

Die Beiträge der Rubrik „Weiterbildung“ sollen dem Wissensstand zur Facharztprüfung für den Orthopäden entsprechen und zugleich dem Facharzt als Repetitorium dienen. Die Rubrik beschränkt sich auf klinisch gesicherte Aussagen zum Thema.

# Amputation und Prothetik

## Teil 1: Amputation und Prothesenversorgung der oberen Extremität

### Einführung und allgemeine Richtlinien zur Absetzung von Gliedmaßen

- ▶ **Absetzen der Extremität:**
  - Amputation zwischen den Gelenken
  - Exartikulation in den Gelenken

- ▶ **Prothesenversorgung**

- ▶ **Absolute Indikation**

- ▶ **Relative Indikation**



Abb. 1 ▲ **Schulterexartikulation** (aus: Chirurgische Kupfertafel zum Gebrauch für praktische Chirurgen; Weimar 1820)

- ▶ **Beeinträchtigung der körperlichen Integrität**

Die ▶ **Absetzung einer Extremität**, die primär oder sekundär notwendig werden kann, sofern sie nicht durch einen Unfall vorweggenommen wurde, geschieht entweder durch ▶ **Amputation** zwischen den Gelenken oder andererseits durch ▶ **Exartikulation** in den Gelenken (Abb. 1). Die Wahl des erforderlichen Verfahrens richtet sich nach anatomischen und funktionellen Gesichtspunkten. Körperferne Exartikulationen im Bereich der unteren Extremität sind funktionell weniger problematisch als im Bereich der oberen Extremität. So ist ein ultrakurzer Handwurzelstumpf ebenso wie ein ultrakurzer Unterarmstumpf als funktionell wertvoller auch im Hinblick auf die spätere ▶ **Prothesenversorgung** anzusehen. Ein Handwurzelstumpf, dem die Handwurzel oder Teile derselben erhalten sind, bewahrt sich eine Restgreiffunktion gegen eine anzuformende Greifplatte, wohingegen eine vollständige Handexartikulation bereits diese Greiffunktion nicht mehr aufweist. Ebenso ist der funktionelle Gewinn durch einen ultrakurzen Unterschenkelstumpf bei erhaltenem Kniegelenk gegenüber einer Knieexartikulation offensichtlich.

Eine ▶ **absolute Indikation** zur Absetzung ergibt sich durch Verletzungsausmaß, Tumorlokalisation oder Gangrän der betroffenen Extremität.

Eine ▶ **relative Indikation** können schlaffe Lähmungen im Bereich der oberen Extremität darstellen. Während schlaffe Lähmungen des Beins orthetisch gestützt werden können, wird ein gelähmter Arm für den Patienten nicht selten mehr hindern als nützen, so daß sich die Amputation oder Exartikulation aufdrängt. Diese Entscheidung setzt

Erfahrung und Fingerspitzengefühl von Seiten des behandelnden Arztes voraus, zumal ein fehlender Arm, weit mehr als ein gelähmter, ein Stigma mit erheblicher ▶ **Beeinträchtigung der körperlichen Integrität** darstellt. Im Bereich der oberen Extremität sollte, wenn sich dies anbietet, möglichst distalen Absetzungen der Vorrang gegeben werden. Da ca. 1/3 aller Armamputierten langfristig ohne Prothese auskommt, gewinnt ein gut weichteilgedeckter, schmerzloser, sensibler Stumpf besondere Bedeutung.

## ► Amputationschirurgie

## ► Stumpfbildung, Stumpfverbesserung

## ► Prothesenakzeptanz

Die prothetische Versorgung sollte möglichst frühzeitig, d. h. unmittelbar nach Abheilung des Amputationsstumpfes erfolgen.

## ► Amputationshöhe

Die ► **Amputationschirurgie** im Bereich der oberen und unteren Extremitäten verfügt heute nach zahlreichen Kriegen in den letzten 150 Jahren über ein reichhaltiges Erfahrungswissen bei der Bildung guter tragfähiger, funktioneller, prothesenfähiger Stümpfe.

Es sollte deutlich geworden sein, daß gerade bei und vor Amputationen im Bereich der oberen Extremität zahlreiche Faktoren berücksichtigt werden müssen, die es nahelegen, daß dort, wo amputiert wird, auch ein entsprechendes Erfahrungswissen über die prothetischen Möglichkeiten vorliegen muß. Auswahl der Amputationshöhe, ► **Stumpfbildung, Stumpfverbesserung**, stets betrachtet vor dem Hintergrund der prothetischen Möglichkeiten in Abhängigkeit von Alter Persönlichkeitsstruktur, Beruf und sozialem Umfeld, ist eine nicht zu unterschätzende ärztliche Aufgabe, die angemahnt werden muß, will man kostenintensive Fehlversorgung vermeiden.

## Amputation und Prothesenversorgung von Hand bis Schulter

### Allgemeiner Teil

Während bei der Versorgung Beinamputierter die ► **Prothesenakzeptanz** normalerweise kein Problem darstellt, ist die Akzeptanz von Armprothesen eher gering. Grund hierfür ist häufig zum einen die Einengung und Mobilitätsbehinderung von Arm und Rumpf durch die Prothese, zum anderen die ungenügende und für die Patienten oft enttäuschende Funktion und ebenso die unzureichende und unbefriedigende Kosmetik, die eine Armprothese bietet. Der wichtigste Grund für die schlechte Prothesenakzeptanz ist wohl aber das Fehlen der Sensibilität, die die Prothese nicht ersetzen kann. Die Arbeit mit einer funktionellen Prothese stellt deshalb ein Manipulieren unter visueller Kontrolle dar. Bei einseitig Amputierten wird in der Regel die erhaltene Hand die Führhand werden, während die Prothese bestenfalls Halte- und Tragfunktionen ausführt. Bei doppelseitig Amputierten ist natürlich die Akzeptanz wesentlich höher.

### Zeitpunkt der prothetischen Versorgung

Grundsätzlich gilt, daß die prothetische Versorgung möglichst frühzeitig, d. h. unmittelbar nach Abheilung des Amputationsstumpfes erfolgen sollte. Zu dieser Zeit ist der Patient noch auf eine Zweihändigkeit eingestellt und die Integration der Prothese in sein Körperschema bereitet ihm dabei geringere Probleme. Aber auch nach einer längeren Latenzzeit, die zwischen Amputation und prothetischer Versorgung nötig wurde, ist nach einer klinischen Studie an unserem Hause die Akzeptanz der Prothese nur unwesentlich verschlechtert.

### Voraussetzungen zur Prothesenversorgung

Stumpfform und Länge sowie seine Kraft und Beweglichkeit sind entscheidende Kriterien, die für die Effizienz der Prothesenversorgung von Bedeutung sind.

Bei der Frage der ► **Amputationshöhe** gilt grundsätzlich, daß soviel an Länge erhalten bleiben sollte als eben möglich. Insbesondere die Gelenke sollten nicht zu großzügig geopfert werden. Ein sehr kurzer Unterarmstumpf ist ganz wesentlich besser und leistungsfähiger, als der schönste Oberarmstumpf. Auch ein langer Stumpf bietet dem Patienten bessere Möglichkeiten als ein kurzer Stumpf.

Bei der operativen Stumpfversorgung ist ein spannungsfreier, jedoch nicht zu schlaffer Weichteilschluss über dem Knochen, eine verschiebbliche Narbe, eine möglichst weitgehende Kürzung der grossen Nervenstränge zur Vermeidung von Neurombildung, sowie eine nach distal konische Stumpfform empfehlenswert. Die Muskulatur sollte so über dem Knochenstumpf fixiert werden, so daß ihre ursprüngliche Funktion weitgehend erhalten bleibt.

Ziel der Versorgung ist eine möglichst weitgehende Integration der Prothese in das Alltagsleben des Patienten, d. h. deren Einsatz beim Essen und Trinken, bei der Körperpflege, im Beruf, bei der Hausarbeit und den verschiedenen Hobbies des Patienten. Dieses Ziel kann nur erreicht werden, wenn der Patient auf die prothetische

## ► Physiotherapeutische Behandlung

Versorgung vorbereitet wird. Hierzu ist eine ► **physiotherapeutische Behandlung** notwendig. Die eigentliche Armschulung ist Aufgabe der Ergotherapie.

### Art der Prothesenversorgung

Um aus der großen Zahl der zur Verfügung stehenden Prothesenschafterformen und vor allem der verschiedenen Prothesenpassteile die für den Patienten optimale Kombination herauszufinden, ist es notwendig, daß der die Prothese verordnende Arzt sich ein Bild von den Wünschen und realistischen Möglichkeiten des Patienten macht. Er muß die Vor- und Nachteile der einzelnen Prothesenpassteile kennen, um dann die für den Patienten geeignetste Prothese zu verordnen. Hierzu ist große Sachkenntnis und Erfahrung erforderlich.

Grundsätzlich ist vor jeder Armprothesenversorgung die Frage nach der ► **Prothesenart** zu stellen. Wir unterscheiden aktive, d. h. funktionelle, und passive Prothesen.

## ► Prothesenart

### ► Passive Armprothesen

► **Passive Armprothesen.** Die passiven Armprothesen werden wiederum unterteilt in Schmuckprothesen und Arbeitsarme. Schmuck- oder kosmetische Prothesen haben ihren Namen zu Unrecht, denn sie stellen keinen Schmuck dar und sind auch in ihrem kosmetischen Erscheinungsbild oft schlecht. Diese Prothesen haben keine funktionellen Aufgaben, sie sollen lediglich den durch die Amputation entstandenen Defekt im Erscheinungsbild des Patienten ausgleichen. Weder die starre Form der Hand noch die farbliche Gestaltung des Kosmetikhandschuhs vermögen zu überzeugen; diese haben in der Regel nur eine Farbe, während bekanntlich die Hand auf der Palmar- und Dorsalseite ein unterschiedliches Kolorit hat und auch einzelne Areale der Hand sich erheblich in ihrer Farbe unterscheiden.

Arbeitsarme werden heutzutage nur noch selten verordnet. Hierbei werden an einen individuellen Prothesenschafter unterschiedliche Arbeitsgeräte angebracht, die ganz bestimmte Tätigkeiten ermöglichen, etwa das Tragen von Gegenständen, beidhändige Benutzung eines Besens, einer Schaufel oder ähnlichem oder spezielle Schweiß-, Schraub- oder Hammerhilfen, usw.

## ► Funktionelle oder aktive Prothesen

► **Funktionelle oder aktive Prothesen.** Mit diesen Prothesentypen können Bewegungen ausgeführt werden, wie das Öffnen und Schließen einer Prothesenhand oder eines anderen Greifgeräts, die Pro- und Supination der Hand oder die Beugung und Streckung des Ellenbogengelenks. Diese Bewegungen werden entweder durch Eigenkraft oder durch Fremdkraft gesteuert oder es handelt sich um eine Kombination aus beiden Steuermöglichkeiten.

### ► Eigenkraftprothesen

Bei den ► **Eigenkraftprothesen** werden über Bandagenzüge Bewegungen entfernter Körperpartien zur Durchführung der Prothesenfunktion genutzt. So kann etwa der Vorbringer der Schulter der nichtamputierten Seite zur Öffnung der Prothesenhand genutzt werden. ► **Fremdkraftprothesen** werden in der Regel myoelektrisch gesteuert. In früheren Zeiten wurden auch pneumatische Steuerungen verwendet.

### ► Fremdkraftprothesen

### ► Myoelektrische Steuerung

Bei den ► **myoelektrischen Steuerungen** werden Myosignale der innervierten Muskulatur transcutan abgeleitet, verstärkt und zur analogen oder digitalen Steuerung von Elektromotoren verwendet, die dann entsprechende Prothesenbewegungen ausführen. Bei Hybridprothesen wird ein Teil der Prothesenbewegung myoelektrisch gesteuert, ein anderer Teil durch Eigenkraft.

### Spezieller Teil

## ► Teilhandamputation

### ► Teilhandamputation

Bei Teilhandamputationen muß es Aufgabe der prothetischen Versorgung sein, eine Wiederherstellung der Greifmöglichkeit zu erreichen. Amputationen des Kleinfingers (Abb. 2 a, b) sind nur dann zu ersetzen, wenn entweder die berufliche oder die psychische Situation des Patienten danach verlangt. Bei fehlendem Langfinger oder auch nach Amputation von zwei oder drei Langfingern ist zwischen Daumen und dem noch verbliebenen Langfinger in der Regel ein Spitzgriff möglich. Ein größeres

► **Kosmetischer Ersatz**

► **Handwurzelstümpfe**  
► **Greifplattenprothese**

► **Handgelenkexartikulation**

► **Handgelenksstümpfe**

► **Stumpfsensibilität**

► **Silikonstumpfstrumpf**

► **Funktionelle Prothesen**

Funktionsspektrum als diesen Spitzgriff kann eine Prothese dem Patienten nicht bieten. Ein ► **kosmetischer Ersatz** der fehlenden Langfinger ist möglich, häufig jedoch kosmetisch unbefriedigend, da die Übergänge Haut/Prothese meistens auffällig sind und bei Beugung der Langfinger die Prothese diese Bewegung nicht mitmacht. Ist ein Spitzgriff nicht möglich, da entweder Daumen oder alle Langfinger fehlen, muß es Aufgabe der Prothese sein, durch prothetischen Ersatz des Daumens oder der Langfinger die Greifmöglichkeit wieder herzustellen (Abb. 3 a, b, Abb. 4 a-c, Abb. 5 a, b).

Bei Fehlen aller Finger oder bei ► **Handwurzelstümpfen** kann zur Erreichung einer sensiblen Greiffunktion eine ► **Greifplattenprothese** indiziert sein. Durch dieses relativ einfache Hilfsmittel, das aber gleichwohl individuell angepaßt werden muß, kann zwischen Greifplatte und Handwurzelstumpf eine sensible Greiffunktion erreicht werden. Als weitere Versorgung erhält der Patient dann meistens eine kosmetische Prothese oder Schmuckprothese (Abb. 6 a-c). Ein mit Reißverschluß oder Riemchen versehener Kosmetikhandschuh, dessen Finger ausgeschäumt sind, wird dabei über den Handwurzelstumpf gezogen.

► **Handgelenksexartikulationen**

Diese Amputationshöhe bietet versorgungstechnisch einige Schwierigkeiten. Durch die Dicke des Prothesenschaftes am Stumpfende sowie durch die Einbauhöhe des Prothesenhandgelenks ergibt sich eine Überlänge der Prothese. Gleichzeitig besteht aber der Vorteil, daß durch die Ulnakondylen der Stumpf sich nach distal verbreitert und damit eine gute Aufhängemöglichkeit für die Prothese besteht. Die normalerweise ungestörte Pro-/Supinationsmöglichkeit der Hand bietet zusätzliche Funktionsgewinne.

► **Handgelenksstümpfe** bieten wegen ihrer Länge gute Möglichkeiten, diese auch ohne Prothese funktionell einzusetzen. Durch den Prothesenschaft wird die ► **Stumpfsensibilität** erheblich eingeschränkt. Der Prothesenschaft sollte als Vollkontaktschaft ausgebildet werden, wobei das distale Stumpfende exakt abgeformt werden muß, um die Pseudarthrose zwischen Stumpf und Schaft bei den Umlenkbewegungen so gering wie möglich zu halten. Der Schaft sollte etwa zwei Drittel des distalen Stumpfes umschließen (Abb. 7 a-c).

Bei den funktionellen Prothesen besteht die Möglichkeit, dem Patienten eine Eigenkraft- oder myoelektrisch gesteuerte Prothese zu geben. Sowohl bei den funktionellen als auch bei den passiven Schmuckprothesen muß der Patient unbedingt auf die konstruktionsbedingte Asymmetrie hingewiesen werden, die durch die Überlänge der Prothese hervorgerufen wird. Zusätzlich benötigen myoelektrisch gesteuerte Prothesen einen Anbau am Prothesenschaft zur Unterbringung des Akkus.

### **Unterarmamputation**

Bei den Unterarmstümpfen muß unterschieden werden, ob es sich um einen langen oder kurzen Unterarmstumpf handelt. Bei den langen Unterarmstümpfen gilt das zu den Handexartikulationsstümpfen Gesagte entsprechend. Wegen der Konizität dieser Stümpfe muß zur Fixierung der Prothese am Stumpf entweder eine ellenbogenübergreifende Stumpfeinbettung, bei der allerdings die Pro-/Supinationsbewegung aufgehoben würde, gewählt werden oder es erfolgt die Versorgung mit einem ► **Silikonstumpfstrumpf** mit Fixierung dieses Strumpfes am Außenschaft der Prothese. Wegen des besseren Tragekomforts und wegen der nur geringen Einschränkung der Pro- und Supinationsbewegung bevorzugen wir die Silikonstrumpfversorgung.

Bei den ► **funktionellen Prothesen** stehen wiederum Eigenkraft- und myoelektrische Prothesen zur Auswahl (Abb. 8 a-c). Meistens sind die Myosignale bei den langen Unterarmstümpfen gut, so daß eine myoelektrische Versorgung möglich ist. Bei den Eigenkraftunterarmprothesen läuft der Bandagenzug über dem Rücken zu gesunden Schulter. Es braucht zur Öffnung der Prothesenhand oder eines anderen Greifgeräts (Greifhook) nur 1 Zug bedient zu werden. Wegen seiner Form sprechen wir von einer 9-förmigen Kraftzugbandage. Wegen des geringen Gewichts der rela-





2 a



2 b

Abb. 2 a, b ◀  
Kleinfingerteilamputation und pro-  
thetischer Ersatz für einen Glasbläser



3 a



3 b

Abb. 3 a, b ◀  
Amputation aller Langfinger und Teil-  
handersatz



4 a



4 b



4 c

Abb. 4 a-c ▲  
Daumenamputation und prosthetischer  
Ersatz



5 a



5 b

Abb. 5 a, b ◀  
Amputation aller Langfinger und Teil-  
amputation des Daumens nach Kreis-  
sägenverletzung: Arbeitsprothese mit  
Universaladapter

### ► **Eigenkraftprothese**

tiven Reparaturunempfindlichkeit und der universellen Einsatzmöglichkeit ist auch für diese Stumpflänge die Eigenkraftprothese immer noch indiziert und stellte keineswegs eine veraltete Versorgungsmöglichkeit dar. Als Alternative zur ► **Eigenkraftprothese** kommt auch bei kurzen Unterarmstümpfen die myoelektrische Versorgung in Betracht. Probleme bestehen gelegentlich bei sehr kurzen Stümpfen an der knöchernen Stumpfspitze, wo sich das relativ große Gewicht der Prothese, insbesondere der Prothesenhand konzentriert. Bei kurzen Unterarmstümpfen besteht bei der myoelektrischen Prothesenversorgung die Möglichkeit zusätzlich zur Funktion Öffnen und Schließen der Hand auch eine Pro-/Supinationsbewegung einzubauen.

Das Erlernen der Ansteuerung von vier unterschiedlichen Funktionen der myoelektrischen Prothese, die unabhängig voneinander ausgeführt werden müssen, ist oft für den Patienten schwierig. Zum anderen stellt aber insbesondere bei Doppelseitigamputierten die Umwendebewegung der Hand eine ganz wesentliche Erweiterung der Prothesenfunktion dar.

### **Ellenbogenexartikulation**

Muß der gesamte Unterarm amputiert werden, so bedeutet die daraus resultierende Ellenbogengelenksexartikulation für die prothetische Versorgung positive, aber auch negative Aspekte. Positiv ist sicherlich die Länge des Oberarmstumpfes, eine gute Endbelastbarkeit und gute Einsatzmöglichkeit des Stumpfes auch ohne Prothese. Die Humeruskondylen bieten zudem eine gute Aufhängemöglichkeit für die Prothese. Negativ wirkt sich bei der Prothesenversorgung aus, daß diese durch die Schaftdicke und das Prothesenellenbogengelenk eine Überlänge erhält. Durch seitlich liegende Gelenkschienen kann diese Überlänge reduziert werden. Allerdings wird dabei die Rotation des Prothesenunterarms aufgehoben. Durch eine ► **Winkelosteotomie nach Marquardt** kann die Prothesenfixierung bei Aufhebung der Überlänge verbessert werden. Bei der orthopädiotechnischen Versorgung besteht wiederum die Fertigung einer ► **funktionellen Prothese oder Schmuckprothese** zur Auswahl. Der Schaft für beide Prothesenarten sollte stets bis zur zum oberen Drittel des Oberarmes reichen (Abb. 9 a, b).

Bei der funktionellen Prothesenversorgung ist die Eigenkraftprothesenversorgung möglich. Da auch das Ellenbogengelenk prothetisch ersetzt werden muß, ist die Bandagenführung hierfür wesentlich schwieriger und anspruchsvoller. Die Bandagenfunktionen sind für den Patienten sehr schwer zu erlernen, da er eine Dreizugbandage benötigt: Ein Zug betätigt die Handöffnung, ein zweiter Zug die Beugung im Ellenbogengelenk und der dritte Zug die Sperrung und Entsperrung des Ellenbogengelenks. Diese drei Züge der Bandage durch entsprechende Rumpf- und Schulterbewegungen unabhängig voneinander zu betätigen, setzt ein längeres intensives Training voraus. Als weitere Alternative zur funktionellen Ellenbogengelenksexartikulationsprothese kommt die Hybridprothese infrage: durch Biceps-/ Tricepsselektroden am Oberarm kann das Öffnen und Schließen einer myoelektrischen Prothesenhand gesteuert werden und durch eine Zweizugbandage die Beugung im Ellenbogengelenk sowie dessen Sperrung und Entsperrung.

### ► **Winkelosteotomie nach Marquardt**

### ► **Funktionelle Prothese oder Schmuckprothese**

### ► **Oberarmamputation**

### ► **Funktionelle Oberarmprothesen**

### ► **Oberarmamputation**

► **Funktionelle Oberarmprothesen** sind für den Patienten häufig sehr enttäuschend, da für viele Patienten der Funktionsgewinn in keinem Verhältnis zu den Einschränkungen in der Motorik sowie durch Einengung durch Bandagen und Schaft steht.

Die Standardversorgung bei einseitig oberarmamputierten Patienten stellt insofern eine Schmuckprothesenversorgung dar, wobei das Ellenbogengelenk unter Umständen mit einer mit der gesunden Hand zu betätigenden Ellenbogengelenkssperre versehen werden kann, um die Prothese in Beugstellung des Ellenbogens zu fixieren. Da Kosmetikprothesen relativ leicht sind und nicht belastet werden, ist eine schultergelenksübergreifende Stumpfeinbettung in der Regel nicht nötig. Es ist ausreichend, wenn die Prothese mit einem Silikonhaftschaft und einem



Abb. 6 a-c ▲▶▶  
Handwurzelstumpf mit Greifplatte und Kosmetikausgleich



Abb. 7 a-c ◀◀  
Handexartikulations-  
stumpf mit myoelek-  
trischer Prothese  
(vgl. Abb. 23 a- c)

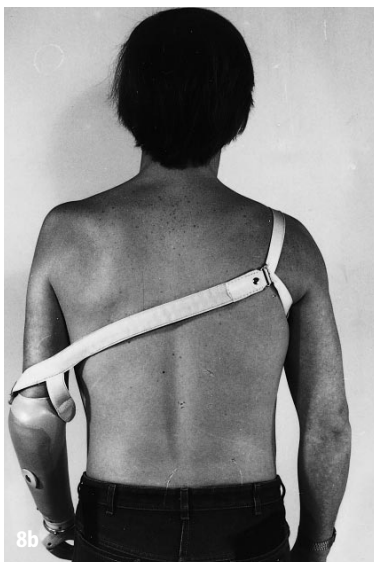


Abb. 8 a-c ◀◀  
Unterarmstumpf mit  
Eigenkraft- und myo-  
elektrischer Prothese



► **Dreizugbandage**

► **Oberarmamputation**

► **Myoelektrische Versorgung**

► **Schulterexartikulation**

► **Schulterkappe**

► **Schultergürtelexartikulation**

► **Fixierung der Schulterkappe**

Fixationssystem des Aussenschaftes am Silikonschaft versehen wird.

Sollte die Versorgung mit einer funktionellen Prothese durchgeführt werden, so gilt das zu den funktionellen Prothesen für Ellenbogengelenksexartikulationen Gesagte entsprechend. Es gibt wiederum zum Einen die Möglichkeit der Versorgung mit einer Eigenkraftprothese, wobei hier der Schaft in der Regel schultergelenksübergreifend gestaltet werden muß, um einerseits die Rotationsstabilität zu gewährleisten und andererseits die Tragemöglichkeit der Prothese zu verbessern (Abb. 10 a, b).

Für die funktionelle Versorgung steht die Eigenkraftprothese zur Verfügung, bei der eine ► **Dreizugbandage** zur Öffnung der Prothesenhand, zur Beugung des Ellenbogengelenks sowie dessen Sperrung und Entsperrung angebracht werden muß. Die Verwendung von Außengelenkschienen ist bei Oberarmstümpfen nicht notwendig. Andere Ellenbogengelenkspasteile ermöglichen bei Oberarmstumpfversorgungen ein schöneres Erscheinungsbild der Prothese. Als funktionelle Prothese für ► **Oberarmamputationen** steht die Hybridprothese zur Verfügung. Bei dieser wird wiederum myoelektrisch die Hand gesteuert, während die Ellenbogenbeugung und die Sperrung und Entsperrung über eine Zweizugbandage vorgenommen wird (Abb. 11 a, b).

Es besteht auch die Möglichkeit einer reinen ► **myoelektrischen Versorgung**, wobei sowohl die Prothesenhand als auch das Ellenbogengelenk dieser Steuerung unterliegen. Eine solche Versorgung, die z. Zt. sicher nicht als Standardversorgung durchgeführt werden kann, sollte für Einzelfälle genutzt werden, insbesondere für Patienten mit bilateralen Amputationen, oder für Patienten, bei denen infolge von Lähmungen der andere Arm funktionell nicht zur Verfügung steht. Das Erlernen der Funktion einer solchen myoelektrischen Oberarmprothese stellt für die Patienten häufig eine große Schwierigkeit dar, müssen sie doch vier, und wenn auch die Pro- und Supinationsbewegung der Prothesenhand myoelektrisch gesteuert wird, sechs Funktionen unabhängig voneinander anzusteuern lernen.

► **Schulterexartikulationen**

Bei der Schulterexartikulation ist die Standardversorgung die Anpassung einer Schmuckprothese. Hierzu benutzt man eine Schulterkappe, an der die Prothese fixiert wird. Um den Halt der ► **Schulterkappe** am Stumpf zu gewährleisten, ist eine entsprechende Haltebandage notwendig.

Die Versorgung von Schulterexartikulationspatienten mit funktionellen Prothesen stellt die Ausnahme dar. Hierbei käme unter Umständen die Versorgung mit einer Eigenkraftprothese infrage. Bei doppelseitig hohen Armamputationen kann eine solche Versorgung eventuell notwendig werden.

► **Schultergürtelexartikulation**

Bei schultergürtelexartikulierten Patienten ist die Versorgung mit einer funktionellen Armprothese nicht möglich. Es ist allerdings erforderlich, daß die Patienten eine kosmetische Hilfe erhalten, so daß die Schulter-silhouette wiederhergestellt wird und sie die Möglichkeit haben, Hemden, Träger, usw. auf dieser Schulter zu fixieren. Aus diesem Grunde sollten diese Patienten mit einer sogenannten Schulterkappe ausgestattet werden. Diese muß exakt nach den anatomischen Verhältnissen angepaßt werden und sollte, um eine bessere Haftung an der Thoraxwand zu gewinnen, mit einer Silikoninnenschicht versehen sein. Zur ► **Fixierung der Schulterkappe** müssen Haltebandagen angebracht werden (Abb. 12 a, b).

Es ist selbstverständlich auch möglich, eine harte, formstabile Schulterkappe herzustellen, an der ein Schmuckarm angebracht wird. Wegen des größeren Gewichts dieser Schmuckprothese wird eine solche vom Patienten jedoch in der Regel nicht gewünscht (Abb. 13 a, b).

## **Die klinische Rehabilitation Armamputierter**

Bei der Erstversorgung armamputierter Patienten ist es notwendig, daß neben einer kompetenten Versorgung mit einer den jeweiligen anatomischen, sozialen, berufli-





Abb. 9 a, b ◀  
**Ellenbogenexartikulation mit Schmuckprothese**

Abb. 10 a, b ▼  
**Oberarmeigenkraftprothese mit Dreizugbandage**

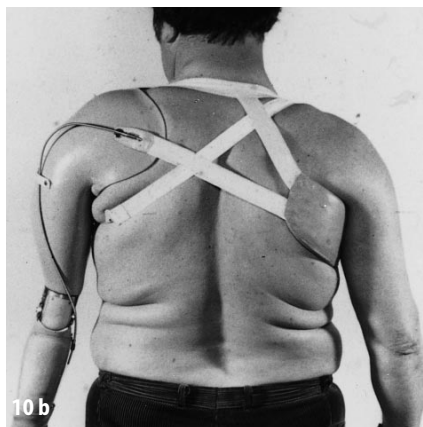
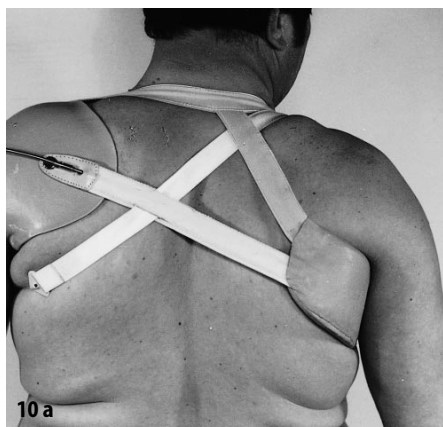


Abb. 11 a, b ▲ **Oberarmhybridprothese bei einem 8jährigen Kind mit FFU-Komplex Fehlbildungssyndrom**

Abb. 12 a, b ▲ **Schultergürtellexartikulation mit Stumpfkappe**

chen und persönlichen Vorbedingungen angemessenen Prothese gleichzeitig eine sogenannte Armschulung durchgeführt wird. Der Patient muß lernen, Ersatz- und Ausgleichsfunktionen mit der verbliebenen Hand auszuführen. Er muß weiterhin lernen, die Prothesen, soweit dies möglich ist, im Alltagsgebrauch einzusetzen (Abb. 14). Anleitung zur Selbsthilfe und zum Prothesentraining werden durch die Physio- und Ergotherapie gegeben. Daneben ist es wichtig, daß der Patient mit körperfernen Hilfsmitteln versorgt wird, die ihm helfen sollen, Verrichtungen des täglichen Lebens auszuführen. So ist z. B. das Waschen der erhaltenen Hand mit der Prothese nur schwer möglich. Auch bestimmte Tätigkeiten beim Essen und im Haushalt müssen bi-manuell ausgeführt werden. Hierzu ist häufig die Prothese nur mit großen Einschränkungen einsetzbar, so daß spezielle Hilfen Verwendung finden (Abb. 15). Die Verordnung dieser Hilfen und ihre Erprobung sollten parallel zur Prothesenversorgung in der Ergotherapie erfolgen.

Auch Hilfsmittel zur Erleichterung oder Ermöglichung bestimmter Tätigkeiten des beruflichen Alltags sind hier zu erproben, um die berufliche Integration des Behinderten zu fördern (Abb. 16).

### Stumpfverbesserungen

Ergänzend zu dem bereits Gesagten sollten ► **Stumpfkorrekturen** zur Verbesserung der Gebrauchsfähigkeit eines Amputationsstumpfes hier noch Erwähnung finden. Begrenzt durch den Rahmen dieses Beitrages finden nur die wesentlichen Verfahren Gehör. So sei dem interessierten Leser die zu diesem Thema sehr aufschlußreiche weiterführende Literatur ans Herz gelegt.

#### Die ► Krukenberg-Plastik des Unterarmstumpfes

Die Greifarmbildung am Unterarm nach Krukenberg wurde während des ersten Weltkrieges für Ohnhänder entwickelt. Krukenberg publizierte diese Methode 1917. Eine besondere Indikation sah Krukenberg selbst bei ► **Ohnhändern** mit gleichzeitigem Visusverlust, wie dies bei zahlreichen Sprengpatronenopfern während des ersten Weltkrieges beobachtet wurde. Das Prinzip dieses Eingriffs beruht auf einer Greifzangenbildung, bei erhaltener ► **Stumpfsensibilität**, durch Trennung von Radius und Ulna, sowie einer operativen muskulären Umverteilung (Abb. 17 a, b).

Zum Radius kommen:

1. M. brachioradialis, 2. M. pronator teres, 3. M. flexor carpi radialis, 4. M. biceps, 5. M. brachialis

Zur Ulna kommen:

1. M. flexor digitorum superficialis, 2. M. flexor digitorum profundus, 3. M. palmaris longus, 4. M. flexor carpi ulnaris.

Um eine gute Funktion der Greifzange zu erzielen, müssen nach Kreuz vorhanden sein:

1. Die Muskeln, die von Schulter und Oberarm zum oberen Drittel des Unterarmes ziehen. Dies sind Biceps, Triceps und Brachialis (als öffnende Muskeln).
2. Der Pronator teres (als wichtigster Schließmuskel der Greifzange), der Supinator und der Brachioradialis.

Was die Indikation anbelangt, so kann der Krukenberg-Greifarm grundsätzlich bei jedem langen und mittellangen Unterarmstumpf gebildet werden. Kurzstümpfe unter 16 cm Länge sind für den Krukenberg-Greifarm weniger geeignet, da ein guter Spitzenschluß nicht zu erwarten ist. Eine gute Indikation bedeutet, wie bereits oben erwähnt, der Krukenberg-Greifarm beim Ohnhänder. Der Ohnhänder weiß die neue Greifmöglichkeit, die ihm durch die Greifzangen gegeben werden, erfahrungsgemäß hoch zu schätzen. Es steht ohne Zweifel fest, daß der Ohnhänder am besten durch die ► **doppelseitige Krukenberg-Greifarmbildung** versorgt werden kann. Die Leistungssteigerungen, die erzielt werden, sind erstaunlich und verdienen höchste Anerkennung. Beim einseitig Unterarmamputierten muß man mit der Indika-

► **Stumpfkorrekturen**

► **Krukenberg-Plastik**

► **Ohnhänder**

► **Stumpfsensibilität**

► **Doppelseitige Krukenberg-Greifarmbildung**

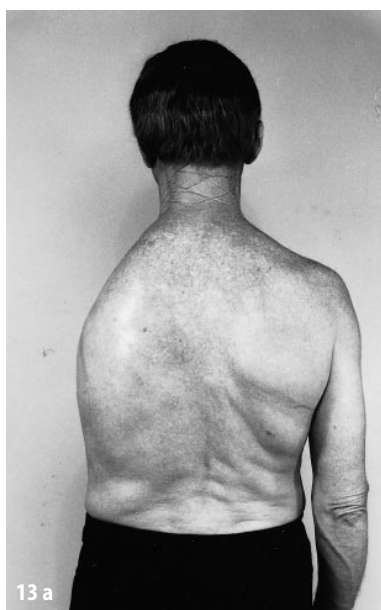


Abb. 13 a, b ▲ **Schultergürtellexartikulation mit kosmetischer Prothese**

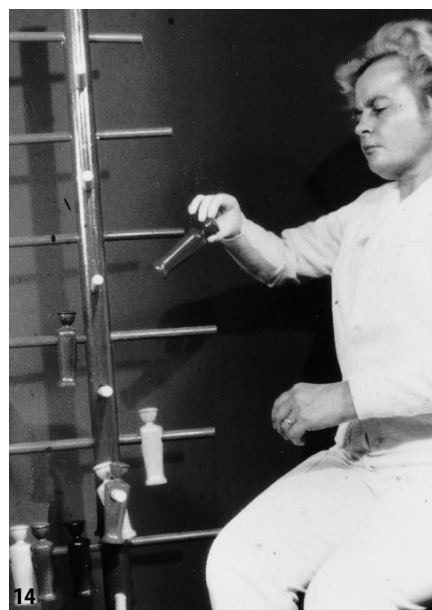


Abb. 14 ▲ **Prothesengebrauchsschulung bei Patientin mit Oberarmamputation**



Abb. 15 ▲ **Stumpfmanschette mit Esshilfe**



Abb. 16 ▲ **Fahrzeugzurichtung für einen Unterarmamputierten**



Abb. 17 ▲ **Unterarm Greifzange nach Krukenberg**



### ► Sehbehinderte Ohnhänder

### ► Myokineplastik nach Sauerbruch-Vanghetti

### ► Muskelkanalbildung

tionsstellung äußerst zurückhaltend sein. Man soll daher beim einseitig Unterarm-amputierten nur dann einen Krukenberg anlegen, wenn der Patient den ausdrücklichen Wunsch hat und sich für Beruf und Freizeit für ihn ausdrücklich Vorteile daraus ergeben.

Eine Verbesserung der Originalmethode verdanken wir Kreuz, der besonders auf die vorbereitende Physiotherapie, sowie eine besonders sorgfältige Operationstechnik verwies.

Bei Ohnhändern soll nach seiner Ansicht die Greifzange auf der dominanten Seite besonders lang gegenüber der Gegenseite geformt werden. Nach Blohmke wurden seit dem 1. WK bis 1959 695 Krukenberg-Greifarme gebildet, davon wurden 80,9% als gut, 12,5% als mäßig und 6,6% als schlecht eingestuft.

In den letzten 30 Jahren sind nur noch vereinzelte Greifarme gebildet worden, so daß das chirurgische Erfahrungswissen verlorenzugehen droht. Die Krukenberg-Plastik hat nach wie vor trotz großer Fortschritte im Bereich der Armprothetik ihre Indikation bei **sehbehinderten Ohnhändern**, die leider in jüngster Vergangenheit bei Briefbombenopfern und Kriegsteilnehmern des Balkankrieges wieder vermehrt zu beklagen sind.

Die sensible Greifzange nach Krukenberg ist gerade bei solchen Patienten jeder myoelektrischen Prothese überlegen. Auch hier muß erwähnt werden, daß der mit dem Eingriff verbundene hohe stigmatisierende Effekt nicht unterschätzt werden darf. Trotz der guten Funktion hat dieser stigmatisierende Charakter der Krukenbergplastik, wie bei der Umdrehplastik nach Borggreve-van Nees im Bereich der unteren Extremität, in der Vergangenheit sehr oft zur Ablehnung der Operation durch die Patienten geführt.

### Die ► Myokineplastik nach Sauerbruch-Vanghetti

Kräfte und Bewegungen, der einem Amputationsstumpf verbliebenen Muskulatur zu einer willkürlich bewegenden Hand auszunützen, geht auf einen Gedanken von Larrey im Jahre 1814 zurück. Die ersten prothetischen Versuche dürften in das Jahr 1899 fallen und müssen Ceci und Vanghetti zugeschrieben werden. Ihre Erfolge waren aber im allgemeinen unbefriedigend. Erst Sauerbruch gelang es 1915 eine brauchbare Lösung zur funktionellen Ausnützung der Stumpfmuskulatur zu erzielen. Sauerbruch und Ten Horn haben 1923 die Grundlagen des Verfahrens eingehend beschrieben und besonders die Eignung des Amputierten und die Stumpfbildung besonders hervorgehoben. Sie zeigen, daß nicht alle Patienten geeignet sind, daß Kraft der Stumpfmuskulatur, Willensstärke des Patienten und hygienische Prinzipien eine besondere Rolle spielen. Die Technik Sauerbruchs wurde von Lebsche während des 2. Weltkrieges und von Brückner Anfang der 90er Jahre weiterentwickelt.

Die **► Muskelkanalbildung** wird heute durchgeführt bei Unterarmstümpfen, bei Oberarmstümpfen (Abb. 18) und besonders auch bei Oberarmexartikulationen, wo zur Kanalbildung der M. pectoralis major (Lebsche) herangezogen wird (Abb. 19). Die Erfolge der Kanalisierung am Oberarm und am pectoralis major sind nach Witt durchschnittlich besser, als die am Unterarm. Es ist das Verdienst Lebsches, daß für Oberarmamputierte wieder die Möglichkeit einer willkürlich bewegbaren Kunsthand geschaffen werden konnte. Durch Einstülpfen eines Hautlappens gelingt es, einen verschiebblichen Muskelkanal so anzulegen, daß ein Elfenbein- oder Glasstift, über den z. B. die Greiffunktion der Prothesenhand gesteuert wird, in ihm geführt werden kann (Abb. 20 a, b). Auch hier droht das vorhandene chirurgische Erfahrungswissen für diese immer noch von Fall zu Fall indizierte Technik verlorenzugehen.

Die letzte Arbeitsgruppe, die sich mit der Weiterentwicklung dieser Methode befaßte, war die Gruppe um Brückner, die Anfang der 90er Jahre einige aktuelle Behandlungsergebnisse so wie Prinzipien der prothetischen Versorgung vorlegte. Wie eingangs beschrieben, steht und fällt der Erfolg dieser nach wie vor etablierten Methode mit der richtigen Indikationsstellung, Operationstechnik und Platzierung, sowie Pflege des Muskelkanals.



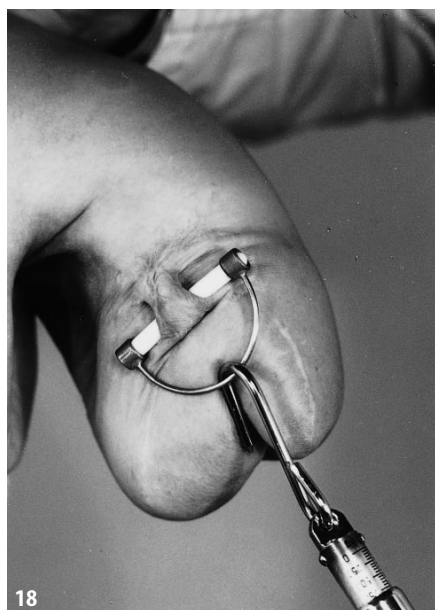


Abb. 18 ◀  
**Sauerbruch Myokineplastik am Oberarm**  
Abb. 19 ◀  
**Myokineplastik nach Lebsche im Pectoralis-Bereich**  
Abb. 21 ▲  
**Oberarmstumpfperforation bei einem 10jährigen Knaben**

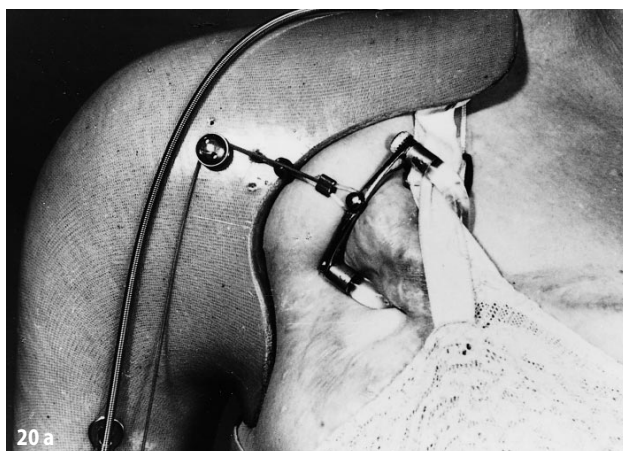


Abb. 20 a, b ▲ **Prothesenversorgung bei Myokineplastik der M. pectoralis**

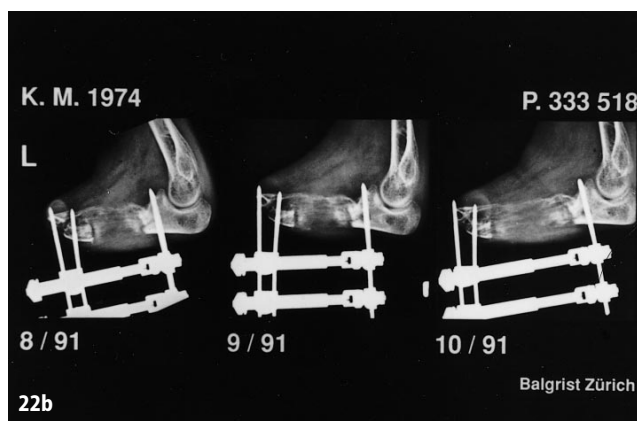


Abb. 22 a, b ▲ **Radioulnare Verlängerungsplastik nach Exner**

- ▶ **Stumpfkappenplastik und Winkelosteotomie nach Marquardt**
- ▶ **Stumpfverbesserung**
- ▶ **Nachamputationen**

- ▶ **Winkelosteotomie**

- ▶ **Radioulnare Umdrehplastik nach Exner**

- ▶ **Callotaxis**

- ▶ **Sozialpsychologische Aspekte**

Gliedmaßenverlust verursacht ein Stigma; dies führt zu Verhaltensänderungen.

- ▶ **Abwehrmechanismen**

- ▶ **Angst vor sozialer Ausgliederung**

- ▶ **Traumatische Handamputation**

## Stumpfkappenplastik und Winkelosteotomie nach E. Marquardt

- ▶ **Stumpfverbesserungen** im Oberarmbereich während des Wachstums sind unverändert in der Diskussion und veranlassen zu wiederholten ▶ **Nachamputationen** bei drohender Perforation des Stumpfes durch den nachwachsenden Humerus (Abb. 21). Das Einfügen einer Kunststoff- oder Metallkappe in den Markraum an der Stumpfspitze um wachstumsbedingte Weichteilperforationen zu verhindern, hat nicht zu befriedigenden Langzeitergebnissen geführt. Auch die Abwinkelung der distalen Humerusdiaphyse um Stumpfperforationen zu verhüten und um eine kurzschäftige Aufhängung der Prothese zu ermöglichen, führte zu unzuverlässigen Langzeitergebnissen, zumal sich bei Kindern die Tendenz zur Wiederaufrichtung der ▶ **Winkelosteotomie** zeigte. Dessen ungeachtet ist die Indikationsstellung zur Stumpfkappenplastik, wie auch zur Winkelosteotomie von Fall zu Fall zu prüfen.

### ▶ Radioulnare Umdrehplastik nach Exner

Das Prinzip dieser noch jungen stumpfverbessernden Maßnahme besteht in einer Verlängerung des mechanischen Vorderarmhebels bei ultrakurzen Unterarmstümpfen während des Wachstums. In einem ersten Schritt wird der radiale Teil des knöchernen Stumpfes um 180° gedreht und Seit zu Seit mit der Ulna verbunden. Nach Ausheilen der Verbindung erfolgt die Querosteotomie und per ▶ **Callotaxis** die Verlängerung des Stumpfes über einen Fixateur externe (Abb. 22 a, b).

Stumpfverlängerungen bis 7 cm sind bislang erzielt worden. Der verbesserte mechanische Hebel gestattet eine erleichterte Handhabung der Unterarmprothese. Auch myoelektrische Versorgungen verlängerter Stümpfe sind möglich. Die Callotaxis besonders kurzer Femurstümpfe hat sich ebenfalls bewährt und soll an anderer Stelle noch Erwähnung finden.

## ▶ Sozialpsychologische Aspekte der Amputation und Prothesenversorgung im Bereich der oberen Extremität

Der Gliedmaßenverlust im Bereich der oberen Extremitäten hinterläßt ein Stigma, welches Verhaltensänderungen des Patienten nach sich zieht. Die körperliche Integrität ist verletzt, was wiederum soziale Ausgliederungsängste katalysiert und ▶ **Abwehrmechanismen** nach Goffmann und Strauss auslöst.

Sichtbar behindert zu sein wird von Patient zu Patient unterschiedlich verarbeitet. Ähnlich wie beim Verlust des Kopfhaares drängt es den einen Menschen zum Toupet, während es dem Anderen relativ gleich ist. Das Bedürfnis nach Tarnung und Verbergen des Stigmas ist unterschiedlich ausgeprägt, jedoch in der Regel vorhanden und entspricht der ▶ **Angst des Patienten vor sozialer Ausgliederung**.

In einem streng islamischen arabischen Land hat daher eine traumatische Teilhandamputation eine andere stigmatisierende ausgliedernde Dimension als in einem europäischen Land, zumal mittelalterliche Teilamputationen der Hand in manchen islamischen Ländern leider immer noch übliche Bestrafungen für Diebe sind. Erleidet dieser Patient diese Verletzung als Fremdarbeiter bei uns, kann ihm die Rückkehr in die Heimat auf ewig verwehrt sein. Neben dem Bedürfnis nach Tarnen des Stigmas ist die Überbetonung der Behinderung und bewußte zur Schau-Stellung eine weitere Bewältigungstechnik, die jedoch nur in vertrautem sozialem Umfeld gelingt. Die Bewertung eines Stigmas unterliegt den Normen einer sozialen Gruppe, welche die Integration oder die Desintegration, die Ausgliederung steuert. Ein Tattoo kann die soziale Stellung in einer entsprechenden sozialen Gruppe stärken, während eine andere Gruppe unter Umständen die Ausgrenzung des Betroffenen betreiben wird. Das gleiche gilt für sichtbare Narben, die je nach Lokalisation bewertet werden. Eine querverlaufende Narbe am Handgelenk (Suizidversuch) unterliegt einer anderen Bewertung als eine querverlaufende Narbe an der Wange (Schmiss).

Die ▶ **traumatische Handamputation** bei einer 12jährigen noch vorpubertären Patientin führte zur überbetonten zur Schau Stellung des Stumpfes. Das Kind begann dem Stumpf einen Namen zu geben (Abb. 23 a), ihm Schal und Kleid zu fertigen (Abb. 23 b) um dann mit dieser „Figur“ für kleinere Kinder Kasperltheater zu



Abb. 23 a-c ◀  
**Handexartikulationsstumpf bei einer 12jährigen Patientin. Der Stumpf wurde auf den Namen Lulu getauft, mit Schal und Kleid versehen und durch Zusammenziehen der Narbe konnte das Gesicht bewegt werden**

#### ► Rehabilitation von Amputierten

- Psychologische Evaluation
- Armprothetische Versorgung im Schulalter

**Die ganzheitliche funktionelle orthopädische Denkweise ist bei der Prothesenversorgung gefordert.**

spielen (Abb. 23 c). Erst mit Erreichen der Pubertät, Erweiterung des sozialen Umfeldes, entstand dann das Bedürfnis nach Tarnung der Behinderung. Erst jetzt war bei dieser Patientin die Zeit reif für eine prothetische Versorgung (Abb. 7 a-c).

Will man eine Körper eigenheit des Hilfsmittels erreichen, nach Franz Schede der schwierigste Weg in der ► **Rehabilitation von Amputierten**, so muß, will man keine Niederlage erleben, vorab das Ausmaß des erlittenen Stigmas und der damit zusammenhängenden Verhaltensänderung in sorgfältiger ► **psychologische Evaluation** erfaßt und behandelt werden. Eine ► **armprothetische Versorgung im Schulalter** gelingt nur, wenn das Kind den unmittelbaren funktionellen Nutzen oder aber im Kleinkindalter den Spielzeugcharakter des Hilfsmittels in den Vordergrund stellt.

## Fazit

Auch wenn die detaillierte Darstellung der einzelnen chirurgischen Schritte, so wie die Hervorhebung der besonderen Probleme bei der Versorgung von Kindern mit angeborenem Gliedmaßenverlust etwas zu kurz kam, so sollte dennoch deutlich geworden sein, dass es sich sowohl bei der Durchführung von Amputationen am Arm als auch bei der prothetischen Versorgung von Armamputierten und Kindern mit angeborenem Gliedmaßenverlust um Orthopädie in ihrem ursprünglichen Sinne handelt. Nicht nur das zur Erreichung des Therapieerfolges erforderliche Team aus Ergo- und Physiotherapeuten, Orthopädiemechanikern, Ärzten, Sozialarbeitern und Psychologen, sondern auch die ganzheitliche funktionelle orthopädische Denkweise, bei der sich sowohl chirurgisches Können als auch profundes Wissen der Prothesenkunst in einer Person vereinigen sollten, ist nicht mehr selbstverständlich. So mag der Beitrag an das wissenschaftstheoretisch Ursprüngliche der Orthopädie im humanistischen Sinne erinnern und vielleicht dem einen oder anderen Kollegen gefallen.

## Literatur

- Fischer AW, Gohrbrandt E, Sauerbruch F (Hrsg) (1958) **Cirurgische Operationslehre v. Bier, Braun, Kümmel**. Bd. VI: Die Operationen an den Extremitäten. Barth, Leipzig 1958
- Löffler L (1984) **Der Ersatz für die obere Extremität**. Enke, Stuttgart
- Winkler W, Baumgartner R (1981) **Myoelektrische Armprothesen**. Bücherei des Orthopäden, Bd. 29. Enke, Stuttgart
- Bowker JH, Michael JW (1996) **Atlas of limb prosthetics. Surgical, prosthetic and rehabilitation principles. Chapter II: The upper limb**. Mosby, Chicago

- Baumgartner R, Botta P (1996) **Amputation und Prothesenversorgung der oberen Extremität**. Enke, Stuttgart
- Wetz HH (1990) **Stigmatisierungsprozesse in der Orthopädie oder Techniken der Bewältigung beschädigter Identität**. Med Orth Tech 110: 8-12
- Lob A (1970) **Die Krukenberg-Plastik in Friedenszeiten**. Hefte zur Unfallheilkunde 105
- Blohmke F (1959) **Die orthopädische Versorgung der Ohnhänder in der Kriegsoferversorgung**. Beih Z Orthop Chir 92
- Kreuz L (1944) **Die Herrichtung des Unterarmstumpfes zum natürlichen Greifarm nach dem Verfahren Krukenbergs**. Zbl Chir 71: 1170

- Krukenberg H (1917) **Über plastische Umwertung von Armamputationsstümpfen**. Enke, Stuttgart
- Sauerbruch F (1916) **Die willkürlich bewegbare künstliche Hand – kinetische Armprothesen**. Verh Dtsch Orthop Ges
- Vanghetti G (1899) **De'll operazione myoplastica**. Arch Orth Milano Nr 5/6
- Exner GU (1998) **Transposition of the radius upon the ulna in transvers forearm deficiency to facilitate later lengthening: a report of two cases**. J Pediatr Orthop, Part B 7: 89-91