

DIE NATURWISSENSCHAFTEN

WOCHENSCHRIFT FÜR DIE FORTSCHRITTE DER NATURWISSENSCHAFT, DER MEDIZIN UND DER TECHNIK

HERAUSGEGEBEN VON

DR. ARNOLD BERLINER UND PROF. DR. AUGUST PÜTTER

Neunter Jahrgang.

10. Juni 1921.

Heft 23.

Gefäßreflexe.

Von U. Ebbecke, Göttingen.

Das Blut, der Nährsaft der Zellen im vielzelligen Organismus, das innere Milieu, in dem sie leben, atmen und sich nähren, gewährt den Zellen möglichst gleichmäßige Lebensbedingungen, indem es in Temperatur, Gasgehalt, chemischer und osmotischer Zusammensetzung konstant gehalten wird. Da es hierfür bei dauerndem Verbrauch einer dauernden Erneuerung bedarf, wird es in ständigem Flusse an den Zellen und, zu Berührung und Austausch mit der Außenwelt, an den inneren Oberflächen von Lunge, Darmwand und Nieren vorbeigeführt. An dieser Stoffbeförderung auf dem Wege der Blutkanäle arbeiten Herz und Gefäße gemeinsam unter Steuerung durch nervöse Einflüsse. So wenig ohne das Pumpwerk des Herzens ein Kreislauf möglich ist, so wenig kann das Herz allein ohne Mitwirkung der Gefäße den Kreislauf unterhalten; denn sind die Gefäße schlaff und untätig, so ist die gesamte Gefäßhöhle zu groß für die vorhandene Blutmenge, das Blut verläuft sich in den peripheren Gefäßen, ohne zum Herzen zurückzukehren. Das Herz pumpt sich leer und der Mensch verblutet sich in seine Gefäße hinein. In manchen schweren Infektionskrankheiten ist, wie Romberg zeigte, die Todesursache, das Versagen des Kreislaufs, nicht auf Herzschwäche, sondern auf Gefäßschwäche zurückzuführen; schon die plötzliche Erweiterung des vom N. splanchnicus versorgten Gebiets der Eingeweidegefäße führt zum Kollaps. So eng verbunden ist die Arbeit von Herz und Gefäßen, daß es bei den am Kreislauf ausgeführten Messungen (Bestimmung von Blutdruck und Stromgeschwindigkeit; Pulsschreibung, auch nach den neuen Methoden der Bolometrie und Energometrie; Volumenschreibung) durchaus nicht von vornherein klar ist, wieweit das registrierte Ergebnis auf diesen oder jenen Faktor zu beziehen ist und einen Rückschluß auf den Zustand des Herzens oder der Gefäße erlaubt. So schwierig ist die Trennung des Herzanteils und Gefäßanteils, daß beispielsweise die Tübinger medizinische Klinik, die sich über ein Jahrzehnt mit dieser Frage beschäftigt hat, neuerdings zu dem Entschluß gekommen ist, den Versuch als klinisch undurchführbar aufzugeben und sich auf die praktisch wichtige Funktionsprüfung des Gesamtkreislaufs zu beschränken. Das hindert nicht, daß die physiologische Forschung weiter daran arbeitet, die Gesamtleistung in ihre einzelnen Teilfunktionen aufzulösen und

den Mechanismus der nervös gesteuerten Gefäßtätigkeit klarzulegen.

I. Die Aufgaben der Gefäßreaktionen im Kreislauf.

Unter der zunehmenden Erkenntnis von der Wichtigkeit der aktiven Mitwirkung der Gefäße ist in den letzten Jahren eine Ansicht aufgetaucht, ähnlich wie in der Zeit nach Henles Entdeckung der glatten Gefäßwandmuskeln und vor Volkmanns Begründung der physikalischen Hämodynamik, nämlich, daß die Gefäße als „peripheres Herz“ selber durch peristaltisch ablaufende Kontraktionswellen das ihnen vom Herzen zugepumpte Blut weiterschieben (Grützner, Hasebroek, Mareš). Bei den Wirbellosen bietet das große Rückengefäß des Regenwurms, bei dem die Pumparbeit noch nicht an einer Stelle des Gefäßschlauchs zentralisiert ist, und bei den Wirbeltieren das „Venenherz“ in der Flughaut der Fledermaus ein gutes Beispiel für solche Gefäßperistaltik. Für den Kreislauf der Wirbeltiere hat aber die Diskussion keine sichere Bestätigung der Vermutung, wohl aber eine Reihe wichtiger Gegenstände gegeben. Die elektrischen Ströme, die im Rhythmus des Pulses an den Arterien gefunden und zunächst als Aktionsströme der auf den Dehnungsreiz der Pulswelle reagierenden glatten Muskeln gedeutet wurden, stellten sich als physikalisch bedingte „Strömungsströme“ heraus; die Abweichung im theoretisch berechneten und experimentell bestimmten Verlauf der Blutwelle („systolische Schwellung“) läßt verschiedene Deutungen zu; die in langsamem unregelmäßigen Tempo stattfindenden spontanen Kontraktionen der Arterien sind von einer regelrechten Peristaltik charakteristisch unterschieden und für eine Weiterbeförderung des Inhalts unzweckmäßig (Hürthle, Heß).

Aber auch ohnedem sind die Aufgaben der Gefäßreaktionen für den Kreislauf mannigfaltig genug. Da, wie gesagt, die Blutmenge des Körpers verhältnismäßig klein ist und beim Menschen nur wenige Liter beträgt ($\frac{1}{10}$ — $\frac{1}{20}$ des Körpergewichts), müssen die Gefäßmuskeln durch dauernde Anspannung die Gefäßhöhle soweit verengen, daß aus ihr genügend Blut zum Herzen abfließt, um es immer neu zu füllen. Infolge der tonischen Gefäßverengung arbeitet nun das Herz gegen einen ziemlich erheblichen peripheren Widerstand, was sich in der Höhe des Blutdrucks äußert (gegen 120 mm Hg in den größeren Arterien). Doch bedeutet dieser Widerstand keineswegs eine Erschwerung der Herzarbeit, vielmehr

hat es das Herz leichter, seinen Inhalt nur in den durch Innendruck gespannten Anfangsteil der Gefäßbahn hinauszuschleudern, der, elastisch ausweichend, dann durch elastische Rückwirkung die Weiterbeförderung der neu aufgenommenen Blutmenge nach dem „Windkesselprinzip“ übernimmt, als wenn es durch weite, nicht elastisch beanspruchte Röhren hindurch die gesamte und dann entsprechend größere Blutmenge vor seinem zu entleerenden Schlagvolumen hertreiben müßte. Zugleich wird dadurch die rhythmisch beschleunigte in eine *gleichmäßige Strömung* umgewandelt, so daß das Blut in den Kapillaren für gewöhnlich nicht mehr pulsiert; eine Einrichtung, die für die äußerst zart gebaute, den Stoffaustausch ermöglichende Wandmembran der Kapillaren gewiß nicht gleichgültig ist. Allerdings kommt es bei manchen Erkrankungen, so bei Arteriosklerose und Nierenkrankheiten, vor, daß der periphere Widerstand durch Gefäßmuskulatonus zu groß wird, das Herz sich überanstrengt und erschöpft, sich unvollständig entleert und sich erweitert und Stauungserscheinungen auftreten. Hier scheinen die Gefäße dem Herzen unzureichend entgegenzuarbeiten, und es ist Sorge des Arztes, den zu hohen Blutdruck herabzusetzen. Gerade daß die Bedeutung dieses Vorgangs nicht recht verständlich ist, macht die Kliniker geneigt, die geltende Auffassung von der Dynamik des Kreislaufes für unvollkommen zu halten und nach ergänzenden Theorien zu suchen. Doch sei hier ein Gedanke ausgesprochen, der an die Verhütung eines die Kapillarendothelien beanspruchenden Pulsierens anknüpft und eine Erklärungsmöglichkeit gibt. In den Anfangsstadien der Gefäßerkrankung (Präsklerose, Aortenentzündung) pflegen die elastischen Faserelemente der Gefäßwand am stärksten betroffen zu sein, die Gefäße werden dehnbarer und nachgiebiger als zuvor, das Pulsvolumen wird größer und häufig wird dabei Kapillarpuls beobachtet. Der Sinn des als Reaktion auftretenden gesteigerten Gefäßtonus wäre dann, den durch Schwund der elastischen Elemente verkleinerten Elastizitätskoeffizienten durch muskuläre Verdickung der Gefäßwand wieder auf die alte Höhe zu bringen, wobei freilich der eine Vorteil durch einen andern Nachteil erkauft würde. Wie auch sonst, etwa beim Fieber, hat der Arzt eine übermäßig starke Reaktion oder Überkompensation abzdämpfen.

Sorgt so der, je nach Pulsfrequenz, Schlagvolumen, Flüssigkeitsmenge und innerer Reibung nervös abzustufende Gefäßtonus für die Aufrechterhaltung des allgemeinen Blutdrucks, so hat er die andere Hauptaufgabe, den durch Herzkraft in schnelleren oder langsameren Umtrieb gesetzten Gesamtkreislauf für die einzelnen Unterabschnitte zu modifizieren und zu variieren im Sinne einer zweckmäßigen *Verteilung der beschränkten Blutmenge* auf die verschiedenen Gefäßgebiete.

Schon die mit jeder Änderung der Körper-

lage wechselnde Wirkung der *Schwerkraft* erfordert eine dauernde Ausgleichung, die sich so glatt vollzieht, daß wir nur in seltenen Fällen auf sie aufmerksam werden. Zu dem von der Herzarbeit herrührenden Innendruck, der die Gefäßwand ausdehnt, addiert sich der hydrostatische Druck der auf ihr lastenden Flüssigkeitssäule, was bei Blutdruckbestimmungen mit zu berücksichtigen ist. Denkt man sich als einfaches Modell zweimäßig gefüllte Gummibeutel an einer Stange angebracht und durch einen Schlauch in Verbindung gesetzt, so ist leicht einzusehen, daß bei vertikaler Stellung die meiste Flüssigkeit im unteren Beutel enthalten ist und beim Hinlegen der Stange mehr Flüssigkeit in den andern Beutel fließt. Da das gleiche für Kopf und Beine eines Menschen zutreffen muß, so setzt es eher in Erstaunen, daß beim Aufrichten aus der Rückenlage der Mensch nur in manchen Schwächezuständen, etwa als Rekonvaleszent nach langer Bettlägrigkeit, durch Schwindel oder Ohnmacht eine eintretende Blutleere des Gehirns bemerkt. Gewöhnlich wird die mechanische Änderung der Blutverteilung neben einer Änderung der Pulsfrequenz durch eine sofort eintretende aktive reflektorische Tonusänderung der Körpergefäße kompensiert. Erinnern wir uns, wie leicht Kinder und junge Menschen längeres Rücken oder gar senkrecht Herabhängen des Kopfes vertragen, wobei der Erwachsene einen roten Kopf oder leichtes Schwindelgefühl bekommt, so sehen wir daran, wie doch die ausgleichende Promptheit und Leistungsfähigkeit der Gefäßreaktionen schon in verhältnismäßig frühem Alter nachläßt; sie bleibt nach Gehirnerschütterung und traumatischen Neurosen besonders stark geschädigt.

Für andere Zwecke ist es umgekehrt nötig, daß die Verteilung des Blutes im Körper ungleichmäßig wird. Die bei körperlicher Anstrengung gebildete Mehrwärme würde zu einer Überhitzung führen, wenn sie nicht gleich wieder entfernt würde, was zum großen Teil durch Strahlung und Leitung von der Haut aus geschieht. Indem die Arterien der Haut ihren Tonus vermindern, werden sie Bahnen geringeren Widerstandes, die Haut wird hyperämisch, erhält weit mehr Blut als sie für ihren eigenen Ernährungsbedarf nötig hätte, und das Blut hat Gelegenheit, auf seinem Wege unter der kühleren Oberfläche hin sich abzukühlen und zugleich die überschüssige Wärme aus dem Körperinnern abzuführen. Andererseits sichert die Verengung der Hautgefäße den Körper, nicht die Haut, vor Abkühlung unter die Norm. So sind die Hautgefäßreflexe ein wesentliches Mittel zur Regulierung und *Konstanthaltung der Körpertemperatur*.

Am häufigsten wird der Widerstand einzelner Gefäßstrecken deswegen variiert, weil ein Organ, das arbeitet, gegenüber der Ruhe einen auf das Vielfache gesteigerten Stoffwechsel hat und einer entsprechend erhöhten Blutzufuhr bedarf (*funktionelle Hyperämie*). Da nur ein gewisses

Blutquantum zur Verfügung steht, wird die vermehrte Blutversorgung an einer Stelle mit einer Verminderung an einer andern Stelle einhergehen. Obgleich meist ein Organ ruht, während ein anderes arbeitet, kann es doch dabei zu einem Wettstreit der Teile untereinander kommen, und es ergibt sich da gleichsam ein verwaltungs- und verkehrstechnisches Problem einer den verschiedenen Ansprüchen gerecht werdenden Verteilung der Nähr- und Brennstoffe im Organismus, das durch Zentralisierung gelöst wird.

Am wichtigsten ist es, daß für ein Organ unter allen Umständen die Durchblutung gesichert wird, ein Organ, das am meisten von einer reichlichen Blutzufuhr abhängig ist und bei ungenügender Versorgung am raschesten versagt, das *Gehirn*. Ähnlich wie während einer Hungerperiode das Gewicht des Gehirns verhältnismäßig weniger abnimmt als das anderer Organe, so wird trotz seiner hydrostatisch ungünstigen Lage das Gehirn in seiner Blutversorgung auf Kosten anderer bevorzugt. Von diesem Standpunkt aus stellt die Gefäßhöhle des ganzen übrigen Körpers ein Reservoir dar, aus dem das Gehirn schöpft, indem es die Weite des Reservoirs und damit die Menge, die daraus in die Schädelhöhle abfließt, nach Bedarf reguliert.

Haben wir somit die Leistungen aufgezählt, welche die Gefäßreaktionen durch Wechsel von Kontraktion und Erschlaffung normalerweise erfüllen, so ist nun der Mechanismus klarzulegen, durch den diese Regulationen zustande kommen; auf die finale Betrachtung folgt die kausale.

II. Der nervöse Mechanismus der Gefäßregulierung.

Wie seit *Goltz* bekannt, liegt dem Gefäßtonus ein den Gefäßmuskeln auf Nervenwege vermittelter zentraler Tonus zugrunde, der seinerseits durch zahlreiche zentripetale Erregungen beeinflusst wird. Wir haben also das auch sonst übliche Reflexschema vor uns mit Zentrum, zuführendem und abführendem Schenkel, haben allgemeine und lokale, drucksteigernde und -herabsetzende Reflexe zu unterscheiden und haben zuzusehen, wie im Einzelfall die Reflexwege beschaffen sind, wie die gefäßweitenden und gefäßengenden Nerven verlaufen, wo die Gefäßzentren zu lokalisieren und auf welche Weise sie zu beeinflussen sind.

Methodisch wird ein vasomotorischer Effekt nach seinen verschiedenen Symptomen beurteilt und gemessen durch Beobachtung der Färbung und der Temperatur, Messung des Volumens eines im Plethysmographen eingeschlossenen Gliedes oder eines in einer passenden Onkographenkapsel befindlichen Organs, Messung der durch die zuführende Arterie oder aus der abführenden Vene in der Zeiteinheit fließenden Blutmenge oder Blutdruckbestimmung. Jede dieser Methoden ist unter Umständen die zweckmäßigste. Die seit *Fick* und *Mosso* eingeführte Plethysmographie ist zuletzt besonders von *E. Weber* mit gutem

Erfolg gehandhabt; daß auch die einfache genaue Beobachtung der Farbänderungen neue Resultate gibt, zeigten Untersuchungen von *L. R. Müller* und von *Ebbecke*; die Temperaturänderungen verwertete *Stewart* in einer neuen Methode, indem er durch Eintauchen einer Hand oder eines Fußes in ein kleines Wasserkalorimeter aus der Temperaturzunahme der eingeschlossenen Wassermenge auf die in der Zeiteinheit pro 100 ccm Körpersubstanz durchfließende Blutmenge schloß.

Für die gefäßengenden (*vasokonstriktori-schen*) Bahnen gelten alle die Regeln, die für die sympathischen Nerven mit der *Langley'schen* Nikotinmethode festgestellt sind. Nach einer Unterbrechung im sympathischen Ganglion schließen sie sich dem Verlauf der cerebros spinalen Nerven an, wie es gewöhnlich, so bei den Hautgefäßnerven (*Trotter* u. *Davies*), der Fall ist, oder folgen, zu Eingeweiden und Gehirn, der Bindegewebs-scheide der Gefäßstämme. Eine noch nicht ganz geklärte Sonderstellung nehmen Lungengefäße, Kranzgefäße des Herzens und Gehirngefäße ein. Die Kapillaren sind, wie *Steinach* und *Kahn* an den Kapillaren der Froschnickhaut experimentell festgestellt und *Kukulka* kürzlich mit der Adrenalinmethode bestätigt haben, ebenfalls mit Vasokonstriktoren versorgt.

Da die Vasokonstriktoren dem sympathischen Nervensystem angehören, ist zu erwarten, daß ihre Antagonisten, die *Vasodilatoren*, die Hemmungsnerven des Gefäßtonus aus dem „parasympathischen“ System stammen. Das trifft vielleicht für die gefäßweitenden Nerven des Kopfes (*Trigeminusäste*, *Chorda tympani*) und den N. erigenis zu, nicht aber für die Hautgefäßweiterer von Rumpf und Gliedern. Nachdem schon *Stricker* gefunden hatte, daß sie, abweichend von der Regel, in den hinteren Rückenmarkswurzeln austreten, zeigte *Bayliss*, daß sie sich in ihrem Verlauf in nichts von den gewöhnlichen Nervenfasern der Hinterwurzeln unterscheiden, ihren Zellkörper im Spinalganglion haben und zu peripheren Ganglien in keine Beziehung treten. So faßt *Bayliss* jene Fasern als wirkliche sensible Fasern auf, die zugleich in entgegengesetzter Richtung, antidrom, leiten können und bei ihrer Endverästelung in der Haut kollaterale Fasern zu den Gefäßen abgeben. Eine andere Möglichkeit ist, daß jene sensibeln Fasern die Gefäßweite indirekt durch Änderung des Gewebstoffwechsels beeinflussen (*Ebbecke*).

Für die *Gefäßzentren* ist die aus den *Goltz'schen* Reflexuntersuchungen gewonnene Lehre von den Zentren erster, zweiter und dritter Ordnung (bulbäre, spinale und periphere vasomotorische Zentren) hauptsächlich für die höchsten cerebralen und niedrigsten vaskulären Zentrenfunktionen erweitert und modifiziert worden.

Das den Gefäßtonus beherrschende Zentrum liegt im *Kopfmark*, dem *Facialis*kern benachbart. Trotz neuerdings geäußelter Zweifel ist der experimentelle Befund, daß Zerstörung dieser Stelle und Halsmarkdurchschneidung unterhalb

dieser Stelle stärkste Blutdrucksenkung (Gefäßschok) bewirkt, während ein oberhalb davon durch den Hirnstamm gelegter Schnitt den Gefäßtonus bestehen läßt, unwiderlegt.

Unterzentren liegen in den verschiedenen Segmenten des Rückenmarks. Daß während einer durch Kokainisierung des vierten Ventrikels erzielten zeitweiligen Blutdrucksenkung keine Gefäßreflexe nachweisbar sind (*Aducco, Arthus*), spricht nicht dagegen. Denn untergeordnete Zentren stellen nach Abtrennung von den normalen anregenden Impulsen der Oberzentren, wie *Trendelenburg* mit seiner Methode der Durchkühlung und *Ebbecke* für die Narkosenwirkung zeigten, zunächst ihre Funktion ein und werden erst nach längerer Zeit selbständig. Auch an Tieren mit durchschnittlichem Rückenmark, die längere Zeit am Leben geblieben sind, steigert noch eine Erstickung den Blutdruck, freilich erst bei einem Kohlensäuregehalt des Blutes von 25 %, während das empfindlichere Kopfmarkzentrum schon auf 5% reagiert.

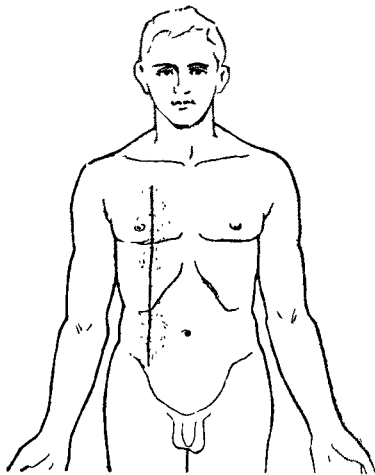


Fig. 1. Aus *L. R. Müller*, Studien über den Dermographismus und dessen klinische Bedeutung, *Ztschr. f. Nervenheilk.* Bd. 47/48, 1913.

Sehr anschaulich zeigte *L. R. Müller* die Wirksamkeit der Rückenmarkszentren beim Menschen an Kranken mit Querschnittsverletzung des Rückenmarks, durch Verwendung der *Hautgefäßreaktion*. Wie Fig. 1 zeigt, ist der durch direkte mechanische Reizung bedingte rote Streif umsäumt von einem schmalen, unregelmäßig nach beiden Seiten hin auslaufenden Rande (Reflexerythem), der nur an der, dem verletzten Rückenmarksegment entsprechenden Stelle ausfällt, ober- und unterhalb davon aber erhalten ist, was zur Lokalisation einer Rückenmarkserkrankung dienen kann. Am reinsten und ausgedehntesten kommt die Reaktion bei Verwendung punktförmiger Schmerzreize zum Vorschein (*Ebbecke*) und läßt sich so zur objektiven Prüfung einer peripheren sensiblen Lähmung heranziehen. Die Reaktion entspricht völlig dem von *Lovén* im Tierversuch,

an den Ohrgefäßen und der *A. saphena* des Kaninchens gefundenen Gefäßreflex, der mit lokaler Gefäßerweiterung und zugleich wie jede durch Intensität (Schmerzreiz) oder Ausbreitung (Anblasen einer großen Hautfläche) ausgezeichnete Reizung mit allgemeiner Blutdruckerhöhung einhergeht.

Dabei wird der tonusändernde Einfluß den Gefäßzentren auf dem Wege der gewöhnlichen *sensiblen Fasern* zugeleitet. Auch die, oft bestrittene, Sensibilität der Eingeweide läßt sich auf diesem Wege nachweisen, sofern nur für adäquate Reizung gesorgt ist; beispielsweise gibt im Tierexperiment Dehnung der Harnleiterwand ein Ansteigen des Blutdrucks. Einzig der „Ventilner“ der Aorta, der *N. depressor*, der, durch Dehnung der Aorta gereizt, ein zu hohes Ansteigen des Blutdrucks verhindert, vermittelt immer nur Blutdrucksenkung. Ob auch sonst von den zahlreichen Nervenfasern, die in der Wand sämtlicher Gefäße verlaufen, einige als zuleitende druckregulierende Bahnen wirken, ist experimentell noch nicht sichergestellt, wenn auch wahrscheinlich. Von ganz verschiedenen Seiten kommen sowohl *R. Thoma* wie *Mareš* wie *R. C. Heß* dazu, eine Druck und Gefäßweite lokal regulierende Arteriensensibilität zu postulieren. In der Temperaturempfindung ist nach *Ebbecke* eine Komponente enthalten, die zu dem eigentümlichen, diffusen und schwer zu lokalisierenden, unter Umständen bis zu leiser Schmerzhaftigkeit gesteigerten Gefühl des Fröstelns führt, wie es mit jeder starken Hautgefäßverengung verbunden ist und, im Schüttelfrost, sogar bei erhöhter Hauttemperatur vorkommt; diese Komponente stellt ein „Tonusegefühl“ der Gefäße dar, das von sensiblen Fasern der Gefäßmuskeln vermittelt wird. Nach amerikanischen Autoren lassen sich an decerebrierten Tieren drucksenkende Reflexe bei faradischer Reizung zentraler Nervenstümpfe allgemein erzielen, wenn man Reizstärken nahe der Reizschwelle verwendet, und sind besonders leicht vom *N. splanchnicus* her auszulösen, so daß der sensible *Splanchnicus* direkt als *N. depressor* der Eingeweidegefäße angesprochen wird.

Auf einen recht eigenartigen Reflex oder Pseudoreflex hat *Bruce* aufmerksam gemacht. Nachdem *Spies* den Einfluß nervöser Über- oder Unempfindlichkeit auf den Verlauf einer Entzündung hervorgehoben hatte, stellte *Bruce* Versuche an der empfindlichen Bindehaut des Auges beim Kaninchen an. Die durch Einträufeln von Senföl gesetzte heftige Entzündung bleibt nach Kokainisierung aus. Ähnlich wirkt Durchschneidung der die Bindehaut versorgenden sensiblen Trigeminasäste, wenn genügend Zeit bis zur Degeneration der durchtrennten Fasern vergangen ist. In den ersten acht Tagen aber verläuft die Entzündung wie bei erhaltenen Nerven. Hieraus schließt *Bruce* auf das Vorkommen eines nicht durch das Rückenmark vermittelten Reflexes. Da nun nach *Langley* die peripheren sympathischen Ganglien

keine reflexvermittelnden Stationen, sondern nur Relaisstationen sind, welche die ihnen von Oberzentren zugeleiteten Impulse verstärken und verteilen, könnte die Erregung durch „Axonreflex“ vom peripheren Ende sensibler Fasern auf unweit davon abgehende Gefäßkollateralen übertragen sein. Außer auf die Möglichkeit, daß auch hier ein Einfluß der noch nicht degenerierten sensiblen Endorgane auf den Gewebstoffwechsel und indirekt auf die Gefäße vorliegt, ist hier auf den histologischen Befund hinzuweisen. Genaue Durchmusterung der Gefäßwände zeigt die überall vorhandenen, begleitenden und umspinnenden, die Media versorgenden und auch bis in die Intima vordringenden Nervenfasern und Nervenetze (Müller und Glaser, Bethe); Ganglienzellen freilich sind, bei Anwendung der Rongalitweißmethode, nur in den Eingeweide- und Gehirngefäßen, nicht in denen der Extremitäten auffindbar (Glaser). Es könnte somit eine Reflexvermittlung durch periphere Nervenetze analog den Nervenetzen wirbelloser Tiere stattfinden, wobei zu erwarten ist, daß mit zunehmender Reizstärke die Reaktion immer weiter in die Umgebung hinein ausstrahlt.

Auch entnervte, anfangs gelähmte Gefäße gewinnen allmählich ihren Tonus wieder, der unter Umständen sogar größer als der normale werden kann, und bleiben für allerlei — chemische, thermische, mechanische — Reize beeinflussbar. Um dies zu erklären, waren Zentren dritter Ordnung in der Gefäßwand selbst angenommen worden. Doch haben sich, wie gesagt, die hypothetisch postulierten Ganglienzellen der Gefäßwand nicht finden lassen. Da an Gliedern mit degenerierten Nerven die vasomotorischen Reaktionen immer scharf auf den direkt gereizten Bezirk beschränkt bleiben, so versagt auch die Erklärung mit der Nervenetzleitung. Wir haben es also mit nicht nervös bedingten Reaktionen zu tun. Aus anderen Gründen kommt Bayliss dazu, von einem „Substanztonus“ der Gefäße zu sprechen und die von ihm gefundene Gefäßzusammenziehung auf passive Dehnung des Gefäßlumens — soweit sie nicht durch eine vermehrte Adrenalinausschwemmung aus den Nebennieren bedingt ist (v. Anrep) — der Automatie glatter Muskelfasern zuzuschreiben. Weitere Äußerungen einer peripheren Automatie sind die an den Arterien des Kaninchenohrs (Schiff), der Froschschwimmbhaut (Stepanow), an den Kranzgefäßen (Krawkow) und der menschlichen Hand (Ebbecke) zu beobachtenden spontanen rhythmischen Tonuschwankungen, die auch nach Entnervung vorkommen und deren Sinn vielleicht in entsprechenden Schwankungen der Gewebssatmung zu suchen ist. Am exaktesten ist die neuerdings ausgebildete Methode der Beobachtung ausgeschnittener, in sauerstoffdurchspülter Ringerlösung aufgehängter Arterienstreifen, die überlebend Reaktionen und Spontanbewegungen zeigen (Mac Williams, O. B. Meyer, Full, Günther, S. Weiß, H. Friedmann,

Rothlin), obgleich auch hier die Entscheidung zwischen nervösem und muskulärem Ursprung der Bewegungen schwierig ist.

Sind demnach an der äußersten Peripherie der Gefäßreaktionen neue Befunde und neue Fragen aufgetaucht, wo aus nervösen Reaktionen schließlich eng beschränkte muskulärprotoplasmatische Reaktionen werden, so ist auch nach der andern Seite hin das Gebiet erweitert, wo die nervösen Reaktionen zu cerebralen und psychischen Reaktionen werden.

Aus seinen Versuchen schließt E. Weber auf das Vorhandensein eines oberhalb des Vasomotorenzentrums gelegenen Sonderzentrums für die Hirngefäße, das unabhängig vom allgemeinen Tonus und Blutdruck die Weite der Hirngefäße reguliere. Doch ist die Deutung der Versuchsergebnisse nicht ganz sicher und gerade in bezug auf die Hirngefäße noch mancher Widerspruch zwischen den Autoren vorhanden.

Daß das Kopfmotorenzentrum, dessen Tonus im übrigen von der Blutbeschaffenheit und von den aus allen Körpergebieten zu ihm gelangenden afferenten Impulsen bestimmt wird, auch zahlreichen cerebralen Einflüssen unterliegt, ist ohne Zweifel. Wollte man alle die Stellen, deren Reizung einen vasomotorischen Erfolg hat, als Vasomotorenzentren bezeichnen, so gäbe es deren wohl ebensoviel im Gehirn als „Fieberzentren“ angeführt werden. Doch scheint besonders das „Eingeweide- und Stoffwechselformzentrum“ im Zwischenhirn ausgezeichnet, bei dessen Reizung in der Gegend des Hypothalamus Karplus und Kreidl starke Gefäßwirkungen registrierten.

Aus dem Abweichen der Gefäßreflexe beim enthirnten Tier von den gewöhnlichen am Menschen plethysmographisch registrierten Gefäßreaktionen ist der Schluß gezogen, daß die letzteren Reflexe meist cerebral vermittelt seien, und tatsächlich sind die aus dem täglichen Leben bekannten Gefäßreflexe, die wir schon nach den Änderungen der Gesichtsfarbe, dem Wechsel von Kühle und Wärme der Hände oder den scheinbaren Änderungen in der Weite eines bald lose, bald fest sitzenden Fingerrings beurteilen können, trotz ihrer Unwillkürlichkeit besonders eng mit psychischen Vorgängen und Affekten verknüpft. Freude, Zorn, Scham, Schreck, Angst, auch Müdigkeit und aufmerksame Spannung spiegeln sich so deutlich im Verhalten der Gefäße, daß sogar die Meinung entstehen konnte, die Gefäßreflexe seien die Ursache, nicht eine Folge der Gemütsbewegungen, und daß die Gefäßreflexe den größten Teil dessen ausmachen, was E. Weber unter dem Titel „Der Einfluß psychischer Vorgänge auf den Körper“ schildert. Indem Weber die Blutfüllung und deren reaktive Änderung an möglichst vielen Körpergebieten untersuchte und in Beziehung zueinander brachte, vervollständigte er die von Mosso, A. Lehmann, Berger und Brodmann gewonnenen Daten. Hier sei die Tabelle wiedergegeben, in der er die Resultate übersicht-

lich zusammenstellt, wobei + Zunahme, — Abnahme der Blutfülle bedeutet.

	Gehirn	Äußere Kopf-teile	Bauch-organe	Glieder und äußere Rumpf-teile
Bewegungsvorstellung.....	+	—	—	+
Geistige Arbeit	+	—	+	—
Schreck.....	+	—	+	—
Lustgefühl.....	+	+	—	+
Unlustgefühl..	—	—	+	—
Schlaf.....	+	—	—	+

Daß bei Kältereizen die Blutfülle der Oberfläche und Gliedmaßen zwecks Beschränkung der Wärmeverluste abnimmt, bei körperlichen Bewegungen zwecks reichlicher Ernährung der arbeitenden Muskeln zunimmt, ist ohne weiteres verständlich. Bemerkenswert ist aber, daß es zum Zustandekommen der Reaktion nicht des wirklichen Eintretens von Kälte oder Muskelarbeit bedarf, sondern daß, ebenso wie beim psychogalvanischen Reflex, schon die Anticipation des Ereignisses in der Vorstellung genügt, um den gleichen Erfolg auszulösen. Ein Mensch, bei dem, etwa durch Auflegen von Eis oder Aufsprühen von Chloräthyl auf die Haut, ein Kälteversuch vorgenommen war, reagiert mit Gefäßverengerung bereits auf die Ankündigung, daß nun wieder ein Kältereiz folgen werde. Nimmt sich jemand fest vor, mit einem Arm eine kräftige Bewegung auszuführen, die er aber zunächst noch unterläßt, so erweitert das schon die Gefäße dieses Arms, wie Weber am deutlichsten an hypnotisierten Versuchspersonen, bei denen ablenkende Nebeneindrücke und Nebenvorstellungen fehlen, demonstrieren konnte. Entsprechend fand er auch an Tieren, die durch Kurare bewegungslos gemacht waren, elektrische Reizung der motorischen Rindenfelder vasodilatatorisch wirksam. Wie sich hieraus ergibt, gehen zugleich mit den gewöhnlichen motorischen Impulsen vasomotorische Impulse von der Hirnrinde aus, die durch Vermittlung des Kopfmarkzentrums und der Rückenmarkzentren den Blutdruck und den Blutgehalt der Bewegungsorgane, in erster Linie des zu bewegendes Gliedes, beeinflussen. Diese experimentell demonstrierte psychische Beeinflussbarkeit der Gefäße und des Blutdrucks spielt im täglichen Leben eine große Rolle und ist auch ärztlich recht wichtig.

Neuerdings haben die Untersuchungen noch in zweifacher Hinsicht praktische Bedeutung gewonnen. Weber fand, daß in Ermüdungszuständen und bei Krankheiten eine *Umkehr der Reaktion* eintritt, die auch zur objektiven Beurteilung solcher Zustände verwertet werden kann. Wenn sonst an einem ruhig sitzenden Menschen, dessen einer Arm in Herzhöhe in einem Plethysmographenzylinder untergebracht ist, auf kräftige

Dorsalbewegung eines Fußes hin die graphisch registrierte Volumenkurve ansteigt (Fig. 2), so bewirkt nach *Ermüdung*, etwa durch Dauerlauf, anstrengende Marsch- oder Schwimmübung, dieselbe Fußbewegung im Gegenteil ein Absinken der Kurve. Der Vorteil der allerdings, wie Weber hervorhebt, schwierig zu handhabenden Methode liegt darin, daß nun der Untersucher nicht mehr auf den allgemeinen Eindruck, auf unsichere Angaben oder, wie beim Ergometer, auf den guten Willen der zu untersuchenden Person angewiesen ist, sondern mit objektivem Maß feststellen kann, wie leistungsfähig oder ermüdbar, wieweit trainiert oder durch Training beeinflussbar ein Mensch ist, welche Erholungszeit er braucht und welche Momente die Erholung begünstigen.

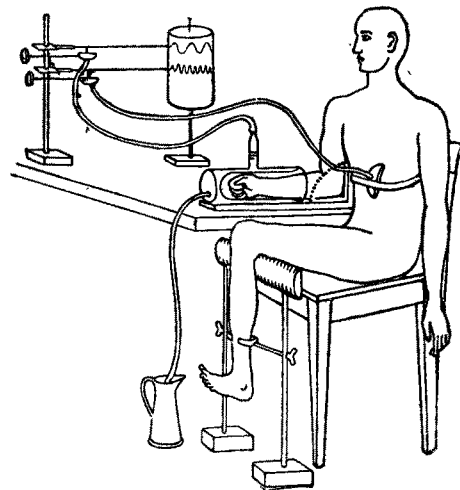


Fig. 2. Aus E. Weber, Die Wirkung natürlicher und künstlicher Kohlensäurebäder sowie der Hochfrequenzbehandlung bei Herzkranken, kontrolliert durch die „plethysmographische Arbeitskurve“, Ztschr. f. d. ges. exper. Medizin Bd. 8, 1919, S. 2.

Bei einer Reihe krankhafter Zustände ist die Umkehr der Gefäßreaktion in ihr Gegenteil nicht eine zeitweilige Ausnahme, sondern eine Dauererscheinung, und zwar sind das Zustände, bei denen eine quantitativ oder qualitativ ungenügende Blutversorgung und Ernährung der Großhirnrinde vorliegt: schwere Chlorose, Diabetes, Infektionskrankheiten und Herzinsuffizienz. Für die auf *Herzinsuffizienz* beruhende „negative Arbeitskurve“ hat Weber die Methode genau ausgearbeitet, so daß er imstande ist, aus den Modifikationen der Kurve bestimmte diagnostische Schlüsse zu ziehen. So bedeutet eine positive, aber träg abfallende Kurve Venenstauung und Funktionsschwäche des rechten Herzens, eine nachträglich ansteigende Kurve Hypertrophie des linken Ventrikels und Überkorrektion, wobei die vermehrte Herzarbeit die gefäßverengenden Impulse überdauert, und eine nachträglich absinkende Kurve das Überdauern der Gefäßkontraktion über die Herzbeschleunigung. Differentialdiagnostisch wertvoll ist, daß rein funktionelle,

neurasthenische Herzbeschwerden keine negative Arbeitskurve machen. Andererseits können auf diese Weise therapeutische Maßnahmen objektiv kontrolliert werden. *Weber* konnte so den, wenn auch kurzdauernden, Nutzen einer Sauerstoffeinatmung, die für längere Zeit anregende Wirkung von Kältereizen, von Herzmassage und Bauchmassage, den Erfolg einer Digitaliskur oder einer Hochfrequenzbehandlung an der Veränderung des Kurventypus zeigen und konnte verfolgen, wie es durch individualisierende Behandlung mit Kohlensäurebädern gelingt, eine negative Arbeitskurve dauernd in eine positive umzuwandeln. Dabei zeigte sich zugleich die günstigere Wirkung natürlicher Kohlensäurebäder gegenüber künstlichen, verdeckter Bäder gegenüber solchen, wo der Kranke die Kohlensäure einatmet, und die unter Umständen auch schädliche Wirkung des Kohlensäurebads auf manche Herzkranke. So ist die theoretische Arbeit schließlich der Praxis zunutze gemacht.

Theoretisch ist die Umkehrbarkeit der Gefäßreaktion, die mit früheren Befunden an chloroform- oder chloralbehandelten Tieren übereinstimmt, ein Hinweis darauf, wie abhängig gerade die Großhirnrinde von ihrer Blutversorgung und wie leicht sie umstimmbar ist. Hier sind wohl die von *Sherrington* und *Graham Brown* beschriebenen *Umstimmungen kortikaler Reaktionen* heranzuziehen, bei denen elektrische Reizung eines und desselben motorischen Rindenspunktes bald Flexion, bald Extension ergibt, je nachdem wieviele oder wie langdauernde Reizungen dieses Punktes oder benachbarter Punkte vorangegangen waren; auch an Rückenmarkstieren sind experimentelle Reflexumkehrungen beobachtet (*Sherrington, Verzár*). Es münden da die Probleme der Gefäßreflexe in das Gebiet der allgemeinen Reflexphysiologie ein.

Die drahtlose Telephonie.

Von A. Meißner, Berlin.

Die Grundlage für jede drahtlose Telephonie ist die Übertragung der menschlichen Sprache durch elektrische Schwingungen, elektrische Wellen, welche von einer Sendeantenne aus nach allen Richtungen im Raume fortschreiten. Zwischen den beiden Sprechenden sind keine leitenden Verbindungen vorhanden. Sie können sich beliebig im Raume, in beliebigen Fahrzeugen (Schiff, Luftschiff) bewegen. Vorausgesetzt der Sender ist genügend stark, kann jedermann in einem Umkreis von mehreren 100 km mithören, leider auch der, für welchen das Gespräch nicht bestimmt ist. Dabei ist die Möglichkeit vorhanden, daß eine ganze Reihe von drahtlosen Gesprächen gleichzeitig geführt wird. Die Gespräche lassen sich leicht trennen durch Wahl verschiedener Frequenzen der Schwingungen (Wellen) und Resonanzabstimmung im Empfänger.

Für die Übertragung eignen sich nur unge-

dämpfte kontinuierliche Schwingungen (Fig. 1). Werden diesen durch ein Mikrophon Schwankungen aufgedrückt (Fig. 2), quantitativ übereinstimmend mit den beim Sprechen auftretenden Variationen, so werden auch diese Hochfrequenzschwankungen durch die Strahlung über die Erdoberfläche hinweg unverändert übertragen und werden von jedem gewöhnlichen drahtlosen Empfänger (Antenne mit Detektor)



Fig. 1. Ungedämpfte kontinuierliche Schwingungen.



Fig. 2. Durch mikrophonisches Besprechen verursachte Kurvenform.

quantitativ im richtigen Sinne wiedergegeben und dem Ohr hörbar gemacht.

Die Aufgaben, welche die drahtlose Technik zu lösen hatte, waren: die Erzeugung konstanter ungedämpfter Schwingungen, die Schaffung eines geeigneten „Mikrophons“ zur Beeinflussung dieser Schwingungen und die Ausbildung der Apparate derart, daß jeder beliebige Teilnehmer, ohne Physiker oder Ingenieur zu sein, ein drahtloses Telefongespräch führen kann. Erst in den letzten Jahren ist es gelungen, obige Probleme restlos zu lösen, vor allem durch die Ausgestaltung der Kathodenröhren als Empfangsverstärker, als Generator und als Starkstrommikro-

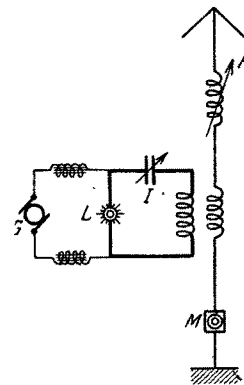


Fig. 3. Einfachste und älteste Anordnung zur Erzeugung ungedämpfter Schwingungen in der drahtlosen Telephonie.

phon, in der Hauptsache das Verdienst der „Gesellschaft für drahtlose Telegraphie“.

Die ungedämpften Schwingungen in der drahtlosen Telephonie können auf verschiedene Art erzeugt werden: durch einen Lichtbogen, eine Hochfrequenzmaschine und einen Kathodenröhrengenerator. Die Anordnungen, durch welche sie von der Sprache beeinflusst werden, sind bei allen drei Verfahren prinzipiell dieselben. Die einfachste und älteste Anordnung zeigt Fig. 3. Ein Lichtbogen *L* erzeugt in einem Schwingungskreis *I* ungedämpfte Schwingungen. *G* ist eine Gleichstrommaschine für etwa 500