

III. Ergebnisse

Bis zum Ende des 19. Jahrhunderts wurde die Armamputation als leichter chirurgischer Eingriff beurteilt, der wegen der oft drohenden, tödlichen Wundinfektion möglichst schnell durchgeführt wurde, ohne dabei Rücksicht auf die Beschaffenheit des Stumpfes zu nehmen. Dies galt vor der Zeit der Anästhesie, Anti- und Asepsis, sowie der exakten, intraoperativen Blutstillung und im Krieg eher als in Friedenszeiten. Mit der Verbesserung der chirurgischen Operationsverfahren sank die Sterblichkeit, die Zahl der überlebenden Amputierten nahm zu.

Während der Verlust eines Beines unbedingt einen den Körper tragenden und fortbewegenden Ersatz (Stelze) erforderlich macht, weil niemand auf einem Bein durchs Leben hüpfen kann, stellt sich nach einseitiger Armamputation aufgrund der enormen Anpassungsfähigkeit des Menschen nicht zwingend die Frage einer prothetischen Versorgung, da ein beweglicher, fühlender Stumpf mit Unterstützung der gesunden Hand meist die Alltagsverrichtungen bewältigen kann.

Der Verlust von Arm oder Bein ist endgültig. Dennoch besteht seit jeher der Wunsch des Menschen nach Wiederherstellung seiner körperlichen Integrität. Die Störung der Gleichmäßigkeit, die fehlende Symmetrie fällt dem Amputierten selbst und seiner Umgebung sichtbar unangenehm auf.

An Ideen für Ersatzarme in Form von Schmuckarmen („Sonntagsarmen“) und Arbeitsarmen („Arbeitsklauen“) mangelte es nicht. Sie wurden von einzelnen Konstrukteuren und häufig auch von den Betroffenen selbst bis zu einem gewissen Grade verwirklicht, ohne daß jedoch bis zum Ausbruch des ersten Weltkrieges irgendeine Konstruktion zum Allgemeingut wurde. Ärzte befaßten sich mit Ausnahme von Paré, Ballif und A.Gripouilleau bis zum Ende des 19. Jahrhunderts in der Regel nicht mit dem Prothesenbau für die obere Extremität. Nach der Amputation überließen die Chirurgen die Versorgung mit Körperersatzstücken allein dem Bandagisten. Die Hauptschwierigkeit bildete dabei stets die Kombination der beiden Grundforderungen, Tarnung des Verlustes und bestmögliche Nachahmung der Funktion. Im Mittelpunkt der technischen Versorgungsmöglichkeiten steht die künstliche Hand, obwohl sie nie ein Massenprodukt, sondern eher ein Einzelstück blieb, das bis zum 19. Jahrhundert aus Kostengründen nur der sozialen Oberschicht vorbehalten blieb. Der Krieg erwies sich als Lehrmeister im Prothesenbau. In Friedenszeiten bestand kaum Gelegenheit Erfahrungswerte zu

sammeln. Die massenhaften Verwundeten des 1. Weltkrieges, die unmöglich alle als Invaliden in den Ruhestand versetzt werden konnten, bewirkten ein großes Engagement von Chirurgen, Orthopäden und Ingenieuren, geeignete Kunstglieder anzufertigen, die die Voraussetzung für eine soziale und berufliche Wiedereingliederung der Kriegsversehrten schaffen sollten.

Die Prothesenkunde wurde erst während des 1. Weltkrieges zu einem Zweig der medizinischen Wissenschaft erhoben. Ihre Grundlage basiert auf der Bildung eines prothesenreifen Amputationsstumpfes.⁸²⁸ Der Chirurg sollte für die entsprechenden Vorbedingungen sorgen. Es galt einen Stumpf zu formen, der schmerzfrei, beweglich, gut weichteilgedeckt ist und eine tragfähige Form für eine Prothese aufweist. Darauf aufbauend sollte der Techniker unter Ausnutzung aller technischen Errungenschaften einen brauchbaren Kunstarm liefern, von dem entsprechend der Berufstätigkeit des Amputierten individuelle Eigenschaften verlangt werden. Als Material für die künstliche Hand dienten Eisen, Leder, Neusilber, Messing, Holz, Fiber, Gummi und Zelluloid.⁸²⁹ Die Kunsthand sollte möglichst leicht sein, jedoch auch fest genug um die unterschiedlichen Beanspruchungen beim Spitz- und Faustgriff standzuhalten.

Die Darstellung ihrer Entwicklungsgeschichte läßt erkennen, daß das Leistungsvermögen der natürlichen Hand hinsichtlich aller Greifarten und Bewegungsmöglichkeiten sich in einer künstlichen Hand nicht verwirklichen läßt. Auch beim künstlichen Handgelenk bleibt die Leistungsfähigkeit gegenüber dem natürlichen Bewegungsmechanismus eingeschränkt. Bei Betrachtung der anatomisch-physiologischen Besonderheiten von Arm und Hand wird deutlich, welche hohen Anforderungen an den Arzt und Techniker gestellt werden, beide einigermaßen zweckdienlich herzustellen.

Ausgehend von der berühmten eisernen Hand des Götz von Berlichingen, die bei einem Eigengewicht von 1,5 kg sehr schwer war, kamen im Laufe der Jahrhunderte die Armprothesen in kosmetischer Hinsicht (naturgetreues Aussehen, natürliche Fingerstellung in entspannter Haltung, der Größe der erhaltenen Hand entsprechend) dem biologischen Vorbild näher, funktionell wurden jedoch nur kleine Schritte zurückgelegt.

Der Berliner Hofzahnarzt Ballif leitete mit der Herstellung seiner willkürlich beweglichen Hand (1812) eine richtungsweisende Ära im Prothesenbau ein. Erstmals gelang es ihm, mittels Bewegung des Schultergürtels über Zugschnüre körpereigene Kräfte von der gesunden

⁸²⁸Janssen, P., 1917, S. 389.

⁸²⁹Gocht, H., 1907, S. 14 und S. 16-17; Radike, R., ²1920 b, S. 196 und S. 341.

Schulter auf die Kunsthand zu übertragen, so daß eine aktive Streckung der Finger entstand, derweil die Beugung durch Federzug erfolgte. Alle vorherigen künstlichen Glieder ersetzen lediglich die Form und Gestalt des fehlenden Armes und waren nur zum Halten und Tragen fähig. Der von Ballif eingeschlagene Weg wurde danach von allen weiteren Konstrukteuren übernommen und ausgebaut. Alle folgenden aktiven Armprothesen vermochten zwar ihren Zweck des kosmetischen oder funktionellen Ersatzes erfüllen, jedoch konnten sie nur durch Kräfte betätigt werden, die durch Bewegungen des Rumpfes oder der Schulter entstanden, oder von dort übertragen wurden. Dadurch sah die Betätigung der Hände unnatürlich aus.

Ende des 19. Jahrhunderts leitete Vanghetti mit seinen grundlegenden theoretischen und experimentellen Arbeiten eine völlig neue Entwicklung der Prothesenversorgung ein. Vanghetti schlug aufgrund von Tierversuchen 1898 vor, die Muskeln- und Sehnenenden am distalen Stumpfende des Armes zu Schlingen oder Keulen umzubilden und mit Haut zu überkleiden, um sie als Kraftquelle zur Bewegung einer Prothese zu verwenden. Angeregt durch seine Erfahrungen im Italien-Äthiopien-Krieg (1894), entwickelte Vanghetti 52 Methoden, die er mehreren italienischen Chirurgen unterbreitete. Ceci, Ordinarius für Chirurgie in Pisa, war der erste, der die Bedeutung der neuen Amputationschirurgie erkannte, ihr den Namen „Cineplastik“ gab und für die Veröffentlichung Vanghettis Arbeit im *Archivio d'ortopedia* (Mailand) 1899 sorgte. Ceci modifizierte das Verfahren und erreichte zweimal hervorragende Ergebnisse. Eine Weiterentwicklung Vanghettis Methoden unterblieb, da es in der Friedenszeit kaum Gelegenheiten zur weiteren Erprobung gab. Als Beleg mag der große Zeitabstand dienen, in dem Ceci das Vanghettiverfahren anwandte (1900, 1902 und 1906). Vanghetti selbst führte als praktischer Arzt aus Empoli seine Methoden nicht am Menschen aus. Der amerikanische Orthopäde Henry H. Kessler, der 1928 und 1932 in Berlin unter Sauerbruch dessen Verfahren studierte, nennt Vanghetti 1947 „the father of cineplasty“.⁸³⁰ In Deutschland führte als erster Payr 1912/13 die Schlingentechnik Vanghettis bei einem Patienten durch. Jedoch unterblieb eine Prothesenversorgung aus finanziellen Gründen.

Sauerbruch wurde im Juni 1915 durch Stodola angeregt, chirurgischerseits einen Weg zu finden, aus den am Amputationsstumpf verbliebenen Muskeln einen Antrieb für eine künstliche Hand zu bilden, deren entsprechende Konstruktion Stodola sich selber zutraute, um den

⁸³⁰Kessler, H. H., 1947, S. 54.

Kriegsinvaliden ihre Arbeitsfähigkeit zurückzugeben. Sauerbruch zeigte sich von der Idee so begeistert, daß er sofort mit Tierversuchen und Leichenoperationen begann. Während der Züricher Sommersemesterferien 1915 testete er im Reservelazarett an der chirurgischen Universitätsklinik in Greifswald bei 6 Armamputierten seinen Operationsplan. Diese plastischen Operationen gaben ihm die Sicherheit, daß sich sein Ziel verwirklichen ließ. Im Oktober 1915 veröffentlichte er sein Behandlungsverfahren in einem epochemachenden Artikel mit dem Fazit: „Die chirurgischen und mechanischen Voraussetzungen für eine willkürlich bewegliche künstliche Hand sind erfüllt.“⁸³¹

Die Resonanz war zunächst verhalten. Einerseits erweckte der Artikel in der Zeit der größten Not hohe Erwartungen, andererseits wiesen ihn mehrere Fachkollegen zurecht, indem sie in „Stodolas Idee“ eine Wiederauflage der bereits in der deutschsprachigen Fachliteratur bekannten Arbeit Vanghettis sahen. Besonders Payr attackierte Sauerbruch deshalb heftig in einer Sitzung der Medizinischen Gesellschaft Leipzig am 25. Januar 1916. Für ihn ist es völlig unverständlich, daß Sauerbruch die bereits seit 18 Jahren bestehenden Abhandlungen zu diesem Thema gänzlich unberücksichtigt ließ. Außerdem stellte er Stodola als Ideengeber in Frage. Sauerbruch gestand daraufhin ein, die Publikationen Vanghettis zu jenem Zeitpunkt nicht gekannt zu haben und führte seinerseits an, daß der Gedanke bereits zuvor bestanden habe. Diese Äußerung zog wiederum den Unmut Vanghettis nach sich, der zurecht kritisierte, daß Sauerbruch einen exakten Quellennachweis dafür schuldig blieb. Zur Entlastung Sauerbruchs kann jedoch die wiederentdeckte Veröffentlichung Stodolas, erschienen am 09. Oktober 1915 in der Zeitschrift des Vereines Deutscher Ingenieure, herangezogen werden, in dem Stodola seinen Gedankengang, der Anlaß zu Sauerbruchs Vorarbeiten in Greifswald war, erläutert. Daraus könnte abgeleitet werden, daß beide tatsächlich in Unkenntnis der Methoden Vanghettis handelten. Die Thoraxchirurgie galt zu jener Zeit als wissenschaftlicher und klinischer Schwerpunkt Sauerbruchs. Er ließ sich von seiner Experimentierfreudigkeit und Spontaneität, eine schnelle Lösung für die betroffenen Kriegsinvaliden zu finden, leiten. „Aus dem Gedanken heraus, die große Zahl kriegsbeschädigter Armamputierter wieder zu aktiver wirklicher Arbeitsleistung zu befähigen, ist die „willkürlich bewegbare künstliche Hand“ entstanden.“⁸³² Vermutlich beschäftigte er sich erst nach den kritischen Hinweisen seiner Fachkollegen mit dem Quellenstudium. Anders ist seine Unkenntnis gegenüber den Arbeiten

⁸³¹Sauerbruch, F., 1915, S. 125-126.

⁸³²Siegel, L., 1928, S. 241.

Vanghettis und den Folgearbeiten nicht zu erklären. Obwohl Sauerbruchs erste Fälle (1915) Ähnlichkeiten mit Vanghettis Konzept, insbesondere mit dessen Schlingentechnik⁸³³ aufweisen, ist die Auseinandersetzung um den Urheberstreit letztlich unerheblich, da bei der endgültigen „Sauerbruch’schen Operation“ nichts mehr von dem Vanghettischen Verfahren übrigbleibt. Gemeinsam ist beiden, die vorhandenen Muskelkräfte des Stumpfes wieder zu physiologischer Arbeit heranzuziehen.

Sauerbruchs Absicht war, im Bereich der Armprothetik etwas Neues zu schaffen. Eine willkürlich bewegbare künstliche Hand, die in der Lage ist, spontan zu greifen, zu fassen und zu halten, ohne komplizierte Gurtsysteme zur Fixierung und ohne Kraftübertragungen durch Schulterzüge, die dem Kunstarmträger lästig waren und jedesmal unnatürliche Bewegungen beim Gebrauch der Hand erforderten. Im Gegensatz zu den bisherigen Kunstarmkonstrukteuren erkannte er, daß diese Aufgabe nur durch Arbeitsteilung zu bewältigen ist. Anatomen, Techniker, Physiologen, Chirurgen, Krankenpfleger (Rohde), Industrieunternehmen, Behörden und Sponsoren werden von ihm gezielt in sein Vorhaben eingebunden. Seiner Zeit vorausseilend, beginnt er in systematischer, zielstrebigter Weise in Singen die ursprüngliche Idee Vanghettis umzusetzen.

Im Oktober 1915 begann die chirurgische Ausarbeitung des Operationsverfahrens zusammen mit Stadler, dem Leiter des Singener Reservelazarets.

Bei seiner chirurgischen Aufgabe orientierte sich Sauerbruch an dem physikalischen Gesetz: Arbeit ist das Produkt aus Kraft und Weg. Aus maximaler Verkürzung des Armmuskels und maximaler Muskelkraft resultiert die maximale Arbeitsleistung der Kraftquelle. Je kleiner die Verkürzung (Hub), desto größer mußte die Kraft und je kleiner die Kraft, desto größer mußte die Verkürzung des Muskels sein, um eine ausreichende mechanische Arbeitsleistung der Kraftquelle zur Betätigung der Hand zu erreichen. Je nach Form und Länge des Amputationsstumpfes war chirurgisch zu entscheiden, von welcher Seite aus das Maximum der Arbeitsleistung der Stumpfmuskulatur am besten zu erzielen ist. Ruge und Felix lieferten dafür mit ihrem Wertezonen-System für Ober- und Unterarme eine wichtige anatomische Grundlage. Mit der plastischen Umgestaltung der Stumpfmuskulatur verfolgte Sauerbruch zwei Ziele, einerseits eine freie Beweglichkeit und große Hubhöhe des Muskels, andererseits eine

⁸³³Müller, W., 1913, S. 424 (Fig. 402., Fig. 403.); Sauerbruch, F., 1915, S. 126 (Abb. 4.).

zweckmäßige Gestaltung der Kraftquelle für eine mechanische Verbindung mit der Kunsthand herzustellen. Gerade an der Schwierigkeit der letzten Forderung scheiterten frühere Versuche. Sauerbruchs genialer Einfall bestand in der Anlage eines Hautkanals („Kraftkanal“) in der Stumpfmuskulatur proximal des Stumpfendes. Damit schuf er eine neue Kraftquelle für die Betätigung der Kunsthand. Ein in den Kanal eingelegter Elfenbeinstift überträgt die Kraft, die bei Muskelbetätigung zu einer Aufwärts- und Abwärtsbewegung des Stiftes über Zugleitungen zur Prothese führt.

Die Entwicklung der Operationstechnik beschrieb Stadler als „schwierig“ und „wandelvoll“. Sie galt 1918 im wesentlichen als abgeschlossen. Die 3. Kriegschirurzentagung in Brüssel vom 11.-12. Februar 1918 brachte dem Sauerbruchverfahren nach fast 2 1/2 jähriger Tätigkeit in Singen die allgemeine Anerkennung. 1920 war Sauerbruchs Operationstechnik soweit gediehen, daß er einen jeden vom Unterarmamputierten bis Schulterexartikulierten versorgen konnte. Obwohl viele namhafte Chirurgen und Orthopäden von Anschütz bis Zeller, manche von ihnen sogar mehrfach, im Singener Lazarett hospitierten, um die neue Methode vor Ort kennenzulernen, waren die auswärtigen Operationsergebnisse so schlecht, daß sich das Sanitätsamt des Kriegsministeriums veranlaßt sah, nur noch autorisierten Ärzten die „Sauerbruch'sche Operation“ zu gestatten. Die Zulassung wurde nach dem Besuch eines Singener Hospitationskurses erteilt. Sauerbruch erreichte dadurch eine Art Monopolstellung bei der operativen Prothesenversorgung.

Bei der Entstehung der willkürlich bewegbaren künstlichen Hand nimmt Stadler eine herausragende Rolle ein. Als Chefarzt oblag ihm die Organisation des Klinikablaufes. Er baute die Methode systematisch an der Seite Sauerbruchs mit auf, brachte nachweislich bei der Kanalbildung Verbesserungen ein und beteiligte sich bis 1920 an deren wissenschaftlichen Publikationen. Die Durcharbeit der technischen Seite bei der Prothesenanpassung gehörte ebenso wie die Gründung der Werkstatt und deren Finanzierung zu seinem Aufgabenbereich. Für die Patienten war er ständiger Ansprechpartner, derweil Sauerbruch zu den Operationen anreiste; außerdem leitete er die ärztlichen Hospitationskurse in Singen.

In Sauerbruchs Nachlaß befindet sich ein Tätigkeitsbericht von ihm über die ersten drei Jahre der „Sauerbruch-Prothesen“. Dieser gibt einen bisher unbekanntem Einblick in die Anfänge des chirurgischen und technischen Entwicklungsprozesses. Seine Statistiken liefern die Basis für eine kritische Hinterfragung der Fallzahlangaben Sauerbruchs.

Stadlers Dokumentation blieb im Gegensatz zu dem dreijährigen Erfahrungsbericht des Singener Oberarztes Zimmermann (1919) unveröffentlicht. Obwohl Sauerbruch Stadler als „zu weich“ empfand, würdigte er dessen Bedeutung 1928, indem er der ärztlichen Öffentlichkeit mitteilte, daß es ohne Stadler keine willkürlich bewegbare Hand gegeben hätte.

War die chirurgische Entwicklung des Sauerbruchverfahrens nicht einfach, so erforderte die technische Herstellung einer brauchbaren Hand einen weitaus größeren Arbeitsaufwand. Es gab auf diesem Gebiet keine verwendungsfähigen Vorarbeiten. Die Sauerbruch'sche Stumpfbildung hatte Bedingungen geschaffen, für die es erst eine neue Prothesentechnik zu entwickeln galt. Derweil neue Konstruktionen üblicherweise viel Geld und vor allem auch Zeit benötigen, standen Sauerbruch beide Faktoren zeitbedingt nicht zur Verfügung. Zudem mangelte es bei den kriegsbedingt kaum vorhandenen Bandagisten und Technikern an deren Verständnis für die physiologische Eigenart der neu zu bildenden Prothese. Die Not der Kriegsversehrten drängte aber auf eine schnelle Lösung. Auch die im November 1915 gegründete Prüfstelle für Ersatzglieder in Berlin-Charlottenburg mit Schlesinger als Geschäftsführer leistete Sauerbruch keine technisch weiterführende Hilfestellung in der Prothesenfrage. Schließlich nahm Sauerbruch die Entwicklung der technischen Seite selbst in die Hand.

Im April 1916 gelang mit finanzieller Unterstützung des Badischen Heimatdankes (Karlsruhe) und dem Waffenfabrikant Alfons Mauser (Köln) die Einrichtung einer eigenen Werkstatt in Singen. Das erforderliche Personal und das Konzept wurden von Sauerbruch und Stadler zusammengestellt. Durch die eigene technische Entwicklungsarbeit konnten 4 Patente (1917-1921) bei der Prothesenversorgung erworben werden. Mit dem Techniker M. Biedermann als Werkmeister gelang ihnen in kurzer Zeit der entscheidende Durchbruch bei der Prothesenversorgung. Aufgrund Biedermanns Fähigkeiten konnte mit an den kinetischen Stümpfen angefügten Prothesen Leistungen erzielt werden, an die alle bisherigen Verfahren nicht heranreichten.⁸³⁴ Mit der eigenen Werkstatt im Rücken machte sich Sauerbruch in der Versorgung seiner Patienten selbstständig. Allerdings stand der Patient durch die entsprechenden Voroperationen jetzt in absoluter Abhängigkeit von Sauerbruchs Versorgungssystem. Durch den Werkstattbetrieb ergab sich eine drastische Reduzierung der Liegezeiten im Reservelazarett, was sich an Hand der Aufzeichnungen Stadlers und

⁸³⁴Lange, F. , 1917 b, S. 663.

Zimmermanns belegen läßt.

Der Aufwärtstrend verlief nicht ohne Widerstände. Die Nachricht von der Prüfstelle aus Berlin, daß eine willkürlich bewegliche Hand aus Amerika, die Carnes-Hand, eingetroffen sei, die alles Bisherige auch in kosmetischer Hinsicht übertreffen würde und ohne operative Vorbehandlung einsetzbar sei, führte zu einer heftigen Auseinandersetzung zwischen Ingenieuren und Medizinern. Besonders bei den Berliner Ingenieuren unter Federführung ihres Leiters Schlesinger löste das „Wunderwerk der Uhrmachermechanik“⁸³⁵ große Begeisterung aus.

Unterdessen erhoben zahlreiche Ärzte, insbesondere F. Lange kritisch ihre Stimmen.

Sauerbruch verwarf die Carnes-Hand, weil es eine Sperrhand war. Er hielt eine Handsperre als ständige Sperre für hinderlich, da die meisten Betätigungen des täglichen Lebens besonders bei leichten Arbeiten nur Minuten, Sekunden, manchmal sogar nur Bruchteile von diesen dauern. Bei einer Sperrhand muß vor neuen Griffen zuerst die Sperre gelöst werden.

Sauerbruch vertrat die Ansicht, daß ein Muskel seine Arbeit viel besser ohne Sperre bewältigen kann, da das Tastgefühl dadurch in gewisser Weise erhalten bleibt, die Invaliden in der Lage sind, ihre Kraft genau zu dosieren, und ein zum Teil hochentwickeltes Muskelgefühl für harte, weiche, dünne und dicke Gegenstände, die sie mit der Kunsthand fassen, entfalten.

Diese wichtigen Vorteile des Sauerbruchsverfahrens würden bei der Verwendung einer Sperrhand verloren gehen.

Die Befürworter der Carnes-Hand argumentierten, daß die Methode Sauerbruchs ohne Zweifel eine geniale Leistung darstelle, jedoch mindestens eine, vielleicht sogar mehrere Operationen erforderlich mache, eine lange Vor- und Nachbehandlungszeit voraussetze, außerdem vielen Invaliden nach ihrem schmerzlichen Verlust an einer erneuten Operation nicht gelegen sei.

Cohn hielt 1917 die Operationstechnik Sauerbruchs für schwierig und vertrat die Ansicht, daß die Resultate nach einem Operationsverfahren höheren Anforderungen genügen müßten, als das, was eine Carnes-Hand bereits im Stande sei zu leisten. Der mechanischen künstlichen Hand seien außerdem nach den Studien von Barth und Schlesinger feste Grenzen gesetzt, die Funktionsfähigkeit der Sauerbruchhand abhängig von den verschiedenen Menschen und deren unterschiedlichen Amputationshöhe, so daß mit einer viel höheren Leistung einer künstlichen Hand für die Kineplastik nicht zu rechnen sei.⁸³⁶

⁸³⁵Lange, F., 1917a, S. 251.

⁸³⁶Cohn, M., 1917, S. 135-136.

Auf Vorschlag des Vereins deutscher Ingenieure wurde die „Gemeinnützige Gesellschaft für die Beschaffung von Ersatzglieder m.b.H.“ gegründet und mit finanzieller Hilfe der 50 größten deutschen Firmen am 14. Juli 1916 für 1 $\frac{3}{4}$ Millionen Mark das amerikanisch Patent der Carnes-Hand erworben. Geschäftsführer der Gesellschaft waren der Direktor des Vereins deutscher Ingenieure D. Meyer und Schlesinger, der Leiter der Prüfstelle in Berlin. Der Preis für das amerikanische Patent geht aus dem im Nachlaß Sauerbruchs befindlichen Briefwechsel mit Reichel hervor, der dem Aufsichtsrat der Gesellschaft angehörte. Der Betrag übertrifft bei weitem die bisherigen Angaben von G. Hohmann und F. Schede (1922).

Wenn auch der Carnes-Arm letztlich nicht die Bedeutung für die Invaliden erlangte, die ihm die Berliner Ingenieure zudachten, verursachte der Patentankauf, die außergewöhnliche Reklame mit ihren Erfolgsversprechungen für erhebliche Irritationen bei Sauerbruch, die sein Briefwechsel mit der Prüfstelle Berlin, mit Hartmann, mit Schlesinger, mit D. Meyer und mit Reichel widerspiegeln. Sauerbruch ging auf Distanz zu den Berliner Ingenieuren, da sie ihn an der Entscheidung des Patentankaufes nicht beteiligten. Aus Protest teilte er am 17. November 1916 der Prüfstelle seinen Austritt aus dem Vorstand mit, dem er als Gründungsmitglied angehörte.

Für den Leiter der Prüfstelle Schlesinger wurde das Sauerbruchverfahren uninteressant, nachdem Sauerbruch eine Kombination des Carnes-Armes mit seiner Methode ablehnte. Sauerbruch ging unbeirrt seinen Weg, obwohl die Bedeutung seiner operativen Fortschritte für die anstehende Massenversorgung solange fraglich erschien, wie die Prothesentechnik für keine adäquate Ergänzung sorgen konnte. Schließlich gelang nach zeitaufwendiger Suche mit der Kunsthand des Uhrmachers Jacob Hüfner (1917), die noch heute zur Grundausrüstung einer Sauerbrucharmprothese gehört, eine Komplettierung des Sauerbruchverfahrens. Unklar bleibt in diesem Zusammenhang der Stellenwert der vom Dipl.-Ing. Müller-Gleiwitz entwickelten „Stufengreifhand“, die dieser auf dem 14. Kongreß der Deutschen Orthopädischen Gesellschaft in Wien am 18. September 1918 vorstellte. Sein Vortrag blieb im Referentenprotokoll des Schriftführers Biesalski unerwähnt. Sauerbruch und Stadler enthalten sich jeglichen Kommentars zu dieser Handprothese. Unverständlich deshalb, weil Müller-Gleiwitz als Sauerbrucharmträger an dessen Entwicklung beteiligt war und wesentlich zum Gelingen der Singener Arbeitsklaue (1918) beitrug.

Es folgte die Entwicklung einer Einheitsprothese. Bei Ober- und Unterarmamputierten wurde die Kraftquelle nach dem gleichen Prinzip ausgeführt. Bei langen Unterarmstümpfen übernehmen die durchbohrten Strecker die Streckung der Finger, die kanalisierten Beuger die Beugung der Finger. Um das antagonistische Spiel der Beuger und Strecker herzustellen, ließ Sauerbruch die Züge nicht direkt in die Finger hineingehen, sondern an einem Waagebalken enden, der proximalwärts vom Stumpfende in der Prothese liegt. Die Unterarmprothese findet ihren Halt am Stumpf durch entsprechende Aussparung in der Hülse, in der die Kanalstifte liegen und oberhalb des Ellbogens durch Riemenbefestigung.

Die Oberarmprothese besitzt in ihrer Walklederhülse ebenfalls entsprechende Aussparungen für die Kanalstifte. Die Fingerbeugung erfolgt durch den Bizepszug, die Fingerstreckung durch Trizepszug. Beide Züge gehen hinter der Ellbogenachse in der Unterarmhülse an eine Waage, die mit den Fingern in Verbindung tritt. Die Supination wird vom Schulterstoßzug aus mit Hilfe eines Drehmechanismus bewirkt. Die Pronation tritt zurückfedernd automatisch ein. Die Unterarmbeugung gelingt durch den van-Peetersen-Zug, der unterhalb des Stumpfendes an der Streckseite in die Oberarmhülse tritt. Bei allen Prothesen, bei denen zwei Kraftquellen zur Verfügung standen, wurde durch die Einführung des Waagebalkens eine physiologische Betätigung der Muskeln möglich, wodurch die Kraftentfaltung noch vergrößert werden konnte. Ein längerer Handschluß der Sauerbruchhand wurde durch eine künstliche Arretierung möglich.

Die Nachfrage nach Sauerbrucharmprothesen wurde immer größer, da mit der allgemeinen Anerkennung das Verfahren vielerorts durchgeführt wurde. Die kleine Singener Werkstatt war überlastet. Auf der Suche nach einem Ausweg gelang es Sauerbruch dank seiner Persönlichkeit und seines Engagements die finanzielle Unterstützung der Familie Brown-Boveri zu gewinnen und damit am 02. Mai 1919 die „Deutsche Ersatzgliedergesellschaft Sauerbruch G.m.b.H. - DERSA“ zu gründen. Mit ihr wurde ein neuartiges Vertriebssystem geschaffen von erstmals normalisierten und typisierten Armprothesen und deren Paßteilen mit einem Verteilernetz über ganz Deutschland. Sauerbruchs Wunsch, die Familie Brown-Boveri aus Dankbarkeit für ihre Hilfe im Vorwort seines 2. Bandes „Die willkürlich bewegbare künstliche Hand“ (1923) namentlich zu erwähnen, wurde seitens Brown-Boveri (Elektrotechnischer Großkonzern in Baden, Schweiz) abgelehnt.⁸³⁷ Den Willen respektierend formuliert Sauerbruch in seinem

⁸³⁷Brief von Dr. Walter Boveri, Baden (Schweiz) vom 14.12.1922 an Sauerbruch, BSBPK, Nachlaß Sauerbruch, Kiste 58.

Vorwort: „Der letzte und entscheidende Anstoß für die Weiterentwicklung des jungen Unternehmens ging von Schweizer Freunden aus.“⁸³⁸

Neben der Vorbehandlung, Operation und Nachbehandlung sorgte man in Singen ab dem 01. Januar 1917 für die berufliche Rehabilitation der Prothesenträger, was aus heutiger Sicht richtungsweisend war. Es gab eine Berufsberatungsstelle sowie einen Gewerbeschulleiter und einen Stabsarzt, um den Patienten nach abgeschlossener medizinischer Behandlung die Wiederaufnahme der bisherigen Berufstätigkeit zu ermöglichen, oder ihnen individuell geeignete Umschulungen zu vermitteln.

Die Technik Sauerbruchs wurde von Lebsche während des 2. Weltkrieges weiterentwickelt. Während Kessler zwischen den Weltkriegen in den USA noch für das Sauerbruchverfahren warb, wurde die modifizierte Operatationstechnik von Lebsche dort in der Nachkriegszeit zum Standard erhoben.⁸³⁹ Bei der Muskelkanalbildung mit ihren unterschiedlichen Lagevarianten hat sich nach Lebsche der Bizeps-Kanal am besten bewährt. Dem gegenüber steht das Krukenberg-Verfahren, dessen Vorteil darin besteht, daß das Fassen und Festhalten der Gegenstände zwischen Radius und Ulna ohne künstliche Hand möglich ist und durch das erhaltene Tastgefühl gesichert wird. Besonders bei langen Unterarmstümpfen kommt diese Methode zum Tragen.

Die Arbeitsgruppe um Brückner (Leipzig) war Anfang der 90er Jahre (1988-1993) bisher die letzte, die sich mit der Kineplastik nach Sauerbruch befaßte und einige aktuelle Behandlungsergebnisse mit gutem Erfolg vorlegte.

Im November 1927 kommt Sauerbruch dem Ruf an die Charité in Berlin nach. Mit dem Wechsel erscheinen von ihm keine Veröffentlichungen mehr zu dem Thema „Die willkürlich bewegbare künstliche Hand“.

Als Prothesenversorgungsbeispiele können zwei Nachuntersuchungen von Armamputierten, sogenannten „Ohnhändern“ angeführt werden, die beide in den 40er Jahren operiert wurden und mit deren armprothetischer Versorgung jeweils ein Therapieerfolg erreicht wurde.

⁸³⁸Sauerbruch, F.; Horn, C. ten, 1923, Vorwort.

⁸³⁹Weir, R.F., 1998, S. 9.

Der Kunstmaler Hubert Weber stellt sich dabei als ein außergewöhnlicher Fall dar, nicht nur weil er als „Sauerbruch-Vorzeigepatient“ galt. Er wurde in Berlin mehrfach von Sauerbruch operiert. Sauerbruch gelang bei ihm 1942 eine 17 cm lange osteoplastische Stumpfverlängerung des linken Humerus durch Tibiaspantransplantation, die wegen einer Trümmerfraktur des linken Oberarms durchgeführt wurde. Weber erhielt eine beidseitige Sauerbrucharmprothese, die ihm eine beispiellose Karriere als akademischen Kunstmaler und Bildhauer ermöglichte.

Der zweite Patient Heinrich K. wurde in München von Lebsche operiert. Linksseitig wurde er nach Sauerbruch und rechtsseitig nach Krukenberg versorgt. Die hervorragend gelungene Unterarmplastik nach Krukenberg ermöglichte ihm bis zur Pensionierung als kaufmännischer Angestellter zu arbeiten. Seine Geschicklichkeit und seine feine Handschrift mit dem Krukenbergarm führten zu vielen Einladungen auf Demonstrationsabenden. Die guten Ergebnisse des Krukenbergarmes haben bei ihm allerdings zur Folge, daß er den Sauerbrucharm nur als Schmuckarm nutzt.

Beide Versorgungsfälle stellen sowohl für die eine, als auch für die andere Operationstechnik ein uneingeschränkt positives Ergebnis dar. Neben der medizinischen Diskussion, welche von beiden die bessere Versorgung gewährt, sollte im Sinne Sauerbruchs stets der Wunsch des Patienten im Vordergrund stehen, denn er ist es letztlich, der die Richtung vorgibt, wie Sauerbruch treffend bemerkt: „Somit liegt das Endurteil über die Brauchbarkeit und Nützlichkeit weder beim Arzt noch beim Techniker, sondern nur bei dem Kranken.“⁸⁴⁰

⁸⁴⁰Sauerbruch, F.; Horn, C. ten, 1923, S. 213.