

Schon die Möglichkeit, dass wir die Sache bald von dieser, bald von jener Seite auffassen können, zeigt uns, dass hier ein Problem vorliegt, welches unsere derzeitige wissenschaftliche Einsicht übersteigt. Es ist indessen von Wichtigkeit, auf solche ungelöste Fragen hinzuweisen. [113]

Ueber die morphologische und funktionelle Asymmetrie der Gliedmaßen beim Menschen und bei den höheren Vertebraten.

Von Prof. Dr. **Gust. Guldberg** in Christiania.

(Vorgetragen als vorläufige Mitteilung in der biologischen Gesellschaft in Christiania am 30. März 1896, und nun mit kleinen Ergänzungen gedruckt.)

Bei mehreren Naturforschern aus der ersten Hälfte dieses Jahrhunderts, findet man eine wohlbegründete und korrekte Deutung der Symmetrie in dem Körperbau der lebenden Organismen, als Bedingung einer schnellen und leichten Lokomotion. Bergmann und Leuckart sprechen sich so darüber aus: „Je schneller und leichter die Bewegung sein sollte, desto strenger muss natürlich die Art der gleichmäßigen Gewichtsverteilung berücksichtigt werden, desto ausgeprägter die seitliche Symmetrie sein“. Hier meinen sie besonders die bilaterale Symmetrie, die wir bei einer Mehrzahl der großen Abteilungen des Tierreiches finden.

Bei den Tierformen mit ausgeprägtem asymmetrischen Körperbau ist wie bekannt die Lokomotionsgeschwindigkeit auch nicht so groß, z. B. bei den Schnecken und Schollen. Im Großen und Ganzen darf man jedenfalls davon ausgehen, dass die Symmetrie des Körperbaues und besonders diejenige der Lokomotionsorgane in einem speziellen Verhältnis zu der Lokomotion steht, wie dies auch E. Weber¹⁾ zu meinen scheint. Dieses schließt selbstverständlich nicht aus, dass die Symmetrie noch nebenbei eine andere Bedeutung haben kann.

Wenn wir nun finden, dass bei den typisch bilateral-symmetrischen Tieren mit regelrecht symmetrischen Formen kleine, anscheinend kaum merkbare Abweichungen vorkommen, so dass innerhalb der großen und ganzen Symmetrie im Körperbaue und speziell in den Gliedern sich kleine Assymmetrien vorfinden, so kann man sich jedenfalls denken, dass diese eine gewisse Bedeutung für die Lokomotion haben, so dass diese, wenn nicht die Richtung der Bewegung durch die Sinne gelenkt wird, bis zu einem gewissen Grade gebunden wird. Diese Annahme wird auch durch die Thatsachen gestützt, die hier vorgeführt werden sollen.

Wie schon in der vorigen Nummer in dieser Zeitschrift angedeutet wurde, veranlassten eine Reihe interessanter Beobachtungen aus dem

1) Eduard Weber, Ueber die Gewichtsverhältnisse des Menschen etc. in: Verh. d. kgl. sächs. Gesellsch. d. Wiss., Math. Phys. Kl., 1849, II, S. 34.

Jagdleben, von meinem Bruder, Direktor F. O. Guldberg, mich dazu, Untersuchungen über die Asymmetrie der Glieder bei dem Menschen und den höheren Tieren vorzunehmen. Wir werden nun in dem Folgenden sehen, wie weit wir positive Resultate durch diese Untersuchungen erlangen und ob diese eventuell einige Bedeutung für die Lokomotion haben. Die späteren detaillierten Untersuchungen hierüber werden in kurzer Zeit in einer besonderen Arbeit erscheinen.

Die Anatomen sind lange damit bekannt gewesen, dass bei dem Menschen sich mehr oder weniger deutliche Abweichungen zwischen der rechten und der linken Seite vorfinden, hinsichtlich der Größe und Maße der Knochen. Wir können nennen: Malgaigne¹⁾, Hyrtl²⁾, Harting³⁾, Arnold⁴⁾, Bischoff⁵⁾ und Krause⁶⁾. In der letzteren Zeit findet man wichtige Beiträge von Garson⁷⁾, Theile⁸⁾, Gaupp⁹⁾, Rollet¹⁰⁾, Manouvrier¹¹⁾, Matiegka¹²⁾, sowie besonders von Geh-Rat v. Hasse und Dehner¹³⁾.

Diese Untersuchungen sind teils Skelettmessungen, teils Wägungen von Knochen, teils Messungen an Lebenden. Die Herren Hasse und Dehner haben Messungen der Glieder bei über 5000 militäiren Mannschaften geliefert. Wertvolle Wägungen der menschlichen Muskulatur findet man in Theile's gründlichen Untersuchungen. Zu diesem großen Material von Einzeluntersuchungen über den Menschen habe ich selbst nur Gelegenheit gehabt, eine kleinere Untersuchungs-Reihe von Messungen und teilweise Wägungen des menschlichen Extremitätenskelettes an 15 Skeletten hinzuzufügen, welche wesentlich das früher gefundene konstatieren. Sowohl die

1) *Traité d'anatomie chirurgicale etc.* Paris 1838, t. II.

2) *Handbuch der topogr. Anatomie*, 6. Aufl., Wien 1887, Bd. II.

3) *Ueber eine sich durch Vererbung fortpflanzende Asymmetrie etc.* Jenaische Zeitschr., Bd. V.

4) *Handbuch der Anatomie des Menschen.* Freiburg 1849, Bd. I.

5) *Einige Gewicht- und Trockenbestimmungen der Organe des menschlichen Körpers.* in: *Zeitschr. f. rat. Mediz.*, 1863, Bd. XX.

6) *Handbuch der menschl. Anatomie*, 1879, Bd. II.

7) *Inequalities in length of the lower limbs.* in: *Journal of anat. et physiol.*, vol. XIII, p. 502.

8) *Gewichtsbestimmungen zur Entwicklung des Muskelsystems etc.* in: *Acta Leopold. Car.*, Bd. 46.

9) *Ueber die Maß- und Gewichts-differenz zwischen den Knochen der rechten und linken Extremitäten des Menschen.* Inaug.-Dissert., Breslau 1889.

10) *La Mensuration des os longs etc.* Intern. Monatschr. f. Anat. u. Physiol., Leipzig 1889.

11) *Bull. Société zool. de France*, 1882, p. 131–229.

12) *Prager mediz. Wochenschr.*, XVIII. Jahrg., 1893, Nr. 47.

13) *Unsere Truppen in körp. Beziehung.* *Archiv f. Anat. u. Entwicklungsgeschichte*, 1893.

osteometrischen Messungen sowie die Untersuchungen an Lebenden zeigen, wenn man die Resultate zusammenlegt, Folgendes:

Osteometrische Messung.

Oberextremitäten:

1. rechte Seite prädoppiert in 78%, die linke Seite 10%, Gleichheit 12%.

Untersuchungen bei Lebenden:

2. rechte Seite prädoppiert in 75%, die linke Seite 7%, Gleichheit 18%.

Osteometrische Messung.

Unterextremitäten:

1. rechte Seite prädoppiert in 29,5%, die linke Seite 50,5%, Gleichheit 20%.

Untersuchungen bei Lebenden:

2. rechte Seite prädoppiert in 16%, die linke Seite 52%, Gleichheit 32%.

Hasse und Dehner fanden indessen bei den untersuchten lebenden Individuen 99% Rechtshänder und 1% Linkshänder.

Von dynamometrischen Kraftmessungen der Hände und Unterarme hat Herr Brigadearzt Arbo mir gütigst das Resultat der Untersuchungen von 190 Mannschaften (Rekruten) mitgeteilt. Diese zeigten ein Prädoppiieren in der Kraft des rechten Armes bei 72,0%, des linken Armes in 18,4% und gleiche Stärke in 8,4%. Bei 21 Medizinern fand ich bei den Oberextremitäten rechtsseitig prädoppiierend: 80%, linksseitig prädoppiierend 10% und Gleichheit beider Seiten 10%. Bei diesen wurde auch die Traktionskraft der Unterextremitäten in denselben Fällen untersucht und zeigten 38% rechtsseitig prädoppiierend, 52,4% linksseitig prädoppiierend und Gleichheit bei 9,5%. In diesen Fällen zeigte sich gekreuzte Asymmetrie in ca. 40%: rechtsseitige Ueberlegenheit bei den Oberextremitäten und linksseitige Ueberlegenheit bei den Unterextremitäten.

Nachdem man ein größeres Material von Untersuchungen der letzten Art gesammelt haben wird, werden wahrscheinlich größere Uebereinstimmungen herauskommen. Das hier Gegebene zeigt inzwischen hinlänglich, wie allgemein diese, mit kleinen Werten variierende Asymmetrie ist, die sowohl morphologisch wie physiologisch nachgewiesen werden kann. Wir haben deutlich vor uns ein gesetzliches naturgebundenes Verhältnis, welches außerdem durch Hasse's ausgezeichnete Untersuchungen, auf mehreren anatomischen Gebieten, in Betreff des Menschen angezeigt ist.

Fragen wir nun, ob es solche im kleinen variierende Asymmetrien bei den höheren Tieren gibt, so lautet die Antwort verschieden. Die älteren Naturforscher meinten, dass dies der Fall wäre, während es in der neueren Zeit, besonders durch Gaupp's Untersuchungen, bestritten wird. Gaupp fand nämlich immer gleiche Längen der Extremitätsknochen auf beiden Seiten, bei einer großen Menge Säugetiere und Vögel. Nur beim Känguruh und bei den anthropomorphen Affen

konnten kleine Differenzen nachgewiesen werden. Bei den letzteren hat früher Manouvrier kleine Quantitätsdifferenzen, das Femur betreffend, besprochen.

Durch nähere Untersuchungen dieser Verhältnisse habe ich bis jetzt diese Untersuchungen teilweise bestätigen können, zum Teil bin ich aber zu andern Resultaten gekommen.

Generell kann man sagen, dass es nicht möglich ist, an Knochen von kleinen Säugetieren, geschweige denn kleineren Vögeln, einen Längenunterschied zu finden. In Betreff der Länge scheint vollständige Symmetrie zu herrschen. Dahingegen ist ein Gewichtsunterschied häufig bemerkbar. Bei vielen mittelgroßen und bei den größeren Säugetieren habe ich dahingegen eine Längendifferenz von 1 bis mehreren Millimetern deutlich nachweisen können. So ist eine kleine Quantitätsasymmetrie nachweisbar beim Hunde, Fuchs, Hasen, Pferde, Flusspferde, afrikanischen Büffel, bei einer Menge Cetaceen, selbst bei ihren Föten, sowohl bei den Vordergliedern wie bei den Schwanzflossen; beim Adler, beim Birkhahn (*Tetrao magallus*) findet man ebenfalls Differenzen; bei *Mergus merganser* fand ich gekreuzte Asymmetrie, indem die Knochen der rechten Vorderextremitäten mit $2\frac{1}{2}$ mm prädominierten, und die linken Hinterextremitäten mit 1 mm. Bei *Anser brachyrhynchus* waren die Extremitäten der rechten Seite prädominierend je mit $1\frac{1}{4}$ — $1\frac{1}{2}$ mm. Bei anderen wieder war das Flügelskelett auf beiden Seiten gleich, z. B. bei *Cygnus Bewickii*, während die Hinterglieder eine kleine Prädominanz auf der rechten Seite zeigten. Bei wieder anderen konnte nicht irgend eine Differenz im Skelette nachgewiesen werden.

Was bedeutet nun dieses? Nichts, oder ist es nur zufällig? Selbst wenn sich keine osteometrisch nachweisbare Differenz finden lässt, können wir doch das Vorhandensein einer Muskular-Asymmetrie nicht bestreiten, wörtlich ich neulich Erfahrungen in Bezug auf junge Hunde gemacht habe. Ferner scheint es a priori nicht unwahrscheinlich, dass wenn eine eventuelle morphologische Asymmetrie in den Lokomotionsorganen eine Rolle spielen soll, sie in der physiologischen Funktion, nämlich im Gange, im Fliegen oder im Schwimmen nachgewiesen werden können muss.

Wie bekannt wird der Gang oder der Lauf — resp. der Flug oder das Schwimmen — sehr schnell automatisch unter der Körperentwicklung des Individuums.

Die Richtung der Bewegung, unter der Voraussetzung, dass diese auf einer Fläche oder in einem Medium ohne Hindernisse vor sich geht, wird von und durch die muskulare Kraft bestimmt, da die beiden Körperhalfteile Lokomotionsorgane abgeben, und wenn diese gleich stark sind, so wird die Richtung gradlinig, wenn nicht das Tier durch

den Einfluss der Sinne oder in Folge mechanischer Hindernisse die Richtung verändert. Sind dahingegen die Lokomotionsorgane des einen Körperhalbteils etwas, wenn auch nur ein wenig stärker, oder gibt dieser eine etwas kräftigere Muskelwirkung ab als der andere — sei sie begründet in der aktiven oder passiven Ueberlegenheit der Bewegungsorgane der einen Seite — so muss die Bewegungslinie von der stärkeren nach der schwächeren Seite hin abweichen. Sind also die Extremitäten des rechten Körperhalbteils stärker als die des linken, so muss die Bewegungsrichtung nach links abweichen und zum Schlusse kommt das Tier nach seinem Ausgangspunkte zurück, vorausgesetzt, dass die Kraftentfaltung die ganze Zeit gleich und gleichmäßig war. Steigt dahingegen die Kraftentfaltung unter der vorwärtsschreitenden Bewegung, so wird die Bewegungslinie eine Spirale, indem die stärkere Muskelaktion auf der einen Seite einen kleineren Zirkel hervorbringt als eine schwächere Muskelaktion.

Man kann nun, im Großen und Ganzen davon ausgehen, dass morphologisch nachweisbare Quantitätsdifferenzen bei den Extremitätsknochen und Muskeln der einen Seite von analogen Differenzen in der physiologischen Kraftabgabe begleitet sind; als Beispiel wird angeführt, dass die Knochen der rechten Oberextremität in der Länge in 78% prädominieren, bei Lebenden prädominiert die rechte Oberextremität in 75% und in Kraft in 72% (die Abweichungen in den Zahlen beruhen sicherlich zum großen Teil darauf, dass der prozentuale Wert auf Basis ungleich großen Materials ausgerechnet ist). Mit anderen Worten: eine morphologische Asymmetrie wird in der Regel angenommen als von einer funktionellen Asymmetrie begleitet.

Wie an einer anderen Stelle in dieser Zeitschrift angeführt, behauptet Direktor F. O. Guldberg, gestützt auf zahlreiche biologische Beobachtungen des freien Lebens der Tiere in der Natur, sowie durch eine Reihe physiologischer Versuche, die wir beide zusammen ausgeführt haben, dass eine Reihe höherer Tiere und der Mensch unter gewissen Verhältnissen eine Kreisbewegung ausführen, nämlich, wenn die Bewegung nicht durch die Sinne geleitet ist. Der betreffende Mensch oder das Tier kommt nämlich dann nach seinem Ausgangspunkte zurück. Diese Kreisbewegung ist jedoch etwas verschieden in Betreff auf Form und Ausdehnung, indem man zwischen einer biologischen Kreisbewegung unterscheiden muss, die man bei freier Bewegung der Tiere draußen in der Natur beobachten kann, wenn aus einem oder dem anderen Grunde die Bewegung unbewusst geschieht und nicht von den Sinnen, oder weniger vollkommen durch die Sinne gelenkt wird (es waren diese Beobachtungen die den Direktor F. O. G. auf den Gedanken der Kreisbewegung hinleiteten), und eine physiologische Kreisbewegung, die experimental durch temporäre Elimination der Sinne oder der wichtigsten leitenden Sinne nachge-

wiesen werden kann; auf dieser letzteren beruht die biologische Kreisbewegung.

Um Missverständnissen und Vermischungen zu entgehen, muss hier vorausgeschickt werden, dass diese Zirkularbewegung etwas ganz verschiedenes ist von der den Physiologen bekannten „Manègebewegung“ die durch Läsionen der *Pedunculi cerebelli experimental* hervorgerufen wird, oder wenn pathologische Affektionen gewisser Bahnen im Cerebrum und Cerebellum auftreten.

Die Kreisbewegung nahm, F. O. Guldberg a priori an, sollte auf einen asymmetrischen Bau in den Lokomotionsorganen oder im Organismus im Allgemeinen zurückgeführt werden können.

Bei unsren gemeinschaftlichen Arbeiten zur Untersuchung dieser Aufgabe, bei welchen die morphologischen Untersuchungen mir ganz zufielen, während wir zusammen die physiologischen Versuche ausgeführt haben, ist es uns mehr und mehr klar geworden, dass die Kreisbewegung auf einer funktionellen Asymmetrie in den Bewegungsorganen beruhen muss, welche in mehreren Fällen auch morphologisch nachgewiesen werden konnte.

Die physiologischen Versuche zeigen, dass von Hunden und Kaninchen, deren Augen und Ohren bedeckt wurden, während beim Hunde gleichzeitig das Geruchsvermögen eliminiert oder jedenfalls durch stark riechende Stoffe herabgesetzt wurde, beim Schwimmen auf ruhigen Wasserflächen immer denselben Kreis von demselben Individuum beschrieben wird.

Lässt man Vögel — z. B. Tauben, Schwalben, Meisen — mit zugedeckten Augen und Ohren fliegen — unter absoluter Windstille — so sieht man immer, dass dasselbe Individuum in demselben Kreise fliegt, es sei zur Rechten oder zur Linken; der zur Linken schwimmende Hund liefert immer Kreise nach links; bei diesen müssen die Lokomotionsorgane der rechten Seite das Uebergewicht haben.

Indem ich noch nicht die Details über die neulich vorgenommenen Untersuchungen mit jungen Hunden zu veröffentlichen wünsche, will ich hier nur Folgendes anführen:

Auf der ruhigen Wasserfläche eines Binnensees mit flachem Boden wurde unter anderen mit 3 jungen Hunden experimentiert, von denen der eine 2 Monate und die 2 anderen 4 Monate alt waren. Sie lieferten schöne und präzise physiologische Kreise, von 2—5 Meter im Diameter. Nach den Versuchen wurden sie, der eine nach dem anderen, getötet und jedes Tier wurde seciert und ihre Extremitätsmuskeln gewogen.

1. Der 2 Monate alte Hund, der Kreise nach links lieferte, zeigte muskulares Uebergewicht auf der rechten Seite, indem die Muskeln des Vordergliedes allerdings nur ein Uebergewicht von 0,05% auf der rechten Seite hatte (0,10 g), während das rechte Hinterglied

ein muskulares Uebergewicht von 0,8% (1,68 g) hatte¹⁾. 2) Der 4 Monate alte Hund (♀) lieferte eine Reihe Kreise nach Rechts. Hier zeigte sich ein muskulares Uebergewicht am linken Vorderbein von 0,8% (2,64 g), während hier bei den Hinterbeinen eine kleine Prädominanz auf der rechten Seite von 0,05% (0,27 g) war. Das gesamte Uebergewicht wurde jedoch dadurch zusammengenommen nur unbedeutend verringert. Interessant ist es, dass man hier „gekreuzte muskulare Asymmetrie“ hat, welche Theile auch beim Menschen nachgewiesen hat. 3. Der andere 4 Monate alte Hund (♂), lieferte Kreise nach rechts (von 4—5 Meter im Diameter), außerordentlich schöne und regelmäßige. Die morphologische Untersuchung seiner Muskeln zeigte ein ausgeprägtes einseitiges muskulares Uebergewicht auf der linken Seite, nämlich bei den Vordergliedern 1,7% (6,430 g) und bei den Hintergliedern 1,5% (7,230 g). Es sei in Betreff auf die Untersuchung bemerkt, dass teils die einzelnen Muskeln, teils die Muskelgruppen gewogen wurden. Die Untersuchungen eines jeden Hundes erforderte 2 Tage lange strenge Arbeit. Kautelen wurden benutzt um Wasserverluste der Muskulatur durch Verdampfen zu verhindern. Die Knochen wurden nachher frisch gemessen, zeigten aber keinen deutlichen Unterschied. Später sollen sie nach der Präparation sowohl gemessen wie gewogen werden. Aehnliche Untersuchungen werde ich nach und nach mit verschiedenen Tierarten vornehmen lassen.

Beim Menschen ist die Asymmetrie so allgemein bekannt, ebenso sind die Kreiswanderungen des Menschen, wenn er sich z. B. im Walde verirrt, eine von Arild's Zeit her unzweifelhaft festgestellte Erfahrung, dass weitere Beweise wohl kaum erforderlich erscheinen. Beispiele von Rudern im Kreise bei Nebel sind bekannt genug, ebenso Kreiswanderungen in finstern Wäldern. Bindet man einem Menschen die Augen zu und lässt ihn auf ebener Fläche gehen, z. B. auf einer mit neu gefallenen Schnee bedeckten Eisfläche, so sieht man bald Kreise bald Spiralen, die unter seiner Wanderung entstanden sind. Das schließliche Ergebnis kann dadurch konstatiert werden, dass man das Kräfteverhältnis der Unterextremitäten durch den Dynamometer prüft. — Soll der Versuch inzwischen rein sein, so muss Windstille herrschen und kein Laut zu hören sein. Bei Blinden sind die anderen Sinne so geschärft, dass sie gleich dem einen oder anderen zur Leitung benutzen, wenn man nicht alle Kautelen anwendet. Ebenso kann Belastung der einen oder anderen Seite auf die Richtung Einfluss haben.

Obgleich das bis jetzt untersuchte Material in Betreff auf die Tiere noch verhältnismäßig klein an Zahl ist, sind doch die gefundenen Thatsachen insofern überzeugend, dass man von einer physiologischen

1) Beim Menschen variierte das gesamte Uebergewicht der einen Extremität von 10 pro Mille bis fünf Prozent (cf. Theile l. c.).

Zirkularbewegung sprechen darf, die nicht identisch mit der durch Läsionen hervorgerufenen „Manègebewegung“ ist, und dass diese physiologische, normal vorkommende Zirkularbewegung in einem kausalen Verhältnis zur Asymmetrie der Lokomotionsorgane steht. Wie generell diese Asymmetrie bei den bilateral-symmetrischen Tieren ist, lässt sich noch nicht sagen, jedenfalls ist sie viel mehr verbreitet, als man bis jetzt angenommen hat. [109]

Im August 1896.

M. Arthus, Nature des Enzymes.

Paris 1896.

Die Frage, worin die Wirkung der Fermente besteht, wird schon lange diskutiert, und die Zahl der Theorien, die zu ihrer Lösung aufgestellt worden sind, ist ziemlich ansehnlich. Pasteur sah in den Gärungsprozessen nur die Wirkung der lebenden Zelle. „Der chemische Vorgang der Gärung ist wesentlich an einen vitalen Vorgang geknüpft, denn die Gärung beginnt mit letzterem und sistiert mit ihm“. So formulierte Pasteur diese „vitalistische“ Theorie, der Liebig sodann seine „mechanistische“ gegenüberstellte. Diese besagte, dass bei der Gärung die Molekelu einer zerfallenden stickstoffhaltigen Substanz in Schwingungen geraten, und dass diese Schwingungen sich auf die gärungsfähige Masse fortpflanzen. Zwar griff Liebig mit Unrecht gleichzeitig Pasteur's Versuche an, die bewiesen, dass die Zuckergärung an die Ernährung und Entwicklung der Hefeorganismen gebunden sei, aber die Aufstellung seiner neuen Theorie hatte doch zur Folge, dass man nun den Gärungsvorgang nicht mehr dem gewöhnlichen Protoplasmastoffwechsel gleichsetzte. Die molekulare Bewegung, die Liebig annahm, brauchte ja nicht gerade durch den Zerfall von Materie angeregt zu werden, es ließ sich auch annehmen, dass sie von besonderen Organismen oder von besonderen Produkten derselben angeregt wird. Denn jedenfalls musste nach den Pasteur'schen Versuchen anerkannt werden, dass die Gärungsvorgänge irgendwie verknüpft sind mit der Thätigkeit lebender Organismen; entweder können diese selbst, respektive ihre löslichen Produkte, Enzyme genannt, auf mechanische, physikalische oder chemische Weise die Umsetzungen hervorrufen, oder aber es geht bei der Gärung nur eine besondere Form von Energie, die irgendwie zu lebender Materie in Beziehung steht, in eine andere Form über.

In den meisten Fällen wurde die erste Annahme den Theorien zu Grunde gelegt, und es war nur die Erklärung, wie die Gärungsorganismen oder die Enzyme die Spaltungsvorgänge einleiteten, verschieden.

Berzelius erklärte die Umsetzungsprozesse durch eine katalytische oder Kontaktwirkung der Gärungserreger. Den analogen Vorgang sah er in der Wirkung von Platinschwamm, der, ohne selbst eine Veränderung zu erleiden, beträchtliche molekulare Umlagerungen verursacht. Platinschwamm, der Sauerstoff absorbiert enthält, bringt Wasserstoff zur Entzündung, bildet aus SO_2 SO_3 , zersetzt sauerstoffhaltiges Wasser, Prozesse, die sonst ohne Weiteres nie zustande kommen.

Bunsen und Hüfner meinten, dass die Fermente bei der Gärung dieselbe Rolle spielen, wie die Schwefelsäure bei der Aetherdarstellung, dass also analog den Gleichungen: 1. Alkohol + Schwefelsäure = Alkohol-

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Biologisches Zentralblatt](#)

Jahr/Year: 1896

Band/Volume: [16](#)

Autor(en)/Author(s): Guldberg Gustav Adolph

Artikel/Article: [Ueber die morphologische und funktionelle Asymmetrie der Gliedmaßen beim Menschen und bei den höheren Vertebraten. 806-813](#)