

Aus dem Universitätsklinikum Münster  
Klinik und Poliklinik für Unfall- und Handchirurgie  
Direktor: Univ.-Prof. Dr. med. M. Raschke

GLIEDMASSENREPLANTATIONEN AN DER KLINIK UND  
POLIKLINIK FÜR UNFALL- UND HANDCHIRURGIE DES  
UNIVERSITÄTSKLINIKUMS MÜNSTER VON 1980 BIS 1999  
- EINE KASUISTISCHE AUSWERTUNG -

INAUGURAL-DISSERTATION

zur

Erlangung des doctor medicinae

der Medizinischen Fakultät

der Westfälischen Wilhelms-Universität Münster

vorgelegt von Kristina Mikesch

aus Münster

2005

Gedruckt mit der Genehmigung der Medizinischen Fakultät der Westfälischen Wilhelms-  
Universität Münster

Dekan: Univ. Prof. Dr. H. Jürgens

1. Berichterstatter: Univ.-Prof. Dr. M. Raschke

2. Berichterstatter: Univ.-Prof. Dr. S. Fuchs

Tag der mündlichen Prüfung: 17.01.2005

Aus dem Universitätsklinikum Münster  
Klinik und Poliklinik für Unfall- und Handchirurgie  
Direktor: Univ.-Prof. Dr. med. M. Raschke

Referent: Univ.-Prof. Dr. med. M. Raschke

Koreferent: Univ.-Prof. Dr. S. Fuchs

ZUSAMMENFASSUNG

MIKESCH

Kristina

Gliedmaßenreplantation in der Klinik und Poliklinik für Unfall- und Handchirurgie des Universitätsklinikums Münster von 1980 bis 1999 - Eine kasuistische Auswertung -

Von Januar 1980 bis Ende 1999 wurden in der Klinik und Poliklinik für Unfall- und Handchirurgie der Universitätsklinik Münster wurden 140 Replantationen bei insgesamt 118 Patienten durchgeführt. 120 Eingriffe betrafen die Finger. Aber auch 9 Oberarme, 1 Unterarm, 4 Hände, 2 Mittelhände, 3 Zehen und 1 Unterschenkel wurden replantiert.

Die Krankenblätter dieser Patienten wurden unter den verschiedensten Gesichtspunkten (Alter- und Geschlechtsverteilung, betroffene Berufsgruppen, Unfallart, Amputationshöhe, Anoxämiezeit, operative Techniken etc.) ausgewertet.

Die Einheilungsquote betrug insgesamt 64% (71% für subtotale und 51% für totale Amputationen). Im speziellen Teil der Arbeit wurde daraufhin der Versuch unternommen, einen Zusammenhang zwischen Einheilungserfolg, funktionellem Spätergebnis und verschiedenen möglichen Einflussfaktoren (Alter, Amputationsmechanismus, etc.) herzustellen und die Ergebnisse mit denen anderer Replantationszentren zu vergleichen.

Gewisse Abhängigkeiten zeigten sich für folgende Faktoren: Amputationstyp (subtotal/total), Amputationsmechanismus (glatte Abtrennung, Quetschung, Ausriss, Avulsion), Amputationshöhe, Alter des Patienten, Anoxämiedauer und Anzahl der Venenanastomosen.

Tag der mündlichen Prüfung: 17.01.2005

Diese Arbeit ist meinen Eltern gewidmet

# INHALTSVERZEICHNIS

<b>1. EINLEITUNG.....</b>	<b>1</b>
<b>2. ALLGEMEINER TEIL.....</b>	<b>3</b>
2.1. DEFINITIONEN.....	3
2.2. INDIKATIONEN.....	8
2.3. ERSTVERSORGUNG VON AMPUTATIONSVERLETZUNGEN.....	14
2.4. ANÄSTHESIE.....	16
2.5. OPERATIVES VORGEHEN.....	17
2.6. KOMPLIKATIONEN UND SEKUNDÄREINGRIFFE.....	29
2.7. ERGEBNISSE.....	31
2.8. ALLOGENE GLIEDMASSENTTRANSPLANTATION.....	33
<b>3. SPEZIELLER TEIL.....</b>	<b>35</b>
<b>4. DISKUSSION.....</b>	<b>70</b>
<b>5. ZUSAMMENFASSUNG.....</b>	<b>78</b>
<b>6. LITERATURVERZEICHNIS.....</b>	<b>79</b>
<b>ANHANG (Diagramme, Lebenslauf, Danksagung).....</b>	<b>84</b>

## 1. Einleitung

---

Schon seit langer Zeit besteht der Wunsch des Menschen abgetrennte Gliedmaße erfolgreich und funktionstüchtig wiederanzunähen. Bereits im Mittelalter wurde dieser Gedanke in Form von Sagen und Legenden konkretisiert. Die bekannteste Erzählung in diesem Zusammenhang ist wohl die Legende der heiligen Brüder Cosmas und Damian, denen es gelungen sein soll, ein Bein eines Mohren einem Patienten weißer Hautfarbe zu transplantieren. Wegen der nicht gelösten immunologischen Fragen blieb dieser legendäre Heilerfolg jedoch bis heute noch Fiktion (*Beck 1977*).

Erste dokumentierte, jedoch zweifelhafte Replantationsversuche stammen aus dem 19. Jahrhundert und beschrieben die Refixierung abgetrennter Nasen und Finger durch Balsam und ähnliche Substanzen mit anschließender Immobilisierung in günstiger Position.

Anfang des 20. Jahrhunderts gelangen schließlich die ersten Replantationen im Tierexperiment. So führte Höpfner 1903 in Deutschland mehrere Replantationen an Hunden durch. Carrel und Guthrie replantierten 1906 in Chicago ebenfalls den Oberschenkel eines Hundes, und ähnliche Erfolge vermeldeten kurz darauf Lexer (1907), Mac Callum (1909) und Jianu (1913). Zwar wurden in den darauffolgenden Jahren und Jahrzehnten bereits umfangreiche wissenschaftliche Konzepte zur Replantation beim Menschen erarbeitet, die ersten sensationellen Meldungen über tatsächlich erfolgreiche Replantationen tauchten jedoch erst vor knapp 40 Jahren auf. 1962 gelang Malt und McKhann in Boston die erfolgreiche Replantation eines komplett amputierten rechten Oberarms bei einem 12-jährigen Jungen (*Malt 1962*).

Eine der wesentlichen Voraussetzungen für die Replantationsmedizin bestand in der Entwicklung und Weiterentwicklung mikrochirurgischer Operationstechniken. 1960 wurde das Operationsmikroskop durch Jacobson und Suarez eingeführt, mit dessen Hilfe die Wiederherstellung auch kleinster durchtrennter Gewebestrukturen als Voraussetzung für eine erfolgreiche Replantation plötzlich möglich wurde. 1965 gelang somit zunächst die Revaskularisierung eines Daumens durch Kleinert. Im selben Jahre replantierten Komatsu und Tamai den ersten komplett abgetrennten Daumen (*Komatsu und Tamai 1968*). Seitdem sind auf dem Gebiet der Replantationsmedizin viele Fortschritte gemacht worden. Replantationen gehören inzwischen zu Routineeingriffen im Bereich der Unfall-

und Handchirurgie. Das erste europäische Replantationszentrum entstand Anfang der 70er Jahre in Wien. Inzwischen existieren zahlreiche Replantationszentren in der ganzen Welt, die mit viel Engagement und Erfolg ihre Arbeit ausüben. Dank weiterer Verbesserung vor allem der mikrochirurgischen Operationstechniken sowie knapp 40-jähriger Erfahrungen auf dem Gebiet der Replantationsmedizin gehören derartige Eingriffe inzwischen zur chirurgischen Routine und erreichen mittlerweile nicht nur gute Einheilungsquoten sondern auch gute funktionelle Ergebnisse.



## 2. Allgemeiner Teil

---

### 2.1. Definitionen:

1978 wurden erstmals im Rahmen der ersten Arbeitstagung der deutschsprachigen Arbeitsgemeinschaft für Mikrochirurgie der peripheren Nerven und Gefäße in Wien allgemeine Arbeitsgrundlagen und Definitionen für die Replantationsmedizin erarbeitet (*Biemer und Duspiva 1980*), die ein Jahr später als Grundlagen für die vom Replantation-Committee der International Society for Reconstructive Microsurgery bestimmten Richtlinien dienten.

Diese Definitionen gelten im Wesentlichen heute noch: Unter komplexen Verletzungen der oberen oder unteren Extremität versteht man die gleichzeitige Zerstörung mehrerer anatomischer Strukturen mit der Gefahr einer zurückbleibenden dauernden Funktionseinschränkung der betroffenen Gliedmaße (*Buck-Gramcko 1983*). Bei Amputationsverletzungen liegt definitionsgemäß eine Durchtrennung aller, eventuell mit Ausnahme weniger verbleibender Gewebereste, ohne Anzeichen einer Durchblutung vor. Man unterscheidet hier die Totalamputation von der Subtotalamputation.

- Totalamputation:

Bei der Totalamputation besteht eine vollständige Abtrennung des betroffenen Extremitätenabschnittes. Auch kleinste noch bestehenden Verbindungen von Gewebefasern lassen eine Amputationsverletzung als subtotal gelten, es sei denn, sie werden vor der Replantation vom Operateur durchtrennt. Nach Hahn et al. gelangen bildlich gesprochen Patient und Amputat durch getrennte Türen in den Operationssaal.

- Subtotalamputation:

Die subtotale Amputation bedeutet eine sichere Durchtrennung der wichtigsten Hauptgefäßverbindungen mit aufgehobener Zirkulation. Es dürfen maximal  $\frac{1}{4}$  der Zirkumferenz des Weichteilmantels ohne Nachweis einer Restdurchblutung erhalten sein. Ohne Wiederherstellung der Gefäßverbindungen würde das Amputat nekrotisch werden und absterben (*Brug 1979, Biemer 1990, Friedel 1997*).

Bei subtotalen Amputationen spielen die noch erhaltenen Strukturen eine wesentliche Rolle für das funktionelle Spätergebnis. Dies gilt vor allem für Mikroreplantationen. Bei erhaltenen Knochen-, Gelenk- oder Sehnenstrukturen ist eine weit bessere Funktionstüchtigkeit der replantierten Gliedmaße zu erwarten als bei Verletzungen, bei denen lediglich noch eine schmale Haut- oder Weichteilbrücke zwischen Amputat und Stumpf vorhanden ist.

Subtotale Amputationen lassen sich daher nach der Art der noch erhaltenen Gewebestrukturen zwischen Amputat und Stumpf nach Biemer in 5 Unterformen unterteilen (*Biemer 1977*):

	Erhaltene Strukturen
Typ I	Knochen
Typ II	Strecksehne
Typ III	Beugesehne
Typ IV	Hauptnervenverbindung
Typ V	Hautbrücke (maximal $\frac{1}{4}$ des Weichteilmantels)

Eine Amputationsverletzung mit erhaltener Beugesehne und Weichteilbrücke trägt daher die Bezeichnung subtotale Amputation Typ III, V nach Biemer.

Liegen die oben genannten Kriterien nicht vor und bestehen noch Zeichen einer Restdurchblutung, so darf nur von einer schweren kombinierten Verletzung mit Gefäßbeteiligung gesprochen werden.

- Revaskularisation:

Der Begriff der Revaskularisation beschreibt für solche Fälle die Wiederherstellung der unterbrochenen Hauptgefäßbahnen bei sonst weitgehend erhaltenen Strukturen. Die wiederhergestellten Gefäßanastomosen führen zu einer deutlichen Verbesserung der noch bestehenden Blutversorgung im peripheren Extremitätenabschnitt.

Gelegentlich wird der Begriff synonym für den Begriff der subtotalen Amputation verwendet, obwohl es sich nicht um eine Diagnose sondern um eine Therapieform handelt. Manche Autoren (*Hahn et al 1998*) sprechen auch bei der Refixierung subtotal

amputierter Gliedmaße grundsätzlich von einer Revaskularisierung und nicht von einer Replantation.

- Replantation:

Unter dem Begriff der Replantation versteht man den zirkulatorischen Wiederanschluß der amputierten Gliedmaße sowie die operative Wiederherstellung aller für die Funktion des Amputates wichtigen Strukturen nach einer subtotalen oder totalen Amputationsverletzung. Einige Autoren verwenden den Begriff der Replantation nur für die Wiederherstellung komplett amputierter Gliedmaße (*Hahn et al 1998*).

- Anoxämiezeit:

Ein besonders wichtiger Begriff im Zusammenhang mit Amputationsverletzungen ist der der Anoxämiezeit. Diese beschreibt die Zeitspanne zwischen der vollständigen Unterbrechung der Blutzufuhr und der Wiederherstellung der Zirkulation, d.h. der ersten funktionstüchtigen arteriellen Gefäßanastomose. In dieser Zeit findet keinerlei Durchblutung des abgetrennten Körperteils statt. Die Dauer der Anoxämiezeit beeinflusst sowohl die primäre Wiedereinheilung des Amputates als auch die später wiedergewonnene Funktionstüchtigkeit der replantierten Gliedmaße. Die verschiedenen wiederherzustellenden Gewebestrukturen tolerieren sehr unterschiedliche Zeiten der Anoxämie. Entscheidend für die Replantationsfähigkeit eines Amputates sind immer die Strukturen mit der geringsten Anoxämietoleranz. In der Regel ist dies der Anteil der Muskulatur, die bei guter Kühlung eine maximale Anoxämie von 6 Stunden, ohne Kühlung jedoch nur von 3 Stunden tolerieren. Sehnen können hingegen sehr viel länger von der Durchblutung abgeschnitten sein, sie tolerieren bei Kühlung eine Anoxämiezeit von 10-15 Stunden, teilweise auch noch länger, ohne Kühlung von etwa 6 Stunden.

Replantationsverletzungen lassen sich des weiteren in Abhängigkeit von der Replantationshöhe in sogenannte Makro- und Mikroreplantationen unterteilen.

An der oberen Extremität spricht man von Makroamputationen bzw. -replantationen, wenn sich die Amputationslinie proximal des Handgelenkes befindet. Liegt sie jedoch distal davon, so bezeichnet man die Verletzung als Mikroamputation, das operative

Vorgehen als Mikroreplantation. Analog dazu unterscheidet man an der unteren Extremität Amputationen proximal und distal des Sprunggelenkes.

	Makroreplantation	Mikroreplantation
Obere Extremität	proximal des Handgelenkes	distal des Handgelenkes
Untere Extremität	proximal des Sprunggelenkes	distal des Sprunggelenkes

Neben den unterschiedlichen Amputationshöhen unterscheiden sich die beiden Replantationstypen besonders durch die verschiedene Bedeutung der drei für eine Replantation wichtigen Gesichtspunkte: 1. Replantationsfähigkeit, 2. Indikation zur Replantation, 3. Technik der Replantation.

#### Makroreplantation:

1. Replantationsfähigkeit
  - a. Zustand des Patienten
  - b. Anoxämiezeit
  - c. Zustand des Amputates
2. Indikation
3. Technik

#### Mikroreplantation:

1. Technik (Mikrogefäßchirurgie)
2. Replantationsfähigkeit
  - a. Zustand des Amputates
  - b. Anoxämiezeit
  - c. Zustand des Patienten
3. Indikation

Die Erfahrung zeigt, je größer das Amputat und je größer der Anteil der ischämisch gefährdeten Muskulatur ist, um so weniger Zeit steht dem Operateur trotz Kühlung oder

Perfusionsmaßnahmen für die Replantation zur Verfügung. Ferner kann eine Makroreplantation lebensbedrohliche Konsequenzen für den betroffenen Patienten nach sich ziehen. Schwere toxische Nierenschäden bis zur Anurie sowie die Gefahr der Allgemeininfektion (Sepsis, Gasbrand) können beispielsweise zur vitalen Bedrohung der verletzten Person führen. Aus diesem Grund stehen Replantationsfähigkeit und sorgfältige Indikationsstellung bei Makroreplantationen an erster Stelle. Nach einer Mikroreplantation ist hingegen die vitale Bedrohung des Patienten sehr viel geringer. Weiterhin ist eine Unterscheidung der verschiedenen Verletzungsformen und Unfallmechanismen vorzunehmen, sowie ihrer Besonderheiten, da hier oft große prognostische wie behandlungstechnische Unterschiede vorliegen.

- Glatte Abtrennung/Schnittverletzung:

Diese Verletzungen werden durch glatte, scharfe Gegenstände verursacht, die relativ geringe Schäden an der Amputationslinie hervorrufen. Am häufigsten wird diese Verletzungsform durch schmale, scharfe Kreissägen und Schnittmesser verursacht. Wegen der meist geringen, sehr überschaubaren Gewebetraumatisierungen bieten Schnittverletzungen sehr günstige Voraussetzungen für eine erfolgreiche Replantation.

- Abquetschungen:

Die Problematik der Quetschverletzungen liegt in den häufig ausgedehnten, nicht vorher beurteilbaren Gewebeschäden, die oft noch weit von der Amputationslinie entfernt vorhanden sind. Die Gefäße zeigen häufig schwere, langstreckige Intimaverletzungen, die bei unzureichender Resektion die Ursache für spätere Gefäßokklusionen und Durchblutungsstörungen sein können. Alle geschädigten und nicht mehr vitalisierbaren Gewebestrukturen müssen großzügig reseziert werden, um den Erfolg des Eingriffes nicht zu gefährden.

- Ausrissamputationen:

Bei den Ausrissverletzungen liegt eine Abtrennung der verschiedenen Strukturen auf unterschiedlicher Höhe vor, was die adäquate Rekonstruktion der betroffenen Gliedmaße oft besonders schwierig macht.

- Avulsions-/ oder Décollement-Verletzungen:

Bei diesem Amputationsmechanismus wird nur der Weichteilmantel vom Bewegungsapparat abgetrennt. Als typisches Beispiel gilt die Ringverletzung. Auch hier sind die einzelnen Strukturen häufig auf unterschiedlicher Höhe abgetrennt, und die Wiederherstellung gestaltet sich oft schwierig.

- Schwere kombinierte Amputationsformen:

Unter dieser Gruppe werden Situationen zusammengefaßt, bei denen verschiedenste Mechanismen wie Quetschung und Ausriss nebeneinander oder auch stockwerkartige Abtrennungen vorliegen.

## 2.2. Indikationen:

Die anfängliche Begeisterung über die durch die Mikrochirurgie neu eröffneten Operationsmöglichkeiten führte initial zu einem häufig zu unkritischen Einsatz dieser Operationstechnik. So wurde in den Anfängen der Replantationschirurgie versucht, möglichst alle abgetrennten Gliedmaße zu replantieren. Klinische Langzeituntersuchungen deckten jedoch erhebliche Probleme hinsichtlich der funktionellen Rehabilitation und persistierenden Beschwerden nach Replantationen auf, so dass eine Eingrenzung der Anwendung und eine strengere Indikationsstellung gefordert wurden. Entscheidend für den Erfolg einer Replantation ist selbstverständlich nicht nur die Einheilung und Vitalität des amputierten Teils, sondern in erster Linie das funktionelle Spätergebnis des Eingriffs. Eine erfolgreiche Replantation sollte einen Funktionsgewinn für den Patienten durch das replantierte Glied mit sich bringen. „Überleben ohne Wiederherstellung der Funktion hingegen ist kein Erfolg“ (*Chen Chun-Wei, Weiland et al 1978*). Eine kritische Indikationsstellung sollte somit nicht vom technisch Machbaren sondern vom funktionell Sinnvollen und menschlich Zumutbaren bestimmt sein (*Brug 1977*).

Unterschieden werden muss bei der Indikationsstellung vor allem zwischen Makro- und Mikroreplantationen sowie zwischen oberer und unterer Extremität.

So lohnt sich die Replantation eines total abgetrennten Beines für einen Erwachsenen fast nie. Für die allein der Lokomotorik dienende untere Extremität ist nach Brug durch den

baldigen Ersatz durch eine Prothese eine bessere Rehabilitation möglich als durch ein replantiertes, Monate, Jahre oder gar für immer gefühlloses, zu Thrombosen oder Ulzerationen neigendes, von Kausalgien gequältes Bein (*Brug 1979*). Erfolgversprechend sind hingegen subtotale Amputationen der unteren Extremität vor allem bei erhaltenen Nerven, sowie Amputationsverletzungen bei Kindern, die aufgrund der deutlich höheren Regenerationsfähigkeit häufig gute Ergebnisse erreichen.

Die weitaus meisten Amputationsverletzungen betreffen jedoch die obere Extremität. Hier hat sich mittlerweile folgendes Indikationsschema bewährt:

- Absolute Indikationen:
  - Daumen
  - Mehrere Langfinger
  - Mittelhand
  - Hand
  - Amputationen bei Kindern (eine Einschränkung ergibt sich durch die Spätergebnisse)
- Relative Indikationen:
  - Endglieder
  - Einzelfinger
- Keine Indikation:
  - Einzelfinger bei Berufen im Freien
  - Replantation von Einzelfingern bei zerstörtem großen Gelenk (Grundgelenk, Mittelgelenk)

Bei dieser Einteilung handelt es sich ohne Zweifel um gute und sinnvolle Richtlinien für die Replantationsmedizin. Dennoch sollten sie nicht als starres Indikationsschema gesehen werden sondern vielmehr als Orientierungshilfe dienen bei der Entscheidung, ob im Einzelfall ein Replantationsversuch sinnvoll ist oder nicht. Die Überlegung, ob durch den Eingriff, ein für den Patienten sinnvolles funktionelles Ergebnis erreicht werden kann, ist zwar von entscheidender Bedeutung bei der Indikationsstellung, jedoch müssen

unbedingt die individuellen Erwartungen des Verletzten, ästhetische und psychologische Aspekte berücksichtigt werden. Nicht wenige Patienten ziehen eine funktionslose eventuell gar störende eigene Gliedmaße einer gut funktionierenden Prothese oder einem durch die Amputation nur wenig beeinträchtigtem Körperteil, z.B. einer Hand mit fehlendem Zeigefinger, vor. Der plötzliche Verlust der körperlichen Integrität durch eine Amputation kann einen Patienten hingegen unter Umständen psychisch stark beeinträchtigen. Gerade bei Frauen wird aus kosmetischen Gründen die Indikation zur Replantation großzügiger gestellt. Vor einer erwogenen Replantation sollte in jedem Fall ein ausführliches Gespräch mit dem betroffenen Patienten stattfinden, sowie eine sorgfältige Aufklärung durch einen erfahrenen Operateur. Der Patient ist auf die Risiken eines solchen Eingriffes hinzuweisen, vor allem auf den möglichen Verlust des Replantates, jedoch auch auf die Tatsache, dass selbst bei perfekt durchgeführter Replantationstechnik und guter Einheilung fast immer mit bleibenden Funktionseinbußen des replantierten Körperteiles zu rechnen ist. Manche Patienten können ihren früheren Beruf nicht mehr oder nur noch eingeschränkt ausüben, müssen Umschulungen vornehmen oder sind von einer erheblichen Minderung der Erwerbsfähigkeit betroffen. Probleme wie Bewegungseinschränkungen, Sensibilitätsstörungen, Schmerzen, Dysästhesien und Kälteempfindlichkeit nach erfolgreicher Replantation sollten unbedingt angesprochen werden, sowie die Möglichkeit notwendiger späterer Korrekturoperationen. Schließlich sollte gemeinsam mit dem Patienten entschieden werden, ob ein Replantationsversuch unternommen werden soll oder nicht. Die Erfahrung zeigt jedoch, dass sich die weitaus meisten Patienten auch in Kenntnis der genannten Problematik zunächst für eine Replantation entscheiden.

Zu den Gründen, die eine sofortige Replantation ausschließen können, gehören z.B. ein schlechter Allgemeinzustand des Patienten und schwere, beeinträchtigende Vorerkrankungen. Wichtiger sind mögliche schwere und lebensbedrohliche Begleitverletzungen, die einer sofortigen Behandlung bedürfen und eine zeitgerechte Replantation nicht zulassen („life before limb“). Bei komplett zerstörten Amputaten ohne Möglichkeit der Wiederherstellung einer funktionellen Extremität ist ebenfalls von einer Replantation abzusehen. Immer wieder gelangen falsch transportierte Amputate in die Klinik. Auch in diesen Fällen ist eine Replantation häufig nicht mehr möglich.



Einigkeit besteht heute darin, dass bei Daumenamputationen immer eine absolute Indikation zur Replantation vorliegt. Angesichts der herausragenden Bedeutung des Daumens für die Greiffunktion der Hand sollte jeder Daumen unabhängig von der Amputationshöhe replantiert werden (*Merle 1997*).

Gleiches gilt für Langfingerserienamputationen. Auch hier besteht eine absolute Indikation zur Replantation. Es sollten so viele Finger wie möglich replantiert werden. Höchste Priorität hat in jedem Fall die Wiederherstellung der Daumenfunktion, im Fall einer gleichzeitigen Daumenamputation. Gegebenenfalls sollte bei schlechtem Zustand des Daumenamputates ein anderer Langfinger anstelle verwendet werden (*Merle 1997, Schwabegger 1998*). Die weiteren Fingerreplantationen sollten entsprechend ihrer Bedeutung für die Handfunktion vorgenommen werden.

Darüber hinaus sollten bei Daumenverlust entsprechende rekonstruktive Maßnahmen zum Einsatz kommen. Die am häufigsten eingesetzten Verfahren sind die Kallusdistraction des Os metacarpale I oder die Vertiefung der ersten Zwischenfingerfalte (Phalangisation) bei Amputationen distal des Grundgelenkes. Die besten funktionellen und ästhetischen Resultate werden hingegen mit der Umsetzung des 2. oder 3. Fingers auf das Os metacarpale I erzielt (Pollizisation). Die komplette Umsetzung der Nerven des Zeigefingers erfordern allerdings vom Patienten ein Umlernen, welches bei Kindern weniger problematisch ist. Alternativ kann der Zeigefingernerv mit dem Daumennerv verbunden werden, jedoch führt dies zum teilweisen Sensibilitätsverlust. Eine weitere Möglichkeit ist der sogenannte Zehentransfer. Hier wird der Daumen durch die erste oder zweite Zehe ersetzt.

Da bei Langfingerserienamputationen das funktionelle Spätergebnis der Replantation unmöglich vorhergesagt werden kann, sollten in jedem Fall auch bei zerstörtem PIP- und/oder MCP-Gelenk so viele Finger wie möglich replantiert werden. Bei Mehrfingeramputationen sollten die Finger in der Reihenfolge ihrer Bedeutung replantiert werden. Der besterhaltene Finger sollte in der wichtigsten funktionellen Position replantiert werden. Nach der Daumenrekonstruktion sollte daher nach *Feller und Biemer (1990)* zunächst ein ulnarer Finger (Ring- oder Kleinfinger) anschließend der Mittelfinger und zuletzt der Zeigefinger fixiert werden. Andere Autoren erachten die Mittelfingerrekonstruktion am wichtigsten (*Berger und Hierner 1997*).

Als weitere absolute Indikationen zur Replantation gelten Hand- und Mittelhandreplantationen. Zwar sind hier die technischen Verfahren aufgrund der größeren anatomischen Strukturen leichter durchführbar als bei Amputationen im Phalangenbereich, jedoch zeigen die Spätergebnisse deutliche Funktionseinbußen der betroffenen Hand. Dennoch zeigen die Langzeitergebnisse vieler Autoren, dass die stark eingeschränkte Funktion der replantierten Hand oder Mittelhand einer noch so guten Prothese immer noch überlegen ist, und dass die Patienten im allgemeinen mit den ästhetischen und funktionellen Ergebnissen häufig hochzufrieden sind. Die ideale Höhe für die Replantationen mit erfreulichen funktionellen Resultaten ist der distale Unterarm knapp proximal des Handgelenkes wegen der großkalibrigen Gefäße, der nicht dissoziierten Nerven, der geringeren Verwachsungsneigung der Sehnen und der einfachen Osteosynthese (*Lütkenhaus 1976*). Auch bei den Makroreplantationen der oberen Extremität zeigt sich in verschiedenen Arbeiten (*Graham et al 1998*) eine eindeutige funktionelle Überlegenheit der replantierten Gliedmaße gegenüber der prothetischen Versorgung. Interessant ist der von Peacock und Tsai dokumentierte Fall eines Kindes mit beidseitiger Armamputation. Ein Arm konnte replantiert werden, der andere wurde durch eine Prothese ersetzt. Für die weitaus meisten Tätigkeiten im Alltag wurde die replantierte Extremität gegenüber der Prothese vorgezogen (*Peacock und Tsai 1987*).

Früher galten Amputationsverletzungen im Kindesalter uneingeschränkt als absolute Indikation zur Replantation. Viele Autoren vertreten diese Ansicht heute nicht mehr in der Form. Dennoch besteht weiterhin dahingehend Einigkeit, dass bei Kindern infolge der guten Regenerationstendenz großzügig zu stellen ist. Hier werden meistens gute Einheilungsraten und gute funktionelle Ergebnisse erreicht (*Saies und Urbaniak 1994, Schwabegger und Hussel 1997, Cheng et al 1998*). Jedoch werden immer wieder Wachstumsverzögerungen und erhebliche Deformitäten der replantierten Gliedmaße beobachtet, wenn die Epiphyse von der Verletzung mitbetroffen ist. In solchen Fällen werden im Laufe der Zeit häufig zahlreiche Sekundäreingriffe zur Verbesserung der Ästhetik und Funktionalität notwendig. Angesichts des enormen Anpassungsvermögens bei Kindern, die in der Regel ohne Weiteres in der Lage sind, das Fehlen eines Fingers vollständig zu kompensieren, erscheint eine Replantation somit nicht immer sinnvoll (*Feller und Biemer 1991*).

Ebenfalls kontrovers diskutiert werden Replantationen im Bereich der distalen Phalanx. In den Anfängen der Replantationsmedizin wurden derartige Eingriffe abgelehnt, da zum einen die Replantation, vor allem hinsichtlich der Gefäßanastomosen, technisch zu aufwendig und schwierig war, zum anderen durch den Verlust der distalen Phalanx keine großen Funktionseinbußen resultierten, so dass insgesamt ein solcher Eingriff nicht gerechtfertigt erschien. Heute ist eine Replantation im Bereich jenseits des DIP-Gelenkes technisch möglich geworden und gute Einheilungsraten werden erreicht (78-91%). Wegen der intakten Metacarpophalangeal- und proximalen Interphalangealgelenke, sowie dem weitgehend erhaltenen Sehnenapparat sind die funktionellen Ergebnisse in der Regel besonders gut, und die Patienten sind zumeist mit den erreichten Ergebnissen hochzufrieden, so dass sich die meisten Autoren mittlerweile für eine Replantation Bereich der distalen Phalanx aussprechen (*Feller und Biemer 1991, Kim W-K., Lim J-H., H. S-K. 1995, Patradul und Ngarmukos 1998*).

Replantationen von Einzelfingern im Erwachsenenalter werden nach wie vor kontrovers diskutiert. Auch nach erfolgreicher Einheilung ziehen die weitaus meisten Patienten den benachbarten unversehrten Finger im Gebrauch vor (*Morrison et al 1978*). Häufig beeinträchtigt der funktionseingeschränkte Finger sogar die Funktion der gesamten Hand (*Foucher und Norris 1992*), so dass hinsichtlich des zu erwartenden funktionellen Ergebnisses bei Einzelfingeramputationen zum Teil von einer Replantation abgeraten werden sollte.

In den Anfängen der Replantationsmedizin hielt man Replantationen bei Patienten fortgeschrittenen Alters ebenfalls für nicht sinnvoll. Heute weiß man jedoch, dass auch hier gute Einheilungsraten und gute funktionelle Ergebnisse erreicht werden können. Auch 70- bis 80-jährige aktive und gesunde Patienten sollten daher ein Anrecht auf eine Replantation ihrer amputierten Gliedmaße haben und profitieren nicht selten von einem solchen Eingriff (*Biemer 1990*).

Eine eventuelle Indikationserweiterung kann sich bei vorbestehenden angeborenen oder erworbenen Schädigungen einer Hand ergeben, so dass beispielsweise eine Einzelfingerreplantation trotz Zerstörung großer Gelenke stattfinden sollte und sich nachträglich für den Patienten als durchaus vorteilhaft gegenüber der primären Amputation erweist (*Biemer 1990*).

Zusammenfassend sei gesagt, dass bei der Indikationsstellung zur Replantation immer zahlreiche Faktoren berücksichtigt werden müssen. Neben den allgemeinen Richtlinien der Replantationschirurgie müssen die persönlichen Bedürfnisse und Erwartungen des jeweiligen Patienten nach gründlicher Aufklärung und Beratung durch einen erfahrenen Operateur bei der Entscheidung eine Rolle spielen. Somit ist jeder Fall individuell zu beurteilen. Das Ziel ist, unter Berücksichtigung aller Faktoren, die für den jeweiligen Patienten beste und sinnvollste Lösung zu finden (*Berger und Brenner 1990*).

### 2.3. Erstversorgung von Amputationsverletzungen

Die Voraussetzungen für eine Replantation werden zum Teil bereits bei der Erstversorgung wesentlich beeinflusst. Entscheidend für das Ergebnis ist die korrekte Behandlung von Amputaten und Amputationsstümpfen während des Transportes. Trotz umfangreicher Aufklärungskampagnen und guter Schulung des notfallmedizinischen Personals gelangen immer wieder falsch behandelte Amputate in die Kliniken, so dass eine Replantation trotz ansonsten möglicherweise günstiger Voraussetzungen nicht mehr vorgenommen werden kann.

Im Vordergrund der medizinischen Versorgung am Unfallort stehen selbstverständlich Sicherung und Verbesserung der vitalen Funktionen des Verletzten durch Kontrolle von Atmung und Kreislauf, sowie Schockbekämpfung bei größeren Blutverlusten. Bei den weitaus meisten Amputationsverletzungen handelt es sich jedoch um isolierte Amputationen im Handbereich, daher ist der Allgemeinzustand des Verletzten in der Regel gut. Zu überprüfen ist in jedem Fall bei einer solchen Verletzung der Tetanusschutz des Patienten und gegebenenfalls ist eine Tetanussimultanimpfung vorzunehmen. Indiziert ist meist bereits am Unfallort der Einsatz einer suffizienten Analgesie und gegebenenfalls eines Breitspektrumantibiotikums. Jede weitere Medikation sollte zunächst unterbleiben und der Verletzte so schnell wie möglich ins nächstgelegene Replantationszentrum transportiert werden. Der Amputationsstumpf sollte bis dahin trocken und sauber verbunden werden. Sämtliche Manipulationen, wie das Setzen von Klemmen oder Unterbindungen, Säuberungsmaßnahmen oder Desinfektion sind zu unterlassen. Auch bei stärkeren Blutungen reicht eine Kompression des Stumpfes und eine Versorgung der Blutungsquelle mittels sterilem Druckverband

und Hochlagerung aus. Der Versuch, die Blutung durch Abbinden der Extremität zu stoppen, sollte ebenfalls unterbleiben. Das Anlegen einer Blutsperre für den Transport macht eine für die Operation notwendige Blutleere entweder unmöglich oder gefährdet die Extremität durch in der Summation zu langer Blutsperre. Falsch bzw. insuffizient angelegte Blutsperren können den Patienten sogar vital bedrohen. Bei vermindertem venösen Abfluss und erhaltenem arteriellen Einstrom kann es insbesondere bei längeren Transporten zu einem erheblichen Blutverlust kommen.

Wie auch der Amputationsstumpf muss das Amputat unbehandelt bleiben. Alle aufgefundenen Teile müssen ins Replantationszentrum mitgegeben werden, da primär nutzlos erscheinende Teile evtl. als Spender für Haut, Knochen, Sehnen, Nerven, Gefäßinterponate oder zur Überbrückung von Defekten verwendet werden können. Die Lagerung des Amputates erfolgt durch Einbinden in ein sauberes, trockenes wenn möglich steriles Tuch. Amputat und Tuch werden gemeinsam in eine erste Plastiktüte gegeben. Diese Tüte wird verschlossen und gelangt in eine zweite Tüte, in der sich bereits Wasser und Eis befinden. Für Mikroamputate liegt die optimale Temperatur bei 4°C, für Makroamputate bei 10°C (*Lackner et al 1999*). Auf keinen Fall darf das Amputat direkten Kontakt zu Wasser oder Eis haben. Dies würde durch Quellung der Strukturen oder Erfrierungen zu irreversiblen Gewebeschäden führen und eine Replantation unmöglich machen. Durch optimale präoperative Kühlung kann die tolerable Anoxämiezeit, also die maximale Zeitspanne zwischen Amputation und Wiederherstellung der Blutzirkulation, erheblich verlängert werden. Für Makroreplantationen wird eine maximal tolerierte Anoxämiezeit von 6 Stunden angenommen, für Mikroreplantationen liegt sie bei circa 15 Stunden.

Ohne Kühlung beträgt die tolerierte Anoxämiezeit jedoch 3 Stunden (Makroreplantationen) bzw. 6 Stunden (Mikroreplantationen).

Bei inkompletten Amputationen ist hingegen eine präoperative Kühlung zu vermeiden, da hier eine möglicherweise noch bestehende Restdurchblutung eingeschränkt oder gar ganz aufgehoben würde. In diesen Fällen sollte lediglich ein steriler Verband angelegt werden.

Manche Autoren (*Brug 1979*) empfehlen außerdem, das Amputat bereits vorzuschicken, wenn der Verletzte noch nicht sofort transportfähig ist, so kann unter Umständen durch vorbereitenden Maßnahmen wertvolle Zeit gespart werden.

Während in den Anfängen der Replantationschirurgie noch viele Fehler bei der Erstversorgung von Amputationsverletzungen unterliefen, so ist heute die medizinische Erstversorgung von Amputat, Stumpf und Patient als bereits deutlich besser zu bewerten. Dennoch wäre eine Optimierung der Abläufe am Unfallort und während des Transportes nach wie vor wünschenswert.

#### 2.4. Anästhesie

Auch hier bestehen Unterschiede zwischen Makro- und Mikroreplantationen. In der Regel sollte bei proximalen Amputationsverletzungen die Allgemeinanästhesie verwendet werden. Gelegentlich empfiehlt sich jedoch die Kombination mit der supraklavikulären oder axillären Plexusanästhesie zur Blockade des sympathischen Nervensystems, wodurch eine Vasodilatation und damit eine Verbesserung der Durchblutung erreicht werden kann (*Weiland 1978, Friedel 1997*). Die Allgemeinanästhesie sollte weiterhin zum Einsatz kommen bei Amputationen im Kindesalter, bei bilateralen oder Serienamputationen, wenig kooperativen oder sehr ängstlichen Erwachsenen, bei gleichzeitig zu versorgenden schweren Begleitverletzungen oder bei jedem Eingriff, bei dem die Gefahr der Überschreitung der Höchstdosis des Lokalanästhetikums besteht. Im Finger und Handbereich bietet sich die axilläre oder supraklavikuläre Katheterplexusanästhesie an. Sie ermöglicht einerseits eine sofortige und genügend lange Schmerzausschaltung und vermindert die Gefahr von Spasmen an den Anastomosen durch die Sympathikolyse (*Biemer 1990*). Auch zervikale Epiduralanästhesie, oder die Plexusanästhesie kombiniert mit einer distalen Nervenblockade und lokaler Infiltrationsanästhesie werden in der Literatur als alternative Anästhesieverfahren bei Replantationseingriffen erwähnt (*Tamai 1978, Phelbs 1978*).

Die Vorteile der Plexusanästhesie lassen sich recht einfach zusammenfassen:

Patienten, die nicht nüchtern sind, können ohne Gefahr einer Aspiration operiert werden, die Probleme einer langdauernden Intubationsnarkose kommen hier nicht zum Tragen und durch die Sympathikolyse bei Plexusblockade wird eine vorteilhafte periphere Vasodilatation erreicht. Manche Autoren setzen aus diesem Grund die Plexusanästhesie auch postoperativ ein (*Friedel 1997*).

## 2.5. Operatives Vorgehen

Vor Beginn der Operation sollten abgesehen von einem EKG und einer Röntgen-Thorax-Aufnahme grundsätzlich Röntgenaufnahmen des Amputates und des Stumpfes durchgeführt werden, um sich eine Vorstellung vom Ausmaß der knöchernen Beteiligung zu machen, um weitere ossäre Verletzungen auszuschließen und um eventuell versprengte Knochensplitter ausfindig zu machen. Präoperativ sollten außerdem immer Blutelektrolyte, Retentions- und Gerinnungswerte, Blutbild und Blutgruppe bestimmt werden. Der Tetanusschutz ist zu überprüfen und bei nicht ausreichendem Impfschutz ist eine Tetanusprophylaxe vorzunehmen. In der Zeit, in der der Patient für die Operation vorbereitet wird, können bei kompletten Amputationsverletzungen bereits erste Behandlungsschritte am Amputat vorgenommen werden. Bei großen Amputaten empfehlen einige Autoren, in dieser Zeit eine Perfusion mit heparinisierten Lösungen durchzuführen. Mit ihrer Hilfe kann einerseits die Gefäßdurchgängigkeit geprüft werden. Gleichzeitig werden Thromben und Toxine ausgespült und ihre Bildung verhindert (*Biemer und Duspiva 1980, O'Brien 1980*). Die Perfusion wird solange fortgesetzt bis aus den Venen klare Spülflüssigkeit ohne Gerinnsel zurückläuft. Verwendete Perfusionslösungen sind zum Beispiel gekühlte Collin'sche oder Ringer-Lactat-Lösung, Rheomacrodex mit Heparinzusatz oder andere heparinisierte Lösungen (*Beck 1977, Ikuta 1978, Maurer 1979*). Nicht empfehlenswert sind derartige Maßnahmen bei Amputationsverletzungen im Fingerbereich, da keine wesentliche Verbesserung des Ausgangsbefundes oder weitere wichtige Erkenntnisse zu erwarten sind. Hingegen können zusätzliche Gefäßschädigungen hervorgerufen werden, die den Replantationserfolg negativ beeinflussen können (*Tamai 1978, Biemer 1990, Morrison 1978*).

Unterschiedlich ist unter den verschiedenen Autoren die Einstellung zur Verwendung der Blutleere. Befürworter der Operation mit vollständiger oder intermittierender Blutleere begründen dies damit, dass mit Hilfe der Blutleere der Blutverlust minimiert werden kann, außerdem ist das Operationsfeld übersichtlicher.

Die Gegner der Blutleere sind der Ansicht, dass sich pulsierende Gefäßstümpfe besser auffinden lassen und ihre Durchgängigkeit nur so richtig beurteilbar ist. Außerdem gehen sie davon aus, dass nach Öffnung der Blutleeremanschette nach Wiederherstellung der

Zirkulation Stoffwechselprodukte in das bereits anoxisch geschädigte Amputat gespült werden.

Einige Autoren empfehlen weiterhin, dass zu Beginn des Eingriffs sich ein Operationsteam um das Amputat kümmert, während ein zweites Team den Stumpf präpariert (*Vanstraelen 1993, Saies 1993*). Der wesentliche Vorteil eines solchen Vorgehens liegt in der deutlichen Zeitersparnis, was sich für den Erfolg des Eingriffs in der Regel sehr positiv auswirkt. Für die Replantation eines Fingers ist mit einer durchschnittlichen Operationszeit von 2-4 Stunden zu rechnen, bei Serienamputationen oder Amputationen von Händen, Armen oder Unterschenkeln von bis zu 12-15 Stunden.

Einige Autoren befürworten wegen der langen Operationszeiten die Ablösung des Operationsteams nach einigen Stunden, um Fehler durch Ermüdung oder Konzentrationsverlust zu vermeiden. Andere Autoren halten die Vollendung des Eingriffs durch dasselbe Operationsteam für sinnvoller, da die Operateure mit den vorliegenden Verhältnissen am besten vertraut sind, ein Auswechseln des Teams könnte nach der Auffassung gewisser Autoren sogar den Operationserfolg gefährden (*Biemer und Duspiva 1980*).

Zuerst werden Amputat und Stumpf mit größter Vorsicht und Sorgfalt gereinigt und desinfiziert. Dabei muss darauf geachtet werden, dass kein Desinfektionsmittel mit den Gefäßstümpfen in Berührung kommt, da es sonst zu schweren Epithelveränderungen und Intimaschäden kommen kann. Fremdkörper wie Sägemehl, Grashalme und Glassplitter müssen ebenfalls sorgsam entfernt werden. Anschließend werden alle Strukturen, die später rekonstruiert werden sollen aufgesucht und markiert. Die Replantation sollte nicht beginnen, bevor nicht alle wiederherzustellenden Strukturen eindeutig identifiziert und gekennzeichnet sind.

Alle Autoren sind übereinstimmend der Ansicht, dass nach Möglichkeit alle Strukturen primär wiederhergestellt werden sollten, da Sekundäreingriffe, bedingt durch Verwachsungen und Narbenbildung, oft sehr schwierig sind und die funktionellen Ergebnisse nicht selten zu wünschen übrig lassen. Außerdem sind bei einem Zweiteingriff die wiederhergestellten Nerven- und Gefäßverbindungen erneut gefährdet.

Über die Operationsreihenfolge besteht hingegen keine allgemeine Einigkeit. Viele Autoren empfehlen, die gröberen Strukturen wie Knochen und Sehnen vor den feineren



wie Gefäße und Nerven zu rekonstruieren (*Buck-Gramcko 1978, Biemer 1990, Biemer 1991*).

- Operationsreihenfolge nach Biemer

1. Debridement
2. Knochen (nach Verkürzungsosteotomie)
3. Beugesehne (n)
4. Arterien
5. Nerven
6. Strecksehne
7. Venen
8. Haut

Umstritten ist hingegen, ob zunächst die Arterienanastomosen oder die Venennähte erfolgen sollten. Führt man zunächst die Venennähte durch, so kommt es nach Wiederherstellung der arteriellen Zirkulation zu keinem weiteren Blutverlust. Um die Anoxämiezeit nicht zu verlängern, rekonstruieren die meisten Autoren jedoch zunächst die Arterien. Außerdem sind nach Wiederanschluß der Durchblutung die Venen durch den kräftigen Reflux leichter auffindbar, des weiteren werden in dem Moment alle ischämischen Stoffwechselprodukte ausgespült und gelangen nicht in den Gesamtkreislauf. Bei Amputationen im Hand- oder Fußbereich sowie bei Makroamputationen ist es hingegen ratsam, vor Öffnung der Arterienanastomose, eine oder zwei kräftige Venen zu rekonstruieren, da sonst der Blutverlust zu groß wird.

Nicht alle Operateure führen im Anschluß an die Osteosynthese die Beugesehnennaht durch. Teilweise werden zunächst die dorsalen Strukturen wiederhergestellt, zum Teil werden vor den Gefäß- und Nervennähten Beuge- und Strecksehnen wiederhergestellt.

1. Debridement:

Der erste Schritt der Replantation besteht in einem konsequenten und radikalen Debridement der zu stark geschädigten, nekrosegefährdeten, bzw. nicht mehr vitalisierbaren Gewebestrukturen. Andernfalls können sie Fremdkörperreaktionen

hervorrufen und den Operationserfolg ernsthaft gefährden, indem sie die Wundheilung beeinträchtigen, Infektionen begünstigen, und durch entzündliche Prozesse und postoperative Ödementwicklung an der Nahtlinie den Einheilungsprozeß negativ beeinflussen. Von besonderer Bedeutung ist die sorgfältige und konsequente Entfernung traumatisierter Gewebeanteile bei Quetsch- und Ausrissverletzungen, da hier die begleitende Gewebeschädigung oft sehr ausgedehnt ist und häufig erst während des operativen Eingriffs in ihrem gesamten Ausmaß erkennbar wird. Ein zurückhaltendes Vorgehen in der Absicht, soviel Gewebe wie möglich zu erhalten, hat sich jedoch nicht bewährt sondern eher nachteilig auf den Replantationserfolg ausgewirkt. Gelegentlich ist noch ein postprimäres Debridement nach 2-3 Tagen erforderlich, um sekundäre infektionsgefährdete Nekrosen zu beseitigen.

## 2. Osteosynthese:

Die interne oder externe Osteosynthese muss eine frühfunktionelle Übungstherapie erlauben und darf die Versorgung der weiteren Strukturen nicht gefährden. Der notwendige Zugang zum Knochen wird in vielen Fällen von der Verletzung diktiert und ist demzufolge nicht zu standardisieren. Erweiterungsschnitte müssen dem ohnehin vorhandenen Weichteilschaden Rechnung tragen. Je schwerer der Weichteilschaden ist, um so schonender und schneller sollte die Versorgung der knöchernen Strukturen erfolgen. Sie beginnt mit der Kürzung des Knochens um einige Millimeter an den Finger-, Zehen-, Mittelhand- und Mittelfußknochen bis zu einigen Zentimetern an den Knochen des Ober- und Unterarmes, bzw. Ober- und Unterschenkels. Durch diese sogenannte Verkürzungsosteotomie werden zwei wichtige Voraussetzungen geschaffen. Zum einen lassen sich die Bedingungen für eine gute und sichere Osteosynthese optimieren durch Entfernung von Knochensplittern und Begradigung der miteinander zu fixierenden Knochenflächen. Zum anderen ermöglicht sie häufig die spannungslose Vereinigung der Gefäße und Nerven. Letzteres darf jedoch nicht dazu verführen, zu starke Verkürzungsmaßnahmen vorzunehmen. Vor allem am Daumen kann dies nachträglich bedeutende funktionelle Einbußen zur Folge haben. Vielmehr sollten in solchen Fällen zur Überbrückung von Gefäßdefekten Interponate zum Einsatz kommen. Dennoch ist auf eine ausreichende Verkürzung der Knochenstrukturen zu achten, und auch bei sehr

glatten und sauberen Amputationsverletzungen darf nicht auf die essentielle Osteotomie verzichtet werden (*Brug 1979*). Bei Fingeramputationen in Gelenknähe empfehlen einige Autoren jedoch, nur auf einer Seite eine Verkürzungsosteotomie durchzuführen (*Cheng et al 1998*).

Für andere Autoren kommt gelegentlich auch das Unterlassen der Osteotomie in Frage, für die Gefäßanastomosen werden dann grundsätzlich Interponate verwendet. Durch Längenerhalt der amputierten Gliedmaße soll so das bestmögliche funktionelle Ergebnis erreicht werden.

Biemer und Duspiva stellten 1980 folgenden vier Anforderungen an eine gute Osteosynthese, die selbstverständlich auch noch heute Gültigkeit besitzen:

Die Osteosynthese sollte

- schnell und einfach durchführbar sein
- eine übungstabile Situation ergeben
- die Nachbargelenke freilassen
- Das Osteosynthesematerial sollte leicht entfernbar sein, oder so gewählt werden, dass es für immer belassen werden kann

An Ober- und Unterarm, Ober- und Unterschenkel werden zur Osteosynthese vor allem Kompressionsplatten, gelegentlich auch Küntscher- und Steinmann-Nägel oder externe Fixateure eingesetzt (*Biemer 1990, Feller und Biemer 1991, Vanstraelen 1993*). Der Nachteil des Einsatzes von Platten besteht in der weiteren Verletzung von Knochen und umgebenden Gewebe durch die Einbringung der Platte. Die Intramedulläre Marknagelung kann jedoch den venösen Abstrom beeinträchtigen. Aus diesem Grund setzen manche Autoren auch bei Makroreplantationen gerne gekreuzte oder zentrale Kirschner-Drähte oder Schrauben ein. Bei Amputationsverletzungen im Hand- oder Fußbereich einschließlich Finger- und Zehenamputationen werden vorwiegend Kirschner-Drähte verwendet. Gelegentlich kommen jedoch auch hier kleine Platten oder Schrauben zum Einsatz, haben allerdings den Nachteil, dass ein langes Knochensegment zugänglich gemacht werden muss und ein höheres Infektionsrisiko besteht.

Gekreuzte Kirschner-Drähte gewährleisten verglichen mit zentralen eine gute Stabilität und Rotationsstabilität, gefährden jedoch vermehrt die Gefäßnervenbündel und Sehnen.

Eine mögliche Alternative ist die transossäre Drahtnaht, die ebenfalls sehr stabile Verhältnisse herstellt und eine zusätzliche Kompression auf die Fraktur ausübt. Sie ist hingegen schwieriger und langwieriger, und kann zu einer Metallose führen, da das Material später sehr schwer, wenn überhaupt, entfernt werden kann. Auch die von manchen Autoren favorisierte intramedulläre Verschraubung kann eine solche Metallose nach sich ziehen.

Knochendefekte lassen sich ohne Probleme, wenn nötig, mit passageren Distanzhaltern (z.B. Knochenfragmenten oder Gentamycin-Ketten) versorgen und später durch Spongiosaplastiken ersetzen. Um die postoperative Verwachsungsneigung zu minimieren sollten auch Periost und umgebendes Gewebe genährt werden. Bei Zerstörung von Gelenken durch die Amputationsverletzung befürworten die meisten Autoren eine primäre Arthrodesen in Funktionsstellung (*Meyer 1985, Merle 1997*). Seltenst kommt der primäre Einsatz von Gelenkprothesen zum Beispiel an den Phalangen beispielsweise in Form von Swanson-Endoprothesen zum Einsatz. Die funktionellen Ergebnisse eines solchen Vorgehens lassen jedoch nach wie vor zu wünschen übrig.

### 3. Beugesehnen:

Generell sollten nach Möglichkeit alle Anteile des Sehnenapparates rekonstruiert werden. Auf jeden Fall muss die Profundussehne wiederhergestellt werden. Über die Naht der oberflächlichen Beugesehne sollte von Fall zu Fall individuell entschieden werden. Wünschenswert ist auch hier die Rekonstruktion, sollte sie jedoch aufgrund des Verletzungstypes unmöglich sein, kommt auch eine primäre Resektion in Frage. Auch die Beugesehne sollte bis ins unbeschädigte Gebiet gekürzt werden. Anschließend erfolgt die Adaptation der Enden. Hierfür stehen verschiedenen Techniken zur Verfügung wie die Verfahren nach Kirchmayr, Zechner, Strickland, Tajima oder Kessler. Nach Möglichkeit sollten auch Sehnencheiden und Ringbänder rekonstruiert werden. Die adaptierten Areale sollten immer von gut durchblutetem Gewebe abgedeckt werden. Bei der Wiederherstellung des Sehnenapparates muss mit größter Sorgfalt vorgegangen werden. Die Qualität der angewandten Technik hat große Auswirkungen auf den Erfolg des Eingriff und vor allem auf das funktionelle Spätergebnis. Im Gegensatz zur Versorgung der knöchernen Strukturen erlauben die Sehnen nach Geldmacher keine

Kompromisse (*Geldmacher 1991*). Wann immer möglich ist also die primäre Rekonstruktion mit funktioneller Nachbehandlung anzustreben. Größere Sehnendefekte oder schwere Weichteilschäden erfordern jedoch eine sekundäre oder zweizeitige Sehnentransplantation. Ist dies absehbar und lassen es die Wundverhältnisse zu, so kann primär eine Sehnenprothese zur Bildung eines Sehnengleitlagers eingesetzt werden. Nach mindestens 10 Wochen kann der Platzhalter schließlich durch ein körpereigenes Sehnentransplantat ausgetauscht werden.

#### 4. Arterien

Nach der Beugesehnenrekonstruktion schließt sich die Versorgung der begleitenden Arterien an. Für die Wiederherstellung einer guten Durchblutung des Replantates sind vor allem zwei Voraussetzungen zu beachten. Die Anastomose muss in einem Bereich unbeschädigter Gefäßstümpfe erfolgen, da jede Form der Endothel- oder Intimaläsion ein deutlich erhöhtes Risiko für Thrombosen und Durchblutungsstörungen bedeutet. Weiterhin müssen die Gefäßenden möglichst spannungsfrei adaptiert werden, da Zerrungen oder Dehnungen im Anastomosenbereich ebenfalls häufig Thrombosen hervorrufen können. Mit Hilfe eines Operationsmikroskopes können intimale Läsionen eher erkannt werden. Die geschädigten Gefäßstrecken werden großzügig reseziert. Häufig kommt es an den zu anastomosierenden Gefäßenden zu Spasmen, die mit Hilfe vorsichtiger mechanischer Dilatation oder durch Auftropfen von 1%-iger Procain- oder 4%-iger Papaverin-Lösung behoben werden können. Bei größeren Amputaten wird empfohlen, die Gefäßstümpfe mit heparinisierten Lösungen durchzuspülen, um Gerinnsel zu entfernen und die Gerinnungsneigung im Operationsbereich zu verringern (*Biemer 1990, Blank 1983*).

Die Arteriennähte werden in der Regel, vor allem bei kleinkalibrigen Gefäßen, mit Einzelknopfnähten durchgeführt. Fortlaufende Nähte kommen erheblich seltener zum Einsatz. Auf gleiche Durchmesser der zu adaptierenden Stümpfe ist unbedingt zu achten. Nach Eröffnung der Anastomose muss das Replantat in kürzester Zeit eine rosige Farbe als Zeichen der suffizienten Durchblutung annehmen. Durch lange Kühlung und Anoxämie kann sich dieser Vorgang jedoch gelegentlich bis zu 45 Minuten verzögern.

Grundsätzlich sollten so viele Arterien wie möglich wiederhergestellt werden. Viele Autoren beschreiben eine Abhängigkeit des Replantationserfolges von der Anzahl der hergestellten Arterienanastomosen (*Berger 1991, Urbaniak 1994*).

Ist wegen zu großer Gefäßdefekte und ausgedehnter Gefäßresektionen eine primäre spannungsfreie Readaptation der Gefäßstümpfe nicht möglich, so sollten Gefäßinterponate zum Einsatz kommen. Hierdurch kann das Thromboserisiko erheblich reduziert werden. Verwendet werden am häufigsten Veneninterponate vom Handrücken oder Unterarm, gelegentlich bietet sich auch der Einsatz von Arteriensegmenten nicht replantierbarer Gliedmaße an. Auf eine ideale Länge des Interponates sollte nach Meinung der meisten Autoren geachtet werden, da auch hier durch zu kurze, nicht spannungsfrei adaptierte, oder zu lange verdrehte Interponate zirkulatorische Probleme erheblich häufiger auftreten. Andere Autoren sehen keinen Zusammenhang zwischen der Länge des Interponates und der Erfolgsrate. Das Gefäßinterponat sollte möglichst den gleichen Durchmesser wie die Gefäßenden haben, an die es angeschlossen werden soll. Eine Differenz bis zu 30% kann hierbei noch toleriert werden. Bei der Verwendung von Veneninterponaten ist darauf zu achten, den überbrückenden Venenabschnitt wegen der Klappen um 180° zu wenden. Um Stenosen des Veneninterponates zu verhindern, sind die umgebenden komprimierenden Gewebestrukturen zu entfernen. Ungleiche Gefäßdurchmesser, ungünstige Längenverhältnisse des Interponates oder Kompressionen der Anastomose wirken sich nicht selten negativ auf den Erfolg des Eingriffes aus. Die häufigste Komplikation ist der thrombotische Gefäßverschluß, die Komplikationsrate kann jedoch durch optimale Länge und Nahttechnik minimiert werden.

## 5. Nerven

Auch die Nervennähte sollten spannungsfrei und möglichst im unversehrten Gewebe erfolgen. Bei den sensiblen Fingernerven wird die Rekonstruktionen mit Hilfe von 2-4 epineuralen Nähten empfohlen. Trennung und Naht der einzelnen Faszikel haben sich nicht bewährt, da dies zu zusätzlicher Traumatisierung der ohnehin bereits geschädigten Nervenfasern führen kann. Nach Möglichkeit sollten die Nervenverbindungen primär im Rahmen der Replantation wiederhergestellt werden. Sie sollten in jedem Fall spannungsfrei sein. Sind die Defekte zu groß, können Nerventransplantate zum Einsatz

kommen. Verwendet werden können hier beispielsweise Nervenstränge nicht replantationsfähigen Amputaten oder Transplantate von Hautnerven der oberen und unteren Extremität.

Schwieriger ist häufig die Rekonstruktion der größeren Nerven, die motorische und sensible Anteile besitzen, wie z.B. N. medianus und ulnaris an der oberen Extremität. Hier sollte die Verbindung jedes einzelnen Faszikelbündels mittels perineuraler Nähte durchgeführt werden (*Biemer 1991*).

Ist eine primäre Wiederherstellung der Nervenverbindungen nicht möglich, so ist zu einem späteren Zeitpunkt die sekundäre Rekonstruktion unter optimalen Bedingungen anzustreben.

## 6. Strecksehnen

Nach Wiederherstellung der palmaren Strukturen einschließlich der Nervenverbindungen werden die Strecksehnen noch vor der Anastomosierung der Venen versorgt. Hier gelten im Wesentlichen die gleichen Regeln wie bei der operativen Versorgung der Beugesehnen. Die technische Qualität der operativen Sehnenversorgung ist auch hier besonders wichtig. Um das Verwachsungsrisiko und die funktionelle Beeinträchtigung zu minimieren, ist besonders schonend und sorgfältig zu verfahren. Nach Möglichkeit sollten alle zerstörten Anteile des Strecksehnenapparates rekonstruiert werden, die Adaption der Strecksehnen kann mit 2-3 U-Nähten erfolgen. Die Strecksehnenaponeurose kann mit Matratzennähten genäht werden.

## 7. Venen:

Wie bei den Arterien werden auch die Venenanastomosen mit mikrochirurgischer Nahttechnik durchgeführt. Auch hier ist die Technik und das sorgfältige möglichst wenig traumatisierende Vorgehen von besonderer Wichtigkeit. Fehler bei den anspruchsvollen Gefäß Anastomosen (insbesondere bei den Venen) lassen sich durch keine noch so ausgeklügelte adjuvante medikamentöse Therapie korrigieren. Auch die Venenanastomosen müssen spannungsfrei erfolgen. Bei langen Defektstrecken, oder muss wegen langstreckiger Intimaschäden ein großer Teil des Gefäßes reseziert werden,

können ebenfalls Veneninterponate verwendet werden. Auch hier sollte auf eine adäquate Länge und den entsprechenden Gefäßdurchmesser geachtet werden. Für die Anastomosen sollten größere Venen mit einem guten venösen Rückfluss aufgesucht und wiederhergestellt werden. Wenn es nicht gelingt, die korrespondierenden Venenstümpfe zu identifizieren, so können auch zwei verschiedene nebeneinanderliegende Venen schräg miteinander verbunden werden.

Viele Operateure empfehlen für jede wiederhergestellte Arterie, mindestens eine Venenanastomose durchzuführen (*Urbaniak 1985, Saies et al 1994*). Replantationen mit wenigstens zwei rekonstruierten Venenverbindungen haben nach den Angaben der meisten Autoren eine bessere Einheilungsrate und Verminderung des Auftretens venöser Zirkulationsstörungen (*Friedel et al 1993, Matsuda 1994*). Andere Autoren sehen diesen Zusammenhang nicht (*Merle 1997, Saies et al 1994*). Je distaler sich die Amputationslinie befindet desto schwieriger ist aufgrund der kleinkalibrigen Gefäße häufig die Wiederherstellung einer Venenverbindung. In Bereichen jenseits des distalen Interphalangealgelenkes ist dies in der Regel unmöglich, so dass der venöse Abfluss über die Wundfläche erfolgt, was wiederum zu starken Blutungen führen kann. Innerhalb von 4-5 Tagen bilden sich erfahrungsgemäß neue kleine Venenverbindung, und die Blutungen aus dem Wundbereich sistieren.

#### 7. Haut:

Beim Wundverschluss ist vor allem auf zwei Dinge zu achten. Generell sollte, wenn immer möglich, ein primärer Hautverschluss angestrebt werden. Unter gut durchbluteter Haut sind die empfindlichen wiederhergestellten Strukturen besser geschützt und versorgt als beim Einsatz von Kunsthaut. Jedoch ist ein spannungsfreier, nicht komprimierender Wundverschluss von großer Wichtigkeit, da ein zu starker Druck vor allem auf die sensiblen Gefäßanastomosen die Durchblutung stark beeinträchtigen und unter Umständen zur Nekrose und Verlust des Replantates führen kann. Sind die Hautdefekte also zu groß, als dass eine lockerer Verschluss möglich wäre, sollten Hauttransplantate oder Kunsthautpräparate zum Einsatz kommen. Alternativen sind lokale Nahlappenplastiken oder Fernlappenplastiken. Wunden ohne freiliegende Strukturen können passager mit Kunsthaut (Syspurderm, Epigard) gedeckt und später



zum Beispiel mit Spalthautplastiken verschlossen werden. Für Vollhauttransplantate ist ein optimal durchbluteter Wundgrund erforderlich. Freiliegende funktionelle Strukturen (Knochen, Sehnen, Nerven, Gefäße, Osteosynthesematerial) müssen innerhalb einer Woche durch konventionelle oder mikrovaskuläre Lappenplastiken gedeckt werden. Gerade im Handbereich steht eine Vielzahl lokoregionärer Lappenplastiken zur Verfügung, die je nach Lokalisation des Weichteildefektes einsetzbar sind.

## 8. Verband und Lagerung

Der Wundverband darf unter keinen Umständen eine Gefährdung des Replantates durch Einschnürung oder Kompression verursachen. Blutgetränkte und –verkrustete Verbände sind daher rasch zu wechseln, jedoch sollte auch darauf geachtet werden, Manipulationen im Wundbereich so gering wie möglich zu halten, da sich in der postoperative Frühphase jeder Eingriff am Replantat schädlich auswirken kann. Verwendet werden sollten lockere Baumwollbinden, die einerseits eine gute Saugfähigkeit besitzen und eine effektive, nicht komprimierende Wundversorgung ermöglichen. Pflaster sollten beispielsweise, wenn überhaupt, so nur mit äußerster Vorsicht eingesetzt werden, da auch sie Kompressionsschäden hervorrufen können. Der Verband sollte in der Form gestaltet sein, dass jederzeit eine gute Beurteilung der replantierten Gliedmaße möglich ist, und er sollte eine regelmäßige Kontrolle der Blutzirkulation anhand von Farbe, Temperatur und Kapillarfüllung erlauben.

Die betroffene Extremität sollte in einer leicht erhöhten Position gelagert werden, da so der venöse Abfluss verbessert wird. Bei Replantationen im Hand- und Fingerbereich wirkt sich eine Supinationsstellung der Hand ebenfalls positiv auf den venösen Rückstrom aus.

## 9. Medikamentöse Behandlung und postoperative Physiotherapie

Allgemein gültige Regeln oder standardisierte Vorgehensweisen hinsichtlich der medikamentösen Therapie in der postoperativen Phase gibt es bis heute nicht. Da die Hauptkomplikationen bei derartigen gefäßchirurgischen Eingriffen in Störungen der Blutzirkulation, meist in Form von venösen oder arteriellen Gefäßverschlüssen durch Thrombosen, bestehen, ist das Hauptziel der medikamentösen Behandlung eine Verhinderung der Thrombosebildung und Verbesserung der Durchblutung. Viele Autoren befürworten daher eine systemische Heparinisierung für 3 bis 5, teilweise sogar bis zu 10 Tagen postoperativ (*Biemer 1991, Friedel et al 1991*). Andere Autoren befürchten jedoch durch die Heparinisierung zu starke Blutverluste und Bildung komprimierender Hämatome, die den Replantationserfolg gefährden können, und lehnen dieses Vorgehen daher grundsätzlich ab (*Buck-Gramcko 1979*).

Einige unfall- und handchirurgische Kliniken setzen auch postoperativ die Katheterplexusanästhesie ein, da sie den Vorteil einer suffizienten Analgesie bietet, und so die frühe passive Übungsbehandlung ermöglicht. Des weiteren bewirkt sie über die Sympathikolyse eine periphere Vasodilatation, wirkt Gefäßspasmen entgegen und kann so die Durchblutung verbessern (*Friedel et al 1991, Saies et al 1994*).

Da bei Amputationsverletzungen in der Regel eine deutliche Verschmutzung und Kontamination der Wundflächen besteht ist der prä- und postoperative Einsatz von Breitbandantibiotika obligatorisch.

Zur Förderung der Durchblutung können Plasmaexpander wie Dextrane oder Hydroxyäthylstärke eingesetzt werden. Gelegentlich werden Medikamente wie Aprotinin, Acetylsalicylsäure, Persantin oder Dipyridamol eingesetzt (*Vanstaelen et al 1993, Friedel et al 1991*). Vor allem Aprotinin hat einen günstigen Einfluss auf die postoperative Ödembildung und verbessert die Durchblutung, so dass es von manchen Autoren regelmäßig eingesetzt wird (*Friedel et al 1991, Stoltz et al 1992*).

Übereinstimmend halten alle Autoren Nikotingenuß wegen seiner vasokonstriktorischen Wirkung für extrem schädlich und kontraindiziert in der postoperativen Phase (*Yoshimura 1982*).

Von besonderer Bedeutung für die spätere Funktion der replantierten Gliedmaße ist eine entsprechende postoperative physiotherapeutische Behandlung. Bei stabiler

Osteosynthese und weitgehend komplikationsloser Wundheilung sollt bereits am zweiten bis dritten postoperativen Tag mit passiven Bewegungsübungen begonnen werden. Aktive Bewegungsübungen sind nach zwei bis drei Wochen erlaubt (*Ashall and Colville 1992*). Vanstraelen empfiehlt sogar, bereits am 3. Postoperativen Tag mit aktiver Mobilisierung zu beginnen. Um die bestmöglichen funktionellen Ergebnisse zu erzielen ist jedoch eine kontinuierliche und intensive krankengymnastische Betreuung durch erfahrene Physiotherapeuten notwendig. Der Behandlungserfolg ist in regelmäßigen Abständen durch einen erfahrenen Chirurgen zu überprüfen und die Therapiemaßnahmen zu optimieren.

## 2.6. Komplikationen und Sekundäreingriffe

Die häufigsten und für das Replantat gefährlichsten Komplikationen in der postoperativen Frühphase (50-80% in den ersten 24 Stunden) stellen Durchblutungsstörungen durch venöse und arterielle Thrombosen dar. Ihre Häufigkeit wird in der Literatur mit 3,9 bis 32% angegeben (*Friedel et al 1991*). Meist führt ein spastisch verengtes Gefäß zur Verminderung des Blutflusses mit anschließender Thrombosebildung. Am empfindlichsten für dieses Phänomen sind die venösen Anastomosen.

Eine venöse Zirkulationsstörung ist vor allem durch eine starke Schwellung mit bläulich-livider Verfärbung der betroffenen Gliedmaße gekennzeichnet, der Kapillarpuls ist vorhanden und bei Inzision beobachtet man eine starke dunkelrote Blutung. Gelingt es nicht, die venöse Abflusstörung zeitgerecht durch konservative oder operative Maßnahmen zu beheben, so droht die nachfolgende arterielle Thrombose mit Verlust des Replantates.

Ein anderes klinisches Bild zeigt sich beim arteriellen Gefäßverschluss. Hier kommt es zu einer blassen Verfärbung des Replantates, die Hauttemperatur nimmt ab, und es ist kein Kapillarpuls mehr vorhanden. Bei Inzision kommt es zu keiner signifikanten Blutung. Intimaschäden, Gefäßspasmen und vorübergehende Blutdruckabfälle sind die häufigsten Ursachen für eine arterielle Thrombose.

Die häufigsten Gründe für arterielle und venöse Durchblutungsstörungen sind belassene Intimaschäden, zu große Spannung im Anastomosenbereich, ein zu straffer Hautverschluss oder ein einengender Verband.

Wird eines der beiden genannten klinischen Bilder beobachtet, muss umgehend eingegriffen werden. Als erste Maßnahme sollte der Verband überprüft und gelockert werden, um mögliche Kompressionen und Einschnürungen in diesem Bereich zu beheben. Bei venösen Stauungszeichen kann versucht werden, den venösen Abfluss durch Stichinzision oder Entfernung der Nagelplatte bei Fingerreplantaten zu verbessern. Eventuell sind die Hautnähte wieder zu eröffnen. Umstritten ist der Einsatz von Blutekeln. Während manche Autoren den Einsatz durchaus befürworten (*Valauri et al 1991, Baudet et al 1991*), lehnen ihn andere ab und halten eine rasche operative Gefäßrevision für sinnvoller (*Friedel et al 1991*).

Ist die Durchblutung durch konservative Maßnahmen nicht zu verbessern, sollte umgehend eine operative Revision erfolgen. Der Thrombus wird entfernt, die betroffene Gefäßstrecke reseziert und die Anastomose häufig unter Einsatz eines Veneninterponates neu genäht. Gelegentlich gelingt auch eine Thrombolyse durch Urokinaseinstillation in den arteriellen oder arteriolären Gefäßschenkel.

Abgesehen von diesen für Replantationseingriffe typische Komplikationen, sind die üblichen postoperativ beobachteten Probleme wie Hämatome, Blutungen, Infektionen, Schwellungen und Wundheilungsstörungen, sowie später das Auftreten von Kontrakturen, Verwachsungen, Pseudarthrosenbildung, unvollständige Nervenregeneration oder Rupturen der genähten Sehnen.

Mit erfolgreicher Replantation ist zwar das Überleben des Amputates gesichert, die Funktion der replantierten Gliedmaße ist jedoch häufig noch unbefriedigend. Nach Angaben der Literatur sind bei 40-50% der Patienten funktionsverbessernde Reeingriffe notwendig. Nach Buncke ist sogar nach jeder erfolgreichen Replantation mindestens ein Sekundäreingriff zur Verbesserung der Funktion der Extremität nötig (*Buncke 1991*). Neben Narbenkorrekturen zählen Tenolysen zu den häufigsten Korrekturoperationen, die jedoch nur bei abgeheilten Wunden mit weichen Narben durchgeführt werden sollten. Der günstigste Zeitpunkt für einen solchen Eingriff ist nach 3 Monaten anzusetzen. Tenolysen nach Sehnentransplantationen sollten frühestens nach 6 Monaten erfolgen. Sehnentransplantationen sind ebenfalls häufig notwendige Sekundäreingriffe.

Alternativen sind z.B. die einzeitige Sehnentransplantation mit Hilfe des M. palmaris longus oder M. plantaris, die aber wegen der starken Schädigung des Gleitlagers funktionell weniger gute Ergebnisse liefern als die zweizeitige Sehnentransplantation. Häufig sind auch Neurolysen, Nerventransplantationen, sowie Eingriffe an den Knochen, wie zum Beispiel Arthrodesen bei Pseudarthrosenbildung oder Umstellungsarthrotomien. Diese Korrekturoperationen sollten immer sorgfältig überlegt und von den individuellen Bedürfnissen und Ansprüchen des Patienten abhängig gemacht werden.

## 2.8. Ergebnisse

Leider existiert weltweit bislang kein einheitliches, standardisiertes Schema, um die Einheilungsraten und Ergebnisse der Nachuntersuchungen verschiedener Replantationszentren zu vergleichen. Die Einheilungsraten für Makroreplantationen werden in der Literatur mit 76 und 100% angegeben (*Berger et al 1997*), für Mikroreplantationen zwischen 59 und 94.5%.

Unbestritten ist sicherlich, dass zwar die Replantationen am Ober- und Unterarm, bzw. Ober- und Unterschenkel vom technischen Standpunkt aus bedeutend einfacher durchzuführen sind als Replantationen im Phalangenbereich, übereinstimmend stellten jedoch auch alle Arbeitsgruppen fest, dass die funktionellen Ergebnisse hier deutlich schlechter und trotz erfolgreicher Einheilung die Funktionseinbußen erheblich sein können. Aus diesem Grund ist vor einer geplanten Replantation nicht nur die Frage zu stellen, ob der Eingriff technisch möglich ist, sondern vor allem auch, ob der Patient davon profitieren wird.

Bei dem zu erwartenden funktionellen Ergebnis ist neben dem Alter des Patienten, der Art der Amputationsverletzung und dem Ausmaß des Gewebes Schadens immer auch die Amputationshöhe zu berücksichtigen.

Amputationsverletzungen im Schulterbereich sind in funktioneller Hinsicht vergleichbar mit Verletzungen, die eine Schädigung des Plexus brachialis mit einschließen. Neben der nervalen Schädigung ist auch die Muskulatur schwer beeinträchtigt, so dass die Prognose hinsichtlich der zu erwartenden Restfunktion sehr eingeschränkt ist. Erreicht werden können in diesem Bereich die Wiederherstellung der thorakohumeralen Zangenfunktion, die aktive Beugung im Ellenbogengelenk sowie eine protektive Sensibilität in Teilen der

Hand (*Allieu 1987, Narakas 1989*). Eine funktionelle Extremität wird in bis zu 27.5% der Fälle erzielt (*Ispen et al 1990*). Bei Kindern, die gegenüber Erwachsenen über eine deutlich bessere nervale Regenerationsfähigkeit verfügen, sind die funktionellen Ergebnisse häufig noch besser.

Etwas erfreulichere Ergebnisse zeigten Amputationsverletzungen im Oberarmbereich, hier sind aktive Ellenbogenbeugung und protektive Sensibilität im Handbereich realistische Therapieziele, und nach Literaturangaben kann in bis zu 34% der Fälle mit einer funktionellen Extremität gerechnet werden (*Tamai 1982*).

Trotz der sehr eingeschränkten Restfunktion nach Replantationen im Schulter- und Oberarmbereich zeigte eine Studie von Graham, dass die funktionellen Ergebnisse und Zufriedenheit bei den Patienten mit erfolgreich replantierter Extremität besser waren als bei den Patienten, die mit einer Prothese versorgt waren (*Graham 1998*).

Im Bereich des Unterarmes ist die Replantation in jedem Fall als gewinnbringend anzusehen, da hier Replantation unter technischen Gesichtspunkten besonders einfach durchführbar ist. Zahlreiche zur Verfügung stehende Korrekturoperationstechniken können langfristig eine gute Extremitätenfunktion ermöglichen. Realistische Therapieziele sind hier Handgelenk- und Fingerbeugung, sowie protektive Sensibilität im Handbereich, bei einem Teil der Patienten können außerdem eine aktive Streckfunktion im Handgelenks- und Fingerbereich und eine statische Zweipunktdiskriminationsfähigkeit in Teilen der Hand erreicht werden. Eine funktionelle Extremität wird bei 41% der Betroffenen erzielt. Für den distalen Unterarmbereich sind die Ergebnisse noch besser. Hier kann neben der Beugung und Streckung im Handgelenks- und Fingerbereich, die Oppositionsfähigkeit des Daumens, sowie statische Zweipunkt-Diskriminationsfähigkeit und die Grobgrifffunktion wiederhergestellt werden. Der Kraftverlust im Vergleich zu Gegenseite beträgt zwischen 20-55%. In den wenigsten Fällen kommt es zu einer Regeneration der intrinsischen Handmuskulatur, so dass bei fast allen Patienten Schwierigkeiten bei feinmechanischen Tätigkeiten bestehen. In etwa 82% wird eine funktionelle Extremität wiederhergestellt.

Replantationen im Phalangenbereich sind zwar technisch aufwendiger, die funktionellen Langzeitresultate sind jedoch häufig sehr gut. In den weitaus meisten Fällen bestehen jedoch auch hier Funktionseinschränkungen der betroffenen Hand durch den replantierten Finger. Gelegentlich kann dieser die Funktion der Hand sogar erheblich

beeinträchtigen, in der Regel sind die Patienten jedoch mit dem ästhetischen und funktionellen Resultat hinsichtlich Motorik und Sensibilität mehr als zufrieden. Durch Sekundäreingriffe kann die Funktion der betroffenen Gliedmaße häufig deutlich verbessert werden.

Häufig bleibende Beschwerden nach Gliedmaßenreplantationen sind Schmerzen und Dysästhesien, sowie Schwellneigung und Kälteempfindlichkeit.

Trotz der regelmäßigen Funktionseinbußen und der genannten Beschwerden sind aber die weitaus meisten Patienten sehr froh und dankbar über die gelungene Replantation und würden sich ein zweites Mal nicht anders entscheiden.

## 2.9. Allogene Gliedmaßen transplantation

Die Erfolge der Replantationsmedizin in den letzten Jahren und Jahrzehnten haben dazu geführt, dass inzwischen zunehmend darüber nachgedacht wird, die allogene Gliedmaßen transplantation als Behandlungsmethode für Amputationsverletzungen oder angeborene Gliedmaßendefekte einzuführen. Zum gegenwärtigen Zeitpunkt gibt es jedoch nur sehr wenig Erfahrung auf diesem Gebiet, und das Konzept ist noch weit davon entfernt, im klinischen Alltag routinemäßig eingesetzt werden zu können. Ob sie je in dieser Form etabliert werden kann, ist momentan noch sehr fragwürdig.

Generell könnte ein Patient vom funktionellen Standpunkt aus durchaus vom Ersatz seiner fehlenden Gliedmaße durch ein Transplantat profitieren. Dafür sprechen die Ergebnisse der Replantationsmedizin, die zeigen, dass in den allermeisten Fällen eine replantierte Extremität einer Prothese deutlich überlegen ist. Der Vorteil einer Transplantation gegenüber einer Replantation bestünde darin, dass der Eingriff sorgfältig geplant und vorbereitet und somit unter optimalen Bedingungen stattfinden kann, was sich wiederum positiv auf die spätere Funktionstüchtigkeit der Gliedmaße auswirken könnte. Die Problematik der Gliedmaßen transplantation liegt jedoch zweifelsohne in der notwendigen Immunsuppression. Die in den letzten Jahren durchgeführten tierexperimentellen Studien zeigten übereinstimmend, dass bei Transplantationen, bei denen mehrere verschiedene Gewebestrukturen übertragen werden, die Frage nach der optimalen Immunsuppression besonders wichtig und bis heute nicht gelöst erscheint. Eingesetzt worden waren vor allem Cyclosporin A und Steroide. Nie gelang es jedoch,

Abstoßungsreaktionen vollständig zu unterdrücken, darüber hinaus traten alle bekannten Nebenwirkungen einer Langzeit-Immunsuppression auf, wie vor allem Infektionen und Neoplasien, so dass der Benefit einer solchen Gliedmaßentransplantation in Frage gestellt werden muss. Auch die ersten Versuche beim Menschen in Lyon und Louisville verliefen wenig erfolgreich und bestätigten damit, dass die Probleme eines solchen Eingriffs bei weitem nicht gelöst sind und es aktuell wegen mangelnder klinischer Erfahrungen und lückenhafter wissenschaftlicher Grundlagen noch zu früh ist, diese Methode im klinischen Alltag am Menschen einzusetzen. Ob dies in absehbarer Zukunft möglich sein wird, mag dahingestellt sein (*Lee und Mathes 1999*).



### 3. Spezieller Teil

---

#### Auswertung der Krankenblätter

In der Klinik und Poliklinik für Unfall- und Handchirurgie der Universitätsklinik Münster wurden im Zeitraum von Januar 1980 bis Dezember 1999 bei 118 Patienten Gliedmaßenreplantationen vorgenommen. Ein Patient, bei dem in der Klinik und Poliklinik für Urologie eine Penis-Replantation vorgenommen wurde, wurde aus dieser Auswertung herausgenommen. Von insgesamt 165 Amputationsverletzungen innerhalb dieses Patientengutes konnten 140 Gliedmaßen replantiert werden. Die restlichen 25 Amputate waren aus verschiedenen Gründen nicht für eine Replantation geeignet. Der häufigste Grund waren schwerste Quetsch- und Ausrissamputationen mit starker Gewebeschädigung, die einen erfolgreichen Eingriff von vornherein ausschlossen. Auch bei schwer geschädigten Stümpfen erschien eine Replantation nicht sinnvoll, ebensowenig, wenn bereits erhebliche Knochendefekte mit Gelenkzertrümmerung, starke Verschmutzung und Kontamination, Amputate mit stockwerkartigen Verletzungszonen oder gar komplett zerstörte Amputate vorlagen.

Von den 118 Patienten, bei denen zwischen 1980 und 1999 Replantationen vorgenommen wurden, handelte es sich um 105 (89%) Männer und 13 (11%) Frauen. 11 Patienten waren unter 10, 3 über 60 Jahre alt. Das Durchschnittsalter aller Patienten lag bei 32.2 Jahren, für Männer bei 33.4 und für Frauen bei 25 Jahren. Der jüngste Patient war 1 Jahr, der älteste 64 Jahre alt (s. Diagramm1).

	Absolute Häufigkeit	Relative Häufigkeit
Frauen	13	11%
Männer	105	89%

Tabelle 1.1

	0-10 Jahre	11-20 Jahre	21-30 Jahre	31-40 Jahre	41-50 Jahre	51-60 Jahre	61-70 Jahre
Frauen	3	2	1	4	1	0	0
Männer	8	14	25	24	20	13	3
Gesamt	11	16	26	28	21	13	3

Tabelle 1.2

76 (64%) der Patienten hatten sich die Verletzungen am Arbeitsplatz zugezogen. 42 (36%) in ihrer Freizeit hauptsächlich bei Garten- und Bastelarbeiten. Mit insgesamt 39 Fällen machten die Amputationen durch Sägeverletzungen in beiden Gruppen den größten Anteil aus. Dennoch ergaben sich hinsichtlich der Verletzungsmechanismen in beiden Gruppen Unterschiede. Bei den Arbeitsunfällen waren nach den Sägeverletzungen (36%) diverse Maschinen, (wie z.B. Saugteigmaschine, Rührmaschine, Estrichmaschine, Fourniermaschine), sowie Walzen, Stanzen und Pressen mit jeweils 18% die zweithäufigste Ursache für Amputationsverletzungen am Arbeitsplatz. Bei den Freizeitunfällen standen Gartengeräte wie Äxte, spezielle Schneidegeräte und Rasenmäher nach den Sägeverletzungen (29%) mit insgesamt 26% an zweiter Stelle der Unfallursachenliste (s. Diagramm 2).

Unfallmechanismus	Freizeitunfälle	Arbeitsunfälle	Gesamt
Säge	12	27	39
Diverse Maschinen	0	14	14
Walze/Stanze/Presse	0	14	14
Axt	5	2	7
Messer/Schere	4	3	7
Fräse	0	3	3
Rasenmäher	2	0	2
Verkehrsunfall	2	0	2
Sonstige	16	14	30
Gesamt	42 (36%)	76 (64%)	118

Tabelle 2.1.

Insgesamt 56 (74%) der Patienten, die sich die Amputationsverletzung am Arbeitsplatz zugezogen hatten waren Arbeiter (31 = 41%) oder übten eine handwerkliche Tätigkeit im holzverarbeitenden Bereich (25 = 33%) aus. Unter den restlichen 20 Patienten waren vor allem Berufstätige in der Landwirtschaft und in Fleischereibetrieben betroffen (s. Diagramm 3).

	Absolute Häufigkeit	Relative Häufigkeit
Arbeiter	31	40.8%
Handwerker	25	32.9%
Sonstige	20	26.3%
Gesamt	76	100%

Tabelle 2.2.

Demzufolge machen die zuständigen Berufsgenossenschaften für Holz, Bau, Landwirtschaft, Maschinenbau und Kleineisen mit insgesamt 64% den größten Teil der Kostenträger aus (s. Diagramm 4).

Berufsgenossenschaft	Absolute Häufigkeit	Relative Häufigkeit
Maschinenbau und Kleineisen	16	21%
Holz	16	21%
Bau	9	12%
Landwirtschaft	8	10%
Textil	5	6%
Nahrungsmittel und Gaststätten	4	5%
Bergbau	3	4%
Großhandel und Lagerei	3	4%
Fleischerei	3	4%
Sonstige	9	12%

Tabelle 2.3.

Besonders unfallträchtige Wochentage ließen sich weder für die Arbeitsunfälle noch für die Freizeitunfälle eindeutig erkennen. Bei den Unfällen am Arbeitsplatz beobachtete man dennoch eine diskret höhere Unfallrate für den Wochenanfang (Montag/Dienstag: 42%) und das Ende der Arbeitswoche (Freitag: 22%). Die Freizeitunfälle zeigten eine leichte Häufung im Bereich des Wochenendes von Freitag bis Sonntag (42%).

Wochentag	Arbeitsunfälle	Freizeitunfälle	Gesamt
Montag	17 (22%)	4 (10%)	21 (18%)
Dienstag	15 (20%)	8 (19%)	23 (19%)
Mittwoch	12 (16%)	7 (17%)	19 (16%)
Donnerstag	8 (11%)	5 (12%)	13 (11%)
Freitag	17 (22%)	6 (14%)	23 (19%)
Samstag	4 (5%)	9 (21%)	13 (11%)
Sonntag	3 (4%)	3 (7%)	6 (5%)

Tabelle 3.1.

Hinsichtlich der Unfallzeiten zeigte sich bei den Arbeitsunfällen entsprechend den Erwartungen, dass sich der überwiegende Anteil (89%) der Unfälle innerhalb der üblichen Arbeitszeiten zwischen 6 und 18 Uhr ereignet. Besonders unfallträchtig sind hier die Vormittagstunden zwischen 6 und 12 Uhr mit einer Häufung der Ereignisse im Zeitraum zwischen 9 Uhr und 11h30 (34% aller Arbeitsunfälle). Bei den Freizeitunfällen verschiebt sich die Hauptunfallzeit in die Nachmittags- und Abendstunden (73%). Die weitaus meisten Unfälle ereignen sich hier zwischen 14 und 19 Uhr (45% aller Freizeitunfälle).

Uhrzeit	Arbeitsunfälle*	Freizeitunfälle**	Gesamt
Vor 6h	4 (5.5%)	4 (11%)	8 (7%)
6-12h	40 (54%)	6 (16%)	46 (41%)
12-18h	26 (35%)	18 (49%)	44 (40%)
Nach 18h	4 (5.5%)	9 (24%)	13 (12%)

\*) keine Angaben bei 2 Patienten

\*\*) keine Angaben bei 5 Patienten

Tabelle 3.2.

78 Patienten wurden mit dem Krankenwagen eingeliefert, 12 mit einem Hubschrauber, und 2 Patienten kamen im Privat-PKW, bei 26 Patienten konnte leider das eingesetzte Transportmittel nicht mehr ermittelt werden.

64 (54%) Patienten hatten sich zunächst in einem Krankenhaus der Umgebung vorgestellt, bevor sie in die Uniklinik Münster überwiesen wurden. 31 (26%) Patienten kamen direkt in die Uniklinik, und bei 23 (20%) Patienten fehlten wiederum genaue Angaben. Der Zeitraum zwischen Unfallereignis und Ankunft in der hiesigen Klinik betrug durchschnittlich 1 h 50 min. Der schnellste Transport dauerte nur 15 Minuten, der längste jedoch 10 h 05 min. Die Patienten, die aus umliegenden Krankenhäusern überwiesen wurden, waren mit einer durchschnittlichen Transportzeit von 2 h 12 min deutlich länger unterwegs (Minimum 35min, Maximum 10 h 05 min) als die Patienten, die direkt in die Uniklinik eingeliefert wurden. Letztere waren durchschnittlich bereits innerhalb von 56 Minuten in der Klinik eingetroffen (Minimum 15 min, Maximum 2h).

Bei den 140 replantierten Gliedmaßen handelte es sich um 87 (62%) subtotale und 53 (38%) totale Amputationen.

Replantiert wurden 9 Oberarme, 1 Unterarm, 4 Amputationsverletzungen im Handgelenk, 2 Mittelhände, 47 Daumen und 73 Langfinger, sowie 3 Zehen und ein fast komplett abgetrennter Unterschenkel.

Amputationshöhe	Subtotalamputationen	Totalamputationen	Gesamt
Oberarm	5	4	9
Unterarm	0	1	1
Handgelenk	1	3	4
Mittelhand	2	0	2
Daumen	32	15	47
Langfinger	43	30	73
Zehen	3	0	3
Unterschenkel	1	0	1
Gesamt*)	87	53	140

Tabelle 4.1.

\*) Ohne Berücksichtigung eines Patienten mit Totalamputation des Penis

Rechte und linke Seite waren in etwa gleich häufig betroffen (63 rechtsseitige, 55 linksseitige Amputationen).

55 der 118 Patienten hatten zusätzliche Verletzungen, 20 von ihnen weitere Amputationsverletzungen, bei denen jedoch ein Replantationsversuch aussichtslos gewesen wäre. Häufige Zusatzverletzungen waren außerdem Schnitt-, Riss- und Quetschverletzungen benachbarter Gliedmaße, sowie Frakturen, hauptsächlich im Phalangenbereich angrenzender Finger, sowie Gefäß-, Nerven- und Sehnenverletzungen. Zwei der Patienten mit Großamputationen der oberen Extremität waren polytraumatisiert, ein 21-jähriger Mann, der sich im Rahmen eines Verkehrsunfalls den rechten Arm abgetrennt hatte, sowie ein 9-jähriger Junge, der von einem Traktor überfahren wurde und dabei den rechten Oberarm verlor. Bei beiden Patienten wurde trotz schwerster Quetschverletzungen ein Replantationsversuch unternommen. Im ersten Fall verlief die Replantation erfolgreich, bei dem zweiten Patienten musste die Extremität jedoch bereits am 2. postoperativen Tag wegen fehlender Durchblutung und einer beginnenden Infektion reamputiert werden.

Liste der häufigsten Zusatzverletzungen	Anzahl
Schnitt-/Rissverletzungen	15
Hämatome/Quetschungen/Schürfwunden	22
Gefäß-/Nervendurchtrennungen	11
Sehnenverletzungen	8
Frakturen	12
Amputationen	20

Tabelle 4.2.

Untersucht man, ob eine Abhängigkeit zwischen Einheilungserfolg und Alter des Patienten besteht, so zeigen sich keine großen Unterschiede in den einzelnen Altersgruppen. Kinder bis 10 Jahre haben mit 46% die schlechteste Einheilungsrate, was aber sicherlich darauf zurückzuführen ist, dass die Indikation zur Replantation bei Kindern wesentlich weiter gefasst wird und daher auch bei schlechten Voraussetzungen eine Replantation versucht wird. Erfreulich ist hingegen, dass bei allen drei Patienten über 60 Jahren die Replantation erfolgreich verlief.

Alter	Replantation	Reamputation	Einheilung
≤ 10 Jahre	13	7	46%
10 bis 20 Jahre	17	6	65%
21 bis 30 Jahre	29	13	55%
31 bis 40 Jahre	47	12	53%
41 bis 50 Jahre	25	11	56%
51 bis 60 Jahre	16	5	68%
> 60 Jahre	3	3	100%

Tabelle 5.1.

Teilt man die Amputationsverletzungen nicht nur in Subtotale und Totale Amputationen sondern zusätzlich nach der Art der Amputation (glatte Amputation, Quetschung, Ausriss usw., so ergibt sich folgende Verteilung: Bei 61 der Verletzungen (44%) handelte es sich um glatte Abtrennungen, bzw. Schnittverletzungen, 57 (41%) waren

Quetschverletzungen, außerdem kamen 13 (9%) Ausrisse, 4 (3%) Avulsionen vor, und in 5 (4%) Fällen handelte es sich um kombinierte Verletzungen, bei denen mehrere Verletzungsmuster nebeneinander vorlagen.

Verletzungsart	Subtotalamputationen	Totalamputationen	Gesamt
Schnittverletzung	37	24	61
Quetschverletzung	34	23	57
Ausrissverletzung	8	5	13
Avulsion	4	0	4
Komb. Verletzung	4	1	5
Gesamt	87	53	140

Tabelle 6.1.

Für alle Replantationen insgesamt betrug die Einheilungsquote 64%, für totale Amputationen jedoch nur 51%, für subtotale Amputationen immerhin 71%. Betrachtet man die Einheilungsquote in Abhängigkeit vom Amputationsmechanismus, so werden große Unterschiede deutlich. Die weitaus beste Prognose haben glatte Schnittverletzungen. Hier wurde eine Einheilungsquote von 85% erreicht (86% für subtotale und 83% für totale Amputationen).

Weitaus schlechtere Ergebnisse zeigen die Quetschverletzungen. Hier betrug die Einheilungsquote insgesamt lediglich 42%, mit 22% für totale und 56% für subtotale Amputationsverletzungen. Die Fallzahlen für die Ausriss-, Avulsions- und kombinierten Verletzungen waren jeweils sehr gering, so dass hier die Aussagekraft der Ergebnisse als sehr eingeschränkt bewertet werden muss. Ausrissverletzungen zeigten eine 62%-ige Einheilungsrate, Avulsionsverletzungen hatten eine Einheilungswahrscheinlichkeit von 75%, und kombinierte Verletzungen ließen sich in 40% der Fälle erfolgreich replantieren (s. Diagramme 5-7).



- Subtotalamputationen:

Verletzungsart	Replantation	Reamputation	Einheilungsquote
Schnittverletzung	37	5	86%
Quetschverletzung	34	15	56%
Ausrissverletzung	8	2	75%
Avulsion	4	1	75%
Komb. Verletzung	4	2	50%
Gesamt	87	25	71%

Tabelle 7.1.

- Totalamputationen:

Verletzungsart	Replantation	Reamputation	Einheilungsquote
Schnittverletzung	24	4	83%
Quetschverletzung	23	18	22%
Ausrissverletzung	5	3	40%
Komb. Verletzung	1	1	0%
Gesamt	53	26	51%

Tabelle 7.2.

- Gesamt:

Verletzungsart	Replantationen	Reamputationen	Einheilungsquote
Schnittverletzung	61	9	85%
Quetschverletzung	57	33	42%
Ausrissverletzung	13	5	62%
Avulsion	4	1	75%
Komb. Verletzung	5	3	40%
Gesamt	140	51	64%

Tabelle 7.3.

Hinsichtlich der Amputationshöhe zeigen sich ebenfalls Unterschiede in der Einheilungsrate. Recht gute Ergebnisse zeigen Amputationen im Unterarm-, Handgelenks- und Mittelhandbereich mit Einheilungsraten zwischen 75 und 100%. Trotz niedriger Fallzahlen scheinen tendenziell derartige Verletzungen bezüglich der Einheilung der Replantate eine günstige Prognose zu haben.

Die neun Replantationen im Oberarmbereich zeigten eine deutlich schlechtere Prognose, jedoch handelte es sich in der Hälfte der Fälle auch um schwerste Quetsch- oder Ausrissverletzungen, bei denen eine sehr großzügige Indikation zur Replantation gestellt worden war.

Bei den Amputationen im Phalangenbereich zeigen die Daumenreplantationen bessere Resultate (Einheilungsrate 72%) gegenüber den Langfingeramputationen (Einheilungsrate 56%). Auch hier war die Indikation zur Rekonstruktion der abgetrennten Gliedmaße trotz schlechter Voraussetzungen unter Berücksichtigung des ausdrücklichen Wunsches des Patienten gestellt worden (s. Diagramm 8).

- Totalamputationen:

Amputationshöhe	Replantationen	Reamputationen	Einheilungsquote
Oberarm	4	3	25%
Unterarm	1	0	100%
Handgelenk	3	1	66%
Daumen	15	6	60%
Langfinger	30	16	47%
Gesamt	53	26	51%

Tabelle 8.1.

- Subtotalamputationen:

Amputationshöhe	Replantationen	Reamputationen	Einheilungsrate
Oberarm	5	1	80%
Handgelenk	1	0	100%
Mittelhand	2	0	100%
Daumen	32	7	78%
Langfinger	43	15	65%
Zehen	3	1	67%
Unterschenkel	1	1	0%
Gesamt	87	25	71%

Tabelle 8.2.

- Gesamt:

Amputationshöhe	Replantationen	Reamputationen	Einheilung
Oberarm	9	4	56%
Unterarm	1	0	100%
Handgelenk	4	1	75%
Mittelhand	2	0	100%
Daumen	47	13	72%
Langfinger	73	31	56%
Zehen	3	1	67%
Unterschenkel	1	1	0%
Gesamt	140	51	64%

Tabelle 8.3.

Im Phalangenbereich waren 76 Gliedmaßen (62%) auf Grundgliedhöhe amputiert worden, jeweils 19 (15.5%) auf Mittelglied- und Endgliedhöhe und 9 im Bereich des MHK I. Die schlechtesten Ergebnisse mit 52% Einheilung zeigten die Replantationen im Bereich der mittleren Phalanx. Bei den übrigen Replantationen gab es bezüglich der

Einheilungsraten (63% für Grund- und Endgliedreplantationen und 67% für Replantationen im MHK-Bereich) keine größeren Unterschiede

Amputationshöhe	Replantationen			Reamputationen			Einheilung		
	Subt.	Total	Ges.	Subt.	Total	Ges.	Subt.	Total	Ges.
MHK I (Daumen)	3	6	9	1	2	3	67%	67%	67%
Grundglied	50	26	76	15	13	28	70%	50%	63%
Mittelglied	13	6	19	6	4	10	54%	33%	52%
Endglied	12	7	19	2	5	7	83%	29%	63%

Tabelle 9.1.

Die subtotalen Amputationen im Phalangenbereich lassen sich nach den erhaltenen Strukturen analog der Klassifizierung nach Biemer in 5 Gruppen unterteilen, da bei manchen Verletzungen mehrere Strukturen erhalten sind, tauchen manche Fälle mehrfach auf. Bei 6 Patienten war der Knochen nicht vollständig durchtrennt, in 29 Fällen stand noch die Strecksehne, bei 16 Patienten war wenigstens eine Beugesehne teilweise erhalten, 20 mal war eine Nervenverbindung weitgehend unversehrt und in insgesamt 24 Fällen stand eine Haut- und Weichteilbrücke. Bei insgesamt 16 Patienten gab es abgesehen von einer kleinen Hautbrücke keine Verbindung mehr zwischen Amputat und Stumpf.

Klassifizierung nach Biemer	Absolute Häufigkeit	Relative Häufigkeit
I (Knochen)	6	9%
II (Strecksehne)	29	43%
III (Beugesehne)	16	24%
IV (Hauptnervenverbindung)	20	30%
V (Hautbrücke)	24	36%

Tabelle 10.1.

Bei 51 von 75 der subtotalen Mikroamputationen der oberen Extremität ließ sich die Verletzung eindeutig nach Biemer klassifizieren. Eine Abhängigkeit der subtotalen Amputation nach Biemer und der Einheilungsrate ließ sich nicht festmachen.

Verletzung nach Biemer	Replantationen	Reamputationen	Einheilungsquote
II	3	1	66.7%
III	1	0	100%
IV	2	0	100%
V	8	1	87.5%
II, V	13	2	84.6%
III, V	2	1	50%
IV, V	5	0	100%
I, II, IV	3	2	33.%
II, III, IV	1	0	100%
II, III, V	5	2	60%
II, IV, V	3	0	100%
III, IV, V	2	2	0%
II, III, IV, V	3	1	66%

Tabelle 10.2.

Die weitaus meisten Operationen (106 = 86%) wurden in Allgemeinanästhesie durchgeführt. 12 (11%) fanden in Plexusanästhesie statt, bei 5 Patienten (4%) wurde der Eingriff in Katheterplexusanästhesie begonnen, im Verlauf jedoch auf eine Intubationsnarkose umgestiegen.

Anästhesieverfahren	Absolute Häufigkeit	Relative Häufigkeit
Intubationsnarkose	101	86%
Plexusanästhesie	12	10%
Kombination	5	4%

Tabelle 11.1.

Wenn der Zustand des Patienten es zuließ, wurde eine primäre Rekonstruktion aller Strukturen angestrebt. Eine Osteosynthese wurde in allen Fällen vorgenommen. An Ober- und Unterarm, sowie im Handgelenksbereich wurden vor allem Plattenosteosynthesen durchgeführt oder ein Fixateur externe angelegt. Im Carpus-, Metacarpus- und Phalangenbereich wurden in erster Linie gekreuzte Kirschner-Drähte eingesetzt.

Um Verwachsungen vorzubeugen, wurde in 20 Fällen die oberflächliche Beugesehne reseziert. Bei Replantationen im Phalangenbereich wurden in 89 Fällen 2 Arterien anastomosiert, in den restlichen 29 Fällen gelang nur die Wiederherstellung einer Arterie. Bei 5 Patienten gab es keine Angaben zum operativen Vorgehen in den Krankenblättern. Eine Abhängigkeit der Einheilungsrate von der Anzahl der wiederhergestellten Arterien zeigte sich bei den Replantationen im Phalangenbereich jedoch nicht. Bei den Eingriffen im Hand-, Mittelhand- Arm- und Unterschenkelbereich zeigte sich jedoch tendenziell eine Verbesserung der Einheilungsrate mit steigender Zahl der durchgeführten Arterienanastomosen.

- Mikroreplantationen:

Arteriennähte	Replantationen	Reamputationen	Einheilung
1 Arteriennäht	89	35	61%
2 Arteriennähte	29	12	59%

(5 Fälle ohne Angaben)

Tabelle 12.1.

- Makroreplantationen:

Arteriennähte	Replantationen	Reamputationen	Einheilung
1 Arteriennaht	8	3	63%
2 Arteriennähte	7	2	71%
3 Arteriennähte	2	0	100 %

Tabelle 12.2.

Hinsichtlich der Bedeutung der Venenanastomosen sind die subtotalen und totalen Amputationsverletzungen zu unterscheiden sowie die Amputationshöhe zu berücksichtigen. In der Gruppe der subtotalen Mikroreplantationen der oberen Extremität wurde in 44 Fällen keine Venenanastomose durchgeführt. 34 Gliedmaßen (77.3%) heilten ein. Wurde eine oder mehr Venenanastomosen durchgeführt, waren hier die Einheilungsraten sogar schlechter (52.3% für eine Venenanastomose, 62.5% für zwei, maximal drei wiederhergestellte Venenverbindungen). Somit schien sich in unserem Patientengut bei subtotalen Mikroamputationen der oberen Extremität die Durchführung von Venenanastomosen hinsichtlich der Einheilungsraten nicht vorteilhaft auszuwirken. Dies war anders bei den totalen Amputationsverletzungen. In 14 Fällen war keine Venenanastomose möglich. Hier kam es nur bei zwei Patienten (14.3%) zur Einheilung der abgetrennten Gliedmaße. In 16 Fällen wurde eine Venenverbindung wiederhergestellt. Hier wurde eine Einheilungsrate von 50% erreicht, gelangen zwei oder mehr Anastomosen (in zwei Fällen wurden 3 Venen anastomosiert), so betrug die Einheilungsrate 76.9%. Somit zeigte sich für totale Amputationsverletzungen eine eindeutige Abhängigkeit der Einheilungsrate von der Anzahl der Venenanastomosen.

- Mikroreplantationen obere Extremität:

- Subtotale Amputationen:

Venennähte	Replantationen	Reamputationen	Einheilung
Keine	44	10	77.3%
1 Venen	21	10	52.3%
≥ 2 Venen	8	3	62.5%

Tabelle 13.1.

- Totale Amputationen:

Venennähte	Replantationen	Reamputationen	Einheilung
Keine	14	12	14.3%
1 Vene	16	8	50%
≥ 2 Venen	13	3	76.9%

Tabelle 13.2.

(4 Fälle ohne Angaben)

Bei den Makroreplantationen der oberen Extremität zeigte sich auch bei sehr niedrigen Fallzahlen sowohl für subtotale als auch für totale Amputationsverletzungen eine gewisse Abhängigkeit der Einheilungsrate von der Anzahl der Venenanastomosen. Sowohl bei subtotalen als auch bei den totalen Amputationsverletzungen scheint die Rekonstruktion von mindestens einer Venenverbindung vorteilhaft. Wurde keine Venenverbindung rekonstruiert, kam es hier in beiden Fällen (eine subtotale und eine totale Amputationsverletzung) nicht zur Einheilung. Alle subtotalen Amputationsverletzungen, bei denen eine oder mehr Venenverbindungen wiederhergestellt werden konnten, wurde hingegen erfolgreich replantiert. In der Gruppe der totalen Amputationsverletzungen kam es nur zur Einheilung des abgetrennten Körperteils wenn mindestens zwei Venenanastomosen gebildet werden konnten (Einheilungsrate 80%).

- Makroreplantationen:

- Subtotale Amputationen:

Venennähte	Replantationen	Reamputationen	Einheilung
Keine	1	1	0%
1 Vene	2	0	100%
≥ 2 Venen	4	0	100%

Tabelle 14.1.



## - Totale Amputationen:

Venennähte	Replantationen	Reamputationen	Einheilung
Keine	1	0	0%
1 Vene	1	1	0%
≥ 2 Venen	5	1	80%

Tabelle 14.2.

(2 Fälle ohne genaue Angaben)

Versucht man innerhalb der Gruppen für subtotale und totale Amputationsverletzungen die Amputationshöhe und die Bedeutung der Venenanastomosen für die Einheilung in Zusammenhang zu bringen, zeigen sich bei den subtotalen Amputationen unabhängig von der Amputationshöhe keine besseren Ergebnisse, wenn Venenanastomosen durchgeführt wurden. Auch ohne wiederhergestellte Venenverbindungen lagen hier die Einheilungsraten zwischen 73 und 100%. Sowohl bei den totalen Amputation im Grund- als auch bei denen im Endgliedbereich sind die Einheilungsraten deutlich besser, wenn wenigstens eine Venenverbindung hergestellt werden konnte. Bei den Grundgliedverletzungen steigen die Einheilungsraten in Abhängigkeit von der Anzahl der Venenanastomosen (keine Anastomose 18.2%, eine Anastomose: 54.5%, zwei oder mehr Anastomosen: 76.9%).

- Subtotale Amputationen

## - Mittelhandknochen:

Venennähte	Replantationen	Reamputationen	Einheilung
Keine	2	0	100%
≥ 1 Vene	---	---	---

Tabelle 15.1.

- Grundglied:

Venennähte	Replantationen	Reamputationen	Einheilung
Keine	26	7	73%
1 Vene	18	8	55.6%
2 Venen	3	0	100%

Tabelle 15.2.

- Mittelglied:

Venennähte	Replantationen	Reamputationen	Einheilung
Keine	7	1	85.7%
1 Vene	0	0	---
≥ 2 Venen	4	3	25%

Tabelle 15.3.

- Endglied:

Venennähte	Replantationen	Reamputationen	Einheilung
Keine	9	2	77.8%
1 Vene	3	2	33.3%
2 Venen	1	0	100%

Tabelle 15.4.

• Totale

Amputationen:

- Grundglied:

Venennähte	Replantationen	Reamputationen	Einheilung
Keine	11	9	18.2%
1 Vene	11	5	54.5%
≥ 2 Venen	13	3	76.9%

Tabelle 16.1.

- Mittelglied:

Venennähte	Replantationen	Reamputationen	Einheilung
Keine	---	---	---
1 Vene	2	1	50%
≥ 2 Venen	---	---	---

Tabelle 16.2.

- Endglied:

Venennähte	Replantationen	Reamputationen	Einheilung
Keine	3	3	0%
1 Vene	3	1	66%
≥ 2 Venen	---	---	---

Tabelle 16.3.

Die durchschnittliche Operationsdauer liegt bei 5 h 25 min. Die kürzeste Operationsdauer betrug 75 Minuten für einen im Bereich der distalen Phalanx total abgetrennten Mittelfinger, die längste 16 h 40 min für eine schwere Serienamputationsverletzung sämtlicher Langfinger mit Replantation des Zeige-, Mittel- und Kleinfingers im Grundglied. Für Mikroreplantationen lag die durchschnittliche Operationsdauer bei 5 Stunden, für Makroreplantationen bei 7 h 45 min. Replantationen bei subtotalen Amputationsverletzungen dauerten im Schnitt 4 h 55 min, bei Totalamputationen 6 h 30 min. Bei Einfinger- oder Daumenreplantationen ist mit einer durchschnittlichen Operationsdauer von 4 h 30 min zu rechnen, bei Serienamputationen im Phalangenbereich bereits mit einer Operationsdauer von 8 h 25 min.

Die durchschnittliche Anoxämiezeit (Zeitraum zwischen der Unterbrechung der Durchblutung und Wiederherstellung der arteriellen Perfusion) betrug 5 h 45 min (Minimum 2 h 05 min, Maximum 13 h 10 min). Deutlich bessere Einheilungsraten zeigten sich, wenn die Anoxämiezeit unter 5 Stunden lag. Bei längerer Unterbrechung der Durchblutung nahmen die Erfolgsraten ab und lagen für Anoxämiezeiten zwischen 300 und 500 Minuten nur noch bei 61%. Gelang erst noch später eine Wiederherstellung der Perfusion des Replantates, betrug die Einheilungsraten nur noch 40%. Bei

Mikroreplantationen betrug die durchschnittliche Anoxämiezeit etwa 6 Stunden, bei Makroreplantation etwa 5 Stunden. Mikroreplantationen wurden noch nach über 13 Stunden vollständiger Anoxämie erfolgreich durchgeführt. Bei Makroreplantationen betrug die längste Anoxämiezeit 6 Stunden und 10 Minuten (s. Diagramm 9).

Anoxämiedauer*	Replantation	Reamputationen	Einheilung
< 300 min	24	6	75%
300-500 min	44	17	61%
> 500 min	10	6	40%

Tabelle 17.1.

\*) Keine Angaben bei 40 Patienten

Der stationäre Aufenthalt betrug bei erfolgreicher Replantation im Schnitt 19.2 Tage, der kürzeste stationäre Aufenthalt lag bei 3 Tagen für einen Patienten, der sich mit einer Kreissäge den rechten Daumen im Grundglied subtotal abgetrennt hatte. Der längste Krankenhausaufenthalt betrug 75 Tage bei einem 18-jährigen Arbeiter, der sich mit einer Blechschneidemaschine den rechten Unterarm komplett abgetrennt hatte.

Bei Mikroreplantationen blieb ein Patient im Schnitt 15.8 Tage im Krankenhaus (mindestens 3 und höchstens 54 Tage), bei Makroreplantationen 36.7 Tage (mindestens 12 und höchstens 75 Tage). Bei Mehrfingeramputationen war der durchschnittliche Krankenhausaufenthalt mit 18.5 Tagen etwas länger als bei Einfinger- oder Daumenamputationen (15.6 Tage).

Musste eine Reamputation vorgenommen werden, blieben die Patienten im Schnitt 17.5 Tage stationär (16.8 Tage bei erfolgloser Mikroreplantation, 22.6 Tage bei Makroreplantation) und konnten somit unwesentlich schneller entlassen werden.

51 der replantierten Gliedmaßen mussten aus verschiedenen Gründen reamputiert werden. Weitere 4 Finger wurden nach bereits erfolgreicher Einheilung Monate bis Jahre später wegen Funktionslosigkeit, starker Schmerzen oder Dysästhesien auf ausdrücklichen Wunsch der Patienten wieder abgenommen. In den weitaus meisten Fällen waren Nekrosen infolge fehlender oder insuffizienter Durchblutung die Ursache

der erforderlichen Reamputation, sie traten bei den meisten Fällen innerhalb der ersten 14 Tage auf (durchschnittlich am 10. postoperativen Tag), in 2 Fällen jedoch auch noch bedeutend später. Bei einem 9-jährigen Jungen musste der im Grundglied durch ein Zahnrad abgequetschte Ringfinger wegen insuffizienter Durchblutung und schwerer Infektion am 30. Postoperativen Tag reamputiert werden. Auch bei einem weiteren Patienten, einem 47-jährigen Arbeiter, der sich in einer Walze eine subtotale Abquetschungsverletzung des rechten Ringfinger-Mittelgliedes zugezogen hatte, kam es erst im späteren postoperativen Verlauf zu zunehmenden Durchblutungsstörungen, so dass der Finger am 29. postoperativen Tag reamputiert werden musste. In 15 Fällen kam es in den ersten postoperativen Tagen zu schwersten Durchblutungsstörungen, stärksten venösen Stauungserscheinungen oder Verschlechterung der arteriellen Perfusion, die mit den üblichen konservativen Maßnahmen nicht mehr beherrschbar waren, so dass ein Reeingriff nötig wurde. Eine erfolgreiche Revision der Anastomosen und Wiederherstellung einer befriedigenden Durchblutungssituation war jedoch nicht mehr möglich, so dass im Rahmen dieses Eingriffes, die replantierte Gliedmaße wieder abgenommen wurde. Der weitaus häufigste Grund für eine notwendige Reamputationen stellten Nekrosen des gesamten Replantates dar. 5 mal war eine Infektion der Grund für die Reamputation, 5 mal eine Gangrän. In weiteren 6 Fällen ließen sich die Gründe für die Reamputation anhand der Krankenakten nicht eruieren.

Weitere Komplikationen in der postoperativen Frühphase, die jedoch durch operative Reeingriffe beherrschbar waren, bestanden in nekrotischen oder infizierten Arealen, die entfernt werden mussten. In drei weiteren Fällen konnten erfolgreiche Anastomosenrevisionen vorgenommen werden.

Grund für die Reamputation	Anzahl (absolut)	%
Nekrose	20	44
Durchblutungsstörungen	8	18
Infektion	5	11
Gangrän	5	11
Venöse Insuffizienz/Thrombose	4	9
Ischämie	3	7

Tabelle 18.1.

Insgesamt 79 Zweiteingriffe und Korrekturoperationen mussten bei 42 (47%) der erfolgreich replantierten Gliedmaßen durchgeführt werden. Im Vordergrund in der Frühphase nach Replantation standen vor allem Nekrosektomien (9 = 11%), Gefäß- und Wundrevisionen (jeweils 3 = 4%). Später sind die häufigsten Komplikationen vor allem Verwachsungen und narbenbedingte Kontrakturen, daher machen Hautplastiken (16 = 20%) und Tenolysen (9 = 11%) einen Großteil der Korrekturoperationen aus. Beugesehnentransplantationen (13 = 16%) und Nerven- und Nerventransplantationen (5 = 6%) spielen ebenfalls eine große Rolle. Arthrodesen in Funktionsstellung wegen Pseudarthrosenbildung wurden 4 mal notwendig, um die Greiffunktion der Hand zu verbessern.

Bei einem 55-jährigen Sägewerker, der sich mit der Kreissäge den rechten Arm subtotal im Ellenbogengelenk abgetrennt hatte wurde ein Jahr nach dem Unfallereignis eine Radialis-Ersatzplastik nach Merle d'Aubingne durch Umsetzung der Beugemuskulatur auf die Strecksehnen durchgeführt, da bei dem Unfall der N. radialis zerstört worden war.

Bei einem 32-jährigen Makisenbauer, der sich die linke oberhalb des Handgelenkes total amputiert hatte, wurde einige Monate später eine Indicus-Proprius-Plastik der Daumenstrecksehne vorgenommen.

Zweiteingriff	Anzahl
Hautplastik, plast. Deckung	16
Beugesehnen transplantation	13
Nekrosektomie	9
Tenolyse	9
Nerventransplantation	5
Arthrodese	4
Spongiosaplastik	4
Narbenkorrektur	3
Gefäßrevision	3
Kapsulotomie	3
Wundrevision	3
Strecksehnenrekonstruktion	2
Neurolyse	2
Sonstige	3
Gesamt	79

Tabelle 19.1.

Aussagen zu den erreichten funktionellen Spätergebnissen waren anhand der Krankenakten und mit Hilfe von Gutachten für 45 Patienten mit insgesamt 52 Amputationsverletzungen möglich. Zur sinnvollen Beurteilung der Spätergebnisse wurden die Replantationen im Phalangenbereich getrennt von denen im Hand-, Mittelhand- und Armbereich bewertet. Über die erfolgreichen Amputationen im Bereich der unteren Extremität lagen keine Unterlagen hinsichtlich des funktionellen Erfolges vor.

Bewertet wurde mit Hilfe des Punktesystems nach Lütkenhaus (*Lütkenhaus 1976*). Beurteilt werden Sensibilität und Motorik nach folgendem Schema

- Sensibilität

- 0 Reamputation
- I Lokal begrenzte Sensibilität
- II Fast vollständige protektive Sensibilität
- III Ausgezeichnete protektive Sensibilität
- IV Gute Stereognose und gutes 2-Punkt-Diskriminationsvermögen

- Motorik

- 1 geringer Bewegungsumfang
- 2 begrenzt brauchbare Funktion
- 3 subtile Bewegungen
- 4 gute Antagonistenfunktion

Für die 37 Patienten mit insgesamt 44 Replantationen im Phalangenbereich zeigten sich hinsichtlich Sensibilität und Motorik folgende Ergebnisse:

- Motorik: Bei insgesamt 6 (13%) der Finger wurde für die Motorik lediglich ein Ergebnis der Stufe 1 erreicht. 21 (48%) erreichten Stufe 2 und insgesamt 17 (39%) wurden als Stufe 3 oder 4 bewertet.

Motorik	Anzahl	%
1	6	13
2	21	48
3	13	30
4	4	9

Tabelle 20.1.



- Sensibilität: Die Sensibilitätsuntersuchungen ergaben eine Beurteilung der Stufe I in 12 (27%) Fällen, Stufe II wurde in 17 (39%) Fällen erreicht, 14 (32%) wurden als Stufe III und 1 Finger als Stufe IV-Ergebnis bewertet.

Sensibilität	Anzahl	%
I	12	27
II	17	39
III	14	32
IV	1	2

Tabelle 20.2.

Betrachtet man die funktionellen Ergebnisse für Subtotal- und Totalamputationen getrennt voneinander, so zeigt sich, dass die funktionellen Ergebnisse bei den subtotalen Amputationsverletzungen besser sind. Angesichts der niedrigen Fallzahlen ist die Aussagekraft der Ergebnisse jedoch sicherlich als eingeschränkt zu betrachten. Dennoch zeichnen sich gewisse Tendenzen ab.

Bei der motorischen Bewertung erreichten hier 15 Replantationen (44%) ein Stufe 3 oder 4 Ergebnis, wohingegen bei den Totalamputationen nur in 20 % der Fälle ein Stufe 3 Ergebnis, in keinem Fall jedoch ein Stufe 4 Ergebnis beobachtet wurde. Hinsichtlich der Sensibilität zeigte sich eine ähnliche Verteilung. Hier wurden bei den subtotalen Amputationsverletzungen in 13 (38.5%) Fällen Stufe III und IV erreicht, die Bewertungstufe IV kam bei den Totalamputationen nicht vor, in 20% der Fälle zeigte sich ein Stufe III-Ergebnis.

- Subtotalamputationen (Fallzahl: 34):

Motorik	Anzahl	%
1	5	15
2	14	41
3	11	32
4	4	12

Tabelle 21.1.

Sensibilität	Anzahl	%
I	9	26
II	12	35.5
III	12	35.5
IV	1	3

Tabelle 21.2.

- Totalamputationen (Fallzahl: 10):

Motorik	Anzahl	%
1	1	10
2	7	70
3	2	20
4	0	0

Tabelle 22.1.

Sensibilität	Anzahl	%
I	3	30
II	5	50
III	2	20
IV	0	0

Tabelle 22.2.

Untersucht man verschiedene mögliche Einflussfaktoren auf die funktionellen Spätergebnisse so zeigt sich beispielsweise, dass sich eine längere Anoxämiezeit (>360 min) nicht nur auf die Einheilungsrate sondern auch auf das funktionelle Spätergebnis ungünstig auswirken kann. War eine Anoxämiezeit unter 360 Minuten eingehalten worden, wurden in 42% der Fälle eine motorische Beweglichkeit entsprechend Stufe 3 und 4 nach Lütkenhaus erreicht, 47% hatten gute und sehr gute Ergebnisse (Stufe III oder IV) für die Sensibilität. Demgegenüber erreichten nur jeweils 25% der replantierten Finger die beiden höheren Bewertungsstufen für Motorik und Sensibilität bei einer Anoxämiedauer über 360 min.

- Anoxämiezeit < 360 min:

Motorik	Anzahl	%
1	3/19	16
2	8/19	42
3	5/19	26
4	3/19	16

Tabelle 23.1.

Sensibilität	Anzahl	%
I	3/19	16
II	7/19	37
III	8/19	42
IV	1/19	5

Tabelle 23.2.

- Anoxämiezeit > 360 min:

Motorik	Anzahl	%
1	2/16	12.5
2	10/16	62.5
3	3/16	18.75
4	1/16	6.25

Tabelle 24.1.

Sensibilität	Anzahl	%
I	2/16	12.5
II	10/16	62.5
III	3/16	18.75
IV	1/16	6.25

Tabelle 24.2.

Betrachtet man die funktionellen Spätergebnisse in Abhängigkeit von der Amputationshöhe, so zeigt sich eine Verbesserung der Funktionalität, je weiter distal die Amputationsverletzung stattgefunden hat. Grundgliedamputationen erreichen in 27% gute (Stufe 3) Ergebnisse für die Motorik und 34.5% gute (Stufe III) Ergebnisse für die Sensibilität. Bei Mittelgliedamputationen sind die Resultate in 50% der Fälle gut (Stufe 3) für die Motorik, in 17% der Fälle gut (Stufe 3) für die Sensibilität. Endgliedreplantationen zeigen mit 71.5 % Stufe 3 und 4-Ergebnissen für Motorik und 57% gute und sehr guten Resultaten (Stufe III und IV) für die Sensibilität die besten Erfolge (s. Diagramme 10 und 11).

Motorik	Amputationshöhe			
	MHK	Gg	Mg	Eg
1	1 (50%)	4 (14%)	1 (17%)	0
2	0	17 (59%)	2 (33%)	2 (28.5%)
3	0	8 (27%)	3 (50%)	2 (28.5%)
4	1 (50%)	0	0	3 (43%)
Gesamt	2	29	6	7

Tabelle 25.1.

(MHK = Mittelhandknochen, Gg = Grundglied, Mg = Mittelglied, Eg = Endglied)

Sensibilität	Amputationshöhe			
	MHK	Gg	Mg	Eg
I	1 (50%)	9 (31%)	2 (33%)	0
II	1 (50%)	10 (34.5%)	3 (50%)	3 (43%)
III	0	10 (34.5%)	1 (17%)	3 (43%)
IV	0	0	0	1 (14%)
Gesamt	2	29	6	7

Tabelle 26.1.

Bessere funktionelle Ergebnisse zeigten sich auch für Daumenreplantationen im Vergleich zu Langfingerreplantationen. 48% der Daumen hatten gute und sehr gute Späterfolge bezüglich der Motorik und Sensibilität. Bei den Langfingerreplantationen wurden in 30% der Fälle für die Motorik ein Stufe 3 Ergebnis erreicht, für die Sensibilität in 22% ein Stufe III-Ergebnis (s. Diagramme 12 und 13)

- Langfinger:

Motorik	Anzahl	%
1	3	13
2	13	57
3	7	30
4	0	0

Tabelle 27.1.

Sensibilität	Anzahl	%
I	9	39
II	9	39
III	5	22
IV	0	0

Tabelle 27.2.

- Daumen:

Motorik	Anzahl	%
1	3	14
2	8	38
3	6	29
4	4	19

Tabelle 28.1.

Sensibilität	Anzahl	%
I	3	14
II	8	38
III	9	43
IV	1	5

Tabelle 28.2.

Eine Abhängigkeit des Späterfolges vom Alter zeigte sich ebenfalls. So lagen die funktionell schlechtesten Ergebnisse hinsichtlich der Motorik allesamt in der

Altersgruppe zwischen 40 und 60 Jahren. 56% der unter 20-jährigen zeigten gute (Stufe 3) motorische Langzeitergebnisse, jedoch erreichten nur 36% der 20 bis 40-jährigen Stufe 3 oder 4 der Bewertungsskala und nur 31% der Patienten zwischen 40 und 60 Jahren (s. Diagramme 14 und 15).

Hinsichtlich der Sensibilität waren die Ergebnisse ähnlich. 73% der funktionell besten Ergebnisse fanden sich bei den Patienten unter 40 Jahren.

Alter	Motorik			
	1	2	3	4
Bis 20 Jahre	0	4 (44%)	5 (56%)	0
Bis 40 Jahre	0	12 (63%)	5 (26%)	2 (10%)
Bis 60 Jahre	6 (46%)	3 (23%)	3 (23%)	1 (8%)
> 60 Jahre	0	2	0	1

Tabelle 29.1.

Alter	Sensibilität			
	I	II	III	IV
Bis 20 Jahre	3 (33%)	2 (22%)	4(44%)	0
Bis 40 Jahre	3 (16%)	9 (47%)	7 (37%)	0
Bis 60 Jahre	5(38%)	4 (31%)	3 (23%)	1 (8%)
> 60 Jahre	1 (33.3%)	1(33.3%)	1 (33.3%)	0

Tabelle 29.2.

Betrachtet man die funktionellen Spätergebnisse in Abhängigkeit von der Verletzungsart (Schnitt, Quetschung, Ausriss etc.), so zeigte sich für die Motorik, dass Schnittverletzungen häufiger die höheren Bewertungsstufen (35%) erreichten als Quetschverletzungen (21%). Gute Ergebnisse zeigten auch überraschenderweise die Ausrissverletzungen (Stufe 3 Ergebnisse in 71%). Bei der Untersuchung der Sensibilität war keine Überlegenheit der Schnittverletzungen gegenüber den Quetschverletzungen zu verzeichnen. Die Quetschverletzungen erhielten sogar häufiger eine Bewertung der Stufe

3 oder 4 als die Schnittverletzungen. Gute Ergebnisse beobachtete man auch hier für die Ausrissverletzungen.

Verletzungsart	Motorik			
	1	2	3	4
Schnitt	1 (5%)	12 (60%)	5 (25%)	2(10%)
Quetschung	4(29%)	7 (50%)	2 (14%)	1(7%)
Ausriss	0	2 (29%)	5 (71%)	0
Avulsion	1(100%)	0	0	1
Komb. Verletzung	0	0	1 (100%)	0

Tabelle 30.1.

Verletzungsart	Sensibilität			
	II	II	III	IV
Schnitt	6 (30%)	10 (50%)	4 (20%)	0
Quetschung	3 (21%)	5 (36%)	5 (36%)	1 (7%)
Ausriss	1 (14%)	3 (43%)	3 (43%)	0
Avulsion	1 (100%)	0	0	0
Komb. Verletzung	0	0	1 (100%)	0

Tabelle 30.2.

Von den 37 Patienten klagten insgesamt 28 (76%) über Beschwerden in der replantierten Gliedmaße. 11 Patienten (30%) litten unter deutlicher Kälteempfindlichkeit im Bereich der betroffenen Finger, je 8 Patienten (22%) gaben Schmerzen und eine Schwellneigung der replantierten Gliedmaße als Beschwerden an. Haut- und Nagelatrophien bestanden bei 7 (19%) der Patienten. In jeweils 5 Fällen (14%) wurden Ruheschmerzen und Dysästhesien angegeben (s. Diagramm 16).



Beschwerdebild	Häufigkeit absolut	Häufigkeit relativ
Kälteempfindlichkeit	11	30%
Schwellneigung	8	22%
Schmerzen	8	22%
Trophische Störungen	7	19%
Dysästhesien	5	14%
Ruhschmerz	5	14%

Tabelle 31.1.

Auch bei 8 der 13 Patienten, die im Hand-, Mittelhand- und Armbereich erfolgreich replantiert worden waren war eine Bewertung der funktionellen Ergebnissen mit Hilfe der Krankenakten und Gutachten möglich. Ein 19-jähriger Mann, der durch eine Zugunfall in suizidaler Absicht seinen rechten Oberarm in der Humerusmitte subtotal amputiert hatte, konnte später nur minimale Bewegungen im Ellenbogen und Handbereich durchführen. Angesichts des weiterhin psychisch desolaten Zustandes des Patienten war jedoch die Compliance während der Behandlungszeit stark eingeschränkt, so dass auch physiotherapeutische Maßnahmen kaum möglich waren. Korrekturoperationen zur Verbesserung der Beweglichkeit waren ebenfalls aufgrund des psychischen Zustandes des Patienten nicht durchführbar. Ein anderer Patient, der eine subtotale Oberarmamputation erlitten hatte, erreichte eine deutlich bessere Beweglichkeit. Zwar war die Kraft der Extremität deutlich vermindert und der Ellenbogen in 25° Beugung versteift, jedoch waren Fingerbeugung, Schlüssel- und Spitzgriff möglich. Wegen Zerstörung des N. radialis bestand eine Fallhand, so dass später eine Radialisersatzplastik durchgeführt wurde.

Sehr erfreuliche funktionelle Ergebnisse erreichten zwei Patienten mit totalen Amputationsverletzungen im Unterarm und Handbereich. Beide Patienten waren mit 18 und 24 Jahren noch recht jung. Kraft und vor allem Feinmotorik waren zwar eingeschränkt bei sonst jedoch guter Bewegungsfunktion. Auch bei den beiden Mittelhandamputationen wurden sehr zufriedenstellende Ergebnisse hinsichtlich der Motorik erreicht. Bei einer 39-jährigen Patientin, die sich in suizidaler Absicht die linke Hand subtotal auf Höhe des Handgelenk abgetrennt hatte, kam es wiederum zwar zur

guten Einheilung, jedoch war auch hier die Rehabilitation durch mangelnde Compliance eingeschränkt. Das funktionelle Spätergebnis war dementsprechend unbefriedigend.

Hinsichtlich der Sensibilität waren die Ergebnisse abgesehen von einem Patienten mit einer Totalamputation der Hand mäßig. Die Sensibilität war praktisch bei allen Betroffenen stark eingeschränkt, außerdem litten alle Patienten unter Schmerzen, Dysästhesien und Kälteempfindlichkeit. Bei allen zeigten sich des weiteren trophische Störungen in unterschiedlichem Ausmaß.

Amputationshöhe	Motorik			
	1	2	3	4
Oberarm	1	1	-	-
Unterarm	-	-	1	-
Hand	1	1	1	-
Mittelhand	-	2	-	-

Tabelle 32.1.

Amputationshöhe	Sensibilität			
	I	II	III	IV
Oberarm	1	1	-	-
Unterarm	-	1	-	-
Hand	1	1	1	-
Mittelhand	-	2	-	-

Tabelle 32.2.

Angaben über die Minderung der Erwerbsfähigkeit (MdE) fanden sich für 45 der Patienten, bei denen erfolgreiche Replantationen im Phalangenbereich stattgefunden hatten. Die durchschnittliche Minderung der Erwerbsfähigkeit betrug 17.5%. 7 Patienten (16%) erlitten keine Minderung der Erwerbsfähigkeit und konnten ihre frühere berufliche Tätigkeit wieder weitgehend problemlos ausüben.

MdE (%)	Absolute Häufigkeit	Relative Häufigkeit
0	7	15.5%
< 10	9	20%
10-20	16	35.5%
20-30	10	22%
> 30	3	7%

Tabelle 33.1.

Bei den Patienten mit erfolgreiche Replantationen im Hand-, Mittelhand und Armbereich fanden sich in 7 Fällen Angaben zur Minderung der Erwerbstätigkeit. Zwei Patienten erlitten eine Minderung der Erwerbstätigkeit von 25%, alle anderen lagen zwischen 35 und 60%. Durchschnittlich betrug die Minderung der Erwerbstätigkeit in diesem Patientenkollektiv 43%.

#### 4. Diskussion

---

Seit den Anfängen der Replantationsmedizin zu Beginn der 60er Jahre wurden auf diesem Gebiet große Fortschritte gemacht. Dank umfangreicher Verbesserungen gefäßchirurgischer und mikrorekonstruktiver Techniken, sowie der wachsenden Erfahrung gehören Replantationen heute zur chirurgischen Routine. Große Replantationszentren in der ganzen Welt arbeiten mit viel Engagement und Ehrgeiz auf diesem Gebiet mit dem Ziel die bisher erreichten Erfolge weiter zu verbessern.

Während früher Replantationen fast ausschließlich in einigen wenigen Zentren durchgeführt wurden, finden sich heute zunehmend auch hand- und gefäßchirurgisch versierte Operateure in kleineren Krankenhäusern, die Replantationen an Ort und Stelle vornehmen und so die großen Institutionen entlasten können. Dies bietet den großen Vorteil, dass ein Verletzter für den operativen Eingriff nicht erst in ein großes chirurgisches Zentrum überwiesen werden muss, wodurch kostbare Zeit gespart werden kann.

In der Chirurgischen Universitätsklinik Münster werden seit 1976 Replantationen in größerem Umfang durchgeführt. Fallzahlen der größeren Replantationszentren wie zum Beispiel in München oder Hannover, werden dennoch längst nicht erreicht, da das Münsteraner Replantationsteam in den Ablauf der allgemeinen Unfallchirurgie integriert ist und daher nicht in dem Ausmaß für Replantationseingriffe zur Verfügung stehen kann, wie dies an speziell dafür eingerichteten Zentren möglich ist. Dies kann insofern zu organisatorischen Problemen führen, als dass nicht immer sofort ein versiertes und erfahrenes Team oder ein Operationssaal für eine notwendige Replantation verfügbar sind, da sie für andere wichtige Eingriffe benötigt werden. So muss unter Umständen wertvolle Zeit vergehen, bis die Replantation beginnen kann. Für den Zeitraum der Replantation, die sich über viele Stunden hinziehen kann, ist das zuständige medizinische Personal darüber hinaus dem übrigen chirurgischen Betrieb entzogen, so dass personelle Engpässe resultieren können, die eine nicht speziell für Replantationen ausgerichtete Abteilung nur in gewissem Maße tolerieren kann. In größeren Replantationszentren spielen diese organisatorischen Probleme eine untergeordnete Rolle, da hier fast immer

sofort ein erfahrenes Replantationsteam zur Verfügung stehen muss und der Eingriff umgehend eingeleitet werden kann.

Zwischen Anfang 1980 und Ende 1999 wurden an der Klinik und Poliklinik für Unfall- und Handchirurgie der Universitätsklinik Münster an 118 Patienten insgesamt 140 Replantationen durchgeführt. Insgesamt 89 (63.5%) der Eingriffe verliefen erfolgreich. Ziel der vorliegenden Arbeit war es, die Ergebnisse darzustellen, sowie retrospektiv verschiedene mögliche Einflussfaktoren für den Erfolg oder Misserfolg der durchgeführten Replantationen zu untersuchen, wie zum Beispiel Alter des Patienten, subtotale versus totale Amputation, Verletzungsmechanismus, Amputationshöhe oder Anoxämiezeit. Die Ergebnisse und Erfahrungen wurden des Weiteren mit denen anderer Replantationsteams, sowie mit früheren Resultaten aus der eigenen Klinik (*Blank 1983*) verglichen.

In den aktuellen Literaturangaben werden Einheilungsraten zwischen 76 und 100% berichtet (*Urbaniak 1985, Steinau und Biemer 1990, Berger et al 1991, Patradul und Ngarmukos 1998, Kim 1996, Schwabegger 1997, Cheng 1998*). Die in der hiesigen Klinik erreichten Einheilungserfolge liegen bei etwa 64% damit deutlich unter den Ergebnissen anderer Replantationszentren. Dies mag einerseits daran liegen, dass in Münster nicht die gleichen Voraussetzungen geboten werden wie an den großen Replantationszentren, die diese Studien veröffentlicht haben. Die Replantationsmedizin in Münster muss aufgrund der Organisationsstruktur der Klinik in den Ablauf der allgemeinen Unfallchirurgie integriert werden. Neben den oben genannten organisatorischen Problemen, sind die Operateure hier daher nicht ausschließlich mit Replantationen beschäftigt und für diese spezialisiert, wie dies an den großen Zentren häufig der Fall ist. Nicht immer kann umgehend ein erfahrenes Team für den Eingriff zur Verfügung stehen. Auch dies können größere speziell für Replantationen eingerichtete Zentren oft ohne weiteres gewährleisten. Ein aussagekräftiger Vergleich der Ergebnisse verschiedener Einrichtungen bleibt jedoch in jedem Fall schwierig. Einheitliche, standardisierte Verfahren, um die einzelnen Ergebnisse verschiedener Zentren vergleichend zu bewerten, existieren bis heute nicht. In einigen Zentren wird die Indikation für eine Replantation möglicherweise deutlich strenger gestellt als in anderen,

und bei bestimmten Verletzungsformen (Ausriss, Avulsion) wird hier von vornherein von einer Replantation abgesehen, wohingegen in anderen Kliniken trotz geringer Erfolgsaussichten noch ein Rekonstruktionsversuch unternommen wird.

Die Einheilungsrate der zwischen 1976 und 1979 an der Uniklinik Münster durchgeführten Replantationen liegt ebenfalls insgesamt bei etwa 64%. Demnach hätten sich die Ergebnisse in den letzten 20 Jahren nicht verbessert. Damals betrug jedoch der Anteil der ohnehin mit einer schlechteren Prognose behafteten Quetschverletzungen nur circa 17%, wohingegen heute bei 41% der Replantationen diese Verletzungsform vorliegt. Dies deutet daraufhin, dass mittlerweile hier die Indikation zur Replantation sehr viel großzügiger gestellt wird, da auch in diesen Fällen mittlerweile gute Einheilungsraten und zufriedenstellende funktionelle Spätergebnisse erreicht werden können.

Betrachtet man die Einheilungsraten und funktionellen Spätergebnisse in Abhängigkeit davon, ob eine totale oder subtotale Amputation vorliegt, so zeigt sich übereinstimmend mit den Arbeiten anderer Autoren (*Brenner und Berger 1991, Feller und Biemer 1991*), dass die Erfolge bezüglich Einheilung und Funktionalität der replantierten Gliedmaßen nach einer subtotalen Amputation besser sind als bei einer kompletten Abtrennung. Für totale Amputationen betrug die Einheilungsrate in dieser Arbeit lediglich 51%, für subtotale immerhin 71%. Brenner und Berger fanden 1991 ebenfalls erhebliche Unterschiede (totale Amputationen 58.3%, subtotale Amputation 83.9%). Blank konnten 1983 diese Differenzen bei den Münsteraner Replantationen nicht finden (62% Einheilung bei totaler 65.3 % bei subtotaler Amputation). Auch hinsichtlich der funktionellen Spätergebnisse scheint es von Bedeutung zu sein ob eine subtotale oder totale Amputation vorlag. In der motorischen Bewertung zeigten 44% und bezüglich der Sensibilität 38.5% der Replantationen gute oder sehr gute Ergebnisse (Stufen 3/III und 4/IV) nach der Bewertungsskala von Lütkenhaus. Bei den Totalamputationen waren es nur jeweils 20%. Auch hier differieren die Ergebnisse von denen von Blank 1983.

Das Alter des Patienten scheint weniger bedeutend für den Replantationserfolg zu sein. Für alle Altersgruppen zwischen 10 und 60 Jahren zeigte sich eine Einheilungsraten von

55-68%, mit etwas schlechteren Ergebnissen bei Kindern bis 10 Jahre (46%), dies zeigte auch Urbaniak (86% Einheilungsrate bei Erwachsenen gegenüber 70% bei Kindern) in einer Studie, der dies auf eine ängstliche Grundhaltung und schlechtere Compliance bei Kindern zurückführt. Andere Autoren fanden jedoch signifikant bessere Einheilungsergebnisse für jüngere Patienten bis 20 Jahre mit Einheilungsraten bis 97% (*Cheng 1998, Schwabegger 1997*). Auch bei Blank war keine Abhängigkeit zwischen Überleben des Amputates und Alter des Patienten erkennbar. Hinsichtlich der Funktionalität scheinen jedoch jüngere Patienten besser abzuschneiden. Vor allem Kinder haben wegen ihrer größeren neuralen Regenerationsfähigkeit eine bessere Prognose bezüglich der Funktionalität der replantierten Gliedmaße. Bei den Patienten bis 20 Jahre erreichten 56% gute Ergebnisse für die Motorik, jedoch nur 24% in der Altersgruppe zwischen 40 und 60 Jahren. Bei den Untersuchungen zur Sensibilität zeigten sich diese Zusammenhänge nicht, wohingegen etliche Studien (*Cheng 1998, Schwabegger 1997, Saies et al 1994*) sehr wohl einen Zusammenhang zwischen Alter des Patienten und sensibler Restfunktion zeigten.

Übereinstimmend mit den Ergebnissen zahlreicher Studien und den Untersuchungen von Blank 1983 bestätigen auch die Resultate dieser Arbeit eine Abhängigkeit der Einheilungsquote sowie der funktionellen Spätergebnisse vom Amputationsmechanismus (Schnitt, Quetschung, Ausriss, Avulsion). Schnittverletzungen zeigten hier eine Einheilungsrate von 85% (Blank: 74.3%), Quetschverletzungen hingegen von nur 42% (Blank: 38.4%). Auch hinsichtlich der Funktionalität schnitten Schnittverletzungen besser ab. Ordentliche Ergebnisse erzielten bei jedoch sehr niedrigen Fallzahlen auch Ausriss- und Avulsionsverletzungen, die Einheilungsraten von 62 bzw. 75% und erreichten.

Betrachtet man die Einheilungsraten in Abhängigkeit von der Amputationshöhe so zeigen sich bei Replantation im Phalangenbereich keine größeren Unterschiede: 52% im Mittelgliedbereich, 63% für Grund- und Endgliedreplantationen und 67% bei Replantationen im MHK-Bereich. In den Anfängen der Replantationsmedizin wurde in der Regel wegen der größten technischen Schwierigkeiten von distalen Fingerreplantationen abgesehen, wurden sie dennoch durchgeführt, so heilten die

wenigsten ein. Heute ist die Replantation im distalen Bereich ohne weiteres möglich geworden (*Kim et al 1996, Dubert et al 1997*) und erreicht neben hervorragenden Einheilungsquoten (bis zu 97%) auch sehr gute ästhetische und funktionelle Ergebnisse. Auch diese Arbeit zeigt bessere Resultate hinsichtlich der Funktionstüchtigkeit für weiter distal gelegene Amputationsverletzungen. Wegen zu geringer Fallzahlen ist eine Bewertung bezüglich des Zusammenhanges zwischen Amputationshöhe und Replantationserfolg bei Replantationen im Hand-, Mittelhand- und Armbereich nicht möglich.

Ein weiterer wichtiger Einflussfaktor ist nach den Angaben der Literatur die Dauer der Anoxämiezeit (*Cheng 1998, Saies 1994, Vanstraelen*). Auch in dieser Untersuchung bestätigt sich dieser Zusammenhang. Bessere Einheilungsraten ergeben sich bei einer Anoxämiedauer unter 300 Minuten (75%), zwischen 300 und 500 Minuten betragen sie nur noch 61 und darüber 40%. Auch für die späteren funktionellen Ergebnisse scheint die Dauer der Anoxämie eine Rolle zu spielen. Lag die Anoxämiedauer unter 6 Stunden, so wurden in 47 bzw. 42 % der Fälle gute bis sehr gute Resultate (Stufe 3/III und 4/IV nach Lütkenhaus) erreicht, dauerte die Anoxämiephase länger so wurden nur noch 25% der Fälle so bewertet. Auch die Arbeit von Blank zeigte 1983 diese Zusammenhänge. Diese Zahlen machen deutlich, wie wichtig es ist, die Replantation so schnell wie möglich nach dem Unfallereignis durchzuführen. Dies setzt zum einen einen zügigen Transport voraus, umgehend zur Verfügung stehende Replantationsteams und Operationssäle, sowie erfahrene Operateure, die mit minimalem Zeitaufwand und optimalen mikrochirurgischen Techniken schnellstmöglich die Durchblutung des Amputates wiederherstellen können.

Umstritten ist, ob die Anzahl der Gefäßanastomosen der Replantationserfolg beeinflussen kann. *Berger und Brenner (1991)* und *Urbaniak (1994)* sehen bessere Einheilungsraten, werden 2 Arterien anastomosiert. Für *Merle (1997)* und *Saies et al (1994)* ist dieser Zusammenhang nicht ersichtlich. Auch in dieser Arbeit gab es für Replantationen im Phalangenbereich keinen Unterschied hinsichtlich der Einheilung, wurden ein oder zwei Arterien anastomosiert (59 bzw. 61%). Für Makroreplantationen ist aufgrund der



niedrigen Fallzahlen eine Aussage kaum möglich. Tendenziell zeigt sich jedoch eine Verbesserung des Einheilungserfolges mit steigender Zahl der arteriellen Anastomosen. Einige Autoren empfehlen pro Arterie zwei Venen wiederherzustellen (*Urbaniak 1985, Saies 1994*). Auch in den Münsteraner Ergebnissen zeigten sich etwas bessere Erfolge, wenn zwei Venenanastomosen gelangen (76%). Wurde keine oder 1 Vene wiederhergestellt lag die Einheilungsquote bei 64 bzw. 55%. Demnach war die Einheilungsrate bei Replantationen ohne operative Wiederherstellung einer venösen Gefäßverbindung sogar höher als bei denen, wo eine Venenanastomose vorgenommen wurde. Möglicherweise ist dies darin begründet, dass es sich bei ersteren vor allem um Replantationen im distalen Phalangenbereich handelte, die erfahrungsgemäß nicht im selben Ausmaß von der Wiederherstellung des venösen Abflusses abhängig sind wie weiter proximal durchgeführte Replantationen. Wegen geringer Fallzahlen ist auch hier die Bewertung der bei Makroreplantationen beobachteten Resultate schwierig. Tendenziell zeigt sich auch hier ein Vorteil für Eingriffe bei denen mindestens zwei Venen rekonstruiert worden waren.

Auch in unserem Krankengut standen Durchblutungsstörungen und Nekrosen an erster Stelle der Frühkomplikationen (62%). Bei 18 (15%) Patienten waren Gefäßrevisionen wegen arterieller und venöser Gefäßverschlüsse nötig, 3 (17%) davon verliefen erfolgreich 15 Finger (83%) mussten reamputiert werden. Friedel (1991) berichtet hingegen bei rechtzeitigem Eingreifen über 80% erfolgreiche Gefäßrevisionen.

Später sind nach *Buck-Gramcko (1979)* bei 40-50% Sekundäreingriffe notwendig. An unserem Patientengut wurden insgesamt 79 Korrekturoperationen bei 42 (38%) Patienten durchgeführt, vorwiegend Hautplastiken, Beugesehnen-transplantationen und Tenolysen. 1983 waren es 17 von 52 (33%).

Von den 79 Patienten, bei denen zwischen 1980 und 1999 an der Uniklinik Münster erfolgreiche Replantationen vorgenommen worden waren, waren 75 (95%) mit dem Erfolg des Eingriffes sehr zufrieden. 4 Patienten forderten wegen Funktionsunfähigkeit der replantierten Gliedmaße mit Behinderung der Funktion der gesamten Hand oder starker Schmerzen und Dysästhesien die Reamputation.

Trotz regelmäßiger funktioneller Einbußen, bleibender Beschwerden wie Schmerzen, Kälteempfindlichkeit und oft langwieriger Nachbehandlungen mit komplizierten Sekundäreingriffen sind die weitaus meisten Patienten über den gelungenen Erhalt der eigenen Gliedmaße sehr zufrieden und dankbar. Die damit verbundene funktionelle Beeinträchtigung wird bereitwillig in Kauf genommen. Wie wichtig mentale Einstellung und psychische Situation des Patienten auch für den Replantationserfolg des Patienten sind, zeigt eine Untersuchung von *Schweitzer et al. (1985)*. Vor allem das funktionelle Ergebnis war hier bedeutend schlechter bei Patienten mit einer pessimistischen und ablehnenden Grundeinstellung, sowie bei Patienten mit psychiatrischen Erkrankungen. Auch in unseren Untersuchungen zeigten zwei Patienten, deren Amputationsverletzung ein Suizidversuch im Rahmen einer Depression zugrunde lag wegen mangelnder Compliance sehr schlechte funktionelle Spätergebnisse.

In der Regel ist die psychische Reaktion auf eine gelungene Replantation durchweg positiv, und die Patienten sind aus Dankbarkeit und Freude bereit, am Genesungsprozess aktiv mitzuarbeiten. Der Erhalt der eigenen Gliedmaße ist für das Gefühl körperlicher Integrität von entscheidender Bedeutung. Gerade eine intakte Hand ist nicht nur als funktionelles Greiforgan wichtig, sondern hat im zwischenmenschlichen Umgang eine wichtige Kontakt- und Kommunikationsfunktion. Kann die Integrität durch eine Replantation wiederhergestellt werden, so nehmen die meisten Patienten gerne alle unangenehmen Konsequenzen und Nachwirkungen des Eingriffes in Kauf.

Entscheidend im Vorfeld ist in jedem Fall die sorgfältige und überlegte Indikationsstellung und gute Aufklärung des Patienten. Eingriffe, die von vornherein keine Aussicht auf Erfolg haben, sollten vermieden und der Patient ausführlich und einfühlsam darüber aufgeklärt werden. Nicht das technisch Machbare sondern das funktionell Sinnvolle und menschlich Zumutbare sollte für das Vorgehen in der Replantationsmedizin entscheidend sein (*Brug 1977*). So kann betroffenen Patienten viel Leid und Kummer erspart werden und frühzeitig mit der Bewältigung des Gliedmaßenverlustes begonnen werden.

Replantationsmedizin ist eine mühevolle und anstrengende Arbeit, die dem verantwortlichen medizinischen Personal viel Engagement und Einsatz abverlangt, aber

die Zufriedenheit und Dankbarkeit der Patienten machen diese Anstrengungen wieder wett.

## 5. Zusammenfassung

---

Von Januar 1980 bis Ende 1999 wurden in der Klinik und Poliklinik für Unfall- und Handchirurgie der Universitätsklinik Münster 140 Replantationen bei insgesamt 118 Patienten durchgeführt. 120 Eingriffe betrafen die Finger. Aber auch 9 Oberarme, 1 Unterarm, 4 Hände, 2 Mittelhände, 3 Zehen und 1 Unterschenkel wurden replantiert.

Die Krankenblätter dieser Patienten wurden unter den verschiedensten Gesichtspunkten (Alter- und Geschlechtsverteilung, betroffene Berufsgruppen, Unfallart, Amputationshöhe, Anoxämiezeit, operative Techniken etc.) ausgewertet.

Die Einheilungsquote betrug insgesamt 64% (71% für subtotale und 51% für totale Amputationen). Im speziellen Teil der Arbeit wurde daraufhin der Versuch unternommen, einen Zusammenhang zwischen Einheilungserfolg, funktionellem Spätergebnis und verschiedenen möglichen Einflussfaktoren (Alter, Amputationsmechanismus, etc.) herzustellen und die Ergebnisse mit denen anderer Replantationszentren zu vergleichen.

Gewisse Abhängigkeit zeigte sich für folgenden Faktoren: Amputationstyp (subtotal/total), Amputationsmechanismus (glatte Abtrennung, Quetschung, Ausriss, Avulsion), Amputationshöhe, Alter des Patienten, Anoxämiedauer und Anzahl der Venenanastomosen.

## 6. Literaturverzeichnis:

- 
1. Allieu Y, Triki F, De Goudebout J, Les paralysies totales du plexus brachial. Valeur de la conservation du membre et de la restauration de la flexion du coude, Rev Chir Orthop Reparatrice Appara Mot. 1987; 78(8): 665-673
  2. Ashall, G., Colville, J., Early Active Mobilization Following Flexor Tendon Repair. In: Jackson, I. T. and Sommerland, Recent Advances in Plastic Surgery, Churchill Livingstone Verlag London, 1992
  3. Baudet J, The use of leeches in distal digital replantation, Blood Coagul Fibrinolysis. 1991 Feb; 2(1):193-196
  4. Beck E, Erfolgreiche Replantation einer komplett abgetrennten Hand, Unfallheilkunde. 1977 Dec; 80(12):495-500
  5. Berger A, Brenner P, Flory P, Schaller E, Schneider W, Progress in Limb and Digital replantation: Part B, World J Surg. 1990 Nov-Dec; 14(6):807-818
  6. Berger A, Hierner R, Becker MH, Rieck B, Lassner F, Replantationschirurgie, Unfallchirurg. 1997 Sep; 100(9):694-704
  7. Biemer, E., Replantation von Fingern und Extremitätenanteilen, Technik und Ergebnisse, Chirurg. 1977 Jun; 48(6):353-359
  8. Biemer E, Duspiva W, Rekonstruktive Mikrogefäßchirurgie, Springer Verlag Berlin, 1980
  9. Biemer E, Indikationen und Grenzen der Replantation, Chirurg. 1990 Feb; 61(2):103-108
  10. Blank E., Gliedmaßenreplantationen in der Chirurgischen Universitätsklinik Münster von März 1976 bis Ende 1979 – Eine kasuistische Auswertung – , Dissertation 1983, Münster
  11. Brenner P, Berger A, Beurteilungskriterien für und nach Replantationen. Langenbecks Arch Chir Suppl Kongressbd. 1993; 115:1167-1673
  12. Brug E, Problems in replantation sugery, Handchirurgie. 1977; 9(2):77-79
  13. Brug E, Indikationen zur Replantation; Zbl. Chir. 1979 Mai; 104(5): 293-309
  14. Buck-Gramcko D, Hoffmann R, Neumann R., Der handchirurgische Notfall, Hippokrates Verlag Stuttgart, 1983

15. Buncke HJ, Whitney TM, Secondary reconstruction after replantation, *Microsurgery: Transplantation-Replantation*, Lea & Febiger Verlag Philadelphia, 1991
16. Cheng GL, Pan DD, Zhang NP, Fang GR, Digital Replantation in Children: A Long-Term Follow-up Study, *J Hand Surg (Am)*. 1998 Jul; 23(4): 635-646
17. Dubert T, Houimli S, Valenti P, Dinh A, Very distal Finger Amputations: Replantation or Reposition Flap Repair, *J Hand Surg (Br)*. 1997 Jun; 22(3): 353-358
18. Feller A, Graf P, Biemer E, 1991, Replantation Surgery, *World J Surg*. 1991 Jul-Aug; 15(4): 477-485
19. Friedel R, Dorow C, Markgraf E, Amputationsverletzungen der oberen Extremität – Frühkomplikationen nach Replantation und Revaskularisation, *Unfallchirurgie*. 1993 Oct; 19(5):298-302
20. Friedel R., Schmidt I, Behandlungskonzeption bei schwerer Handverletzung, *Zbl. Chir*. 1997 Nov; 122(11):1016-1023
21. Foucher G, Norris RW, Distal and very distal digital replantation, *Br J Plast Surg*. 1992 Apr; 45(3):199-203
22. Geldmacher J, Köckerling F, *Sehnenchirurgie*. Urban & Schwarzenberg Verlag München Wien Baltimore, 1991
23. Graham B, Adkins P, Tsai T, Firrell J, Breidenbach W, Major Replantation versus Prosthetic Fitting in the Upper Extremity: A Late Functional Outcomes Study, *J Hand Surg (Am)*. 1998 Sep; 23(5):783-791
24. Hahn P, Frank U, Genz G, Lanz U, Replantationen - Indikation und Organisationsstruktur, *Orthopäde* 1998 Jul; 27(7):414-421
25. Ipsen T, Lundkvist L, Barfred T, Pless J, Principles of evaluation in microsurgical treatment of major limb amputations – a follow-up study of 26 consecutive cases 1978-1987. *Scand J Plast Reconstr Hand Surg*. 1990 Jan; 24(1):75-80
26. Jacobson J-H, Suarez E-L, *Microsurgery in anastomosis of small vessels*, *Surg Forum* 1960; 11: 243
27. Kim WK, Lim JH, Han SK, Fingertip Replantation: Clinical Evaluation of 135 Digits, *Plast Reconstr Surg*. 1996 Sep; 98(3):470-476

28. Komatsu S, Tamai S, Successful replantation of a completely cut-off thumb, *Plast Reconstr Surg* 1968; 42: 374
29. Lackner CK, Reith MW, Knöll A, Kerkmann R, Widmann JH, Schweiberer L, Peter K, Prehospital care of acute limb amputation. An experimental study on prehospital quality management, *Notfall & Rettungsmedizin*. 1999 Apr; 2(3):141-149
30. Lee A, Mathes D, Hand transplantation: Pertinent Data and Future Outlook, *J Hand Surg (Am)*. 1999 Sep; 24(5):906-913
31. Lütkenhaus C, Replantationen von Extremitäten und Extremitätenanteilen. Auswertung der medizinischen Weltliteratur 1964-1973, Dissertation 1976, Münster
32. Malt RA, Mc Khann C, Replantation of severed arms, *JAMA*. 1964; (189): 716
33. Matsuda M, Kato N, Hosoi M, Problems in replantation of limbs amputated through the upper arm region. *J Trauma*. 1981 May; 21(5): 403-406
34. Matsuda M, Chikamatsu E, Schimitzu Y, Correlation between number of anastomosed vessels and survival rate in finger replantation. *J Reconstr Microsurg*. 1993 Jan; 9(1): 1-4
35. Meyer VE, *Upper Extremity Replantation*, Churchill Livingstone Verlag New York, 1985
36. Meyer VE, Hand Amputations proximal but close to the wrist joint: prime candidates for reattachment (long-term functional results), *J Hand Surg (Am)*. 1985 Nov; 10(6):989-991
37. Morrison WA, O'Brien BM, MacLeod AM, Digital replantation and revascularisation: a long term review of one hundred cases. *Hand*. 1978 Jun; 10(2):125-134
38. Narakas A, Examen du patient et de la fonction des divers groupes musculaires du membre supérieur. Critères d'évaluation des résultats. Les paralysies du plexus brachial, Monographie du Group d'étude de la main, Expansion scientifique Française, Paris, 1989
39. Patradul A, Ngarmukos C, Parkpian V, Distal Digital Replantations and Revascularisations, 237 digits in 192 patients, *J Hand Surg (Br)*. 1998 Oct; 23(5):578-582

40. Peacock K, Tsai TM, Comparison of functional results of replantation versus prothesis in a patient with bilateral arm amputation, *Clin Orthop Rel Res.* 1987 Jan; (214):153-159
41. Phelbs DB, Lilla JA, Boswick JA, Common Problems in Clinical replantation and Revascularization in the Upper extremity, *Clin. Orthop.* 1978 Jun; (133):11-25
42. Saies D, Urbaniak JR, Nunley JA, Taras JS, Goldner RD, Fitch RD, Results after Replantation and Revascularisation in the Upper Extremity in Children, *J Bone Joint Surg Am.* 1994 Dec; 76(12):1766-1776
43. Schwabegger AH, Hussl H, Ninkovic MM, Anderl H, Replantationen im Kindes- und Jugendalter, *Unfallchirurg.* 1997 Aug; 100(8): 652-657
44. Schwabegger A, Harpf C, Rumer A, Hussl H, Anderl H, Ninkovic MM, Transpositional Replantation of Digits, *Scand J Plast Reconstr Surg Hand Surg.* 1999 Jun; 33(2): 243-249
45. Schweitzer I, Rosenbaum MR, Sharzer LA, Strauch B, Psychological Reactions and Processes Following Replantation Surgery, *Plast Reconstr Surg.* 1985 Jul; 76(1):97-103
46. Scott F, Howar J, Boswick J, Recovery of function following replantation and revascularization of amputated hand parts. *J Trauma.* 1981 Mar; 21(3):204-214
47. Smith RJ, Malt RA, Harris WH, Remensnyder JP, (1987) Long term follow-up results in upper limb replantation. In: Urbaniak JR, *Microsurgery for Major limb reconstruction.* Mosby Verlag, St. Louis, 1987
48. Stoltz J, Zollmann PH, Dorow C, Schwartz J, Schubert H, Die medikamentöse Beeinflussung des posttraumatischen Extremitätenödems durch den Proteinaseinhibitor Aprotinin - Eine tierexperimentelle Studie, *Handchir Mikrochir Plast Chir.* 1992 Jul; 24(4): 218-222
49. Tamai S, Twenty years experience of limb replantation – Review of 293 upper extremity replants. *J Hand Surg (Am).* 1982 Nov; 7(6): 549-556
50. Valauri FA, The use of medicinal leeches in microsurgery, *Blood Coagul Fibrinolysis.* 1991 Feb; 2(1):185-187
51. Vanstraelen P, Papini RPG, Sykes PJ, Milling MAP, Functional Results of Hand Replantation. The Chepstow experience, *J Hand Surg (Br).* 1993 oct; 18(5):556-564, 18B: 556-564



52. Weiland AJ, Villareal-Rios A, Kleinert HE., Kutz J, Atasoy E, Lister G, Replantation of digit and hands, Analysis of surgical techniques and functional results in 71 patients with 86 replantations, Clin Othop. 1978 Jun; (133):195-204
53. Wood MB, Cooney WP, Above elbow limb replantation: functional results. J Hand Surg (Am). 1986 Sep; 11(5): 682-687
54. Yoshimura M, Nomura S, Ueno, Clinical replantation of digits and ist problem. Ann Acad Med Singapore. 1982 Apr; 11(2): 218-24

## Anhang (Diagramme)

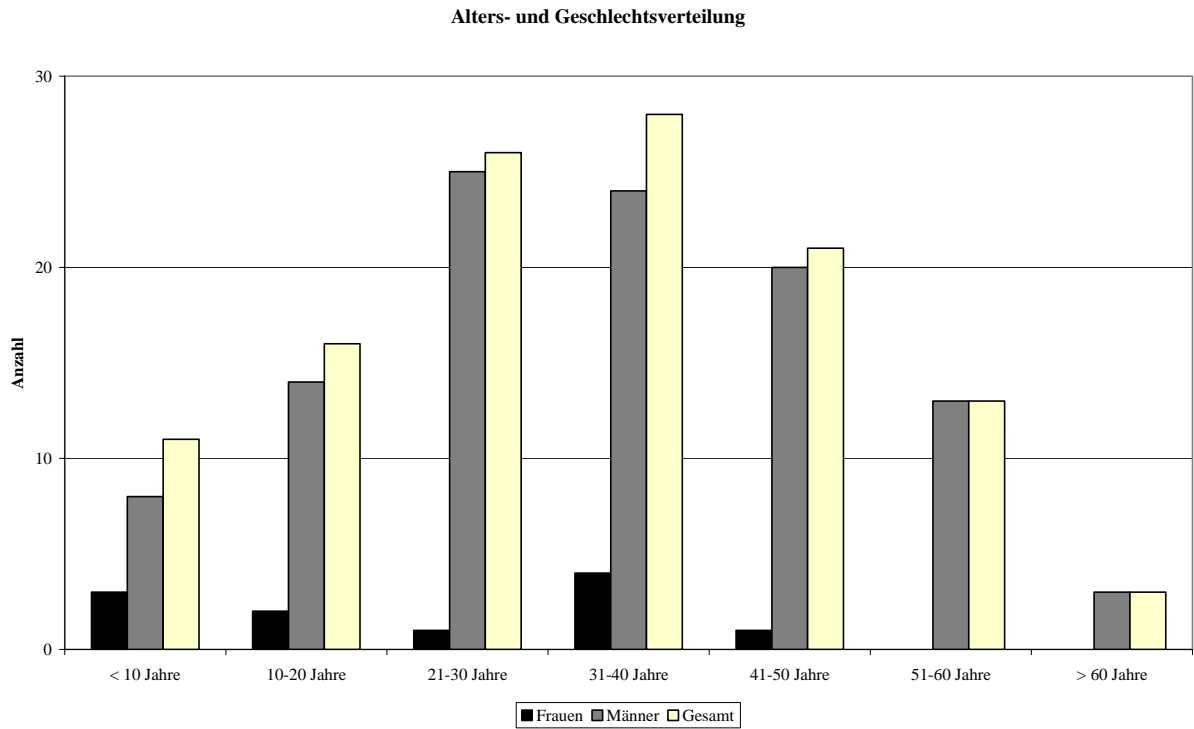
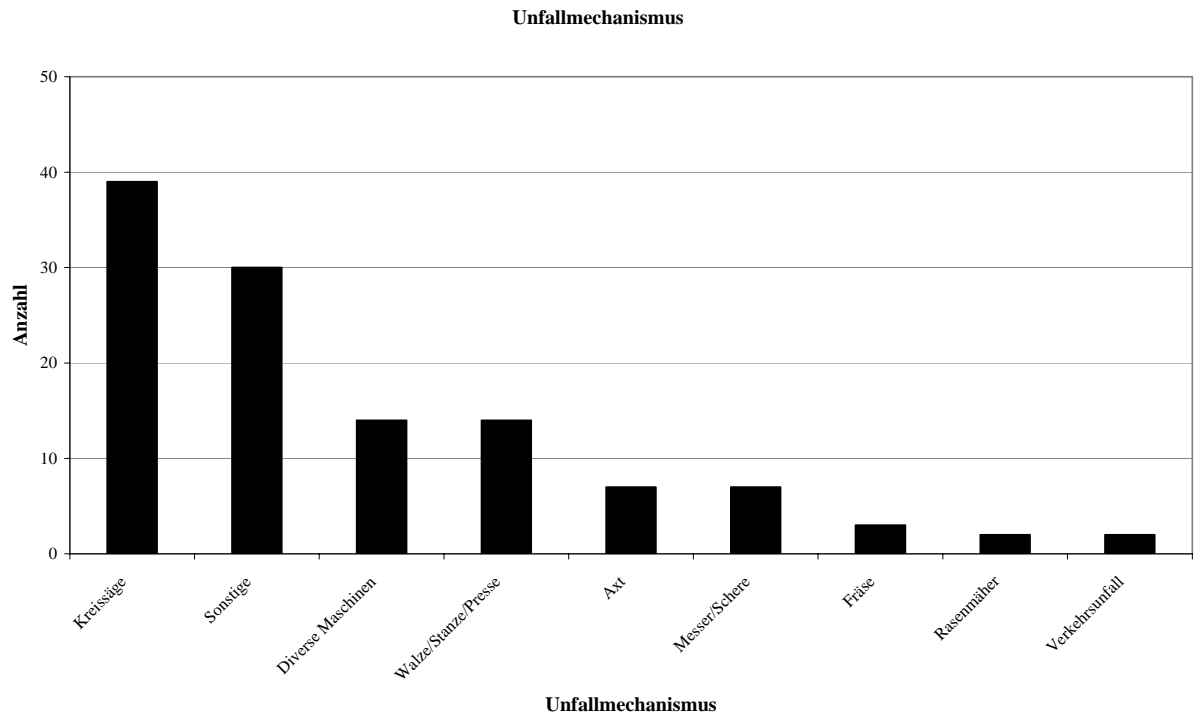
Diagramm 1:Diagramm 2:

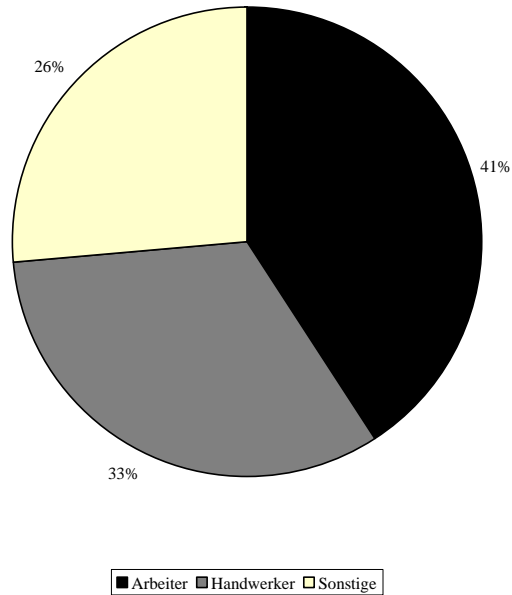
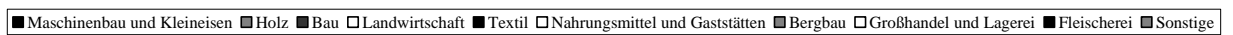
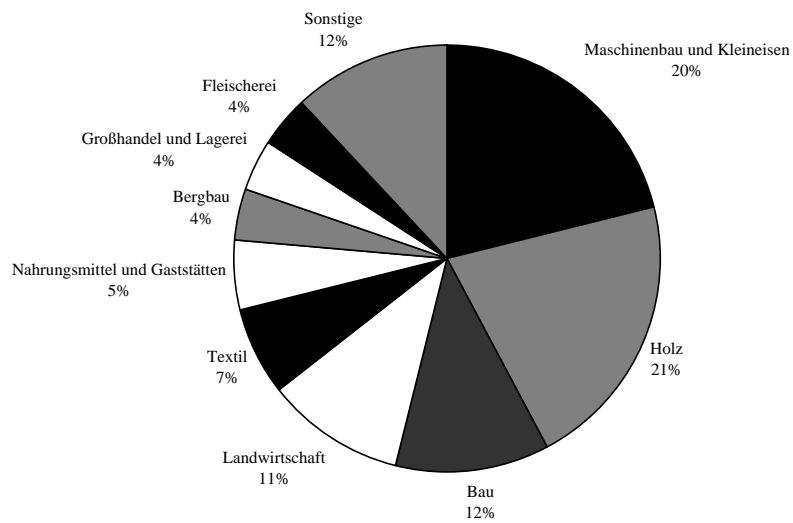
Diagramm 3:**Verteilung der Berufsgruppen**Diagramm 4:**Verteilung der Berufsgenossenschaften**

Diagramm 5:

Einheilung in Abhängigkeit vom Amputationsmechanismus (Subtotalamputationen)

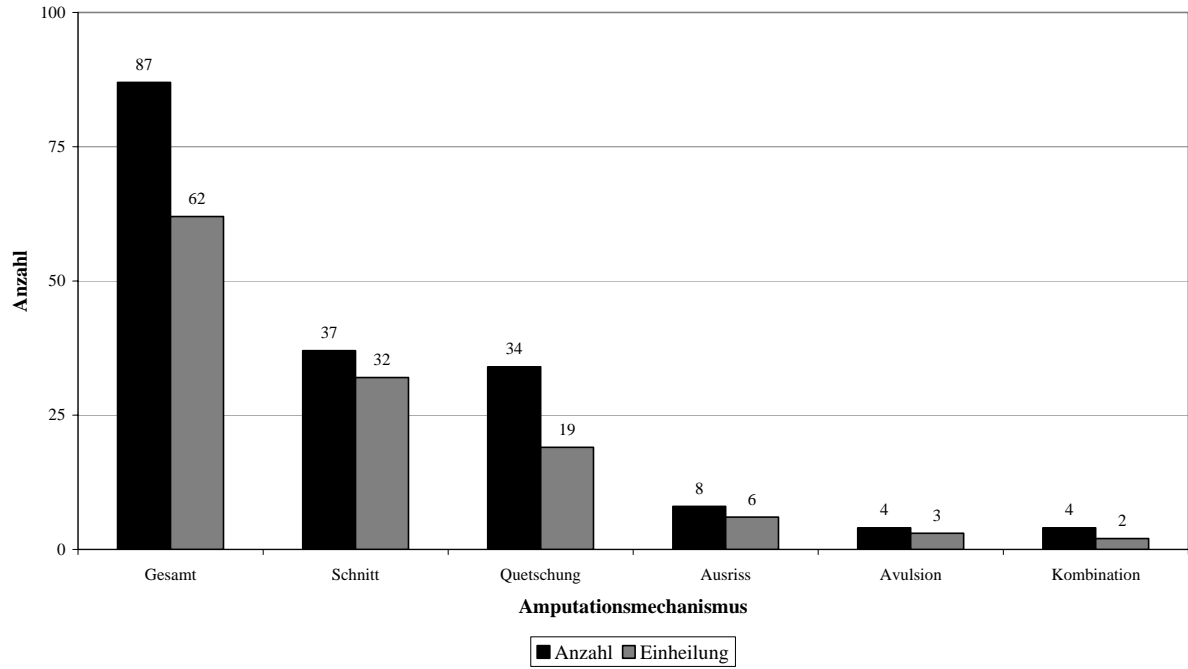


Diagramm 6:

Einheilung in Abhängigkeit vom Amputationsmechanismus (Subtotalamputationen)

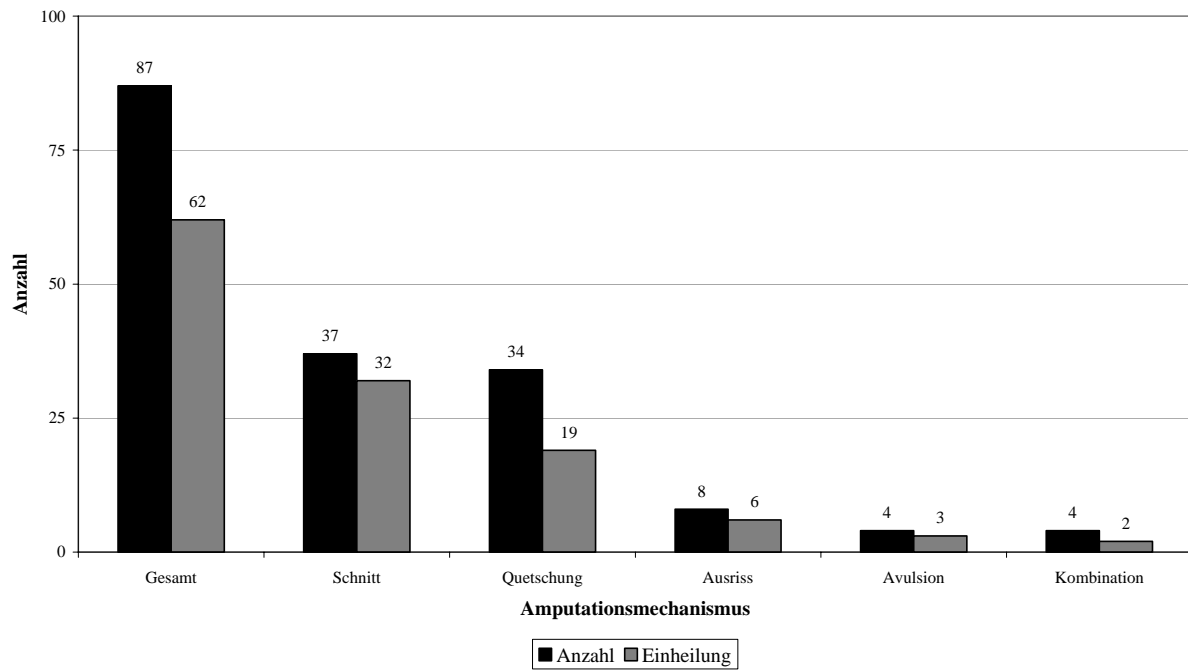


Diagramm 7:

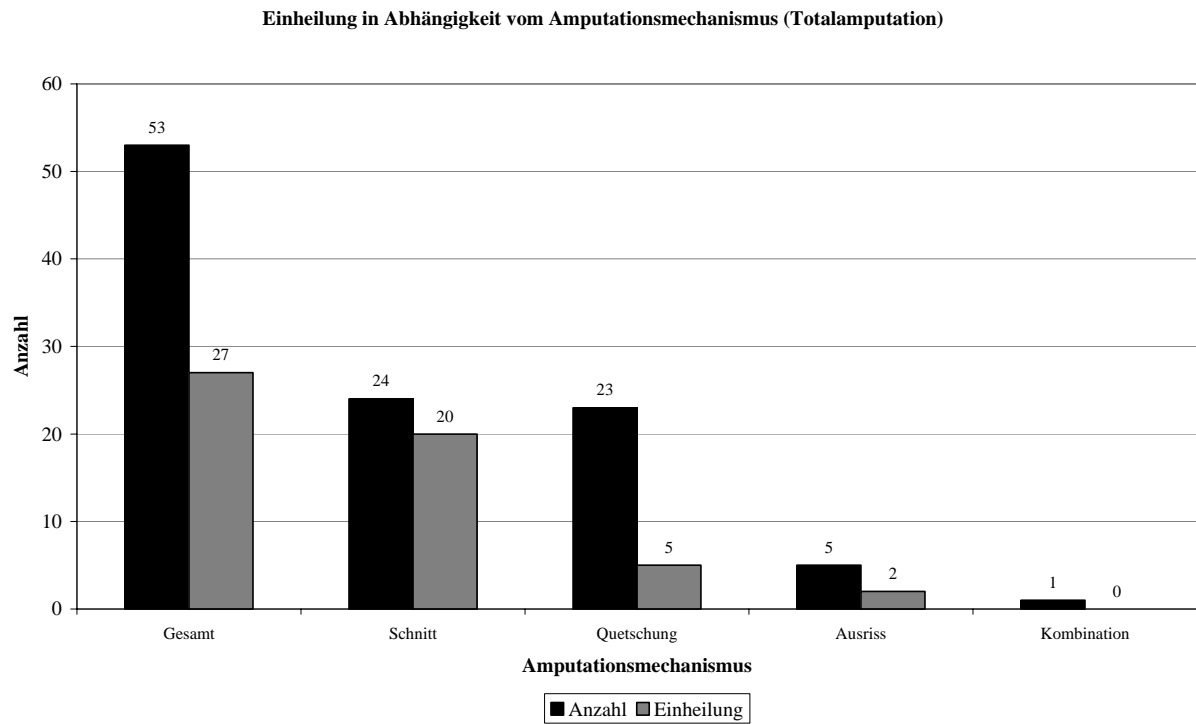


Diagramm 8:

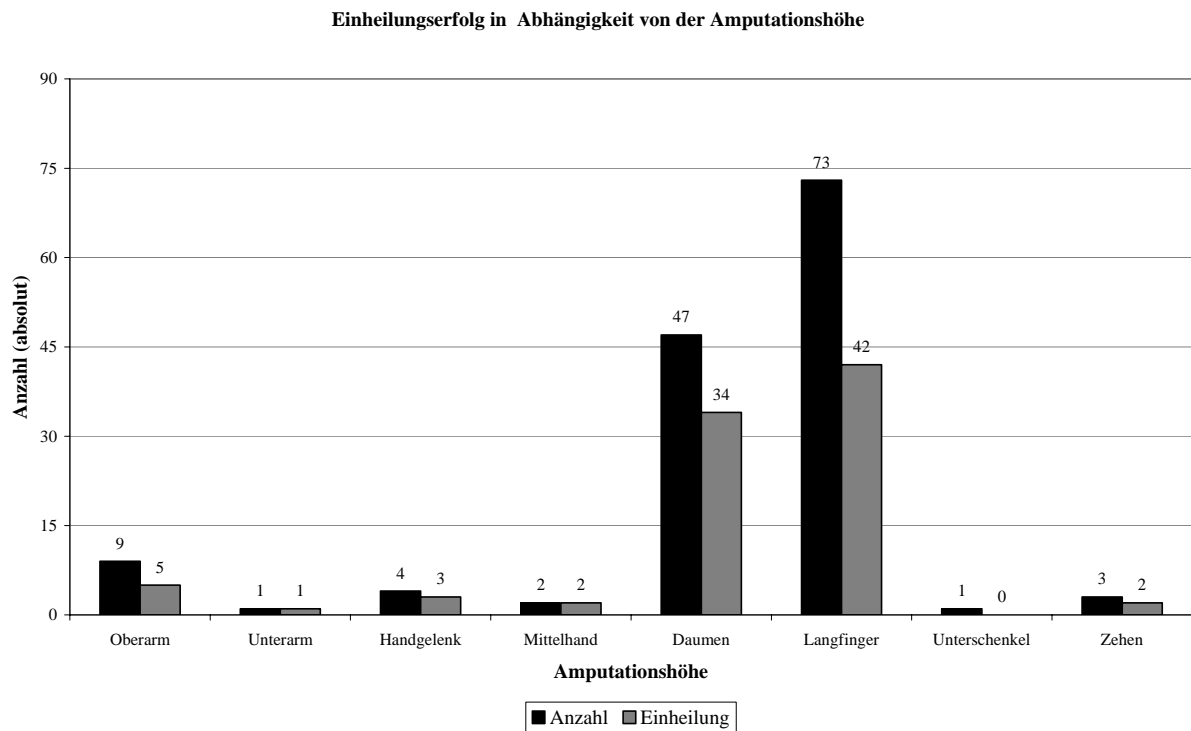


Diagramm 9:

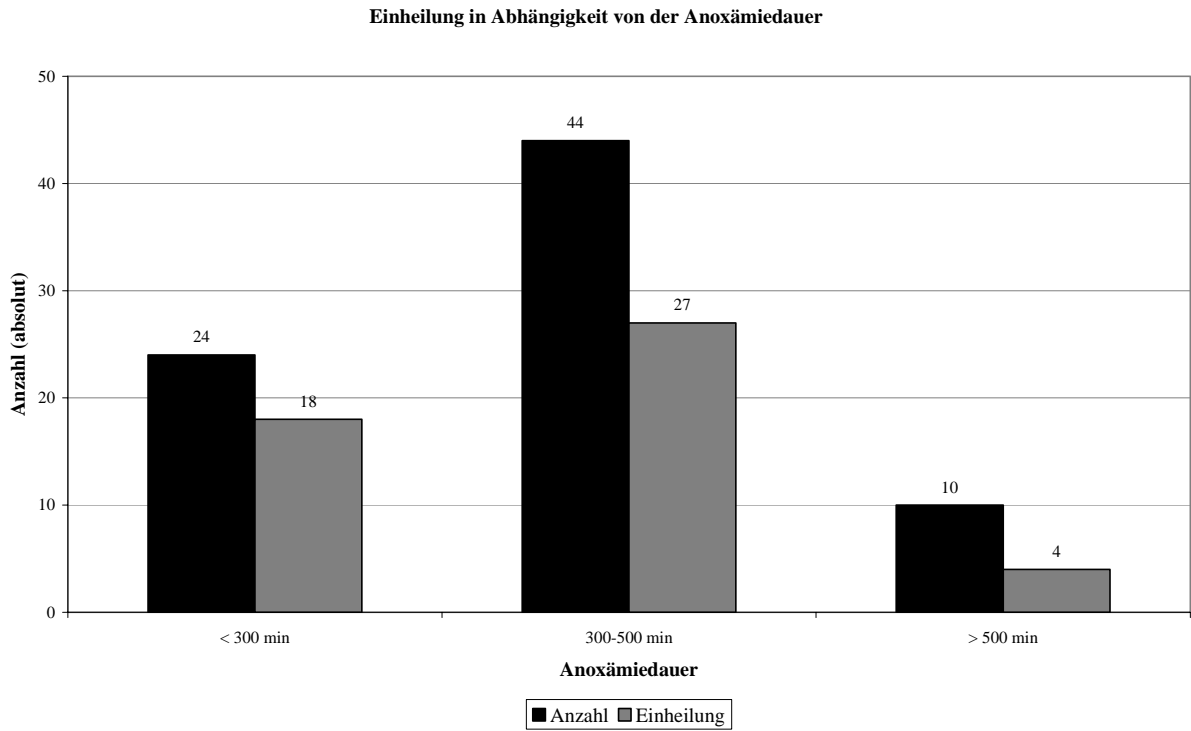


Diagramm 10:

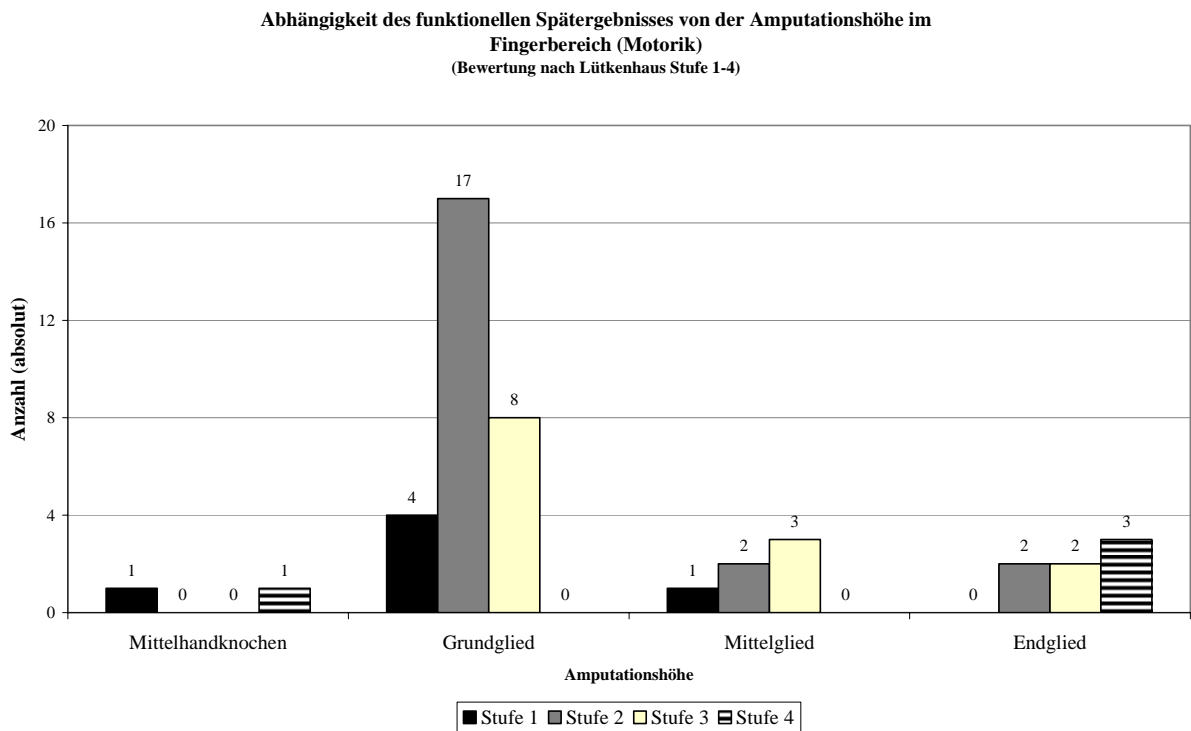


Diagramm 11:

**Abhängigkeit der funktionellen Spätergebnisse von der Amputationshöhe im  
Fingerbereich (Sensibilität)**  
(Bewertung nach Lütkenhaus Stufe I-IV)

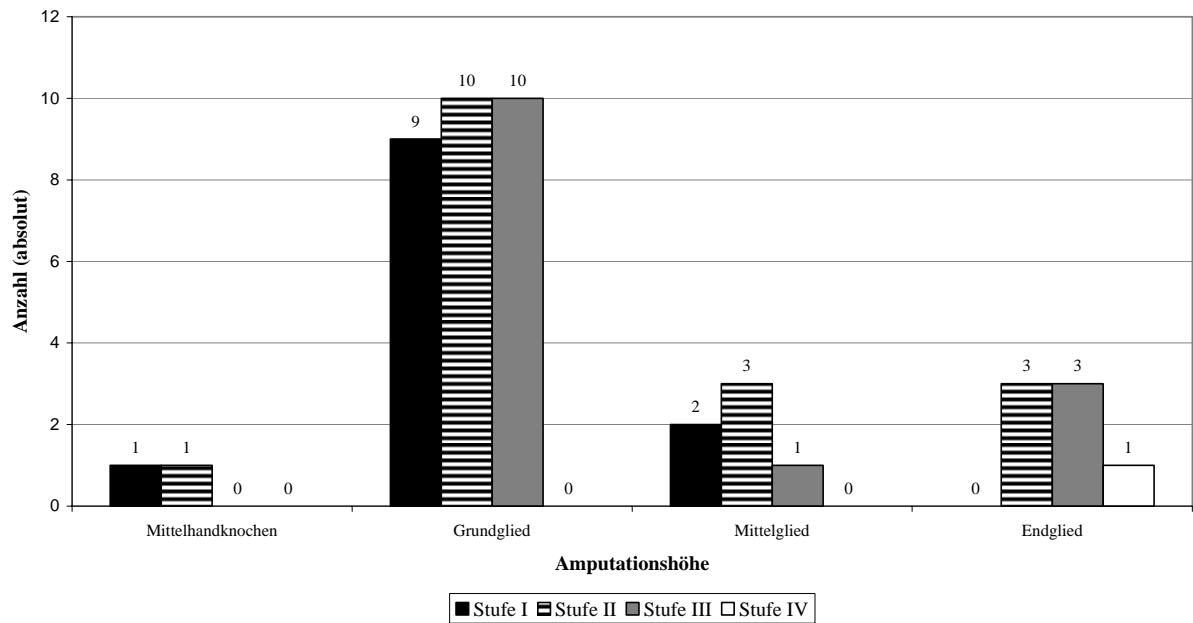


Diagramm 12:

**Funktionelle Spätergebnisse Daumen - Langfinger im Vergleich (Sensibilität)**  
(Bewertung nach Lütkenhaus Stufe I-IV)

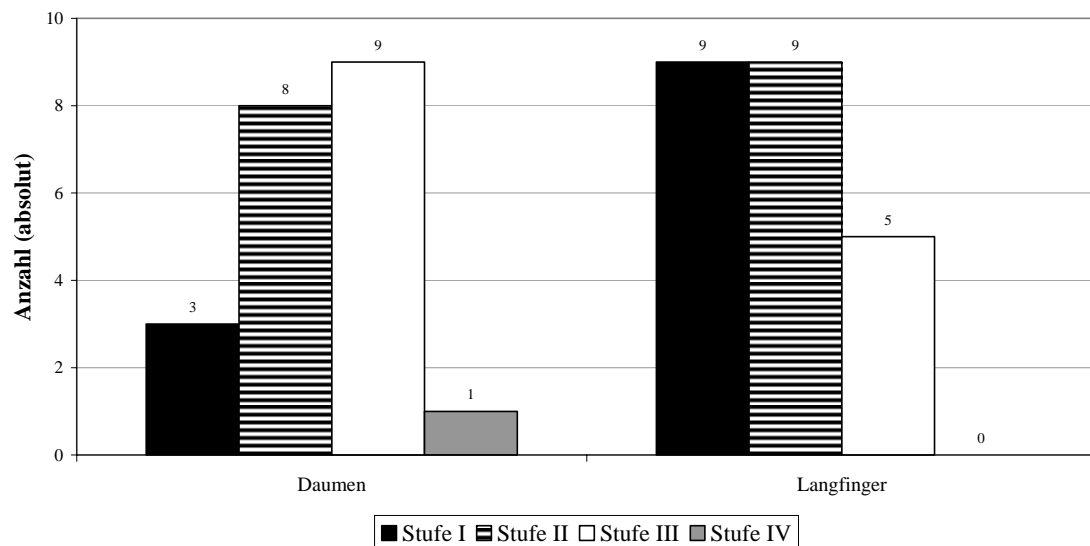




Diagramm 13:

**Funktionelle Ergebnisse für Daumen - Langfinger im Vergleich (Motorik)**  
(Bewertung nach Lütkenhaus Stufe 1-4)

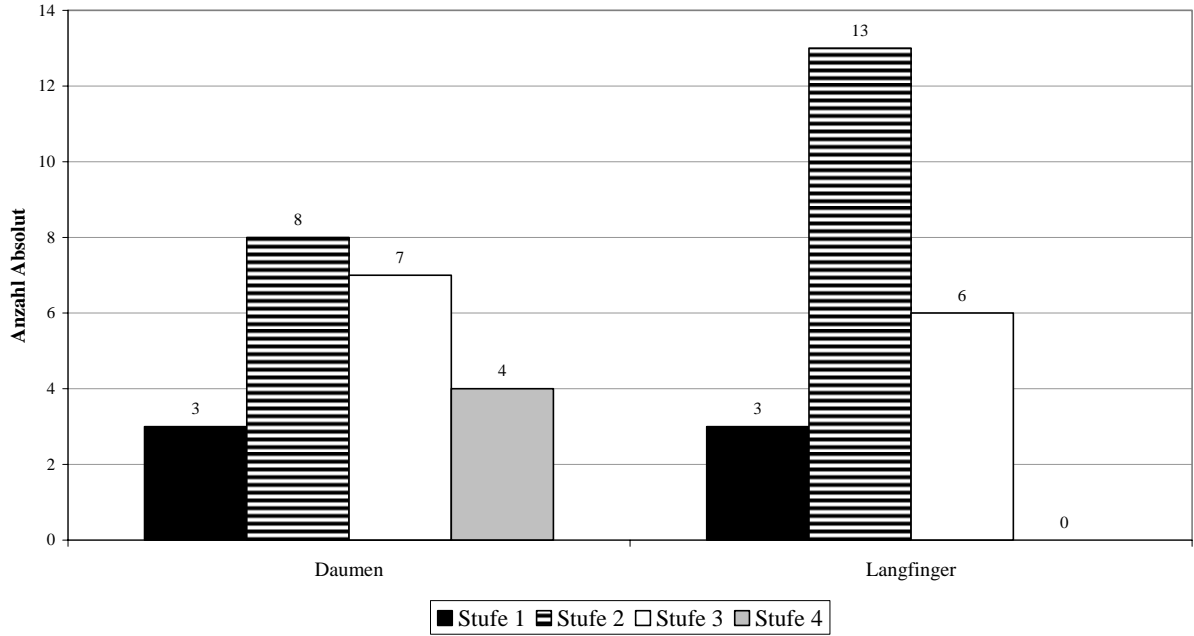


Diagramm 14:

**Funktionelle Ergebnisse in Abhängigkeit vom Alter der Patienten (Motorik)**  
(Bewertung nach Lütkenhaus Stufe 1-4)

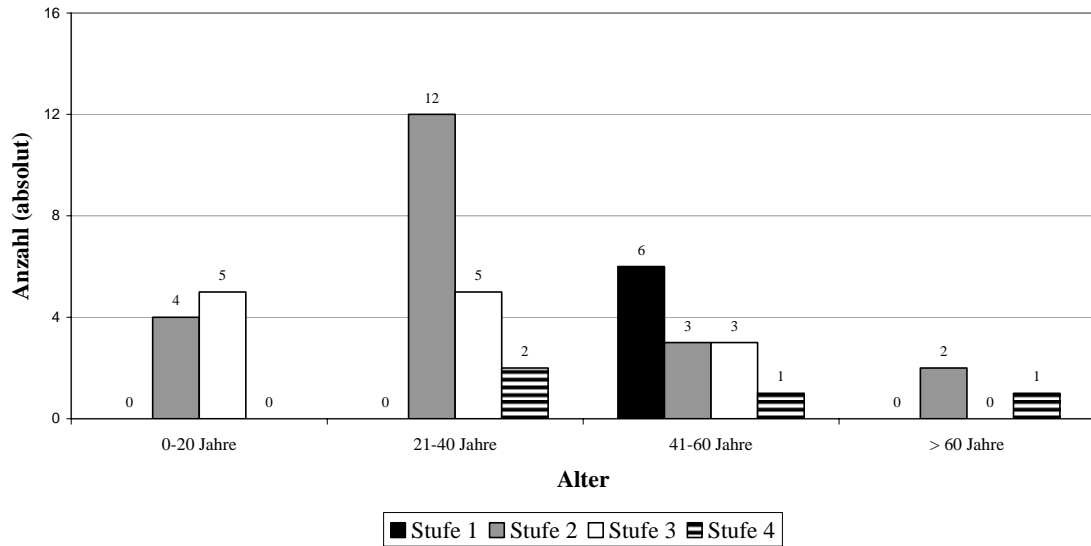


Diagramm 15:

**Abhängigkeit der funktionellen Ergebnisse vom Alter der Patienten (Sensibilität)  
(Bewertung nach Lütkenhaus Stufe I-IV)**

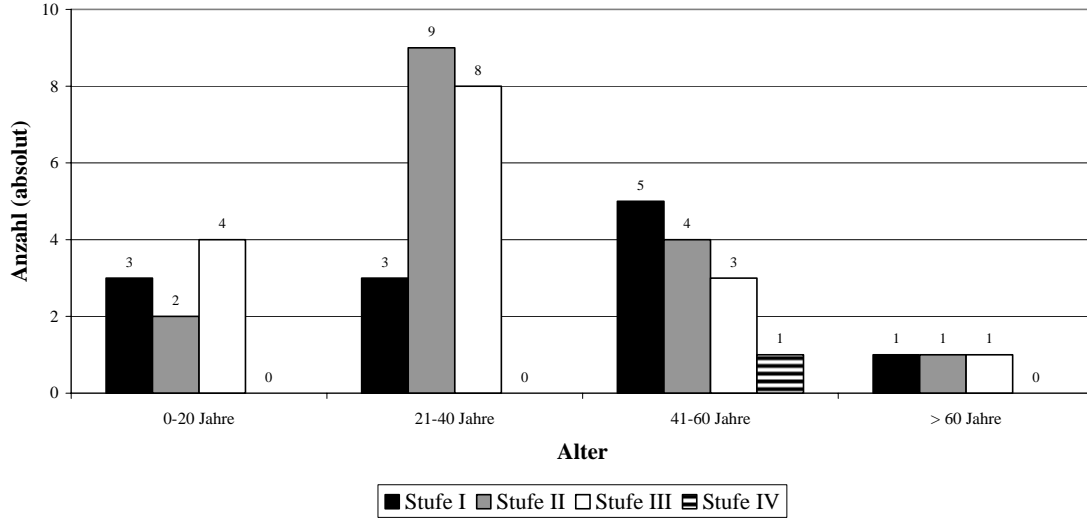
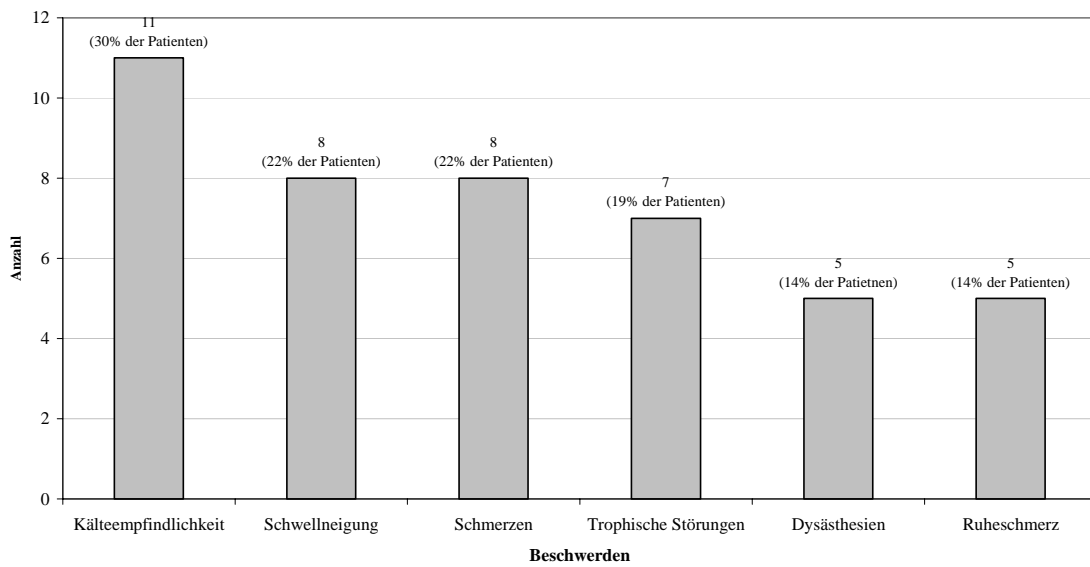


Diagramm 16:

**Häufige Beschwerden nach Replantationen**



## Lebenslauf

- 15.12.1973 Geboren in Hiltrup
- 1980-1984 Besuch der Grundschule Pavenstädt in Gütersloh
- 1984-1993 Besuch des Evangelisch Stiftischen Gymnasiums in Gütersloh
- Juni 1993 Abitur
- Oktober 1993 Beginn des Studiums der Humanmedizin an der WWU Münster
- August 1995 Zeugnis über die ärztliche Vorprüfung
- August 1996 Zeugnis über den ersten Abschnitt der ärztlichen Prüfung
- März 1999 Zeugnis über den zweiten Abschnitt der ärztlichen Prüfung
- Mai 2000 Zeugnis über den dritten Abschnitt der ärztlichen Prüfung und Abschluss des Medizinstudiums
- September 2000 Beginn der beruflichen Tätigkeit als Ärztin im Praktikum in der Abteilung für Hämatologie und Onkologie in der Universitätsklinik Freiburg
- seit Februar 2002 Assistenzärztin in der Abteilung für Hämatologie und Onkologie der Universitätsklinik Freiburg

## Danksagung

---

Herzlichen Dank aussprechen möchte ich *Herrn Prof. Dr. med. Brug* für die Überlassung des Themas und Unterstützung bei der Fertigstellung der Arbeit. Ebenfalls bedanken möchte ich mich bei Herrn *Dr. med. M. Langer* für die Anregungen bei der Erstellung der Dissertationsschrift.

Mein ganz besonderer Dank gilt vor allem *meinen Eltern*, die mich während meines gesamten Studiums in jeder erdenklichen Weise und unermüdlich unterstützt haben und das bis heute tun.