

ZB MED - Informationszentrum Lebenswissenschaften

Über das elektrische Schneiden mit der Drahtschlinge in der operativen Dermatotherapie und kleinen Chirurgie unter besonderer Berücksichtigung der Hauttuberkulose

Wucherpfennig, Vinzenz

Jena, 1932

ZB MED - Informationszentrum Lebenswissenschaften

Shelf Mark: Ui VI 1740

I. Der schneidfähige Strom.

[urn:nbn:de:hbz:38m:1-122514](https://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:hbz:38m:1-122514)

C. Das elektrische Schneiden.

I. Der schneidfähige Strom.

1. Elektromagnetische Schwingungen, Frequenz und Funkenzahl.

Wie bereits in der kurzen geschichtlichen Betrachtung gesagt wurde, verbessert sich der Schnitt in demselben Maße wie die Funkenzahl der Funkenstreckenapparate gesteigert werden kann. Da jeder Funke eine Gruppe von elektrischen Schwingungen auslöst, ist die Zahl der Schwingungen in der Sekunde der Funkenzahl proportional. Bei 60 000 Funken wird man also leicht eine Million Schwingungen erreichen. Man kann mit einer so hohen Anzahl gedämpfter Schwingungen ebensogut schneiden wie mit ungedämpften; das hat die Praxis erwiesen. Man muß annehmen, daß eine bestimmte Anzahl Schwingungsgruppen, das heißt eine bestimmte Funkenzahl in der Sekunde, gleichviel, ob es ungedämpfte oder gedämpfte sind, zur Spaltung des Gewebes notwendig ist. Die Art der Schwingungen ist also nicht so wesentlich wie die Zahl der Funken je Sekunde. Man darf jedoch die Zahl der gedämpften Schwingungen pro Zeiteinheit nicht mit Frequenz bezeichnen, wie das bei ungedämpften Schwingungen richtig wäre. Es gilt die Gleichung:

$$\text{Frequenz} = \frac{\text{Lichtgeschwindigkeit in Meter (= 300 Millionen Meter)}}{\text{Wellenlänge in Meter}}$$

Die so berechnete Frequenz pro Sekunde heißt Hertz (H); tausend H sind ein Kilohertz (kHz). Bei den gedämpften Schwingungsgruppen in einem durch Funken erregten Schwingungskreis treten aber Pausen auf, in denen sich der Kondensator aufladen muß, um später wieder Funken und dadurch Schwingungen erzeugen zu können. Die Zahl der gedämpften Schwingungen in der Sekunde ist also geringer als ihre Frequenz, weil die Frequenz jene Zahl bedeutet, die bei ununterbrochenem Fortschwingen während einer Sekunde sich ergeben würde. Es können also 3 Schwingungen eine sehr hohe Frequenz haben, wenn sie in einem recht kleinen Bruchteil einer Sekunde ablaufen und es können 30 000 Schwingungen eine sehr niedrige Frequenz haben, wenn sie zu ihrem Ablauf eine ganze Sekunde oder mehr benötigen. Man wird also gut tun, sowohl die Frage der gedämpften und ungedämpften Schwingungen wie auch die Frage nach der Frequenz beim elektrischen Schneiden ganz aus dem Spiel zu lassen. Wichtig ist nur, daß bei Funkenstreckenapparaten eine bestimmte Anzahl Schwingungsgruppen in der Sekunde erfolgt. Bei Elektronenröhrenapparaten soll man nicht unter 800 kHz bleiben, da sonst faradische Reizungen auftreten.

Elektrische Schwingungen kommen dadurch zustande, daß sich die in dem Kondensator gespeicherte Energie über den Funken nicht einfach aus-

gleich, sondern vielmehr hin und her pendelt. Wir haben es also bei einem Funken mit einer oszillatorischen Entladung zu tun, die den Schwingungskreis zu ebenso viel Schwingungen anregt wie die Elektrizität in dem Funken hin und her pendelt. Diese Schwingungen übertragen sich auf den Patientenstromkreis und werden durch den Körper geleitet. Um trotz gleicher Funkenzahl im Patientenkreis mehr Schwingungen zu erzielen als im Erregerkreis vorhanden waren, wurde die Löschfunkenstrecke eingeführt. Je stärker die Löschwirkung ist, um so besser ist der gewünschte Effekt. Es sind die verschiedensten Maßnahmen bekannt geworden, die diese Wirkung hervorrufen. Es würde aber zu weit führen, sie auch nur kurz hier zu besprechen. Auch die Funkenzahl selbst kann man durch geeignete Maßnahmen erhöhen; so daß für die Technik keine Schwierigkeiten mehr bestehen, die erforderliche sehr hohe Funkenzahl pro Sekunde zu erreichen, um einen gut schneidfähigen Strom zu erzielen. In den Prospekten einiger Firmen kann man lesen, daß die von ihnen hergestellten Apparate in der Lage seien, bis zu 70 000 Funken in der Sekunde hervorzubringen. Bei den Radiowellen (kontinuierliche, also ungedämpfte Schwingungen) haben wir es mit einer Frequenz von 750 Millionen kHz bis 12 kHz zu tun. Was das elektrische Schneiden angeht, berichtet KOWARSCHIK, daß mit einem Apparat, der Schwingungen von 1920 kHz erzeugte, gut geschnitten werden konnte. Er führt auch an, daß die alten Diathermieapparate, deren Schwingungskreis durch eine Funkenstrecke erregt wird, mit einer Frequenz von 600—1000 kHz arbeiten.

Es ist wichtig, zu wissen, daß man den Hochfrequenzstrom nur deshalb in so hoher Stärke durch den Körper schicken kann, weil er keine faradischen Reizungen auslöst und keine elektrolytischen Eigenschaften mehr besitzt. Die motorische Reizwirkung von Wechselströmen ist durch NERNST erforscht worden. Er fand, daß die biologische Reizschwelle zur Frequenz des Wechselstromes dasselbe Verhältnis hat wie die Intensität des Lichtes zum Abstand von der Lichtquelle. Die Reizstärke ist umgekehrt proportional dem Quadrat der Frequenz. Aber selbst bei sehr hochfrequenten Strömen ungedämpfter Schwingungen, wie sie von einem Elektronengitterrohr erzeugt werden, ist die motorische Reizwirkung auf den Muskel oder den motorischen Nerven nicht vollständig aufgehoben. Das betonen vor allem die Amerikaner, die nur mit ungedämpften Schwingungen arbeiten. Die Zuckungen werden bei gut schneidfähigem Strom nicht durch die Elektrizität, sondern wahrscheinlich durch die im Moment der Berührung der Elektrode mit dem Gewebe entstehende Wärme hervorgerufen. In diesem Zusammenhang sei daran erinnert, daß man einen Muskel oder Nerven auch rein mechanisch, wie z. B. durch Quetschen, reizen kann. Besondere Vorsicht ist dann geboten, wenn Muskelgewebe in unmittelbarer Nähe der Gefäße angeschnitten wird. Durch die elektrische Reizung des Muskels und die dadurch bewirkte Kontraktion kann die Elektrode gegen die Gefäße gestoßen werden, die dann augenblicklich durchtrennt werden. Dem Verfasser passierte ein solcher Zwischenfall zu Beginn der klinischen Anwendung der elektrisch schneidenden Schlinge, als am Hals über dem Platysma ein ausgedehnter Lupusherd entfernt wurde. Das sich kontrahierende Platysma verschob die Schlinge mit solcher Schnelligkeit und Gewalt, daß durch die ungewollte Bewegung die Vena jugularis breit eröffnet wurde. Nach Umstechung des Gefäßes konnte die Operation fortgesetzt werden.

I. 2. Zur Theorie des Schneidens.

Wenn man mit SCHRIDDE annimmt, daß der elektrische Schnitt dadurch zustande kommt, daß infolge hoher Temperaturen eine umschriebene Verdampfung des Gewebewassers eintritt und die so entstehenden „Hitzewaben“

zu einem großen Spalt zusammenfließen, so trifft man damit die heute gültige Meinung über die Theorie des Schneidens. Mit dieser Annahme stimmt überein, daß man mit Gleichstrom ganz vorzüglich schneiden kann. Darauf hat wohl Ingenieur HOFMANN zuerst hingewiesen. Auch mit dem üblichen Wechselstrom von 50 H gelingt der elektrische Schnitt gut. Wenn diesen beiden Stromarten nicht die für lebendes tierisches Gewebe so gefährlichen Eigenschaften der faradischen Reizung und der elektrolytischen Dissoziation in so hohem Maße zu eigen wären, würden sie schon der Einfachheit halber ausschließlich zum Schneiden verwendet werden. Mit der vorgenannten Anschauung über die Theorie des Schneidens stimmt überein, daß der Schnitt um so glatter ist und seine Ränder um so koagulationsärmer sind, je höher die Stromdichte beim Schneiden war. Als Stromdichte bezeichnet man die Stromstärke (in Ampère) pro Quadratcentimeter. Die Stromdichte aber ist von der Größe der Elektrode abhängig. Wenn mit einer begrenzten Stromstärke von etwa $\frac{1}{10}$ Ampère geschnitten werden soll, so wird das mit der Elektrode am besten gelingen, die diese Strommenge auf einen möglichst kleinen Ort wirken läßt. Eine messerförmige Elektrode wird also unter diesen Umständen eine geringere Stromdichte im Gewebe bewirken als eine schmale, bandförmige Schleife, diese wiederum eine geringere als eine Nadel, und diese eine geringere als ein recht dünner Draht. Man wird mit einem recht dünnen Draht unter sonst gleichen Bedingungen die höchste Stromdichte erzielen und deshalb eine relativ bessere Schneidewirkung.

Wenn die Dinge so liegen, ist die Kenntnis des JOULESchen Gesetzes von Wichtigkeit, weil man dadurch den Einfluß von Widerstand, Zeit und Stromstärke auf die im Gewebe entstehende Wärme und damit auch auf das Schneiden selbst bestimmen kann.

Das JOULESche Gesetz lautet:

$Q = J^2 \cdot R \cdot t$ oder: die JOULESche Wärme (Q) ist gleich dem Quadrat der Stromstärke (J) mal dem Widerstand (R) mal der Zeit (t) der Einwirkung.

Es ist ohne weiteres einzusehen,⁵ daß die Wärme Q um so größer ist, je länger der Strom fließt; damit ist eine genügende Erklärung für die Zeit t gegeben, während der der Schnitt ausgeführt wird. Man kann der Einfachheit halber für das elektrische Schneiden ganz außer Betracht lassen, daß der Blutstrom natürlich einen gewissen Bruchteil der erzeugten Wärme abführt. Um zu verstehen, weshalb die Wärme Q proportional dem Leitungswiderstand des Gewebes steigt oder fällt, kann man die experimentellen Ergebnisse JOULES zitieren. Es fand nämlich, daß bei gleicher durchgehender Strommenge der Körper mit dem höheren spezifischen Leitungswiderstand (= geringere Leitfähigkeit) R sich stärker erwärmte als derjenige mit dem geringeren Leitungswiderstand (= bessere Leitfähigkeit).

Ein unerwartetes Ergebnis hatten seine Untersuchungen, als er die Abhängigkeit der Erwärmung Q von der Stromstärke J prüfte. Er stellte fest, daß Q nicht einfach proportional J war, sondern vielmehr proportional dem Quadrat von J. Wenn er also die Stromstärke von 1 auf 2 Ampère, um das Doppelte, steigerte, so war die Erwärmung nicht nur doppelt, sondern viermal so stark. Dieser enorme Einfluß der Stromstärke kann aber dann erst richtig gewertet werden, wenn man das Gesetz kennt, dem die Stromstärke gehorcht. Die Kenntnis des JOULESchen Gesetzes ist nur dann von Wert, wenn wir die Abhängigkeit desjenigen seiner 3 Faktoren kennen, den wir zwar nur indirekt beeinflussen können, dessen geringe Änderungen aber von großen Folgen sind, und das ist die Stromstärke J.

I. 3. Der Einfluß der Spannung.

a) Der spezifische Leitungswiderstand der Gewebe.

Nach dem OHMSchen Gesetz ist die Stromstärke gleich der Spannung dividiert durch den Widerstand.

$$\text{Ampère} = \frac{\text{Volt}}{\text{Ohm}}.$$

Die Spannung des Hochfrequenzstromes (Volt) und der Körperwiderstand (Ohm) sind es also, von denen die Stromstärke (Ampère) abhängt. Da wir auf der rechten Seite der obigen Gleichung den Körperwiderstand nicht oder nur wenig ändern können, ist die Spannung des Hochfrequenzstromes das Mittel der Wahl, die Strommenge, die wir zum Schneiden benötigen, einzuregulieren. Nur durch die Regelung der Spannung kann man den Anforderungen gerecht werden, wenn z. B. durch Benutzung einer größeren Elektrode und gleichbleibendem Gewebewiderstand ein höherer Strombedarf vorliegt, oder wenn bei gleichem Strombedarf der Widerstand des Gewebes ein höherer ist. Die experimentellen Arbeiten von KOWARSHIK, GILDEMEISTER und vor allem von DOWSE und IREDELL haben gezeigt, daß das OHMSche Gesetz, das für Gleichstrom seine strenge Gültigkeit hat, bei Einwirkung von hochfrequenten Wechselströmen auf den menschlichen Körper nicht genau zutrifft. Um darüber Genaueres zu erfahren, sei auf die Ausführungen KOWARSHIKS verwiesen. Trotzdem aber sei der Einfachheit halber unterschoben, daß das OHMSche Gesetz im großen und ganzen für das elektrische Schneiden seine Gültigkeit hat. Bei den Versuchen der eben genannten Autoren war die intakte Haut es vor allem, die wie jedes unvollkommene Dielektrikum Kondensatorwirkungen verursachte. Beim Schneiden wird die Haut aber in jedem Fall verletzt, so daß die Kondensatorwirkung auf die inaktive Elektrode, d. h. die von ihr bedeckte Hautfläche beschränkt bleibt. Es genügt deshalb auch die Reihenfolge der Gewebe mit verschiedenem Widerstand, so wie sie WILDERMUTH angegeben hat, zu kennen. Über das Ausmaß der Spannungsänderung wird man sich nicht durch ein Voltmeter vergewissern; es genügt die Stellung der Spannungskurbel ungefähr zu kennen, bei der man einen Hautschnitt oder einen Schnitt durch das subkutane Fett usw. mit einer bestimmten Elektrode ausführen kann.

WILDERMUTH setzte den Widerstand einer 0,5%igen Kochsalzlösung von 18° C = 1 und fand den spezifischen Widerstand von

Fettgewebe	= 19,4
Gehirn	= 5,5—6,8
Lunge	= 3,5—4,0
Leber	= 2,8—3,3
Haut	= 2,5—3,0
Muskel	= 1,2—1,5

Er fand auch, daß Blut noch besser leitet als Muskelgewebe und daß Aszitesflüssigkeit besser leitet als 0,5%ige Kochsalzlösung, die ja = 1 gesetzt wurde. Die gesamten Zahlen sollen nur einen ungefähren Anhalt geben oder auch nur eine Richtung, in der sich der Widerstand vergrößert bzw. verkleinert. Von weit größerer Bedeutung ist die eigene Erfahrung, die der Operateur im Laufe der Zeit sammelt. EGGERS macht z. B. darauf aufmerksam, daß man die Schneidbarkeit des menschlichen Fettgewebes durch Infiltration mit physiologischer Kochsalzlösung derart verbessern kann, daß glatte, nicht verschorfende Schnitte entstehen, die bei primärer Naht in 7—9 Tagen heilen.

Von großer Wichtigkeit ist der Umstand, daß Haut und Unterhaut so gut wie immer in ihrem spezifischen Widerstand erheblich voneinander abweichen. Es ist deshalb angebracht, jedes für sich zu durchtrennen. Würde man das schneidende Instrument bis in das Unterhautfettgewebe führen, so wäre eine sehr ungleichmäßige Stromverteilung unausbleiblich. Beim langsam geführten Schnitt durch Haut und Unterhaut würde die Haut wegen ihrer besseren Leitfähigkeit und somit größeren Stromaufnahme eine breite Verkochungszone aufweisen, während im fettreichen Gewebe der Unterhaut vielleicht gerade eben eine befriedigende Schneidwirkung möglich ist. Würde man aber den Schnitt so schnell führen, daß die Haut mit koagulationsarmen Rändern getrennt wird, so könnte man das Unterhautfett nicht zugleich spalten; die Elektrode würde anstoßen und sich festrennen. Ähnliche Verhältnisse wie sie für Haut und Unterhaut mit Sicherheit zu erwarten sind, finden sich auch gelegentlich bei Lederhaut und Oberhaut. Es ist nicht einmal notwendig, hier an die trockene Haut der Menschen mit Hypothyreose und die feuchte Haut der Basedowiker zu denken. Viel häufiger wird die Oberhaut durch Reinigen mit Benzin oder Alkohol stark entfettet und entwässert, so daß sie dem Hochfrequenzstrom einen hohen Widerstand bietet. Man wird bei genauerer Betrachtung der Schnittländer dann bemerken, daß in Höhe der Epidermis ein feiner gelber oder gar brauner Strich dahinzieht als Zeichen dafür, daß die Oberhaut nur durch größere Stromaufnahme gespalten werden konnte. Eine verzögerte Heilung, gleichviel ob primär genäht werden soll oder der Defekt sich per granulationem schließen soll, ist die Folge dieser Unachtsamkeit. Es ist nämlich wichtig, bei trockener oder getrockneter Oberhaut vor Beginn der Operation diese auf irgendeine Weise anzufeuchten, damit sie sich in ihrer Leitfähigkeit möglichst wenig vom Korium unterscheidet. Beim elektrischen Schnitt ist der spezifische Gewebewiderstand also von Bedeutung. Eine selbstverständliche Voraussetzung ist es deshalb, daß niemals Gewebe mit sehr verschiedenem spezifischen Leitungswiderstand durch einen Schnitt und gleichzeitig gespalten wird.

3. b) Koagulationszone und Spannung.

Durch Einstellung einer höheren Spannung wird bei dem gleichbleibenden Widerstand des Körpers und des zu schneidenden Gewebes eine höhere Stromaufnahme bewirkt, die wiederum eine breitere Koagulationszone bedingt. Man hat also durch die Spannung einen Einfluß auf die Koagulationszone und damit auf die Blutung. Von dem glatten, fast koagulationsfreien Schnitt zum stark verkochenden Schnitt gibt es alle Übergänge. Es würde eine Einengung des neuen Verfahrens bedeuten, wollte man nur die beiden Extreme gelten lassen und die feinen Abstufungen zwischen ihnen unberücksichtigt. Man würde sich dadurch von vorneherein vieler therapeutischer Möglichkeiten begeben. In eine solche Gefahr kommt man aber unbewußt, wenn man Namen wie „Scharfschnitt“ für einen verkochungsarmen und „Schorfschnitt“ für einen stark verkochenden Schnitt einführen wollte. Es wird gut sein, derartige Benennungen solange noch zu vermeiden, bis durch mehrjährige Erfahrung eine genügende Klärung eingetreten ist. Dabei ist es auch noch wichtig, daß die Namengebung unter großen Gesichtspunkten geschieht und nicht etwa nur mit Rücksicht auf die große Chirurgie. Es ist nicht von vornherein zu verwerfen, wenn man mit höherer Spannung als notwendig schneidet. Wenn zur Erlangung eines möglichst blutungsfreien Schnittes nicht ein zweites und später noch zu besprechendes Mittel angewendet werden soll, so ist der Schnitt mit hoher Spannung i. e. mit großer Stromstärke das bequemste Mittel, dieses Ziel zu erreichen; davon kann man sich durch Probeschnitte an einem Stück

Herzmuskel leicht überzeugen. Nach Einstellung der höchsten Funkenzahl wird man mit niedriger Spannung, d. h. also geringer Strommenge zunächst mit der Schlinge festbrennen. Bei etwas höherer Spannung kann nur langsam geschnitten werden; eine breite Koagulationszone ist mit Sicherheit zu erwarten. Steigert man die Spannung weiter, so kann der Schnitt mit einemmal schnell und mit kaum sichtbarer Verkochungszone ausgeführt werden. Hier liegt also für die gerade innegehaltenen Bedingungen die optimale Einstellung des Apparates. Bei weiterer Steigerung der Spannung wird der Schnitt kaum schneller ausführbar, es verbreitert sich indessen wieder die Koagulationszone. Eine noch weitere Steigerung der Spannung kann dazu führen, daß der dünne Schlingendraht die durch ihn zu vermittelnde Strommenge nicht mehr aufnehmen kann; er brennt durch wie eine Sicherung und muß neu eingezogen werden. Nähert man sich bei zu hoher Spannung mit einer bereits unter Strom gesetzten Elektrode dem Gewebe, so entsteht vor der Berührung ein kleiner „Übergangsfunke“. Entfernt man die Elektrode nach ausgeführtem Schnitt ebenfalls unter Strom von dem Gewebe, so entsteht ebenfalls ein Funke, der sogenannte „Abreißfunke“. Er ist wesentlich kräftiger und länger als der Übergangsfunke. Es kommt oft vor, daß durch ihn schon die Schlinge wegen der übergroßen Erhitzung an einer umschriebenen Stelle schmilzt und unbrauchbar wird. Sobald man also einen stärkeren Abreißfunken bemerkt, soll die Spannung nicht mehr gesteigert werden. Oft läßt es sich, so z. B. bei Fettgewebe, nicht vermeiden, mit relativ hoher Spannung und stärkerem Abreißfunken zu arbeiten. Dann mache man es sich zur Gewohnheit, schnell an das Gewebe heranzugehen und sich besonders schnell nach dem Schnitt wieder von ihm mit der Elektrode zu entfernen. Der dann nur sehr kurze Zeit bestehende Übergangs- bzw. Abreißfunke erhitzt den Draht nicht derart, daß er schmelzen müßte.

3. c) Koagulationszone und Schnelligkeit der Schnittführung.

Es gibt noch ein zweites einfacheres und deshalb auch besseres Mittel, die Breite der Koagulationszone und damit auch das Ausmaß der Blutung zu beeinflussen. Um eine breite Verkochungszone zu bekommen, ist es nötig, eine bestimmte Strommenge pro Gewebavolumen wirken zu lassen. Ist die durch den Strom erzeugte JOULESche Wärme so stark, daß die kühlende Wirkung des Blutstromes oder die Abgabe der erzeugten Wärme durch Leitung nicht ausreicht, um ein weiteres Ansteigen der Wärme zu verhindern, so ist es gleichgültig, ob ich die dadurch gesetzte Verkochung in kürzerer oder längerer Zeit hervorbringe. Man könnte also in einem solchen Fall sagen, daß das, was dem Strom an Intensität fehlt, durch die Dauer der Einwirkung ausgeglichen wird. Auf den elektrischen Schnitt angewendet, wird man eine ebenso breite Koagulationszone und damit eine ebenso gute Blutstillung erzielen, wenn man mit mäßiger Spannung recht langsam schneidet, anstatt mit hoher Spannung schnell zu schneiden. Der Verfasser neigt der Ansicht zu, daß es besser ist, die Regelung der Koagulationszone durch Änderung in der Schnelligkeit der Schnittführung zu bewirken, weil diese Maßnahme unmittelbar wirkt, und man auf diese Weise bald eine gewisse Schätzung und Treffsicherheit erlangen kann. Denn die Beziehung zwischen Einwirkungszeit und Koagulationszone ist linear oder einfach proportional, die zwischen Stromstärke und Verkochungszone jedoch quadratisch proportional. Führe ich einen Schnitt halb so langsam, so werde ich mit rund der doppelten Wirkung auf den Schnitttrand rechnen können. Bei Variation der Zeit besteht also eine einfache und gut übersehbare Beziehung zwischen Maßnahme und Wirkung; bei Änderung der Intensität (durch Spannungsregulierung) ist der Effekt weniger genau zu schätzen.

I. 4. Das einpolige Schneiden.

Es wird gelegentlich angenehm empfunden, einpolig, d. h. ohne eine große ableitende inaktive Elektrode anlegen zu müssen, operieren zu können. Das ist z. B. dann angebracht, wenn man bei unruhigen Kindern kleine Eingriffe vorzunehmen hat. Aber auch bei größeren Operationen wird gelegentlich die inaktive Elektrode störend empfunden. Ändert man während des Operierens seinen Standpunkt, so wird es leichter möglich sein, nur auf eine Verbindung, nämlich die der aktiven Elektrode mit dem Apparat achten zu müssen statt auf zwei. Die Möglichkeit, einpolig arbeiten zu können, kann man sich an jedem Apparat schaffen, indem man den einen Pol der Patientenklammer erdet. Durch diese Maßnahme ist die Erde gewissermaßen zur inaktiven Elektrode gemacht. Der Patient hingegen hat in den meisten Fällen keine gute Verbindung mit der Erde, da der Tisch oder auch der Fußboden selbst oft aus isolierenden Stoffen besteht. Dennoch ist der Kondensator, den der Patient zur Erde bildet, groß genug, so daß ein einpoliges Schneiden möglich ist. Je nach der Isolierung des Fußbodens ändert sich selbstverständlich die kapazitive Verbindung des Patienten zum Apparat und danach richtet sich die jeweilige Einstellung der Spannung, mit der man arbeiten muß.

Zwei Umstände müssen dabei jedoch beachtet werden. Zunächst müssen die Hände des Operierenden am besten durch Gummihandschuhe geschützt sein, da auch der Operateur den Strom ableitet, so er während des Schneidens den Patienten berührt. Bei kleinen Eingriffen genügen jedoch mehrere Mull- oder Zellstofflagen. Der Verfasser machte auf diese Weise stets die kleineren Eingriffe, wie z. B. Entfernen einiger Lupusrückfallknötchen. Wegen der höheren Spannung muß man bei Benutzung der Schlinge als zweite Vorsichtsmaßregel daran denken, daß beim Ein- und Austauschen der Schlinge größere Funken entstehen als beim Arbeiten mit angelegter inaktiver Elektrode. Man wird also die auf S. 11 Zeile 23 erwähnten Vorsichtsmaßnahmen beachten müssen. Trotz dieser Umstände ist das einpolige Schneiden bei gewissen Gelegenheiten ein Vorteil. Sollte der zur Verfügung stehende Apparat nicht einseitig geerdet werden können, so kann das von jedem guten Elektrotechniker ohne weiteres nachgeholt werden. Am besten achtet man jedoch auf diese Möglichkeit schon beim Kauf, weil die Isolierung der Stromleitungen usw. in dem Apparat meistens besser sind.

I. 5. Apparate.

a) Mit Elektronengitterröhren als Schwingungserreger.

Da die Qualität des Hochfrequenzstromes für das elektrische Schneiden von ausschlaggebender Bedeutung ist, erscheint es angezeigt, wenigstens einige Bemerkungen über Diathermieapparate anzufügen, damit jeder über gewisse unerläßliche Forderungen an Konstruktion und Schaltmöglichkeit unterrichtet ist.

In einem anderen Zusammenhang wurde schon einmal gesagt, daß es nicht notwendig ist, einen Röhrenapparat zu kaufen, d. h. einen Apparat, dessen Erregerkreis durch ein Elektronengitterrohr in Schwingungen versetzt wird. Der mit ihm erzeugte Strom wäre so schneidfähig, daß man ihn zur Erzielung einer optimalen Koagulationszone und damit relativen Blutungsfreiheit stark verändern, um nicht zu sagen verschlechtern müßte. Vor allem aber ist es der zur Zeit noch viel zu hohe Preis solcher Apparate, der ihrem allgemeinen Gebrauch noch lange hindernd im Wege stehen wird. Funkenstreckenapparate hingegen werden heute von jeder größeren Spezialfirma in so guter Ausführung angeboten, daß sie allen Anforderungen an Qualität des Stromes gewachsen sind und im allgemeinen einen angemessenen Preis haben.

5. b) Apparate mit Funkenstrecken als Schwingungserreger.

Es war schon einmal die Rede davon, daß man durch Verstellen der Funkenstrecke die Funkenzahl und damit die Schneidfähigkeit bzw. Koagulationsfähigkeit nach Wunsch ändern kann. Es gibt Apparate, bei denen die Funkenstrecke von außen durch eine Kurbel in sehr genauer Weise für den jeweiligen Zweck eingestellt werden kann. So sehr diese Möglichkeit zu begrüßen ist, so ist sie doch nicht als notwendig zu bezeichnen. Wenn man bedenkt, daß die Breite der Koagulationszone auch durch die Spannung oder durch die Schnelligkeit der Schnittführung beeinflußt werden kann, so genügen für die vorliegenden Zwecke diese beiden Möglichkeiten vollauf. Man darf nicht vergessen, daß ein Richten der Funkenstrecke während des Operierens auch Zeit und Aufmerksamkeit verlangt. In der vorliegenden Schrift soll außerdem nur die kleine Chirurgie berücksichtigt werden, die also mit kleineren Apparaten ausgeführt werden kann. Es genügt, wenn ein Diathermieapparat zur Verfügung steht, dessen Funkenstrecke oder dessen Funkenstrecken (im allgemeinen nicht mehr als zwei) ein für allemal auf eine möglichst hohe Funkenzahl, nicht unter 40000 in der Sekunde, ein-

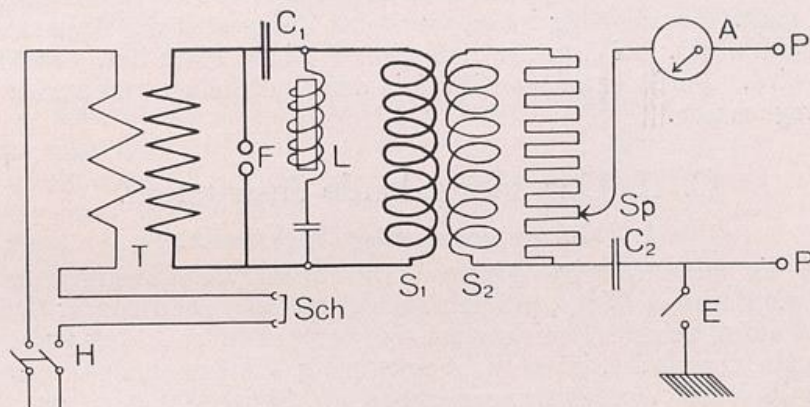


Abb. 2. Schematische Konstruktionszeichnung eines Diathermieapparates für Schneiden und Koagulieren. *H* Hauptschalter; *Sch* Fußschalter; *T* Transformator; *F* Funkenstrecke; *C₁* Kondensator des Schwingungskreises; *S₁* Selbstinduktion (Solenoid) des Schwingungskreises; *L* Löschkreis, bestehend aus Drossel, Spule und Kondensator; *S₂* Koppelungsspule des Patientenkreises; *Sp* Spannungsregulierung; *C₂* Kondensator im Patientenkreis zur Unterdrückung der Faradisation; *E* wahlweise Erdung; *A* Ampèremeter; *P-P* Patientenklemme.

gestellt ist. Seine Leistung an den Patientenklemmen, ausgedrückt in Watt (= Volt · Ampère), soll etwa 100 sein. Er soll einen Umschalter haben, der durch Änderung der Spannung und der Kapazität möglichst günstige Bedingungen einerseits bei dem Gebrauch zu Durchwärmungen und andererseits beim Schneiden herstellt. Zum Koagulieren und zum Durchwärmen ist ein Ampèremeter erforderlich, das am besten mit zwei Meßbereichen ausgestattet ist, den kleineren für Koagulation, den größeren für Durchwärmung. Da man Schneiden und Durchwärmen nicht zu gleicher Zeit ausführt, genügen zwei Anschlußklemmen für die Kabel, aus denen bei Umstellung auf Schneiden ein schneidfähiger Strom und bei Stellung auf Koagulieren oder Durchwärmen ein qualitativ schlechterer, aber meist stärkerer Strom entnommen werden kann.

5. c) Die Spannungskurbel.

Eine wichtige Vorrichtung ist die Spannungskurbel (*Sp*). Durch sie müssen auch die geringsten Ströme mit guter Genauigkeit eingestellt werden können. Sie soll von der niedrigsten bis zur höchsten Spannung stufenlos

regulieren. Gewöhnlich wird ein Widerstand in der Spannungsteilerschaltung benutzt. Es ist von Vorteil, wenn der Widerstandsdraht einen wachsenden Querschnitt hat; auf diese Weise sind die schwachen Ströme, wie man sie etwa beim Epilieren benötigt, genauer einzustellen.

5. d) Der Fußschalter.

Der Fußschalter (*Sch*) unterbricht den Strom, nachdem der Hauptschalter (*H*) eingelegt ist. Nur durch den Druck des Fußes auf die Taste des Fußschalters wird also der Stromkreis geschlossen. Man sollte darauf achten, daß zwischen ihm und dem Apparat ein 1,50—2 m langes Verbindungskabel angebracht ist. Die Verbindung mit dem Apparat selbst wird am besten durch einen Stecker hergestellt, der beim Durchwärmen durch einen anderen mit kurzgeschlossenen Stiften versehenen Stecker ersetzt wird. Dann ist der Apparat unter Strom, sobald der Hauptschalter eingelegt wird. Der Fußschalter sollte mit einem Bügel ausgerüstet sein, damit man ihn bei einem Ortswechsel während der Operation schnell und sicher mitnehmen kann, und damit man ihn aus hygienischen Gründen überhaupt möglichst wenig mit den Händen berühren muß. Zweckmäßig ist es, wenn das Fahrgestell des Apparates einen Zwischenboden hat, auf dem der Fußschalter seinen Platz hat, wenn er nicht benötigt wird. Dahin kann man ihn mit dem Fuß heben und auch zum Gebrauch wegnehmen.

C. II. Das schneidende Instrument.

1. Die messerförmige Elektrode.

Daß die messerförmige Elektrode vor allem von Chirurgen bevorzugt wird, hat nicht nur sachliche, sondern auch rein äußerliche Gründe. Um einzusehen, daß unter gleichen Bedingungen eine messerförmige Elektrode schlechter schneidet als eine Nadel, ist es nicht notwendig, Untersuchungen anzustellen. Bei sonst gleichen Vorbedingungen geben die breiten Flächen des Messers, die nur dazu da sind, die Schneide zu stützen, beim Durchgang durch das geschnittene Gewebe Strom an dieses ab. Das ist auch dann ein Nachteil, wenn dieser Strom nicht in unerwünschte Koagulation der bereits geschnittenen Gewebepartien umgesetzt würde. Das Schneiden selbst vollzieht sich bei einer messerförmigen Elektrode nicht anders wie bei einem Draht oder einer Nadel. Die äußerste Kante der vorangehenden Schneide ist mit einem ununterbrochenen Funkenband besetzt, und nur dieses Funkenband spaltet das Gewebe; das kann man deutlich beobachten, wenn man durch einen klaren Agar schneidet. Aber auch die seitlichen Flächen der messerförmigen Elektrode geben unregelmäßig über sie verstreute Funken an das Gewebe ab. Diese Verteilung der Elektrizität ist einem dann sofort klar, wenn man bedenkt, daß sie sich immer über den geringsten Widerstand ausgleicht. In diesem Fall ist die vorangehende Schneide die Stelle des geringsten Widerstandes, da hier nicht koaguliertes, also gut leitendes Gewebe immer wieder von neuem der Elektrizität gegenübersteht, während die auseinander gespaltenen koagulierten Flächen des Schnittes der Elektrizität einen höheren Widerstand entgegensetzen und deshalb zu geringerer Funkenentladung Anlaß geben. Einige begeisterte Anhänger der messerförmigen Elektrode nehmen jedoch an, daß für das Verhalten der Funken während des Schnittes nur der Umstand eine Rolle spiele, daß die Elektrizität, wie ja allgemein bekannt ist, lieber aus scharfen Kanten und Spitzen austritt, denn aus Flächen.

Um zu einer gerechten Beurteilung des Messers zu gelangen, muß man hervorheben, daß die Diathermieapparate und damit der schneidfähige Strom