleküle hervorruhend betrachtet werden kann. Allenfalls wäre an eine strenge Lokalisierung und Orientierung im Raume bei den Molekülen zu denken, wogegen aber eine Reihe gewichtiger Tatsachen spricht.

*Nur die Annahme hochspezifischer intranervöser Reize, die als solche nur hochspezifische Reaktionen von Molekül zu Molekül auszulösen vermögen und dabei durch die elektrischen Erscheinungen vielleicht unterstützt werden, hilft über die kurz skizzierten Schwierigkeiten hinweg.*

Ich glaube, daß eine genaue Vergegenwärtigung des Mechanismus der chemischen Reaktionen in ihren letzten Einzelheiten, wie sie heute wenigstens grundsätzlich die moderne Atomtheorie ermöglicht, auf die Spur solcher hochspezifischer Reize leitet, und zwar ohne daß es nötig ist, irgendwelche Hilfsannahmen heranzuziehen.

Die Bildung eines Moleküls und seine Zertrümmerung, d. h. jeden chemischen Vorgang muß man nach dem heutigen Stande des Wissens, so wenig auch noch über die Konstitution der komplizierter gebauten Atome bekannt ist, ganz allgemein so verlaufend sich vorstellen, daß Elektronenringe der beteiligten Atome verschmelzen oder sich aus einer Verschmelzung, d. h. Einpassung in eine gemeinsame Bahn um zwei oder mehrere Kerne, lösen. Eine solche Verschmelzung oder Lösung aber bedeutet unter allen Umständen die plötzliche Änderung der Geschwindigkeit von Elektronen nach Größe und Richtung, die als solche notwendig mit der Entsendung einer elektromagnetischen Schwingung in den Raum verbunden sein muß, die dem Quantengesetz allerdings kaum unterworfen sein dürfte. Die folgerichtige Durchdenkung der elementaren Vorgänge bei chemischen Reaktionen führt so zu dem Schluß, daß überhaupt keine Reaktion möglich ist, ohne eine Reaktionsstrahlung, die eine um so höher spezifische Struktur besitzen muß, um je kompliziertere Reaktionen und Moleküle es sich im Einzelfalle handelt, und eben deswegen für jede Reaktion absolut charakteristisch ist.

Wegen der spezifischen Struktur und des dadurch bedingten allgemeinen Fehlens von Resonatoren können uns und unseren Instrumenten nur ausnahmsweise solche Reaktionsstrahlungen bemerkbar werden, wenigstens solange man nicht systematisch nach ihnen sucht. Es kann das nämlich nur dann der Fall sein, wenn die betreffende Strahlung in ihrer Struktur und Wellenlänge ungefähr irgendwelchen Lichtschwingungen entspricht, wo sie uns dann aber auch eben als Licht erscheinen müssen. Die verhältnismäßige Seltenheit der Chemilumineszenz bei komplizierten Reaktionen, allgemein bekannt in den Leuchterscheinungen der Tiere und Pflanzen, soweit letztere hier heranzuziehen sind, findet damit ihre Erklärung (vgl. Trautz, Haber, Just u. a. m.), da diese nur ein Sonderfall der allgemeinen Reaktionsstrahlung ist. Die in den Leuchtorganen der Tiere stark wirksamen Substanzen stehen meistens in einem engen genetischen Zusammenhange mit dem Nervensystem. Die Annahme einer relativ sogar recht energiereichen Strahlung speziell der Nervensubstanz wird damit wahrscheinlich gemacht. In gleicher Richtung weisen die Untersuchungen von Radzidzevsky (Über die Phosphoreszenz der organischen und organisierten Körper, Liebigs Annalen der Chemie Bd. 203), welcher bei langsamer Oxydation von Terpenen und Lezithinen in alkalischen Medien deutlich wahrnehmbares Selbstleuchten, also gleichfalls eine Chemilumineszenz erheblichen Grades nachwies, sowie die allgemeine Verbreitung der Chemi-

luminiszenz bei Einwirkung von Oxydationsmitteln und Halogenen auf  $\text{NH}_3$ - und P-Derivate usw.<sup>1)</sup>

*Gibt man die Möglichkeit einer relativ energiereichen Reaktionsstrahlung der lebenden nervösen Substanz aber zu, wenn sie uns auch nicht ohne weiteres bemerkbar wird, so ist damit zugleich der gesuchte hochspezifische intranervöse Reiz, der für die Fortpflanzung der Erregung von Molekül zu Molekül verantwortlich gemacht werden kann, ohne weiteres mitgegeben. Denn jedes nervöse Molekül zusammen mit der seine Zustandsbedingungen ausmachenden molekularen Nachbarschaft, insbesondere den in der Nähe befindlichen, bei eintretender Reaktion mit eingreifenden Ionen, bildet ein schwingungsfähiges System, dessen Schwingung eben die Reaktion ist. Es muß mithin resonatorisch auf seine Eigenschwingung ansprechen, d. h. reagieren, wenn diese es mit dem genügenden Energieinhalt erreicht, wie er durch die nahe Nachbarschaft der Moleküle im nervösen Verbands auch an den Synapsen gewährleistet ist. Das Gleiche gilt natürlich für rein intramolekulare Reaktionen, soweit solche evtl. im Nervensystem als Umschlag von Isomeren, Racemisierung usw. eine Rolle spielen mögen.*

Bei der Kompliziertheit der Reaktionen und der dadurch bedingten Spezifität der Schwingungen ist die Resonanzbreite als außerordentlich gering anzunehmen. Bei noch so großer Vielseitigkeit der nervösen Moleküle innerhalb der spezifischen Energiebreite bleibt mithin die absolut spezifische Erregungsleitung auf resonatorischem Wege gesichert, d. h. die theoretisch ableitbaren Vorgänge decken sich mit den tatsächlich zu beobachtenden durchaus. Auch die langsame Erregungsleitung im zentralen Nervensystem bei der Passage durch viele Ganglien bietet dem Verständnis keine prinzipielle Schwierigkeit.

Aber die Fruchtbarkeit der Annahme, daß es sich bei der Reaktionsfortleitung im Nervensystem um elektromagnetisch-resonatorische Vorgänge an molekularen Schwingungssystemen handelt, geht noch weiter. Die bei Annahme elektrischer nur quantitativ abgestufter Erregungsleitung vollkommen unverständliche Verknüpfung der Teilerregungen in den höchsten Zentren zu gesetzmäßigen Gesamtvorgängen als Korrelaten der höchsten psychischen Funktionen wird weitgehend prinzipiell übersehbar. Es kann kaum einem Zweifel unterliegen, daß man es speziell in den höchsten Zentren mit außerordentlich vielseitigen Molekülen zu tun hat, die eine ganze Reihe molekularer Gruppen mit eigener Reaktions- und damit Schwingungsmöglichkeit enthalten. Treffen auf ein solches Riesenmolekül von verschiedenen einfacheren Reaktionen ausgehende Einzelschwingungen, deren jede eine resonanzfähige Gruppe an ihm findet, so muß auch hier eine resonatorische Auslösung erfolgen, womit eine Synthese der Reaktionen und der Schwingungen zu einer unter Umständen von den primären Bestandteilen wesentlich verschiedenen Einheit höheren Grades durch additive Resonanz gegeben ist. Andererseits wieder müssen aus einer solchen Gesamtschwingung einfachere Moleküle die ihnen entsprechende Teilschwingung entnehmen können, was einer Analyse der Schwingung durch selektive Resonanz entsprechen würde, wie sie z. B. beim Übergang von den zentralen auf die motorischen Bahnen anzunehmen sein dürfte. Schließlich ist die Möglich-

<sup>1)</sup> Die Untersuchungen von Caan über Radioaktivität von Organen (Heidelb. A. Berichte 1911) darf man hier nicht heranziehen!

keit zuzugeben, daß die Reaktion einer Gruppe eines Riesenmoleküls andere, evt. alle sonst daran noch schwingungsfähigen Gruppen mit sich reißt. Man könnte dann von *kumulativer Resonanz auf einen Partialreiz* sprechen.

Die letztere Möglichkeit muß besonders dann vorliegen, wenn an einem Riesenmolekül, sei es, daß es sich eben neu gebildet hat, sei es, daß es nach einer speziellen Reaktion sich regeneriert hat, das intramolekulare Gleichgewicht noch nicht voll wieder hergestellt ist, so daß es zu einem Zerfall in einer ganz bestimmten Richtung prädisponiert, auf die Reaktion „eingesüßt“ ist.

Auch mit dieser Auffassung, wenn sie auch so scharf umschrieben meines Wissens noch nicht ausgesprochen ist, ist keineswegs etwas Neues in die chemische Begriffswelt eingeführt. Die erst allmählich eintretende Stabilisierung und damit relative Reaktionsfähigkeit großer Moleküle ist vielmehr im Grunde etwas Altbekanntes. Jeder Chemiker weiß, daß gewisse hochmolekulare Agentien neu hergestellt eine bessere Reaktionsfähigkeit besitzen, als wenn sie schon lange gelagert haben.

Sicherlich spielt das Auftreten von Polymerisationen, Kristallisationsvorgängen, Änderungen des Dispersitätsgrades hier oft die ausschlaggebende Rolle. Aber es gibt genug Fälle, wo diese Erklärung eine nur sehr gezwungene wäre.

So ist z. B. an eine Polymerisation vieler Eiweißkörper, komplizierter organischer Farbstoffe usw. bei trockener Aufbewahrung doch nicht gut zu denken. Trotzdem zeigen solche Stoffe oft, obwohl alle sonstigen Konstanten unverändert sind, nach langer Aufbewahrung einen trägeren Reaktionsverlauf als im frischen Zustande. Verschräft zeigt sich dieses Verhalten bei Enzymen und gewissen Toxinen, also besonders hochmolekularen Stoffen. So berichten z. B. *Ehrlich* und *Madsen* über die ganz auffallende 50% betragende Abnahme der toxischen Wirkung des Diphtheriegiftes mit der Zeit der Lagerung, trotzdem dasselbe chemisch sonst vollkommen unverändert geblieben war. Denn es neutralisierte die gleiche Menge Antitoxin und wies genau die gleiche Dissoziationskonstante auf, wie im frischen Zustande. *Calmette* und *Massol* beschreiben die gleichen Erscheinungen beim Cobragift.

*Svante Arrhenius* (Quantitative laws in biological Chemistry, London 1915) bemerkt dazu: „Um diese Eigentümlichkeit zu erklären, scheint es notwendig anzunehmen, daß die Hälfte der Moleküle des Giftes in eine unschädliche Modifikation übergegangen war, die die Eigenschaften des Giftes hinsichtlich des Antitoxins noch besaß. Solch eine unschädliche Substanz kann man mit *Ehrlich* „Syntoxoid“ nennen.“

Er nimmt also die Bildung eines neuen Moleküls an, was mit Hinblick auf das Erhaltenbleiben der Dissoziationskonstanten nicht gerade sehr wahrscheinlich ist. Jedenfalls hat diese Ansicht weniger Wahrscheinlichkeit für sich als die Annahme, daß, wie zwischen Molekülen und Ionen in Lösungen die Erreichung des Gleichgewichtszustandes eine gewisse Zeit in Anspruch nimmt, so auch innerhalb sehr großer Moleküle der endgültige Gleichgewichtszustand der Teile untereinander und damit das *Maximum der Stabilität, wenigstens bei Riesenmolekülen, erst ganz allmählich sich einstellt*, wenn alle Bahnschwankungen der Elektronen, die bei der Bildung des Moleküls recht beträchtlich sein müssen, sich ausgeglichen haben. Eine „Physiologie der komplizierten organischen Moleküle“,

wie *Erlenmeyer* sich in anderem Zusammenhange ausdrückt, scheint dringend wünschenswert.

Gibt man die Richtigkeit dieser Gedankengänge zu, so ist damit die *Übungsfähigkeit* des Moleküls für bestimmte Reaktionen zugegeben und es eröffnet sich eine Möglichkeit, unter Anwendung der vertretenen Gedanken auf das Molekül der Nervensubstanz das Hirngeschehen als Korrelat des psychischen Geschehens weitgehend physikalisch zu verstehen.

Denn: Die durch die Reaktion erworbene Disposition eines Moleküls für eben diese bestimmte Reaktion ist offenbar das Semonsche *Engramm*, als Korrelat der *Gedächtnisspur*. Die resonatorische Verknüpfung von Reaktionen zu einem einheitlichen Vorgang entspricht der Verknüpfung psychischer Elemente zu Empfindungen. Die resonatorische Auslösung durch Partialreize ist die *Ekphorie*: die *Erinnerung*. Das allmähliche Lückenhaftwerden der Engramme, d. h. die allmähliche Stabilisierung der molekularen Gleichgewichte bei langer Ruhe der Moleküle entspricht mit ihrer Folge des Ausfallens von Partialresonanzen dem allmählichen *Lückenhaftwerden der Erinnerung*, der *Erinnerungsfälschung* und schließlich der vollkommenen *Dissoziation*: dem *Vergessen*, wie umgekehrt die resonatorische Verknüpfung von Reaktionen und Reaktionsreihen der Assoziation, Komplikation usw. entspricht. Der endliche Ausgleich des Spieles der elektromagnetischen Resonanzen zu einer sich festigenden Reaktionsreihe hat sein psychisches Gegenstück in der *Urteilsbildung* und im *Schlusse*. Die *Gesetze der Logik* erscheinen in gewissem Sinne als die ins Psychische übersetzten *Gesetze der elektromagnetischen Resonanz*. Besonders gut physikalisch überblickbar werden auf Grund der Resonanzhypothese die Erscheinungen des natürlichen und künstlichen Schlafes. Der oft freilich recht winzige, wenn überhaupt vorhandene Tatsachenkern der sogenannten „okkulten“ Erscheinungen — ich verweise auf die Ausführungen *Dessoirs* in seinem kritischen Werke „Vom Jenseits der Seele“ — wird jeder Mystik absolut entkleidet und zum Gegenstand des exakten physikalischen Experimentes, dessen Bedingungen und Tragweite der Folgerungen, auch in Anwendung auf das Tagesgeschehen, genau zu übersehen sind. Der von *Crookes* vertretene und viel befürchtete Gedanke, die „psychische Kraft“ in elektromagnetischen Schwingungen zu sehen, scheint vielleicht doch, wenn auch wesentlich modifiziert, zu Recht zu bestehen.

Ein näheres Eingehen muß ich mir an dieser Stelle versagen.

Berlin-Dahlem, den 31. Oktober 1919.

Dr. P. Vageler.

### Wie ist das körperliche Wärmegefühl, die schweißtreibende Hitze bei schneller Niederrfahrt aus großen Höhen zu erklären?

Ich erinnere mich vom Gymnasium her, daß unser Naturkundlehrer, ein geübter Bergsteiger, den Satz aufstellte, daß rasches Abwärtssteigen den Körper erhitze, und zwar nicht selten soweit über die bloße Anstrengungswärme hinaus, daß dem Herzen sogar Gefahr drohen könne. Die Erscheinung begründete er kurz damit, daß der durch Muskelarbeit emporgetragene Körper an potentieller Energie reicher sei, und daß die aufgespeicherten Meterkilogramm beim Abstieg wieder frei würden.

Bei meinen späteren Hochgebirgswanderungen habe ich oft auf diese Erscheinung acht gehabt, und mehrmals glaubte ich obigen Satz bestätigen zu können. So entsinne ich mich, während eines „galoppierenden“