

der Universalität gehoben hat; dass das Gelenk der Insektivoren, Phalangeridae, Prosimier und Primaten diesen Typus des universellen Gelenkes bewahrt haben; und schließlich, dass mehrfach in der Entwicklung des Säugetierstammes in verschiedenen Richtungen Spezialisierungen dieses Gelenkes vorgekommen sind.

Es sind die Grundzüge einer vergleichenden Anatomie des Kiefergelenkes der Säugetiere, die ich versucht habe zu entwickeln. Eine genauere Begründung der Einzelheiten kann nur zugleich mit der Veröffentlichung meines gesamten Materials erfolgen, was ich hier zum Schlusse feststellen möchte.

Jena, 5. August 1907.

## Ein physikalisch-chemisches Phänomen und seine Anwendung in der Biologie.

Mit 1 Tafel.

Von Dr. Prof. A. Capparelli.

Wenn man Blutserum nimmt und dasselbe mittelst Kapillarität in ein reines Röhrchen von 0,9 mm Durchmesser steigen lässt, so erhöht sich die Säule um 23 mm. Hängt man dieses Röhrchen senkrecht auf, so kann man dabei beobachten, dass der Meniscus der Flüssigkeit innerhalb der Kapillarröhre einen konkaven, während auf der entgegengesetzten Seite der Flüssigkeitssäule einen konvexen Meniscus zeigt. Dies sind bereits bekannte Erscheinungen, deren Erklärung sehr leicht ist. Nähert man dem unteren Teil des Kapillarrohrs die freie Oberfläche eines destilliertes Wasser enthaltene Becherglases, so bemerkt man die folgende wichtige und elegante Erscheinung. Kaum berührt nämlich das Blutserum die Oberfläche des destillierten Wassers, so trennt sich ein Ring von Serum los, der senkrecht mit einer sehr feinen flüssigen Säule ebendesselben Serums in das destillierte Wasser sich vertieft, während man zugleich rasch destilliertes Wasser in kontinuierlicher Säule in das Zentrum des Kapillarröhrchens, welches das Blutserum enthält, hineinsteigen und die obere Oberfläche der oben erwähnten Säule gewinnen und das gleiche Niveau innerhalb des Kapillarröhrchens erreichen sieht. Wendet man statt destilliertem Wasser Alkohol an, so erreicht dieser kaum die obere Oberfläche und vermindert sich so rasch, dass die alkoholische Säule sich zusammenzieht. Die aufsteigende flüssige Wassersäule von destilliertem Wasser hat nur während des Aufstieges einen konvexen Meniscus. Blutserum ist in Säulenform in das destillierte Wasser des Becherglases hinuntergestiegen und an seiner Stelle ist in das Kapillarröhrchen destilliertes Wasser eingedrungen und hinaufgesprungen. Wenn man genau die Blutserumsäule, die in das

destilliertes Wasser sich vertieft, beobachtet, so erscheint dieselbe von einem flüssigen Därmchen, d. h. von einem kleinen leeren Zylinderchen gebildet, während das aufsteigende destillierte Wasser von einem vollen, mit konvexen Meniscus versehenen Zylinder innerhalb des Kapillarröhrchens repräsentiert wird. Die oben erwähnte Säule nimmt nur den zentralen Teil der Glaskapillaren ein und ist ebenfalls von einem Zylinder repräsentiert, der sich nicht mit dem Serum vermischt oder die Wände benetzt. Mit anderen Worten: die aufsteigende Säule fließt innerhalb eines anderen flüssigen Rohres, welches vom Serum gebildet wird und welches heruntersteigt und graduell oder allmählich das Kapillarrohr verlässt. Die Originalität dieser Erscheinung besteht eben darin, dass man die bekannte Tatsache des Aufsteigens vermöge der Kapillarität reproduziert, indem man ein Kapillarrohr mit flüssigen Wänden von einer gewissen Dichtigkeit anwendet. Aber währenddem es in diesem Fall logisch ist, zu denken, dass das Hinaufsteigen des Wassers im flüssigen Serumrohr mittelst der Kapillarität zustande kommt, so kann man nachweisen, dass andere Faktoren hier in Betracht kommen bei der Erzeugung des Phänomens; und in der That dieselbe Erscheinung erzeugt sich, wenn man statt eines Kapillarrohrs ein lauges an einem Ende geschlossenes Probierröhrchen vom Durchmesser einiger Zentimeter mit Serum anfüllt und dasselbe senkrecht in destilliertes Wasser eintaucht, indem man mit dem Finger die freie Öffnung schließt, so dass man den Zutritt der Luft beim Umkippen des Rohrs verhindert, da man so das Ausfließen des Serums verhindert, bevor man es ins Wasser taucht.

Der Aufstieg der Flüssigkeit macht sich auch noch in dem Falle bemerkbar, wenn man nach angefangener Erscheinung, die aufsteigende Säule unterbricht als auch die gebrochene Säule, die sich dabei bildet; dieselbe fährt zu steigen fort und erreicht, in der Form einer kleinen Säule das Ende der in der Kapillare vorfindlichen Flüssigkeit. Ein wiederholtes Eintauchen lässt eine neue Portion der Flüssigkeit aufsteigen. Diese Erscheinung wiederholt sich beständig, wenn man zwei Flüssigkeiten von verschiedener Dichtigkeit miteinander in Berührung bringt und dabei nimmt die dichtere Flüssigkeit im Kapillarrohr Platz. Unter gewöhnlichen Bedingungen ist es zur Erzeugung dieser Erscheinung unbedingt notwendig, dass die zwei Flüssigkeiten, die sich scheinbar nicht vermischen, für die Dauer der Erscheinung mischbar seien. Nicht mischbare Flüssigkeiten, wie: Öl und Wasser bilden keine Substitution und ich habe diesen Wechsel nur in dem Falle gesehen, wenn das Öl teilweise verseift oder mit Alkohol vermischt war. Man kann diese Erscheinung in ihren Einzelheiten prüfen, wenn man den Versuch auf die nachfolgende Art und Weise und mit dem folgenden Apparat anstellt. Nachdem man das Blutserum in

das Kapillarrohr angesogen hat, stellt man es auf einen Stützapparat in senkrechter Lage auf, dann bleibt das Serum auch im Kapillarrohr hängen. Unter das Kapillarrohr stellt man das mäßig mit einer wässerigen Fuchsinlösung gefärbte destillierte Wasser. Man soll dabei nicht zu dichte Fuchsinlösungen anwenden, weil sie allzusehr die Aufstiegschnelligkeit des destillierten Wassers innerhalb des Blutserums beeinflussen, da ja das Phänomen von äußerster Feinheit ist. Man stellt sowohl das Kapillarrohr als das unten befindliche mit gefärbten destillierten Wasser versehene Gefäß vor die Linse eines Projektionsapparates und projiziert dann das Ganze auf einen Schirm. Das senkrechte Kapillarrohr kann man langsam tiefer stellen und in dem Augenblick, wo der untere konvexe Meniscus der Serumsäule die ebene Oberfläche des gefärbten destillierten Wassers berührt, beginnt die Aszensionserscheinung. Vermöge der Projektion vergrößert, kann man diese Tatsache in ihren bereits beschriebenen Einzelheiten beobachten. Der leichteren Bequemlichkeit halber benütze ich eine zylindrische Unterlage, welche mit einem Ring à Cremaillière versehen ist, so dass man denselben mit einer Schraubenbewegung im Stützapparat beliebig erniedrigen und erhöhen kann. Der Ring trägt vorne eine kleine Platte von Messing mit zwei Löchern, in welche man leicht das an beiden Enden offene Kapillarrohr mittelst zweier Stahlschrauben einführen oder entfernen und in ein anderes Loch ein sehr empfindliches Thermometer einstellen könne. Unten stellt man auf ein flaches Stück von Messing das Gläschen oder eine Eprouvette, die mit passender Vorrichtung fixiert wird, während der Stützapparat des Gläschens um einen halben Kreis um die senkrechte zylindrische Unterlage sich drehen kann, so dass man mit Leichtigkeit oder Bequemlichkeit das Gläschen oder die Eprouvette unter das Kapillarrohr transportieren kann. Der größeren Deutlichkeit wegen wollen wir die aufsteigende Flüssigkeit mit A, und mit D die absteigende Flüssigkeit bezeichnen. Sowie die Berührung der beiden Flüssigkeiten zustande kommt, steigt das destillierte Wasser und zwar scheinbar aus Kapillarität. Diese physikalische Kraft, wiewohl sie zur Hervorbringung dieser Tatsache beiträgt, scheint dies dennoch nicht zu tun, weil es sich hier um Flüssigkeiten in der Bewegung handelt, und anstatt dass die aufsteigende Bewegung eine rasche ist, wie dies bei soliden Kapillarwänden der Fall wäre, ist sie im Gegenteil eine gleichförmig verzögerte; denn das flüssige Kapillarrohr D, in welchem die Flüssigkeit A aufsteigt, widersetzt sich der Bewegung, und somit opponiert sich an der Peripherie der aufsteigenden Säule A eine einheitliche und beständige Kraft, die in entgegengesetzter Richtung wirkt und somit die aufsteigende Bewegung verzögert. Es ist klar, dass diese Erscheinung nicht von einer Diffusion abhängig ist. Die kurze Dauer derselben und das

Sich nicht vermischen der beiden Flüssigkeiten sind hinreichende Beweise für diese Auffassungsweise. Statt dessen befinden wir uns vor einer wahren und eigentümlichen Substitutionserscheinung, wo der Aufstieg wahrscheinlich verbunden ist mit der Entstehung einer Modifikation und Zerstörung der Oberflächenspannung der beiden Flüssigkeiten, welche miteinander in Berührung kommen und der Abstiegbewegung der Flüssigkeit D, die im Kapillarrohr enthalten ist und nicht der verschiedenen Dichtigkeit der zwei Flüssigkeiten.

Die anfängliche Säule des Serum im Kapillarrohr wird in diesem Falle vom destillierten Wasser ersetzt. Auf den ersten Blick scheint die Erscheinung aller Wichtigkeit bar zu sein, aber es war für mich leicht vorauszusehen, dass diese Tatsache wegen der speziellen Bedingungen, unter denen sie sich offenbart, fruchtbar sein dürfte an Ergebnissen und Anwendungen in der Biologie. Und in der Tat, in den Lebenserscheinungen unseres Organismus, haben wir es oft mit beinahe den gleichen Bedingungen des oben erwähnten Versuchs zu tun. Es muss beiläufig erwähnt werden, dass die Schnelligkeit der aufsteigenden Säule A in Beziehung steht zu der Molekulartraktion- und Konzentration der beiden Flüssigkeiten, ferner zu der Gegenwart von Elektrolyten in denselben und dem geringeren oder größeren Gehalt von Kolloiden in eben denselben, d. h. mit dem mehr oder weniger viskösem Zustand der Flüssigkeiten.

Ich werde in Kürze einige summarische Untersuchungen auseinandersetzen, indem ich mir vorbehalte, die Versuche zur weiteren Aufklärung des Grundphänomens fortzusetzen, zur Illustrierung des bereits Auseinandergesetzten. Ich hoffe daher, in einer nächsten Arbeit einige Vorkommnisse der Grundtatsache besser erklären zu können.

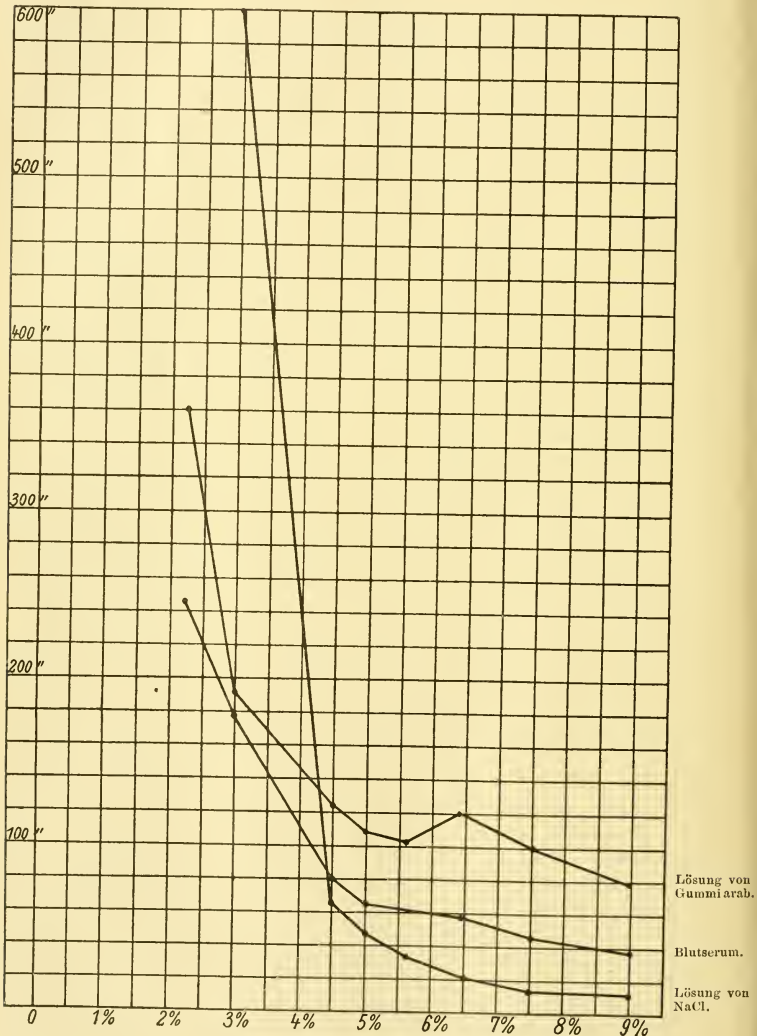
Ich habe mit einer Reihe von Beobachtungen die Zeit bestimmt, welche das destillierte Wasser braucht, um die Säule des Serums vom Ochsenblut zu durchlaufen, welche in dem von mir benutzten Rohr von 0,9 mm durchschnittlich 23 mm lang ist. Diese Zeit beträgt 33". Sie modifiziert sich, wenn man die Flüssigkeit korpuskulärer macht, d. h. wenn man in Proportionen verschiedene Mengen von roten Blutkörperchen hinzufügt. In der Tat, wenn man Ochsenblut zentrifugiert und die roten Blutkörperchen in einem Volum von Serum sammelt und zwar im kleinstmöglichen, so fand ich dabei, dass in dem von Blutkörperchen baren Ochsenblut die Substitutionszeit 35" betrug, d. h. etwas mehr als die gefundene Mittelzahl. Wenn man zu 4 ccm dieses Serums 1 ccm rote Blutkörperchen hinzufügte, so betrug die Substitutionszeit 34"; bei Hinzufügung von 2 ccm betrug die Zeit 32"; nach Zusatz von 3 ccm betrug sie 30", und endlich bei Hinzufügung von 4 ccm zeigte sich ein Zeitverlauf von 29". Im Vertrauen zur Konstanz und Präzision der Erscheinung kann man mit einem methodischen Studium aus der Zeit auf die Anzahl der roten Blutkörperchen schließen.

Dass die chemische Zusammensetzung der angewandten Flüssigkeiten von Einfluss sei, hat die Tatsache gelehrt, dass, wenn man statt des Blutserums physiologisches Serum setzt, d. h. Wasser und Salz in dem bekannten Verhältnis, so zeigt sich entweder gar kein Phänomen oder braucht eine so lange Zeit, dass es sich dabei in ein gewöhnliches Diffusionsphänomen verwandelt. Wenn man aber statt dessen eine konzentrierte Salzlösung anwendet, dann tritt die Erscheinung wieder auf. Wenn man aber dem physiologischen Serum, welches keinen raschen Wechsel erleidet, Spuren eines Kolloids hinzufügt, wie beispielsweise arabisches Gummi in Lösung, so erzeugt sich die nämliche Erscheinung und zwar in sehr rascher Weise, was eben bei der Erzeugung des Substitutionsphänomens den Einfluss der Viscosität beweist. Wenn man ebenfalls in das Kapillarrohr mit destilliertem Wasser verdünnte Stärkekleisterlösung einführt, dann tritt kein Wechsel ein; wenn dagegen der Stärke eine kleine Menge von Gummi oder Äthylalkohol hinzugefügt wird, dann tritt wieder die Erscheinung auf. Ich habe das Verhalten des Phänomens an 3 Flüssigkeiten von bestimmter Zusammensetzung prüfen wollen, nämlich an solchen von bestimmter Menge in Substanzen in Lösung und habe so die Substitutionsschnelligkeit der 3 Flüssigkeiten gefunden.

In jedem der 3 Fälle ist das Kapillarrohr dasselbe. Von den angewandten Flüssigkeiten war die eine von Gummi 9% im physikalischen Sinne; eine andere von Ochsenblutserum, welche das gleiche Verhältnis der Salze in Lösung enthielt und wieder eine von destilliertem Wasser mit 9% Kochsalzlösung. Ich habe mittelst eines Sekundenzählers die Substitutionsdauer bestimmt, d. h. einzig die Zeit berechnet, welche das mit wässriger Fuchsinlösung gefärbte destillierte Wasser braucht, um die ganze flüssige Säule von Serum zu durchlaufen, die im Kapillarrohr sich befindet. Dieselbe beträgt in meinem Falle 23 mm. Für die 3 Flüssigkeiten habe ich die Daten für die Herstellung der 3 Kurven erhalten, indem ich für jede folgende Beobachtung die Flüssigkeit immer mit einer gleichen Menge verdünnte, um die richtigen Vergleichspunkte zu haben. Ich habe demnach die 3 Kurven konstruiert, indem ich acht gab auf die Konzentration der Lösungen und auf die angewendete Zeit bei einer Temperatur von 12° C. In den 3 Kurven, welche das allgemeine Verhalten des Phänomens wiedergeben, wie in Fig. 1, stellen die Ordinaten die Zeit und die Abszissen die Konzentrationen dar. Vergleicht man die Gummi- und Kochsalzlösung mit dem natürlichen Blutserum, so bemerkt man im allgemeinen, dass die Substitutionsschnelligkeit mit der Verdünnung der Lösungen zunimmt; dass innerhalb einer gewissen Grenze die Lösung von arabischem Gummi die Neigung zu geringerer Zeitanwendung offenbart, d. h. sie wird beweglicher, allein mit der



starken Verdünnung erleidet sie das allgemeine Schicksal<sup>5</sup> aller anderen Flüssigkeiten, d. h. die Zeit steigert sich proportional mit der Verdünnung.



Bemerkenswert ist ferner die Tatsache, dass die Kochsalzlösung in ihrem Verhalten und im Vergleich zur Substitutionszeit im destillierten Wasser, sehr vom Normalserum abweicht; dass innerhalb der Grenzen, in denen wir glauben, dass sie vermöge ihrer Eigenschaften dem Serum des Normalblutes sich nähere, dagegen bedeutend abweicht. Die salzige Lösung wird mit der Verdünnung weniger agil als das echte Serum, das nicht fähig ist, Wechsel zu ertragen. Aus dieser Kurve ergibt sich noch die Tatsache, dass, je konzentrierter die salzigen oder die viskösen Flüssigkeitslösungen sind, im Gegensatz zu jeder theoretischen Voraussetzung, um so leichter die Substitution von statten geht, d. h. das destillierte Wasser weniger Zeit braucht um sie zu ersetzen. Es versteht sich von selbst, dass diese Tatsache für die konzentrierten Lösungen innerhalb der untersuchten Grenzen gilt, d. h. für einen gewissen Konzentrationsgrad, während die sehr dichten Lösungen der Kolloide sich verschieden verhalten. Eine der Bedingungen, damit die Flüssigkeiten sich ersetzen, ist: dass sie mischbar seien. So macht Öl unter den angegebenen Bedingungen keinen Wechsel. Man kann seine Refraktarität verändern, wenn man Alkohol hinzufügt. Eine Salzlösung, welche ihr Vermögen eingebüßt hat, Substitutionen einzugehen und zwar wegen starker Verdünnung, erlangt dasselbe wieder, wenn man eine gewisse Menge von kolloidaler Substanz hinzufügt und umgekehrt. Aus dem, was ich summarisch berichtet habe, geht hervor, dass bei den kinetischen und metabolischen Erscheinungen des lebenden Organismus, man diese Eigenschaft der Flüssigkeiten in Rechenschaft ziehen soll, die ihren Konzentrationen innewohnt, sowie der Molekularkonstitution. Es geht ferner hervor, dass für die viskösen Flüssigkeiten neue Eigenschaften aus dem Studium dieses Phänomens hervorgehen und man kann, soweit wir darüber Vermutungen haben, einen Schluss ziehen auf die äußeren Widerstanderscheinungen, die im lebenden Organismus vorkommen.

Es ist beispielsweise nicht wahr, dass die Viscosität sich dem Abflusse der Flüssigkeiten in den Kapillargefäßen entgegensetze, sondern innerhalb gewisser Grenzen ist sie in hohem Maß günstig für die Bewegung. Sie erleichtert die Bewegung und vermindert die Widerstandsphänomene in den Kapillaren des Körpers. Wie es leicht vorauszusehen ist, sind bis zu einem gewissen Grade die Kapillargefäße den kleinen flüssigen Zylinderchen vergleichbar, innerhalb welchen das Substitutionsphänomen vor sich geht. In vielen Geweben unseres Organismus finden wir dieselben Bedingungen wie in den erwähnten Versuchen, und ich glaube, dass bei den Absorptions- und Stoffwechselferscheinungen und im allgemeinen bei den Lebensprozessen unseres Organismus, man außer den Erscheinungen der Diffusion, der Osmose und gewöhnlicher Kapillarität, noch einen anderen Faktor in Rechnung ziehen muss, nämlich: das Sub-

stitutionsphänomen. In dieser Richtung stelle ich selbst und lasse von anderen weitere Untersuchungen in meinem Laboratorium anstellen.

Die konstante Dauer des Anstiegs für 2 Flüssigkeiten von bestimmter Zusammensetzung und die zahlreichen Anwendungen, die man in der Biologie davon machen kann, haben in mir den Gedanken wachgerufen, bei diesem Phänomen eine Formel anzuwenden. Wir stehen vor einem Problem der Hydrodynamik und ich kenne die sehr großen Schwierigkeiten, die uns im Wege stehen, um eine rationelle Formel in ähnlichen Fällen zu finden. Ich glaube jedoch, dass man in modifizierter Form die empirische von der Methode der Tragweite annehmen könne, aber diese wird, nach der nötigen Versuchskontrolle, Gegenstand einer neuen Veröffentlichung sein.

### Schlussfolgerungen.

1. Eine flüssige, in einem Rohr schwebende, und Kristalloide oder Kolloide enthaltende Säule, kann ersetzt werden, wenn sie mit der Oberfläche einer anderen verschiedenen oder weniger dicht zusammengesetzten Flüssigkeit in Berührung kommt und mit welcher sie sich vermischen kann.

2. Die Zeit, welche die Ersatzflüssigkeit braucht, um sie vollständig zu substituieren, ist eine konstante für Flüssigkeiten, welche gleiche Konstitution haben. Sie wechselt aber erheblich, wenn man in kleiner Menge die chemische Natur oder die Dichtigkeit der einen der beiden Flüssigkeiten wechselt.

3. Das Substitutionsphänomen wird bedeutend modifiziert hinsichtlich der Zeitdauer durch die Gegenwart von Körpern, welche die Eigenschaft der Viscosität mitteilen.

4. Im Gegensatz zu dem, was man annimmt, machen in gewissen Proportionen die viscösen Flüssigkeiten, im Falle sie derselben Eigenschaften entbehren sollten, beweglicher und empfänglicher für Wechselaktionen, wenn selbige in Kapillarräumen enthalten sind, selbst in Fällen, wo die Erscheinungen des äußeren Widerstandes, wegen des kleinen Durchmessers, erheblich sind.

5. Die soliden Teilchen, welche in den Flüssigkeiten suspendiert sind, modifizieren die Substitutionszeit.

6. Bei den Wechsellerscheinungen, die in unserem Organismus vorkommen, muss man, außer den schon bekannten, wie: Diffusion, Osmose und gewöhnlicher Kapillarität, auch das Substitutionsphänomen in Betracht ziehen, welches viele biologische Tatsachen aufklärt, die bislang keine angemessene Erklärung erhalten haben.

Labor. f. exp. Physiol. der kgl. Universität von Catania. 1907.

---

*Das auf S. 550 ff. abgedruckte Referat über Leche rührt von Herrn Prof. O. Carlgren (Stockholm) her.*

---

Verlag von Georg Thieme in Leipzig, Rabensteinplatz 2. — Druck der kgl. bayer. Hof- u. Univ.-Buchdr. von Junge & Sohn in Erlangen.



# ZOBODAT - [www.zobodat.at](http://www.zobodat.at)

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Biologisches Zentralblatt](#)

Jahr/Year: 1907

Band/Volume: [27](#)

Autor(en)/Author(s): Capparelli Andrea

Artikel/Article: [Ein physikalisch-chemisches Phänomen und seine Anwendung in der Biologie. 665-672](#)