

Archiv für **pathologische Anatomie und Physiologie** und für **klinische Medicin.**

Bd. XXVII. (Zweite Folge Bd. VII.) Hft. 5 u. 6.

XXI.

Experimentelle Untersuchungen über die Transfusion, Transplantation oder Substitution des Blutes in theoretischer und practischer Beziehung.

Von Prof. Dr. P. L. Panum in Kiel.

(Schluss von S. 295.)

III.

Bei den älteren Versuchen über Transfusion, welche namentlich im 17. Jahrhundert eifrig angestellt wurden, ward die Frage über den Einfluss der Anwendung des Blutes derselben oder einer anderen Thierart nicht zum Gegenstande experimenteller Untersuchungen gemacht. Es wurde bald Blut derselben Thierspecies, bald dasjenige einer anderen Species und Ordnung zu den Versuchen benutzt, ohne dass ein Unterschied in der Wirkung den Beobachtern auffiel. Bei den Mittheilungen von Denis und Consorten ist es freilich keineswegs befremdend zu lesen, dass er in Gegenwart eines Herzogs und anderer vornehmer Personen einem alten Pferde durch Transfusion von Widderblut neue Kräfte und vortrefflichen Appetit verlieh, kurz es verjüngte u. dergl. Sehr auffallend und bemerkenswerth ist es dahingegen, dass die zum

Theil vortrefflich beobachteten, von Lower, Thomas Coxe, King und Hook unter Mitwirkung von Robert Boyle vor der philosophischen Facultät in London angestellten Versuche mit so erstaunlicher Leichtigkeit über diesen wichtigen Punkt hinwegkamen. Ihre Experimente wurden ohne Unterschied mit dem Blute von Thieren derselben oder einer anderen Art angestellt und es ist nur auffallend, dass die Referate derjenigen Fälle, wo das Blut ferner stehender Thiere angewandt wurde, grösstentheils sehr unvollständig sind. Es wird z. B. berichtet, dass einem Bullenbeisser das Blut eines Schaafes eingeflösst wurde und dass er sich darnach recht wohl befunden habe *). Es heisst ferner, dass einem Schäferhunde Schaafblut in gleicher Weise beigebracht wurde, dass aber die Gerinnung des Blutes machte, dass dieser Versuch nicht so leicht vor sich ging wie die vorhergehenden **). Ueber das endliche Schicksal dieser beiden Hunde liegen keine näheren Angaben vor. Auch über das Resultat eines Versuches, bei welchem King einem spanischen Hunde 15 Unzen Blut entzog, und demselben darauf wenigstens 17 Unzen Blut aus der Art. cruralis eines Schaafes einflösste, fehlen die näheren Angaben ***). Dass sie indess hierbei nicht absichtlich ungünstige Resultate haben verhehlen wollen, das scheint aus den ausführlicheren Berichten über das Schicksal eines Fuchses dem Lammbhut, eines Schaafes dem Hundebhut und eines anderen Schaafes dem Kalbsblut transfundirt wurde, hervorzugehen. Da diese Berichte in mehrfacher Beziehung interessant sind, glaube ich sie hier nach Scheel wiedergeben zu dürfen.

„King †) liess aus der zur Transfusion präparirten Vene eines sehr kleinen und mageren Fuchses Blut abfliessen und zwar wegen seiner Magerkeit nur 5 Unzen. Er zapfte hierauf so lange das Blut eines Lammes in ihn über, bis er sehr kurzathmig wurde, worauf King, aus Besorgniss, er möchte ersticken, das Ueberströmen des Blutes aus dem Lamme unterbrach. Da er dennoch ebenso kurzathmig blieb, so liess King noch 4 Unzen Blut mehr

*) Birch l. c. II. S. 123 u. 125 und Scheel l. c. S. 57—58.

**) Birch l. c. II. S. 133. Scheel l. c. S. 59.

***) Scheel l. c. S. 62.

†) Birch l. c. II. S. 190. Scheel l. c. S. 67—69.

aus ihm abfliessen, welches jetzt viel heller roth war, als vor der Vermischung mit dem Blute des Schaafes. Der Fuchs schien nach diesem Blutverluste aber noch schwächer, als zuvor; man flüsste ihm daher von neuem so lange Blut aus dem Lamme ein, bis man ihn unfähig glaubte, ohne Gefahr mehr zu empfangen. Dennoch fuhr er fort, sich sehr übel zu befinden, war scheuer wie zuvor und liess sein gewöhnliches Fressen und Getränk stehen, doch bellte er und schnappte mit grosser Wuth in einen ihm vorgehaltenen Stecken. Nach 24 Stunden überfiel ihn ein Zittern, er wurde schwächer und starb. Nach seinem Tode floss ihm etwas Blut aus der Nase. Seinen Brustkasten und Unterleib fand man halb voll von blutigem Wasser, oder vielmehr von Blut; alle Gefässe waren sehr ausgedehnt und die Gedärme schienen entzündet zu sein.“

„Einem Schaaf entzog King*) Blut, bis es schwach wurde und leitete hierauf das Blut eines Hundes so lange in dasselbe über, bis es seiner Rechnung nach ebenso viel Blut und mehr erhalten hatte, als ihm abgelassen war und bis es äusserst krank schien. Er setzte es hierauf auf die Füsse, es wollte aber nicht stehen, sondern legte sich nieder und war in solcher Beängstigung (agony), dass man fürchtete, es werde sterben. Da man aus dem heftigen Schluchzen (clapping of the diaphragm) schloss, dass es zu viel Blut von dem Hunde erhalten habe, so liess man ihm zehn bis zwölf Unzen abfliessen, worauf das Schluchzen sich legte und das Athemholen viel freier wurde; doch befand das Thier sich noch 2—3 Stunden lang übel. Am nächsten Morgen befand es sich erträglich wohl und frass Heu. Wie man es auf die Weide schickte, frass es und schien sich 6—7 Tage lang wohl zu befinden, doch hielt es sich nicht zur übrigen Heerde; 3 oder 4 Tage später starb es. Die Wunde am Halse fand man, weil sie vernachlässigt war, von der Hitze des Wetters und von den Verletzungen der Fliegen sehr übel zugerichtet. Das transfundirte Blut war anfangs der V. jugularis des Hundes entnommen, als es aber aus dieser nicht mehr fliessen wollte, war man genöthigt gewesen, das Blut aus der Art.

*) Birch l. c. S. 166, 167. Scheel l. c. S. 66, 67.

carotis zu nehmen. Der Sectionsbefund fehlt bis auf jene Angaben bezüglich der Halswunde.“

„King hatte einem Schaaf*) aus der V. jugularis 49 Unzen Blut entzogen und ihm aus der V. jugularis eines Kalbes eine vermeintlich entsprechende Quantität Kalbsblut eingeßst. Es hatte das Schaaf hiernach seine völligen Kräfte wie zuvor, und ging umher, als man es auf die Erde setzte. Gleich darauf hatte man es aber geschlachtet und es war gestorben, nachdem 65 Unzen ausgeflossen waren. Dieser Versuch wurde dem Wunsche der Societät gemäss so wiederholt**), dass man das Thier nachher am Leben zu erhalten suchte. Einem kleineren Schaaf wurden mehr als 45 Unzen Blut entzogen, wodurch es in den Zustand der grössten Schwäche gerieth und ohne Rettung verloren schien. Hierauf leitete King aus der Vene eines grossen Kalbes das Blut 7 Minuten lang in das Schaaf über, so dass es nach seiner Rechnung mehr Blut erhielt, als es verloren hatte. Als man es nach dem Versuche losband, war es so muthig, dass es auf der Stelle den zufälliger Weise gegenwärtigen Hund, dem Dr. King Schaafsblut eingeßst hatte, sehr nachdrücklich angriff. Man schickte es hierauf auf die Weide ins Gras; es befand sich 3 Wochen lang vollkommen wohl, dann aber wurde es krank, zehrte ab und starb.“

Die genannten Forscher, deren volle Wahrheitsliebe man nicht in Zweifel ziehen kann, hatten sich bei ihren zahlreichen Versuchen von den Gefahren überzeugt, welche durch die Gerinnung des Blutes, durch zu schnelles Einspritzen und durch Transfusion zu grosser Blutmengen entstehen und sie schrieben daher die unglücklichen Fälle, die sie bei Anwendung verschiedener Blutarten wahrnahmen, diesen Umständen, nicht aber der Fremdartigkeit des Blutes zu. Dieser Gedanke lag ihnen, so wie allen anderen Experimentatoren jener Zeit vielmehr so fern, dass sie gar kein Bedenken trugen, Lammblut, Hammelblut oder Kalbsblut dem Menschenblute bei der Transfusion an Menschen entschieden den Vorzug zu geben. Mehrere dieser Fälle sind in der That so interessant und merkwürdig, dass sie in kurzem Auszuge hier Platz finden mögen.

*) Birch l. c. S. 164. Philos. Trans. No. 25. Scheel l. c. S. 63, 64.

**) Birch l. c. II. S. 166—169. Scheel l. c. S. 65.

Ein närrischer, übrigens körperlich gesunder Baccalaureus der Theologie, Arthur Coga, liess sich von Lower und King *) für eine Guinee (!) 6—7 Unzen Blut entziehen und sich dafür etwa 10—11 Unzen Blut aus der Carotis eines Lammes einflössen. Als man ihn fragte, warum er sich vorzugsweise das Blut eines Lammes habe einflössen lassen, antwortete er auf Latein mit komischer Ernsthaftigkeit: Quia sanguis agni habet symbolicam quandam facultatem cum sanguine Christi. Christus enim est ovis Dei. Er rauchte danach Tabak und trank Wein. In der Folge schwitzte er ein Paar Stunden lang, hatte im Laufe des Tages 3 bis 4 Stuhlgänge, befand sich aber dabei so wohl, dass er sich erbot, die Operation noch einmal an sich vornehmen zu lassen, was auch etwa 3 Wochen später geschah. Es wurden ihm bei diesem zweiten Versuche 8 Unzen Blut entzogen und dafür 14 Unzen Lammblut transfundirt. Hiernach litt er an einem vorübergehenden fieberhaften Zustande, den man aber dem Weine zuschrieb, den er genossen hatte. Uebrigens befand er sich bleibend körperlich wohl, blieb aber so närrisch wie vorher. Zum dritten Male hatte er jedoch keine Lust, die Operation an sich vollziehen zu lassen und er pflegte sich in der Folge den Märtyrer der philosophischen Facultät zu nennen.

Auch bei den in Frankreich und in Italien in dieser Periode ausgeführten Transfusionsversuchen fiel es Niemanden ein, die Frage zu verfolgen, ob das Blut derselben oder einer anderen Thierspecies bei der Transfusion besser vertragen würde, und man verwandte für die Transfusion bei Menschen immer das Blut von Wiederkäuern. So wurde in Italien die Transfusion 3 mal von Riva und einmal von Manfred ausgeführt, indem man das Blut aus der Carotis eines Hammels oder Widders in die Armvene kranker Menschen überströmen liess. Von Diagnose und Indication war dabei kaum die Rede und bezüglich des Erfolges scheint nur so viel festzustehen; dass die betreffenden Patienten weder starben noch einen merklichen Schaden von der Operation hatten. Dennoch wurde dieselbe von Rom aus 1668 förmlich verboten,

*) Scheel l. c. I. 170—177.

offenbar aber aus geistlichen, nicht aus medicinischen Rücksichten. Unter den in Italien um diese Zeit an Thieren angestellten Versuchen verdienen einige von Ippolito Magnani*) hier genannt zu werden, weil bei ihnen ein Symptom notirt wurde, das in der Folge wichtig erscheint. Ein Hund, dem er Hammelblut transfundirt hatte, entleerte nämlich blutigen Harn und starb. Nach dem Tode fand man die Adern sehr mit Blut angefüllt und die Harnblase voll Blut. Magnani vermuthete deshalb, dass zu viel Blut transfundirt sei und warnte sehr hiergegen. — Ein zweiter (kräftiger und stumpfsinniger) Hund, der unmittelbar nach der Operation umherging, viel munterer schien als vorher, und sich mehrere Male schüttelte, harnte Blut und starb, wie man meinte, weil er sich unversehens mit den Pfoten die Vene aufgerissen hatte, an Verblutung. Wie viel Blut diesen beiden Hunden entzogen und wieder eingeflösst wurde, ist nicht angeführt. Einem dritten Hunde, dessen Blut vorher durch Transfusion in einen anderen hinübergeleitet war, wurde von einem Hammel so viel Blut beigebracht, dass er nach der Operation zwar wieder zu Kräften kam, sich aber wunderlich gebehrdete, indem er immer im Kreise herum lief und sich darauf in eine Ecke des Zimmers hinlegte. In der Nacht und am ganzen folgenden Tage entleerte er viel blutigen Harn; dabei trabte er mit schnellen Schritten im Kreise herum und man hörte dann in den Gedärmen ein Geräusch, wie wenn Wasser in einem Gefässe geschüttelt wird. Er starb am nächstfolgenden Morgen. Den Unterleib fand man dann von einer dunkelrothen, serösen Flüssigkeit angefüllt; eine ähnliche, aber dunklere, etwas grünliche Materie fand sich im Magen; die Gedärme und Nieren enthielten ebenfalls eine blutähnliche, seröse Flüssigkeit. Im Herzen, in der Blase und in der linken Hälfte des Craniums war ein ähnliches blutiges, aber mehr dickliches Fluidum. Auch in diesem Falle erklärte Magnani die Erscheinungen aus der zu grossen eingeflössten Blutmenge. Endlich wird ein Versuch angeführt, wo man einem alten, sehr mageren Windspiel auf gewöhnliche Weise Hammelblut eingeflösst hatte, ohne dass irgend

*) Scheel l. c. II. S. 10—14.

einer der obigen Zufälle entstand; dasselbe bekam, heisst es, vielmehr neue Kräfte und befand sich fortdauernd wohl. Magnani schrieb dies dem Umstande zu, dass man sich vor Blutüberfüllung gehütet hatte. Wie viel Blut aber eingebracht wurde, ist nicht angegeben. Die von Denis, Carassini, Harwood und Anderen mitgetheilten zahlreichen Versuche an Thieren sind ebenso werthlos als die in dieser Angelegenheit von der Königl. Societät zu Paris angestellten Versuche, da sie nicht sowohl zum Zweck wissenschaftlicher Forschung angestellt wurden, als vielmehr um vorgefassten oder angeblichen Meinungen zur scheinbaren Stütze zu dienen und von persönlichem Ehrgeiz, Habsucht und Animosität diktirt wurden. Es kann daher unter solchen Verhältnissen nicht befremden, dass von diesen Experimentatoren nicht nur keine schädlichen Folgen von der Uebertragung des Blutes von Wiederkäuern in Hunde oder umgekehrt berichtet werden, sondern sogar Heilungen der wunderbarsten Art erdichtet wurden. Nur in 2 unter mehr als 50 Versuchen, die Denis an Thieren, meist Hunden, anstellte, und welchen meist Kalbs- oder Lammblood transfundirt wurde, wird des Blutharnens erwähnt, aber als eines Symptoms, dem man durch gehörige Präparation mit Sicherheit vorbeugen könne*). Bezüglich dieses Symptoms verdienen dahingegen die von Gurye angeführten Versuche eines Ungenannten bemerkt zu werden, indem es heisst: „dass die Hunde nach einer reichlicheren Transfusion immer Blut pissten**).“ Ob dabei jedoch Blut derselben oder einer fremden Art transfundirt wurde, ist nicht bemerkt. Bemerkenswerther als seine Experimente an Thieren, sind die von Denis an Menschen, immer mit Lamms- oder Kalbsblood vorgenommenen Transfusionsversuche, weil diese der Controle seiner eifersüchtigen Collegen nicht entzogen werden konnten. Dies gilt freilich weniger von seinen beiden ersten Versuchen. Der erste wurde nämlich an einem in Folge grosser Anämie schlafstüchtigen Menschen, den er in seinen Dienst genommen hatte, ausgeführt, und der zweite an einem dazu für Geld gemietheten, übrigens gesunden Menschen.

*) Scheel J. c. I. S. 131.

**) Scheel J. c. I. S. 119.

Beiden wurde arterielles Lammsblut unmittelbar aus der Art. carotis eines Lammes in eine Armvene eingeflösst. Im ersteren Falle wurden dem Betreffenden 3 Unzen Blut entzogen und dafür etwa 9 Unzen Lammsblut beigebracht; im letzteren Falle wurden dem Menschen 10 Unzen Blut entzogen und ebenso viel eingeflösst. Beide Subjecte sollen sich unmittelbar nach der Operation sehr wohl befunden haben und scheinen auch später keinen Schaden von derselben gehabt zu haben. Der Diener verlor jedoch einige Stunden nach der Operation einige Tropfen Blut aus der Nase. Beide scheinen überdies nach der Operation etwas unruhig gewesen zu sein, was jedoch, besonders bei dem schlafsüchtigen Diener, als Besserung gedeutet wurde. Seine dritte Transfusion unternahm Denis an einem vornehmen Fremden, einem Baron Bond aus Schweden. Die Prognose wurde hier sehr ungünstig gestellt und Denis entschloss sich nur widerstrebend, auf daß Andringen anderer Aerzte und der Verwandten des doch aufgegebenen Kranken zur Operation. Die Transfusion, welche mit circa 6 Unzen Kalbsblut vorgenommen wurde, schien den Zustand des Kranken vorübergehend zu bessern. Als derselbe wieder schlechter wurde, wiederholte man am folgenden Tage die Transfusion, aber 12 Stunden später starb der Kranke. Bezüglich der Diagnose heisst es, dass der Kranke an einem „Fluxus hepaticus und lientericus mit galliger Diarrhoe und heftigem Fieber“ gelitten habe. Nach der Transfusion ist ebenfalls von Entleerungen des Darmkanals wiederholt die Rede. Bei der Leichenöffnung fand man eine Intussusception des Ileums nebst Verhärtung und Vergrößerung des Pankreas, der Milz und der Leber. — Bei weitem wichtiger als diese 3 Fälle erscheint uns der 4te. Derselbe betraf einen Kammerdiener Mauroy, der mehrmals wahnsinnig gewesen war und bei dem letzten Anfälle, ein Paar Monate lang im Freien umherirrend, viel von Hunger und Kälte ausgestanden hatte. Angeblich um ihn zu heilen, wurden ihm 10 Unzen Blut entzogen und ihm dafür 5—6 Unzen Blut aus der Art. cruralis eines Kalbes in eine Armvene transfundirt. Man unterbrach die Operation, weil der Kranke ausrief, er falle in Ohnmacht. Nachher ass und trank er, war aber verrückt wie vorher. Da Denis ihn jedoch etwas weniger verrückt fand, als gewöhn-

lich, wurde die Operation am folgenden Tage wiederholt, indem ihm diesmal nur 2—3 Uncen Blut entzogen und dafür wenigstens 1 Pfd. Kalbsblut eingeflösst wurde. Hierbei hob sich sein Puls; darauf brach starker Schweiss im Gesicht aus, der Puls wurde unregelmässig und der Kranke klagte über Schmerzen in der Nierengegend, sowie über grosse Athemnoth. Während des Verbindens trat Erbrechen, Drang zum Harnen und zur Stuhlentleerung ein. Er erbrach sich zwei Stunden lang und fiel darauf in Schlaf. Beim Erwachen klagte er über Schmerz und Müdigkeit in allen Gliedern und entleerte eine grosse Menge Harn, der so schwarz war, als ob man Russ darunter gemischt hätte. Uebrigens war er ruhig und vernünftig (!?) geworden. Er schlief am folgenden Tage und in der Nacht viel. Am nächstfolgenden Tage entleerte er wieder ein grosses Quantum Urin, der beinahe ebenso schwarz war wie der vorige. Auch blutete er reichlich aus der Nase. Es wurde ihm ein kleiner Aderlass gemacht. Der Harn nahm nun nach und nach ein helleres Aussehen an, sein Zustand besserte sich und er war wieder so vernünftig geworden, wie früher in den freien Perioden. Der Kranke lebte in 2 darauf folgenden Monaten keineswegs vorsichtig. Seine Ehefrau, die seiner überdrüssig war, versuchte mehrmals ihn durch Arsenik zu vergiften und veranlasste schliesslich durch vieles Bitten und Drängen Denis dazu, die Transfusion zum dritten Male vorzunehmen. Während der Vorbereitungen zur Operation starb aber M., höchst wahrscheinlich durch das ihm von seiner Frau beigebrachte Gift, bevor noch die Arterie des mitgebrachten Kalbes geöffnet war*). Nach dem Berichte Lamy's dahingegen, soll M. während der Transfusion gestorben sein und seine Angaben über den Erfolg der Operation weichen wesentlich von denen des Denis ab. In Folge dieses Todesfalles wurde Denis in einen Process verwickelt. Da er inzwischen Doctor der Facultät und Leibarzt des Königs wurde, setzte er die Transfusion später nicht fort, und diese Operation verlor ganz ihren Credit in Frankreich, obgleich ein eigentliches Verbot gegen dieselbe, Scheel's Untersuchungen zufolge, daselbst nicht erlassen zu sein scheint.

*) Scheel l. c. I. S. 123—157.

Der Gedanke, dass es für den Ausfall der Operation von Wichtigkeit sei, die Verwandtschaft der Thiere, mit deren Blut experimentirt wird, zu berücksichtigen, scheint zuerst durch die Experimente, welche Rova mit Scarpa 1783—1785 anstellte, und welche ganz den Charakter wissenschaftlicher und glaubwürdiger Untersuchungen tragen, angeregt worden zu sein. Bemerkenswerth ist hierbei, dass sich das Blut von Kälbern für Lämmer vollkommen brauchbar erwies, und dass weder Blutharnen noch andere bedenkliche Erscheinungen bei diesen Thieren auftraten, obgleich grosse Blutmengen entzogen und transfundirt wurden (bei 40—50 Pfund schweren Lämmern 20—28 Uncen, bei Hammeln 61 Uncen bis 3 Pfd.). Die Lämmer wurden in ihrem Wachsthum nicht beeinträchtigt und wurden selbst ausnehmend fett und kräftig. Auch diese Forscher heben übrigens die Gefahren der Transfusion einer grösseren Blutmenge, als derjenigen, die den Thieren vorher entzogen wurde, stark hervor. — Mit diesem Resultate stimmt ein neuerer Versuch von Milne Edwards gut überein, der einen Esel, der durch Blutung getödtet war, durch Transfusion von Pferdeblut wieder belebte.

Mit voller Schärfe wurde aber erst von Prevost und Dumas, ihren Experimenten zufolge, die Behauptung vorgebracht, dass das Blut eines Wirbelthieres für ein Wirbelthier einer anderen Ordnung und Familie unter Umständen wahrhaft giftig sei, und dass man nur bei Anwendung des Blutes derselben Art günstige Resultate erwarten dürfe. Besonders gefährlich zeigte sich das Blut von Vögeln im Kreislauf der Säugethiere.

Dieses Resultat wurde von Rayer, Leacock und Anderen bestätigt, aber durch die späteren Untersuchungen von Bischoff und von Brown-Sequard wieder zweifelhaft gemacht. Bischoff kam zuerst freilich zu dem Resultate, dass der fremde Faserstoff Träger des Giftes sei, da das gequirte Blut nicht dieselben schädlichen Wirkungen hervorbrachte *). Als er sich aber später überzeugte, dass arterielles Blut bei direkter Transfusion, obgleich es den Faserstoff enthielt, ebenso wenig schädlich wirkte, wie das

*) Müller's Archiv für Anatomie und Physiologie. Jahrg. 1835. S. 347—377.

geschlagene Blut, während venöses Blut die von Prevost-Dumas, Dieffenbach und ihm selbst beobachteten Erscheinungen und den Tod herbeiführte, gab er diesen Gedanken auf und schrieb der venösen Beschaffenheit des fremden Blutes die giftige Wirkung zu. Er warf hierbei die Frage auf, ob es vielleicht die „Thier-Schlacken“ des venösen Blutes seien, die so tödtlich seien?*)

Am eingehendsten hat sich jedoch Brown-Sequard**) mit hierher gehörigen Experimenten beschäftigt. Er kam, wie schon oben p. 36 bemerkt, zu dem Resultate, dass es der Kohlensäure-reichthum des venösen Blutes sei, der die giftigen Wirkungen desselben bedinge. Er fand nämlich, dass Hunde, Katzen, Kaninchen, Meerschweinchen und Vögel auch durch Injection ihres eigenen Blutes getödtet werden, wenn es stark mit Kohlensäure imprägnirt ist. Die tödtliche Wirkung erfolgte, wenn die Menge des Kohlensäure gesättigten Blutes mehr als $\frac{1}{800}$ des Körpergewichts betrug, einerlei, ob dasselbe von demselben Thiere, von einem anderen Thiere derselben Art oder von einem Thiere einer anderen Art herührte. Die Krämpfe bei der Asphyxie, welche selbst nach Durchschneidung des Rückenmarks auch im Hinterkörper auftraten, leitete Brown-Sequard vom Kohlensäuregehalt des Blutes her. Ebenso erklärte er diejenigen Krämpfe, die er in einzelnen Theilen des Körpers durch Injection kohlensäurereichen Blutes in die betreffenden Arterien hervorbrachte. Wenn er z. B. den Unterleib eines lebenden Thieres öffnete und schwarzes Blut von der Aorta aus, oberhalb des Abganges der Nierenvene injicirte, so traten Krämpfe des Hinterkörpers ein, welche durch Injection von rothem, arteriellem oder mit Luft geschütteltem geschlagenen Blute wieder verschwanden. Je reicher das Blut dabei an Kohlensäure war, desto heftiger wurden die Krämpfe, und je reicher es an Sauerstoff war, desto schneller hörten sie auf. Wenn er ferner einer trächtigen Hündin oder einem trächtigen Kaninchen kurz vor dem Werfen, nach Aufhebung aller Verbindungen mit dem Nervensystem, venöses

*) Ibid. Jahrg. 1838. S. 357.

**) Comptes rendus 1851. T. 32. p. 855 u. 897; 1855. T. 41. p. 629; 1857. T. 45. p. 562 u. 925. Journal de physiol. I. p. 95—122.

Blut in die Aorta injicirte, so contrahirte sich der Uterus und oft erfolgte Austreibung einer oder mehrerer Früchte. Die Uterincontractionen hörten augenblicklich auf, wenn er arterielles Blut injicirte. Ebenso verhielten sich die Muskeln des animalen Lebens, wenn sie durch die Durchschneidung ihrer motorischen Nerven gelähmt waren, aber ihre Contractionen waren weniger kräftig. Brown-Sequard fügt hinzu, dass alle durch schwarzes (kohlen-säurereiches) Blut hervorgebrachten Contractionen intermittirend sind, oft mit regelmässigen Intervallen. Je schneller das kohlen-säurereiche Blut injicirt wurde, desto heftiger und tödtlicher war die Wirkung, und bei sehr langsamer Injection, wobei die Kohlensäure durch die Lungen entfernt werden konnte, gelang die Injection bisweilen, ohne dass der Tod erfolgte. Auf diese Weise getödtete Thiere konnten bisweilen durch künstliche Respiration wieder belebt werden. Hieraus schliesst er, dass das schwarze, kohlen-säurereiche oder venöse Blut für die Nervencentra einen sehr starken, für die Nerven und die contractilen Gebilde einen schwächeren Reiz abgebe, und dass es unfähig sei, die Lebens Eigenschaften zu bewahren und noch mehr unfähig, sie zurückzurufen. Aus den schon bei einer früheren Gelegenheit bemerkten Gründen kann ich den Schlussfolgerungen nicht beitreten, die Brown-Sequard aus seinen Versuchen bezüglich der reizenden Eigenschaften der Kohlensäure abgeleitet hat. Dahingegen ist es ganz gewiss richtig, dass das schwarze, kohlen-säurereiche oder venöse Blut unfähig ist, die Lebens Eigenschaften zu erhalten und zurückzurufen.

Uebrigens kam aber Brown-Sequard zu dem Resultate, dass das Blut eines Wirbelthieres, sofern es nicht mit Kohlensäure imprägnirt sei, kein Gift für ein anderes Wirbelthier, ja dass es sogar vollkommen tauglich sei, die durch Blutung erloschenen Lebenskräfte wieder hervorzurufen, und zwar um so tauglicher, je mehr es mit Sauerstoff gesättigt sei. Durch Schütteln mit atmosphärischer Luft hellroth gemachtes Blut eines jeden Wirbelthieres, kann nach Brown-Sequard ohne Gefahr in die Venen eines jeden Wirbelthieres injicirt werden, vorausgesetzt, dass nicht zu viel injicirt wird. Geschlagenes Blut von Kaninchen,

von Meerschweinchen, vom Hahn, von der Taube, Ente, Schildkröte, vom Frosch und Aal wurde Hunden durch die Vena jugularis injicirt, ohne andere Störung, als eine momentane Einwirkung auf Respiration und Kreislauf, die auch bei Anwendung des Blutes derselben Thierspecies eintritt — wahrscheinlich durch die Ausdehnung des rechten Vorhofes. 20—40 Gramm fremdes Blut wurde Hunden ohne vorhergehende Blutentziehung ohne wesentlichen Schaden für ihre Gesundheit injicirt. Wurde aber vor der Transfusion soviel Blut entzogen, als wieder injicirt wurde, so konnten ohne Schaden 100, ja selbst 150 Gramm Vogelblut den Hunden injicirt werden. In gleicher Weise konnte Brown-Sequard den Kaninchen ungestraft Hühner- und Taubenblut transfundiren, und Hühner, Hähne und Tauben ertrugen es sehr gut, wenn ihnen, nach Entziehung von 10—20 Gramm Blut, eine gleiche Menge Hunde-, Meerschweinchen- oder Kaninchenblut injicirt wurde. Nur wenn zu schnell oder zu viel geschlagenes Blut injicirt ward, traten, besonders bei Vögeln, heftige und selbst tödtliche Störungen des Kreislaufes und der Respiration auf; dieselben Erscheinungen kamen aber zum Vorschein, wenn ihr eigenes, wie wenn fremdes Blut injicirt war. Mittels des Mikroskopes will er die Blutkörperchen von Hunden und Kaninchen noch einen Monat lang nach der Injection bei Vögeln wieder aufgefunden haben; dahingegen konnte er die Blutkörperchen der Vögel, nachdem sie in den Kreislauf der Säugethiere gebracht waren, nicht wieder auffinden, nachdem 1 Stunde verstrichen war, während sie $\frac{1}{4}$ Stunde nach der Injection allenthalben aufzufinden waren. Er schloss daraus, dass die Blutkörperchen der Vögel sich im Kreislaufe der Säugethiere schnell auflösen. Ich glaube nicht, dass dieser Schluss berechtigt ist, da das allmälige Verschwinden im Laufe einer Stunde davon abhängen könnte, dass die grösseren ovalen Blutkörperchen der Vögel allerdings manche Capillaren passiren können, in anderen aber stecken bleiben. Bevor nun sämtliche Blutkörperchen des Vogelblutes in den engen Capillarnetzen stecken bleiben, muss eine gewisse Zeit verstreichen. Besonders aus dem Mangel auffallender durch die Embolie bedingter Erscheinungen scheint er, wie vor ihm Magendie, geschlossen zu haben, dass sie nicht in den Capillaren stecken geblieben sein

könnten, sondern aufgelöst sein müssten. Dieses Argument ist aber den in Virchow's und meinen Untersuchungen über Embolie mitgetheilten Erfahrungen gegenüber durchaus nicht stichhaltig, da solche kleine Pfröpfe, wenn sie nicht ganze Gefässbezirke verstopfen, sehr oft keine merklichen Störungen hervorbringen. Es würde die Auflösung der Blutkörperchen der Vögel im Kreislaufe der Säugethiere überdies auffallend sein, wenn es wahr ist, dass die Blutkörperchen der Säuger sich im Kreislaufe der Vögel so gut conserviren, wie Brown-Sequard angiebt und wie auch Marfels und Mole-schot*) es constatiren. Die Erkennung der Blutkörperchen eines Thieres im Kreislaufe eines anderen ist indess meinen Erfahrungen zufolge keineswegs so leicht und sicher, wie man es theoretisch erwarten möchte. Die ovalen Blutkörperchen der Vögel und Frösche sind freilich den runden der Säuger gegenüber leicht genug zu erkennen, aber schon die Blutkörperchen vom Hunde einerseits und vom Schaaf oder Kalbe andererseits sind, obwohl in ihren Mittelgrössen wesentlich verschieden, nicht immer mit einiger Sicherheit zu erkennen, da im Hundeblute kleinere Blutkörperchen vorkommen, welche von den grössten Exemplaren der Blutkörperchen jener Wiederkäuer an Grösse übertroffen werden.

Wie dem nun auch sei, so würde es von theoretischem und auch von praktischem Interesse sein, wenn die Blutkörperchen einer Thierspecies in einer anderen funktioniren und fortbestehen könnten, sofern ihre Grösse kein Hinderniss abgäbe. Die Menschen sind ja jetzt vieler Orten, und nicht ohne guten Grund, so wenig geneigt, ihr Blut zum Besten Anderer herzugeben, dass es ganz angenehm sein würde, wenn man unbedenklich Thierblut zu Transfusionen benutzen könnte, und nach Brown-Sequard's Darstellung scheint dieser Anwendung kein Bedenken weiter entgegen zu stehen, vorausgesetzt, dass dasselbe durch Quirlen gehörig mit Sauerstoff imprägnirt ist. Falls man endlich daran denken möchte, einen grossen Theil des Blutes eines Individuums durch anderes Blut zu substituiren, wie es obigen Versuchen zufolge ja möglich ist das Blut eines Hundes durch das gequirlte Blut eines anderen Hundes zu

*) Untersuchungen zur Naturlehre des Menschen. I. S. 51—60. 1856.

verdrängen und zu substituiren, so wäre es in den meisten Fällen völlig unmöglich, das nöthige Quantum menschlichen Blutes aufzutreiben. Es stehen einer solchen für die Praxis verwertbaren Schlussfolgerung indess zwei gewichtige Bedenken entgegen. Einerseits nämlich hat Brown-Sequard — die volle Zuverlässigkeit seiner Angaben vorausgesetzt — die Nothwendigkeit der Imprägnation des Blutes mit Sauerstoff und die Schädlichkeit der Imprägnation desselben mit Kohlensäure so stark betont, dass seine fernere Behauptung, dass das Blut eines Wirbelthieres für ein anderes keineswegs giftig sei, sondern nur durch Mangel an Sauerstoff und durch Ueberfluss an Kohlensäure dieselben giftigen Eigenschaften annehme, die auch an dem Blute derselben Species unter gleichen Voraussetzungen wahrnehmbar wären, vielleicht nicht so ganz strenge zu verstehen ist, sondern nur jene Aufstellungen gewissermaassen bestärken soll. — Andererseits sind die älteren Mittheilungen, denen zufolge arterielles Blut eines Thieres, in den Kreislauf eines Thieres einer anderen Art gebracht, schädlich wirkte, und zur Wiederbelebung durch Transfusion ungeeignet befunden wurde, indem die Thiere sich wohl anfangs erholten, aber bald nachher unter heftiger Erkrankung starben, dadurch keineswegs entkräftet. Selbst ein von Brown-Sequard mitgetheilte Fall erscheint sehr verdächtig, indem ein krankes Pferd, dem man 120 Gramm Vogelblut injicirt hatte, nach 5 Tagen unter Beschleunigung des Pulses und der Respiration starb. Allerdings könnte die vorher schon vorhandene Erkrankung des Pferdes hieran Schuld sein, und allerdings könnte möglicher Weise die Ueberfüllung des Gefäßsystems in anderen Fällen, wo das fremde Blut schädlich gewirkt hatte, ohne dass der Kohlensäuregehalt oder die Sauerstoffarmuth desselben angeschuldigt werden konnte, den unglücklichen Ausgang veranlasst haben. Immerhin aber schienen mir fernere Versuche nöthig zur Entscheidung der Fragen, ob das fremde Blut auch unabhängig von dem Gehalte desselben an Kohlensäure und Sauerstoff schädlich wirke, und ob man das Blut einer Thierspecies mit bleibendem Erfolge zur Wiederbelebung von Thieren einer anderen Species, die durch Blutverlust dem Tode nahe gebracht waren, benutzen kann oder nicht?

Folgende Versuche, die ich über diese Fragen angestellt habe, ergeben ein der von Brown-Sequard angebahnten Meinung ungünstiges Resultat, wenigstens für die Verwerthung des Blutes der Kälber und der Lämmer im Kreislauf der Hunde:

1. Einem gesunden 7800 Gramme schweren Hunde wurden 100 Ccm. Blut aus der Jugularvene entzogen und dafür 64 Ccm. so eben entleertes, noch warmes defibrinirtes Kalbsblut injicirt. Die Injection wurde langsam ausgeführt und es traten bei derselben keinerlei bemerkenswerthe Symptome auf. Danach war aber eine grosse Niedergeschlagenheit und Appetitlosigkeit des sonst munteren und gefräßigen Thieres auffallend. Ueberdies stellte sich eine sehr hartnäckige und schwer zu stillende Nachblutung aus den kleinen Hautgefässen der Halswunde ein, welche sonst nach einer solchen Operation, auch bei fast ganz defibrinirten Thieren, niemals zu bluten pflegen. Er entleerte überdies einen stark blutig gefärbten Harn, der auch noch erhaltene Blutkörperchen, nebst vielem Eiweiss enthielt und stark alkalisch reagirte. Diese Beschaffenheit des Harns erhielt sich am folgenden Tage unverändert, nur dass Blutkörperchen nicht mehr mit Sicherheit in demselben aufzufinden waren. Im Laufe von 4 Tagen nach der Injection des gequirten Kalbsblutes wurde der Harn nach und nach heller und weniger eiweisshaltig, bis er am Ende des 4ten Tages seine normale Beschaffenheit wieder angenommen hatte. Dabei verlor sich die blutige Färbung früher als der Eiweissgehalt. In demselben Verhältnisse, als der Harn wieder normaler wurde, kehrte auch der Appetit und die frühere Munterkeit zurück. Am 5ten Tage schien er bis auf eine ziemlich bedeutende Abmagerung wieder hergestellt zu sein; er hatte bei dem Versuche 750 Gramme an Gewicht verloren.

2. Derselbe Hund wurde nun 2 Monate lang reichlich gefüttert und es wurde ab und zu seine 24stündige Harnstoffmenge bestimmt. Um die 24stündige Harnmenge vollständig zu sammeln, wurde er nach Entleerung des Harns mittelst eines elastischen Katheters in den Observationskasten gesetzt, der mit Zinkblech ausgekleidet den inzwischen entleerten Harn sogleich in eine darunter gestellte Flasche abfliessen liess. Am Ende der 24stündigen Periode wurde der noch in der Harnblase befindliche Harn durch den Katheter entleert und mit der in die Flasche abgeflossenen Menge vereinigt. So secernirte der Hund, bei gemischter Kost in beliebiger Menge, in 300—400 Ccm. Harn durchschnittlich 42,5 Grm. Harnstoff in 24 Stunden. In den einer solchen reichlichen Fütterungsperiode folgenden 24 Stunden, während deren er keine Nahrung erhielt, secernirte er 13—14 Grm. Harnstoff, und in den darauf folgenden 24 Hungerstunden des nunmehr als darmler zu betrachtenden Thieres durchschnittlich 7,5 Grm. Harnstoff. Am 26. Mai 1861 wog er nach 48stündigem Hungern 6990 Grm., am 27. Mai nach dem Fressen 7650 Grm. Am 28. Mai wurden ihm nun 400 Ccm. Blut aus der Carotis entzogen, bis alle Lebenszeichen verschwunden waren. Es wurde dabei die Oberfläche der Hornhaut und der Conjunctiva unempfindlich bevor die Respirationsbewegungen aufgehört hatten. Darauf wurden ihm nach und nach 320 Ccm. so

eben entleertes, noch warmes, gequirktes Lammsblut in die Jugularvene injicirt. Bei der 2ten Spritze, deren jede 32 Ccm. fasste, traten krampfhaftige Zwerchfellzuckungen auf. Bei der 3ten Spritze wurden die Respirationsbewegungen regelmässig. Bei der 4ten wurden die Augen empfindlich und allmählig kehrte die Empfindung sowohl als die willkürliche Bewegung zurück, und die Empfindlichkeit schien selbst grösser geworden zu sein, als normal. Nach beendigter Injection bellte der Hund mit sehr kräftiger Stimme, aber ohne äussere Veranlassung. Dabei sah er wild aus und bewegte Kopf und Nacken mit grosser Kraft, wohingegen die Extremitäten so schwach waren, dass er nicht auf den Beinen stehen konnte. Es traten bald nachher ausserordentlich heftige Nachblutungen aus ganz kleinen Gefässen der Schnittwunde ein, und es gelang erst nach mehr als einer Stunde die Blutung durch Knopfnadt und Tamponade zu stillen. Ferner wurde der Liquor aqueus beider Augen stark blutig gefärbt, wodurch die Augen ein sehr eigenthümliches Aussehen bekamen. Dabei hatte sich die Temperatur, welche nach der Verblutung und anfangs nach der Injection sehr gesunken war, sehr auffallend gehoben, so dass die Leistengegend sich ganz warm anfühlte. Der Puls war sehr kräftig, ziemlich beschleunigt und die Respiration schien normal zu sein. Noch 2 Stunden nach der Operation bellte er unaufhörlich, mit eigenthümlichem, aber sehr kräftigem und gleichsam muthigem Ton und sah sehr wild aus. Dann sanken seine Kräfte immer mehr, der Puls wurde schwach und um 8½ Uhr, 3½ Stunden nach der Operation starb er. — Bei der Section ergab sich Folgendes: In der einen Lunge fand sich eine kleine, mit schwärzlichem Blute infiltrirte Stelle. Im Magen sah man starke Sugillationen der Muskelhaut und 3—4 Unzen Schleim von saurer Reaction und von sehr dunkler, schwärzlicher, chokoladeartiger Färbung. Auch im Darm fand sich blutiger Schleim mit Injection und Imbibition der Schleimhaut. In der Leber sah man viele kleine petechienartige Ecchymosen. Die Gallenblase war voll von dunkler Galle. Das Pankreas war blass. Die Nieren hatten durch enorme Injection ein fast ganz schwarzes Aussehen angenommen. Die Harnblase war contrahirt; die Schleimhaut derselben war durch Bluterguss im submucösen Bindegewebe in grossem Umfange abgehoben. Das Aussehen der Milz war normal. Das Hirn war überall blutreich und weich. Die graue Masse war, besonders stellenweise, sehr stark geröthet und erweicht und zeigte viele kleine Extravasate. Die Cerebrospinalflüssigkeit war blutig gefärbt. Der grösste Theil des Blutes war bei der Section ziemlich dünnflüssig, dunkel und röthete sich kaum an der Luft, gerann aber nachträglich. Es konnten nur einzelne Blutkörperchen von solcher Grösse aufgefunden werden, dass sie unzweifelhaft als dem Hundeblut angehörig erkannt werden konnten. Die Muskeln waren ungewöhnlich dunkel gefärbt. Fett war ziemlich reichlich im Unterhautbindegewebe und im Netz vorhanden. — Im blutigen Mageninhalte waren keine Blutkörperchen zu erkennen. Im Harn konnten einzelne aufgefunden werden, der Hauptsache nach rührte aber die dunkle Färbung desselben von gelöstem Blutroth her; er enthielt viel Eiweiss, aber nur Spuren von Harnstoff. — Der Liquor aqueus des Auges war stark blutig gefärbt, aber es waren durchaus keine Blutkörperchen in demselben zu entdecken.

3. Ein 15130 Grm. schwerer, fatter Hund, dem vor 10 Tagen 200 Ccm. Blut entzogen und der nur mit Brod und Wasser gefüttert worden war, wurde darauf mehrere Tage lang der Inanition unterworfen, um das Maass seiner Harnstoffsecretion während der completen Inanition zu bestimmen. Nach 24stündigem Hungern lieferte er in den darauf folgenden 24 Stunden 7,227 Grm. Harnstoff; in den nächstfolgenden 7,42 Grm. und in den dann folgenden 24 Stunden 7,3535 Grm. Sein Perspirationsverlust betrug dabei resp. 225 Grm., 195 Grm. und 175 Grm. Darauf wog er am 21. Mai 13710 Grm. Es wurden ihm nun, nach Entleerung der Harnblase mittelst des Katheters, um 5 Uhr Nachmittags 200 Ccm. Blut entzogen und dafür 160 Ccm. so eben entleertes, noch warmes, defibrinirtes Kalbsblut in die Jugularvene injicirt. Während der Injection traten dabei gar keine Symptome auf. Später erfolgte eine Nachblutung aus den kleinen Hautgefässen der Wunde. In Folge derselben war der Observationskasten, in welchem das Thier eingesperrt worden war, am folgenden Tage inwendig mit Blut besudelt. Das unter dem Kasten zur Aufsammlung des Harns hingestellte Glas enthielt c. 30 Ccm. einer ziemlich dicken, blutigen Flüssigkeit, die jedoch weder Gerinnsel enthielt, noch an der Luft gerann. Die chemische Untersuchung derselben ergab viel Eiweiss und Blutroth, aber keinen Harnstoff. Das Thier war am Tage nach der Operation sehr matt und konnte nur mit Mühe auf den Beinen stehen. Die Pupille war dilatirt, der Puls etwas beschleunigt, die Respiration natürlich. Die Blase enthielt nur etwa 10 Ccm. einer sehr blutigen Flüssigkeit, in welcher kein Harnstoff nachgewiesen werden konnte. Die Temperatur im Rectum betrug 36° C. Die Lippen, die Haut und die Extremitäten waren kalt anzufühlen. Die alte Wunde am Halse war ganz bläulich gefärbt. Abends lebte er noch, lag aber ganz still und war sehr schwach. In der Nacht starb er, etwa 30 Stunden nach der Injection des Kalbsblutes. Weder das Glas noch die Blase enthielten Flüssigkeit. Es war somit in den 30 letzten Lebensstunden des Thieres gar kein Harnstoff secernirt worden.

Bei der Section waren die Lungen normal, bis auf etwas dunklere Färbung der linken Lunge, die durch die Lage des Thieres auf der linken Seite ihre Erklärung fand. In den Gefässen fand sich viel flüssiges Blut, besonders in der linken Kammer. Der Magen enthielt 100 Ccm. einer sauren, gelblichen, mit braunen Flocken versetzten Flüssigkeit. Die Magenschleimhaut war an den Falten roth infiltrirt, sonst blass. Im übrigens blassen Dünndarm fanden sich einige blassrothe Streifen und Flecken und an den Falten der Uebergangsstelle des Dünndarms in den Dickdarm, sowie an den Längsfalten des Dickdarms, waren sehr dunkle Sugillationen zu erkennen. Der Dickdarm war leer, ebenso die stark contrahirte Harnblase. Die Nieren waren sehr hyperämisch. Die Milz erschien normal, das Pankreas blass. Die Leber war stellenweise gelb gefleckt. Die Gallenblase war mit dunkler Galle erfüllt. Im Unterhautbindegewebe und im Netz fand sich noch viel Fett. Die Muskeln waren auffallend dunkel.

Aus den vorstehenden Versuchen geht hervor, dass das Blut der Wiederkäuer (Schaaf und Kalb) durch Transfusion in die Venen

eines Hundes allerdings das durch Hämorrhagie erloschene Leben wieder zurückrufen, die Nerven- und Muskelthätigkeit, sowie die Respiration und Wärmeproduction wieder beleben kann — aber nur für kurze Zeit. Das injicirte fremde Blut erregt zwar bei der Injection keine besonderen Symptome, wird aber wieder ausgestossen, theils durch Hämorrhagie, theils durch Auflösung der Blutkörperchen. Die Zersetzungsprodukte, unter denen sich nicht Harstoff befindet, bringen ernstliche Störungen hervor, die bei Anwendung geringer Mengen des fremden Blutes und bei hinreichender Menge des eigenen überstanden werden können, die aber bei grösseren Mengen fremden und bei grösserem Mangel eigenen Blutes zum Tode führen, bald unter Erscheinungen eines stillen Hinsterbens, bald unter denen der Hirnreizung. Remplacement von etwa $\frac{1}{8}$ — $\frac{1}{4}$ der Blutmasse bewirkte den Tod nach circa 30 Stunden, die Substitution von etwa $\frac{2}{3}$ der Blutmasse führte schon in $3\frac{1}{2}$ Stunden zum Tode, $\frac{1}{2}$ — $\frac{1}{10}$ der Blutmasse rief zwar ernstliche Erkrankung hervor, ohne indessen einen tödtlichen Ausgang zu bedingen. Weder Kohlensäurereichthum und Armuth an Sauerstoff (venöse Beschaffenheit des Blutes), noch Ueberfüllung des Gefässsystems, noch der Faserstoff, noch irgend welche andere abnorme Beschaffenheit des Blutes, als eben die, dass es von einer anderen Thierart herrührte, konnte bei diesen Versuchen als Ursache der krankhaften Symptome und des tödtlichen Ausganges in Betracht kommen.

Die durch vorstehende Untersuchung gewonnenen Resultate lassen sich in zwei Klassen bringen, nämlich in solche, die für die Physiologie von Bedeutung sind, und in solche, die für die Praxis Interesse haben.

In physiologischer Beziehung dürften die wichtigsten Resultate dieser Untersuchungsreihe folgende sein:

1. Die Entfernung des Faserstoffs oder die Defibrination des Blutes hat an und für sich keine merklichen Störungen zur Folge, selbst wenn das ursprüngliche, faserstoffhaltige Blut durch gequirktes Blut eines anderen Individuums derselben Art substituiert wird. Die Defibrination an und für sich ruft namentlich nicht die

von Magendie angegebenen Blutstockungen und Ausschwitzungen hervor, die diesen Forscher zu dem Schlusse veranlassten, dass der Faserstoff den Durchgang des Blutes durch die Capillaren befördere. Es müssen also bei Magendie's Versuchen besondere Nebenumstände zu diesem irrigen Resultate geführt haben.

2. Die Entfernung eines grossen Theiles des normal im Blute vorhandenen Faserstoffes hat keinen merklichen Einfluss auf die Grösse der Harnstoffausscheidung. Also ist die Hypothese, der zufolge der Faserstoff des Blutes das Material für den Harnstoff abgeben sollte, unbegründet.

3. Der Faserstoff wird bald vollständig reproducirt, und wenigstens 48 Stunden nach Entfernung der grössten Menge dieser Substanz aus dem Blute ist die normale Menge desselben wieder vorhanden; bei accidentell hinzutretender Entzündung wird aber in gleicher Zeit ein Quantum gebildet, welches das normale Maass weit übersteigt. Diese Reproduction des Faserstoffes wird nicht dadurch beeinträchtigt, dass der grösste Theil des dem Thiere ursprünglich eigenen Blutes durch gequirktes Blut eines anderen Individuums derselben Art substituiert wird.

4. Da das seines Faserstoffes beraubte Blut nicht nur die durch Blutverlust verloren gegangenen Lebenseigenschaften des Nervensystems vollständig und bleibend zu restituiren und zu erhalten vermag, sondern auch (bezüglich der Ernährung der Gewebe, selbst des Wachsthums bei jungen Thieren, sowie bezüglich der Verdauung, der Respiration, der Wärmebildung und der Absonderungen) das ursprüngliche, faserstoffhaltige Blut vollkommen zu ersetzen vermag, so kann der Faserstoff für diese Functionen keine wesentliche Rolle spielen. Die von mir schon 1851 ausgesprochene und später besonders durch Virchow zur Geltung gebrachte Ansicht, dass der Faserstoff nur ein Nebenprodukt der Zellenbildung und Gewebsernährung sei, der secundär ins Blut hineinkomme, nicht aber, wie z. B. Vogel wollte, das Material sei, woraus die Gewebe gebildet werden, scheint somit durch diese ganze Versuchsreihe wesentlich gestützt zu werden.

5. Die im gequirkten Blute enthaltenen, mit Sauerstoff gesättigten Blutkörperchen vermögen, auch wenn sie von einem anderen

Individuum derselben Species herrühren, die durch Blutverlust verloren gegangenen Lebensigenschaften des Nervensystems vollständig zu restituiren, wenn nur kurze Zeit nach dem Erlöschen der Lebenserscheinungen durch den Blutverlust verstrichen ist.

6. Da es möglich ist, die ganze Blutmasse eines Thieres, wenigstens bis auf etwa 3 pro mille, durch gequirktes Blut eines anderen Thieres zu verdrängen und zu ersetzen, ohne dass die normalen Functionen des Organismus dadurch aufgehoben, ja ohne dass sie wesentlich gestört werden, so können also auch die für diese Functionen jedenfalls sehr wesentlichen rothen Blutkörperchen in einen anderen thierischen Organismus derselben Art transplantirt, d. h. so in denselben übertragen werden, dass sie in normaler Weise fortfunctioniren, wie die eigenen, dem Thiere ursprünglich angehörigen Blutkörperchen.

7. Das transplantirte, fremde Blut vermag nicht nur das dem Thiere ursprünglich angehörige Blut bezüglich aller Functionen, der Erhaltung der Nerven- und Muskelthätigkeit, der Ernährung, der Verdauung, der Respiration, der Wärmebildung und der Absonderungen vollkommen zu substituiren, sondern es scheint sich auch ebenso lange lebensfähig zu conserviren, wie das normale Blut und schliesslich in derselben normalen Weise wie dieses zu zerfallen. Dieses lässt sich aus dem Umstande schliessen, dass keinerlei abnorme Ausscheidungsprodukte das normale Fortbestehen der gewöhnlichen Absonderungen und der übrigen Functionen stört, und bezüglich der rothen Blutkörperchen auch aus dem Umstande, dass der Gehalt des transplantirten Blutes an rothen Blutkörperchen durchaus nicht grösseren Schwankungen zu unterliegen scheint, als wenn das Thier mit den ihm ursprünglich eigenen Blutkörperchen fortfunctionirt, ja dass dieser Gehalt, nachdem der grösste Theil des Blutes durch fremdes gequirktes Blut substituiert ist, sich mehrere Tage lang unverändert erhalten kann.

8. Die Verminderung der ursprünglichen, normalen Blutmenge durch Blutentziehungen oder durch einen Bluttausch, bei welchem mehr Blut entleert als wieder injicirt wird, gleicht sich sehr bald aus, theils durch den Lymphstrom, theils durch Aufsaugung von Wasser vom Darm aus.

9. Das Maass der durch längere Inanition auf eine für mehrere Tage ziemlich constante Grösse herabgebrachten Harnstoffsecretion wird nicht dadurch verändert, dass ein grosser, ja der grösste Theil des dem Thiere ursprünglich eigenen Blutes durch gequirktes Blut eines Thieres derselben Art substituirt wird, und die von der Diät abhängigen Veränderungen der Harnstoffausscheidung treten in derselben Weise und in demselben Umfange ein, nachdem der grösste Theil des Blutes durch fremdes gequirktes Blut eines Thieres derselben Art verdrängt und ersetzt ist, wie vorher.

10. Auch das Maass der Perspiratio insensibilis scheint nicht durch die Substitution eines grossen Theiles des Blutes durch fremdes gequirktes Blut eines Thieres derselben Art alterirt zu werden, doch sind die Untersuchungen noch specieller auf diesen Punkt zu richten.

11. Durch das gequirkte Blut der Wiederkäuer (Schaaf oder Kalb) ist man allerdings im Stande, die durch Verblutung aufgehobenen Functionen des Nervensystems, der Respiration und der Wärmebildung bei Hunden wieder hervorzurufen, aber nur vorübergehend, indem das transplantierte, fremde Blut im Organismus der anderen Thierart zerfällt und in aufgelöstem Zustande wieder durch den Harn und Darm, sowie in das Parenchym und in die serösen Höhlen des Körpers ausgeschieden wird.

12. Zu den Zersetzungsprodukten des Blutes der Wiederkäuer im Kreisläufe eines Fleischfressers zählt nicht der Harnstoff, ja die Harnstoffsecretion wird durch dieselben ganz unterdrückt. Die Meinung Bischoff's, dass der Harnstoff nicht direkt aus dem Blute, sondern aus den Geweben des Körpers gebildet werde, scheint durch diese ganze Versuchsreihe wesentlich gestützt zu werden.

Für die praktische Anwendung der Transfusion als Heilmittel bei Menschen glaube ich folgende Resultate aus der vorliegenden Untersuchung ableiten zu dürfen:

1. Gequirktes Blut verdient bei der Transfusion unbedingt den Vorzug vor dem ungequirkten venösen Blute, a) weil die offenbaren und verborgenen Gefahren der Uebertragung von Gerinnseln bei der Transfusion dadurch vermieden werden, b) weil das gequirkte Blut

durch seinen grösseren Sauerstoffgehalt wirksamer ist, als venöses Blut, c) weil diejenigen Gefahren, welche der grössere Kohlensäure-reichthum des venösen Blutes bedingt, dadurch vermieden werden, d) weil bei Anwendung des gequirten Blutes, ohne in der Ausführung irgend welchen Zeitverlust zu verursachen, die Vollendung der Operation niemals durch zu frühzeitige Gerinnung des Blutes vereitelt wird, selbst wenn man grössere Blutmengen anwenden will, und endlich e) weil die Anwendung des gequirten Blutes durch die Abwesenheit des Faserstoffs durchaus nicht besondere, etwa durch Anwendung venösen Blutes zu vermeidende Gefahren bedingt.

2. Es ist nur statthaft gesundes Menschenblut zur Transfusion bei Menschen zu verwenden. Denn obgleich ältere Versuche darzuthun scheinen, dass das Blut nahe verwandter Thierarten mit Erfolg transplantiert werden und bleibend im neuen Organismus fortfunctioniren kann, z. B. Kalbsblut im Lamm (Rosa) und Pferdeblut im Esel (Edwards), und obgleich die durch Blutung erloschenen Lebens Eigenschaften eines Säugethieres auch durch Transfusion des gequirten Blutes einer anderen, demselben ferner stehenden Säugethierart wieder hervorgerufen werden können, so steht doch sehr zu befürchten, dass dieser Erfolg, wie bei Hunden durch das Blut von Lämmern oder Kälbern, nur ganz vorübergehend sein würde, und dass die Zersetzung und Ausscheidung des fremden Blutes secundär wiederum Gefahr bringen und den Tod zur Folge haben würde.

3. Auch durch Eis gleich nach der Entleerung abgekühltes und kalt gehaltenes gequirtes Blut, das unmittelbar vor der Anwendung wieder zur Körpertemperatur erwärmt wurde, erwies sich zur Transfusion vollkommen brauchbar. Es könnte daher z. B. in der Militairchirurgie vielleicht in Frage kommen, ob diese Conserverationsmethode nicht in Betracht kommen könnte, obgleich man natürlich ganz frisch entleertem, gequirtem Blute den Vorzug geben würde.

4. Man braucht, wenn die Zeit drängt und eine Verzögerung Gefahr droht, nicht ängstlich bemüht zu sein, das zur Transfusion anzuwendende Blut vollkommen zur Körpertempe-

ratur zu erwärmen, da das gequirlte Blut, selbst bei mässig warmer Lufttemperatur, die Thiere ohne schädliche Nachwirkung ebenso gut restituiert. Erst wenn die Temperatur des Blutes etwa unter 16° R. (20° C.) gesunken ist, tritt bei der Transfusion Schüttelfrost auf, der jedoch bald und, wie es scheint, ohne schädliche Folgen vorübergeht.

5. Bei der wegen starker Blutverluste vorgenommenen Transfusion braucht man sich nicht immer darauf zu beschränken, die *Indicatio vitalis* zu erfüllen, indem man nur so geringe Blutmengen transfundiert, dass die Lebenskräfte nur eben wiederkehren, sondern man kann wohl in den meisten Fällen die *Reconvalescenz* mit ihren Gefahren durch Anwendung einer grösseren Blutmenge bedeutend abkürzen. Denn die erloschenen oder beinahe erloschenen Kräfte steigen in dem Maasse, als die Blutmenge und der Reichthum an Blutkörperchen sich der Norm nähert; das transfundirte Blut wird ferner wirklich transplantiert und functionirt im neuen Organismus derselben Art ebenso gut und ebenso lange, wie das ursprüngliche Blut, ohne abnorme Zersetzungsprodukte zu liefern, deren Folgen zu befürchten wären; der Uebertragung einer beliebig grossen Blutmenge steht aber (sofern dieselbe zu haben ist) bei Anwendung gequirzten Blutes auch kein Hinderniss bezüglich der Ausführung entgegen.

6. Indem man jedoch durch Anwendung einer grösseren Blutmenge sich bemüht, das Maass und den Reichthum des Blutes möglichst zur Norm zurückzuführen, und dadurch die Kräfte des Kranken möglichst vollständig zu restituiren, muss man sich sehr sorgfältig hüten a) dass man nicht das Gefässsystem über die Norm hinaus fülle und b) dass man nicht die Herzthätigkeit durch zu schnelles Injiciren störe. Die Ueberfüllung des Gefässsystems, deren Gefahren schon die ältesten Beobachter erkannten, macht sich besonders im Venensystem und in den Capillaren bemerkbar, wenn zugleich die Herzthätigkeit gestört wird. Durch Ueberfüllung und Ausdehnung des rechten Atriums kann leicht Herzlähmung und Tod erfolgen, und die Steigerung des Blutdruckes in den Venen kann bei gestörter Herzthätigkeit auch alsdann zu Blutungen in den inneren Organen führen, wenn

der arterielle Druck (durch Schwächung oder Unregelmässigkeit der Herzthätigkeit) stark gesunken ist, oder starken Schwankungen unterliegt. Um sich hiergegen möglichst zu sichern, muss man sehr langsam injiciren, dabei den Puls, namentlich bezüglich seiner Spannung, genau beobachten und es ist überdies rathsam, am anderen Arm eine Vene zu öffnen, aus der das Blut bei steigender Spannung im Venensystem frei abfliessen kann. Dieses ist besonders alsdann wichtig, wenn die Transfusion wegen mehr chronischer Blutungen vorgenommen wird, weil alsdann die Blutmenge durch den Lymphstrom und durch Wasseraufnahme wieder nahezu normal geworden sein wird, und weil man alsdann durch die Transfusion nicht sowohl die Indication hat, das normale Quantum des Blutes bezüglich seines Volums, als vielmehr den durch die Blutung ausserordentlich gesunkenen Gehalt des Blutes an rothen Blutkörperchen wieder herzustellen. Man hat somit bei chronischen, langsam erfolgenden Verblutungen nicht einfach das Quantum des Blutes durch Injection von neuem, gequirtem Blute eines anderen Menschen zu vermehren, sondern vielmehr eine Substitution des Blutes vorzunehmen, indem man das eigene, durch die Blutung an Blutkörperchen viel zu arm gewordene Blut in demselben Verhältniss abfliessen lässt, als man das neue, gequirte, bezüglich seines Blutkörperchengehalts reiche und normale Blut in den Körper überströmen lässt. Nur bei sehr acuten Blutungen ist die einfache Injection ohne gleichzeitige Blutentziehung indicirt, weil nur da wirklich die Blutmenge und nicht, wie bei den langsamen Blutungen, nur die Blutkörperchenmenge vermindert ist. Selbst bei sehr acuten Blutungen dürfte es jedoch zweckmässig sein, sich gegen Ueberfüllung der Venen durch Oeffnen einer Vene am anderen Arm zu sichern, weil die Wiederanfüllung des Gefässsystems mit einer wässrigen Flüssigkeit durch die Aufsaugung und durch den Lymphstrom so überaus rasch erfolgt.

7. Man darf nicht den letzten Augenblick für die Ausführung der Transfusion abwarten, weil die Erschütterung, welche die Störung der Ernährung des Nervensystems bei den Ohnmachten und Krämpfen bewirkt, die grössten Gefahren bedingt. Während die Substitution des fremden Blutes an sich gefahrlos ist und all-

mäßig, in kleineren Reprisen bis auf die letzten Blutreste bei Thieren ohne irgend welche Störung ausgeführt werden kann, wird die Herstellung bei zu starken, auf einmal erfolgten Blutentziehungen und Blutverlusten immer zweifelhafter je weiter sie gehen und je öfter sie wiederkehren. Eine jede Ohnmacht und eine jede Erschütterung des Nervensystems vermindert in starkem Maasse die Hoffnung eines günstigen Erfolges.

8. Die Gefahren der Transfusion oder Substitution frischen, gesunden, gequirzten Blutes eines Individuums derselben Art, anstatt des verloren gegangenen Blutes, und namentlich anstatt der verloren gegangenen Blutkörperchen, hängen allerdings nur von Nebenumständen, nicht von der Substitution des fremden Blutes an und für sich und von dem früher so gefürchteten Zerfall desselben im neuen Organismus ab; es ist aber diese Operation eben wegen der zahlreichen bedenklichen Nebenumstände doch keineswegs ganz gefahrlos. Die Hauptgefahren, welche von zu schneller Injection, von Ueberfüllung und Ausspannung des Gefäßsystems, besonders des rechten Vorhofs, der Venen und Capillaren, und von den zu starken Erschütterungen des Nervensystems durch zu starke, auf einmal vorgenommene Blutentziehungen abhängen, lassen sich zwar, wenigstens grösstentheils, vermeiden; ebenso ist Einspritzung von Luft bei vorsichtigem Operiren nicht zu besorgen; es bleiben aber doch noch immer nicht nur die Gefahren einer Phlebitis, die wohl nicht gerade sehr gross sind, sondern auch wohl noch andere, bisher nicht näher gekannte Umstände übrig, welche einen unglücklichen Ausgang herbeiführen können. Es ist daher die Substitution des Blutes schon in solchen Fällen nicht ohne Bedenken anzuwenden, wo die Ursache des Mangels rother Blutkörperchen in irgend einem Fehler der Blutbereitung liegt, und noch weniger in solchen Fällen zu empfehlen, wo das Blut durch irgend einen Krankheitsstoff abnorm geworden ist, der immer wieder, z. B. von den Geweben her reproducirt wird, und der daher das neue, substituirte Blut binnen kurzer Frist wieder verunreinigen würde. Dass aber weder die Transfusion allein (ohne Blutentziehung), noch die Substitution desselben (mit Blutentziehung) in denjenigen Fällen Anwendung findet, wo ein scheinbarer Blut- und Blutkörperchenmangel durch Inanition entstanden

ist, das geht zur Gentüge aus der nachfolgenden Untersuchungsreihe hervor. Bei grösser Verarmung des Blutes durch Eiterungen würde man durch einfache Einspritzung des neuen Blutes eine gefährliche Ueberfüllung des Gefässsystems zu besorgen haben, wenn man nicht gleichzeitig einen entsprechenden Theil des an Blutkörperchen viel zu arm gewordenen Blutes entzöge, die grosse und langdauernde Schwächung und Erschöpfung des Nervensystems würde aber den Erfolg in diesen Fällen gewiss immer sehr zweifelhaft machen. Vorzugsweise oder ausschliesslich scheint mir daher die Anwendung dieser Operation auf direkte starke Blutungen zu beschränken zu sein. Nur bei sehr acuten Blutungen, wie sie bei Entbindungen und in der Militairchirurgie vorkommen, kann man sicher sein, dass das Quantum des Blutes quoad spatium wirklich vermindert ist, und nur in diesen Fällen darf man sich damit begnügen, das neue Blut einfach einzuspritzen. Bei langsamer erfolgender Verblutung und bei chronischen Blutverlusten ist es, um eine Ueberfüllung des Gefässsystems zu verhindern, durchaus indicirt, gleichzeitig mit der Transfusion einen der zu injicirenden Blutmenge entsprechenden Antheil des durch die Verdünnung und namentlich durch den enormen Verlust an Blutkörperchen zur Unterhaltung der Functionen untauglich gewordenen eigenen Blutes zu entleeren. Da man also wohl niemals Blut transfundiren darf, ohne dass absichtlich oder, wie es gewöhnlich geschieht, unabsichtlich ein wenigstens ebenso grosses Quantum des eigenen Blutes entleert wird, so wäre es eigentlich am richtigsten, die in Rede stehende Operation Substitution des Blutes zu nennen, anstatt wie bisher nur von der Transfusion zu reden.
