

AUS DER ABTEILUNG
FÜR PLASTISCHE, HAND- UND WIEDERHERSTELLUNGSSCHIRURGIE
Prof. Dr. Dr. Lukas Prantl
DER FAKULTÄT FÜR MEDIZIN
DER UNIVERSITÄT REGENSBURG

**Behandlungsergebnisse nach Fingerreplantation –
Retrospektive Datenanalyse und Follow-up**

Inaugural – Dissertation
zur Erlangung des Doktorgrades
der Medizin

der
Fakultät für Medizin
der Universität Regensburg

vorgelegt von
Melanie Lara Zrenner

JAHR 2022

AUS DER ABTEILUNG
FÜR PLASTISCHE, HAND- UND WIEDERHERSTELLUNGSSCHIRURGIE
Prof. Dr. Dr. Lukas Prantl
DER FAKULTÄT FÜR MEDIZIN
DER UNIVERSITÄT REGENSBURG

**Behandlungsergebnisse nach Fingerreplantation –
Retrospektive Datenanalyse und Follow-up**

Inaugural – Dissertation
zur Erlangung des Doktorgrades
der Medizin

der
Fakultät für Medizin
der Universität Regensburg

vorgelegt von
Melanie Lara Zrenner

Dekan:	Prof. Dr. Dirk Hellwig
1. Berichterstatter:	PD Dr. Sebastian Geis
2. Berichterstatter:	Prof. Dr. Maximilian Kerschbaum
Tag der mündlichen Prüfung:	22.05.2023

Meiner Familie

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung.....	6
1.1	Definitionen und Einteilungen	6
1.2	Indikationen.....	8
1.3	Erstversorgung	12
1.4	Operation.....	13
1.5	Postoperative Therapie	16
1.6	Komplikationen und Sekundäreingriffe	18
1.7	Ergebnisse	20
2	Zielsetzung und Fragestellung	21
3	Material und Methoden	22
3.1	Patientenkollektiv	22
3.2	Basisdaten des Patientenkollektivs.....	23
3.3	Eigenschaften der Verletzung.....	23
3.4	Behandlungsparameter	24
3.5	Objektive Behandlungsergebnisse	25
3.5.1	Beurteilung des Bewegungsausmaßes	25
3.5.2	Prüfung der Handkraft.....	26
3.5.3	Prüfung der Sensibilität	27
3.5.4	Beurteilung von Durchblutung und Trophik	28
3.6	Subjektive Behandlungsergebnisse und Erwerbstätigkeit.....	28
3.6.1	DASH-Score	28
3.6.2	Fragebogen zur Erwerbstätigkeit.....	29
3.7	Subgruppen.....	29
3.8	Statistik.....	30
4	Ergebnisse.....	30
4.1	Darstellung der Basisdaten.....	30
4.1.1	Unfallverteilung in Bezug zum Geschlecht und Alter	31
4.1.2	Unfallhäufigkeit bezüglich Arbeits- und Freizeitunfällen.....	31
4.1.3	Unfallhäufigkeit im Untersuchungszeitraum	31
4.1.4	Unfallhäufigkeit in Bezug zum Monat und Wochentag.....	32
4.1.5	Händigkeit.....	34

4.2	Darstellung der Verletzungseigenschaften	34
4.2.1	Verletzungshäufigkeit der einzelnen Finger	34
4.2.2	Art der Verletzung	35
4.2.3	Zusatzverletzungen	39
4.3	Darstellung der Behandlungsparameter	40
4.3.1	Anästhesieverfahren	40
4.3.2	Beginn und Dauer der Operation	40
4.3.3	Art der Osteosynthese	41
4.3.4	Perioperatives Gerinnungsmanagement	41
4.3.5	Postoperative Plexusanalgesie	42
4.3.6	Stationäre Aufenthaltsdauer	42
4.4	Einheilungsrate der replantierten Finger	43
4.5	Darstellung der Komplikationen und Sekundäreingriffe	43
4.5.1	Komplikationen	43
4.5.2	Sekundäreingriffe	45
4.6	Objektive Behandlungsergebnisse	47
4.6.1	Bewegungsausmaß	47
4.6.2	Handkraft	47
4.6.3	Sensibilität	48
4.6.4	Durchblutung und Trophik	48
4.7	Subjektive Behandlungsergebnisse und Erwerbstätigkeit	49
4.7.1	DASH-Score	49
4.7.2	Fragebogen zur Erwerbstätigkeit	49
4.8	Einfluss perioperativer Parameter auf das Replantatüberleben	51
4.9	Einfluss perioperativer Parameter auf das funktionelle Outcome	53
4.9.1	DASH-Wert	54
4.9.2	Arbeitsrückkehrzeit	55
4.9.3	Handkraft	55
4.9.4	Bewegungsausmaß	56
4.10	Zusammenhang zwischen DASH-Wert und Arbeitsrückkehrzeit	58
4.11	Zusammenhang zwischen DASH-Wert und Handkraft	59
4.12	Unterschiede zwischen Daumen- und Langfingerreplantationen	60
4.12.1	DASH-Wert	60
4.12.2	Arbeitsrückkehrzeit	61
4.12.3	Wiederaufnahme der beruflichen Tätigkeit	61
4.13	Unterschiede zwischen Einheilung und Reamputation	62
4.13.1	DASH-Wert	62
4.13.2	Arbeitsrückkehrzeit	63
4.13.3	Wiederaufnahme der beruflichen Tätigkeit	63

4.14	Unterschiede zwischen Berufsrückkehr und Berufswechsel	64
4.14.1	Anzahl amputierter Finger	64
4.14.2	DASH-Wert	64
4.14.3	Arbeitsrückkehrzeit.....	65
4.14.4	Vergleich zwischen Arbeits- und Freizeitunfällen	66
5	Diskussion.....	67
5.1	Basisdaten.....	67
5.2	Eigenschaften der Verletzung.....	69
5.3	Einheilungsrate der replantierten Finger	70
5.4	Objektive Behandlungsergebnisse	72
5.5	Subjektive Behandlungsergebnisse und Erwerbstätigkeit.....	75
5.6	Einfluss perioperativer Parameter auf das Replantatüberleben.....	76
5.7	Einfluss perioperativer Parameter auf das funktionelle Outcome	80
5.8	Unterschiede zwischen Daumen- und Langfingerreplantationen	84
5.9	Unterschiede zwischen Einheilung und Reamputation	86
5.10	Unterschiede zwischen Berufsrückkehr und Berufswechsel.....	88
5.11	Limitationen der Studie	89
5.12	Schlussfolgerung.....	90
6	Zusammenfassung.....	91
7	Literaturverzeichnis	94
8	Tabellenverzeichnis	101
9	Abbildungsverzeichnis	102
10	Abkürzungsverzeichnis	103
11	Anhang.....	104
12	Danksagung	107
13	Lebenslauf	108

1 Einleitung

1.1 Definitionen und Einteilungen

Die Voraussetzungen für die erfolgreiche Durchführung von Replantationen wurden maßgeblich in den letzten Jahrzehnten durch verschiedene chirurgische Entdeckungen und Leistungen geschaffen. Neben dem allgemeinen Fortschritt der chirurgischen Heilkunst waren die Einführung des Operationsmikroskops in den 1950er Jahren sowie die Entwicklung und Perfektion von Mikroinstrumenten, -nähten und -nadeln entscheidend (1). Die erste erfolgreiche Replantation eines total abgetrennten Oberarms gelang Malt und McKhann 1962 bei einem 12-jährigen Jungen in Boston (2). 1965 replantierten Komatsu und Tamai in Japan schließlich den ersten komplett amputierten Daumen (3).

Mit Etablierung der Replantationschirurgie war es für eine sinnvolle Diskussion der Ergebnisse unerlässlich, eine internationale Vereinbarung über Definitionen und Klassifikationen in diesem neuen Gebiet zu treffen. Erste Versuche zur Klärung der Begriffe wurden zunächst auf nationaler Ebene unternommen, wie 1978 auf der ersten Tagung der Deutschsprachigen Arbeitsgemeinschaft für Mikrochirurgie der peripheren Nerven und Gefäße in Wien. Gründungsmitglied ist der deutsche Pionier der Mikrochirurgie Edgar Biemer. Ein Jahr später dienten die erarbeiteten Richtlinien als Grundlagen für die vom Replantation Committee der International Society for Reconstructive Microsurgery festgelegten Definitionen, welche im Grunde heute noch gelten (4).

Im Rahmen einer Amputationsverletzung unterscheidet man die Totalamputation von der Subtotalamputation. Unter einer Totalamputation versteht man die komplette Abtrennung aller Strukturen des jeweiligen Extremitätenabschnittes (5). Nach Biemer darf keine Verbindung mehr zum Rest des Körpers bestehen (4). Bei der subtotalen Amputation besteht eine definitive Durchtrennung der Hauptgefäßverbindungen mit aufgehobener Zirkulation. Dabei dürfen maximal 25% der Zirkumferenz des Weichteilmantels erhalten sein. Im Falle eines Spontanverlaufs ohne Wiederherstellung der Gefäßverbindungen würde eine Nekrose resultieren (4, 5). Allerdings können für die spätere Funktionsfähigkeit wertvolle Gewebestrukturen erhalten geblieben sein. Biemer unterteilte die subtotalen Amputationsverletzungen nach der Art der noch

erhaltenen Strukturen in fünf Untergruppen. Bei Typ I existiert noch eine knöcherne Verbindung, bei Typ II und III ist die Streck- bzw. Beugesehne erhalten, Typ IV weist eine Nervenverbindung auf und bei Typ V besteht noch eine Hautbrücke (4).

Tabelle 1: Subtotale Amputationsverletzungen nach Biemer (4)

	Erhaltene Strukturen
Typ I	Knochen
Typ II	Strecksehne
Typ III	Beugesehne
Typ IV	Nerv
Typ V	Hautbrücke

Liegen Zeichen einer Restperfusion vor, spricht man lediglich von einer kombinierten Knochen-Weichteil-Schädigung. Für diese Verletzung beschreibt der Begriff der Revascularisation die Wiederherstellung der unterbrochenen Hauptgefäßbahnen, wodurch eine deutliche Verbesserung der noch bestehenden Blutversorgung in der Peripherie erreicht wird (4).

Unter dem Begriff der Replantation versteht man den zirkulatorischen Wiederanschluss des Amputates sowie die operative Rekonstruktion der verletzten Gewebestrukturen nach totaler oder subtotaler Amputationsverletzung. Jedoch definieren manche Autoren die Readaptation einer Subtotalamputation ausschließlich als Revascularisation und nicht als Replantation (5). So gelangen nach Hahn et al. bei einer Replantation Patient und Amputat sinnbildlich durch getrennte Türen in den Operationssaal (6).

Unter einer heterotopen Replantation versteht man die Replantation eines Amputats auf einen anderen als den anatomisch korrekten Strahl. Anwendung findet dieses Konzept bei der Pollizisation. Dabei wird ein Fingeramputat auf den Daumenstumpf genäht, wenn das Daumenamputat selbst nicht replantierbar erscheint (7).

Amputationsverletzungen lassen sich anhand der Verletzungshöhe in Makro- und Mikroamputationen unterteilen. An der oberen Extremität spricht man von einer Makroamputation, sobald sich die Amputationslinie proximal des Radiokarpalgelenks befindet. Liegt sie distal davon, bezeichnet man die Verletzung als Mikroamputation.

Analog dazu bildet an der unteren Extremität das Sprunggelenk die Grenze zwischen Makro- und Mikroamputationsverletzungen. Das entsprechende operative Verfahren lautet Makro- bzw. Mikroreplantation (5).

In Abhängigkeit von dem Verletzungsmechanismus lassen sich Amputationsverletzungen in weitere Kategorien einteilen. Amputationen im Rahmen einer glattrandigen Schnittverletzung bieten meist die besten Voraussetzungen für die Replantation, da sich die Traumatisierung des Gewebes in Grenzen hält (5). Die Problematik der Quetschverletzungen liegt in den ausgedehnten, nicht primär beurteilbaren Gewebeschäden, die häufig noch weit von dem eigentlichen Amputationsniveau entfernt vorhanden sind. Die Gefäße zeigen oft schwere, langstreckige Intimaschäden, die bei unzureichender Resektion Ursprung für spätere Perfusionsstörungen sein können (5). Im Gegensatz zu den „Guillotine“-Verletzungen werden Quetschungen durch stumpfe Gegenstände wie Walzen oder Pressen verursacht. Ausrissamputationen liefern aufgrund der unterschiedlichen Abtrennungshöhen der verschiedenen Gewebestrukturen häufig den ungünstigsten Ausgangsbe- fund für die Replantation (5). Avulsionsverletzungen stellen eine besondere Kategorie dar, da sie umfangreiche Schäden an Gefäßen, Nerven und Haut verursachen. Auch bei dieser Art von Amputation können die Abtrennungsebenen der Gefäße und Nervenfasern von der tatsächlichen Amputationslinie variieren (8). Verursacht werden Avulsionsverletzungen vor allem durch das Tragen von Schutzhandschuhen bei der Arbeit mit rotierenden Werkzeugen wie Kreissägen oder Bohrmaschinen. Ein weiteres Beispiel ist die Ringavulsion. Diese ist gekennzeichnet durch die Abtrennung des Weichteilmantels vom Bewegungsapparat, wobei das Skelett erhalten bleibt (5).

1.2 Indikationen

Zu Beginn der Replantationschirurgie wurde versucht, nahezu jede amputierte Gliedmaße zu replantieren, wobei der Erfolg allein am Überleben des Replantates gemessen wurde (1). Aufgrund von Langzeituntersuchungen, die erhebliche funktionelle Defizite nach Replantationen aufdeckten, wurden schließlich strenge Indikationen definiert, um die Ergebnisse zu optimieren (9). Heutzutage ist für den Erfolg einer Replantation nicht nur die Einheilung entscheidend, sondern ebenso das funktionelle Spätergebnis des Eingriffs (5).

Die Entscheidung, einen amputierten Finger zu replantieren, basiert auf zahlreichen Faktoren, die das Replantatüberleben sowie das funktionelle Outcome beeinflussen. Nicht alle Patienten profitieren von einer Replantation oder sind Kandidaten für eine solche (10). Dementsprechend muss vor einer Indikationsstellung die Gesamtsituation evaluiert werden. Folgende Kriterien sind zu analysieren: die Replantationsfähigkeit und -eignung, das Replantationsrisiko, die Rekonstruktionswürdigkeit von Amputat und Stumpf sowie die Replantationswilligkeit des Patienten (5).

Die Operabilität und damit die Replantationsfähigkeit des Patienten ist abhängig von seinem aktuellen Allgemeinzustand. Bei vital bedrohlichen Verletzungen im Rahmen eines Polytraumas gilt der Grundsatz "life before limb" (5).

Mangelnde Replantationseignung weisen beispielsweise Patienten auf, die an einer chronischen Grunderkrankung leiden, welche die periphere Durchblutung beeinträchtigt (5, 9, 11). Nach Hustedt et al. zeigen Patienten mit mehr als drei Komorbiditäten sowie Patienten mit Hoch-Risiko-Begleiterkrankungen wie peripheren Gefäßerkrankungen oder Adipositas ein signifikant erhöhtes Risiko für ein Replantatversagen auf (12). Nicht geeignet sind außerdem unkooperative Patienten, die eine postoperative Versorgung und Rehabilitation verweigern (13).

Ein erhöhtes Replantationsrisiko besteht vor allem im Rahmen von Makroamputationen. Aufgrund der enthaltenen Muskulatur tolerieren diese im Vergleich zu Fingeramputationen eine weitaus geringere Ischämiezeit. So kann im Zuge einer Makroreplantation nach prolongierter Ischämiezeit der systemische Rückfluss toxischer Metabolite zu lebensbedrohlichen Komplikationen wie akutem Nierenversagen führen. Die Rekonstruktionswürdigkeit wird durch den zu erwartenden funktionellen Nutzen der Replantation bestimmt. Abhängig vom Alter des Patienten sowie der Amputationshöhe, Art und Anzahl der betroffenen Finger ergeben sich absolute und relative Indikationen (5). Dabei sollten die individuellen Wünsche und Bedürfnisse des Patienten berücksichtigt werden und in Abhängigkeit von dessen Beruf und aktueller Lebenssituation geurteilt werden (5).

Allgemein anerkannte Indikationen für die Replantation sind die Amputationsverletzung des Daumens, mehrerer Langfinger, der Hand sowie jegliche Amputation im Kindesalter (9, 14). Einigkeit besteht darin, dass bei einer Amputation des Daumens unabhängig von der Amputationshöhe immer ein Replantationsversuch durchgeführt werden sollte, da der Daumen allein 40% der Handfunktion ausmacht und die

Opposition des ersten Strahls für das Greifen grundlegend ist (15). Auch bei Mehrfingeramputationen besteht eine absolute Indikation zur Replantation, wobei die für die Handfunktion wesentlichen Strahlen optimal besetzt werden sollten. Hier kann neben der normotopen auch die heterotope Replantation zum Einsatz kommen. Einige Autoren erachten die Rekonstruktion des Ring- und Kleinfingers aufgrund ihrer Relevanz für den Grobgriff am wichtigsten (8, 10). Nach Bickert et al. sollte bei einer Mehrfingeramputationsverletzung zumindest der Drei-Punkte-Griff zwischen dem Daumen und zwei Fingern auf dem dritten und vierten Strahl wiederhergestellt werden (7). Ebenso gelten Hand- und Mittelhandamputationen als absolute Indikationen zur Replantation. Auch bei Kindern sollte eine Replantation unabhängig von der Amputationshöhe versucht werden. Sie weisen ein enormes Anpassungspotenzial auf und die Reinnervation ist oft nahe an der Norm (15). Bei älteren Menschen stellen eine schlechte Nervenregeneration sowie Gelenksteifigkeit, Kraftverlust und Koordinationschwächen Herausforderungen für ein funktionell befriedigendes Resultat dar (9). Dennoch spielt das Lebensalter eine untergeordnete Rolle, da auch bei Patienten fortgeschrittenen Alters gute funktionelle Ergebnisse erreicht werden können.

Kriterien für die Replantationswürdigkeit von Amputat und Stumpf betreffen zudem Ausmaß und Schweregrad der Verletzung. Während glatte Amputationen vom Typ "Guillotine" als gute Kandidaten für eine Replantation gelten, weisen stark zerquetschte oder avulsierte Finger oft umfangreiche Gefäß-, Nerven- und Weichteilschäden auf, welche eine Replantation unmöglich machen können (9).

Die Replantation eines Einzelfingers im Erwachsenenalter ist immer noch umstritten (16). Für viele Menschen stellt ein fehlender Finger nur ein vergleichsweise geringes Funktionsdefizit dar, während ein replantierter Finger durch mangelnde Beweglichkeit, Kälteempfindlichkeit und Schmerz womöglich sogar die Funktion der gesamten Hand beeinträchtigt (7). Eine relative Indikation für die Replantation eines Einzelfingers ist jedoch bei Patienten zu finden, die händisch anspruchsvolle Berufe oder Hobbys ausüben, wie z. B. Musiker (9, 15). Im Rahmen der Einzelfingerreplantation gewinnt die Amputationshöhe an Relevanz. Während eine Replantation distal des Ansatzes der oberflächlichen Beugesehne ein gutes funktionelles Ergebnis erwarten lässt, kann eine Arthrodesis des proximalen Interphalangealgelenks nach Replantation zu einer Einschränkung der gesamten Handfunktion führen, weshalb isolierte Fingerreplantationen auf Höhe dieses Gelenks nicht empfohlen werden (9, 13, 17). Replantationen im

Bereich der distalen Phalanx wurden ursprünglich abgelehnt, da sie vor allem hinsichtlich der venösen Reanastomisierung technisch sehr anspruchsvoll sind. Gelingt die Endgliedreplantation jedoch, so zeigt sich gegenüber der Stumpfbildung durch den Längenerhalt ein wesentlich besseres funktionelles und ästhetisches Ergebnis (5, 13).

Tabelle 2: Indikationen für die Replantation

Absolute Indikationen	Relative Indikationen
Daumenamputation	Einzelfingeramputation
Mehrfingeramputation	Endgliedamputation
Amputation im Kindesalter	Spezielle Berufsanforderungen
Mittelhandamputation	
Handamputation	
Unterarmamputation	
Oberarmamputation	

Die Replantationswilligkeit legt die persönlichen Bedürfnisse und Erwartungen des Patienten fest. Unmittelbar nach dem Unfall besteht in der Regel der Wunsch nach einem Ungeschehenmachen der Verletzung und einer vollständigen Wiederherstellung der körperlichen Integrität. Daher ist der Patient meist nicht in der Lage, eine seinen Vorstellungen angemessene Risiko-Nutzen-Abwägung vorzunehmen. Viele Patienten gehen davon aus, dass durch die Replantation die gewohnte schmerzfreie Funktion ihrer Gliedmaßen wiederhergestellt wird (5). Umso bedeutender ist die qualifizierte Aufklärung und Beratung durch den erfahrenen Replantationschirurgen (18). Neben den frühen Komplikationen eines solchen Eingriffes, wie Revisionsoperationen und Verlust des Replantates, muss darauf hingewiesen werden, dass selbst bei guter Einheilung fast immer mit bleibenden Funktionseinbußen der replantierten Gliedmaße zu rechnen ist. Dabei sollten Langzeitprobleme wie Bewegungseinschränkungen, Sensibilitätsstörungen, Schmerzen und Kälteintoleranz unbedingt genannt werden. Im Vergleich zur primären Stumpfversorgung bedeutet eine erfolgreiche Replantation außerdem meist einen längeren Krankenhausaufenthalt und eine längere Arbeitsrückkehrzeit (14). Aufgrund der verletzungsbedingten psychischen Ausnahmesituation entscheiden sich jedoch die weitaus meisten Patienten auch in Kenntnis der Risiken für eine Replantation (6).

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass im Rahmen der Indikationsstellung zur Replantation neben der Berücksichtigung der zahlreichen Kriterien und Richtlinien die individuelle Beurteilung eines jeden Falles von entscheidender Bedeutung ist.

1.3 Erstversorgung

Die Erstversorgung der Amputationsverletzung beeinflusst die Voraussetzungen für die Replantation entscheidend. Eine adäquate Behandlung von Amputat und Stumpf ist von wesentlicher Bedeutung für das Ergebnis des Eingriffs.

Nach Sicherung der Vitalfunktionen des Patienten sollte das Amputat in einem trockenen Tuch geborgen und in einer mit Wasser und Eis gefüllten Tüte transportiert werden. Um Frostschäden zu verhindern, ist ein direkter Kontakt mit dem Eis unbedingt zu vermeiden (10).



Abbildung 1: Erstversorgung des Amputates (19)

Unter den Gewebeformen der Extremitäten weist der Muskel die geringste Ischämietoleranz auf. Durch optimale präoperative Kühlung kann die Zeitspanne zwischen Amputation und Wiederherstellung der Blutzirkulation allerdings erheblich verlängert werden (5). Dabei wird für Makroamputationen eine maximale Ischämiezeit von acht Stunden angenommen, für Mikroamputationen liegt sie aufgrund der geringen Muskelmasse bei 24 Stunden (20). Die adäquate Kühlung erfordert eine trockene Kälte von 4°C (7). Sowohl das Amputat wie auch der Amputationsstumpf dürfen nicht manipuliert werden. Zur Blutstillung im Bereich des Stumpfes ist ein Druckverband ausreichend.

Das präoperative Anlegen einer Blutsperre zur Blutstillung macht die für die Replantation notwendige Blutleere unmöglich und kann die Extremität sogar durch eine insgesamt zu lange Blutsperre gefährden. Bei insuffizienter Anlage kann es außerdem zu einem erheblichen Blutverlust kommen (6). In jedem Fall ist der Tetanusschutz des Patienten zu überprüfen und gegebenenfalls aufzufrischen, insbesondere in Fällen, in denen eine Kontamination stattgefunden hat. Zudem sollte ein Breitspektrumantibiotikum verabreicht werden (10). Anschließend sollten Patient und Amputat so schnell wie möglich in das nächstgelegene Replantationszentrum gebracht werden (5).

1.4 Operation

Die Amputation ist eine komplexe Verletzung, welche die Rekonstruktion verschiedenster Strukturen mit unterschiedlichen Anforderungen an die Operation und Rehabilitation erfordert (21).

Präoperativ sollten Röntgenaufnahmen des Amputates sowie des Stumpfes durchgeführt werden, um das Ausmaß und den Schweregrad der knöchernen Beteiligung zu bestimmen und weitere ossäre Verletzungen auszuschließen (5, 8). In der Regel kommt bei Makroamputationen die Allgemeinanästhesie zum Einsatz. Diese eignet sich auch bei sehr ängstlichen oder unkooperativen Patienten sowie bei Amputationsverletzungen im Kindesalter. Im Rahmen einer Fingerreplantation ist die supraklavikuläre oder axilläre Plexusanästhesie in Erwägung zu ziehen. Mitunter bietet sich auch die Kombination aus Allgemein- und Regionalanästhesie an, da die Plexusanalgesie nicht nur der Schmerzreduktion dient, sondern vor allem auch durch die Vasodilatation der Gefäße eine bessere Perfusion gewährleistet (10, 22). Um Zeit zu sparen, kann bei Totalamputationen die Präparation der Strukturen am Amputat und damit die Beurteilung des Verletzungsausmaßes bereits während der Narkoseeinleitung beginnen (5, 15).

Die Replantation beginnt mit einem konsequenten Debridement der verletzten Gewebeanteile. Dabei werden Amputat und Stumpf gründlich gereinigt und desinfiziert. Fremdkörper wie Sägemehl, Grashalme und Glassplitter müssen sorgsam beseitigt werden. Sichtbar geschädigtes Gewebe sollte radikal entfernt werden. Der proximale Unterarm des Patienten wird ebenfalls desinfiziert, um bei Bedarf Venen- und Nerveninterponate oder Hauttransplantate entnehmen zu können (7).

Anschließend werden alle zu rekonstruierenden Strukturen identifiziert und markiert.

Nach dem Konzept des "Ersatzteillagers" können bei Serienamputationsverletzungen nicht replantierbare Amputate dazu dienen, einen besser erhaltenen Finger zu rekonstruieren (7, 9, 15). Es bietet sich an, den Finger mit der besten Überlebenschance und der größten Bedeutung für die Handfunktion zuerst zu replantieren (10). Über die optimale Operationsreihenfolge besteht keine Einigkeit, ein Großteil der Autoren bevorzugt es aber, die Rekonstruktion von Knochen und Sehnen vor den Gefäß- und Nervenreparaturen durchzuführen (10).

Die Versorgung der Skelettschäden beginnt bei Bedarf mit der Verkürzungsosteotomie, welche wichtige Voraussetzungen für die spätere Replantation schafft. Zum einen lassen sich durch die Knochenkürzung die Bedingungen für eine stabile Osteosynthese verbessern und das Risiko einer Pseudarthrosenbildung reduzieren, zum anderen werden spannungsfreie Gefäß- und Nervenvereinigungen ermöglicht. Um Funktionseinbußen zu verhindern, sollte jedoch nicht zu stark gekürzt werden, sondern stattdessen Interponate zur Überbrückung der Gefäß- und Nervendefekte zum Einsatz kommen (5). Durch eine bruchstabile Frakturversorgung werden die Gefäßanastomosen und der Blutfluss geschützt sowie die Muskelsehnenspannung aufrechterhalten. Zusätzlich muss ausreichend Bewegungsfreiheit gewährleistet sein, um Adhäsionen der Nerven und Sehnen zu vermeiden (21). Die Wahl des geeigneten Osteosyntheseverfahrens wird neben den Fraktureigenschaften auch durch die jeweilige Amputationshöhe beeinflusst (21). Für die Osteosynthese im Rahmen einer Replantation stehen eine Vielzahl an Implantaten zur Verfügung. Bei Makroamputationsverletzungen werden hauptsächlich Platten, Schrauben oder externe Fixateure eingesetzt (8). Amputationen im Phalangenbereich werden überwiegend mittels Drahtosteosynthese versorgt. Auch kleine Schrauben oder Miniplatten können zum Einsatz kommen. Diese vermitteln zwar eine höhere Stabilität, haben aber den Nachteil, dass zur Einbringung des Materials häufig weiteres Gewebe verletzt werden muss. Viele Autoren favorisieren die Kirschner-Draht-Osteosynthese, da diese Technik schnell und einfach durchzuführen ist. In Kombination mit Cerclagedrähten wird die Stabilität gegenüber Rotationskräften erhöht und eine zusätzliche Kompression auf die Fraktur ausgeübt (9, 15, 21). Bei Amputationen auf Schafthöhe werden zur Refixierung vorwiegend gekreuzte Kirschner-Drähte verwendet, während bei Amputationen auf Höhe der Interphalangealgelenke meist eine Arthrodese in Funktionsstellung durchgeführt wird (15). Nach stabiler Osteosynthese erfolgt die Rekonstruktion des Sehnenapparates. Um die

normale Haltung und Gewebespannung des Fingers wiederherzustellen, sollten die Beugesehnen vor der Nerven- und Gefäßreparatur versorgt werden (13). Wenn möglich, sollten dabei immer beide Beugesehnen rekonstruiert werden (5). Auf jeden Fall muss die tiefe Beugesehne wiederhergestellt werden. Nach Resektion in unverletztes Gebiet stehen für die Adaptation der Enden verschiedenen Techniken zur Verfügung wie die Verfahren nach Kirchmayr, Zechner, Tsuge, Tajima oder Kessler. Nach Möglichkeit sollten auch Sehnenscheiden und Ringbänder rekonstruiert werden (15). Anschließend erfolgt die Wiederherstellung der Strecksehnen mit U-Nähten. Bei der Rekonstruktion des Sehnenapparates ist äußerste Sorgfalt geboten, da die Stabilität der Sehnennaht große Auswirkungen auf das funktionelle Spätergebnis hat (7).

Eine adäquate Sensibilität ist für die Funktionalität des replantierten Fingers von großer Bedeutung. Die Nerven sollten möglichst spannungsfrei adaptiert werden. Bei umfangreichen Defekten können Interponate von Hautnerven der Extremitäten zum Einsatz kommen (7). Für die epineurale Nervennaht wird üblicherweise 9-0 oder 10-0 Nylon-Nahtmaterial verwendet (8).

Nach Eröffnen der Blutsperre erfolgen die mikrochirurgischen Gefäßnähte mithilfe des Operationsmikroskops (7). Indem die Anastomosen der Arterien vor der der Venen durchgeführt werden, lässt sich die Ischämiezeit begrenzen und verhindern, dass freie Radikale in den Körper gespült werden. Außerdem erleichtert diese Sequenz die intraoperative Identifizierung von Venen durch die Beobachtung von Reflux (23). Für eine suffiziente Durchblutung des Replantates besteht die Voraussetzung, dass die arterielle Anastomose spannungsfrei in einem Bereich unverletzter Gefäßstrecken durchgeführt wird. Daher sollten die Arterien bis ins Gesunde reseziert werden. Falls große Gefäßdefekte und ausgedehnte Resektionen eine spannungsfreie Anastomose unmöglich machen, können großzügig Gefäßinterponate eingesetzt werden (7, 9). Am häufigsten werden Veneninterponate vom Handrücken oder Unterarm verwendet. Dabei ist darauf zu achten, das Venentransplantat wegen der Klappen um 180° zu wenden. Zudem sollten die Gefäßdurchmesser möglichst kongruent sein. Besonders gut eignen sich Arteriensegmente nicht replantierbarer Finger (15). Im Idealfall werden beide palmaren Fingerarterien readaptiert, da mit steigender Zahl der Gefäßanastomosen das Risiko thrombembolischer Ereignisse sinkt (18). Für die arterielle Anastomose werden 9-0, 10-0 oder 11-0 Nylonnähte verwendet (8). Nach Eröffnen der Anastomose sollte sich der Finger als Zeichen der suffizienten Durchblutung rasch

rosig färben (7). Gegebenenfalls kann auch eine Beurteilung der Reperfusion mittels Fluoreszenzangiographie nach intravenöser Gabe von Indocyaningrün erfolgen (24). Die vorausgegangene Arterienanastomose erleichtert das Auffinden geeigneter Venen durch den zu beobachtenden Reflux (15). Nach Angaben in der Literatur weisen replantierte Finger mit steigender Anzahl venöser Anastomosen bessere Einheilungsraten auf (25). Bei langen Defektstrecken können zur Gewährleistung einer spannungsfreien Adaptation ebenfalls Veneninterponate eingesetzt werden. Besteht zusätzlich ein Hautdefekt, kann eine Deckung mittels venösem Durchstromlappen erfolgen (15). Je distaler die Amputationslinie, desto schwieriger ist aufgrund der kleinkalibrigen Gefäße die Rekonstruktion einer Venenverbindung. Im Endgliedbereich ist dies oft unmöglich, so dass der venöse Abfluss über die Wundfläche erfolgt, bis sich eine neue Verbindung gebildet hat (15).

Ein spannungsfreier Wundverschluss ist essenziell, da ein zu starker Druck auf die sensiblen Gefäßanastomosen die Durchblutung stark beeinträchtigen und zu Nekrosen und Verlust des Replantates führen kann. Ist ein lockerer Verschluss nicht möglich, sollten Hauttransplantate oder Lappenplastiken zum Einsatz kommen. Spalthauttransplantate eignen sich für kleine Defekte. Größere Wundflächen, insbesondere bei Freilegung des Skeletts oder der Sehnen, können eine Lappendeckung erfordern (13, 15).

Der Verband sollte eine Kompression des Replantates unbedingt verhindern und eine gute Beurteilung der Blutzirkulation ermöglichen. Hierfür eignen sich weiche Watteverbände oder Baumwollbinden. Um den venösen Abfluss zu verbessern, ist die betroffene Extremität leicht erhöht und in Supinationsstellung zu lagern (7).

1.5 Postoperative Therapie

Während der ersten Tage sollte die Perfusion des Replantates anhand der Farbe, des Turgors, der Temperatur und der Kapillarfüllung engmaschig kontrolliert werden (5, 15). Eine blasse, weiche Fingerkuppe mit verzögerter Rekapillarisation deutet auf eine arterielle Perfusionsstörung hin, während eine livide, ödematöse Fingerkuppe mit rascher Kapillarfüllung einen venösen Verschluss anzeigt. Eine Temperaturdifferenz von mehr als 2°C im Vergleich zu unverletztem Gewebe gilt als negativer Prädiktor für das Überleben des Replantates (11). Durchblutungsstörungen müssen rasch detektiert werden, wobei sich die klinische Evaluation gegenüber apparativen Maßnahmen

als unterlegen erwies (26, 27). Da aber keines der bisher erprobten technischen Verfahren eine kostengünstige, kontinuierliche und einfach zu interpretierende Alternative darstellt, gilt die klinische Beurteilung trotz der relativ späten Detektion von Perfusionsstörungen in den meisten Zentren weiterhin als Goldstandard.

Im Falle einer arteriellen Thrombose muss die Anastomosenrevision sofort erfolgen. Eine kritische venöse Stauung mit zunehmend zyanotischem Replantat lässt sich zunächst durch medizinische Blutegel behandeln (8). Deren Applikation bietet den Vorteil einer sehr geringen Gewebetraumatisierung bei gleichzeitig langanhaltender lokaler Blutgerinnungshemmung mittels Hirudinsekretion (5). Die Egel können in weniger als 15 Minuten das bis zu Sechsfache ihres Körpergewichts an Blut entnehmen und etwa drei Tage lang den Blutfluss eines venös insuffizienten Fingers sichern (7, 17).

Bezüglich der medikamentösen Behandlung in der postoperativen Phase existiert bisher kein allgemeingültiges Schema, weshalb viele mikrochirurgische Abteilungen ihre eigenen spezifischen Protokolle besitzen. Da die Hauptkomplikationen in der Frühphase nach Replantation in arteriellen oder venösen Perfusionsstörungen bestehen, soll die medikamentöse Therapie in erster Linie für eine Verbesserung der Durchblutung und eine Verhinderung thromboembolischer Ereignisse sorgen. Als Grundpfeiler der postoperativen Antikoagulation gelten Thrombozytenaggregationshemmer, unfraktioniertes oder niedermolekulares Heparin sowie hyperosmolare Infusionslösungen wie Dextrane. Letztere dienen der hypervolämen Hämodilution zur Verbesserung der rheologischen Eigenschaften des Blutes (7, 8, 15, 18).

Eine suffiziente postoperative Schmerztherapie hat nicht nur eine hohe Bedeutung für die Lebensqualität des Patienten, sondern ermöglicht auch eine frühe physiotherapeutische Behandlung (5). Die postoperative Blockade des Sympathikus mithilfe der Plexuskatheteranalgesie kann außerdem Vasospasmen vorbeugen und durch Dilatation der peripheren Gefäße die Durchblutung verbessern (10).

Da Amputationsverletzungen im Allgemeinen durch eine beträchtliche Verschmutzung und Kontamination der Wundflächen gekennzeichnet sind, ist die perioperative Gabe von Breitbandantibiotika obligat (8).

Während der ersten postoperativen Tage empfiehlt sich Bettruhe, um Blutdruckschwankungen und Vasospasmen zu vermeiden (5, 15). Der anfänglichen Ruhigstellung folgt eine passive und aktive Mobilisierung durch intensive Physiotherapie, da die

motorische und sensorische Rehabilitation für die Funktionalität der replantierten Gliedmaße von enormer Bedeutung ist (8).

1.6 Komplikationen und Sekundäreingriffe

Während Frühkomplikationen das Überleben des Replantates gefährden, führen Spätkomplikationen zu einer Beeinträchtigung des funktionellen Ergebnisses (5). Zu den Frühkomplikationen, welche in der Regel während der ersten drei Tage nach Replantation auftreten, zählen arterielle und venöse Durchblutungsstörungen sowie Nachblutungen und Infektionen (5, 8). Gefäßverschlüsse stellen die häufigste postoperative Komplikation dar, wobei die Inzidenz in den ersten 36 Stunden am höchsten ist (18). Als Ursachen thromboembolischer Ereignisse kommen Vasospasmen, technische Anastomosenmängel, Wundinfektionen, Gefäßwandschäden oder Zirkulationsstörungen durch Gefäßkompression in Betracht. Gemäß der Virchow-Trias induzieren die rheologischen Veränderungen die Entstehung einer Thrombose (5). Dabei macht es wenig Unterschied, ob zuerst ein arterielles oder venöses Gefäß betroffen ist, denn dem Verschluss der einen Seite folgt mit einer gewissen Latenz der Verschluss der anderen (18).

Im Rahmen der arteriellen Okklusion offenbart sich klinisch eine blasse Verfärbung des Replantates sowie eine Abnahme von Hauttemperatur und Turgor. Bei Nageldruck zeigt sich eine verzögerte Kapillarfüllung und auf Nadelstich kommt es zu keiner bemerkenswerten Blutung an der Fingerbeere. Im Gegensatz zum venösen Verschluss besteht die Indikation zur sofortigen operativen Revision (5). Bei nachweisbaren Intimaschäden erfolgt im Anschluss an die Thrombektomie eine ausreichende Resektion des betroffenen Gefäßabschnittes mit Neuanlage eines Veneninterponates (28).

Die venöse Okklusion ist charakterisiert durch eine starke Schwellung des Replantates mit livider Verfärbung der Haut und frühzeitig tastbarem Kapillarpuls (5). Gelingt es nicht, den venösen Abfluss zeitgerecht wiederherzustellen, droht die arterielle Thrombose mit Verlust des Replantates (28). Zunächst sollte der Verband gelockert und gegebenenfalls die Hautnähte eröffnet werden, um eine extrinsische Kompression der Venen zu beheben. Leichte Stauungen können auch durch Hochlagerung der betroffenen Extremität sowie Hautstichelungen und Nagelinzisionen verbessert werden. Bei moderaten Abflussstörungen können außerdem medizinische Bluteigel

eingesetzt werden, um den venösen Druck zu reduzieren, den Abfluss zu unterstützen und die antikoagulatorische Wirkung des im Speichel enthaltenen Hirudins zu nutzen. Lässt sich die venöse Stauung durch konservative Maßnahmen nicht beheben, sollte ebenfalls eine operative Revision erwogen werden (29).

Die Fingerreplantation kann mit einem erheblichen intra- und postoperativen Blutverlust verbunden sein, welcher unter Umständen sogar den Einsatz von Bluttransfusionen erfordert. Besonders die Fortführung einer bereits präoperativ bestehenden Antikoagulation bei Komorbiditäten erhöht das Risiko einer Nachblutung. Neben den Hämoglobin- und Hämatokritwerten sollte auch der replantierte Finger selbst genau überwacht werden (29).

Durch die in der Regel kontaminierte Wundfläche im Rahmen der Amputationsverletzung gehören auch Infektionen zu den Frühkomplikationen. Die prophylaktische Verabreichung von Antibiotika dient der Minimierung des Infektionsrisikos (29).

Bei ausbleibender Einheilung des replantierten Fingers spricht man von Replantatversagen. Dabei zeigt sich ein ischämischer und nachfolgend nekrotischer Finger. Vor der Reamputation wird oftmals die vollständige Demarkation abgewartet (29).

Mit erfolgreicher Einheilung ist zwar die Vitalität gesichert, Spätkomplikationen können aber die Funktion des Replantates erheblich beeinträchtigen. Um das funktionelle Outcome zu verbessern, benötigen viele Patienten weitere rekonstruktive Operationen (8). Zu den häufigsten Spätkomplikationen gehören Sehnenverwachsungen und -rupturen, Pseudarthrosen, Fehlstellungen und Narbenkontrakturen. (5) Die lange Ruhigstellung einzelner Gelenke bedingt Sehnenverklebungen, welche zu Bewegungseinschränkungen führen. Diese können drei Monate nach Primäreingriff mittels operativer Tenolyse therapiert werden (9). Re-Osteosynthesen und Arthrodesen dienen der Korrektur von Achsenfehlstellungen, Gelenkinstabilität und Pseudarthrosen. Letztere entstehen infolge der möglichst frühzeitigen Mobilisierung zur Vermeidung von Sehnenadhäsionen (5). Mithilfe von Haut- oder Lappenplastiken können narbenbedingte Kontrakturen korrigiert werden.

Viele Patienten mit replantierten Fingern klagen zudem über Kälteempfindlichkeit, welche ein erhebliches Problem im Berufsleben und in der Freizeit darstellen kann (30). Die Ergebnisse der Studie von Nylander et al. deuten darauf hin, dass das Symptom der Kälteintoleranz nach Fingerreplantation auf eine Störung der Vasoregulation zurückzuführen ist. Demzufolge ist die Wiederherstellung der

Nervenfunktion von besonderer Bedeutung (31).

Grundsätzlich gelten Sekundäreingriffe nach Fingerreplantation als die anspruchsvollsten Verfahren in der Handchirurgie. Folglich sollte jeder Versuch unternommen werden, um alle Strukturen in der Primäroperation wiederherzustellen (13).

1.7 Ergebnisse

Die Evaluation der Ergebnisse nach Replantationen im Handbereich lässt sich nach dem Vitalitätserhalt und dem funktionellen Spätergebnis klassifizieren (5). Bisher existiert jedoch kein international standardisiertes Konzept, um die Einheilungsraten und die Ergebnisse der Nachuntersuchungen zu bewerten. Der Vergleich der Resultate wird zudem durch Diskrepanzen in der Datenberichterstattung erschwert (32). Tatsächlich unterscheidet sich die Definition einer erfolgreichen Replantation zwischen den verschiedenen Studiendesigns. Die von vielen Studien berichteten Erfolgsquoten sind eigentlich Raten der anfänglichen Vitalität des Replantates (11). Funktionelle oder sozioökonomische Langzeitergebnisse werden in diesem Zusammenhang selten erfasst. Zudem variieren die in der Literatur angegebenen Einheilungsraten stark. Eine Meta-Analyse von Shaterian et al. ergab Vitalitätsquoten zwischen 48% und 97% in 32 Studien (25).

Im Allgemeinen werden die Langzeitergebnisse anhand der Sensibilität und Beweglichkeit der replantierten Finger sowie der Handkraft und subjektiven Lebensqualität des Patienten beurteilt. Seltener erfolgt die Darstellung sozioökonomischer Sachverhalte, wie etwa die Dauer der Arbeitsunfähigkeit oder die Rückkehr in das bisherige Berufsfeld. Diese Messungen werden allerdings uneinheitlich berichtet und variieren stark zwischen den Publikationen (32).

Um einen sinnvollen Vergleich zu gewährleisten, fordern viele Autoren standardisierte Untersuchungen. So befürworten Cho et al. die Beurteilung der Sensibilität des replantierten Fingers anhand der Zweipunktdiskrimination oder der Semmes-Weinstein-Monofilamente (11). Zur Bewertung der Fingerbeweglichkeit sollte laut Sebastin et al. der aktive Bewegungsumfang der einzelnen Fingergelenke durch manuelle Goniometrie nach der Neutral-Null-Methode gemessen und addiert werden (total active motion, TAM) (32). Weiterhin empfehlen viele Autoren, die Handkraft mithilfe des Jamar-Dynamometers zu messen. Die Darstellung der Ergebnisse erfolgt dabei als Angabe der Werte der verletzten Seite in Prozent der Werte der gesunden Seite. Mit der

Erhebung der Parameter sollte mindestens ein Jahr gewartet werden, um sicherzustellen, dass die Regeneration ein Plateau erreicht hat und eine weitere Funktionsverbesserung unwahrscheinlich ist (32).

Nach einer Replantation können sich zahlreiche Komplikationen ergeben. Kategorien wie schwer, mittel und mild beruhen auf einer subjektiven Beurteilung, welche eine starke Verzerrung verursachen kann. Daher empfehlen Sebastin et al., Komplikationen grundsätzlich als vorhanden oder nicht vorhanden darzustellen (32).

Für eine vollständige Beurteilung des Erfolgs einer Fingerreplantation ist die subjektive Bewertung der Ergebnisse durch den Patienten unerlässlich (11). Fragebögen werden zunehmend eingesetzt, um die Zufriedenheit des Patienten mit der Replantation zu erfassen (33). Im Rahmen von Handtraumata wurde der „Disabilities of the Arm, Shoulder and Hand“(DASH)-Fragebogen für besonders valide befunden (34). Der Aspekt der Berufsrückkehr ist nach Sebastin et al. so zu bewerten, dass kategorisiert wird, ob der Patient in der Lage war, in den früheren Beruf zurückzukehren, er den Beruf wechseln musste oder er überhaupt nicht mehr arbeiten konnte (32).

Um qualitativ hochwertige Evidenz zu liefern, sollte eine umfassende Beurteilung der Handfunktion sowohl objektiv messbare Parameter als auch subjektive Messwerte sowie sozialmedizinisch relevante Daten beinhalten.

2 Zielsetzung und Fragestellung

Die Finger stellen nicht nur die wichtigsten Werkzeuge im menschlichen Arbeitsleben dar, sondern sie spielen in funktionaler und ästhetischer Hinsicht auch eine entscheidende Rolle im gesellschaftlichen Miteinander. Der Erfolg einer Replantation ist nicht allein von dem Auftreten postoperativer Komplikationen wie Perfusionsstörungen oder Infektionen abhängig. Gerade bei Überleben des Replantates zeigen sich erhebliche Herausforderungen in der funktionellen Nachbehandlung wie auch der beruflichen Wiedereingliederung. Diese Patienten erleben postoperativ häufig eine prolongierte Rekonvaleszenz und werden selbst unter aufwändigen Rehabilitationsverfahren nicht zwingend wieder in ihrem vor dem Unfall ausgeübten Beruf arbeitsfähig. Auch der Gebrauch der Hand im privaten Umfeld zeigt sich häufig dauerhaft beeinträchtigt.

In der Literatur existieren bereits einige Studien, die den Einfluss verschiedener Faktoren auf das Überleben des Replantates nach Fingeramputationsverletzung

untersuchen (10, 12, 25, 35, 36). Nur wenige Studien berichten hingegen über funktionelle oder sozioökonomische Ergebnisse.

Ziel dieser Arbeit ist es, einen Zusammenhang zwischen Einheilungserfolg, funktionellem Spätergebnis und verschiedenen potenziellen Einflussfaktoren herzustellen. Ausgehend vom Patientenkollektiv des Hochschulzentrums für Plastische und Ästhetische, Hand- und Wiederherstellungschirurgie Regensburg wurden retrospektiv perioperative Daten erfasst sowie im Rahmen einer klinischen Nachuntersuchung Langzeitergebnisse bezüglich der Handfunktion und der Arbeitsfähigkeit erhoben. Im Folgenden werden die objektiven und subjektiven Behandlungsergebnisse dargelegt sowie die Abhängigkeit dieser Behandlungsergebnisse von den Eigenschaften der Verletzung, der medizinischen Versorgung sowie den Merkmalen des Patienten analysiert. Hierdurch sollen neue Erkenntnisse bezüglich der Behandlungsqualität im internationalen Vergleich sowie der Nachbehandlung gewonnen werden.

3 Material und Methoden

3.1 Patientenkollektiv

Von März 2007 bis Mai 2018 wurden insgesamt 153 Patienten mit Amputationsverletzungen der oberen Extremität am Hochschulzentrum für Plastische und Ästhetische, Hand- und Wiederherstellungschirurgie mit den Standorten Universitätsklinikum Regensburg und Caritas-Krankenhaus St. Josef versorgt. Von diesen konnten 62 Patienten klinisch nachuntersucht werden und weitere 18 Patienten telefonisch befragt werden. Die restlichen 73 Patienten waren nicht kontaktierbar oder lehnten die Studienteilnahme ab. Ein Ethikvotum wurde eingeholt (18-1267-101).

Ein Teil der Studienergebnisse ergab sich aus der retrospektiven Datenanalyse. Es erfolgte eine Durchsicht der elektronischen Krankenakten (SAP® ERP 6.0 mit EHP7, Walldorf und MCC® der Meierhofer AG, München) aller 153 Patienten. Somit beziehen sich die Ergebnisse der Studie, welche allein aus diesen Akten entnommen wurden, auf alle 153 Patienten.

Zusätzlich erfolgte zum einen die Nachuntersuchung der 62 Patienten, die sich in der Klinik einfanden und zum anderen die Befragung dieser und der 18 telefonisch

erreichten Patienten mit Hilfe eines selbsterstellten Fragebogens sowie des DASH-Fragebogens. Dieser Teil der Ergebnisse bezieht sich somit nur auf die 62 nach-untersuchten Patienten bzw. auf die 80 befragten Patienten.

Unter den 153 verunfallten Patienten kam es zu 215 Fingerverletzungen und 6 Makroamputationen. Diese Arbeit will jedoch vorrangig das Outcome nach Fingeramputationsverletzung analysieren, weshalb sich die analytische Statistik ausschließlich auf die Fingeramputationen bezieht. Für eine Untersuchung der Langzeitergebnisse nach Makroreplantation sind die Fallzahlen zu gering. Eine gemeinsame Analyse von Makro- und Mikroamputationen erhöht die Wahrscheinlichkeit für einen Selektionsbias. Auch die Patienten mit kombinierter Knochen-Weichteil-Schädigung wurden von der analytischen Statistik ausgeschlossen, da deren Versorgung nicht der Definition einer Replantation entspricht.

3.2 Basisdaten des Patientenkollektivs

Mithilfe der Krankenblätter wurden das Geburtsdatum und das Datum des Unfalls erfasst, um das Alter des Patienten zum Zeitpunkt der Verletzung zu berechnen. Des Weiteren wurden das Geschlecht und die Dauer des stationären Aufenthalts erhoben. Zudem wurden die betroffene Hand und die Händigkeit des Patienten erfasst, um festzustellen, ob die dominante oder die nicht dominante Hand verletzt worden ist. Die Art des Unfalls wurde unterteilt in Privat- oder Arbeitsunfall. Auf dieser Grundlage erfolgte eine Aufgliederung in Patienten, deren Behandlung nach Freizeitunfällen durch die gesetzliche oder private Krankenkasse getragen wird und Patienten, die aufgrund eines Arbeitsunfalles durch die Berufsgenossenschaften der gesetzlichen Unfallversicherung entschädigt werden. Anlass für die Unterteilung ist die erweiterte Nachbehandlung im Rahmen des berufsgenossenschaftlichen Heilverfahrens mit speziellen Rehabilitationskonzepten.

3.3 Eigenschaften der Verletzung

Anhand der Röntgenaufnahmen, Operationsberichte und Patientenbriefe konnten die Verletzungsmerkmale jedes einzelnen Patienten registriert werden. Zum einen wurde die Verteilung der Verletzungen auf die einzelnen Finger, zum anderen das Ausmaß und die Schwere der Verletzung erfasst. Dabei konnten der Amputationsmechanismus

hinsichtlich Ursache, Art und Muster sowie die Amputationshöhe ermittelt werden. Außerdem erfolgte die Erhebung von Zusatzverletzungen. Anhand der Verletzungseigenschaften wurde zudem die formelle Notwendigkeit der Fingerreplantation ermittelt.

Die gebräuchlichste Klassifikation für das Level einer Fingeramputation ist die nach Tamai. Diese teilt die Langfinger in fünf Zonen ein. Zone I betrifft das Fingerendglied distal der Nagelbasis. Zone II bezieht sich auf die Endgliedbasis. Zone III umfasst den Bereich zwischen dem distalen Interphalangealgelenk und der Mittelgliedbasis. Zone IV erstreckt sich vom proximalen Interphalangealgelenk bis zur Grundgliedbasis. Der Daumen besitzt keine Zone IV, hier erstreckt sich die Zone III vom Interphalangealgelenk bis zur Grundgliedbasis. Zone V umfasst das Metacarpophalangealgelenk und den Mittelhandkopf (37).

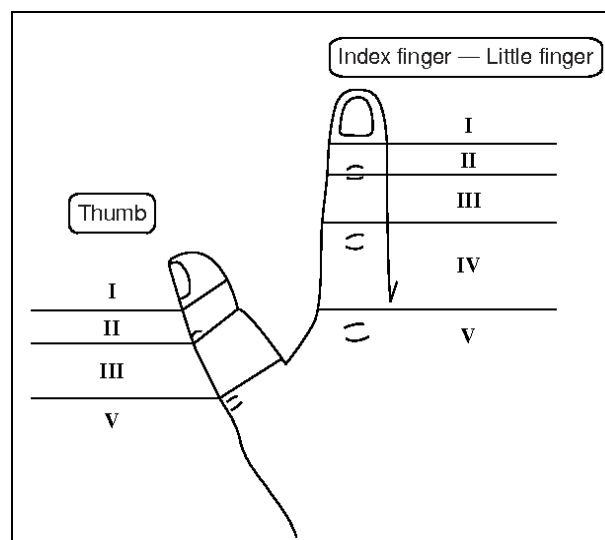


Abbildung 2: Tamai Klassifikation der Fingeramputationshöhe (38)

3.4 Behandlungsparameter

Aus den Operationsberichten und Patientenakten wurden Informationen zu den perioperativen Einflussfaktoren entnommen. Hierbei konnten das Anästhesieverfahren, die Operationsdauer, die Anzahl arterieller und venöser Anastomosen, der Einsatz eines Gefäßinterponats und die Art der Osteosynthese bestimmt werden. Des Weiteren wurden Angaben zur intraoperativen Heparin-gabe, postoperativen Plexusanal-gesie und postoperativen Antikoagulation erfasst. Außerdem erfolgte die Ermittlung von Früh- und Spät-komplikationen sowie Sekundäreingriffen.

3.5 Objektive Behandlungsergebnisse

Zur Evaluierung des funktionellen Replantationsergebnisses wurden verschiedene Nachuntersuchungsmethoden angewendet. Dabei bezieht sich die Darstellung und Auswertung der Behandlungsergebnisse grundsätzlich nur auf die 62 nachuntersuchten Patienten.

3.5.1 Beurteilung des Bewegungsausmaßes

Ein wichtiges Kriterium einer ausreichenden Funktionalität des Replantationsergebnisses stellt die alltagstaugliche Beweglichkeit der Finger dar. Dabei wird in der Handchirurgie vor allem der für die Greiffunktion der Hand erforderliche Faustschluss evaluiert. Ist ein vollständiger Faustschluss nicht möglich, kann mithilfe des Fingerkuppen-Hohlhand-Abstands das Defizit der Flexion gemessen werden. Diese Untersuchung beurteilt die Beugefähigkeit im Metacarpophalangealgelenk sowie im proximalen und distalen Interphalangealgelenk und ist untersucherunabhängig gut reproduzierbar.

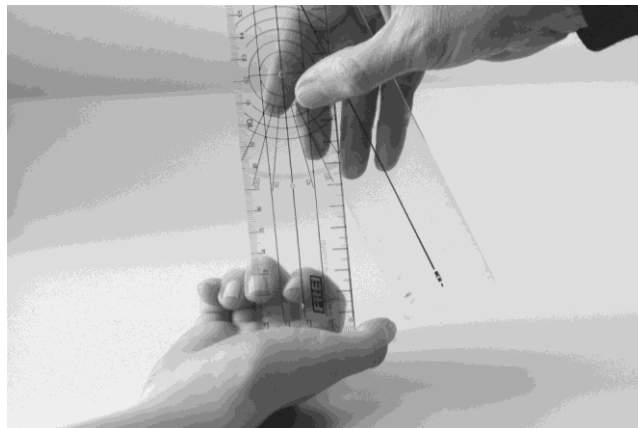


Abbildung 3: Fingerkuppen-Hohlhand-Abstand (39)

Zur Ermittlung des Gesamtumfanges der Fingerbeweglichkeit muss neben dem Faustschluss auch die Streckfähigkeit der Finger gemessen werden. Eine Einschränkung der Extension wurde anhand des Fingernagel-Tischkanten-Abstands gemessen. Bei diesem Test wird bei flach aufliegendem Handrücken der Abstand zwischen der Tischoberfläche und dem Fingernagel des zu untersuchenden Fingers bestimmt.

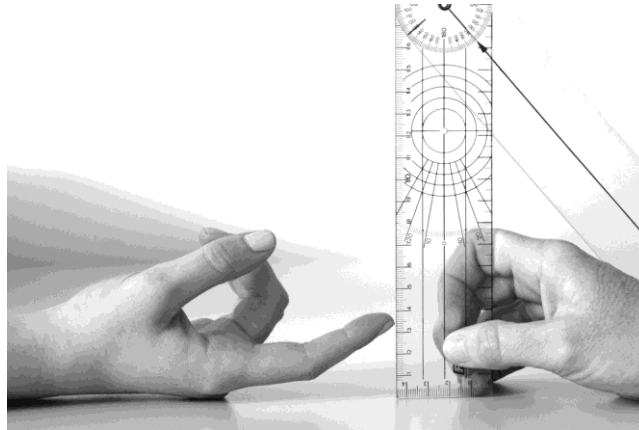


Abbildung 4: Fingernagel-Tischkanten-Abstand (39)

Zusätzlich wurde zur Testung der replantierten Daumen der Kapandji-Index erhoben. Dieser dient der Beurteilung der Oppositionsfähigkeit des Daumens, basierend darauf, welchen Teil der Hand der Patient mit seiner Daumenspitze berühren kann. Den unterschiedlichen Bereichen sind Zahlenwerte zugeordnet. Ein hoher Wert steht für eine bessere Beweglichkeit des Daumens.

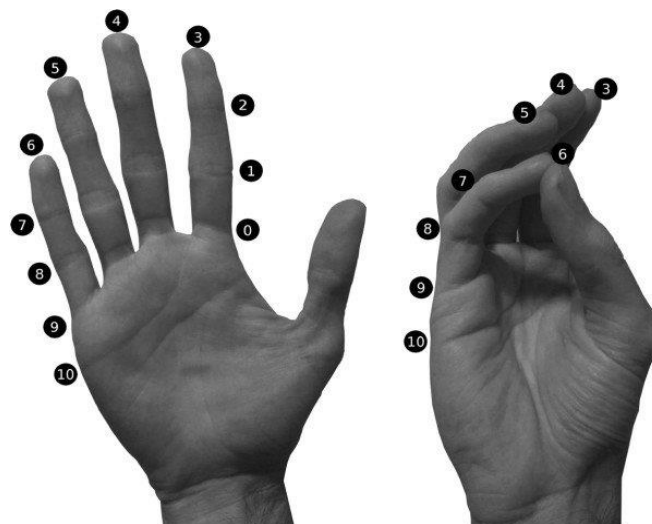


Abbildung 5: Kapandji-Index (40). Kontakt der Daumenspitze mit dem jeweiligen Abschnitt der anderen Finger: (1) Radiale Seite des Zeigefingermittelglieds, (2) Radiale Seite des Zeigefingerendglieds, (3) Zeigefingerspitze, (4) Mittelfingerspitze, (5) Ringfingerspitze, (6) Kleinfingerspitze, (7) DIP-Gelenk des Kleinfingers, (8) PIP-Gelenk des Kleinfingers, (9) MCP-Gelenk des Kleinfingers, (10) Distale Beugefalte der Handinnenfläche (41).

3.5.2 Prüfung der Handkraft

Für die Durchführung von Alltagstätigkeiten ist ein gewisses Mindestmaß an Handkraft erforderlich. Demzufolge ist die Griffstärke ein wichtiger Indikator der Handfunktion (33). Zur Kraftmessung wurden zwei Messinstrumente verwendet. Für die Prüfung der

Grobgriffstärke wurde das Jamar-Dynamometer eingesetzt. Dabei befand sich der Patient in sitzender Position mit anliegendem Oberarm und 90° Beugung im Ellenbogen. Der Unterarm war bezüglich Pro- und Supination in Neutralstellung. Die Messung erfolgte jeweils dreimal an gesunder und betroffener Hand. Anschließend wurde ein Mittelwert gebildet.



Abbildung 6: Jamar-Dynamometer (42)



Abbildung 7: Pinch-Gauge-Dynamometer (42)

Die Messung des Spitzgriffs erfolgte mithilfe des Pinch-Gauge-Dynamometers. Der Spitzgriff bezeichnet eine Griffform, bei der Daumenspitze und Zeigefingerspitze zusammengedrückt werden. Der Patient befand sich in derselben Position wie bei der Grobkraftmessung, zusätzlich wurde der Unterarm auf dem Tisch abgestützt, um eine kompensatorische Krafteinwirkung aus dem Oberarm zu verhindern. Erneut wurden drei Messungen an beiden Händen durchgeführt und der Mittelwert gebildet.

Die Darstellung der Ergebnisse erfolgte jeweils durch Angabe der Werte der verletzten Seite in Relation zur gesunden Seite. Verhältnisse zu berichten berücksichtigt die individuelle Variabilität der Handkraft (11).

3.5.3 Prüfung der Sensibilität

Eine adäquate Sensibilität ist notwendig für die funktionell erfolgreiche Hand, da ein vermindertes Empfinden zum Verlust der Schutzfunktion und der Feinmotorik führen kann (43). Zur Ermittlung der Sensibilität nach Amputationsverletzung wurde die statische Zweipunktdiskrimination getestet, welche aufgrund ihrer einfachen Erhebung den Goldstandard darstellt. In der klinischen Praxis reicht häufig eine hochgebogene Büroklammer aus, um die Messung durchzuführen (44). Für die Untersuchung befand sich der Patient in sitzender Position mit den Unterarmen in Supinationsstellung. Die

Hände lagen mit nach oben gerichteten Handflächen auf dem Tisch. Mithilfe einer Diskriminatorscheibe wurde der geringste Abstand zwischen zwei Berührungspunkten erfasst, für den der Patient zwei abgrenzbare Stimuli differenzieren konnte.



Abbildung 8: Erfassung der Zweipunktdiskrimination mittels Diskriminatorscheibe (45)

3.5.4 Beurteilung von Durchblutung und Trophik

Infolge einer Fingeramputation kann es neben Einschränkungen der Sensibilität auch zu Störungen der sympathischen Funktionen an der Hand kommen. Beeinträchtigungen der sympathischen Innervation resultieren in Veränderungen der Durchblutung und Trophik. Die Patienten wurden nach ihrer subjektiven Einschätzung bezüglich der Kältetoleranz und Schweißsekretion der verletzten Finger befragt. Zudem erfolgte eine Einschätzung durch den Untersucher hinsichtlich ödematöser Schwellungen sowie Farb- und Temperaturunterschieden zwischen der verletzten und der gesunden Hand. Außerdem wurde die Rekapillarierungszeit überprüft.

3.6 Subjektive Behandlungsergebnisse und Erwerbstätigkeit

Es erfolgte die Befragung der Patienten anhand des DASH und eines selbst entworfenen Fragebogens. Dabei bezieht sich die Darstellung und Auswertung der Ergebnisse auf die 80 befragten Patienten.

3.6.1 DASH-Score

Eines der etabliertesten Messinstrumente für die Lebensqualität von Patienten nach Verletzungen der oberen Extremität ist der „Disabilities of the Arm, Shoulder and Hand“

(DASH)-Fragebogen. Es handelt sich um eine Bewertung der Leistungsfähigkeit aus Sicht der Patienten. Der Fragebogen besteht aus 30 subjektiven Fragen, die den Zustand der oberen Extremität unter Berücksichtigung von Alltagstätigkeiten und Symptomen beurteilen sollen und wird auf einer Skala von 0 bis 100 bewertet, wobei ein höherer Wert mit einer erhöhten Beeinträchtigung einhergeht (46).

3.6.2 Fragebogen zur Erwerbstätigkeit

Dieser Fragebogen (siehe Anhang) wurde selbstständig erstellt, um detaillierte Angaben zu der Arbeitssituation vor und nach dem Unfall, der Arbeitsrückkehrzeit und den Rehabilitationsmaßnahmen zu erfassen. Folgende Aspekte wurden erfragt:

Berufliche Tätigkeit vor und nach dem Unfall

Es wurde evaluiert, ob die Verletzung einen Berufswechsel erforderte.

Dauer der Arbeitsunfähigkeit

Es wurde die Zeitdauer zwischen dem Tag der Verletzung und der Rückkehr in den Arbeitsalltag erfragt. Dabei ist zu erwähnen, dass es für einen Teil der Patienten bis zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung nicht möglich war, eine Erwerbstätigkeit aufzunehmen und sich ein weiterer Teil zum Nachuntersuchungszeitpunkt oder bereits zum Unfallzeitpunkt in Altersrente befand.

Rehabilitationsmaßnahmen

Medizinische Rehabilitationsmaßnahmen können in Reha-Kliniken oder ambulanten Rehabilitationseinrichtungen durchgeführt werden. Es wurde erhoben, ob und in welcher Art die Patienten im Anschluss an den Krankenhausaufenthalt eine Rehabilitation beanspruchten.

Minderung der Erwerbsfähigkeit

Es wurde ermittelt, ob die Patienten infolge der Amputationsverletzung eine Erwerbsminderungsrente beziehen.

3.7 Subgruppen

Für die Analyse von Unterschieden zwischen Patienten, welche nach dem Trauma in ihren vorherigen Beruf zurückkehrten und Patienten, welche ihren Beruf wechselten,

wurden basierend auf den Angaben zur Erwerbstätigkeit neue Gruppen gebildet. Um Unterschiede im Outcome zwischen Patienten mit replantierten Daumen und Patienten mit replantierten Langfingern festzustellen, erfolgte eine weitere Subgruppenanalyse. Von der Untersuchung ausgeschlossen wurden Patienten mit primärer Stumpfbildung und Patienten mit Daumen- und Langfingerreplantation.

Für den Vergleich von Patienten mit erfolgreicher Einheilung mit Patienten, bei denen die Replantation missglückte, wurde eine Gruppe mit eingeheilten Fingern und eine Gruppe mit sekundär amputierten Fingern gebildet. Von der Untersuchung ausgeschlossen wurden Patienten mit primärer Stumpfbildung.

3.8 Statistik

Für die Datenerhebung und die deskriptive Statistik wurde Microsoft Excel 2016® (Microsoft Corporation in Redmond, USA) verwendet. Die analytische Statistik wurde mit IBM SPSS Statistics 25® (International Business Machines Corporation in Armonk, USA) durchgeführt. Das statistische Signifikanzniveau wurde für $p < 0,05$ definiert. Um einen Zusammenhang zwischen zwei nominalen Variablen zu untersuchen, wurde der Chi-Quadrat-Test nach Pearson bzw. der exakte Test nach Fisher gebraucht. Die Korrelationsanalysen wurde unter Verwendung des Pearson-Koeffizienten für normal verteilte Daten und des Spearman-Koeffizienten für nicht-parametrische Daten durchgeführt. Ein Zusammenhang zwischen mehreren Variablen wurde mithilfe von Regressionsanalysen untersucht. Bei signifikanten Zusammenhängen in den univariaten Analysen wurden multivariable Modelle durchgeführt. Der Mittelwertvergleich von zwei Gruppen erfolgte durch den ungepaarten t-test bzw. den Mann-Whitney-U-Test.

4 Ergebnisse

4.1 Darstellung der Basisdaten

Im Untersuchungszeitraum von März 2007 bis Mai 2018 wurden insgesamt 153 Patienten mit Amputationsverletzungen der oberen Extremität behandelt. Von diesen konnten 62 Patienten klinisch nachuntersucht werden und weitere 18 Patienten telefonisch befragt werden.

Unter den 153 verunfallten Patienten kam es zu 197 Fingeramputationen und 6 Makroamputationen der oberen Extremität. Bei den restlichen 18 Fingerverletzungen handelte es sich um kombinierte Knochen-Weichteil-Schädigungen.

Von insgesamt 203 Amputationsverletzungen innerhalb dieses Patientengutes konnten 161 Gliedmaßen replantiert werden. Bei den restlichen 42 Amputationen wurde eine primäre Stumpfversorgung durchgeführt.

4.1.1 Unfallverteilung in Bezug zum Geschlecht und Alter

Das Patientenkollektiv bestand zu 11% aus weiblichen (n=17) und zu 89% aus männlichen Personen (n=136). Das Alter der Patienten lag zwischen 2 und 89 Jahren mit einem Altersdurchschnitt von 43,9 Jahren, wobei das Durchschnittsalter der Frauen bei 39,5 und das der Männer bei 44,5 Jahren lag.

4.1.2 Unfallhäufigkeit bezüglich Arbeits- und Freizeitunfällen

Bei 39% der Patienten ereignete sich die Amputationsverletzung am Arbeitsplatz (n=60). Die restlichen 61% hatten sich die Verletzung in ihrer Freizeit zugezogen (n=93).

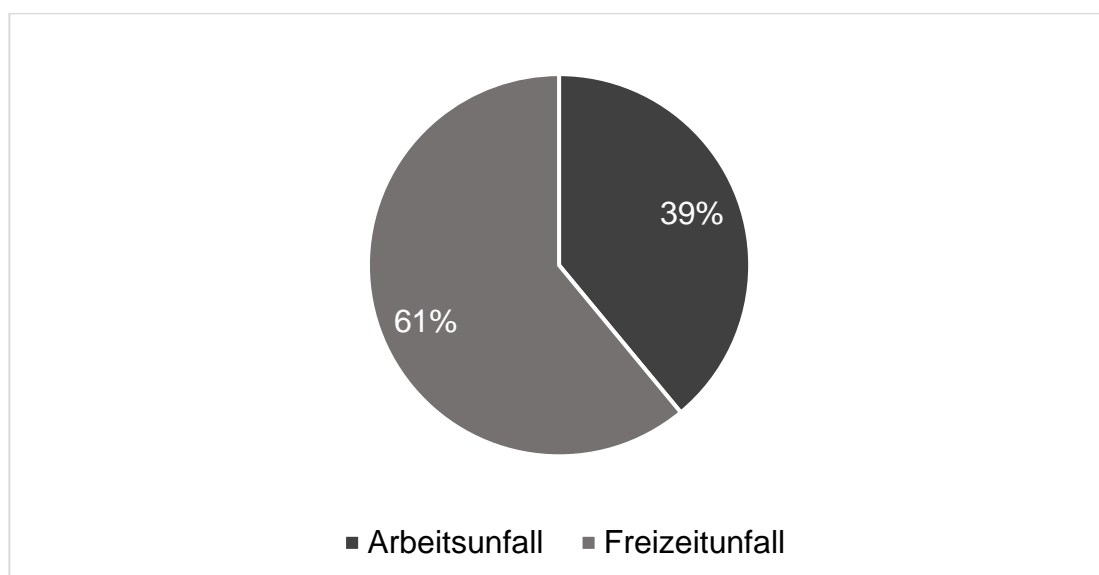


Abbildung 9: Häufigkeitsverteilung der Arbeits- und Freizeitunfälle

4.1.3 Unfallhäufigkeit im Untersuchungszeitraum

Im Jahr 2008 wurden 16 Patienten mit Amputationsverletzungen der oberen Extremität im Universitätsklinikum Regensburg bzw. im Caritas Krankenhaus St. Josef behandelt.

In den Jahren 2009 und 2010 kam es zu einem Häufigkeitsabfall. Ab 2011 stiegen die Unfallzahlen wieder, woraufhin sie in den Jahren 2014 und 2015 erneut fielen. Seit 2016 kam es wieder zu einem Häufigkeitsanstieg.

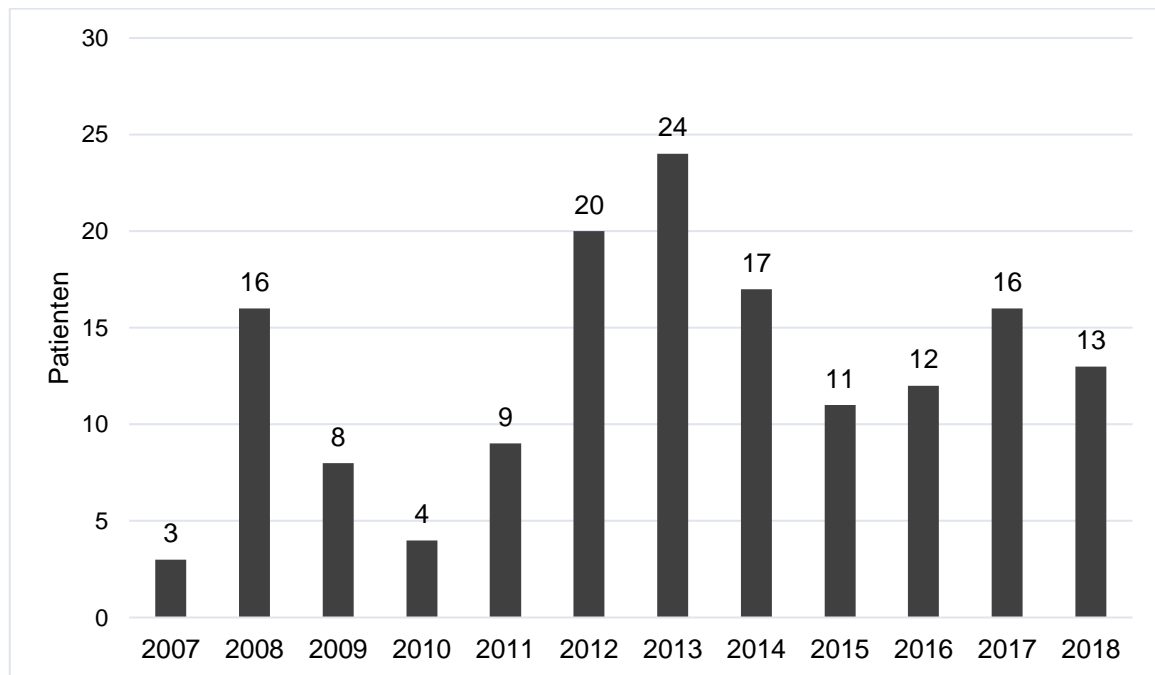


Abbildung 10: Unfallhäufigkeit im Untersuchungszeitraum. Gezeigt wird die Verteilung der Unfälle auf die Jahre 2007 bis 2018.

4.1.4 Unfallhäufigkeit in Bezug zum Monat und Wochentag

Betrachtet man die Unfallhäufigkeit in Bezug zum Monat, so zeigt sich ein Anstieg im Frühjahr mit Höhepunkt im März, ein Rückgang während der Sommermonate und ein erneuter Anstieg im Herbst mit Maximum im September. Für die Wintermonate ergibt sich die geringste Verletzungshäufigkeit.

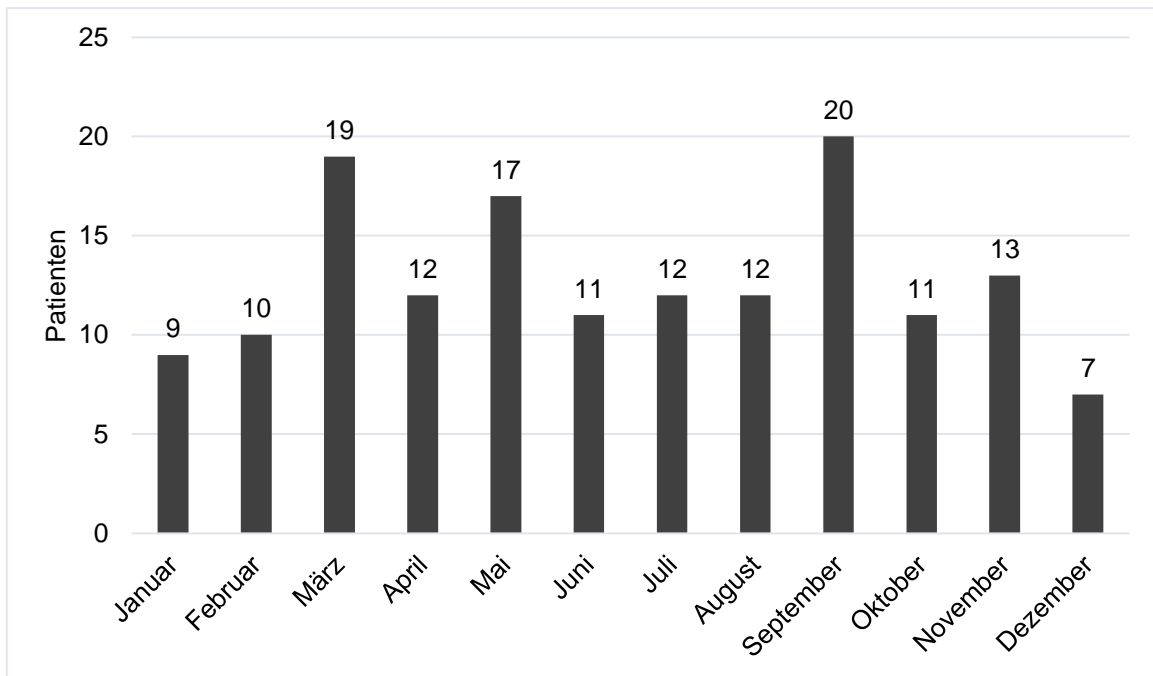


Abbildung 11: Unfallhäufigkeit in Bezug zum Monat

Hinsichtlich der Unfallverteilung auf die einzelnen Wochentage offenbart sich ein Anstieg zum Ende der Woche hin mit deutlicher Häufung am Samstag, jedoch starkem Rückgang am Sonntag.

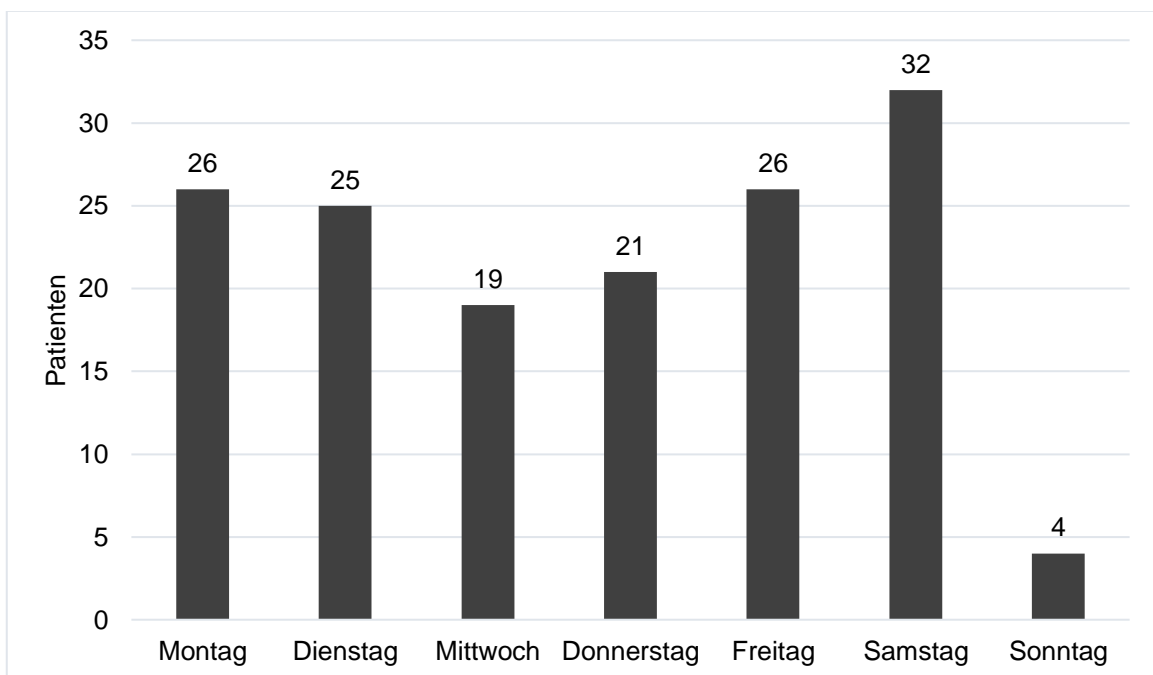


Abbildung 12: Unfallhäufigkeit in Bezug zum Wochentag

Im Rahmen der Arbeitsunfälle ließen sich keine besonders unfallträchtigen Wochentage erkennen. Es zeigte sich lediglich eine dezent höhere Unfallrate für das Ende der

Arbeitswoche (Freitag: 20%). Bei den Freizeitunfällen ergab sich eine Häufung im Bereich des Wochenendes von Freitag bis Sonntag (43%).

4.1.5 Händigkeit

Unter den 80 befragten Patienten befanden sich 87,5% Rechtshänder (n=70) und 12,5% Linkshänder (n=10). 44% der befragten Patienten erlitten eine Verletzung der rechten Hand (n=35), 56% eine Verletzung der linken Hand (n=45).

Insgesamt war bei 49% der befragten Patienten die dominante Hand betroffen (n=39).

4.2 Darstellung der Verletzungseigenschaften

4.2.1 Verletzungshäufigkeit der einzelnen Finger

4.2.1.1 Einfingerverletzungen

Innerhalb des Gesamtpatientengutes ereigneten sich in 68% der Fälle Einfingerverletzungen (n=100) mit Gleichverteilung auf beide Hände. Dabei war der Daumen am häufigsten betroffen (40%), gefolgt vom zweiten Strahl (32%).

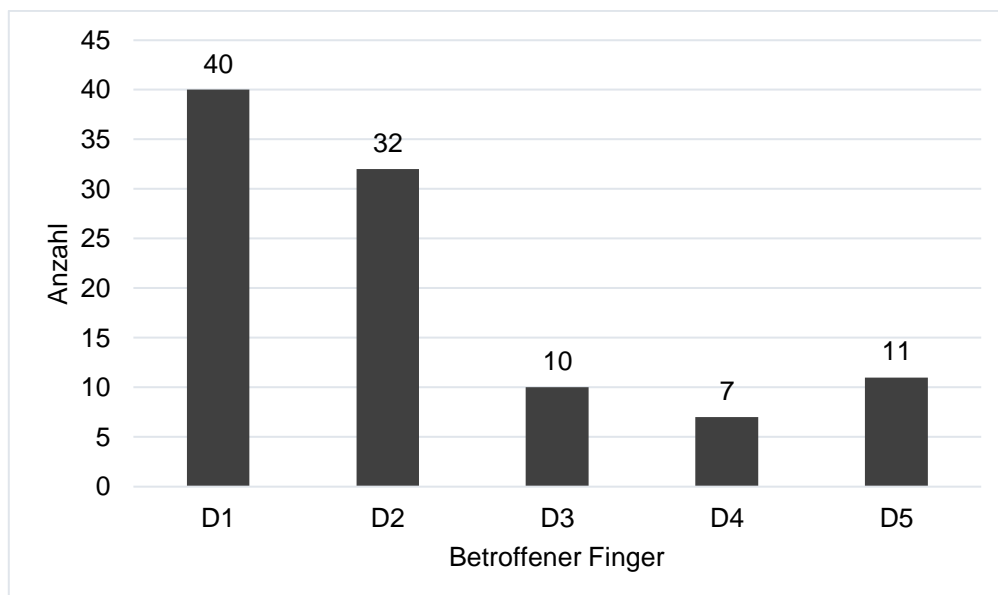


Abbildung 13: Einfingerverletzungen. Gezeigt wird die Verteilung der Einfingerverletzungen auf die einzelnen Strahlen.

4.2.1.2 Mehrfingerverletzungen

Zu Mehrfingerverletzungen kam es in 32% der Fälle (n=47). Hier war überwiegend die linke Hand betroffen. Darunter waren wiederum zu 64% Zweifingerverletzungen (n=30), zu 28% Dreifingeramputationen (n=13) und zu 8% Vierfingeramputationen (n=4). In keinem Fall waren alle 5 Finger amputiert.

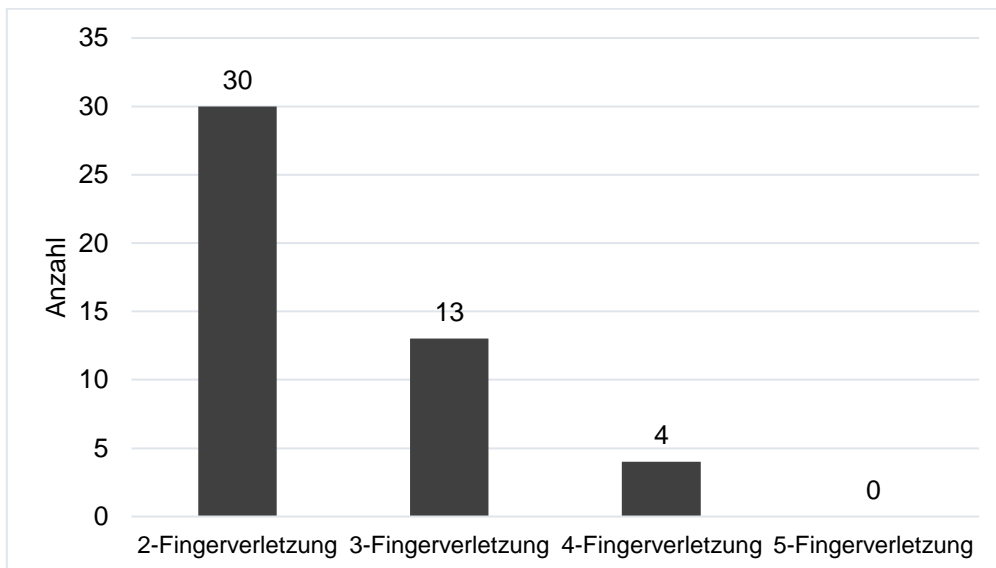


Abbildung 14: Mehrfingerverletzungen. Gezeigt wird die Verteilung der Mehrfingerverletzungen auf Zwei-, Drei-, Vier- und Fünffingerverletzungen.

Unter den Zweifingerverletzungen zeigte sich mit 43% am häufigsten die kombinierte Verletzung von zweitem und drittem Strahl (n=13), gefolgt vom vierten und fünften Strahl mit 23% (n=7). Bei den Dreifingerverletzungen war es mit 46% die Kombination aus zweitem, drittem und viertem Finger (n=6). In der Kategorie der Vierfingeramputationen war ebenso oft der erste bis vierte Strahl wie der zweite bis fünfte Strahl betroffen (je n=2).

4.2.2 Art der Verletzung

4.2.2.1 Amputationstyp

Unter den 153 verunfallten Patienten kam es zu 197 Fingeramputationen und 6 Makroamputationen der oberen Extremität. Es folgt jeweils eine Aufgliederung nach totalen und subtotalen Amputationen.

Tabelle 3: Anzahl der Amputationstypen: Fingeramputationen

Fingeramputationen

Amputationstyp	Anzahl
Totale Amputation	102
Subtotale Amputation	95
Gesamt	197

Tabelle 4: Anzahl der Amputationstypen: Makroamputationen

Makroamputationen

Amputationstyp	Anzahl
Totale Amputation	1
Subtotale Amputation	5
Gesamt	6

4.2.2.2 Unfallursache

Es wurden die Unfallursachen ermittelt und getrennt nach Arbeits- und Freizeitunfällen betrachtet. Mit insgesamt 48,4% machten die Amputationen durch Sägeverletzungen in beiden Gruppen den größten Anteil aus (n=74). Dennoch zeigten sich in beiden Gruppen Unterschiede. Bei den Arbeitsunfällen standen nach den Sägeverletzungen mit 38,3% (n=23) diverse Maschinen (z. B. Rührmaschine, Erntemaschine) mit 28,3% an zweiter Stelle der Unfallursachen für Amputationsverletzungen am Arbeitsplatz (n=17). Bei den Freizeitunfällen waren nach den Sägeverletzungen mit 54,8% (n=51) Holzspalter mit 16,1% die zweithäufigste Ursache (n=15).

Tabelle 5: Unfallursachen getrennt nach Arbeits- und Freizeitunfällen. Angegeben sind tatsächliche und prozentuale Anteile als n (%).

Unfallursache	Arbeitsunfälle	Freizeitunfälle	Gesamt
Kreissäge	23 (38,3%)	51 (54,8%)	74 (48,4%)
Diverse Maschinen	17 (28,3%)	3 (3,2%)	20 (13,1%)
Holzspalter	4 (6,7%)	15 (16,1%)	19 (12,4%)
Messer	1 (1,7%)	3 (3,2%)	4 (2,6%)
Axt	1 (1,7%)	3 (3,2%)	4 (2,6%)
Rasenmäher	2 (3,3%)	1 (1,1%)	3 (2,0%)
Tierbiss (Hund, Kaninchen)	0	3 (3,2%)	3 (2,0%)
Stanze/Presse	2 (3,3%)	0	2 (1,3%)
Sonstige	10 (16,7%)	14 (15,1%)	24 (15,7%)
Gesamt	60 (100%)	93 (100%)	153 (100%)

4.2.2.3 Verletzungsmechanismus

Unterteilt man die Verletzungen zusätzlich nach dem Mechanismus der Amputation, so ergibt sich folgende Verteilung: 55,6% der verunfallten Patienten erlitten eine Avulsionsverletzung (n=85), während es sich bei 20,9% der Patienten um glatte Abtrennungen handelte (n=32). Außerdem ereigneten sich bei 13,1% der Patienten Quetschverletzungen (n=20) und bei weiteren 10,5% Ausrissverletzungen (n=16).

Tabelle 6: Anzahl der beobachteten Verletzungsmechanismen: Gesamtpatientengut. Angegeben sind tatsächliche und prozentuale Anteile als n (%).

Verletzungsmechanismus	Anzahl
Avulsion	85 (55,6%)
Schnitt	32 (20,9%)
Quetschung	20 (13,1%)
Ausriss	16 (10,4%)
Gesamt	153 (100%)

Im Falle der Fingeramputationen handelte es sich bei 62,4% der Verletzungen um Avulsionen (n=123), 16,8% waren Schnittverletzungen (n=33), zusätzlich kamen 9,6% Quetsch- (n=19) und 11,2% Ausrissverletzungen vor (n=22).

Tabelle 7: Anzahl der beobachteten Verletzungsmechanismen nach Amputationstyp: Fingeramputationen. Angegeben sind tatsächliche und prozentuale Anteile als n (%).

Verletzungsmechanismus	Total	Subtotal	Gesamt
Avulsion	63 (61,8%)	60 (63,2%)	123 (62,4%)
Schnitt	22 (21,6%)	11 (11,6%)	33 (16,8%)
Quetschung	6 (5,9%)	13 (13,7%)	19 (9,6%)
Ausriss	11 (10,8%)	11 (11,6%)	22 (11,2%)
Gesamt	102 (100%)	95 (100%)	197 (100%)

4.2.2.4 Amputationshöhe

Amputiert wurde auf Höhe des Ober- und Unterarms (je n=1), des Handgelenks (n=4) sowie des Daumens (n=45) und der Langfinger (n=152).

Tabelle 8: Anzahl der beobachteten Amputationshöhen nach Amputationstyp

Amputationshöhe	Total	Subtotal	Gesamt
Oberarm	1	0	1
Unterarm	0	1	1
Handgelenk	0	4	4
Daumen	26	19	45
Langfinger	76	76	152
Gesamt	103	100	203

Von den 45 Daumenamputationen ereigneten sich nach der Tamai-Klassifikation 71,1% der Verletzungen in der Zone III (n=32).

Tabelle 9: Anzahl der beobachteten Tamai Zonen: Daumenamputationen. Angegeben sind tatsächliche und prozentuale Anteile als n (%).

Zone	Anzahl
Tamai I	1 (2,2%)
Tamai II	5 (11,1%)
Tamai III	32 (71,1%)
Tamai V	7 (15,6%)
Gesamt	45 (100%)

Im Langfingerbereich war neben der Tamai Zone III mit 30,9% (n=47) die Zone IV mit 45,4% am häufigsten betroffen (n=69).

Tabelle 10: Anzahl der beobachteten Tamai Zonen: Langfingeramputationen. Angegeben sind tatsächliche und prozentuale Anteile als n (%).

Zone	Anzahl
Tamai I	2 (1,3%)
Tamai II	16 (10,5%)
Tamai III	47 (30,9%)
Tamai IV	69 (45,4%)
Tamai V	18 (11,8%)
Gesamt	152 (100%)

4.2.3 Zusatzverletzungen

34,6% der 153 Patienten (n=53) wiesen zusätzliche Verletzungen auf. Am häufigsten traten neben Schnitt-, Riss- und Quetschverletzungen Frakturen im Phalangenbereich angrenzender Finger auf.

Tabelle 11: Anzahl der beobachteten Zusatzverletzungen

Zusatzverletzungen	Anzahl
Frakturen	30
Sehnenverletzungen	21
Gefäßdurchtrennungen	16
Nervendurchtrennungen	22
Schnitt-/Riss-/Quetschverletzungen	27

4.3 Darstellung der Behandlungsparameter

4.3.1 Anästhesieverfahren

46,4% der Operationen fanden in Kombinationsanästhesie, also gleichzeitiger Durchführung von Allgemein- und Regionalanästhesie, statt (n=71). 35,3% der Operationen erfolgten ausschließlich in Plexusanästhesie (n=54) und bei 17,6% der Patienten wurde der Eingriff in alleiniger Allgemeinanästhesie durchgeführt (n=27). Bei einem Patienten war eine lokale Betäubung ausreichend.

4.3.2 Beginn und Dauer der Operation

Bei 85,0% der Patienten (n=130) begann die Operation tagsüber zwischen 05:00 und 22:00. Die restlichen 15,0% der Eingriffe (n=23) starteten nachts zwischen 22:00 und 05:00.

Die durchschnittliche Operationszeit lag bei 5 h 47 min (Mittelwert). Die kürzeste Operationsdauer betrug 20 Minuten für einen im Bereich der distalen Phalanx verletzten Daumen, die längste 19 h 27 min für eine subtotale Amputationsverletzung des Mittel- und Ringfingers im Mittelglied, wobei es schon intraoperativ zu schweren Perfusionsstörungen kam. Für Makroreplantationen lag die durchschnittliche Operationsdauer bei 7 h 38 min, für Mikroreplantationen bei 5 h 42 min. Die Versorgung von Einfinger-Verletzungen benötigte im Schnitt 4 h 51 min, bei Serienamputationen betrug die Operationszeit im Mittel 7 h 32 min.

4.3.3 Art der Osteosynthese

Im Rahmen der Replantationen der Totalamputationen wurden in erster Linie Kirschner-Drähte für die Osteosynthese oder Arthrodesen eingesetzt, zum Teil in Kombination mit einer Cerclage. Eine Platte wurde in 12,5% der Fälle verwendet (n=9). Bei den subtotalen Amputationsverletzungen überwiegen ebenfalls die Kirschner-Draht-Osteosynthesen. Hier wurde in 10,1% der Fälle eine Platte eingesetzt (n=9). Bei 11,2% der Patienten wurde eine Schraubenosteosynthese durchgeführt (n=10). In 14,6% der Fälle war keine Osteosynthese erforderlich (n=13).

Tabelle 12: Anzahl der durchgeführten Osteosyntheseverfahren nach Amputationstyp. Gezeigt wird die Verteilung der Osteosyntheseverfahren von gesamt n=161 Replantationen auf Total- und Subtotalamputationen.

Osteosynthese	Total [n (%)]	Subtotal [n (%)]
Kirschner-Draht	62 (86,1%)	57 (64,1%)
Platte	9 (12,5%)	9 (10,1%)
Schraube	1 (1,4%)	10 (11,2%)
Keine	0	13 (14,6%)
Gesamt	72 (100%)	89 (100%)

4.3.4 Perioperatives Gerinnungsmanagement

56,9% aller Patienten (n=87) erhielten bereits während des Eingriffes Heparin. Bei den restlichen 43,1% der Patienten (n=66) wurde auf eine intraoperative Gerinnungshemmung verzichtet.

Die postoperative Thromboseprophylaxe erfolgte durch Thrombozytenaggregationshemmer, niedermolekulares und unfraktioniertes Heparin. Die verschiedenen Antikoagulationsregime finden sich in Tabelle 13.

Tabelle 13: Anzahl der angewandten Antikoagulationsregime. NMH (Niedermolekulares Heparin), UFH (Unfraktioniertes Heparin), ASS (Acetylsalizylsäure), n. e. (Nicht erurierbar).

Antikoagulationsregime	Anzahl [n (%)]
NMH	28 (18,3%)
UFH	8 (5,2%)
NMH + ASS	69 (45,1%)
UFH + ASS	19 (12,4%)
UFH + NMH	8 (5,2%)
UFH + NMH + ASS	17 (11,1%)
n. e.	4 (2,6%)
Gesamt	153 (100%)

Zudem fand bei 26,1% der Patienten (n=40) im postoperativen Verlauf eine lokale Blutgerinnungshemmung durch die Applikation medizinischer Blutegel statt. Bei 30,0% dieser Patienten (n=12) konnte eine sekundäre Stumpfbildung verhindert werden.

4.3.5 Postoperative Plexusanalgesie

Zur suffizienten postoperativen Schmerzbehandlung und Verbesserung der Perfusion erhielten 81,1% der Patienten (n=124) einen Plexuskatheter. 16,3% der Patienten (n=25) bekamen keine postoperative Plexusanalgesie. Bei 2,6% der Patienten (n=4) fehlten diesbezügliche Angaben.

4.3.6 Stationäre Aufenthaltsdauer

Die stationäre Aufenthaltsdauer der 153 Patienten betrug im Mittel 14,5 Tage. Der kürzeste stationäre Aufenthalt lag bei drei Tagen für einen Patienten mit subtotaler Amputationsverletzung des Kleinfingers im DIP-Gelenk. Der längste Krankenhausaufenthalt betrug 46 Tage bei einer Ausrissamputation des Zeigefingergrundglieds. Bei Makroreplantationen blieb ein Patient im Schnitt 24,7 Tage im Krankenhaus, bei Mikroreplantationen 14,1 Tage. Bei Mehrfingeramputationen war der durchschnittliche stationäre Aufenthalt mit 15,3 Tagen etwas länger als bei Einfingeramputationen mit 13,5 Tagen. Musste eine sekundäre Stumpfbildung vorgenommen werden, blieben die Patienten im Schnitt 15,8 Tage stationär, bei erfolgreicher Replantation konnten sie nach 12,9 Tagen entlassen werden.

4.4 Einheilungsrate der replantierten Finger

Von den 155 replantierten Fingern heilten 52,9% ein (n=82), während 47,1% sekundär abgenommen werden mussten (n=73).

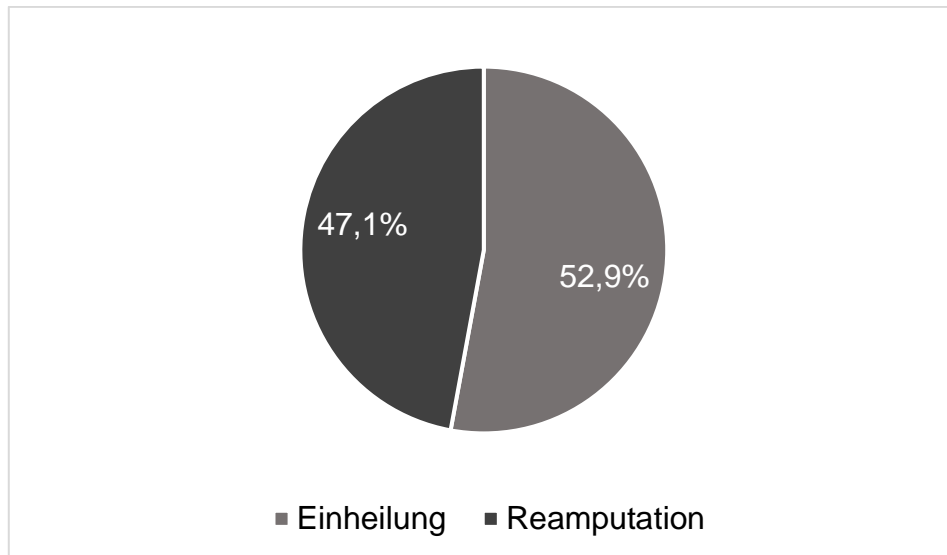


Abbildung 15: Einheilungsrate der replantierten Finger

4.5 Darstellung der Komplikationen und Sekundäreingriffe

4.5.1 Komplikationen

Insgesamt ereigneten sich 120 Frühkomplikationen und 39 Spätkomplikationen bei 67,7% der 161 replantierten Gliedmaßen (n=109).

In der Frühphase nach Replantation traten vor allem Durchblutungsstörungen und Nekrosen sowie Wundheilungsstörungen und Weichteildefekte auf. Außerdem kam es bei 12 Patienten zu einer postoperativen, transfusionspflichtigen Anämie. Dabei zeigte sich kein Unterschied zwischen Patienten mit bzw. ohne Blutegelapplikation.

Tabelle 14: Anzahl der beobachteten Frühkomplikationen nach Amputationstyp. Angegeben sind tatsächliche und prozentuale Anteile als n (%). * Differenzierung zwischen arterieller und venöser Durchblutungsstörung nur im Falle der operativ nachgewiesenen venösen Thrombose.

Frühkomplikation	Total	Subtotal	Gesamt
Nekrose	42 (54,5%)	19 (44,2%)	61 (50,8%)
Durchblutungsstörung *	12 (15,6%)	3 (6,9%)	15 (12,5%)
Venöse Thrombose	4 (5,2%)	2 (4,7%)	6 (5,0%)
Nachblutung	4 (5,2%)	1 (2,3%)	5 (4,2%)
Infektion	3 (3,9%)	5 (11,6%)	8 (6,7%)
Wundheilungsstörung/ Weichteildefekt	3 (3,9%)	7 (16,3%)	10 (8,3%)
Fehlstellung	0	3 (6,9%)	3 (2,5%)
Postoperative Anämie	9 (11,7%)	3 (6,9%)	12 (10%)
Gesamt	77 (100%)	43 (100%)	120 (100%)

Später gehörten Sehnenadhäsionen und narbenbedingte Kontrakturen zu den häufigsten Komplikationen. Ebenso führten das Skelett betreffende Ereignisse, wie Gelenkinstabilität und Pseudarthrosenbildung, zu funktionellen Einbußen.

Tabelle 15: Anzahl der beobachteten Spätkomplikationen nach Amputationstyp. Angegeben sind tatsächliche und prozentuale Anteile als n (%).

Spätkomplikation	Total	Subtotal	Gesamt
Nekrose	0	2 (6,9%)	2 (5,1%)
Infektion	1 (10,0%)	2 (6,9%)	3 (7,7%)
Wundheilungsstörung/ Weichteildefekt	1 (10,0%)	4 (13,8%)	5 (12,8%)
Sehnenadhäsion	2 (20,0%)	8 (27,6%)	10 (25,6%)
Narbenkontraktur	3 (30,0%)	3 (10,3%)	6 (15,4%)
Fehlstellung	0	1 (3,4%)	1 (2,6%)
Pseudarthrose	0	4 (13,8%)	4 (10,3%)
Gelenkinstabilität	1 (10,0%)	3 (10,3%)	4 (10,3%)
Nagelfehlwachstum	2 (20,0%)	0	2 (5,1%)
Neurom	0	2 (6,9%)	2 (5,1%)
Gesamt	10 (100%)	29 (100%)	39 (100%)

4.5.2 Sekundäreingriffe

Insgesamt mussten 255 Folgeeingriffe bei 76,5% der Patienten (n=117) durchgeführt werden. Dies betraf 85,7% der replantierten Gliedmaßen (n=138).

In der Frühphase nach Replantation wurden entsprechend den Frühkomplikationen vor allem Stumpfbildungen, Gefäß- und Wundrevisionen durchgeführt. Wundheilungsstörungen und Weichteildefekte wurden durch verschiedene Methoden der Hautdefektdeckung versorgt.

Aufgrund von Sehnenverklebungen und Narbenkontrakturen mit nachfolgender Bewegungseinschränkung wurden Tenolysen und lokale Lappenplastiken notwendig. Auch Fehlstellungen, instabile Gelenke und Pseudarthrosenbildung führten zu einer Verschlechterung des funktionellen Ergebnisses, weshalb Re-Osteosynthesen und Arthrodesen einen Teil der Korrekturoperationen ausmachten. Zudem kam es in 52 Fällen zu Materialentfernungen nach Frakturheilung.

Tabelle 16: Anzahl der durchgeführten Sekundäreingriffe nach Amputationstyp. Angegeben sind tatsächliche und prozentuale Anteile als n (%).

Sekundäreingriff	Total	Subtotal	Gesamt
Gefäßrevision	12 (10,5%)	6 (4,3%)	18 (7,1%)
Stumpfbildung	51 (44,7%)	22 (15,6%)	73 (28,6%)
Debridement	10 (8,8%)	15 (10,6%)	25 (9,8%)
Hautdefektdeckung	19 (16,7%)	19 (13,5%)	38 (14,9%)
Hauttransplantation	10	13	23
Lappenplastik	9	6	15
Tenolyse	1 (0,9%)	9 (6,4%)	10 (3,9%)
Sehnenrekonstruktion	2 (1,8%)	3 (2,1%)	5 (2,0%)
Re-Osteosynthese	1 (0,9%)	12 (8,5%)	13 (5,1%)
Arthrodese	0	4 (2,8%)	4 (1,6%)
Beckenkammspaninterposition	0	4 (2,8%)	4 (1,6%)
Gelenkprothesenimplantation	0	1 (0,7%)	1 (0,4%)
Zehentransplantation	0	2 (1,4%)	2 (0,8%)
Narbenkorrektur	3 (2,6%)	3 (2,1%)	6 (2,4%)
Nagelexstirpation	2 (1,8%)	0	2 (0,8%)
Neuromexstirpation	0	2 (1,4%)	2 (0,8%)
Materialentfernung	13 (11,4%)	39 (27,7%)	52 (20,4%)
Gesamt	114 (100%)	141 (100%)	255 (100%)

4.5.2.1 Gefäßrevision

Aufgrund von Nachblutungen, arteriellen Durchblutungsstörungen sowie venösen Stauungserscheinungen, die konservativ nicht beherrschbar waren, mussten 18 Gefäßrevisionen durchgeführt werden. In lediglich 16,7% der Fälle war die Anastomosenrevision erfolgreich (n=3). In den übrigen Fällen musste eine sekundäre Stumpfbildung vorgenommen werden.

4.5.2.2 Stumpfbildung

47,1% der replantierten Finger mussten sekundär amputiert werden (n=73), dabei durchschnittlich am 14. postoperativen Tag. Die weitaus häufigste Ursache für die Reamputation war die Replantatnekrose mit 79,5% (n=58). In 10,9% der Fälle erfolgte die sekundäre Stumpfbildung bei nicht behebbaren Durchblutungsstörungen (n=8) sowie in 9,6% der Fälle aufgrund einer Infektion des replantierten Fingers (n=7).

4.6 Objektive Behandlungsergebnisse

4.6.1 Bewegungsausmaß

Zu Beurteilung des Gesamtumfanges der Fingerbeweglichkeit der 62 nachuntersuchten Patienten erfolgte die Messung des Flexions- und Extensionsdefizites anhand des Fingerkuppen-Hohlhand-Abstandes (FKHA) und des Fingernagel-Tischkanten-Abstandes (FNTA). Die Beugefähigkeit wies im Mittel ein Defizit von 2,9 cm auf, während die Streckfähigkeit im Mittel ein Defizit von 2,1 cm zeigte.

Im Rahmen der Testung der Oppositionsfähigkeit der replantierten Daumen konnte im Mittel ein Kapandji-Wert von 7,3 erreicht werden.

Tabelle 17: Bewegungsausmaß der nachuntersuchten Patienten. MW (Mittelwert), SD (Standardabweichung).

Fingerbeweglichkeit	MW ± SD	Bereich
FKHA (cm)	2,9 ± 4,5	0,0 – 18,0
FNTA (cm)	2,1 ± 4,4	0,0 – 20,5
Kapandji-Index	7,3 ± 2,3	4,0 – 10,0

4.6.2 Handkraft

Zur Beurteilung der Handkraft erfolgte eine Unterscheidung zwischen der Kraft des Grob- sowie des Spitzgriffs. Im Rahmen der Auswertung wurde jeweils die Kraft der verunfallten Hand in Prozent der Kraft der gesunden Hand angegeben. Dabei ergab sich für die Grobgriffstärke ein Mittelwert von 72,9% und für die Spitzgriffstärke ein Mittelwert von 82,1%.

Tabelle 18: Handkraft der nachuntersuchten Patienten. MW (Mittelwert), SD (Standardabweichung).

Handkraft	MW ± SD	Bereich
Grobgriff (%)	72,9 ± 34,5	0,0 – 153,0
Spitzgriff (%)	82,1 ± 29,9	9,1 – 163,6

4.6.3 Sensibilität

Die Sensibilität der Finger nach Amputationsverletzung wurde mithilfe der statischen Zweipunktdiskrimination (s2PD) getestet. Dabei wurde das von der American Society for Surgery of the Hand (ASSH) empfohlene Bewertungssystem verwendet.

Aus der Tabelle 20 kann entnommen werden, dass 33,3% der 84 verletzten Finger eine normale Zweipunktdiskrimination und 36,9% der Finger eine befriedigende Zweipunktdiskrimination aufwiesen. Bei 8,3% der Finger ließ sich eine schlechte Zweipunktdiskrimination ermitteln. Die Empfindung der restlichen 21,4% wurde als schützend klassifiziert, da lediglich eine Druckwahrnehmung vorhanden war. Bei keinem der Finger ließ sich eine vollständig fehlende Sensibilität beobachten.

Tabelle 19: Sensibilität der nachuntersuchten Patienten. Angegeben sind tatsächliche und prozentuale Anteile als n (%).

ASSH-Kategorie	s2PD (mm)	Anzahl Finger
Normal	< 6	28 (33,3%)
Befriedigend	6-10	31 (36,9%)
Schlecht	11-15	7 (8,3%)
Schützend	> 15	18 (21,4%)
Anästhesie	Fehlende Sensibilität	0

4.6.4 Durchblutung und Trophik

Im Rahmen der Beurteilung von Durchblutung und Trophik ergab sich, dass 67,7% der 62 nachuntersuchten Patienten (n=42) Missempfindungen oder Schmerzen bei Kälteexposition in der verunfallten Hand empfanden. Eine verminderte Schweißproduktion der verletzten Hand wurde von 12,9% der Patienten angegeben (n=8). Ödematöse Schwellungen der Finger wurden bei 6,5% der Patienten bemerkt (n=4) und Temperaturunterschiede konnten bei 24,2% der Patienten festgestellt werden (n=15). Farb-

unterschiede der verletzten zur gesunden Hand konnten bei 8,1% der Patienten gesehen werden (n=5). Alle nachuntersuchten Patienten wiesen eine normwertige Rekapilarisierungszeit auf.

4.7 Subjektive Behandlungsergebnisse und Erwerbstätigkeit

4.7.1 DASH-Score

Für die 80 befragten Patienten ergab sich ein Mittelwert im DASH-Score von 18,7 (SD \pm 20,3, Bereich 0,0 – 85,0, Median 11,2). Dabei zeigt sich folgende Verteilung.

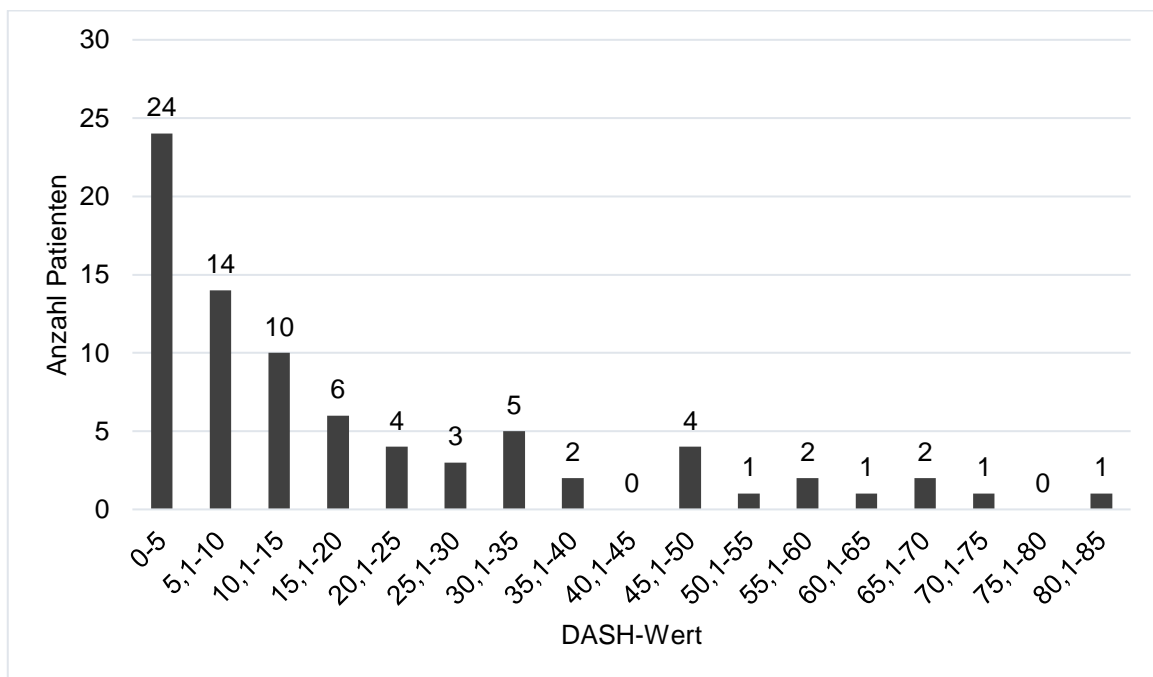


Abbildung 16: DASH-Verteilung der befragten Patienten

4.7.2 Fragebogen zur Erwerbstätigkeit

4.7.2.1 Wiederherstellung der Arbeitsfähigkeit

62 der 80 befragten Patienten waren zum Zeitpunkt des Traumas berufstätig. 82% dieser Patienten kehrten in ihren ehemaligen Beruf zurück (n=51), während 8% der Patienten in eine andere berufliche Tätigkeit wechselten (n=5). Ein Patient befand sich zum Nachuntersuchungszeitpunkt 13 Monate nach dem Trauma noch in Krankschreibung und ein weiterer Patient war zum Zeitpunkt der Befragung nach dem Unfall

arbeitslos. Lediglich ein Patient mit einer Minderung der Erwerbsfähigkeit von 80% nach kompletter Oberarmamputation ist seit dem Unfall berufsunfähig. Die restlichen 21 Patienten waren entweder noch Schüler, schon vor dem Unfall Altersrentner oder im Zeitraum zwischen dem Unfall und der Nachuntersuchung zu Altersrentnern geworden.

4.7.2.2 Dauer der Arbeitsunfähigkeit

Die Dauer der Arbeitsunfähigkeit konnte bei 54 der 80 befragten Patienten ermittelt werden. Es errechnete sich eine mittlere Arbeitsunfähigkeitsdauer von 5,1 Monaten (SD $\pm 4,5$, Bereich 0,1 – 24,0, Median 4), wobei die meisten Patienten eine Arbeitsunfähigkeitsdauer von nicht mehr als 6 Monaten aufwiesen.

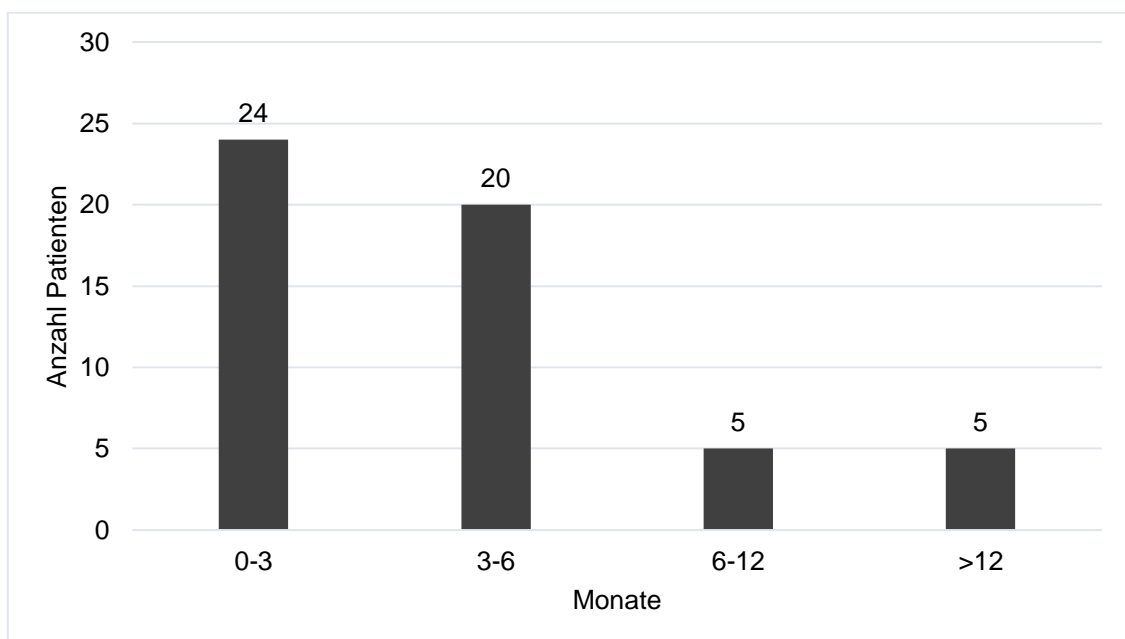


Abbildung 17: Dauer der Arbeitsunfähigkeit. Gezeigt wird die Verteilung der Arbeitsrückkehrzeit der befragten Patienten in Monaten.

4.7.2.3 Minderung der Erwerbsfähigkeit

Anspruch auf eine Rente wegen Erwerbsminderung hatten nach dem Unfall zum Zeitpunkt der Befragung 10% der 80 befragten Patienten erlangt (n=8). Dabei erlitten vier Patienten eine Mehrfingeramputationsverletzung, zwei Patienten eine Daumenamputation der dominanten Hand und zwei Patienten eine Makroamputationsverletzung auf Oberarm- bzw. Handgelenkshöhe.

4.8 Einfluss perioperativer Parameter auf das Replantatüberleben

Anhand von univariablen Modellen wurde der Einfluss perioperativer Faktoren auf das Überleben des Fingerreplantates untersucht. Dabei wurden patienten- und fingerbasierte Parameter unterschieden, wie in Tabelle 21 und 22 gezeigt.

Die patientenspezifischen Faktoren wie das Alter, das Geschlecht, die Verletzung der dominanten Hand und die Anzahl amputierter Finger zeigten keinen signifikanten Einfluss auf die Einheilung. Auch die Parameter Operationsbeginn und -dauer, perioperatives Gerinnungsmanagement und postoperative Schmerztherapie mittels Plexuskatheter ergaben kein statistisch signifikantes Ergebnis (siehe Tabelle 21).

Tabelle 20: Einfluss patientenbasierter Parameter auf die Einheilung. Gezeigt werden die Ergebnisse univariabler Modelle mit dem Endpunkt „Einheilung“. OR (Odds Ratio), 95%-KI (95%-Konfidenzintervall).

Perioperative Parameter	OR (95%-KI)	p-Wert
<i>Alter</i>	1.01 (0.99, 1.03)	0.177
<i>Geschlecht</i>		
Männlich	1.05 (0.34, 3.21)	0.926
Weiblich	Referenzkategorie	
<i>Dominante Hand</i>		
Ja	0.75 (0.29, 1.93)	0.537
Nein	Referenzkategorie	
<i>Anzahl amputierter Finger</i>	0.81 (0.53, 1.24)	0.312
<i>Operationsbeginn</i>		
05:00 – 22:00	Referenzkategorie	
22:00 – 05:00	1.29 (0.42, 3.91)	0.644
<i>Operationsdauer</i>	1.00 (1.00, 1.00)	0.482
<i>Intraoperative Heparinabgabe</i>		
Ja	0.62 (0.29, 1.32)	0.206
Nein	Referenzkategorie	
<i>Postoperative Antikoagulation</i>		
Unfraktioniertes Heparin	0.76 (0.36, 1.62)	0.463
Niedermolekulares Heparin	1.53 (0.67, 3.50)	0.305
Acetylsalicylsäure	0.86 (0.39, 1.90)	0.705
<i>Postoperative Plexusanalgesie</i>		
Ja	0.57 (0.19, 1.76)	0.319
Nein	Referenzkategorie	

Für alle 155 Fingerreplantationen insgesamt betrug die Einheilungsquote 52,9%. Betrachtet man die Einheilungsrate in Abhängigkeit vom Amputationstyp, so werden große Unterschiede deutlich. Von 71 Totalamputationen heilten lediglich 28,2% der Finger ein (n=20), während 71,8% reamputiert werden mussten (n=51). Bei den 84 subtotal amputierten Fingern überlebten hingegen 73,8% der Finger (n=62) und nur 26,2% mussten sekundär abgenommen werden (n=22). So ist bei Totalamputation des Fingers die Wahrscheinlichkeit für die Einheilung des Replantates signifikant erniedrigt (OR 0.14 (95%-CI [0.07, 0.31]), $p < 0.001$), wie in Tabelle 22 dargestellt.

Ebenso wies die Art der Osteosynthese einen signifikanten Einfluss auf die Einheilung des Fingers auf. Keine Osteosynthese zu gebrauchen, erhöhte die Wahrscheinlichkeit für das Überleben des Replantates signifikant (OR 13.34 (95%-CI [1.46, 121.97], $p = 0.024$).

Hinsichtlich der Rekonstruktion der arteriellen Strombahn zeigten sich ebenfalls Unterschiede in der Einheilungsrate. Während bei direkter Anastomosierung 56,3% der Finger einheilten, waren es bei Verwendung eines Gefäßinterponates lediglich 38,5%. Somit erniedrigte die Notwendigkeit eines Gefäßinterponates die Wahrscheinlichkeit für die Einheilung des Fingers signifikant (OR 0.38 (95%-CI [0.14, 1.02], $p = 0.050$). Anhand der Daten in Tabelle 22 ist zudem eine Abhängigkeit der Einheilungsraten von der Anzahl der Venenanastomosen zu sehen. Eine steigende Anzahl venöser Anastomosen erhöhte die Wahrscheinlichkeit für das Replantatüberleben signifikant (OR 3.54 (95%-CI [3.32, 3.91], $p = 0.023$).

Tabelle 21: Einfluss fingerbasierter Parameter auf die Einheilung. Gezeigt werden die Ergebnisse univariabler Modelle mit dem Endpunkt „Einheilung“ bei n=155 Fingerreplantationen. Spalten mit fehlenden Werten sind mit * markiert. Signifikante Zusammenhänge sind fett markiert. OR (Odds Ratio), 95%-KI (95%-Konfidenzintervall).

Perioperative Parameter	Einheilung n (%)	Reamputation n (%)	OR (95%-KI)	p-Wert
<i>Betroffener Finger</i>				
Kleiner Finger	5 (38,5%)	8 (61,5%)	Referenzkategorie	
Daumen	24 (54,5%)	20 (45,5%)	1.72 (0.41, 7.21)	0.442
Zeigefinger	23 (48,9%)	24 (51,1%)	1.47 (0.35, 6.10)	0.582
Mittelfinger	19 (63,3%)	11 (36,7%)	2.65 (0.59, 11.94)	0.194
Ringfinger	11 (52,4%)	10 (47,6%)	1.87 (0.39, 8.98)	0.418
<i>Amputationstyp</i>				
Totalamputation	20 (28,2%)	51 (71,8%)	0.14 (0.07, 0.31)	<.001
Subtotalamputation	62 (73,8%)	22 (26,2%)	Referenzkategorie	

<i>Verletzungsmechanismus</i>		*		
Avulsion	52 (55,9%)	41 (44,1%)	Referenzkategorie	
Ausriss	9 (52,9%)	8 (47,1%)	1.08 (0.33, 3.56)	0.900
Quetschung	6 (40,0%)	9 (60,0%)	0.64 (0.18, 2.25)	0.473
Schnitt	15 (51,7%)	14 (48,3%)	1.02 (0.40, 2.62)	0.970
<i>Amputationshöhe</i>			1.39 (0.91, 2.12)	0.120
Tamai I	-	1 (100,0%)	Referenzkategorie	
Tamai II	8 (53,3%)	7 (46,7%)		
Tamai III	33 (46,5%)	38 (53,5%)	0.86 (0.25, 2.96)	0.807
Tamai IV	27 (56,3%)	21 (43,7%)	1.25 (0.34, 4.54)	0.727
Tamai V	14 (70,0%)	6 (30,0%)	2.38 (0.49, 11.42)	0.266
<i>Formelle Notwendigkeit</i>				
Ja	66 (53,7%)	57 (46,3%)	1.01 (0.42, 2.40)	0.982
Nein	16 (50,0%)	16 (50,0%)	Referenzkategorie	
<i>Osteosynthese</i>				
Kirschner-Draht	56 (47,5%)	62 (52,5%)	Referenzkategorie	
Platte	10 (58,8%)	7 (41,2%)	1.80 (0.58, 5.53)	0.293
Schraube	5 (62,5%)	3 (37,5%)	1.93 (0.38, 9.69)	0.410
Keine	11 (91,7%)	1 (8,3%)	13.34 (1.46, 121.97)	0.024
<i>Arterielle Rekonstruktion</i>				
Direkte Anastomose	72 (56,3%)	56 (43,7%)	Referenzkategorie	
Gefäßinterponat	10 (38,5%)	16 (61,5%)	0.38 (0.14, 1.02)	0.050
<i>Anzahl art. Anastomosen</i>				
1 Anastomose	41 (50,6%)	40 (49,4%)	Referenzkategorie	
2 Anastomosen	34 (58,6%)	24 (41,4%)	1.18 (0.59, 2.38)	0.629
<i>Anzahl ven. Anastomosen</i>				
1 Anastomose	32 (47,8%)	35 (52,2%)	Referenzkategorie	
2 Anastomosen	29 (69,0%)	13 (31,0%)	3.54 (3.32, 3.91)	0.023
3 Anastomosen	21 (63,6%)	12 (36,4%)	3.27 (3.09, 3.81)	0.021
<i>Gesamt</i>	82 (52,9%)	73 (47,1%)		

4.9 Einfluss perioperativer Parameter auf das funktionelle Outcome

Mithilfe von Regressionsanalysen wurde der Einfluss perioperativer Parameter auf das funktionelle Resultat der Fingerreplantationen untersucht. Dabei wurden die Endpunkte DASH-Wert, Arbeitsrückkehrzeit, Handkraft und Fingerbeweglichkeit unterschieden.

4.9.1 DASH-Wert

Die multiple Regressionsanalyse ergab, dass das Modell als Ganzes signifikant ist ($F(13, 38) = 3.449$, $p = 0.001$, korrigiertes $R^2 = 0.384$). Aus der Tabelle 23 kann entnommen werden, dass die Handkraft des Patienten und die durchgeführten Rehabilitationsmaßnahmen einen signifikanten Einfluss auf den DASH-Wert zeigten.

So nahm mit jedem Prozent mehr Handkraft der DASH-Wert um 0,40 Punkte ab (95%-CI [-0.59, -0.22], $p < 0.001$).

Wurde eine ambulante Rehabilitationsmaßnahme anstatt keiner Rehabilitationsmaßnahme durchgeführt, stieg der DASH-Wert hingegen um 13,79 Punkte (95%-CI [0.35, 27.23], $p = 0.044$). Falls eine stationäre Rehabilitation erforderlich war, stieg der DASH-Wert sogar um 19,02 Punkte (95%-CI [1.78, 36.25], $p = 0.031$).

Tabelle 22: Einfluss perioperativer Parameter auf den DASH-Wert. Gezeigt werden die Ergebnisse eines multivariablen Regressionsmodells mit dem Endpunkt „DASH-Wert“. Signifikante Zusammenhänge sind fett markiert.

Perioperative Parameter	B (95%-Konfidenzintervall)	p-Wert
<i>Alter</i>	0.25 (-0.01, 0.50)	0.061
<i>Amputationstyp</i>		
Totalamputation	Referenzkategorie	
Subtotalamputation	-7.62 (-18.53, 3.29)	0.166
<i>Verletzungsmechanismus</i>		
Schnitt	Referenzkategorie	
Avulsion	5.66 (-7.84, 19.16)	0.401
Quetschung	-0.10 (-22.10, 21.90)	0.993
Ausriss	-4.919 (-24.932, 15.093)	0.622
<i>Amputationshöhe</i>		
Tamai II	-5.76 (-29.04, 17.52)	0.620
Tamai III	0.46 (-17.92, 18.84)	0.960
Tamai IV	-15.29 (-34.23, 3.65)	0.111
Tamai V	Referenzkategorie	
<i>Bewegungsausmaß</i>		
FKHA	-1.59 (-3.39, 0.20)	0.080
FNTA	0.48 (-1.58, 2.55)	0.639
<i>Handkraft</i>	-0.40 (-0.59, -0.22)	<0.001
<i>Rehabilitationsmaßnahmen</i>		
Keine	Referenzkategorie	
Ambulant	13.79 (0.35, 27.23)	0.044
Stationär	19.02 (1.78, 36.25)	0.031

4.9.2 Arbeitsrückkehrzeit

Die multiple Regressionsanalyse zeigte, dass das Modell als Ganzes signifikant ist ($F(6, 41) = 3.261$, $p = 0.010$, korrigiertes $R^2 = 0.224$). Wie in der folgenden Tabelle 24 dargestellt, wiesen der DASH-Wert und die durchgeführten Rehabilitationsmaßnahmen einen signifikanten Einfluss auf die Dauer der Arbeitsunfähigkeit auf.

Die Analyse ergab, dass mit jedem zusätzlichen Punkt im DASH-Score die Arbeitsrückkehrzeit des Patienten um 0,14 Monate stieg (95%-CI [0.08, 0.19], $p < 0.001$). War im Rahmen der Behandlung eine stationäre Rehabilitation notwendig, so nahm die Arbeitsrückkehrzeit um 3,87 Monate zu (95%-CI [0.30, 7.44], $p = 0.034$).

Tabelle 23: Einfluss perioperativer Parameter auf die Arbeitsrückkehrzeit. Gezeigt werden die Ergebnisse eines multivariablen Regressionsmodells mit dem Endpunkt „Arbeitsrückkehrzeit“. Signifikante Zusammenhänge sind fett markiert. BG (Berufsgenossenschaft).

Perioperative Parameter	B (95%-Konfidenzintervall)	p-Wert
<i>Amputationshöhe</i>		
Tamai II	-0.722 (-4,950, 3,505)	0.732
Tamai III	-0.894 (-4.424, 2.636)	0.612
Tamai IV	-0.186 (-3.813, 3.440)	0.918
Tamai V	Referenzkategorie	
<i>Anzahl amputierter Finger</i>	0.397 (-1.162, 1.957)	0.610
<i>BG-Fall</i>		
Ja	0.035 (-2.279, 2.348)	0.976
Nein	Referenzkategorie	
<i>DASH-Wert</i>	0.14 (0.08, 0.19)	<0.001
<i>Rehabilitationsmaßnahmen</i>		
Keine	Referenzkategorie	
Ambulant	-1.38 (-4.01, 1.25)	0.296
Stationär	3.87 (0.30, 7.44)	0.034

4.9.3 Handkraft

Die Handkraft des Patienten wurde durch das Level der Fingeramputation signifikant beeinflusst. Mit jeder Stufe der Amputationshöhe in proximaler Richtung nahm die Handkraft um 4,46 Prozent ab (95%-CI [-7.24, -1.69], $p = 0.002$).

Tabelle 24: Einfluss perioperativer Parameter auf die Handkraft. Gezeigt werden die Ergebnisse univariabler Modelle mit dem Endpunkt „Handkraft“. Signifikante Zusammenhänge sind fett markiert.

Perioperative Parameter	B (95%-Konfidenzintervall)	p-Wert
Alter	0.17 (-0.60, 0.94)	0.661
<i>Dominante Hand</i>		
Ja	-3.86 (-24.29, 16.58)	0.703
Nein	Referenzkategorie	
<i>Amputationstyp</i>		
Totalamputation	Referenzkategorie	
Subtotalamputation	0.41 (-20.07, 20.89)	0.967
<i>Verletzungsmechanismus</i>		
Avulsion	Referenzkategorie	
Ausriss	-11.53 (-55.97, 32.90)	0.600
Quetschung	23.52 (-13.48, 60.52)	0.204
Schnitt	9.22 (-16.80, 35,24)	0.475
<i>Amputationshöhe</i>	-4.46 (-7.24, -1.69)	0.002
<i>Osteosyntheseart</i>		
Kirschner-Draht	Referenzkategorie	
Platte	-26.82 (-56.46, 2.82)	0.074
Schraube	-9.34 (-13.65, 5.29)	0.284
Keine	6.17 (-38.30, 50.63)	0.779
<i>Rehabilitationsmaßnahmen</i>		
Keine	Referenzkategorie	
Ambulant	-24.01 (-50.84, 2.83)	0.078
Stationär	-27.09 (-62.14, 7.96)	0.127

4.9.4 Bewegungsausmaß

Hinsichtlich der Fingerbeweglichkeit wurden im Rahmen der Untersuchung der Fingerkuppen-Hohlhand-Abstand (FKHA) sowie der Fingernagel-Tischkanten-Abstand (FNNTA) unterschieden.

Die Analyse ergab eine signifikante Beeinflussung des Fingerkuppen-Hohlhand-Abstandes durch eine stationäre Rehabilitationsmaßnahme, wie in Tabelle 26 dargestellt. Wenn eine stationäre Rehabilitation erforderlich war, erhöhte sich der FKHA in der Summe um 5,30 cm (95%-CI [2.71, 7.90], $p < 0.001$).

Tabelle 25: Einfluss perioperativer Parameter auf den Fingerkuppen-Hohlhand-Abstand.
Gezeigt werden die Ergebnisse univariabler Modelle mit dem Endpunkt „FKHA“. Signifikante Zusammenhänge sind fett markiert.

Perioperative Parameter	B (95%-Konfidenzintervall)	p-Wert
<i>Alter</i>	0.05 (-0.02, 0.10)	0.058
<i>Amputationstyp</i>		
Totalamputation	Referenzkategorie	
Subtotalamputation	-0.25 (-1.88, 1.39)	0.762
<i>Verletzungsmechanismus</i>		
Avulsion	Referenzkategorie	
Ausriss	-1.94 (-5.44, 1.56)	0.268
Quetschung	-1.94 (-4.85, 0.97)	0.184
Schnitt	-1.80 (-3.84, 0.24)	0.082
<i>Amputationshöhe</i>		
Tamai II	Referenzkategorie	
Tamai III	0.28 (-2.35, 2.92)	0.828
Tamai IV	2.04 (-0.87, 4.95)	0.163
Tamai V	0.88 (-3.32, 5.07)	0.674
<i>Osteosynthese</i>		
Kirschner-Draht	Referenzkategorie	
Platte	1.99 (-0.43, 4.42)	0.103
Schraube	1.15 (0.54, 2.03)	0.256
Keine	-0.70 (-4.35, 2.94)	0.697
<i>Rehabilitationsmaßnahmen</i>		
Keine	Referenzkategorie	
Ambulant	0.69 (-1.10, 2.48)	0.440
Stationär	5.30 (2.71, 7.90)	<0.001

Zudem zeigte sich eine signifikante Beeinflussung des Fingernagel-Tischkanten-Abstandes durch die Art der Osteosynthese. Bei Verwendung einer Platte erhöhte sich der FNTA in der Summe um 3,39 cm (95%-CI [0.34, 6.44], $p=0.030$).

Tabelle 26: Einfluss perioperativer Parameter auf den Fingernagel-Tischkanten-Abstand.
Gezeigt werden die Ergebnisse univariabler Modelle mit dem Endpunkt „FNTA“. Signifikante Zusammenhänge sind fett markiert.

Perioperative Parameter	B (95%-Konfidenzintervall)	p-Wert
<i>Alter</i>	0.07 (-0.01, 0.14)	0.076
<i>Amputationstyp</i>		
Totalamputation	Referenzkategorie	
Subtotalamputation	-1.68 (-3.76, 0.39)	0.109
<i>Verletzungsmechanismus</i>		
Avulsion	Referenzkategorie	
Ausriss	-1.74 (-6.58, 3.10)	0.470
Quetschung	-1.74 (-5.77, 2.29)	0.385
Schnitt	-1.10 (-3.91, 1.72)	0.434
<i>Amputationshöhe</i>		
Tamai II	Referenzkategorie	
Tamai III	-0.40 (-4.06, 3.26)	0.826
Tamai IV	-0.18 (-4.22, 3.86)	0.928
Tamai V	-0.88 (-6.70, 4.95)	0.762
<i>Osteosynthese</i>		
Kirschner-Draht	Referenzkategorie	
Platte	3.39 (0.34, 6.44)	0.030
Schraube	1.43 (-0.08, 2.84)	0.135
Keine	-0.07 (-2.01, 1.87)	0.942
<i>Rehabilitationsmaßnahmen</i>		
Keine	Referenzkategorie	
Ambulant	-0.30 (-3.29, 2.69)	0.842
Stationär	0.13 (-4.15, 4.40)	0.953

4.10 Zusammenhang zwischen DASH-Wert und Arbeitsrückkehrzeit

Bezüglich des Zusammenhangs zwischen dem DASH-Score und der Dauer der Arbeitsunfähigkeit konnten n=48 Patienten untersucht werden.

Die Spearman-Korrelation zeigte eine signifikante Korrelation zwischen dem DASH-Wert und der Arbeitsrückkehrzeit, $r_s = 0,358$, $p = 0.012$.

Das Streudiagramm in Abbildung 18 veranschaulicht den Zusammenhang.

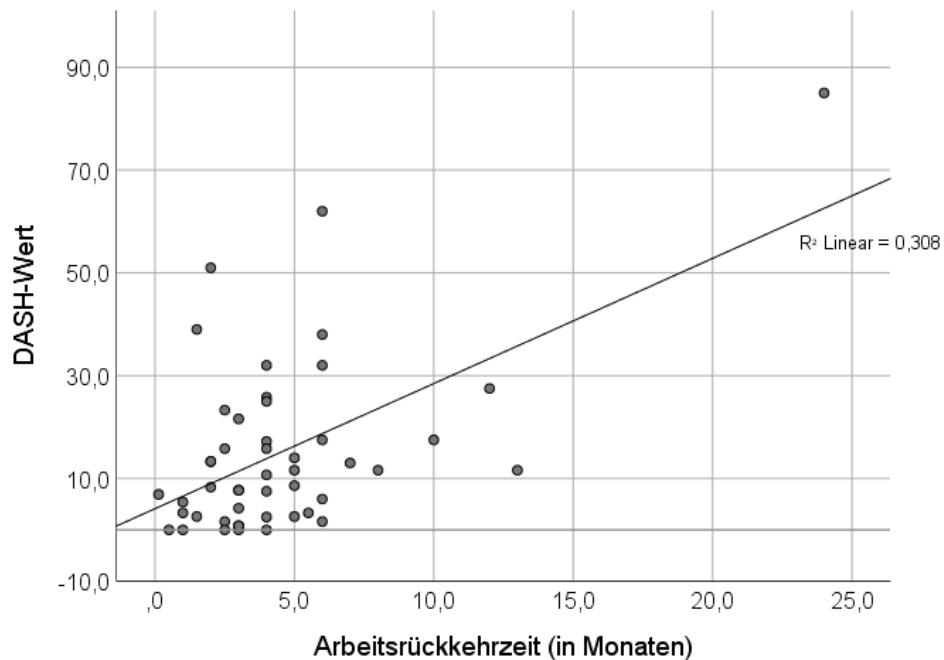


Abbildung 18: Zusammenhang DASH – Arbeitsrückkehrzeit

4.11 Zusammenhang zwischen DASH-Wert und Handkraft

Bezüglich des Zusammenhangs zwischen dem DASH-Score und der Kraft des Grobgriffs konnten n=52 Patienten untersucht werden.

Die Pearson-Korrelation zeigte eine stark negative Korrelation zwischen dem DASH-Wert und der Handkraft, $r = -0,531$, $p < 0,001$.

Abbildung 19 visualisiert den Zusammenhang.

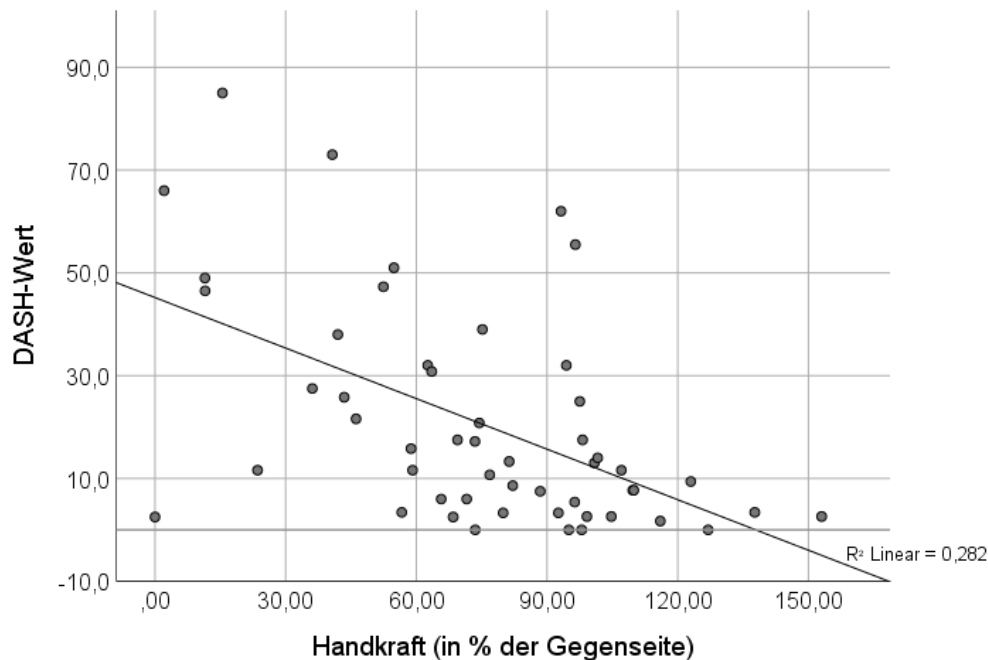


Abbildung 19: Zusammenhang DASH – Handkraft

4.12 Unterschiede zwischen Daumen- und Langfingerreplantationen

Die Patienten wurden unterteilt in eine Gruppe mit replantierten Daumen (n=20) und eine Gruppe mit replantierten Langfingern (n=42). Es wurden Analysen hinsichtlich des DASH-Wertes, der Arbeitsrückkehrzeit und der Wiederaufnahme der beruflichen Tätigkeit durchgeführt. Im Rahmen der Analysen zur Arbeitsrückkehrzeit und Wiederaufnahme der beruflichen Tätigkeit kam es zu Drop-Outs. Gründe für den Drop-Out waren, dass der Patient entweder in den Ruhestand ging, noch Schüler war oder sich zum Zeitpunkt der Befragung noch in Krankenschreibung befand.

4.12.1 DASH-Wert

Hinsichtlich der Analyse des DASH-Scores konnten n=62 Patienten untersucht werden. Die Gruppe der Patienten mit einer Daumenreplantation umfasste n=20 Patienten mit einem mittleren DASH-Wert von 28,72 (SD \pm 25,31, Bereich 0 – 85,00) und die Gruppe der Patienten mit einer Langfingerreplantation umfasste n=42 Patienten mit einem mittleren DASH-Wert von 13,14 (SD \pm 15,49, Bereich 0 – 75,00). Das Ergebnis des Vergleichs zwischen den beiden Gruppen zeigte einen signifikanten Unterschied im DASH-Score (Mann-Whitney-U-Test: U = 261,500, p=0.017), wie in Abbildung 20

dargestellt. Die Effektstärke nach Cohen (1992) liegt bei $r = 0,30$ und entspricht einem mittleren Effekt.

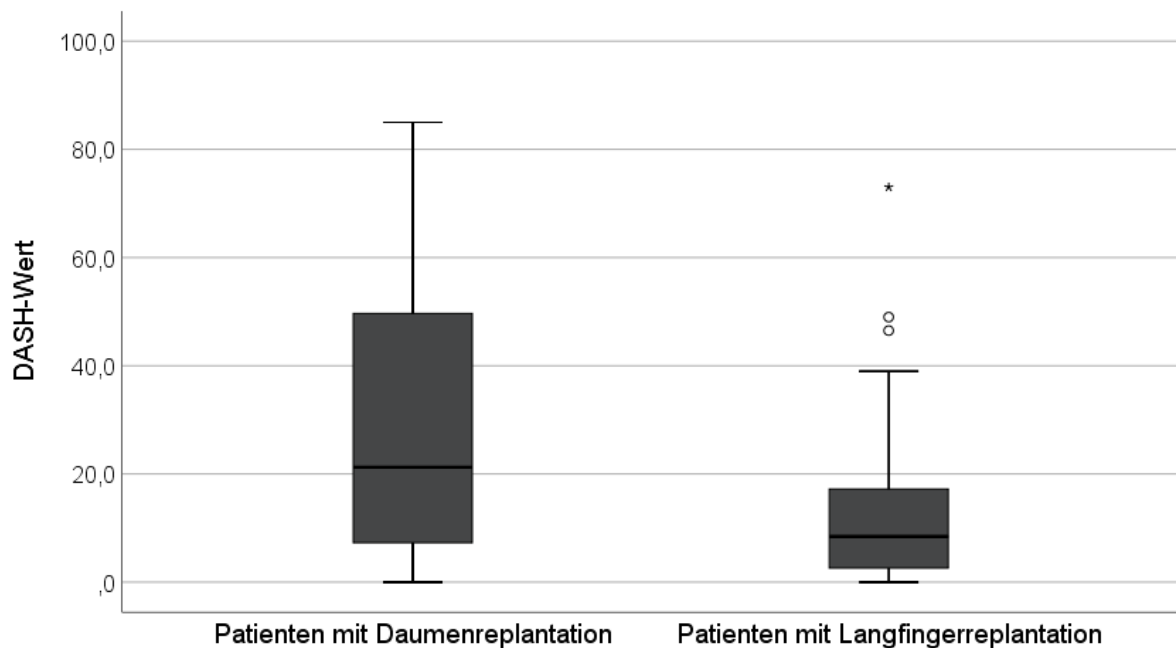


Abbildung 20: Verteilung der DASH-Werte auf Patienten mit Daumen- und Langfingerreplantationen

4.12.2 Arbeitsrückkehrzeit

Bezüglich der Dauer der Arbeitsunfähigkeit konnten $n=43$ Patienten analysiert werden. Die Gruppe der Patienten mit Daumenreplantationen hatte fünf Drop-Outs und die Gruppe der Patienten mit Langfingerreplantationen zeigte vierzehn Drop-Outs.

Die Gruppe der Patienten mit einer Daumenreplantation umfasste $n=15$ Patienten mit einer mittleren Arbeitsrückkehrzeit von 5,48 Monaten ($SD \pm 5,43$, Bereich 0,10 – 24,00) und die Gruppe der Patienten mit einer Langfingerreplantation umfasste $n=28$ Patienten mit einer mittleren Arbeitsrückkehrzeit von 4,18 Monaten ($SD \pm 3,19$, Bereich 0,50 – 13,00). Das Ergebnis des Vergleichs zwischen den beiden Gruppen zeigte keinen signifikanten Unterschied (Mann-Whitney-U-Test: $U = 161,000$, $p=0.209$).

4.12.3 Wiederaufnahme der beruflichen Tätigkeit

Bei der Untersuchung des Verhältnisses zwischen Berufsrückkehr und Berufswechsel konnten $n=46$ Patienten analysiert werden. Die Gruppe der Patienten mit Daumen-

replantationen wies vier Drop-Outs auf, während die Gruppe der Patienten mit Langfingerreplantationen zwölf Drop-Outs hatte. Es ist zu erwähnen, dass durch die geringe Fallzahl an Berufswechslern (n=3) die Aussagekraft der Analysen geschwächt wird. In der Gruppe der replantierten Daumen mit n=16 Patienten mussten 12,5% der Patienten den Beruf wechseln (n=2), während die restlichen 87,5% weiter ihren früheren Beruf ausüben konnten (n=14). In der Gruppe der replantierten Langfinger mit n=30 Patienten mussten 3,3% der Patienten den Beruf wechseln (n=1), während die restlichen 96,7% weiterhin ihrem ursprünglichen Beruf nachgingen (n=29). Ein Vergleich der beiden Gruppen hinsichtlich Berufsrückkehr und -wechsel zeigte keinen statistisch signifikanten Unterschied (Exakter Test nach Fisher, $p=0.274$).

4.13 Unterschiede zwischen Einheilung und Reamputation

Die Patienten wurden unterteilt in eine Gruppe mit eingeheilten Fingern (n=34) und eine Gruppe mit Fingern, die nach erfolgloser Replantation einer sekundären Stumpfbildung unterzogen wurden (n=32). Es wurden Analysen hinsichtlich des DASH-Wertes, der Arbeitsrückkehrzeit und der Wiederaufnahme der beruflichen Tätigkeit durchgeführt. Im Rahmen der Analysen zur Arbeitsrückkehrzeit und Wiederaufnahme der beruflichen Tätigkeit kam es zu Drop-Outs. Gründe für den Drop-Out waren, dass der Patient entweder in den Ruhestand ging, noch Schüler war oder sich zum Zeitpunkt der Befragung noch in Krankschreibung befand.

4.13.1 DASH-Wert

Hinsichtlich der Analyse des DASH-Scores konnten n=66 Patienten untersucht werden. Die Gruppe der Patienten mit einer erfolgreichen Einheilung umfasste n=34 Patienten mit einem mittleren DASH-Wert von 14,49 (SD $\pm 15,39$, Bereich 0,00 – 62,00) und die Gruppe der Patienten mit sekundärer Stumpfbildung umfasste n=32 Patienten mit einem mittleren DASH-Wert von 22,07 (SD $\pm 23,39$, Bereich 0,00 – 85,00). Wie in Abbildung 21 zu sehen ist, zeigte das Ergebnis des Vergleichs zwischen den beiden Gruppen keinen signifikanten Unterschied im DASH-Score ($t(53,11) = -1,54$, $p = 0.129$).

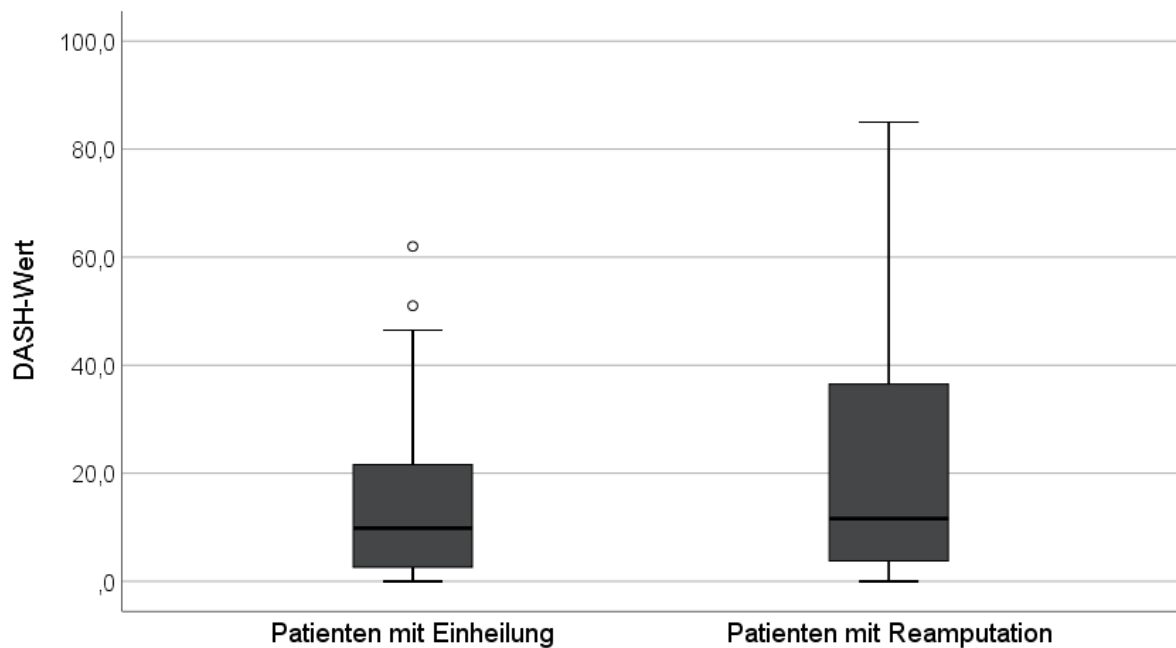


Abbildung 21: Verteilung der DASH-Werte auf Patienten mit Einheilung und Reamputation

4.13.2 Arbeitsrückkehrzeit

Bezüglich der Dauer der Arbeitsunfähigkeit konnten n=45 Patienten analysiert werden. Die Gruppe der Patienten mit Einheilung der Finger hatte elf Drop-Outs, während die Gruppe der Patienten mit sekundärer Stumpfbildung zehn Drop-Outs aufwies.

Die Gruppe der Patienten mit einer erfolgreichen Einheilung umfasste n=23 Patienten mit einer mittleren Arbeitsrückkehrzeit von 4,14 Monaten (SD $\pm 2,79$, Bereich 0,10 – 12,00). Die Gruppe der Patienten mit Reamputation umfasste n=22 Patienten mit einer mittleren Arbeitsrückkehrzeit von 5,09 Monaten (SD $\pm 4,99$, Bereich 1,00 – 24,00). Das Ergebnis des Vergleichs zwischen den beiden Gruppen zeigte keinen signifikanten Unterschied (Mann-Whitney-U-Test: $U = 239,500$, $p = 0.758$).

4.13.3 Wiederaufnahme der beruflichen Tätigkeit

Bei der Untersuchung des Verhältnisses zwischen Berufsrückkehr und Berufswechsel konnten insgesamt n=48 Patienten analysiert werden. Sowohl die Gruppe der Patienten mit Einheilung als auch die Gruppe der Patienten mit sekundärer Stumpfbildung hatte neun Drop-Outs. Es ist zu erwähnen, dass durch die geringe Fallzahl an Berufswechslern (n=3) die Aussagekraft der Analysen geschwächt wird.

In der Gruppe der eingeeheilten Finger mit n=25 Patienten mussten 4,0% der Patienten den Beruf wechseln (n=1), während die restlichen 96,0% weiter ihren früheren Beruf ausüben konnten (n=24). In der Gruppe der sekundär amputierten Finger mit n=23 Patienten mussten 8,7% der Patienten den Beruf wechseln (n=2), während die restlichen 91,3% der Patienten weiterhin ihrem ursprünglichen Beruf nachgingen (n=21). Ein Vergleich der beiden Gruppen hinsichtlich Berufsrückkehr und -wechsel zeigte keinen statistisch signifikanten Unterschied (Exakter Test nach Fisher, $p=0.601$).

4.14 Unterschiede zwischen Berufsrückkehr und Berufswechsel

Die Wiederaufnahme der beruflichen Tätigkeit konnte bei n=51 Patienten untersucht werden. Die Patienten wurden unterteilt in eine Gruppe mit Berufsrückkehrern (n=48) und eine Gruppe mit Berufswechslern (n=3). Es wurden Analysen hinsichtlich der Anzahl amputierter Finger, des DASH-Wertes, der Arbeitsrückkehrzeit und der Unfallart durchgeführt. Es ist zu erwähnen, dass durch die ungleiche Gruppengröße die Aussagekraft der Analysen geschwächt wird.

4.14.1 Anzahl amputierter Finger

Bezüglich der Anzahl amputierter Finger konnten n=51 Patienten analysiert werden. Die Gruppe der Patienten mit Berufsrückkehrern umfasste n=48 Patienten mit einer mittleren Anzahl amputierter Finger von 1,31 (SD $\pm 0,69$, Bereich 1,00 – 3,00) und die Gruppe der Patienten mit Berufswechslern umfasste n=3 Patienten mit einer mittleren Anzahl amputierter Finger von 1,33 (SD $\pm 0,58$, Bereich 1,00 – 2,00). Das Ergebnis des Vergleichs zwischen den beiden Gruppen zeigte keinen signifikanten Unterschied hinsichtlich der Anzahl der verletzten Finger (Mann-Whitney-U-Test: $U = 64,500$, $p=0.664$).

4.14.2 DASH-Wert

Hinsichtlich der Analyse des DASH-Scores konnten n=51 Patienten untersucht werden. Die Gruppe der Patienten mit Berufsrückkehrern umfasste n=48 Patienten mit einem mittleren DASH-Wert von 12,63 (SD $\pm 12,69$, Bereich 0,00 – 51,00) und die Gruppe der Patienten mit Berufswechslern umfasste n=3 Patienten mit einem mittleren DASH-Wert von 59,67 (SD $\pm 26,58$, Bereich 32,00 – 85,00). Das Ergebnis des Vergleichs zwischen den beiden Gruppen zeigte einen signifikanten Unterschied im

DASH-Score ($t(49) = -5,84, p < 0,001$). Die Effektstärke nach Cohen (1992) liegt bei $r = -0,75$ und entspricht einem starken Effekt.

In Abbildung 22 sind die Daten in Form von Boxplots dargestellt.

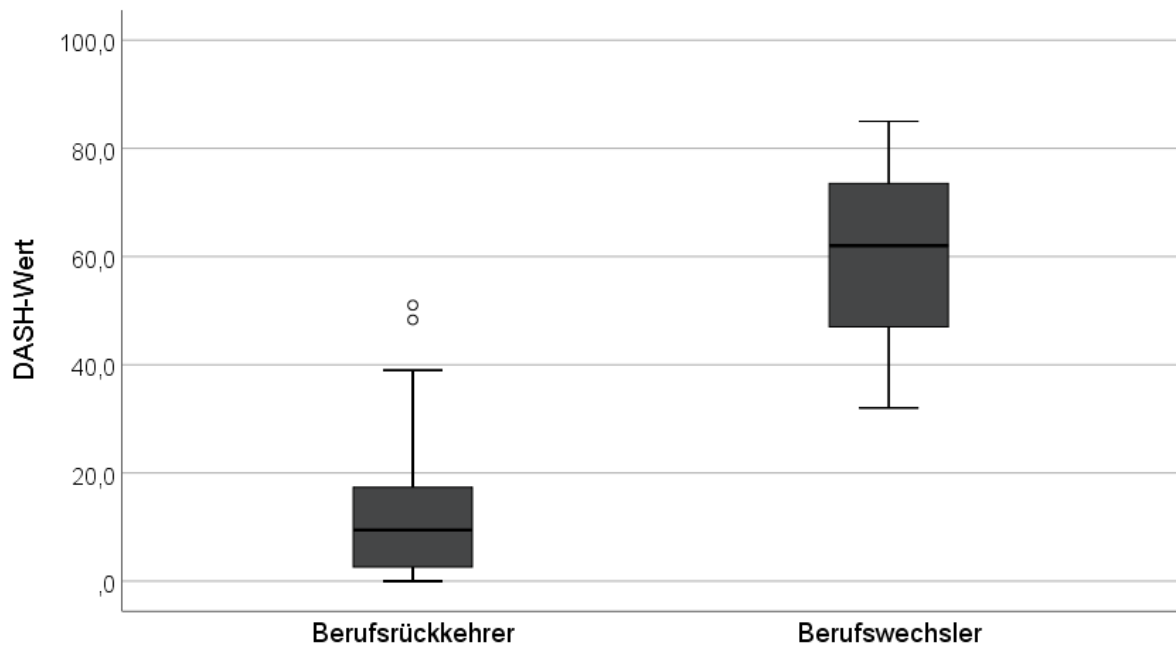


Abbildung 22: Verteilung der DASH-Werte auf Berufsrückkehrer und -wechsler

4.14.3 Arbeitsrückkehrzeit

Bezüglich der Dauer der Arbeitsunfähigkeit konnten $n=48$ Patienten analysiert werden. Die Gruppe der Patienten mit Berufsrückkehrern wies drei Drop-Outs auf, während die Gruppe der Patienten mit Berufswechslern keinen Drop-Out zeigte. Der Grund für den Drop-Out war, dass sich die Arbeitsrückkehrzeit nicht eruieren ließ.

Die Gruppe der Patienten mit Berufsrückkehrern umfasste $n=45$ Patienten mit einer mittleren Arbeitsrückkehrzeit von 4,03 Monaten ($SD \pm 2,73$, Bereich 0,10 – 13,00) und die Gruppe der Patienten mit Berufswechslern umfasste $n=3$ Patienten mit einer mittleren Arbeitsrückkehrzeit von 12,00 Monaten ($SD \pm 10,39$, Bereich 6,00 – 24,00). Das Ergebnis des Vergleichs zwischen den beiden Gruppen zeigte einen signifikanten Unterschied (Mann-Whitney-U-Test: $U = 14,000, p = 0,022$), siehe Abbildung 23. Die Effektstärke nach Cohen (1992) liegt bei $r = 0,33$ und entspricht einem mittleren Effekt.

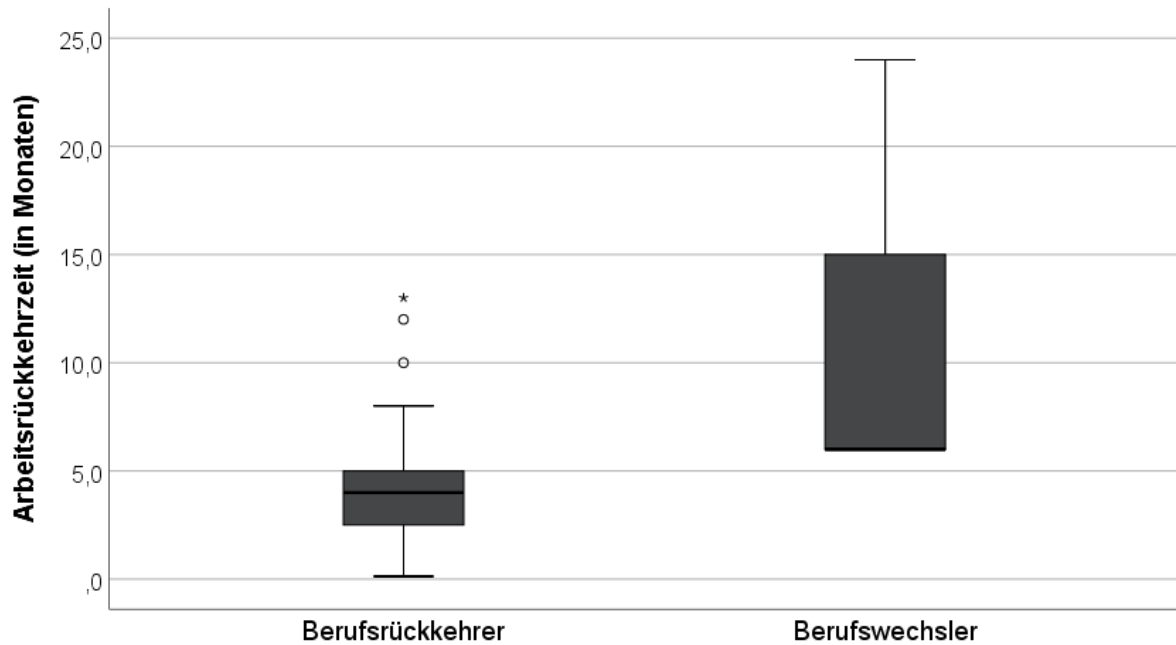


Abbildung 23: Verteilung der Arbeitsrückkehrzeit auf Berufsrückkehrer und -wechsler

4.14.4 Vergleich zwischen Arbeits- und Freizeitunfällen

Im Rahmen des Vergleichs zwischen den Unfallarten ließen sich $n=51$ Patienten analysieren. Die Gruppe der Patienten mit Berufsrückkehrern umfasste $n=48$ Patienten mit 33, die einen privaten und 15, die einen Arbeitsunfall erlitten. Die Gruppe der Patienten mit Berufswechslern umfasste $n=3$ Patienten, wobei es sich bei allen drei Patienten um einen Arbeitsunfall handelte. Das Ergebnis des Vergleichs zwischen den beiden Gruppen zeigte einen signifikanten Unterschied bezüglich der Unfallart (Exakter Test nach Fisher, $p= 0,039$, $\phi = 0,339$).

Abbildung 24 visualisiert diesen Unterschied.

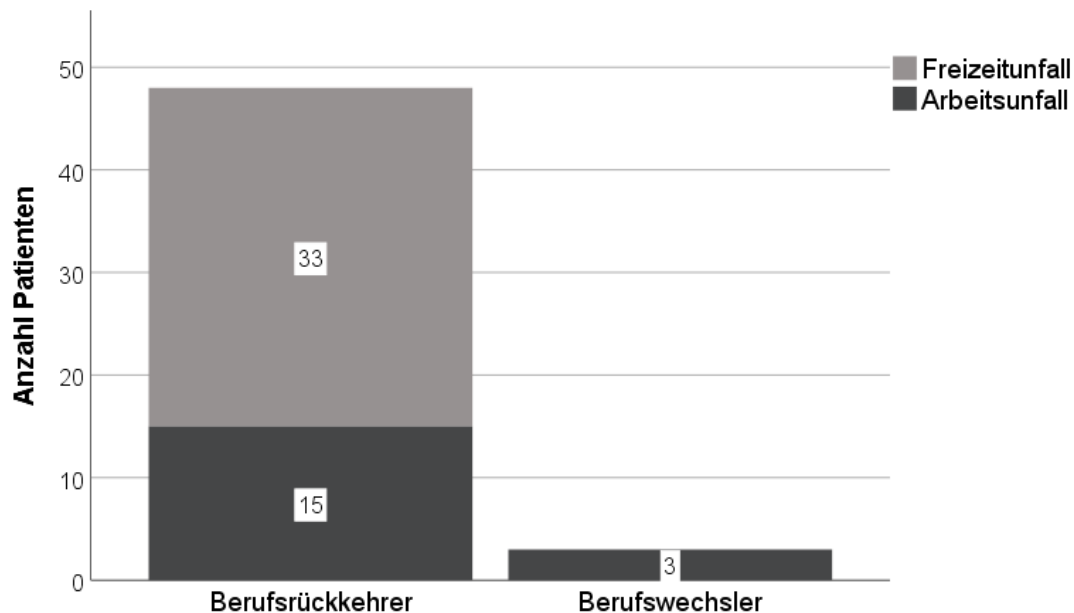


Abbildung 24: Vergleich zwischen Arbeits- und Freizeitunfällen bei Berufsrückkehrern und -wechslern

5 Diskussion

Im Untersuchungszeitraum von März 2007 bis Mai 2018 wurden 153 Patienten mit Amputationsverletzungen der oberen Extremität am Hochschulzentrum für Plastische und Ästhetische, Hand- und Wiederherstellungschirurgie Regensburg versorgt. Dabei wurden insgesamt 161 Replantationen durchgeführt, darunter sechs Makro- und 155 Fingerreplantationen. Das Ziel der vorliegenden Studie bestand in der Deskription der handchirurgischen Patienten mit Fingeramputationsverletzungen sowie der Analyse der objektiven und subjektiven Behandlungsergebnisse. Im Folgenden werden die Ergebnisse dieser Arbeit mit der aktuellen internationalen Studienlage verglichen und bewertet.

5.1 Basisdaten

Das Patientenkollektiv dieser Studie bestand zu 11% aus weiblichen und zu 89% aus männlichen Personen. Andere Studien beobachteten ebenfalls eine deutliche Mehrheit der männlichen Patienten. Die Arbeit von Haas et al. über die Langzeitergebnisse von 34 Patienten mit Daumenreplantationen wies ein Geschlechterverhältnis von 91%

männlichen und 9% weiblichen Patienten auf (47). Die Follow-up-Studie von Unglaub et al. mit 24 Patienten nach Daumenreplantation ergab eine nahezu identische Verteilung von 92% Männern und 8% Frauen (48). In der Studie von Fufa et al. mit 93 Patienten und 121 Fingerreplantationen sowie der Arbeit von Charpentier et al. mit 28 Patienten und 29 Fingerreplantationen handelte es sich bei 96% der Patienten um Männer und bei 4% um Frauen (36, 49). Eine Erklärung für die deutliche Mehrheit der männlichen Patienten könnte sein, dass die Unfälle in überwiegend händischen Tätigkeiten mit einem überproportional großen Anteil an männlichen Beschäftigten stattfinden.

Die Patienten dieser Studie waren im Mittel 43,9 Jahre alt und umfassten ein weites Spektrum zwischen 2 und 89 Jahren. Haas et al berichteten ebenfalls einen Altersdurchschnitt von 43 Jahren (47). Chen et al. gaben in ihrer Studie über 30 Einzelfingerreplantationen ein mittleres Patientenalter von 44,2 Jahren an (50). Fufa et al., Unglaub et al. und Rosberg et al. beobachteten ein Durchschnittsalter von 39 Jahren (36, 48, 51). Sebastin et al. und Shaterian et al. berechneten im Rahmen ihrer Metaanalysen hingegen ein deutlich geringeres Durchschnittsalter von 31 bzw. 32 Jahren (33, 52). Es zeigt sich, dass Unfälle mit Fingeramputationsverletzungen über alle Altersgruppen verteilt auftreten können.

Betrachtet man die Unfallhäufigkeit im Jahresverlauf, lässt sich in der vorliegenden Studie ein Anstieg im Frühling und Herbst mit Maximum in den Monaten März und September verzeichnen. Dies ließe sich erklären durch vermehrte Haus- und Gartenarbeit sowie Aktivitäten in der Forstwirtschaft während der Frühjahres- und Herbstmonate. Hinsichtlich der Unfallverteilung auf die einzelnen Wochentage offenbart sich ein Anstieg zum Ende der Woche hin, wobei sich die meisten Unfälle am Samstag ereigneten. Dazu passend zogen sich 61% der Patienten die Amputationsverletzung in der Freizeit zu, während es sich bei 39% der Patienten um Arbeitsunfälle handelte. Bei Rosberg et al. traten zu gleichen Teilen Arbeits- und Freizeitunfälle auf (51). Charpentier et al. berichteten, dass sich 46% der Unfälle am Arbeitsplatz ereigneten (49).

49% der Patienten dieser Studie erlitten eine Amputationsverletzung der dominanten Hand. Diese gleichmäßige händische Verteilung ließe sich durch die Unfallursachen erklären. Dabei handelte es sich vor allem um Arbeiten mit der Kreissäge, wodurch hauptsächlich die nicht dominante Hand verletzt wird, sowie mit Maschinen, wobei vorrangig die dominante Hand betroffen ist. Bei Haas et al. wiesen 53% und bei Tessler

et al. 59% der Patienten eine Verwundung der dominanten Hand auf (47, 53). In den Arbeiten von Fufa et al. und Sharma et al. wurde in 39% bzw. 40% der Fälle die dominante Hand verletzt (36, 54).

Die durchschnittliche Operationszeit für Mikroreplantationen lag bei unserem Patientenkollektiv bei 5 h 42 min, wobei die Versorgung von Einfinger-Verletzungen im Mittel 4 h 51 min und die von Serienamputationen 7 h 32 min benötigte. Hahn et al. ermittelten in ihrer retrospektiven Analyse über 313 Replantationen und Revaskularisationen bei 186 Patienten einen Median von 3 Stunden (6). Dabei ließe sich die im Vergleich zur vorliegenden Studie deutlich kürzere Operationszeit durch den Einschluss von Revaskularisationen mit einem geringeren operativen Aufwand erklären. In der Studie von Kaneshiro et al. zu Mehrfingerreplantationen betrug die durchschnittliche Operationsdauer 6,9 Stunden (55). Holmberg et al. sowie Sharma et al. beobachteten im Rahmen ihrer Analysen zu Daumenreplantationen eine mittlere Operationszeit von 7,2 bzw. 7,5 Stunden (54, 56).

Die stationäre Aufenthaltsdauer der Patienten mit Mikroreplantationen betrug in dieser Studie im Mittel 14,1 Tage. Fufa et al. und Charpentier et al. berichteten eine durchschnittliche Krankenhausverweildauer von 8 Tagen (36, 49). Bei Sharma et al. blieben die Patienten im Mittel 8,8 Tage im Krankenhaus (54). Holmberg et al. wiederum beobachteten eine durchschnittliche stationäre Aufenthaltsdauer von 15 Tagen (56). Eine mögliche Erklärung für die differierenden Verweildauern könnte in der unterschiedlichen perioperativen Versorgungsstruktur der einzelnen Kliniken und Länder liegen.

5.2 Eigenschaften der Verletzung

Innerhalb des Patientengutes dieser Studie ereigneten sich in 68% der Fälle Einfinger-Verletzungen, wobei der Daumen am häufigsten betroffen war. Zu Mehrfinger-Verletzungen kam es in 32% der Fälle. Waikakul et al. beobachteten unter ihren 552 Patienten mit insgesamt 1018 Fingerreplantationen in 53% der Fälle Einfingeramputationen und in 47% der Fälle Mehrfingeramputationen (16). Bei Fufa et al. wiesen 78% der Patienten eine Einfinger-Verletzung und 22% der Patienten eine Mehrfinger-Verletzung auf (36). Kwon et al. beschrieben unter ihren 161 Patienten 81% Einfingeramputationen und 19% Mehrfingeramputationen (57). Unter den Einfinger-Verletzungen handelte es sich in den genannten Arbeiten ebenso wie in der vorliegenden Studie um den Daumen als meistverletzten Finger.

Betrachtet man den Amputationstyp der verletzten Finger, so ließen sich in dieser Arbeit in 52% der Fälle Totalamputationen und in 48% Subtotalamputationen beobachten. Holmberg et al. fanden unter 65 Daumenamputationen mit 51% Total- und 49% Subtotalamputationen ein ähnliches Verhältnis vor (56). Chen et al. berichteten über 43% Totalamputationen und 57% Subtotalamputationen (50). In der Studie von Walaszek et al. zu den Langzeitergebnissen von 40 Patienten mit 59 Fingerreplantationen waren 64% der Finger total und die restlichen 36% subtotal amputiert (58).

Die Unfallursachen stellten in dieser Studie mit 48% überwiegend Sägeverletzungen dar, gefolgt von diversen Maschinen (13%) und Holzspaltern (12%). Bei Rosberg et al. wurden die Amputationsverletzungen ebenso vor allem durch Sägen, Maschinen und Holzspalter bewirkt (51). Auch Dabernig et al. beschrieben hauptsächlich Kreissägen- und Holzspalterverletzungen (30).

Unterteilt man die Fingerverletzungen nach dem Mechanismus der Amputation, ergibt sich in der vorliegenden Studie folgende Verteilung: Bei 62% der Verletzungen handelte es sich um Avulsionen, 17% waren Schnittverletzungen, zusätzlich kamen 10% Quetsch- und 11% Ausrissverletzungen vor. Waikakul et al. beschrieben hingegen 9% Avulsionen, 21% Schnittverletzungen, 65% Quetschungen und 5% Ausrissverletzungen (16). Bei Shaterian et al. sowie Fufa et al. dominierten die Schnittverletzungen, gefolgt von Quetschungen und Avulsionen (33, 36). Bei Kaneshiro et al. wiederum machten Quetschverletzungen den größten Anteil unter den Amputationen aus (55).

Bezüglich der Amputationshöhe ereigneten sich in dieser Studie unter den Daumenamputationen 71% der Verletzungen in der Zone III nach der Tamai Klassifikation. Im Langfingerbereich war neben der Tamai Zone III mit 31% die Zone IV mit 45% am häufigsten betroffen. Bei Waikakul et al., Shaterian et al., Fufa et al. sowie Kaneshiro et al. fand sich diesbezüglich keine Unterteilung in Daumen und Langfinger. Insgesamt ließ sich jedoch auch in diesen Studien der Großteil der Amputationen in den Tamai Zonen III und IV beobachten (16, 33, 36, 55). Während in der Arbeit von Kwon et al. vorwiegend die Tamai Zonen I und III betroffen waren, ereigneten sich bei Zhu et al. die meisten Amputationsverletzungen in der Tamai Zone III (57, 59).

5.3 Einheilungsrate der replantierten Finger

Unter den 153 Patienten dieser Studie wurden insgesamt 155 Finger replantiert. Davon heilten 53% ein, während 47% wieder reamputiert werden mussten. Bei Fufa et

al. betrug die Einheilungsrate 57% (36). Eine systematische Übersichtsarbeit, die sich ausschließlich mit der Replantation von Fingern nach Avulsionsverletzungen befasste, ermittelte eine Überlebensrate von 66% (60). Haas et al. berichteten eine Einheilungsquote von 69% unter 77 replantierten Daumen (47). In der Metaanalyse von Shaterian et al. mit 32 Studien und mehr als 6000 Fingerreplantationen variierten die Einheilungsraten zwischen 48% und 97% (25). In der Metaanalyse von Ma et al. mit 22 Studien und 4678 Fingeramputationen lagen die Überlebensraten zwischen 53% und 96% (61). Holmberg et al. beobachteten eine Einheilungsrate von 80% (56). In der Studie von Stone et al. zum Vergleich der Patient-reported Outcomes nach Fingerreplantation oder Stumpfbildung betrug das Replantatüberleben 85% (62). Die systematische Übersichtsarbeit von Sebastin et al. zu distalen Fingerreplantationen ergab eine Überlebensrate von 86% (52). Kaneshiro et al. berichteten im Rahmen ihrer Studie zu den klinischen Ergebnissen bei Mehrfingerreplantationen eine Einheilungsrate von 87% (55). In ihrer Arbeit zu 291 Fingerreplantationen ermittelten Zhu et al. eine Einheilungsrate von 89% (59). Sharma et al. und Kwon et al. präsentierten eine Überlebensrate von 91% unter 103 Daumenreplantationen bzw. 208 Fingerreplantationen (54, 57). Waikakul et al. beobachteten eine Einheilungsquote von 93% (16). Es ist nicht zu leugnen, dass die in dieser Studie festgestellte Einheilungsrate wesentlich niedriger ist als die in den vergangenen Jahren in der Literatur berichteten Raten. Eine Erklärung für die scheinbar niedrige Überlebensquote nach Fingerreplantation in der vorliegenden Studie könnte eine Publikationsverzerrung in der vorhandenen Literatur sein, bei der Ergebnisse nicht berichtet werden, wenn diese ungünstig außerhalb des allgemein akzeptierten Bereichs liegen. Rosberg et al., welche in ihrer Studie über 326 Patienten mit Amputationsverletzungen der oberen Extremität eine Einheilungsrate von 90% berichteten, vermuteten einen Zusammenhang zwischen der hohen Erfolgsquote und der präoperativen Auswahl der für die Replantation geeigneten Patienten (51). Des Weiteren ist darauf hinzuweisen, dass sich die Definition einer erfolgreichen Replantation zwischen den verschiedenen Studiendesigns unterscheidet. Die von vielen Datenbankstudien berichteten Erfolgsquoten sind eigentlich Raten der anfänglichen Vitalität des Replantates (11). Fufa et al. definierten in ihrer Arbeit die Einheilung als Replantatüberleben für mindestens 21 Tage. Da diese Definition den Erfolg des Revaskularisationsverfahrens widerspiegeln, wurden nach diesem Zeitpunkt durchgeführte Reamputationen als Komplikationen und nicht als Misserfolge betrachtet. Nur Fälle,

die innerhalb von 21 Tagen nach der Primäroperation eine Stumpfbildung erforderten, galten als fehlgeschlagene Replantationen (36). Hahn et al. wiederum bezeichneten die primäre Erfolgsrate als „Anheilen mit ausreichender Durchblutung“ (6). Bei Zhu et al. erfolgte eine Nachbeobachtung für mindestens einen Monat, wobei ein Misserfolg als Nekrose des replantierten Fingers definiert wurde, die eine Revisionsamputation oder eine Lappenabdeckung des Skeletts erforderlich machte (59). Kwon et al. werteten sowohl unvollständige als auch vollständige Nekrosen des replantierten Fingers als Replantatversagen, wobei sich der Nachbeobachtungszeitraum über mindestens ein Jahr erstreckte (57). Zahlreiche Studien definierten den Begriff einer erfolgreichen Replantation jedoch gar nicht (10, 16, 18, 25, 52, 54).

Zudem ist zu beachten, dass eine Vielzahl an Studien und damit die Mehrzahl der Patienten aus dem asiatischen Raum stammt. Stone et al. fanden in ihrer Übersichtsarbeit deutliche geografische Unterschiede, wobei Fingerreplantationen in asiatischen Populationen häufiger vorkamen als in nordamerikanischen (62). Gemäß Hattori et al. ist die Replantation vor allem in asiatischen Ländern weit verbreitet, da die Betonung der Ästhetik besonders im Fernen Osten von Bedeutung ist, wo konfuzianische Werte vorherrschen und die Aufrechterhaltung der körperlichen Integrität und des physischen Erscheinungsbildes ebenso wichtig ist wie die Funktion (14). Nach Chung et al. kann die steigende Zahl an Replantationen in Asien auch auf das soziale Stigma der Fingeramputation in Ländern wie Japan zurückgeführt werden, wo sie mit organisierter Kriminalität in Verbindung gebracht wird (63). So entwickelte sich Asien in den letzten Jahrzehnten zum Vorreiter in der Mikrochirurgie. Fufa et al. zufolge, welche eine ähnliche Einheilungsrate wie die vorliegende Studie ermittelten, könnte sich die vergleichsweise begrenzte Anzahl an Fingerreplantationen in den westlichen Institutionen negativ auf das Replantatüberleben auswirken (36). Schließlich hinterfragten Sharma et al. die generelle Aussagekraft eines Vergleichs der allgemeinen Überlebensraten, da jede Studie ihre eigene Patientenpopulation aufweist, welche die Gesamtstatistiken beeinflusst (54).

5.4 Objektive Behandlungsergebnisse

Ein wichtiges Kriterium einer ausreichenden Funktionalität des Replantationsergebnisses stellt die Beweglichkeit der Finger dar. Zur Beurteilung jener erfolgte die Messung des Flexions- und Extensionsdefizites anhand des Fingerkuppen-Hohlhand-Abstan-

des (FKHA) und des Fingernagel-Tischkanten-Abstandes (FNTA). Zusätzlich wurde zur Testung der Oppositionsfähigkeit der replantierten Daumen der Kapandji-Index erhoben. In der Literatur finden sich zur Messung der Fingerbeweglichkeit auch alternative Verfahren. Meist wurde der aktive Bewegungsumfang (range of motion, ROM) der einzelnen Fingergelenke durch manuelle Goniometrie nach der Neutral-Null-Methode gemessen und gegebenenfalls addiert (total active motion, TAM) (47, 48, 60). Zum Teil wurde ein prozentualer ROM definiert als das Verhältnis der Summe der ROM der verletzten Finger zu der der kontralateralen Hand (49, 50, 55). Diese Abweichung erschwert einen Ergebnisvergleich mit der aktuellen Literatur und stellt eine Limitation der vorliegenden Arbeit dar. Nach einer Amputationsverletzung weisen jedoch zum Teil auch die benachbarten Finger ausgeprägte Einschränkungen der Beweglichkeit auf, wodurch die manuelle Tätigkeit und damit auch die Patientenzufriedenheit beeinträchtigt wird. Mit der Messung des FKHA und FNTA wählte diese Studie Instrumente zur Erfassung der Gesamteinschränkung der Hand.

Ein weit verbreitetes klinisches Maß für die Handfunktion ist die Griffstärke. In der vorliegenden Studie ergab sich für die Grobgriffstärke ein Mittelwert von 72,9% und für die Spitzgriffstärke ein Mittelwert von 82,1% in Relation zur gesunden Seite. Diese Werte ähneln den Angaben in der Literatur. Kwon et al. und Shaterian et al. beobachteten eine Handkraft von im Mittel 78,6% bzw. 78,7% (33, 57). In der Arbeit von Dabernig et al. betrug die Grobgriffstärke 87% und die Spitzgriffstärke 71% der unverletzten Seite (30). Rosberg et al. beschrieben eine Grobgriffstärke von 66% und eine Spitzgriffstärke von 75% der kontralateralen Hand (51). In ihrer Studie über die Langzeitergebnisse nach Daumenreplantation ermittelten Unglaub et al. eine Grobgriffstärke von 70% und eine Spitzgriffstärke von 68% der unversehrten Hand (48). Chen et al. berechneten eine Grobgriffstärke von 90,5% sowie eine Spitzgriffstärke von 81,5% der kontralateralen Hand (50). Dabei ist anzumerken, dass die Handkraft von der Anzahl replantierter Finger beeinflusst werden kann und die Studien von Unglaub et al. sowie Chen et al. ausschließlich Einzelfingerreplantationen untersuchten. Ebenso wie die Kraft spielt die Sensibilität der Finger eine große Rolle für die funktionell erfolgreiche Hand. In dieser Arbeit wiesen 33% der 84 verletzten Finger eine normale Zweipunktdiskrimination (< 6 mm) und 37% der Finger eine befriedigende Zweipunktdiskrimination (6-10 mm) auf. Bei 8% der untersuchten Finger ließ sich eine schlechte Zweipunktdiskrimination (11-15 mm) ermitteln, während die Empfindung der

restlichen 21% als schützend (> 15 mm) klassifiziert wurde. In der Studie von Chen et al. zeigten 17% der Finger eine normale und 46% eine befriedigende Zweipunktdiskrimination auf. Weitere 17% der untersuchten Finger verfügten über eine schlechte und 20% über eine schützende Zweipunktdiskrimination (50). Gelbermann et al. untersuchten die Sensibilität von 35 replantierten Fingern und beobachteten eine normale Zweipunktdiskrimination bei 26% der Finger, eine befriedigende bei 20%, eine schlechte bei 6% sowie eine lediglich schützende bei 48% der Finger (64). In diesem Zusammenhang ist zu beachten, dass Veränderungen der Sensibilität der Fingerspitzen nicht nur durch Nervenverletzungen, sondern auch durch andere Komplikationen nach schwerer Handverletzung, wie beispielsweise Vernarbungen oder Nagelverlust, hervorgerufen werden können. Zudem ist die mit dem Alter nachlassende Nervenregeneration zu erwähnen. Eine Studie von Schmauss et al. zeigte, dass die normale Sensibilität der Hand im dritten Lebensjahrzehnt ihren Höhepunkt erreicht und anschließend mit zunehmendem Lebensalter abnimmt. Die Autoren kritisierten, dass in den meisten Studien das Ergebnis nach einer Nervenrekonstruktion anhand von Bewertungssystemen wie dem ASSH-Score der American Society for Surgery of the Hand beurteilt wird, welche das Alter des Patienten nicht berücksichtigen. Demzufolge könnten die Ergebnisse bei Kindern zu positiv und bei älteren Patienten zu negativ eingestuft werden. Um die Unzulänglichkeiten von Klassifizierungssystemen zu überwinden, die das Alter des Patienten und interindividuelle Unterschiede nicht einbeziehen, befürworteten Schmauss et al., die Differenz der statischen Zweipunktdiskriminationswerte des verletzten und des unverletzten kontralateralen Nervs (Delta 2PD) zur Beurteilung der Sensibilität nach Nervenrekonstruktion zu verwenden (44). Eine häufige Komplikation nach Fingerreplantation ist das Phänomen der Kälteunverträglichkeit. In dieser Studie gaben 68% der nachuntersuchten Patienten bei Kälteexposition Missempfindungen oder Schmerzen in der verunfallten Hand an. Chen et al. beobachteten bei 53% der Patienten das Symptom der Kälteintoleranz (50). Bei Charpentier et al. waren 75% und bei Dabernig et al. 87% der Patienten von Kälteintoleranz betroffen (30, 49). Bei Gelbermann et al. klagten 90% der Patienten und bei Unglaub et al. sowie Rosberg et al. sogar sämtliche Patienten über Kälteunverträglichkeit (48, 51, 64). Gelbermann et al. beobachteten eine direkte Proportionalität zwischen dem Schweregrad der Kälteintoleranz und der Perfusion des replantierten Fingers. So litten Patienten mit einem niedrigen Pulsdruck unter schweren Missempfindungen. Folglich

ist die Wiederherstellung und Aufrechterhaltung eines adäquaten Blutflusses entscheidend, um eine unzureichende sensorische Funktion und Symptome der Kälteunverträglichkeit nach Fingerreplantation zu vermeiden (64). Daneben ist zu beachten, dass auch andere Faktoren die Kälteintoleranz beeinflussen können, darunter die örtliche oder saisonale Temperatur, die Rauchgewohnheiten und das Alter des Patienten (58).

5.5 Subjektive Behandlungsergebnisse und Erwerbstätigkeit

Zur Darstellung der subjektiven Einschätzung der Behandlungsergebnisse durch den Patienten kam der DASH-Score zur Anwendung. Unter den 80 befragten Patienten dieser Studie ergab sich ein Mittelwert im DASH-Score von 18,7 (Median 11,2) bei einer durchschnittlichen Nachbeobachtungszeit von 5,2 Jahren. Charpentier et al. und Kaneshiro et al. dokumentierten einen mittleren DASH-Wert von 22,3 (49, 55). Unglaub et al. beobachteten einen mittleren DASH-Wert von 16,7 bei einer durchschnittlichen Nachbeobachtungszeit von 6,5 Jahren. (48). Shaterian et al. beschrieben einen Mittelwert im DASH-Score von 12,8 (33). In der Arbeit von Dabernig et al. betrug der mittlere DASH-Wert 12,3 (30). Ausgehend von dem gekürzten QuickDASH-Score berichteten Haas et al. einen Mittelwert von 11,3 und Rosberg et al. einen Median von 11,4 (47, 51). Die in den verschiedenen Replantationsstudien differierenden DASH-Werte könnten auf ein abweichendes Patientengut, unterschiedliche Nachbeobachtungszeiten sowie die verwendeten Varianten des DASH-Scores zurückzuführen sein (51). So errechnete sich in der Studie von Chen et al. mit 30 Einzelfingeramputationen ein mittlerer DASH-Wert von 6,6 bei einer durchschnittlichen Nachbeobachtungszeit von 3 Jahren. Dieses Ergebnis deutet auf eine deutlich geringere Beeinträchtigung nach Einzelfingerreplantation hin (50).

Ein bedeutender Parameter für die soziale Rehabilitation des Patienten ist die Wiederherstellung der Arbeitsfähigkeit. In der vorliegenden Studie kehrten 82% der zum Zeitpunkt des Traumas berufstätigen Patienten an ihren ehemaligen Arbeitsplatz zurück, während 8% der Patienten in eine andere berufliche Tätigkeit wechselten. Die restlichen 10% der Patienten waren arbeitslos, noch in Krankschreibung, berufsunfähig oder zu Altersrentnern geworden. Im Kollektiv von Haas et al. konnten 59% der Patienten in ihren früheren Beruf zurückkehren oder ihre Ausbildung fortsetzen. 8% der Patienten mussten nach dem Trauma ihren Arbeitsplatz wechseln und weitere 33% der Patienten waren zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung arbeitslos oder hatten sich

zur Ruhe gesetzt (47). In der Arbeit von Unglaub et al. waren 67% der Patienten in der Lage, ihren früheren Beruf wieder aufzugreifen oder ihre Ausbildung fortzusetzen. 12% der Patienten mussten nach dem Unfall ihre Arbeitsstelle wechseln und 21% der Patienten waren zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung arbeitslos oder bereits berentet (48). In der Studie von Rosberg et al. kehrten 68% der zum Zeitpunkt des Traumas berufstätigen Patienten in ihren früheren Beruf zurück, während 22% der Patienten ihren Arbeitsplatz wechseln und 10% aufgrund der Verletzung vorzeitig in den Ruhestand gehen mussten (51). Bei Charpentier et al. kehrten 77% der zum Unfallzeitpunkt berufstätigen Patienten an denselben Arbeitsplatz zurück. Von den übrigen Patienten blieben 9% arbeitsunfähig und weitere 14% waren arbeitslos oder wurden für eine andere Tätigkeit umgeschult (49). In der Arbeit von Walaszek et al. waren 78% der Patienten erneut berufstätig, davon 71% in ihrer vorherigen Beschäftigung (58). Bei Chen et al. kehrten 93% der Patienten in das Arbeitsleben zurück, darunter 61% in ihren ehemaligen Beruf (50).

In der vorliegenden Studie betrug die mittlere Arbeitsunfähigkeitsdauer 5,1 Monate. Charpentier et al. beobachteten eine vergleichbare Arbeitsrückkehrzeit von durchschnittlich 4,8 Monaten (49).

Totale und subtotale Amputationsverletzungen mit der Notwendigkeit einer Replantation können schwerwiegende Auswirkungen auf den einzelnen Patienten haben und dessen Leben aufgrund von Funktionseinschränkungen tiefgreifend beeinflussen (51). Nichtsdestotrotz waren 90% der in dieser Studie befragten Patienten nach dem Unfall in der Lage, eine berufliche Tätigkeit wieder aufzunehmen.

5.6 Einfluss perioperativer Parameter auf das Replantatüberleben

Die vorliegende Studie untersuchte den Einfluss verschiedener perioperativer Faktoren auf die Einheilung der replantierten Finger.

Einen signifikanten Einfluss auf das Replantatüberleben zeigte der Amputationstyp. So war bei Totalamputation des Fingers die Wahrscheinlichkeit für die Einheilung des Replantates signifikant erniedrigt. Waikakul et al., Yu et al. und Holmberg et al. sahen hingegen keinen Zusammenhang zwischen Amputationstyp und Replantatüberleben (16, 35, 56).

Die Art der Osteosynthese wies in dieser Arbeit ebenfalls einen signifikanten Einfluss auf die Einheilung auf. Wenn statt einer Versorgung mit Kirschner-Draht, Platte oder

Schraube keine Osteosynthese gebraucht wurde, erhöhte dies die Wahrscheinlichkeit für das Überleben des Replantates. Bei Waikakul et al. hatte die Art der Osteosynthese keinen signifikanten Einfluss auf das Replantatüberleben (16).

Des Weiteren wurde die Einheilung von der Verwendung eines Gefäßinterponates beeinflusst. Wenn ein Gefäßinterponat zur Überbrückung der arteriellen Enden zwischen Amputat und Stumpf erforderlich war, so erniedrigte dies die Wahrscheinlichkeit für die Einheilung des Fingers. Waikakul et al. bestätigen diesen Zusammenhang (16). Auch Holmberg et al. stellten eine hohe Versagensrate bei der Verwendung von Venentransplantaten fest, führten dies jedoch auf die Tatsache zurück, dass die meisten dieser Interponate bei Avulsionsverletzungen verwendet wurden (56). Die Verwendung eines Venentransplantates wies bei Shaterian et al., Fufa et al., und Sharma et al. hingegen keinen Einfluss auf das Replantatüberleben auf (25, 36, 54).

Auch die Anzahl der Venennähte wirkte sich signifikant auf das Überleben des Replantates aus. Mit steigender Anzahl venöser Anastomosen erhöhte sich die Einheilungswahrscheinlichkeit der replantierten Finger. Ebenso beobachteten Waikakul et al. sowie Fufa et al., dass replantierte Finger mit zwei oder drei venösen Anastomosen signifikant höhere Überlebensraten aufwiesen als jene mit nur einer Anastomose (16, 36). In der Metaanalyse von Shaterian et al. fand sich ebenfalls ein signifikanter Unterschied in der Einheilungsrate für Finger, die mit null, einer oder zwei Venenanastomosen replantiert wurden (25). Auch bei distalen Fingerreplantationen in den Tamai Zonen I und II verbesserte eine Venennaht das Replantatüberleben signifikant (52). Es lässt sich schlussfolgern, dass die Anzahl der venösen Anastomosen das Replantatüberleben vorhersagt. So kann die Einheilung eines replantierten Fingers intraoperativ optimiert werden, indem die Anzahl der Venenverbindungen erhöht wird (25). Jedoch ist zu beachten, dass die Zahl möglicher Venennähte durch die vorliegende, traumatisch veränderte Anatomie deutlich eingeschränkt sein kann.

Weitere statistisch signifikante Zusammenhänge zwischen perioperativen Faktoren und Replantatüberleben konnten in der vorliegenden Arbeit nicht festgestellt werden. In zahlreichen Studien wies jedoch der Verletzungsmechanismus einen signifikanten Einfluss auf die Einheilung auf. So zeigten Schnittverletzungen höhere Überlebensraten als Quetsch- oder Avulsionsverletzungen (10, 16, 25, 35, 52, 56, 57, 59, 61). Offensichtlich führen Letztere im Gegensatz zu Schnittverletzungen zu ausgedehnteren Verletzungszonen und schwereren Gefäßschäden. Laut Shaterian et al. korreliert

der Amputationsmechanismus mit den Gefäßverletzungen sowie nachfolgend dem Replantatversagen und könnte somit ein entscheidender prognostischer Faktor sein (25).

Bei Waikakul et al. zeigte zudem die Amputationshöhe einen signifikanten Einfluss auf das Replantatüberleben. Eine Verletzung am proximalen Interphalangealgelenk führte zu einer schlechteren Einheilungsrate als eine Verletzung am distalen Interphalangeal- und Metacarpophalangealgelenk (16). In der Metaanalyse von Dec et al. wies ein im Endglied abgetrennter Finger eine geringere Überlebenschance auf als ein an anderer Stelle amputierter Finger. Diesen Unterschied führten die Autoren auf den geringeren Gefäßdurchmesser im Endglied und die damit verbundene Schwierigkeit, erfolgreiche Anastomosen zu bilden, zurück (10). Andere Autoren konnten wie die vorliegende Studie keinen Zusammenhang zwischen Amputationshöhe und Einheilung finden (25, 35, 36, 51, 54, 56, 59). Dies könnte die kontinuierlichen Fortschritte und die zunehmende Expertise in der mikrochirurgischen Technik widerspiegeln, sodass selbst kleinere Gefäßanastomosen zur Routine geworden sind (54).

Des Weiteren beobachteten verschiedene Autoren eine Beeinflussung des Replantatüberlebens durch die Anzahl arterieller Anastomosen. So stieg die Einheilungsrate mit zunehmender Zahl der Arterienanastomosen (16, 25). Bei Holmberg et al. begünstigte das Vorhandensein von zwei durchgängigen Arterien am Ende der Operation die Prognose, da sämtliche dieser Daumen einheilten (56). Auch in der vorliegenden Studie zeigten replantierte Finger mit zwei arteriellen Anastomosen eine höhere Einheilungsrate auf, wenngleich keine statistische Signifikanz erreicht wurde. Letztlich ist ein adäquater arterieller Zufluss notwendig, um eine Ischämie zu vermeiden. Somit können Chirurgen die Überlebensraten des Replantates intraoperativ verbessern, indem sie die Anzahl der arteriellen Anastomosen erhöhen (25).

Die patientenbasierten Parameter Alter und Geschlecht wiesen in der vorliegenden Arbeit keinen signifikanten Einfluss auf die Einheilung replantierter Finger auf. In der Literatur finden sich diesbezüglich divergente Angaben. Bei Waikakul et al. boten die replantierten Finger der Patienten, welche älter als 13 Jahre waren, signifikant geringere Überlebensraten als die der jüngeren Patienten (16). Dagegen beobachteten Yu et al. und Ma et al. bei Erwachsenen signifikant höhere Einheilungsraten als bei Kindern unter 18 Jahren (35, 61). In der Arbeit von Zhu et al. wiederum war die Erfolgsquote bei Patienten, die älter als 45 Jahre waren, deutlich geringer (59). Kwon et al.

wiesen in ihrer Studie zu den Ergebnissen von Fingerreplantationen bei Patienten über 60 Jahren eine hohe Einheilungsrate von 91% nach. Allerdings zeigte eine Analyse aller Altersgruppen über 20 Jahren einen signifikanten Anstieg der Misserfolgsrate bei Patienten im Alter von 70 Jahren und älter (57). In den Studien von Dec et al., Shaterian et al. und Fufa et al. erreichte die Variable Alter keine statistische Signifikanz bezüglich des Replantatüberlebens (10, 25, 36). Eine Ursache geringerer Erfolgsraten bei Kindern könnte sein, dass bei Kindern mit Amputationsverletzungen im Gegensatz zu Erwachsenen die Indikation zur Replantation großzügiger gestellt wird. Zudem besitzen die Blutgefäße einen kleineren Durchmesser, wodurch die Operation technisch anspruchsvoller wird. Dennoch weisen Kinder eine enorme Regenerationsfähigkeit auf, sodass eine Replantation in den meisten Fällen mit einem zufriedenstellenden funktionellen Ergebnis verbunden ist (8).

Auch hinsichtlich des Faktors Geschlecht differieren die Angaben. In den Arbeiten von Dec et al. und Waikakul et al. wiesen die replantierten Finger männlicher Patienten signifikant geringere Überlebensraten auf als die weiblicher Patienten (10, 16). Bei anderen Autoren zeigte das Geschlecht wiederum keinen signifikanten Einfluss auf das Replantatüberleben (25, 35, 36, 57, 59, 61). Eine mögliche Erklärung für die geringere Einheilungsquote bei Männern könnte sein, dass deren Fingeramputationen auf schwerere Verletzungen zurückzuführen sind (16).

Ein Zusammenhang zwischen dem Betroffensein der dominanten Hand und der Einheilung konnte in der vorliegenden Studie nicht hergestellt werden. Auch bei Fufa et al. zeigte diese Variable keinen signifikanten Einfluss auf das Replantatüberleben (36). Andere veröffentlichte Studien machten keine Aussage hinsichtlich dieses Parameters (10, 16, 18, 25, 35, 52). Ma et al. stellten fest, dass amputierte Finger der rechten Hand eine geringere Überlebenswahrscheinlichkeit aufwiesen als die der linken Hand. Da größtenteils die rechte Hand dominant ist, sind Chirurgen möglicherweise eher bereit, eine Replantation an der rechten als an der linken Hand vorzunehmen (61).

Des Weiteren zeigte die Anzahl amputierter Finger in dieser Studie keinen signifikanten Einfluss auf die Replantateinheilung. Eine retrospektive Analyse von Kaneshiro et al. zum Outcome von Mehrfingerreplantationen ergab in einem Vergleich zwischen Zwei- und Dreifingerreplantationen keinen signifikanten Unterschied hinsichtlich der Einheilungsraten. Dies deutet darauf hin, dass die Zunahme der Anzahl amputierter Finger nicht mit der Überlebensrate assoziiert ist (55).

Die Art des verletzten Fingers wirkte sich in der vorliegenden Arbeit nicht signifikant auf das Replantatüberleben aus. Ebenso zeigte dieser Parameter bei Shaterian et al. und Fufa et al. keinen signifikanten Einfluss auf die Einheilung (25, 36). Die Metaanalyse von Dec et al. ergab, dass ein replantierter Daumen eine geringere Überlebensrate im Vergleich zu den restlichen Fingern aufwies. Die Autoren vermuteten, dass dieser Unterschied durch eine großzügigere Indikationsstellung bei der Replantation des Daumens verursacht wurde als bei den für die Handfunktion weniger wichtigen Langfingern (10). Hingegen zeigte bei Yu et al. der Kleinfinger eine geringere Überlebensrate wie der Daumen auf. Die Analyse der restlichen Finger ergab keinen signifikanten Unterschied (35). Bei Ma et al. war die Einheilungsrate des Kleinfingers geringer als die von Daumen, Zeigefinger oder Ringfinger (61). Auch in der vorliegenden Arbeit wies der Kleinfinger die geringste Einheilungsrate auf. Die Ergebnisse dieser Studien korrelieren mit den anatomischen Besonderheiten der randbildenden Finger, wonach sich im Rahmen der Präparation häufig ein hypoplastisch ausgebildetes Gefäßnervenbündel 1 bzw. 10 findet.

Die vorliegende Studie untersuchte zudem die Indikationsstellung der Fingerreplantationen. Unter den formell indizierten Replantationen heilten 54% der Finger ein, während 46% wieder reamputiert werden mussten. Unter den formell nicht indizierten Replantationen überlebten 50% der Finger und ebenso viele mussten sekundär abgenommen werden. Es fand sich kein signifikanter Unterschied bezüglich der formellen Notwendigkeit einer Replantation.

5.7 Einfluss perioperativer Parameter auf das funktionelle Outcome

Weiterhin analysierte diese Arbeit den Einfluss perioperativer Parameter auf das funktionelle Resultat der Fingerreplantationen. Dabei wurden die Endpunkte DASH-Wert, Arbeitsrückkehrzeit, Handkraft und Fingerbeweglichkeit unterschieden.

Einen signifikanten Einfluss auf den DASH-Score zeigten die Handkraft des Patienten sowie die durchgeführten Rehabilitationsmaßnahmen. So nahm mit steigender Handkraft der DASH-Wert ab. Die stark negative Korrelation zwischen DASH-Score und Kraft des Grobgriffs legt nahe, dass die Handkraft einen relevanten Parameter für die subjektiv wahrgenommene Leistungsfähigkeit im täglichen Leben darstellt. Dabernig et al., Haas et al., Unglaub et al. und Chen et al. konnten ebenfalls eine signifikante

Korrelation zwischen QuickDASH- bzw. DASH-Werten und der Handkraft feststellen. (30, 47, 48, 50). Diese Ergebnisse unterstreichen die Bedeutung des DASH-Scores als ideales subjektives Bewertungsinstrument nach schweren Verletzungen der oberen Extremität (46).

Patienten, bei denen im Rahmen der Nachbehandlung ambulante oder stationäre Rehabilitationsmaßnahmen notwendig waren, wiesen deutlich höhere DASH-Werte auf als Patienten ohne Rehabilitationsmaßnahmen. Eine mögliche Erklärung hierfür wäre, dass Patienten mit Amputationsverletzungen, welche Rehabilitationsmaßnahmen erfordern, einen höheren Schweregrad der Verletzung und folglich einen höheren Behinderungsgrad aufweisen, der sich auf die subjektiv empfundene Leistungsfähigkeit auswirkt.

Weitere statistisch signifikante Zusammenhänge zwischen perioperativen Faktoren und DASH-Score konnten in der vorliegenden Arbeit nicht festgestellt werden.

In der Studie von Shaterian et al. zeigte der Verletzungsmechanismus einen signifikanten Einfluss auf den DASH-Score, wobei Patienten mit Avulsionsverletzungen deutlich höhere DASH-Werte als Patienten mit Schnittverletzungen aufwiesen (33). Dieser Trend konnte auch in der vorliegenden Studie beobachtet werden, wenngleich keine statistische Signifikanz erreicht wurde. Shaterian et al. werteten dies als Resultat der Schwere der Verletzung, welche die Fingerfunktion und somit auch die subjektive Leistungsfähigkeit stärker behinderte (33). Dementsprechend erreichten bei Waikakul et al. Patienten mit Schnittverletzungen ein signifikant besseres funktionelles Ergebnis als Patienten mit Quetsch-, Degloving- oder Avulsionsverletzungen (16).

Ferner beobachteten Shaterian et al. eine Beeinflussung des DASH-Scores durch die Amputationshöhe. Patienten mit Verletzungen auf Höhe der Interphalangealgelenke wiesen höhere DASH-Werte auf als Patienten mit Amputationen auf Höhe der proximalen, mittleren oder distalen Phalanx. Dies repräsentiert laut den Autoren den aus Gelenkverletzungen resultierenden verminderten Bewegungsumfang und die damit einhergehende subjektive Beeinträchtigung des Patienten (33). In anderen Arbeiten ergab sich kein Zusammenhang zwischen der Amputationshöhe und dem DASH-Score (30, 47, 48, 49).

Haas et al. fanden eine signifikante Korrelation zwischen dem QuickDASH und der Beweglichkeit des replantierten Daumens. Derartige Korrelationen zwischen objektiven klinischen Tests und der subjektiven Bewertung des Patienten anhand des DASH-

Scores ermöglichen es dem Kliniker, das postoperative Ergebnis mit der funktionellen Kompetenz des Patienten bei Alltagsaktivitäten zu vergleichen (47).

Die vorliegende Studie bestätigt den Nutzen des DASH-Scores als einfaches, valides und aussagekräftiges Instrument zur patientenorientierten Ergebnisbeurteilung. Obgleich die Entwicklung eines Moduls für Handtraumata die Sensitivität erhöhen könnte, stellt der DASH bereits gegenwärtig eine sinnvolle Ergänzung des Bewertungspakets für Fingeramputationsverletzungen dar. Die Kombination klinischer Tests der Sensorik mit der DASH-Beurteilung wird laut Dabernig et al. eine weitere Verfeinerung der Indikationen und Techniken für Fingerreplantationen ermöglichen (30).

Auf die Dauer der Arbeitsunfähigkeit des Patienten wiesen sowohl der DASH-Wert als auch die durchgeführten Rehabilitationsmaßnahmen einen signifikanten Einfluss auf. Mit steigendem DASH-Wert nahm die Arbeitsrückkehrzeit des Patienten zu. Die signifikante Korrelation zwischen dem DASH-Score und der Dauer der Arbeitsunfähigkeit verdeutlicht den Zusammenhang zwischen der subjektiven Lebensqualität des Patienten und sozioökonomisch relevanten Daten.

Erfolgte im Rahmen der Nachbehandlung eines Patienten eine stationäre Rehabilitation, so nahm dessen Arbeitsrückkehrzeit deutlich zu. Die bei jenen Patienten zeitlich verlängerte Arbeitsunfähigkeit beruht wohl zum einen auf dem mehrwöchigen Aufenthalt in einer Rehabilitationseinrichtung, zum anderen auf dem potenziell höheren Schweregrad der Verletzung, welcher eine zeitnahe Rückkehr in das Berufsleben erschwert.

Die Handkraft des Patienten wurde in der vorliegenden Studie durch das Level der Fingeramputation signifikant beeinflusst, wobei mit jeder Stufe der Amputationshöhe in proximale Richtung die Handkraft abnahm. Shaterian et al. bestätigen diesen Zusammenhang, welcher wahrscheinlich die erhöhte Sehnenbeteiligung bei proximalen Verletzungen demonstriert (33). So stellt eine Amputationsverletzung proximal des Sehnenansatzes des M. flexor digitorum superficialis (FDS) sogar eine relative Kontraindikation für eine Fingerreplantation dar, da der replantierte Finger häufig ein steifes proximales Interphalangealgelenk aufweist, welches die gesamte Handfunktion beeinträchtigt (65, 66). Dementsprechend beobachteten Charpentier et al. eine signifikant geringere Handkraft bei Amputationsverletzungen proximal der FDS-Insertion (49).

Ebenso wie in der vorliegenden Arbeit konnten Shaterian et al. keinen signifikanten Zusammenhang zwischen dem Alter oder dem Verletzungsmechanismus und der Handkraft darstellen (33). Bei Haas et al. wiesen weder das Alter noch der Amputationstyp, die Amputationshöhe oder die Rehabilitationsmaßnahmen einen signifikanten Zusammenhang mit der Handkraft nach Daumenreplantation auf (47). Jedoch konnte ein Zusammenhang zwischen dem Betroffensein der dominanten Hand und der Handkraft hergestellt werden, wobei der dominante replantierte Daumen mehr Kraft aufwies als der nicht dominante (47).

Letztlich ist die Griffstärke ein wichtiger Indikator für die Funktion der Hand und kann für einige Patienten aufgrund sozioökonomischer Faktoren wie dem Beruf eine elementare Voraussetzung darstellen. Die präoperative Identifizierung von Einschränkungen der Handkraft kann dazu genutzt werden, die Patienten so aufzuklären, dass sich ihre Erwartungen an das postoperative Ergebnis realistischer gestalten (33).

Hinsichtlich der Fingerbeweglichkeit wurden im Rahmen dieser Studie der Fingerkuppen-Hohlhand-Abstand (FKHA) sowie der Fingernagel-Tischkanten-Abstand (FNTA) unterschieden. Das anhand des FKHA ermittelte Flexionsdefizit des Patienten wies in dieser Arbeit einen signifikanten Zusammenhang mit den durchgeführten Rehabilitationsmaßnahmen auf. Dabei erhöhte sich der FKHA in der Summe, wenn eine stationäre Rehabilitation erforderlich war. Erneut lässt sich argumentieren, dass Patienten mit Amputationsverletzungen, welche eine stationäre Rehabilitation erfordern, ein ausgeprägteres Verletzungsmuster aufweisen, wodurch letztlich ein verminderter Bewegungsumfang resultiert. Zudem zeigte sich eine signifikante Beeinflussung des Fingernagel-Tischkanten-Abstandes durch die Art der Osteosynthese. Bei Verwendung einer Platte anstelle eines Kirschner-Drahtes erhöhte sich der FNTA in der Summe. Zwar bieten Plattenosteosynthesen ein Höchstmaß an Stabilität und damit die Möglichkeit der frühfunktionellen Beübung, ein wesentlicher Nachteil ist aber die Kompromittierung des Sehnengleitgewebes, welche häufig eine Verklebung der Strecksehne bedingt. Laut Thelen et al. sollten Platten an den Phalangen angesichts ihrer nahezu vollständigen Bedeckung mit Sehnen und deren Gleitgewebe nur im Ausnahmefall verwendet werden (67). Somit kann die Qualität der Frakturposition und -fixierung ein bedeutender Faktor für das Endergebnis nach einer Fingerreplantation sein (21).

Es ist an dieser Stelle zu berücksichtigen, dass sich in der Literatur abweichende Verfahren zur Untersuchung des Bewegungsausmaßes finden, weshalb ein Ergebnisvergleich beeinträchtigt ist. Der Bewegungsumfang eines replantierten Fingers lässt sich gemäß Cho et al. und Sebastin et al. am besten durch Messung der gesamten aktiven Bewegung (total active motion, TAM) ermitteln (11, 32). Dabei ist TAM, wie von der American Society for Surgery of the Hand beschrieben, die Summe der aktiven Bewegungsbereiche, die mithilfe eines Goniometers im Metacarpophalangealgelenk sowie im proximalen und distalen Interphalangealgelenk für jeden einzelnen Finger gemessen werden. Somit werden freie und im Rahmen der Replantation fusionierte Gelenke sowie die Funktion der Beuge- und Strecksehnen berücksichtigt (11).

Analog der Handkraft beschrieben Charpentier et al. einen deutlich geringeren Bewegungsumfang der replantierten Finger, wenn die Amputation proximal des Sehnenansatzes des M. flexor digitorum superficialis erfolgte (49). Auch bei Waikakul et al. wurde ein umso schwächeres funktionelles Ergebnis erreicht, je weiter proximal die Amputation erfolgte (16). Bei Haas et al. wiederum fand sich kein statistisch signifikanter Zusammenhang zwischen der Amputationshöhe und der Beweglichkeit der replantierten Daumen (47).

Allgemein wird postuliert, dass das Alter des Patienten bei der Wiederherstellung funktioneller Aktivitäten nach einer Replantation von großer Bedeutung sein könnte (48). Bei Waikakul et al. erreichten Patienten, die jünger als 13 Jahre alt waren, ein signifikant besseres funktionelles Ergebnis als die älteren Patienten (16). In der vorliegenden Arbeit wies das Alter jedoch keinen signifikanten Einfluss auf die objektiven und subjektiven Behandlungsergebnisse nach Fingerreplantation auf. Auch bei Haas et al., Unglaub et al. und Chen et al. fand sich kein signifikanter Zusammenhang zwischen dem Alter der Patienten und den funktionellen Ergebnissen (47, 48, 50). Da auch Patienten fortgeschrittenen Alters zufriedenstellende funktionelle Resultate erreichen können, sollte das Lebensalter bei der Indikationsstellung eine untergeordnete Rolle spielen.

5.8 Unterschiede zwischen Daumen- und Langfingerreplantationen

Die Bedeutung der verschiedenen Finger für die Globalfunktion der Hand ist unterschiedlich einzustufen, weshalb die Finger untereinander wie auch ihre einzelnen

Abschnitte in Bezug auf Amputationsverletzungen eine ungleiche Wertigkeit besitzen. Am wichtigsten für die Handfunktion ist der Daumen (5).

Die vorliegende Studie untersuchte die gesundheitsbezogene Lebensqualität und die Wiederherstellung der Arbeitsfähigkeit bei Patienten mit replantierten Daumen und Patienten mit replantierten Langfingern.

Der mittlere DASH-Wert der Patienten mit einer Daumenreplantation betrug 28,72, während die Patienten mit einer Langfingerreplantation einen mittleren DASH-Wert von 13,14 aufwiesen. Der Vergleich zwischen den beiden Gruppen zeigte einen signifikanten Unterschied im DASH-Score. Die Gruppe der Patienten mit einer Langfingerreplantation wies eine bessere subjektive Einschätzung ihrer Fähigkeiten auf als die Gruppe der Patienten mit einer Replantation des Daumens. Da der Daumen allein 40% der Handfunktion ausmacht und die Opposition des ersten Strahls für das Greifen grundlegend ist, könnte ein mangelhaftes Replantationsergebnis zu einer deutlichen Beeinträchtigung der subjektiven Leistungsfähigkeit führen (15). Dagegen führte bei Charpentier et al. eine Langfingeramputation anstelle einer Daumenamputation zu einem signifikant höheren DASH-Wert (49). Rosberg et al. wiederum stellten diesbezüglich keinen Unterschied zwischen Daumen- und Langfingerreplantationen fest (51).

Hinsichtlich der Dauer der Arbeitsunfähigkeit ließ sich bei den Patienten mit Daumenreplantation ein Mittelwert von 5,48 Monaten und bei den Patienten mit Langfingerreplantation ein Mittelwert von 4,18 Monaten beobachten, wobei sich kein signifikanter Unterschied ergab.

Bezüglich der Wiederaufnahme der beruflichen Tätigkeit ließ sich feststellen, dass in der Gruppe der replantierten Daumen 87,50% der Patienten in ihren früheren Beruf zurückkehrten. Die restlichen 12,50% der Patienten mussten ihren Arbeitsplatz wechseln. In der Gruppe der replantierten Langfinger mussten 3,30% der Patienten den Beruf wechseln, während die restlichen 96,70% weiterhin ihrem ursprünglichen Beruf nachgingen. Ein Vergleich der beiden Gruppen hinsichtlich Berufsrückkehr und -wechsel zeigte keinen statistisch signifikanten Unterschied. Den genannten Ergebnissen zufolge lassen sich in Bezug auf die berufliche Rehabilitation der Patienten keine Unterschiede zwischen Daumen- und Langfingerreplantationen finden.

In der Studie von Waikakul et al. erreichten Patienten mit replantierten Daumen bessere funktionelle Resultate als Patienten mit replantierten Langfingern. Gemäß den Autoren sollte jede traumatische Amputation des Daumens replantiert werden, um

dem Patienten optimale Möglichkeiten zu bieten (16). Dementsprechend stellt die Amputation des Daumens eine absolute Indikation dar, wobei ein erfolgreich replantierter Daumen zu weitaus besseren Ergebnissen führt als jedes andere rekonstruktive Verfahren oder jede Prothese (9).

5.9 Unterschiede zwischen Einheilung und Reamputation

Wenngleich eine Fingeramputation in der Regel nicht lebensbedrohlich ist, kann sie doch neben dem körperlichen Trauma, das der Patient erlebt, weitreichende emotionale, soziale und berufliche Auswirkungen haben (49). Besonders der erneute Verlust eines Fingers nach missglückter Replantation kann zudem starken psychischen Stress verursachen. Die vorliegende Studie untersuchte die gesundheitsbezogene Lebensqualität und die Wiederherstellung der Arbeitsfähigkeit bei Patienten mit eingeheilten Fingern und Patienten, die sich einer sekundären Stumpfbildung unterziehen mussten. Es folgt ein orientierender Vergleich mit Daten aus aktuellen Studien, welche patientenorientierte Ergebnisse nach Replantation oder Revisionsamputation bei Fingeramputationsverletzung analysierten.

In dieser Arbeit betrug der mittlere DASH-Wert der Patienten mit erfolgreicher Einheilung 14,49, während die Patienten mit sekundärer Stumpfbildung einen mittleren DASH-Wert von 22,07 aufwiesen. Es bestand jedoch kein statistisch signifikanter Unterschied. Ebenso konnten Tessler et al. und El-Diwany et al. bezüglich des DASH-Scores keinen signifikanten Unterschied zwischen der Replantations- und der Amputationsgruppe finden (53, 68). Im Gegensatz dazu beobachteten Hattori et al., Stone et al. und Chung et al. signifikant geringere DASH-Werte in der Replantationsgruppe im Vergleich zur Gruppe der Patienten mit Stumpfbildung (14, 62, 63). Trotz der fehlenden statistischen Signifikanz deutet auch das Ergebnis der vorliegenden Studie an, dass eine erfolgreiche Einheilung der replantierten Finger mit einer höheren subjektiven Leistungsfähigkeit und Zufriedenheit der Patienten einhergeht.

Bezüglich der Dauer der Arbeitsunfähigkeit ließ sich bei den Patienten mit Replantatüberleben ein Mittelwert von 4,14 Monaten und bei den Patienten mit sekundärer Stumpfbildung ein Mittelwert von 5,09 Monaten beobachten, wobei sich kein signifikanter Unterschied ergab. Das längere Zeitintervall bei Patienten mit Reamputation könnte darin begründet sein, dass diese Patienten während des Krankenhausaufenthalts schwerwiegendere Komplikationen erlitten und daher eine längere Rekonvales-

zenzzeit benötigten. Hinzu kommt die Zeit bis zur endgültigen Demarkierung und damit dem Entscheid zur sekundären Stumpfbildung, welche in der vorliegenden Arbeit durchschnittlich am 14. postoperativen Tag erfolgte.

In den Studien, welche die Arbeitsrückkehrzeit nach Fingerreplantation oder Revisionsamputation untersuchten, fanden sich signifikant längere Zeitintervalle in den Replantationsgruppen. Bei Zhu et al. betrug der krankheitsbedingte Arbeitsausfall in der Replantationsgruppe im Mittel 12,3 Wochen, während die Patienten mit Stumpfbildung nach 3,1 Wochen an den Arbeitsplatz zurückkehrten (69). Stone et al. beobachteten in der Replantationskohorte mit 14,3 Wochen eine dreimal längere Arbeitsrückkehrzeit als in der Revisionsamputationskohorte mit 4,5 Wochen (62). Bei Hattori et al. ergab sich eine mittlere Arbeitsunfähigkeitsdauer von 4 Monaten in der Replantationsgruppe und einem Monat in der Amputationsgruppe (14). Lediglich in der Arbeit von El-Diwany et al. zeigte sich kein signifikanter Unterschied bei einer mittleren Arbeitsrückkehrzeit von 16,5 Wochen in der Replantations- und 15,3 Wochen in der Revisionsamputationsgruppe (68). Im Vergleich zu einer primären Stumpfversorgung bedeutet eine Replantation meist einen längeren Krankenhausaufenthalt, eine längere Arbeitsrückkehrzeit und höhere Kosten (14). Zudem erfordern zufriedenstellende Replantationsergebnisse in der Regel eine zusätzliche Behandlung, einschließlich eines Rehabilitationsprogramms und sekundärer Operationen, was die wirtschaftlichen Kosten und die Rekonvaleszenzzeit weiter erhöht. Im Gegensatz zu der technisch anspruchsvollen und ressourcenintensiven Replantation gilt die Revisionsamputation als einfach und kostengünstig (69).

Hinsichtlich der Wiederaufnahme der beruflichen Tätigkeit ließ sich feststellen, dass in der Gruppe der eingehheilten Finger 96,0% der Patienten in ihren früheren Beruf zurückkehrten. In der Gruppe der sekundär amputierten Finger mussten 8,7% der Patienten den Beruf wechseln, während die restlichen 91,3% der Patienten weiterhin ihrem ursprünglichen Beruf nachgingen. Ein Vergleich der beiden Gruppen bezüglich Berufsrückkehr und -wechsel zeigte keinen statistisch signifikanten Unterschied. Auch bei El-Diwany et al. kehrte die Mehrheit der Patienten in beiden Behandlungsgruppen in denselben Beruf zurück, den sie vor der Verletzung ausgeübt hatte, ohne dass sich ein signifikanter Unterschied ergab (68). Bei Hattori et al. erfolgte in beiden Patientengruppen kein Wechsel der beruflichen Tätigkeit nach dem Trauma (14).

Die vorliegende Studie konnte keinen statistischen Unterschied zwischen Einheilung

und sekundärer Stumpfbildung in Bezug auf die subjektive Leistungsfähigkeit, die Dauer der Arbeitsunfähigkeit und die Wiederaufnahme der beruflichen Tätigkeit finden. Zusammenfassend lässt sich sagen, dass die genannten Ergebnisse die Überlegenheit der Replantation gegenüber einer Stumpfbildung nicht belegen.

5.10 Unterschiede zwischen Berufsrückkehr und Berufswechsel

Häufig treten Amputationen der oberen Extremität bei aktiven jungen Patienten auf, welche durch die Verletzung unter Umständen sehr lange Arbeitsunfähigkeitszeiten bis hin zu Arbeitslosigkeit oder Berufsunfähigkeit hinnehmen müssen (5). Veränderungen in der Lebensqualität und die Rückkehr an den Arbeitsplatz könnten eine wichtige Rolle für das endgültige funktionelle Therapieergebnis spielen (70).

Die vorliegende Studie untersuchte Unterschiede zwischen Patienten, welche nach dem Trauma in ihren vorherigen Beruf zurückkehrten und Patienten, welche ihren Beruf wechselten. Dabei wurden Analysen hinsichtlich der Anzahl amputierter Finger, des DASH-Scores, der Dauer der Arbeitsunfähigkeit und der Unfallart durchgeführt.

In dieser Arbeit betrug die mittlere Anzahl amputierter Finger der Gruppe der Berufsrückkehrer 1,31, während die Gruppe der Berufswechsler eine mittlere Anzahl amputierter Finger von 1,33 aufwies. Es zeigte sich kein signifikanter Unterschied. Dieses Ergebnis legt nahe, dass die Anzahl der verletzten Finger kein wesentlicher Parameter für den Berufswechsel nach einer Fingeramputationsverletzung ist. Im Gegensatz dazu kehrten bei Charpentier et al. Patienten mit einer Mehrfingerverletzung signifikant seltener in ihren Beruf zurück als Patienten mit einer Einfingerverletzung (49).

Hinsichtlich des DASH-Scores ließ sich in der Gruppe der Berufsrückkehrer ein Mittelwert von 12,63 beobachten. Unter den Berufswechslern errechnete sich ein mittlerer DASH-Wert von 59,67. Ein Vergleich der beiden Gruppen zeigte einen signifikanten Unterschied im DASH-Score. Patienten, die nach dem Unfall in ihren ursprünglichen Beruf zurückkehrten, wiesen eine wesentlich bessere subjektive Einschätzung ihrer Leistungsfähigkeit auf. Rosberg et al. untersuchten in ihrer Studie Unterschiede zwischen Patienten, die wieder arbeiten konnten und Patienten, die aufgrund der Verletzung vorzeitig in Rente gehen mussten. Auch hier ergaben sich bei Patienten, die in ihren Beruf zurückkehrten, signifikant bessere QuickDASH-Werte (51).

Bezüglich der Dauer der Arbeitsunfähigkeit fand sich in der Gruppe der Berufsrückkehrer ein Mittelwert von 4,03 Monaten und unter den Berufswechslern ein Mittelwert

von 12,00 Monaten, wobei sich ein signifikanter Unterschied zeigte. Patienten, die nach dem Unfall ihren Beruf wechseln mussten, wiesen eine wesentlich längere Arbeitsrückkehrzeit auf als Patienten, die ihren vorherigen Beruf wieder aufnahmen. Dies beruht wohl auf der Notwendigkeit einer beruflichen Anpassung einschließlich Umschulung oder Weiterbildung sowie der Arbeitssuche.

In der vorliegenden Studie erlitten 68,75% der Berufsrückkehrer einen Unfall im privaten Umfeld und 31,25% einen Unfall am Arbeitsplatz. In der Gruppe der Berufswechsler handelte es sich bei sämtlichen Patienten um einen Arbeitsunfall. Ein Vergleich der beiden Gruppen ergab einen signifikanten Unterschied bezüglich der Unfallart. Ereignete sich das Trauma am Arbeitsplatz, wurde die Rückkehr in den Beruf negativ beeinflusst. Demnach stellt die Unfallart einen wesentlichen Parameter für den Berufswechsel nach einer Fingeramputationsverletzung dar. Begründen ließe sich dies durch die Angst der Patienten vor einer erneuten Verletzung am Arbeitsplatz. Dieses Phänomen lässt sich auch bei Patienten mit Verbrennungstrauma beobachten. Dabei kann das frühzeitige Erkennen und Behandeln von posttraumatischem Stress ein Fortschreiten der psychischen Belastung verhindern und negative Auswirkungen auf den allgemeinen Gesundheitszustand abmildern. Folglich könnte es von Bedeutung sein, das Ausmaß der psychischen Belastung von Patienten mit Amputationsverletzungen im Rahmen der Therapie zu beurteilen (70). In den Verlaufsberichten für die Unfallversicherung wird die psychomentele Gesundheit daher auch bei jeder klinischen Vorstellung des Patienten evaluiert.

5.11 Limitationen der Studie

Die vorliegende Arbeit umfasst eine monozentrische retrospektive Erhebung von Patientendaten, wodurch eine Generalisierbarkeit und Übertragung der Ergebnisse auf andere Patienten nicht sicher möglich ist. Weitere Defizite stellen die Heterogenität der Patientenpopulation und das Fehlen einer Kontrollgruppe dar. Im Rahmen des naturalistischen Studiendesigns können statistische Zusammenhänge aufgezeigt werden, jedoch keine Kausalität. Die Durchführung der Untersuchung an einem spezialisierten Zentrum könnte eine Selektionsverzerrung bedingt haben. Die Entscheidung für das operationstechnische Verfahren lag in der Hand des jeweiligen Chirurgen und hing zudem von dessen persönlichen Fähigkeiten ab. Des Weiteren ist eine Auswahlverzerrung in Betracht zu ziehen, da eine beachtliche Anzahl der Probanden nicht

kontaktierbar oder nicht willens war, an der Studie teilzunehmen. Womöglich meldeten sich vor allem Patienten zurück, welche mit den Ergebnissen besonders unzufrieden oder zufrieden waren. Außerdem ist eine potenzielle Variabilität im Verständnis der Patienten hinsichtlich der Fragebögen zu beachten. Eine weitere Limitation ergab sich im Rahmen der objektiven Behandlungsergebnisse, wonach ein Ergebnisvergleich bezüglich des Bewegungsausmaßes aufgrund der in der Literatur abweichenden Untersuchungsverfahren beeinträchtigt wurde.

5.12 Schlussfolgerung

Das Ziel dieser Arbeit bestand in der Deskription der handchirurgischen Patienten mit Fingeramputationsverletzungen sowie der Analyse eines Zusammenhangs zwischen Replantatüberleben, funktionellem Spätergebnis und verschiedenen potenziellen Einflussfaktoren. Die im Rahmen dieser Studie festgestellte Einheilungsrate ist wesentlich niedriger als die in den vergangenen Jahren in der Literatur berichteten Raten. Dies unterstreicht die Notwendigkeit, Patienten für eine Fingerreplantation sorgfältig auszuwählen und die Indikationen genau zu prüfen, um die Behandlungsergebnisse zu optimieren. Trotz der beschriebenen Limitationen identifizierte die vorliegende Studie sowohl signifikante als auch nicht-signifikante Prädiktoren für das Replantatüberleben, die als Orientierungshilfen für die Indikationsstellung, das chirurgische Vorgehen und die Nachbehandlung genutzt werden können. Ergänzende Untersuchungen und zusätzliche Daten sind erforderlich, um die Einflussparameter noch besser zu charakterisieren und die Einheilungsraten bei unterschiedlichen Patienten und Verletzungsmustern weiter zu optimieren.

Zudem lieferte diese Arbeit Daten zum besseren Verständnis der Funktion eines replantierten Fingers, subjektiver Messwerte und sozioökonomischer Folgen. Eine entsprechend adaptierte Patientenaufklärung, Risikostratifizierung und ärztliche Entscheidungsfindung können zu Resultaten führen, die sich vermehrt an den Zielen und Erwartungen des Patienten orientieren.

Außerdem ist die Festlegung eines internationalen Standards für die Bewertung und Berichterstattung der Ergebnisse nach Fingerreplantation erforderlich, um einen sinnvollen Vergleich und qualitativ hochwertige Evidenz zu gewährleisten.

6 Zusammenfassung

Der Erfolg einer Fingerreplantation wird nicht allein durch die Einheilung des replantierten Fingers bestimmt, sondern ebenso durch die funktionellen und sozioökonomischen Ergebnisse. In der vorliegenden Studie erfolgte die Deskription handchirurgischer Patienten mit Fingeramputationsverletzung sowie die Analyse der objektiven und subjektiven Behandlungsergebnisse. Dafür wurden 153 Patienten mit Amputationsverletzungen der oberen Extremität am Hochschulzentrum für Plastische und Ästhetische, Hand- und Wiederherstellungschirurgie Regensburg evaluiert. Im Untersuchungszeitraum von März 2007 bis Mai 2018 wurden insgesamt 161 Replantationen durchgeführt, darunter sechs Makro- und 155 Fingerreplantationen. Neben der retrospektiven Datenanalyse erfolgten die klinische Nachuntersuchung und Befragung der Patienten. Dabei wurden Langzeitergebnisse bezüglich der Handfunktion, der subjektiven Bewertung durch den Patienten anhand des DASH-Fragebogens sowie der Arbeitsfähigkeit erhoben.

Das Patientenkollektiv bestand zu 11% aus weiblichen und zu 89% aus männlichen Personen bei einem Altersdurchschnitt von 43,9 Jahren. Bei 39% der Patienten ereignete sich die Amputationsverletzung am Arbeitsplatz. Bezüglich der Unfallhäufigkeit ließ sich ein Anstieg im Frühling und Herbst mit Maximum in den Monaten März und September verzeichnen. 49% der Patienten erlitten eine Amputationsverletzung der dominanten Hand. In 68% der Fälle ereigneten sich Einfingerverletzungen, wobei der Daumen am häufigsten betroffen war. Zu Mehrfingerverletzungen kam es in 32% der Fälle. Betrachtet man den Amputationstyp der verletzten Finger, so ließen sich in 52% der Fälle Total- und in 48% Subtotalamputationen beobachten. Die Unfallursachen stellten überwiegend Sägeverletzungen dar, gefolgt von diversen Maschinen und Holzspaltern. Bei 62% der Fingerverletzungen handelte es sich um Avulsionen, 17% waren Schnittverletzungen, zusätzlich kamen 10% Quetsch- und 11% Ausrissverletzungen vor. Die meisten Fingeramputationen ereigneten sich in den Tamai Zonen III und IV. Die durchschnittliche Operationszeit für Mikroreplantationen lag bei 5 h 42 min. Für die Osteosynthese wurden in erster Linie Kirschner-Drähte eingesetzt. Die stationäre Aufenthaltsdauer der Patienten betrug im Mittel 14,5 Tage. Die Einheilungsrate der replantierten Finger lag bei 53%. Insgesamt ereigneten sich 120 Früh- und 39 Spätkomplikationen, wobei 255 Folgeeingriffe durchgeführt werden mussten.

Im Rahmen der Nachuntersuchung ergaben sich anhand des Fingerkuppen-Hohlhand-Abstandes und des Fingernagel-Tischkanten-Abstandes ein Flexions- und Extensionsdefizit von im Mittel 2,9 bzw. 2,1 cm. Für die Grobgriffstärke fand sich ein Mittelwert von 72,9% und für die Spitzgriffstärke ein Mittelwert von 82,1% in Relation zur gesunden Seite. 70% der verletzten Finger wiesen eine normale oder befriedigende Zweipunktdiskrimination auf. 68% der nachuntersuchten Patienten klagten über Kälteintoleranz. Unter den befragten Patienten ergab sich ein mittlerer DASH-Wert von 18,7. 90% der zum Unfallzeitpunkt berufstätigen Patienten kehrten in das Arbeitsleben zurück bei einer mittleren Arbeitsunfähigkeitsdauer von 5,1 Monaten.

Bei Totalamputation des Fingers war die Wahrscheinlichkeit für die Einheilung des Replantates signifikant erniedrigt. Keine Osteosynthese zu gebrauchen, führte zu einer signifikant höheren Einheilungsrate. Die Notwendigkeit eines Interponates im Rahmen der arteriellen Gefäßrekonstruktion verringerte die Wahrscheinlichkeit für das Überleben des Fingers. Replantierte Finger mit zwei oder drei venösen Anastomosen wiesen signifikant höhere Überlebensraten auf als jene mit nur einer Anastomose.

Einen signifikanten Einfluss auf den DASH-Score zeigten die Handkraft des Patienten sowie die durchgeführten Rehabilitationsmaßnahmen. Mit steigender Handkraft nahm der DASH-Wert ab. Patienten, bei denen im Rahmen der Nachbehandlung ambulante oder stationäre Rehabilitationsmaßnahmen notwendig waren, wiesen deutlich höhere DASH-Werte auf als Patienten ohne Rehabilitationsmaßnahmen. Auf die Dauer der Arbeitsunfähigkeit des Patienten wiesen sowohl der DASH-Wert als auch die Rehabilitationsmaßnahmen einen signifikanten Einfluss auf. Mit steigendem DASH-Wert nahm die Arbeitsrückkehrzeit zu. Erfolgte im Rahmen der Nachbehandlung eines Patienten eine stationäre Rehabilitation, so verlängerte sich dessen Arbeitsrückkehrzeit deutlich. Die Handkraft des Patienten wurde durch das Level der Fingeramputation signifikant beeinflusst, wobei diese mit jeder Stufe der Amputationshöhe in proximale Richtung abnahm. Das Flexionsdefizit des Patienten erhöhte sich, wenn eine stationäre Rehabilitation erforderlich war. Das Extensionsdefizit vergrößerte sich bei Verwendung einer Platte anstelle eines Kirschner-Drahtes.

Es ließen sich signifikante Korrelationen zwischen dem DASH-Wert und der Arbeitsrückkehrzeit sowie dem DASH-Wert und der Handkraft feststellen.

Patienten mit einer Langfingerreplantation wiesen eine bessere subjektive Einschätzung ihrer Fähigkeiten auf als Patienten mit einer Replantation des Daumens.

Zwischen Patienten mit eingeeheilten Fingern und Patienten, die sich einer sekundären Stumpfbildung unterziehen mussten, ließen sich keine signifikanten Unterschiede bezüglich des DASH-Wertes, der Dauer der Arbeitsunfähigkeit und der Wiederaufnahme der beruflichen Tätigkeit finden.

Patienten, die nach dem Unfall in ihren ursprünglichen Beruf zurückkehrten, wiesen eine bessere subjektive Einschätzung ihrer Leistungsfähigkeit auf. Bei Patienten, die nach dem Unfall ihren Beruf wechseln mussten, ließ sich eine längere Arbeitsrückkehrzeit beobachten. Ereignete sich das Trauma am Arbeitsplatz, wurde die Rückkehr in den Beruf negativ beeinflusst.

Die vorliegende Studie identifizierte bedeutende Faktoren, die der Verbesserung der Replantationsmedizin hinsichtlich des Replantatüberlebens sowie der funktionellen Ergebnisse dienen können. Aufgrund von Diskrepanzen in der Berichterstattung ist die Festlegung eines internationalen Standards für die Bewertung der Ergebnisse nach Fingerreplantation erforderlich, um qualitativ hochwertige Evidenz zu gewährleisten.

7 Literaturverzeichnis

1. Horch RE. Geschichte der Mikrochirurgie. In: Kneser U, Horch R, Lehnhardt M, Hrsg. Grundkurs Mikrochirurgie. Berlin, Heidelberg: Springer; 2016. S. 3–14.
2. MALT RA, MCKHANN C. REPLANTATION OF SEVERED ARMS. JAMA 1964; 189:716–22. doi: 10.1001/jama.1964.03070100010002.
3. Komatsu S, Tamai S. Successful replantation of a completely cut-off thumb. Plast Reconstr Surg 1968; 42(4):374–7.
4. Biemer E. Definitions and classifications in replantation surgery. Br J Plast Surg 1980; 33(2):164–8.
5. Friedel R. Die komplexe Handverletzung und Mikroamputationsverletzungen. In: Towfigh H, Hierner R, Langer M, Friedel R, Hrsg. Handchirurgie. Berlin [u.a.]: Springer; (2011). S. 1058–100 (vol. 2).
6. Hahn P, Frank U, Genz G, Lanz U. Replantation. Indication and organization. Orthopäde 1998; 27(7):414–21. doi: 10.1007/PL00003512.
7. Bickert B, Lehnhardt M. Fingerreplantation und mikrochirurgischer Daumenersatz. Trauma Berufskrankh 2011; 13(2):90–6. doi: 10.1007/s10039-011-1725-0.
8. Beris AE, Lykissas MG, Korompilias AV, Mitsionis GI, Vekris MD, Kostas-Agnantis IP. Digit and hand replantation. Arch Orthop Trauma Surg 2010; 130(9):1141–7. doi: 10.1007/s00402-009-1021-7.
9. Soucacos PN. Indications and selection for digital amputation and replantation. J Hand Surg Br 2001; 26(6):572–81. doi: 10.1054/jhsb.2001.0595.
10. Dec W. A meta-analysis of success rates for digit replantation. Tech Hand Up Extrem Surg 2006; 10(3):124–9. doi: 10.1097/01.bth.0000225005.64605.17.
11. Cho HE, Kotsis SV, Chung KC. Outcomes Following Replantation/Revascularization in the Hand. Hand Clin 2019; 35(2):207–19. doi: 10.1016/j.hcl.2018.12.008.
12. Hustedt JW, Chung A, Bohl DD, Olmscheid N, Edwards S. Evaluating the Effect of Comorbidities on the Success, Risk, and Cost of Digital Replantation. J Hand Surg Am 2016; 41(12):1145-1152.e1. doi: 10.1016/j.jhsa.2016.09.013.

13. Morrison WA, McCombe D. Digital replantation. *Hand Clin* 2007; 23(1):1–12. doi: 10.1016/j.hcl.2006.12.001.
14. Hattori Y, Doi K, Ikeda K, Estrella EP. A retrospective study of functional outcomes after successful replantation versus amputation closure for single fingertip amputations. *J Hand Surg Am* 2006; 31(5):811–8. doi: 10.1016/j.jhssa.2006.02.020.
15. Barbary S, Dap F, Dautel G. Finger replantation: surgical technique and indications. *Chir Main* 2013; 32(6):363–72. doi: 10.1016/j.main.2013.04.012.
16. Waikakul S, Sakkarnkosol S, Vanadurongwan V, Un-nanuntana A. Results of 1018 digital replantations in 552 patients. *Injury* 2000; 31(1):33–40. doi: 10.1016/S0020-1383(99)00196-5.
17. Foucher G, Norris RW. Distal and very distal digital replantations. *Br J Plast Surg* 1992; 45(3):199–203.
18. Bach O, Friedel R, Dönicke T, Nestmann H, Markgraf E. Mikrovaskuläre Komplikationen nach Replantationen und Revaskularisationen. *Handchir Mikrochir Plast Chir* 2002; 34(6):363–8. doi: 10.1055/s-2002-37468.
19. Amputation - Erste Hilfe für Jeden - praktisch, logisch, zielorientiert; 2016 [Stand: 19.11.2019]. Verfügbar unter: <http://www.erstehilfeausbildungen.de/zum-nachlesen/amputation/>.
20. Lin C-H, Aydyn N, Lin Y-T, Hsu C-T, Lin C-H, Yeh J-T. Hand and finger replantation after protracted ischemia (more than 24 hours). *Ann Plast Surg* 2010; 64(3):286–90. doi: 10.1097/SAP.0b013e3181b0bb37.
21. Sud V, Freeland AE. Skeletal fixation in digital replantation. *Microsurgery* 2002; 22(4):165–71. doi: 10.1002/micr.21745.
22. Görlinger K, Dirkmann D. Anästhesie und perioperative Schmerztherapie in der Handchirurgie. In: Towfigh H, Hierner R, Langer M, Friedel R, Hrsg. *Handchirurgie*. Berlin [u.a.]: Springer; (2011). S. 28–52 (vol. 2).
23. Idler RS, Steichen JB. Complications of replantation surgery. *Hand Clin* 1992; 8(3):427–51.

24. Strauss C, Brix E, Anker A, Prantl L, Brébant V, Aung T. Perfusion control of a partial revascularized hand via application of Indocyanine green (ICG) and Near-infrared Fluorescence Imaging. *Clinical hemorheology and microcirculation* 2017; 67(3-4):215–9. Verfügbar unter: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/28869456/>.
25. Shaterian A, Rajaii R, Kanack M, Evans GRD, Leis A. Predictors of Digit Survival following Replantation: Quantitative Review and Meta-Analysis. *J Hand Microsurg* 2018; 10(2):66–73. doi: 10.1055/s-0038-1626689.
26. Hitier M, Cracowski J-L, Hamou C, Righini C, Bettega G. Indocyanine green fluorescence angiography for free flap monitoring: A pilot study. *J Craniomaxillofac Surg* 2016; 44(11):1833–41. doi: 10.1016/j.jcms.2016.09.001.
27. Chae MP, Rozen WM, Whitaker IS, Chubb D, Grinsell D, Ashton MW et al. Current evidence for postoperative monitoring of microvascular free flaps: a systematic review. *Ann Plast Surg* 2015; 74(5):621–32. Verfügbar unter: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/23038130/>.
28. Friedel R, Dorow C, Markgraf E. Amputationsverletzungen der oberen Extremität—Frühkomplikationen nach Replantation und Revaskularisation. *Unfallchirurgie* 1993; 19(5):298–302. doi: 10.1007/BF02588125.
29. Prsic A, Friedrich JB. Postoperative Management and Rehabilitation of the Replanted or Revascularized Digit. *Hand Clin* 2019; 35(2):221–9. doi: 10.1016/j.hcl.2019.01.003.
30. Dabernig J, Hart AM, Schwabegger AH, Dabernig W, Harpf C. Evaluation outcome of replanted digits using the DASH score: review of 38 patients. *Int J Surg* 2006; 4(1):30–6. doi: 10.1016/j.ijssu.2006.01.003.
31. Nylander G, Nylander E, Lassvik C. Cold sensitivity after replantation in relation to arterial circulation and vasoregulation. *J Hand Surg Br* 1987; 12(1):78–81.
32. Sebastin SJ, Chung KC. Challenges in measuring outcomes following digital replantation. *Semin Plast Surg* 2013; 27(4):174–81. doi: 10.1055/s-0033-1360584.
33. Shaterian A, Sayadi LR, Tiourin E, Gardner DJ, Evans GRD, Leis A. Predictors of Hand Function Following Digit Replantation: Quantitative Review and Meta-Analysis. *Hand (N Y)* 2019:1558944719834658. doi: 10.1177/1558944719834658.

34. Alderman AK, Chung KC. Measuring outcomes in hand surgery. *Clin Plast Surg* 2008; 35(2):239–50. doi: 10.1016/j.cps.2007.10.001.
35. Yu H, Wei L, Liang B, Hou S, Wang J, Yang Y. Nonsurgical factors of digital replantation and survival rate: A metaanalysis. *Indian J Orthop* 2015; 49(3):265–71. doi: 10.4103/0019-5413.156185.
36. Fufa D, Calfee R, Wall L, Zeng W, Goldfarb C. Digit replantation: experience of two U.S. academic level-I trauma centers. *J Bone Joint Surg Am* 2013; 95(23):2127–34. doi: 10.2106/JBJS.L.01219.
37. Tamai S. Twenty years' experience of limb replantation--review of 293 upper extremity replants. *J Hand Surg Am* 1982; 7(6):549–56.
38. Yoshimura M. Indications and limits of digital replantation. *Japan Medical Association Journal* 2003; 46(10):460–7.
39. Assessment Gelenkbeweglichkeit – Leuchtturmprojekt Hand [Stand: 02.09.2019]. Verfügbar unter: <https://leuchtturmprojekt-hand.de/assessment-gelenkbeweglichkeit/>.
40. Leamy DJ, Kocijan J, Domijan K, Duffin J, Roche RA, Commins S et al. An exploration of EEG features during recovery following stroke - implications for BCI-mediated neurorehabilitation therapy. *J Neuroeng Rehabil* 2014; 11. doi: 10.1186/1743-0003-11-9.
41. Kapandji A. Cotation clinique de l'opposition et de la contre-opposition du pouce. *Annales de Chirurgie de la Main* 1986; 5(1):67–73. doi: 10.1016/S0753-9053(86)80053-9.
42. Assessment Muskelkraft – Leuchtturmprojekt Hand [Stand: 02.09.2019]. Verfügbar unter: <https://leuchtturmprojekt-hand.de/assessment-muskelkraft/>.
43. Bowden JL, Lin GG, McNulty PA. The prevalence and magnitude of impaired cutaneous sensation across the hand in the chronic period post-stroke. *PLoS ONE* 2014; 9(8). doi: 10.1371/journal.pone.0104153.
44. Schmauss D, Finck T, Megerle K, Machens H-G, Lohmeyer JA. The normal sensibility of the hand declines with age--a proclamation for the use of delta two-point

- discrimination values for sensibility assessment after nerve reconstruction. *J Peripher Nerv Syst* 2014; 19(3):197–204. doi: 10.1111/jns.12085.
45. Assessment Sinnesfunktionen – Leuchtturmprojekt Hand [Stand: 02.09.2019]. Verfügbar unter: <https://leuchtturmprojekt-hand.de/assessment-sinnesfunktionen/>.
 46. Germann G, Wind G, Harth A. Der DASH-Fragebogen--Ein neues Instrument zur Beurteilung von Behandlungsergebnissen an der oberen Extremität. *Handchir Mikrochir Plast Chir* 1999; 31(3):149–52. doi: 10.1055/s-1999-13902.
 47. Haas F, Hubmer M, Rappl T, Koch H, Parvizi I, Parvizi D. Long-term subjective and functional evaluation after thumb replantation with special attention to the Quick DASH questionnaire and a specially designed trauma score called modified Mayo score. *J Trauma* 2011; 71(2):460–6. doi: 10.1097/TA.0b013e3181e997fc.
 48. Unglaub F, Demir E, Reim R von, van Schoonhoven J, Hahn P. Long-term functional and subjective results of thumb replantation. *Microsurgery* 2006; 26(8):552–6. doi: 10.1002/micr.20287.
 49. Charpentier K, Loisel F, Menu G, Feuvrier D, Obert L, Pluvy I. Long-term functional results of digital replantation: A survey of 28 patients. *Hand Surg Rehabil* 2019; 38(6):375–80. doi: 10.1016/j.hansur.2019.09.001.
 50. Chen J, Zhang AX, Chen QZ, Mu S, Tan J. Long-term functional, subjective and psychological results after single digit replantation. *Acta Orthop Traumatol Turc* 2018; 52(2):120–6. doi: 10.1016/j.aott.2017.09.001.
 51. Rosberg H-E. Disability and health after replantation or revascularisation in the upper extremity in a population in southern Sweden - a retrospective long time follow up. *BMC Musculoskelet Disord* 2014; 15:73. doi: 10.1186/1471-2474-15-73.
 52. Sebastin SJ, Chung KC. A systematic review of the outcomes of replantation of distal digital amputation. *Plast Reconstr Surg* 2011; 128(3):723–37. doi: 10.1097/PRS.0b013e318221dc83.
 53. Tessler O, Bartow MJ, Tremblay-Champagne MP, Lin AM, Landes G, Sebbag S et al. Long-Term Health-Related Quality of Life Outcomes in Digital Replantation

- versus Revision Amputation. *J Reconstr Microsurg* 2017; 33(6):446–51. doi: 10.1055/s-0037-1601052.
54. Sharma S, Lin S, Panozzo A, Tepper R, Friedman D. Thumb replantation: a retrospective review of 103 cases. *Ann Plast Surg* 2005; 55(4):352–6. doi: 10.1097/01.sap.0000181343.23091.93.
55. Kaneshiro Y, Hidaka N, Yano K, Sakanaka H, Hyun S, Takamatsu K. Replantation for multiple digit amputations: A retrospective analysis of the clinical results. *J Plast Reconstr Aesthet Surg* 2020; 73(11):1995–2000. doi: 10.1016/j.bjps.2020.08.077.
56. Holmberg J, Arner M. Sixty five thumb replantations. A retrospective analysis of factors influencing survival. *Scand J Plast Reconstr Surg Hand Surg* 1994; 28(1):45–8. doi: 10.3109/02844319409015994.
57. Kwon G-D, Ahn B-M, Lee J-S, Park Y-G, Chang G-W, Ha Y-C. The Effect of Patient Age on the Success Rate of Digital Replantation. *Plast Reconstr Surg* 2017; 139(2):420–6. doi: 10.1097/PRS.0000000000002939.
58. Walaszek I, Zyluk A. Long term follow-up after finger replantation. *J Hand Surg Eur Vol* 2008; 33(1):59–64. doi: 10.1177/1753193407088499.
59. Zhu X, Zhu H, Zhang C, Zheng X. Pre-operative predictive factors for the survival of replanted digits. *Int Orthop* 2017; 41(8):1623–6. doi: 10.1007/s00264-017-3416-3.
60. Sears ED, Chung KC. Replantation of finger avulsion injuries: a systematic review of survival and functional outcomes. *J Hand Surg Am* 2011; 36(4):686–94. doi: 10.1016/j.jhsa.2010.12.023.
61. Ma Z, Guo F, Qi J, Xiang W, Zhang J. Effects of non-surgical factors on digital replantation survival rate: a meta-analysis. *J Hand Surg Eur Vol* 2016; 41(2). Verfügbar unter: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/26272821/>.
62. Stone N, Shah A, Chin B, McKinnon V, McRae M. Comparing digital replantation versus revision amputation patient reported outcomes for traumatic digital amputations of the hand: A systematic review and meta-analysis. *Microsurgery* 2021; 41(5):488–97. doi: 10.1002/micr.30738.

63. Chung KC, Yoon AP, Malay S, Shauver MJ, Wang L, Kaur S. Patient-Reported and Functional Outcomes After Revision Amputation and Replantation of Digit Amputations: The FRANCHISE Multicenter International Retrospective Cohort Study. *JAMA Surg* 2019; 154(7):637–46. doi: 10.1001/jamasurg.2019.0418.
64. Gelberman RH, Urbaniak JR, Bright DS, Levin LS. Digital sensibility following replantation. *J Hand Surg Am* 1978; 3(4):313–9.
65. Janis JE, Hrsg. *Essentials of plastic surgery*. 2. edition. New York, NY: Thieme; 2017.
66. Urbaniak, JR, Roth JH, Nunley JA, Goldner RD, La Koman. The results of replantation after amputation of a single finger. *J Bone Joint Surg Am* 1985; 67(4):611–9. Verfügbar unter: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/3980507/>.
67. Thelen S, Windolf J. Finger- und Mittelhandfrakturen. *Orthopädie und Unfallchirurgie up2date* 2019; 14(05):495–514. doi: 10.1055/a-0609-9878.
68. El-Diwany M, Odobescu A, Bélanger-Douet M, Berbiche D, Arsenault J, Bou-Merhi J et al. Replantation vs revision amputation in single digit zone II amputations. *J Plast Reconstr Aesthet Surg* 2015; 68(6):859–63. Verfügbar unter: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/25858276/>.
69. Zhu H, Bao B, Zheng X. A Comparison of Functional Outcomes and Therapeutic Costs: Single-Digit Replantation versus Revision Amputation. *Plast Reconstr Surg* 2018; 141(2):244e-249e. doi: 10.1097/PRS.0000000000004024.
70. Galanakos SP, Bot AGJ, Zoubos AB, Soucacos PN. Psychological and social consequences after reconstruction of upper extremity trauma: methods of detection and management. *J Reconstr Microsurg* 2014; 30(3):193–206. doi: 10.1055/s-0033-1361838.

8 Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Subtotale Amputationsverletzungen nach Biemer.....	7
Tabelle 2: Indikationen für die Replantation.....	11
Tabelle 3: Anzahl der Amputationstypen: Fingeramputationen	36
Tabelle 4: Anzahl der Amputationstypen: Makroamputationen	36
Tabelle 5: Unfallursachen getrennt nach Arbeits- und Freizeitunfällen	37
Tabelle 6: Anzahl der beobachteten Verletzungsmechanismen:	
Gesamtpatientengut.....	37
Tabelle 7: Anzahl der beobachteten Verletzungsmechanismen nach Amputationstyp:.....	
Fingeramputationen.....	38
Tabelle 8: Anzahl der beobachteten Amputationshöhen nach Amputationstyp	38
Tabelle 9: Anzahl der beobachteten Tamai Zonen: Daumenamputationen	39
Tabelle 10: Anzahl der beobachteten Tamai Zonen: Langfingeramputationen.....	39
Tabelle 11: Anzahl der beobachteten Zusatzverletzungen	40
Tabelle 12: Anzahl der durchgeführten Osteosyntheseverfahren nach Amputationstyp.....	41
Tabelle 13: Anzahl der angewandten Antikoagulationsregime	42
Tabelle 14: Anzahl der beobachteten Frühkomplikationen nach Amputationstyp.....	44
Tabelle 15: Anzahl der beobachteten Spätkomplikationen nach Amputationstyp.....	45
Tabelle 16: Anzahl der durchgeführten Sekundäreingriffe nach Amputationstyp.....	46
Tabelle 18: Bewegungsausmaß der nachuntersuchten Patienten	47
Tabelle 19: Handkraft der nachuntersuchten Patienten	48
Tabelle 20: Sensibilität der nachuntersuchten Patienten.....	48
Tabelle 21: Einfluss patientenbasierter Parameter auf die Einheilung	51
Tabelle 22: Einfluss fingerbasierter Parameter auf die Einheilung	52
Tabelle 23: Einfluss perioperativer Parameter auf den DASH-Wert.....	54
Tabelle 24: Einfluss perioperativer Parameter auf die Arbeitsrückkehrzeit.. ..	55
Tabelle 25: Einfluss perioperativer Parameter auf die Handkraft	56
Tabelle 26: Einfluss perioperativer Parameter auf den Fingerkuppen-Hohlhand-Abstand...	57
Tabelle 27: Einfluss perioperativer Parameter auf den Fingernagel-Tischkanten-Abstand...	58

9 Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Erstversorgung des Amputates.....	12
Abbildung 2: Tamai Klassifikation der Fingeramputationshöhe	24
Abbildung 3: Fingerkuppen-Hohlhand-Abstand	25
Abbildung 4: Fingernagel-Tischkanten-Abstand	26
Abbildung 5: Kapandji-Index	26
Abbildung 6: Jamar-Dynamometer.....	28
Abbildung 7: Pinch-Gauge-Dynamometer.....	27
Abbildung 8: Erfassung der Zweipunktdiskrimination mittels Diskriminatorscheibe	28
Abbildung 9: Häufigkeitsverteilung der Arbeits- und Freizeitunfälle.....	31
Abbildung 10: Unfallhäufigkeit im Untersuchungszeitraum.....	32
Abbildung 11: Unfallhäufigkeit in Bezug zum Monat.....	33
Abbildung 12: Unfallhäufigkeit in Bezug zum Wochentag.....	33
Abbildung 13: Einfingerverletzungen	34
Abbildung 14: Mehrfingerverletzungen	35
Abbildung 15: Einheilungsrate der replantierten Finger	43
Abbildung 16: DASH-Verteilung der befragten Patienten	49
Abbildung 17: Dauer der Arbeitsunfähigkeit.....	50
Abbildung 18: Zusammenhang DASH - Arbeitsrückkehrzeit	59
Abbildung 19: Zusammenhang DASH – Handkraft.....	60
Abbildung 20: Verteilung der DASH-Werte auf Patienten mit Daumen- und..... Langfingerreplantationen	61
Abbildung 21: Verteilung der DASH-Werte auf Patienten mit Einheilung und Reamputation	63
Abbildung 22: Verteilung der DASH-Werte auf Berufsrückkehrer und -wechsler.....	65
Abbildung 23: Verteilung der Arbeitsrückkehrzeit auf Berufsrückkehrer und -wechsler.....	66
Abbildung 24: Vergleich zwischen Arbeits- und Freizeitunfällen bei Berufsrückkehrern..... und -wechslern	67

10 Abkürzungsverzeichnis

ASS	Acetylsalicylsäure
ASSH	American Society for Surgery of the Hand
BG	Berufsgenossenschaft
bspw.	beispielsweise
bzw.	beziehungsweise
et al.	et alia
DASH	Disabilities of the Arm, Shoulder and Hand
DIP	Distales Interphalangealgelenk
FDS	Flexor Digitorum Superficialis
FKHA	Fingerkuppen-Hohlhand-Abstand
FNTA	Fingernagel-Tischkanten-Abstand
h	hora (Stunde)
K-Draht	Kirschner-Draht
KI	Konfidenzintervall
klin.	klinische
M.	Musculus
Max.	Maximum
MCP	Metacarpophalangealgelenk
Min.	Minimum
min	Minuten
MW	Mittelwert
n=	Anzahl
n. e.	nicht eruierbar
NMH	Niedermolekulares Heparin
OP	Operation
OR	Odds Ratio
PIP	Proximales Interphalangealgelenk
Reha	Rehabilitation
ROM	range of motion
SD	Standardabweichung
s2PD	Statische Zweipunktdiskrimination
TAM	total active motion
UFH	Unfraktioniertes Heparin
vgl.	vergleiche

11 Anhang

DISABILITIES OF THE ARM, SHOULDER AND HAND

DER **DASH-Fragebogen**

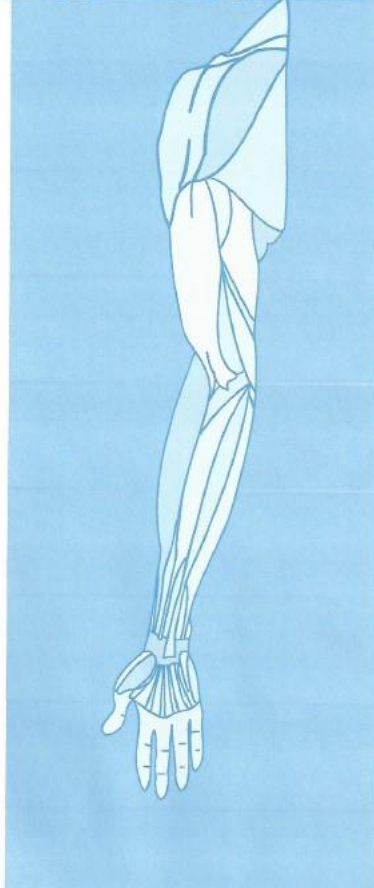
ANLEITUNG

Dieser Fragebogen beschäftigt sich sowohl mit Ihren Beschwerden als auch mit Ihren Fähigkeiten, bestimmte Tätigkeiten auszuführen.

Bitte beantworten Sie *alle* Fragen gemäß Ihrem Zustand in der vergangenen Woche, indem Sie einfach die entsprechende Zahl ankreuzen.

Wenn Sie in der vergangenen Woche keine Gelegenheit gehabt haben, eine der unten aufgeführten Tätigkeiten durchzuführen, so wählen Sie die Antwort aus, die Ihrer Meinung nach *am ehesten* zutreffen würde.

Es ist nicht entscheidend, mit welchem Arm oder welcher Hand Sie diese Tätigkeiten ausüben. Antworten Sie Ihrer Fähigkeit entsprechend, ungeachtet, wie Sie die Aufgaben durchführen konnten.



© Institute for Work & Health 2006. All rights reserved.

Deutsche Version:
Günter Germann, Angela Harth, Gerhard Wind, Erhan Demir,
University of Heidelberg.

DISABILITIES OF THE ARM, SHOULDER AND HAND

Bitte schätzen Sie Ihre Fähigkeit ein, wie Sie folgende Tätigkeiten in der vergangenen Woche durchgeführt haben, indem Sie die entsprechende Zahl ankreuzen.

	Keine Schwierigkeiten	Geringe Schwierigkeiten	Mäßige Schwierigkeiten	Erhobliche Schwierigkeiten	Nicht möglich
1. Ein neues oder festverschlossenes Glas öffnen	1	2	3	4	5
2. Schreiben	1	2	3	4	5
3. Einen Schlüssel umdrehen	1	2	3	4	5
4. Eine Maßlinie zubereiten	1	2	3	4	5
5. Eine schwere Tür aufstoßen	1	2	3	4	5
6. Einen Gegenstand über Kopfhöhe auf ein Regal stellen	1	2	3	4	5
7. Schwere Hausarbeit (z. B. Wände abwaschen, Boden putzen)	1	2	3	4	5
8. Garten- oder Hofarbeit	1	2	3	4	5
9. Betten machen	1	2	3	4	5
10. Eine Einkaufstasche oder einen Aktentascher tragen	1	2	3	4	5
11. Einen schweren Gegenstand tragen (über 5kg)	1	2	3	4	5
12. Eine Clahörnte über Ihrem Kopf auswechseln	1	2	3	4	5
13. Ihre Haare waschen oder föhnen	1	2	3	4	5
14. Ihren Rücken waschen	1	2	3	4	5
15. Einen Pullover anziehen	1	2	3	4	5
16. Ein Messer benutzen, um Lebensmittel zu schneiden	1	2	3	4	5
17. Freizeitaktivitäten, die wenig körperliche Anstrengung verlangen (z. B. Karten spielen, Strecken, usw.)	1	2	3	4	5
18. Freizeitaktivitäten, bei denen auf Ihren Arm, Schulter oder Hand Druck oder Stoß ausgeübt wird (z. B. Golf, Hürnen, Tennis, usw.)	1	2	3	4	5
19. Freizeitaktivitäten, bei denen Sie Ihren Arm frei bewegen (z. B. Badminton, Fischen)	1	2	3	4	5
20. Vortätbewegungspraktisch zurückzukommen (um von einem Platz zum anderen zu gelangen)	1	2	3	4	5
21. Sexuelle Aktivität	1	2	3	4	5

DISABILITIES OF THE ARM, SHOULDER AND HAND

22. In welchem Ausmaß haben Ihre Schulter-, Arm- oder Handprobleme Ihre normalen sozialen Aktivitäten mit Familie, Freunden, Nachbarn oder anderen Gruppen während der vergangenen Woche beeinträchtigt? (Bitte kreuzen Sie die entsprechende Zahl an)

Überhaupt nicht	Ein wenig	Mäßig	Ziemlich	Sehr
1	2	3	4	5

23. Waren Sie in der vergangenen Woche durch Ihre Schulter-, Arm- oder Handprobleme in Ihrer Arbeit oder anderen alltäglichen Aktivitäten eingeschränkt? (Bitte kreuzen Sie die entsprechende Zahl an)

Überhaupt nicht eingeschränkt	Ein wenig eingeschränkt	Mäßig eingeschränkt	Sehr eingeschränkt	Nicht möglich
1	2	3	4	5

Bitte schätzen Sie die Schwere der folgenden Symptome während der letzten Woche ein. (Bitte kreuzen Sie in jeder Zeile die entsprechende Zahl an)

Keine	Leichte	Mäßige	Starke	Sehr starke
-------	---------	--------	--------	-------------

24. Schmerzen in Schulter, Arm oder Hand

1	2	3	4	5
---	---	---	---	---

25. Schmerzen in Schulter, Arm oder Hand während der Ausführung einer bestimmten Tätigkeit

1	2	3	4	5
---	---	---	---	---

26. Krabbeln (Nadelstiche) in Schulter, Arm oder Hand

1	2	3	4	5
---	---	---	---	---

27. Schwächegefühl in Schulter, Arm oder Hand

1	2	3	4	5
---	---	---	---	---

28. Steifheit in Schulter, Arm oder Hand

1	2	3	4	5
---	---	---	---	---

29. Wie groß waren Ihre Schiefstellungen in der letzten Woche aufgrund von Schmerzen im Schulter-, Arm- oder Handbereich? (Bitte kreuzen Sie die entsprechende Zahl an)

Keine Schwierigkeiten	Geringe Schwierigkeiten	Mäßige Schwierigkeiten	Erhobliche Schwierigkeiten	Nicht möglich
1	2	3	4	5

30. Aufgrund meiner Probleme im Schulter-, Arm- oder Handbereich empfinde ich meine Fähigkeiten als eingeschränkt, ich habe weniger Selbstvertrauen oder ich fühle, dass ich mich weniger nützlich machen kann. (Bitte kreuzen Sie die entsprechende Zahl an)

Stimme überhaupt nicht zu	Stimme nicht zu	Weder Zustimmung noch Ablehnung	Stimme zu	Stimme sehr zu
1	2	3	4	5

DASH Wert für Behinderung/Symptome = $\frac{\sum \text{Antwortpunkte}}{n} \times 25$, wobei n die Anzahl der beantworteten Fragen entspricht

Wurden mehr als 3 Fragen nicht beantwortet, so darf ein DASH Wert nicht berechnet werden.

DISABILITIES OF THE ARM, SHOULDER AND HAND

SPORT- UND MUSIK-MODUL (OPTIONAL)

Die folgenden Fragen beziehen sich auf den Einfluss Ihrer Schulter-, Arm- oder Handprobleme auf das Spielen Ihres Musikinstrumentes oder auf das Ausüben Ihres Sports oder auf beides. Wenn Sie mehr als ein Instrument spielen oder mehr als eine Sportart ausüben (oder beides), so beantworten Sie bitte die Fragen in Bezug auf das Instrument oder die Sportart, die für Sie am wichtigsten ist. Bitte geben Sie dieses Instrument bzw. diese Sportart hier an:

Ich habe keinen Sport oder spiele kein Instrument (Sie können diesen Bereich auslassen).

Bitte kreuzen Sie die Zahl an, die Ihre körperlichen Fähigkeiten in der vergangenen Woche am besten beschreibt. Hatten Sie irgendwelche Schwierigkeiten:

	Keine Schwierigkeiten	Geringe Schwierigkeiten	Mäßige Schwierigkeiten	Erhobliche Schwierigkeiten	Nicht möglich
1. In der üblichen Art und Weise Ihr Musikinstrument zu spielen oder Sport zu treiben?	1	2	3	4	5
2. Aufgrund der Schmerzen in Schulter, Arm oder Hand Ihr Musikinstrument zu spielen oder Sport zu treiben?	1	2	3	4	5
3. So gut Ihr Musikinstrument zu spielen oder Sport zu treiben wie Sie es möchten?	1	2	3	4	5
4. Die bisher gewohnte Zeit mit dem Spielen Ihres Musikinstrumentes oder mit Sporttreiben zu verbringen?	1	2	3	4	5

ARBEITS- UND BERUFS-MODUL (OPTIONAL)

Die folgenden Fragen beziehen sich auf den Einfluss Ihrer Schulter-, Arm- oder Handprobleme auf Ihre Arbeit (einschließlich Hausarbeit), falls dies Ihre Hauptbeschäftigung ist. Bitte geben Sie Ihren Arbeitsberuf hier an:

Ich bin nicht berufstätig (Sie können diesen Bereich auslassen).

Bitte kreuzen Sie die Zahl an, die Ihre körperlichen Fähigkeiten in der vergangenen Woche am besten beschreibt. Hatten Sie irgendwelche Schwierigkeiten:

	Keine Schwierigkeiten	Geringe Schwierigkeiten	Mäßige Schwierigkeiten	Erhobliche Schwierigkeiten	Nicht möglich
1. In der üblichen Art und Weise zu arbeiten?	1	2	3	4	5
2. Aufgrund der Schmerzen in Schulter, Arm oder Hand Ihre übliche Arbeit zu erledigen?	1	2	3	4	5
3. So gut zu arbeiten wie Sie es möchten?	1	2	3	4	5
4. Die bisher gewohnte Zeit mit Ihrer Arbeit zu verbringen?	1	2	3	4	5

Auswertung der optionalen Module: Die Antwortpunkte der Fragen werden summiert, durch 4 (Anzahl der Fragen) dividiert, 1 wird subtrahiert und danach mit 25 multipliziert. Für die Auswertung eines optionalen Moduls dürfen keine Antworten fehlen.

Institute for Work & Health
Research Excellence
Advancing Employee Health

INSTITUTE FOR WORK & HEALTH 2020. ALL RIGHTS RESERVED.

DISABILITIES OF THE ARM, SHOULDER AND HAND

DASH (FULL LENGTH) - AUSWERTUNGEN

Teil 1 „Funktionsfähigkeit“ mit 30 Fragen mit möglichen Werten von „1“ bis „5“ (Fragen 1–30)

Teil 2 „Sport- und Musik“ mit 4 Fragen mit möglichen Werten von „1“ bis „5“ (Fragen 1–4)

Teil 3 „Arbeit“ mit 4 Fragen mit möglichen Werten von „1“ bis „5“ (Fragen 1–4)

Die Teile 2 und 3 stellen eine optionale Punktebewertung dar. Sie umfassen Schwierigkeiten die im Zusammenhang mit sportlichen, musikalischen oder beruflichen Aktivitäten und Tätigkeiten auftreten könnten. Diese stehen aber nicht im Zusammenhang mit den übrigen Aktivitäten des täglichen Lebens aus dem Teil 1.

Punktebewertung Teil 1

Die Antwortpunkte der Fragen 1–30 werden summiert und bilden den Rohwert. Der maximal mögliche Rohwert beträgt 150 Punkte und das mögliche Minimum liegt bei 30 Punkten. Der Streubereich liegt bei 120 Punkten.

Der Rohwert wird wie folgt in den DASH-Funktionsfähigkeit-Wert umgerechnet:

$$\text{Teil 1: } \frac{(\text{Rohwert} - 30)}{1.2} = \text{DASH-Wert (0-100)}$$

Punktebewertung für jeweils Teil 2 und 3

Die Antwortpunkte der Fragen 1–4 werden summiert und bilden den Rohwert. Der maximal mögliche Rohwert beträgt 20 Punkte und das mögliche Minimum liegt bei 4 Punkten. Der Streubereich liegt bei 16 Punkten. Die Rohwerte werden in eine Skala von 0 bis 100 Punkte konvertiert, wobei der Wert von 0 keine Einschränkung (gute Funktion) bedeutet und ein Wert von 100 für hohe Einschränkung steht.

Der Rohwert wird wie folgt in den Wert für Freizeitaktivitäten (DASH-Sport/Musik) umgerechnet:

$$\text{Teil 2: } \frac{(\text{Rohwert} - 4)}{0.16} = \begin{cases} \text{DASH-Sport (0-100)} \\ \text{DASH-Arbeit (0-100)} \end{cases}$$

Bei höchstens beantworteten Fragen gilt es folgendes zu beachten: Wurden im Teil 1 weniger als 10% (3 Fragen) nicht beantwortet, so darf der Mittelwert aller anderen Fragen für den fehlenden Wert bzw. Werte verwendet werden. Sind allerdings 3 oder mehr Fragen nicht beantwortet worden, so darf dieser Teil nicht gewertet werden.

In den Teilen 2 und 3 dürfen keine Antworten fehlen

QUICK-DASH - AUSWERTUNGEN

Wurden mehr als 1 Frage nicht beantwortet, so darf der Quick-DASH nicht gewertet werden.

Die Antwortpunkte der Fragen 1–11 werden summiert und bilden den Rohwert. Der Rohwert wird in einen Quick-DASH-Wert wie folgt umgerechnet:

$$\left[\frac{\text{Rohwert}}{\text{Anzahl der beantwort. Fragen}} - 1 \right] \times 25 = \text{Quick-DASH-Wert (0-100)}$$

Auswertung für DASH-Sport und DASH-Arbeit → siehe Teil 2

Fragebogen zur Erwerbstätigkeit

- Welchen Beruf haben Sie vor Ihrer Handverletzung ausgeübt?

.....

- Waren Sie durch Ihre Verletzung gezwungen, den Beruf zu wechseln?

Nein

Ja, ich arbeite seit meiner Handverletzung als

- Wie viel Zeit ist zwischen dem Tag Ihrer Verletzung und der Rückkehr in den Arbeitsalltag verstrichen?

.....

- Haben Sie im Anschluss an den Krankenhausaufenthalt an einer medizinischen Rehabilitationsmaßnahme (z. B. einer Anschlussheilbehandlung in einer Reha-Klinik oder einer ambulanten Reha-Einrichtung) teilgenommen?

Nein

Stationär

Ambulant

- Liegt bei Ihnen - bedingt durch die Handverletzung - eine Minderung der Erwerbsfähigkeit vor und beziehen Sie deshalb eine Erwerbsminderungsrente?

Nein

Ja

12 Danksagung

Ich danke meinem Doktorvater Herrn PD Dr. Sebastian Geis für seine Unterstützung dieser Studie und die Möglichkeit, diese am Hochschulzentrum für Plastische und Ästhetische, Hand- und Wiederherstellungschirurgie Regensburg durchführen zu dürfen. Besonderer Dank gilt meiner Betreuerin Frau Dr. Catharina Strauss für ihre unermüdliche Unterstützung in Form von hilfreichen Anregungen, konstruktiver Kritik und ausführlichen Korrekturen. Ohne ihr Engagement und ihre Begeisterung für dieses Thema wäre diese Arbeit nicht zustande gekommen.

Außerdem möchte ich Herrn Florian Zeman für die Unterstützung bei der statistischen Auswertung der Ergebnisse und für die ausführliche Beantwortung wissenschaftlicher Fragen herzlich danken.

13 Lebenslauf

Melanie Zrenner/ Buschrosenweg 93a/ 22177 Hamburg/ melanie.zrenner@freenet.de / Tel.: 01777482504

Persönliche Daten

Geburtstag: 18.04.1996
Geburtsort: München
Eltern: Christine Zrenner, Lehrerin
Peter Zrenner, Betriebswirt
Geschwister: Jasmin Zrenner, Studentin

Schulbildung

09/2002 bis 07/2006	Grundschule an der Alfonsstraße, München
09/2006 bis 06/2014	Wittelsbacher Gymnasium München Humanistisch-neusprachliches Gymnasium
• 2012/2013	Seminararbeit „Die antiautoritäre Erziehung“
• 2014	Abiturfächer: Deutsch, Mathematik, Französisch, Biologie, Geschichte
• 2014	Schulabschluss: Allgemeine Hochschulreife (Note: 1,6)

Fremdsprachen

- 2006/2013 Großes Latinum
- 2007/2012 Englisch B1+
- 2009/2014 Französisch B2/C

Praktika

- 09/2014 bis 05/2015 Bundesfreiwilligendienst im Klinikum Dritter Orden München
(Allgemein-, Viszeral- und Thoraxchirurgie)
- 02/2018 bis 03/2018 Famulatur in der Praxis Dr. Krezdorn in München
(Hausärztlicher Internist)
- 09/2018 bis 10/2018 Famulatur im Krankenhaus Meran, Südtirol
(Anästhesie und Intensivmedizin)
- 03/2019 bis 04/2019 Famulatur im Klinikum Fürth

- 09/2019 bis 10/2019 (Gynäkologie und Geburtshilfe)
Famulatur im LMU Klinikum München
(Zentrale Notaufnahme)
- 02/2020 Hospitation im Klinikum Altmühlfranken Weißenburg
(Viszeral- und Thoraxchirurgie)

Praktisches Jahr

- 11/2020 bis 03/2021 Chirurgie: Krankenhaus Barmherzige Brüder
Regensburg
- 03/2021 bis 06/2021 Innere Medizin: Universitätsklinikum Regensburg
- 06/2021 bis 10/2021 Anästhesiologie: Universitätsklinikum Regensburg

Universitäre Ausbildung

ab 10/2015 Universität Regensburg: Studiengang Humanmedizin

- 2016 Tutorium für Erstsemester
- 09/2017 1. Staatsexamen Humanmedizin
- 10/2017 Vorschlag für das Stipendium der Studienstiftung
des deutschen Volkes
- 10/2020 2. Staatsexamen Humanmedizin
- 12/2021 3. Staatsexamen Humanmedizin
(Gesamtnote der Ärztlichen Prüfung: 1,33)

Berufliche Tätigkeit

ab 07/2022 Facharztausbildung in der Abteilung für Anästhesiologie, Intensiv-,
Notfall- und Schmerzmedizin der Asklepios Klinik Nord Hamburg