

## Werk

**Titel:** Über embryonale Transplantation

**Autor:** Spemann, Hans

**Ort:** Braunschweig

**Jahr:** 1906

**PURL:** [https://resolver.sub.uni-goettingen.de/purl?385489110\\_0021](https://resolver.sub.uni-goettingen.de/purl?385489110_0021) | LOG\_0435

## Kontakt/Contact

[Digizeitschriften e.V.](#)  
SUB Göttingen  
Platz der Göttinger Sieben 1  
37073 Göttingen

✉ [info@digizeitschriften.de](mailto:info@digizeitschriften.de)

ein Zweifel walten. Das Dysprosium scheint in den Yttererdengemischen des Xenotims, Samarskits usw. nicht so selten zu sein, als man bisher geglaubt hat; seine Reindarstellung scheint Urbain ebenfalls vor kurzem gelungen zu sein. Ganz unerforscht sind dagegen noch die beiden 1879 von Cleve entdeckten Elemente Holmium und Thulium, die in einigermaßen reinem Zustande überhaupt noch nicht bekannt sind. Hauptbestandteile der Yttererdengemische sind stets das Erbium, welches den Lösungen der Yttererden die charakteristische blaßrosa Färbung verleiht, und das farblose Yttrium. Letzteres ist ziemlich gründlich studiert worden; dagegen ist es zweifelhaft, ob völlig reines Erbium überhaupt schon dargestellt wurde; auch ist seine Einheitlichkeit noch fraglich. Dasselbe gilt von dem in den Yttererdengemischen nur in geringem Betrage vorkommenden Ytterbium, dessen Spaltbarkeit neuerdings von Auer v. Welsbach behauptet wurde. Viel weniger bekannt ist endlich das Scandium, welches zu den seltensten Elementen der ganzen Gruppe gehört. Es wurde 1879 von Nilson aus dem Gadolinit und Euxenit isoliert und scheint seit jener Zeit niemals wieder Gegenstand einer Untersuchung gewesen zu sein. Die Eigenschaften der Verbindungen dieses Elementes — soweit sie bei dem spärlichen Material, das dem Entdecker zu Gebote stand — studiert werden konnten, bieten übrigens ein von denen der anderen seltenen Erden so stark abweichendes Bild dar, daß ein Zweifel darüber berechtigt erscheint, ob man das Scandium überhaupt der Gruppe der seltenen Erden zurechnen soll. Wie aus dem Angeführten ersichtlich, sind wir von einer gründlichen Kenntnis der Yttererden noch weit entfernt. Die neuesten Arbeiten von Urbain und von Auer v. Welsbach lassen jedoch hoffen, daß auch dieses schwierigste und unübersichtlichste Gebiet in absehbarer Zeit eine völlige Klärung finden wird.

Zum Schlusse seien noch einige Worte über die viel diskutierte Stellung der seltenen Erden im periodischen System der Elemente hinzugefügt. Nach den vielen mißlungenen oder doch nur teilweise gelungenen Versuchen, die in dieser Richtung existieren, erscheint heute noch der Standpunkt der Resignation als der vorläufig am meisten gerechtfertigte. Die drei Elemente Scandium, Yttrium und Lanthan scheinen tatsächlich die ihnen seit langer Zeit in der dritten Gruppe des Systems zugewiesene Stellung mit Recht einzunehmen, eine ungezwungene Einordnung der anderen ist jedoch definitiv noch nicht möglich. Sie nehmen eine anormale Stellung im System ein. Immerhin gelangt die Auffassung, die zuerst Brauner vertreten hat, daß nämlich mit Ausnahme des Scandiums und Yttriums sämtliche Elemente der seltenen Erden in der Horizontalreihe zwischen dem Baryum (137) und dem Tantal (183) unterzubringen sind, immer mehr zur Anerkennung. Brauner<sup>1)</sup>, dem wir die genauesten Atomgewichts-

bestimmungen der Elemente der seltenen Erden verdanken, hält neuerdings folgende Anordnung für den Tatsachen einigermaßen entsprechend:

Gruppen:	0	I.	II.	III.	IV.	V.	VI.	VII.	VIII.
	Xe	Cs	Ba	La	Ce	Pr	Nd	Sm	Eu
8 Reihe:	128	132,9	137,4	139,0	140,25	140,97	143,9	150,44	151,93
	—	—	—	Gd	Tb	Dy	Er usw.		
9 Reihe:				157,24	159,2	162,5	164—170		

Trägt dieselbe nun auch den Basizitätsverhältnissen der seltenen Erden einigermaßen Rechnung, so hat diese Einteilung doch das schwere Bedenken gegen sich, daß sie in bezug auf die Maximalwertigkeit einer Reihe von Elementen Voraussetzungen macht, die heute durch keine Tatsache gestützt werden können. Demgegenüber erscheint wohl ein anderer, ebenfalls zuerst von Brauner geäußelter Vorschlag annehmbarer, nämlich der, die gesamte Reihe der seltenen Erden in einer Gruppe unterzubringen in derselben Weise, wie in der achten Gruppe Eisen, Kobalt und Nickel einerseits, die Platinmetalle andererseits zu Untergruppen vereinigt sind. Eine definitive Entscheidung solcher Fragen wird aber erst möglich sein, wenn wir die chemischen und physikalischen Eigenschaften der seltenen Erden besser beherrschen, als es bisher der Fall ist.

In der vorliegenden Übersicht hat das Thorium, das zwar durch nahe Beziehungen mit den Cerit- und Ytteriterden verbunden ist, aber als konstant vierwertig auftretendes Element doch einer anderen Reihe angehört, keine Berücksichtigung gefunden. Ebenso ist von einer Erörterung der technischen Verwendung der seltenen Erden abgesehen worden. Das Gesamtgebiet ist schon heute so umfangreich, daß der Verzicht auf einige seiner Teile hier geratener erschien, als ein allzu äußerlicher und oberflächlicher Blick auf das Ganze.

### Über embryonale Transplantation.

Von Prof. Dr. Hans Spemann (Würzburg).

(Vortrag, gehalten auf der 78. Versammlung deutscher Naturforscher und Ärzte in Stuttgart am 20. September 1906.)

(Schluß.)

Damit möchte ich diese Versuche verlassen, die im Dienste deskriptiver Feststellungen stehen, und mich einigen Experimenten zuwenden, die der entwicklungsphysiologischen Richtung angehören. Es handelt sich um gesetzliche Abhängigkeiten in der Entwicklung des Wirbeltierauges, speziell des Frosch- auges. Um die hier vorliegenden Probleme verständlich zu machen, muß ich zunächst die normale Entwicklung mit einigen Strichen skizzieren. Dabei beginnen wir zweckmäßigerweise mit den spätesten in Betracht kommenden Entwicklungsstadien, die allgemeiner bekannt sind, und gehen von da der Entwicklung entgegen auf die jüngeren weniger bekannten Stadien zurück. Bei einer noch nicht zwei Wochen alten Froschlarve besteht das Auge aus dem Augenbecher und der Linse. Der erstere ist, wie sein Name besagt, ein doppelwandiger Becher, dessen innere Schicht die lichtempfindende

<sup>1)</sup> Siehe A begg, Handb. d. anorgan. Chem. III, 1, S. 172.

Netzhaut bildet, während die äußere Schicht, eine dünne schwarz pigmentierte Zelllage, das Tapetum nigrum darstellt. In der runden Öffnung des Augenbechers steckt die Linse, über der sich die durchsichtig gewordene Hornhaut wölbt; nach innen hängt das Auge durch den Sehnerv mit dem Gehirn zusammen. Diese kunstvoll in einander gefügten, funktionell auf einander angewiesenen Teile entwickeln sich nun bekanntlich aus verschiedenen Mutterböden, der Augenbecher und Augennerv als Ausbuchtung der Hirnanlage, die Linse als Einwucherung der Haut. Das unter der Rückenhaut liegende Medullarrohr, die Anlage von Hirn und Rückenmark, wächst nämlich an seinem blinden Vorderende zu den keulenförmigen primären Augenblasen aus, welche mit ihrer Kuppe der Haut unmittelbar anliegen. An dieser Berührungsstelle entsteht die Linse als Wucherung der Haut, die sich als Säckchen abschnürt; und genau mit diesem Prozesse Schritt haltend weicht die äußere Wand der Augenblase vor der Linse zurück und legt sich der inneren an, so daß ein doppelwandiger Becher entsteht, in dessen Öffnung die Linse steckt wie eine Perle in ihrer Fassung. Angesichts dieser wunderbaren Vorgänge, um deren erste Beobachtung man den Entdecker noch heute beneiden möchte, erhebt sich für den Entwicklungsphysiologen ganz von selbst die Frage: woher kommt dieses exakte zeitliche und räumliche Ineinandergreifen der einzelnen Entwicklungsprozesse? Sind sie unabhängig von einander, aber von Anfang an, schon im Ei, wie ein kunstreiches Uhrwerk so fein auf einander eingestellt, daß die Linse gerade aus der Stelle der Haut entsteht, die über dem Augenbecher liegt, und gerade in dem Augenblick, wo er sich aus der Augenblase bildet? Oder beeinflussen sich die Prozesse gegenseitig, wird vielleicht die Einstülpung der Retinanalage durch die Linsenwucherung ausgelöst, oder umgekehrt? Dieser Frage wurden in den letzten Jahren zuerst vom Referenten und seither von mehreren anderen Autoren eine Anzahl von Untersuchungen gewidmet; doch will ich nicht darauf eingehen, weil noch keine Einheit der Ansichten erzielt und die Zeit zur Darlegung des Für und Wider zu kurz ist. Auch spielt embryonale Transplantation keine entscheidende Rolle bei den Versuchen. Anders ist das bei der verwandten Frage, ob nur die Stelle der Epidermis zur Linsenbildung befähigt ist, welcher sie normalerweise obliegt, oder ob auch andere, vielleicht jede beliebige Stelle der Haut durch einen Reiz von seiten des Augenbechers zur Linsenbildung veranlaßt werden kann.

Sehr schöne Transplantationsversuche des Amerikaners Lewis zeigen, daß das letztere der Fall ist. Lewis operierte an Froschaugen, die noch keine Spur einer Linsenanlage zeigten; er ließ entweder die Augenblase an ihrer Stelle und ersetzte die Haut über ihr durch Bauchhaut eines anderen Tieres, oder er schälte die Augenblase heraus und schob sie unter die abgehobene Haut desselben Tieres. Durch beide Methoden konnte er die Entstehung einer Linse aus

Teilen der Epidermis veranlassen, die normalerweise mit ihrer Bildung nichts zu tun haben. Es handelt sich auch bei diesen Operationen um äußerst minutiöse Verhältnisse, um Teile, die mit bloßem Auge eben noch zu sehen sind. Als Instrumente dienten feine Stahlnadeln mit angeschliffener Schneide. Die Transplantation wurde an ganz jungen Larven ausgeführt, kurz nach Schluß des Medullarrohres. Die primäre Augenblase der einen Seite wurde durch Abhebung eines Hautlappens frei gelegt, nahe dem Hirn, mit dem sie noch in weiter Kommunikation steht, abgeschnitten und unter die etwas gelockerte Haut nach hinten geschoben; dann wurde der Hautlappen wieder übergeklappt und zur Anheilung gebracht. Und nun entwickelte sich das verlagerte Auge in seiner neuen Umgebung weiter und löste die Bildung einer Linse aus an der Stelle der Epidermis, die es von innen berührte. Lewis hat Schnitte durch solche Augen abgebildet, die jeden Zweifel an der Richtigkeit seiner Beobachtungen ausschließen; in einigen Fällen steht das Linsensäckchen noch deutlich im Zusammenhang mit der Epidermis. Daraus folgt, daß der Augenbecher in der Tat die Fähigkeit besitzt, an den verschiedensten Stellen der Epidermis, mit denen er in Berührung gebracht wird, die komplizierten Wachstums- und Differenzierungsprozesse hervorzurufen, die zur Bildung einer Linse führen. Damit wäre die vorhin aufgeworfene Frage als gelöst zu betrachten.

Wir gehen nun noch etwas weiter in der Entwicklung des Auges, speziell seines cerebralen Teiles, zurück. Die Hirnanlage, von der die Augenblase als hohle Ausbuchtung auswächst, wird, wie gesagt, in diesem Stadium dargestellt durch das blind geschlossene Vorderende des Medullarrohres, das in der dorsalen Mittellinie dicht unter der Haut gelegen ist. Noch etwas früher war das Rohr ein Bestandteil der Haut selbst, eine verdickte längliche Platte, durch Wülste gegen die Umgebung abgegrenzt. Durch Zusammenbiegung und Verwachsung ihrer seitlichen Ränder wandelt sich die Platte zum Rohr um, das sich dann von der Haut abschnürt. Am Vorderende der Medullarplatte müssen rechts und links die Zellen liegen, aus denen später, nach Schluß der Platte zum Rohr, die Augenblasen entstehen.

Es wäre nun für manche andere Fragen von Interesse, diesen augenbildenden Bezirk in der Medullarplatte genauer abzugrenzen und zugleich den Zeitpunkt festzustellen, in welchem er zu seinem späteren Schicksal, Augen zu erzeugen, bestimmt wird. Es ließ sich nämlich auf anderem Wege, durch Einschnürung mit einem Haar, an Eiern von Wassersalamandern ziemlich genau der Moment auffinden, bis zu dem das Zellmaterial noch gerade so bildsam ist, daß es statt eines Kopfes mit zwei Augen auch zwei Köpfe mit vier Augen entstehen lassen kann. Bis zum Ende der Gastrulation ist das der Fall, ganz kurz nachher, mit Sichtbarwerden der Medullarplatte, nicht mehr. Sollte sich nun durch neue Versuche zeigen lassen, daß in diesem kritischen Stadium, wo Verdoppelungen noch möglich sind, das

Augenmaterial schon bestimmt ist, so wäre damit nachgewiesen, daß eine solche schon getroffene Bestimmung im Laufe der Entwicklung noch abgeändert werden kann, daß es also wirklich eine sogenannte Umdifferenzierung gibt, was meines Wissens bisher in keinem einzigen Falle mit Sicherheit nachgewiesen werden konnte.

Um den Differenzierungsgrad der Augenbezirke zunächst einmal in der offenen Medullarplatte festzustellen, wurde ein viereckiges Stück aus derselben herausgeschnitten und umgekehrt wieder eingeheilt. Dadurch mußte bei richtiger Führung des vorderen Schnittes ein Teil der Augenanlagen — falls es in diesem Stadium schon solche gibt — nach hinten gebracht werden und sich dort weiter entwickeln. Diese Operation verlangt eine ziemlich komplizierte Technik, auf die ich natürlich nicht näher eingehen kann; ich will nur erwähnen, daß die Schnitte mit Hilfe eines äußerst feinen Glasfadens ausgeführt wurden, zu welchem das eine Ende eines Glasstabes mittels eines besonderen Kunstgriffes ausgezogen worden war. Der Versuch gelang; es entstanden Embryonen mit vier Augen, von denen zwei an ihrer normalen Stelle lagen, die zwei anderen dahinter, mehr oder weniger weit, vor oder hinter den Gehörorganen, je nach der Länge des umgedrehten Stückes. Die Augen waren von sehr verschiedener Größe, einmal lag hinten nur ein Klumpen schwarzer Tapetumzellen. Die weit offene Medullarplatte enthält also schon scharf abgegrenzte Augenbezirke, deren Zellen wahrscheinlich schon in solche für die Retina und solche für das Tapetum geschieden sind. — Im vergangenen Sommer war ich nun bemüht, diese Versuche auf immer frühere Stadien auszudehnen, was allerdings sehr schwierig ist. Die bis jetzt erreichten Resultate scheinen mir nicht ohne Wichtigkeit zu sein, sind aber noch zu lückenhaft zur Mitteilung an dieser Stelle. Ich will daher diese Frage jetzt verlassen und mich einem letzten entwicklungsphysiologischen Experiment zuwenden. Es betrifft die typische bilaterale Asymmetrie des Wirbeltierkörpers.

Der Wirbeltierkörper ist ja seiner äußeren Form nach bilateral symmetrisch gebaut, er läßt sich durch eine Medianebene in eine rechte und linke Hälfte zerlegen, von denen die eine das Spiegelbild der anderen ist. Mathematisch streng gilt das nicht, es kommen immer kleine Unregelmäßigkeiten vor. Im Gegensatz zu diesen atypischen Abweichungen von der bilateralen Symmetrie stehen nun ganz gesetzmäßige, typische, viel größeren Betrages; sie betreffen bekanntlich die Lagerung der Eingeweide, den Situs viscerum. Daß die Leber rechts liegt, das Herz etwas nach links verlagert, ist eine jedermann geläufige Tatsache; nichtsdestoweniger birgt sie eine Reihe der allerinteressantesten Probleme, die zum Teil jetzt schon der näheren Erforschung, ja sogar der experimentellen Analyse zugänglich erscheinen. Als nächstes tritt uns die Frage entgegen, ob die einzelnen Organe ihre typische Anordnung abhängig oder unabhängig von einander gewinnen, ob z. B. die Lage-

rung des Herzens durch die des Darmes bedingt ist oder nicht. Hierauf geben schon die bisher bekannten Tatsachen wenigstens teilweise eine Antwort. Die pathologische Anatomie kennt seit langer Zeit eine Abnormität den sogenannten Situs viscerum inversus, die darin besteht, daß rechts und links vertauscht ist, daß also die Lagerung der Eingeweide dem Spiegelbilde der normalen entspricht. Dieses merkwürdige Verhalten betrifft entweder Herz und Darm gemeinsam, oder bloß das eine der beiden Organe, ja, kann auf einzelne Teile des Darmes beschränkt sein. Daraus läßt sich wohl folgern, daß die Anlagen dieser Organe in sich selbst die Wachstumstendenzen tragen, die sie zu ihrer späteren Form und Lagerung führen. Eine gegenseitige Beeinflussung der Teile ist damit als unnötig erwiesen, jedoch bleibt es unentschieden, ob sie nicht doch imstande wären, eine solche Beeinflussung auszuüben, und es tatsächlich unter Umständen tun. Wenn also der Situs inversus sich auf alle inneren Organe erstreckt, so daß er zum reinen Spiegelbilde des normalen wird, so läßt sich nicht sagen, ob hier eine und dieselbe Ursache alle verlagerten Teile gleichmäßig betroffen hat, oder aber nur einen Teil, der dann auf die anderen zurückwirkt, so daß z. B. die Lagerung des Darmes diejenige des Herzens bestimmen könnte, auch entgegen einer ursprünglichen, in der Herzanlage selbst gelegenen, anders lautenden Bestimmung. Dieser Frage läßt sich experimentell beikommen: man kann den Darm invers machen durch einen Eingriff, bei dem die Herzanlage nicht berührt wird, und dann zu sehen, wie sich der Herzsitus verhält.

Dieser Versuch wurde, wie die vorigen, an den Larven von Frosch und Unke ausgeführt, die einen sehr charakteristischen Situs viscerum besitzen, indem der kolossal lange Mitteldarm, zu einer Schnecke aufgewunden, die linke Seite der Bauchhöhle einnimmt. Diese Lagerung kann man nun dadurch invers machen, daß man in frühem Entwicklungsstadium ein kleines Stück der Darmanlage umdreht. Man schneidet, ähnlich wie bei dem vorigen Experiment, ein viereckiges Stück der weit offenen Medullarplatte samt dem darunter gelegenen Dache des Urdarmes heraus und bringt es in umgekehrter Orientierung wieder zur Einheilung. Die Folge ist in vielen Fällen ein typischer Situs inversus viscerum. Obwohl also der Keim im Augenblick der Operation noch ganz symmetrisch zu sein scheint, liegt doch in dem ausgeschnittenen Stück Darmanlage schon die Tendenz zur Krümmung in einer bestimmten Richtung, welche den ganzen Situs zu bestimmen vermag, nach Umkehrung in umgekehrtem Sinne. Die Herzanlage wird bei der Operation nicht berührt, sie liegt fast auf der entgegengesetzten Seite des Keimes. Abnormer Situs des Herzens kann daher keine direkte Folge des Eingriffes sein. Eine größere Anzahl solcher Operationen wurde erfolgreich ausgeführt, drei Fälle bis jetzt genauer untersucht. Im ersten von diesen war das Herz genau das Spiegelbild eines normalen. Daraus folgt, daß die Lagerung des Darmsystems einen