

Aus der Chirurgischen Klinik
der Kliniken der Stadt Köln gGmbH Krankenhaus Holweide
Akademisches Lehrkrankenhaus der Universität Köln
Chefarzt: Prof. Dr. med. C. F. Eisenberger

**Die Tenotomie der Flexor-hallucis-longus-Sehne und
Flexor-digitorum-longus-Sehne zur Behandlung von
Zehenkuppenläsionen bei Patienten mit Diabetischem
Fußsyndrom**

**Inaugural-Dissertation zur Erlangung der Doktorwürde
der Hohen Medizinischen Fakultät
der Universität zu Köln**

**vorgelegt von
Annette Klein
aus Neuwied**

promoviert am 11. Januar 2012

Gedruckt mit der Genehmigung der Medizinischen Fakultät der Universität zu Köln

Druckjahr: 2012

Druck:

Copyshop Copyinsel, Gießen

Dekan: Universitätsprofessor Dr. med. Dr. h.c. Th. Krieg

1. Berichterstatterin/Berichterstatter: Professor Dr. med. H.-F. Kienzle
2. Berichterstatterin/Berichterstatter: Universitätsprofessor Dr. rer. nat. J. Koebke

Erklärung

Ich erkläre hiermit, dass ich die vorliegende Dissertationsschrift ohne unzulässige Hilfe Dritter und ohne Benutzung anderer als der angegebenen Hilfsmittel angefertigt habe; die aus fremden Quellen direkt oder indirekt übernommenen Gedanken sind als solche kenntlich gemacht.

Bei der Auswahl und Auswertung des Materials sowie bei der Herstellung des Manuskriptes habe ich Unterstützungsleistungen von folgenden Personen erhalten:

Dr. med. Gerald Engels, Chirurgische Praxis am Bayenthalgürtel, Köln (Material, Fotos u. Zeichnungen).

Frau Hildegard Christ M. Sc., Institut für Medizinische Statistik, Informatik und Epidemiologie (IMSIE) der Universität zu Köln (Statistische Beratung).

Weitere Personen waren an der geistigen Herstellung der vorliegenden Arbeit nicht beteiligt. Insbesondere habe ich nicht die Hilfe einer Promotionsberaterin/eines Promotionsberaters in Anspruch genommen. Dritte haben von mir weder unmittelbar noch mittelbar geldwerte Leistungen für Arbeiten erhalten, die im Zusammenhang mit dem Inhalt der vorgelegten Dissertationsschrift stehen.

Die Dissertationsschrift wurde von mir bisher weder im Inland noch im Ausland in gleicher oder ähnlicher Form einer anderen Prüfungsbehörde vorgelegt.

Köln, den 11. Januar 2012

Annette Klein

Die dieser Arbeit zugrunde liegenden Operationen und Untersuchungen der Patienten wurden von Herrn Dr. med. Engels in der Chirurgischen Praxis am Bayenthalgürtel, Köln, persönlich durchgeführt.

Die Krankengeschichten wurden von mir selbst ausgewertet.

Inhalt

Abkürzungsverzeichnis	IX
1 Einleitung	1
1.1 Klinische und anatomische Grundlagen	1
1.1.1 Diabetisches Fußsyndrom	1
1.1.2 Anatomie und Funktion der langen Beugesehnen an der unteren Extremität	2
1.1.3 Wichtige kurze Fußmuskeln	3
1.1.4 Biomechanik des Abrollvorgangs	4
1.2 Entstehung der Zehenläsionen	4
1.3 Zehendeformitäten und typische Wundlokalisation	5
1.3.1 Hammerzehen	5
1.3.2 Krallenzehen	6
1.3.3 Schlegelzehe (Mallet Toe)	8
1.3.4 Typische Großzehendeformitäten und deren Wundlokalisation	8
1.4 Die therapeutische Tenotomie der langen Beugesehne	12
1.4.1 Grundlagen der Behandlung diabetischer Fußläsionen, evidente Methoden	12
1.4.2 Flexorentenotomie zur Behandlung diabetischer Zehenkuppenläsionen und weiterer Fußläsionen	13
1.4.3 Bisherige Untersuchungen	14
1.4.4 Postoperativer Verlauf	15
1.5 Fragestellung	17

2	Material und Methoden	18
2.1	Patienten	18
2.2	Dokumentation wichtiger Parameter zur Schwere der Erkrankung	18
2.2.1	Wagner-Armstrong-Klassifikation	18
2.2.2	Wundheilungsstadium	19
2.2.3	Durchblutung	20
2.2.4	Prophylaktische Operationen zur Wundvermeidung	20
2.2.5	Therapeutische Operationen zur Wundbehandlung	21
2.2.6	Präoperative Bestehenszeit der Beschwerden und Wunden	21
2.2.7	Perioperative Antibiotikagabe	22
2.2.8	Nagelkranzresektionen	22
2.3	Postoperative Dokumentation	23
2.4	Präoperative Untersuchung und Operationstechniken	24
2.4.1	Untersuchungsgang	24
2.4.2	Die perkutane Tenotomie der langen Flexorensehne	24
2.4.3	Nagelkranzresektion	27
2.4.4	Wunddebridement	27
2.5	Statistische Methoden	28
3	Ergebnisse	29
3.1	Operierte Zehen	29
3.1.1	Überblick	29
3.1.2	Reihenfolge der Operationen	29
3.2	Abheilungszeit	30
3.2.1	Betrachtung der Abheilungszeiten unter verschiedenen Faktoren	31

Inhalt	VII	
3.3	Wundinfekte	36
3.4	Follow-up	37
3.4.1	Sechsmonats-Follow-up	37
3.4.2	Einjahres Follow-up	39
3.4.3	Zusätzliches Follow-up	42
3.5	Rezidive	42
3.5.1	Rezidive innerhalb eines Jahres	43
3.5.2	Erstes Rezidiv	44
3.5.3	Zweites Rezidiv	46
3.5.4	Auftreten der Rezidive in Hinblick auf Risikofaktoren	47
3.6	Läsion weiterer Zehen und Orte	55
3.6.1	Erste Folgeläsion	55
3.6.2	Mehrfachläsionen	57
3.6.3	Zeit bis zum Auftreten der ersten Folgeläsion	60
3.6.4	Zeitlicher Abstand der Mehrfachläsionen	60
3.6.5	Auftreten der Folgeläsionen im Hinblick auf verschiedene Faktoren	61
3.7	Transferläsionen	70
3.7.1	Häufigkeit der Transferläsionen und betroffene Zehen	70
3.7.2	Zeitraum bis zum Eintreten einer Transferläsion	71
3.7.3	Transferläsionen im Hinblick auf verschiedene Faktoren	72
3.8	Drop-Out	76
4	Diskussion	77
5	Zusammenfassung	101

6	Literaturverzeichnis	103
7	Anhang	109
8	Lebenslauf	117

Abkürzungsverzeichnis

ANOVA	Analysis of variance (univariate Varianzanalyse)
DFS	Diabetisches Fußsyndrom
DI	Durchblutungsindex
Dig	(von Digitus) Zehe, Synonym: Zeh
DIP	distales Interphalangealgelenk
FDB	Flexor-digitorum-brevis-Sehne
FDL	Flexor-digitorum-longus-Sehne
FHB	Flexor-hallucis-brevis-Sehne
FHL	Flexor-hallucis-longus-Sehne
IP	Interphalangeal(gelenk)
MK	Metatarsal(knochen)
MP	Metatarsophalangeal(gelenk)
MW	Mittelwert
pAVK	periphere arterielle Verschlusskrankheit
PIP	proximales Interphalangealgelenk
pPNP	Periphere Polyneuropathie
ptb+	probe-to-bone positiv
<i>r</i>	Korrelationskoeffizient
SD	Standardabweichung
WH-Stadium	Wundheilungsstadium

1 Einleitung

1.1 Klinische und anatomische Grundlagen

1.1.1 Diabetisches Fußsyndrom

Das Diabetische Fußsyndrom ist eine Zusammenfassung verschiedener Krankheitsbilder unterschiedlicher Ätiopathogenese. Gemeinsam sind ihnen Verletzungen am Fuß bei Patienten mit Diabetes mellitus. Diese Verletzungen können zu Komplikationen führen; bei verzögerter oder ineffektiver Behandlung droht im schlimmsten Falle die Amputation der Extremität ^(29, 54).

Die wesentlichen Grundbedingungen für die Entstehung diabetischer Fußkomplikationen sind in 70-90 % der Verlust des schützenden Schmerzempfindens bei diabetischer Neuropathie und manchmal eine verminderte Gewebedurchblutung in Folge einer peripheren arteriellen Verschlusskrankheit ^(16, 19). Ohne Sensibilitätsstörung treten Fußulzera bei Deformierungen nur selten auf ⁽⁶⁾. Das Vorhandensein der peripheren Polyneuropathie ist die notwendige und hinreichende Bedingung für die Entstehung von Läsionen. In Umkehr zu den Phantomgliedererlebnissen nach einer Amputation (Leib ohne Körper) besteht bei der diabetischen Polyneuropathie für den Patienten eine Körper (-maschine) ohne Leib. Der Patient erfährt sozusagen einen konstanten Leibesinselfschwund im Sinne eines Entfremdungserlebens der Leibesinsel seiner Füße. Die Füße werden zu „Umgebungsbestandteilen“. Dies wird begleitet vom Verlust des vitalen Antriebs bei erhaltenden Körpermachineanteilen, er ist innerlich amputiert ⁽⁶²⁻⁶⁴⁾.

Auch eine eingeschränkte Gelenkbeweglichkeit (limited joint mobility) trägt mittels Erhöhung des plantaren Fußdruckes zu einer Ulkuserkrankung am neuropathischen Fuß bei. Sie führt vermutlich auf dem Boden einer Proteinglycierung an Gelenken, Sehnen, Weichteilen und Haut zusammen mit einem veränderten Gangbild und Fußdeformitäten zu einer abnormen biomechanischen Belastung des Fußes ^(7, 28, 52).

25 % der Diabetiker in Deutschland leiden an mindestens einem der oben genannten Risikofaktoren und entwickeln als Folge im Laufe Ihres Lebens ein Fußulkus ⁽⁵⁴⁾. Zusammen mit Fuß- und Zehendeformitäten, insbesondere im Rahmen der motorischen Neuropathie, sowie externem oder internem Druck aufgrund unpassenden Schuhwerks ⁽¹⁹⁾, eingeschränkter Gelenkbeweglichkeit und erhöhtem Fußdruck ⁽⁶⁸⁾ kommt es in Verbindung mit einem minimalen Trauma zu Verletzungen der unteren

Extremität^(9, 15, 29). Spontan, ohne Trauma, entsteht weder ein neuropathisches Ulkus noch eine Gangrän oder eine Charcot-Fraktur⁽¹⁶⁾.

Pro Jahr tritt bei 3-7 % der Patienten mit Diabetes mellitus erstmalig eine Läsion auf. Nach erfolgreicher Abheilung besteht ein lebenslanges Risiko für erneute Läsionen, welches je nach Nachbetreuung 30-100 % betragen kann⁽⁵⁴⁾. Somit sind Diabetiker mit Fußverletzungen Hochrisikopatienten und benötigen eine intensive strukturierte Überwachung und Betreuung⁽⁴⁴⁾. Derzeit enden jährlich ca 25-30tsd diabetische Fußläsionen in Amputationen^(19, 34, 48), wobei etwa jede fünfte Oberschenkelamputation nicht überlebt wird⁽⁵⁴⁾. Die Ulzerationen und daraus entstehende Komplikationen sind auch ein teures Problem. So betragen die mittleren Diabetes-abhängigen Kosten in Deutschland ca. 4000 € je Diabetiker/Jahr und ca. 50 % davon fielen auf Begleiterkrankungen und Komplikationen (Stand 2000)⁽⁴⁴⁾. Insgesamt liegen derzeit die Ausgaben für das Diabetische Fußsyndrom bei ca. 3 Mrd. Euro /Jahr in Deutschland⁽³³⁾.

1.1.2 Anatomie und Funktion der langen Beugesehnen an der unteren Extremität

Die langen Beugesehnen verbinden den M. flexor digitorum longus sowie den M. flexor hallucis longus mit den Endphalangen der Zehen. Gemeinsam ist beiden Muskeln die Innervation durch den N. tibialis und die Zugehörigkeit zur tiefen Beugerschicht der Unterschenkelmuskeln.

1.1.2.1 Großzehe

Der M. flexor hallucis longus entspringt an der hinteren Fibulafläche und der Membrana interossea. Die zugehörige Flexor-hallucis-longus-Sehne (FHL) verläuft in einer Furche des Talus, dann unterhalb des Sustentaculum tali des Calcaneus in einer Rinne zur Fußsohle. Dort unterkreuzt sie die Sehne des M. flexor digitorum longus, wobei sie an diesen Sehnenzipfel abgibt. Zwischen den beiden Köpfen des M. flexor hallucis brevis zieht sie zum Ansatz an der Basis der Großzehen-Endphalanx. Hinter dem Sesambeinkomplex ist sie mit der Sehne des M. flexor hallucis brevis verbunden, was ihr zusätzliche Stabilität verleiht und wohl auch der Grund ist, warum sie nach einer Tenotomie nicht bis weit nach fersenwärts retrahiert⁽²⁶⁾. Der Muskel bewirkt nicht nur die Zehenbeugung im Endgelenk der Großzehe und gemeinsam mit dem M. flexor hallucis brevis im Grundgelenk, sondern auch Plantarflexion und Supination des Fußes. Während der

Fortbewegung spielt er eine wesentliche Rolle beim Abwickeln des Fußes über die Großzehe. Im Stand hilft er zusammen mit dem M. flexor digitorum longus die Längswölbung des Fußes aktiv zu spannen. Ebenso verhindert er gemeinsam mit der Sehne des M. tibialis posterior das Absinken des Sustentaculum tali nach plantar und medial.

1.1.2.2 Langzehen

Der M. flexor digitorum longus hat seinen Ursprung an der dorsalen Fläche der Tibia. Seine Sehne überkreuzt die Sehne des M. tibialis posterior, biegt um den medialen Knöchel herum und überkreuzt die Sehne des M. flexor hallucis longus, von dem sie Sehnenbündel erhält. In der Fußsohle spaltet sie sich in vier Endsehnen auf. Diese durchbohren im Bereich der Grundphalangen die Sehnen der M. flexor digitorum brevis und inserieren schließlich an der Basis der Endphalangen der 2. bis 5. Zehe. Diese Zehen können nur durch den M. flexor digitorum longus im Endgelenk gebeugt werden und zusammen mit den kurzen Beugemuskeln im Mittelgelenk. Bei der Beugung im Grundgelenk wirken schließlich mehrere Muskelgruppen zusammen: Mm. flexores digitorum longus und brevis, Mm. interossei und lumbricales und bei der Kleinzehe die Mm. flexor digiti minimi brevis und abductor digiti minimi. Auch bei der Supination ist der lange Zehenbeuger beteiligt. Während des Abrollprozesses presst er die Zehen gegen den Boden. Zusammen mit dem M. flexor hallucis longus spannt er die Längswölbung des Fußes im Stand.

1.1.3 Wichtige kurze Fußmuskeln

Die vier Mm. lumbricales spielen eine Rolle bei der motorischen Feinsteuerung der Zehen. Sie entspringen den vier langen Beugesehnen und verlaufen an der Innenseite der zweiten bis fünften Zehe. Dort setzen sie – zusammen mit den entsprechenden Sehnenabsplattungen des M. flexor digitorum longus – an der Fußrückenseite des ersten Zehenglieds sowie am medialen Rand der Grundphalangen 2-5 an.

Die Beugesehnen befinden sich zusammen mit dem M. quadratus plantae im profunden medialen Kompartiment des Fußes. Sie beugen die Grundgelenke und strecken die Mittel- und Endgelenke. Somit wirken sie funktionell der Entwicklung von Krallenzehen entgegen⁽⁷¹⁾.

Die drei Mm. interossei plantares entspringen jeweils nur an einem, und zwar am drit-

ten, vierten beziehungsweise fünften Mittelfußknochen. Sie setzen an der Medialseite der Grundphalanx der 3. - 5. Zehe sowie an der Aponeurose des M. extensor digitorum longus an.

1.1.4 Biomechanik des Abrollvorgangs

Die langen Beuger beugen in erster Linie die Interphalangealgelenke (IP-Gelenke), was eine reaktive Dorsalflexion der Metatarsophalangealgelenke (MP-Gelenke) im Stand bewirkt. In der Schwungphase halten die Extensoren die Beuger unter einer passiven Spannung, was zu einer IP-Gelenkbeugung führt, wenn das MP-Gelenk gestreckt ist. Die Lumbricalmuskeln stabilisieren das MP-Gelenk in der Schwungphase und entspannen die Flexorensehnen, die Mm. interossei stabilisieren das MP-Gelenk in der Standphase nach sagittal und transversal⁽³¹⁾.

1.2 Entstehung der Zehenläsionen

Die diabetische Polyneuropathie führt durch Beteiligung motorischer Nervenfasern zu einer Kontraktur der kleinen Fußmuskeln und einer Abschwächung der intrinsischen gegenüber der extrinsischen Fußmuskulatur⁽⁴²⁾. Im Rahmen einer Atrophie der Mm. lumbricales entwickeln die meisten Diabetes-Patienten Hammer- oder Krallenzehen und eine Plantarisierung der Mittelfußköpfe mit einer druckbedingten Degeneration der plantaren Platte. Zehendeformierungen und Neuropathie stören den natürlichen Abrollprozess des Fußes und sind zu 60% an der Entstehung von Fußverletzungen bei Diabetikern mitbeteiligt⁽⁵⁴⁾.

In Verbindung mit den vorgenannten Risikofaktoren und fortwährenden Belastungs- und Scherdrücken⁽⁹⁾ während des Gehens kommt es vom Patienten unbemerkt kontinuierlich zu kleinen Traumen im Bereich der Hauptbelastungszonen, welche plantar an den Zehenkuppen und prominenten Mittelfußköpfen liegen können. Begünstigt wird dies durch neuropathische Beteiligung autonomer Nervenfasern mit dem Ergebnis trockener, rissiger Haut^(29, 52). Vorzeichen eines Ulkus sind Hyperkeratosen (Schwielen) ohne und mit Einblutung.

Eine Studie bestätigte, dass eine Hammer- bzw. Krallenzehendeformität bei Patienten mit diabetischer Polyneuropathie während des Laufens mit einer Belastungsverlagerung des Vorfußes von distal nach proximal und erhöhten plantaren Fußdrücken in Höhe der

Metatarsalköpfe assoziiert ist. Eine Dislokation des plantaren Fettpolsters nach distal ist wohl der ursächliche Mechanismus. Unter diesen Bedingungen steigt das Risiko plantarer Läsionen ⁽¹⁵⁾. Hinzu kommt das Vorhandensein einer relevanten Verkürzung des Gastrocnemius-Soleus-Komplexes mit einer Plantarisierung des Vorfußes und daraus resultierenden plantaren Läsionen. Hierzu wird die operative Achillessehnenverlängerung als therapeutischer Ansatz kontrovers diskutiert ^(27, 41).

Oft sind plantarer Vor- oder Mittelfuß und Kuppenregion der Zehen gleichzeitig gemeinsam betroffen. Die Gewebeveränderung im Rahmen der autonomen Neuropathie begünstigt an diesen Stellen eine Hautschädigung. Im Laufe der Zeit reagiert das Gewebe mit Hyperkeratose (Schwielen) und Einblutungen (Schwielenhämatome). Wird das Problem nicht rechtzeitig erkannt und behoben, folgt schließlich eine offene Läsion ⁽²⁹⁾. Die vorliegende Arbeit beschäftigt sich vorwiegend mit Wunden an den Zehenkuppen.

Als äußere Faktoren in der Entstehung diabetischer Fußläsionen spielen am häufigsten unpassende Schuhe eine Rolle ^(17, 29, 47), gelegentlich auch am neuropathischen Fuß meist unbemerkte Verletzungen durch Fremdkörper außerhalb und innerhalb des Schuhwerkes ⁽⁵⁾.

1.3 Zehendeformitäten und typische Wundlokalisation

1.3.1 Hammerzehen

Eine Hammerzehe zeigt sich mit einer Dorsalextension der proximalen Phalangen und einer Plantarflexion der mittleren und meist auch der Endphalangen. Dabei wirkt die lange Flexorensehne (FHL/FDL) im MP-Gelenk als ein Dorsalflexor, denn die **Zehen** können sich nicht über den Grund hinaus plantarflektieren. In Folge ist die Sehne für die Beugedeformität der IP-Gelenke verantwortlich. Eine Tenotomie kann die retrograd verformende Kraft eliminieren und soll dem Patienten für lange Zeit Besserung mit minimalem chirurgischen Trauma verschaffen.

Die Opposition zu den Flexorensehnen an den proximalen Interphalangealgelenken (PIP) und distalen Interphalangealgelenken (DIP) bilden die dorsal ansetzenden intrinsischen Mm. interossei und Mm. lumbricales. Deren Kraft ist durch die diabetische Neuropathie geschwächt und somit geringer als die der Flexoren. Der sonst die Streckung unterstützende M. extensor digitorum longus kann nur wirken, sofern die proximale

Phalanx nicht überstreckt ist. Ebenso lockern sich die plantaren Bindegewebsstrukturen (Plantaraponeurose und plantare Kapsel des MP-Gelenkes) und erlauben eine Hyperflexion der proximalen Phalangen sowie eine chronische Subluxation oder Dislokation des MP-Gelenkes (Abbildung 1)⁽²²⁾.

Somit kann das MP-Gelenk nach plantar verformt sein und eine Protrusion des Metatarsalkopfes herbeiführen. Klinisch zeigen sich Verhornungen der Zehenkuppe und über den IP-Gelenken sowie plantare Druckstellen.

Neben der diabetischen Polyneuropathie stellen unpassende Schuhe, ein hypermobiler erster Strahl sowie eine lange (über die Zehengrenze hinausragender) Zehe weitere Ursachen für Hammerzehen dar. Überlange Zehen sind meist assoziiert mit einem überlangen zweiten und dritten Metatarsalknochen, aber auch die anderen Metatarsalknochen können betroffen sein. Eine zu lange Zehe tendiert dahin, sich unter dem Einfluss der Schuhbegrenzung im Sinne einer Zickzackdeformierung zu kontrahieren, bis er wieder funktionell in einer Reihe mit den übrigen Zehen steht⁽⁵¹⁾ (Abbildung 1).

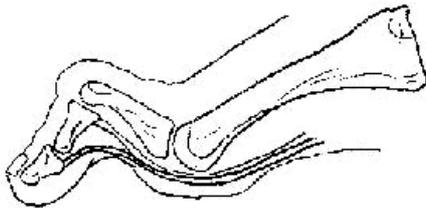


Abbildung 1: Hammerzehe

1.3.2 Krallenzehen

Eine Krallenzehe entsteht bei überwiegender Kontraktur des M. flexor digitorum longus gegenüber dem M. flexor digitorum brevis in Begleitung mit einer Kontraktur der langen Extensorensehne. Dies führt zu massiver Dorsalflexion MP-Gelenkes in Verbindung mit Flexionskontrakturen des PIP- und DIP-Gelenkes und zu Läsionen über den IP-Gelenken. Das MP-Gelenk ist dabei nach plantar disloziert und der Metatarsalknochen befindet sich in einer maximalen Plantarstellung, was zu plantarer Hyperkeratose und, sofern noch ein Schmerzempfinden vorhanden ist, zur Metatarsalgie führt. Häufige spätere Veränderungen sind die Subluxation oder Dislokation der Metatarsalknochen^(51, 71). Plantare Läsionen am Metatarsalkopf entstehen durch die dorsale Subluxation der Zehe am Metatarsophalangealgelenk⁽²⁰⁾.

Krallenzehen können auch die Folge eines Kompartmentsyndroms des tiefen medialen Kompartments sein, bedingt durch eine Einblutung z. B. nach Calcaneusfrakturen oder eine tiefe Infektion. Dieser Mechanismus bewirkt wie die Polyneuropathie einen Untergang der intrinsischen Muskulatur.

Meist sind alle Zehen eines Fußes von der Fehlstellung betroffen mit dem typischen klinischen Bild der Zehenkuppenläsionen (Abbildung 2, Abbildung 3).

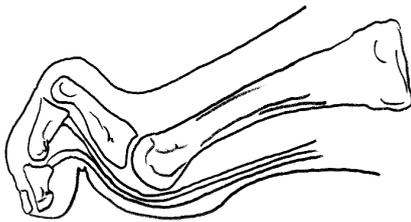


Abbildung 2: Krallenzehe



Abbildung 3: Typische Läsion bei Krallenzehen Aufsicht und Seitenansicht

Während von der Hammerzehdeformität meist nur eine oder wenige Zehen eines Fußes betroffen sind, tritt eine Krallenzehe üblicherweise an allen Zehen auf. Auch ist die Hammerzehe, sofern keine fixierte Verformung vorliegt, passiv in eine Neutralstellung manipulierbar, was bei der Krallenzehe nicht vollständig gelingt. Wichtigstes Unterscheidungskriterium ist jedoch die ausgeprägte Hyperextension im MP-Gelenk der Krallenzehe mit Plantarflexion des Metatarsalknochens. Dies ist bei der Hammerzehe weit schwächer ausgeprägt.

1.3.3 Schlegelzehe (Mallet Toe)

Eine Schlegelzehe (Mallet Toe) entsteht bei isolierter Kontraktur der langen Flexorensehne und zeigt sich klinisch als Beugung des Endglieds mit Hyperkeratose an der Zehenkuppe und über dem DIP-Gelenk. Mittel- und Grundglied verbleiben in normaler Ausrichtung (Abbildung 4). Er ist häufig mit Hammer und Krallenzehen assoziiert, aber auch mit einer langen Zehe in Verbindung mit zu kurzen Schuhen^(22, 51, 55, 71). Häufig kommt es zu dachartig veränderten Nägeln im Rahmen der Fehlbelastung und konsekutiver Verdickung im distalen Nagelanteil (Abbildung 5).

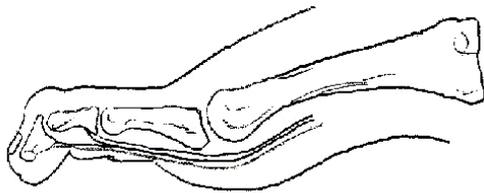


Abbildung 4: Schlegelzehe (Mallet Toe)

1.3.4 Typische Großzehendeformitäten und deren Wundlokalisation

Großzehendeformierungen bei Diabetikern treten oft als Mallet Toe, Krallenzehe, Hallux valgus und Hallux rigidus auf⁽¹³⁾. Aber auch eine relevante Insuffizienz der Sehne des M. tibialis posterior führt zu einer Fehlstellung der Großzehe. Über den sogenannten Bowstring-Effekt kommt es zu einer Torsion der Zehe im Grundgelenk bei gleichzeitiger starker Flexion im Endgelenk. Dadurch stellt sich die Zehe bei Belastung flexibel nach lateral und transversal. Somit tritt vornehmlich die mediale Region der Zehenbeere in die Hauptbelastungszone und weist Verletzungen auf⁽²⁷⁾.

Im klinischen Alltag ergeben sich fünf für die jeweiligen Verformungen typische Läsionsorte:

Typ I: Apikale Läsion in der Kuppenmitte bei Mallet Toe (Abbildung 5)



Abbildung 5: Apikale Läsion bei Mallet Toe, Dachnagelbildung, Seitenansicht und Detail

Typ II: Medial apikale Läsion

Sie ist eine Folge des Hallux valgus mit Bowstring-Effekt und der M. tibialis posterior Insuffizienz. Der Hallux valgus beschreibt die Schiefstellung der Großzehe im Grundgelenk nach lateral. Verläuft der Kraftvektor der Großzehenmuskulatur durch das MP-Gelenk, bleibt die Großzehe gerade. Liegt das Gelenk medial zum Kraftvektor, bilden die kräftige Beuge- und Strecksehne mit dem Mittelfußknochen einen Bogen, der sich durch die Anspannung der Sehnen noch weiter verstärkt (Bowstring-Effekt, Abbildung 6, 7). Diese Phänomene können flexibel und fixiert auftreten. Es entstehen eine zunehmende Varusfehlstellung des Metatarsalknochens und ein Hallux valgus. Eine Insuffizienz des M. tibialis posterior führt zum Plattfuß mit Aufliegen des Fußinnenrandes auf dem Boden.



Abbildung 6: Bowstring-Effekt/Hallux valgus/tibialis posterior Insuffizienz



Abbildung 7: Medial apikale Läsion links

Typ III: Medioplantare Läsion bei limited joint mobility, Hallux valgus/limitus/rigidus, in Projektion auf die mediale Endgliedbasis (Abbildung 8-10).

Im Rahmen der Varusfehlstellung des ersten Mittelfußstrahles kommt es über die oben genannten Phänomene wie die konsekutive Valgusstellung der Großzehe im Grundgelenk zu einer medioplantaren Torsion der Großzehe. Dadurch wandert die mediale Endgliedkondyle nach plantar in die Belastungszone und erleidet eine Läsion, weil es hier keine Weichteilpolsterung gibt. In einer Studie wurde bereits die Lösung der FHL als therapeutische Option beschrieben ⁽⁶⁵⁾.



Abbildung 8: Valgusstellung Großzehe



Abbildung 9: Medioplantare Läsion



Abbildung 10: Die Valgusstellung der Großzehe bewirkt eine medioplantare Torsion der Großzehe

Typ IV: Plantare Läsion bei Hallux limitus/rigidus (Abbildung 11)

Der Hallux rigidus ist eine abnutzungsbedingte und bei intaktem Schmerzempfinden dolente Versteifung der Großzehe im Grundgelenk. Vorstadien dieser Erkrankung mit Bewegungseinschränkung werden auch Hallux limitus genannt.



Abbildung 11: Plantare Läsion, Überblick und Ausschnitt

Typ V: Dorsale Läsion der Großzehe über dem IP-Gelenk bei Zickzackdeformierung (Abbildung 12). In der vorliegenden Arbeit fanden sich keine betroffenen Zehen. Sie bietet einen Gegenstand weiterer Untersuchungen.



Abbildung 12: Dorsale Läsion Typ V

1.4 Die therapeutische Tenotomie der langen Beugesehne

1.4.1 Grundlagen der Behandlung diabetischer Fußläsionen, evidente Methoden

Grundsätzlich sind die Wundheilungsbedingungen beim Diabetiker durch Veränderungen auf zellulärer Ebene problematisch. Dazu gehören Störungen der Blutviskosität, Mikrozirkulationsstörungen, veränderte inflammatorische Reaktion, reduzierte Proliferation der Fibroblasten, minderwertige Kollagenqualität und eine Störung der Granulozytenfunktion^(49, 53). Um eine Wundheilung zu erreichen, muss dieser erschwerte physiologische Ablauf durch allgemeine Grundprinzipien unterstützt werden. Diese beinhalten neben Optimierung der Stoffwechselsituation eine Revaskularisation bei pAVK, ein wiederholtes Debridement und eine stadiengerechte Wundbehandlung mit medikamentöser oder chirurgischer Infektsanierung sowie hauptbedeutend eine konsequente Entlastung des betroffenen Fußteils durch konfektionierte und individualisierte Hilfsmittel. Zu diesen zählen Bettruhe bzw. ein Rollstuhl, Walkersysteme und Entlastungs- oder Therapieschuhe als konfektionierte Hilfsmittel oder MaBal- Schuhe und removable/irremovable Total Contact-Casts als individualisierte Hilfsmittel^(3, 8, 21, 29, 35, 37, 46).

1.4.2 Flexorentenotomie zur Behandlung diabetischer Zehenkuppenläsionen und weiterer Fußläsionen

Die selektive Durchtrennung der langen Beugesehne einer Zehe bietet sich in der Praxis als eine einfache und komplikationsarme Therapiemethode an, um selbst langwierige Zehenkuppenläsionen zur Abheilung zu bringen. Ebenso soll eine prophylaktische Operation einer Wundentstehung vorbeugen und das Langzeitrisiko für Wunden und Amputation der unteren Extremität reduzieren^(6, 24). Mittels Aufhebung des retrograd wirkenden Muskelzuges verliert sich die Beugekontraktur der Zehen und das Wundgebiet an der Zehenkuppe kommt aus der Hauptbelastungszone heraus. Ist auf diese Weise der Druck gesenkt, kann die Wunde abheilen und die Gefahr eines Rezidivs ist vermindert. Somit ist die operative Entlastung der betroffenen Wundregion eine Strategie der Wundbehandlung mit dem Ziel der Wundheilung und der Vermeidung von Amputationen oder Rezidiven. Sie soll daher nicht in erster Line der Korrektur von Zehendeformitäten und eines biomechanisch gestörten Abrollprozesses dienen, führt jedoch oft zu diesen günstigen Nebeneffekten. Ein weiterer Effekt ist die Umwandlung einer Krallenzehe mit Wunde zu einer leichten Hammerzehe. Dies entlastet das Wundgebiet und erlaubt die Abheilung (Abbildung 13).



Abbildung 13: Aus Krallenzehe wird Hammerzehe an Dig 3



Abbildung 14: Kick-up Toe an Dig 2 in Folge einer Tenotomie der FDL und FDB

Um eine Hyperextension durch einen übermäßigen Zug der Extensoren (kick-up Toe, Abbildung 14) zu vermeiden, wird im Gegensatz zur Operationstechnik der im folgenden beschriebenen Studien ausschließlich das Endstück der langen Flexorenhne durchtrennt, während die kurzen Beugesehnen bewusst unangetastet bleiben. Wesentlich

hierbei ist, den Eingriff in einem Lokalanästhesieverfahren durchzuführen und damit eine intraoperative Kontrolle der vollständigen Sehnendurchtrennung durch Mitarbeit des Patienten (Zehenstreckung und -beugung) gewährleisten zu können. Somit klaffen die Sehnenendstücke der FHL/FDL durch den starken Muskelzug weit auseinander und es besteht im Gegensatz zur Aussage von McGlamry et al. ⁽⁵¹⁾ keine Gefahr eines Zusammenwachsens mit erneuter Zehenkontraktur. Aufgrund der Verbindung zwischen der FHL und der kurzen Beugesehne proximal des Sesambeinkomplexes bleibt eine gewisse Stabilität erhalten, und das Sehnenendstück kann sich auch nicht unkontrolliert nach proximal zurückverlagern ⁽²⁶⁾.

Die Methode ist vorwiegend zur ambulanten Behandlung älterer DFS-Risikopatienten geeignet. Komplexe Operationen sind bei diesen Patienten zu vermeiden. So erfordert z. B. eine Rekonstruktion von Hammer- oder Krallenzehen eine aufwendigere Operationstechnik und geht mit Komplikationen wie Durchblutungsstörung, einem Wiederauftreten der Deformität sowie höheren Infektraten mit Zunahme von distal nach proximal einher ^(22, 60). Ebenso ist das Trauma am Knochen sicher größer als an der Sehne. Auch eine konservative Wundbehandlung ist oft langwierig und mit einer hohen Rezidivrate verbunden. Besonders die Druckentlastung durch Teilbelastung an Unterarmgehstützen ist für diese Patienten oft nicht möglich oder wird nicht in ausreichender Notwendigkeit umgesetzt. Nach einer Tenotomie bleibt die Mobilität der Patienten erhalten, da postoperativ sofort eine weitgehende Entlastung der Läsion gewährleistet ist.

1.4.3 Bisherige Untersuchungen

Über die Tenotomie der langen Beugesehne als operative Methode der Behandlung von Zehenläsionen bei Diabetikern gibt es derzeit nur wenige Publikationen mit geringer Patientenzahl, obwohl sie von behandelnden Chirurgen oftmals schon lange praktiziert wird. So beschreibt ein Artikel die Operationstechnik als ambulante Standardprozedur zur Behandlung diabetischer Zehenläsionen ⁽⁵⁰⁾. Er lobt die druckentlastende Wirkung an der Zehe und berichtet von rascher Wundheilung und Rezidivvorbeugung. Im Unterschied zur Technik der vorliegenden Arbeit werden mit einem Einschnitt in Höhe des Grundglieds nicht nur die lange, sondern auch die kurze Beugesehne durchtrennt.

In einer retrospektiven Studie wird die Flexorentenotomie als sichere und effektive Methode zur Behandlung von plantaren distalen Zehenläsionen bewertet ⁽⁴⁵⁾. 18 Patienten mit 28 Läsionen wurden nach einer Tenotomie der Beugesehnen im Mittel

über 36 Monate beobachtet. Alle Wunden heilten komplikationslos ab, Rezidive traten an 3 von 17 Großzehen auf. Auch hier erfolgte an den Langzehen sowohl eine Durchtrennung der langen als auch der kurzen Beugesehnen, und zwar im proximalen Bereich des Grundglieds. Die Zahl der operierten Zehen ist wesentlich geringer als in der vorliegenden Arbeit und das Patientenkollektiv beschränkt sich nicht auf Diabetiker mit Neuropathie.

Ein weiterer Aufsatz beschreibt die perkutane Flexorentenotomie mit Operation des PIP-Gelenkes ebenfalls als einfache und effektive Methode zur Druckentlastung der Zehenkuppe und zur Wundheilung. Retrospektiv wurden 14 ambulant behandelte Diabetiker (34 Krallenzehen) im Mittel 13 Monate beobachtet und eine komplikationslose Wundheilung festgestellt. Eingeschlossen waren drei Zehen mit Osteomyelitis, welche ebenso problemlos in einem längeren Zeitraum abheilten (8 vs. 3 Wochen). Wie in der vorliegenden Arbeit wird eine Osteomyelitis nicht als Kontraindikation zur perkutanen Tenotomie gesehen. Übereinstimmungen finden sich auch in der Operationstechnik, bei welcher ausschließlich die lange Beugesehne durchtrennt wird und der Einschnitt ebenfalls in Höhe der Mittelphalanx stattfindet⁽⁶⁶⁾.

Als Folge der Tenotomie aller Flexorenhnen-Komponenten berichtet ein weiterer Aufsatz von einer Reduktion der aktiven Beugung der Interphalangealgelenke bei guter passiver Beweglichkeit. Zielgruppe der Behandlung waren 20 Kinder (Altersmittelwert 6,8 Jahre) mit kongenitaler Varuszehe (Curly Toe) an 56 Zehen. Eine Follow-up Dauer ist nicht bekannt⁽⁵⁸⁾. Zur Behandlung der Schlegelzehe ist die Flexorentenotomie bereits empfohlen, um in wenigen Wochen hartnäckige Ulzerationen und Verhornungen an der Zehenspitze zu sanieren^(24, 55).

1.4.4 Postoperativer Verlauf

Im Hinblick auf die guten Erfahrungen mit der Tenotomie in der täglichen Praxis und die zufriedenstellenden Ergebnisse in der bisherigen Literatur interessiert in der vorliegenden Arbeit das Behandlungsergebnis der zahlreichen in der Praxis ambulant operierten Patienten. Ein besonderer Aspekt sind die vielfältigen Operationsindikationen, das breite Spektrum an Wundlokalisationen und die verschiedenen Schweregrade der Läsionen. Diese Umstände lassen ein gemischteres Bild des postoperativen Outcomes erwarten, als in den vorgenannten Artikeln beschrieben. Wie dort sind auch in der Praxis Rezidive, verlängerte Wundheilungszeit und eine Beugungseinschränkung als gelegent-

liche Folge der Operation bekannt. Als Rezidive werden nach Abheilung wieder aufgetretene Läsionen im ehemaligen Wundgebiet bezeichnet. Ebenso zählt ein erneutes Auftreten der präoperativen Beschwerden bei prophylaktisch operierten Patienten dazu⁽³⁸⁾.

Ein weiterer möglicher Verlauf ist die Entstehung von Transferläsionen⁽³⁸⁾. Nach Operation der indizierten Zehe mit der Hauptbelastung kann die Zehe mit der nächsthohen Belastung läsionsgefährdet sein. Entsteht an deren Kuppe ein Ulkus, spricht man von einer Transferläsion (Abbildung 15). In der vorliegenden Arbeit soll unter anderem untersucht werden, wie hoch das Risiko einer solchen Transferläsion nach einer Tenotomie der langen Flexorenhöhle ist und in welchem Zeitraum nach der ersten Operation diese Wunden auftreten. Daraus soll abgeleitet werden, wann und wie häufig postoperative Kontrollen stattfinden sollten und ob es sinnvoll ist, die zur Entwicklung einer Transferläsion gefährdeten Zehen direkt bei Tenotomie der Erstzehe ebenfalls zu operieren.



Abbildung 15: Transferläsion Dig 4 rechts nach Tenotomie Dig 3 rechts, Übersicht und vergrößerter Ausschnitt

1.5 Fragestellung

Die vorliegende Arbeit ist eine retrospektive Untersuchung ambulanter Tenotomien der langen Flexorensehne zur Behandlung von Zehenkuppenläsionen bei Patienten mit Diabetischem Fußsyndrom. Eine konservative Behandlung bzw. Prophylaxe dieser Wunden ist meist aufwendig, kostenintensiv und führt häufig zu Rezidiven. Mit der Tenotomie bietet sich eine einfache, kostengünstige und vor allem effektive Methode zur Wundbehandlung an. Sie ist in einer chirurgischen Praxis mit Schwerpunktversorgung von Patienten mit Diabetischem Fußsyndrom bisher ca. 1000-mal durchgeführt worden und soll nun im Hinblick auf folgende Fragestellungen evaluiert werden.

1. Kann die Tenotomie der FHL/FDL zur Behandlung von Zehenkuppenläsionen eingesetzt werden? Ist es ärztlich vertretbar, zur Behandlung einer Wunde eine weitere kleine Wunde im Rahmen der operativen Prozedur zu verursachen?

- a) In welchen Fällen und bei welchen Indikationen ist sie geeignet?

- b) Welche Ausschlusskriterien ergeben sich?

Zur Beantwortung werden folgende Parameter beurteilt: Wundheilungszeit, nosokomiale Wundinfekte, Operation zur Behandlung von offenen Wunden, Einsatz von Antibiotika, Transferläsionen, Rezidive, Läsion weiterer Zehen.

2. Wie sollte eine prospektiv randomisierte Studie zum Einsatz dieses Verfahrens geplant werden? Entsprechend den Resultaten dieser Arbeit sollen die Auswahl des Patientenkollektivs, erforderliche Parameter und geeignete Nachsorgezeiträume vorgeschlagen werden.
3. Analyse der 5 verschiedenen Entitäten der Wundlokalisation an der Großzehe. Welche Fragestellungen für weitere Untersuchungen ergeben sich?

2 Material und Methoden

2.1 Patienten

In diese retrospektive Studie gingen die Daten von 138 Patienten ein, bei denen in einer chirurgischen Praxis mit Schwerpunkt Diabetischer Fuß zwischen 01/2003 und 07/2007 eine Tenotomie der langen Flexorensehne an einer oder mehreren Zehen eines Fußes durchgeführt wurde. Alle Patienten litten unter einem Diabetischen Fußsyndrom mit Polyneuropathie. Die Neuropathie wurde definiert nach dem Neuropathie Symptom Score (NSS) und dem Neuropathie Defizit Score (NDS) analog der Kriterien der AG Fuß⁽²⁾ (siehe Anhang). Die Patienten waren entweder akut von Fußläsionen betroffen oder zeigten aufgrund einer früheren Wunde ein erhöhtes Risiko für erneute Fußläsionen. Insgesamt wurden 291 Zehen operiert. Vertreten waren 90 Männer (65,2 %) und 48 Frauen (34,8 %). Das mittlere Alter der Patienten bei der ersten Operation lag bei 65,1 Jahren (Range 40-89, SD 9,6). Ausschlusskriterien waren die Operation weiterer Sehnen an derselben Zehe, Patienten ohne diabetische Polyneuropathie, eine Einsteifung im PIP-Gelenk sowie eine relevante pAVK, welche Maßnahmen zur Revaskularisation erforderlich machte.

2.2 Dokumentation wichtiger Parameter zur Schwere der Erkrankung

2.2.1 Wagner-Armstrong-Klassifikation

Zur präoperativen Beschreibung der Wundtiefe, Infektion und/oder einer peripheren Durchblutungsstörung erwies sich die Einteilung nach Wagner-Armstrong (Tabelle 1) als günstig. Es waren die Wagner-Stadien 0 bis 3 vertreten (Tabelle 2).

Tabelle 1: Beschreibung diabetischer Fußwunden mittels der kombinierten Wagner-Armstrong-Klassifikation ^(4, 39, 70)

Wagner-Grad	Armstrong-Stadium			
	A	B	C	D
0	keine Läsion, Prä- oder postulzerativer Risikofuß	mit Infektion	mit Ischämie	mit Infektion u. Ischämie
1	oberflächliche Wunde	mit Infektion	mit Ischämie	mit Infektion u. Ischämie
2	tiefe chronische Wunde, an Sehnen / Gelenkkapselstrukturen heranreichend ohne deren Destruktion	mit Infektion	mit Ischämie	mit Infektion u. Ischämie
3	tiefe Wunde unter Miteinbeziehung von Sehnen / Gelenk / Knochenstrukturen	mit Infektion	mit Ischämie	mit Infektion u. Ischämie
4	begrenzte Nekrose im Vorfuß- oder Fersenbereich	mit Infektion	mit Ischämie	mit Infektion u. Ischämie
5	Nekrose des gesamten Fußes	mit Infektion	mit Ischämie	mit Infektion u. Ischämie

Tabelle 2: Verteilung der Wagner-Armstrong-Klassifikation auf die operierten Zehen.

Wagner-Grad	Armstrong-Stadium				Gesamt
	A	B	C	D	
0	56	0	7	0	63
	19,2 %	0,0 %	2,4 %	0,0 %	21,6 %
1	94	6	21	2	123
	32,3 %	2,1 %	7,2 %	0,7 %	42,3 %
2	43	5	16	5	69
	14,8 %	1,7 %	5,5 %	1,7 %	23,7 %
3	6	10	12	8	36
	2,1 %	3,4 %	4,1 %	2,7 %	12,4 %
Gesamt	199	21	56	15	291
	68,4 %	7,2 %	19,2 %	5,2 %	100,0 %

Für einige Untersuchungen war folgende Gruppierung der Wagnerstadien erforderlich: Gruppe 0 enthielt Zehen ohne Wunde (Wagner 0), Gruppe 1 enthielt Zehen mit Läsionen bis zur Ebene von Sehnen oder Kapsel (Wagner 1 & 2) und Gruppe 3 enthielt Wunden mit Knochenbeteiligung (Wagner 3)

2.2.2 Wundheilungsstadium

Neben den oben genannten Aspekten wurde auch der Heilungsfortschritt der Wunde erfasst. Die Wundheilung erfolgt in drei Phasen, daraus ergeben sich die Wundheilungsstadien (Tabelle 3, Tabelle 4):

Tabelle 3: Wundheilungsstadien

Stadium	Wundheilungsphase
0	Keine oder lange zuvor abgeheilte Wunde
1	Entzündungsphase: Ausbildung eines Fibrinnetzes, Einwandern von Granulozyten und Makrophagen, Freisetzung von Zytokinen zur Stimulierung der Zellaktivität
2	Granulationsphase: Proliferation von Gefäßendothelzellen und Fibroblastenbildung, gesteigerte Kollagensynthese
3	Epithelialisierungsphase: Wundverschluss, neue Epidermis mit Schutzfunktion aber verminderter Belastbarkeit
4	abgeheilte Wunde

Tabelle 4: Wundheilungsstadium, Häufigkeitsverteilung der Zehen

Wundheilungsstadium	Anzahl	Prozent
0	23	7,9 %
1	91	31,3 %
2	50	17,2 %
3	83	28,5 %
4	44	15,1 %
Gesamt	291	100,0 %

2.2.3 Durchblutung

Bedingung für eine Tenotomie war ein Durchblutungsindex von mindestens 0,8 ohne klinisch relevante pAVK. Eventuell erforderliche Revaskularisierungsmaßnahmen waren bereits präoperativ erfolgt. Eine stärker ausgeprägte pAVK stellte eine Kontraindikation für die Operation dar. In drei Ausnahmefällen wurde dennoch eine Tenotomie unternommen. Diese Patienten waren mit bestehender Amputationsindikation zugewiesen worden und die Tenotomie diente dem Versuch, die Amputation abzuwenden.

2.2.4 Prophylaktische Operationen zur Wundvermeidung

Darunter wurden Tenotomien an Risikofüßen mit Wundheilungsstadium 0 u. 4 zur Wundvermeidung gezählt. 35 Patienten (25,4 %) erhielten an 66 Zehen (22,7 %) rein prophylaktische Tenotomien. Dabei ist zwischen 22 Zehen (7,6 %) mit lange zuvor abgeheilter Wunde in der Vorgeschichte (WH 0) und 44 Zehen (15,1 %) mit kurz vor der Operation abgeheilter Wunde (WH 4) zu unterscheiden. Am häufigsten wurde die linke zweite Zehe einer vorbeugenden Tenotomie unterzogen, am wenigsten die rechte Kleinzeh.

2.2.5 Therapeutische Operationen zur Wundbehandlung

Zum Operationszeitpunkt wiesen 120 Patienten (87,0 %) mit 225 Zehen (77 % der operierten Zehen) eine offene Wunde (Wundheilungsstadium 1-3) am operierten Fuß auf. Darunter waren Kuppenläsionen die häufigste Indikation für die Tenotomie (Tabelle 5). Begleitende Läsionen waren am häufigsten bei Operation der linken Großzehe vorhanden (88,0 %) und am seltensten bei Behandlung der linken Kleinzehe (33,3 %).

Tabelle 5: Zahl der Zehen, zu deren Operationszeitpunkt eine offene Läsion am Fuß bestand (Mehrfachnennungen möglich)

Ort der offenen Läsionen	Anzahl
Kuppenläsionen	144
andere Läsionen an der gleichen Zehe	25
Läsionen weiterer Zehen am operierten Fuß	46
plantare Läsionen	24
Läsionen an weiteren Stellen des Fußes	3

Offene Kuppenläsionen als häufigste Indikation waren bei 96 Patienten (69,6 %) an 144 Zehen dokumentiert. Meist waren diese an den zweiten und dritten Zehen vertreten: R2 (n=31), R3 (n=28), L2 (n=22), L3 (n=26).

2.2.6 Präoperative Bestehenszeit der Beschwerden und Wunden

Der Zeitraum zwischen dem Auftreten der Beschwerden bzw. Wunden und der Operation variiert zwischen 0 Tagen und 10 Jahren (Tabelle 6). Die Variablen R1, R3, L2-4 sind im Gegensatz zu den restlichen Variablen nicht normal verteilt, hier eignet sich zur Beschreibung anstelle des Mittelwertes der Median (50. Perzentile).

Tabelle 6: Präoperative Dauer der Beschwerden und Wunden in Tagen

Zeh	Anzahl	Mittelwert	Standardabweichung	Min.	Max.	Perzentile		
						75.	25.	50. Median
R1	21	-	-	6	1474	41,50	93,00	245,00
R2	33	92,15	115,73	0	548	12,50	69,00	117,00
R3	32	-	-	0	3985	9,75	45,00	124,00
R4	23	50,91	56,96	0	210	0,00	42,00	106,00
R5	6	61,33	86,65	0	210	0,00	18,50	143,25
L1	19	100,11	123,42	0	386	7,00	48,00	146,00
L2	41	-	-	0	1512	7,00	30,00	116,00
L3	29	-	-	0	3985	12,50	30,00	129,50
L4	21	-	-	0	506	4,00	15,00	45,00
L5	5	78,40	159,07	0	362	0,00	0,00	196,00

2.2.7 Perioperative Antibiotikagabe

63 Patienten (45,7 %) nahmen am Abend vor der Operation ein Antibiotikum ein. Zum Einsatz kamen Breitbandantibiotika wie Cephalosporine der zweiten Generation, Aminopenicilline mit Clavulansäure, Sultamicilin und Levofloxacin^(8, 37). Die Antibiotika wurden nach dem Ermessen des Operateurs eingesetzt, meist ab Wagner Stadium 2b und bei Patienten mit offenen Wunden abstrichadaptiert im Rahmen der Verletzung.

2.2.8 Nagelkranzresektionen

Zusätzlich zur Tenotomie wurde bei 16 Patienten (11,6 %) an 17 Zehen (5,8 %) der Nagelkranz reseziert (Tabelle 7). Dies geschah bei Läsionen im Bereich der Zehenkuppen mit Osteitis des Nagelkranzes als Alternative zur Amputation des Endgliedes. Alle diese Zehen wiesen einen Wagner-Grad 3 auf und bildeten einen Anteil von 47,2% der Zehen mit Wagner-Grad 3.

Tabelle 7: Nagelkranzresektionen, Verteilung auf die verschiedenen Zehen

Zehe	Anzahl Nagelkranzresektionen	Prozent der Nagelkranzresektionen
R1	1	5,9 %
R2	4	23,5 %
R3	2	11,8 %
R4	4	23,5 %
R5	0	0 %
L1	2	11,8 %
L2	2	11,8 %
L3	2	11,8 %
L4	0	0 %
L5	0	0 %
Gesamt	17	100,0 %

2.3 Postoperative Dokumentation

Zur Beschreibung des postoperativen Outcomes wurden Parameter wie Wundheilung, Rezidive, weitere Läsionen und der Zustand der Zehen bei Nachsorgeuntersuchungen erhoben (Tabelle 8):

Tabelle 8: Dokumentation postoperativer Ereignisse

postoperative Beobachtungsdauer	Auftreten von Rezidiven	Läsionen weiterer Zehen am operierten Fuß
Wundheilungszeit	Rezidivfreier Zeitraum	Läsionsfreier Zeitraum
nosokomiale Wundinfekte	Ursache und Behandlung von Rezidiven	Art und Lokalisation der neu aufgetretenen Wunden
Zustand der Zehe nach 6 Monaten		neu aufgetretene plantare Läsionen
Zustand der Zehe nach 1 Jahr		Transferläsionen
Ggf. Zustand am Ende des Beobachtungszeitraumes		Transferläsionsfreier Zeitraum

Waren die Patienten nicht mehr in Betreuung, konnten deren Verlaufsdaten in einem persönlichen Telefongespräch bzw. mittels eines schriftlichen standardisierten Hausarztinterviews erhoben werden. Eine Einverständniserklärung der Patienten zur Weitergabe der Daten lag vor im Rahmen der Behandlung im Netzwerk Diabetischer Fuß - Köln und Umgebung e. V. (siehe Anhang).

2.4 Präoperative Untersuchung und Operationstechniken

2.4.1 Untersuchungsgang

Mittels einer Barfußuntersuchung im Stand und eines Kralltests, bei dem der Patient alle Zehen maximal beugt, zeigt sich, an welcher Zehe eines Fußes die Hauptbelastungszone liegt. Dies ist die Zehe, die am tiefsten steht und somit biomechanisch dem stärksten Druck ausgesetzt ist. Dort ist das Läsionsrisiko besonders groß und eine Tenotomie zur Verhinderung einer Wunde ratsam. Falls schon mehrere Zehen Wunden haben, lässt sich auf diese Weise leicht rekonstruieren, welche Zehe als Erste betroffen war. Nach erfolgreicher Korrektur und Streckung der Zehe ist ein erneuter Untersuchungsgang zur Feststellung der neuen Hauptbelastungszone erforderlich.

2.4.2 Die perkutane Tenotomie der langen Flexorensehne

Alle Operationen wurden von Herrn Dr. med. Engels persönlich durchgeführt. Der Patient sitzt oder liegt auf dem Rücken mit den Füßen am Ende des Operationstisches. Es gelten die für ambulante Eingriffe üblichen Hygienebedingungen. Um eine intraoperative Kontrolle der Sehnendurchtrennung gewährleisten zu können, erfolgt der Eingriff in Lokalanästhesie (Scandicain®). Mittels Dorsalflexion des Fußgelenkes und Daumendruck auf die plantare Seite des Endgliedes wird die lange Flexorensehne unter Spannung gebracht. Etwas proximal des Mittelgliedkopfes (bzw. des Grundgliedkopfes an der Großzehe) erfolgt lateral- oder medioplantar ein kleiner längsgerichteter Hautschnitt (Abbildung 16). Die lange Beugesehne wird bei gebeugter Zehe mit einem Klämmerchen optimal dargestellt (Abbildung 17). Als Instrument dient ein Lanzettmesser (Abbildung 19) bzw. ein 11er Skalpell, welches waagrecht zwischen Knochen und Sehne eingeführt wird. Die Gefäß-Nervenstränge liegen weit dorsolateral/medial und sind auf diese Weise nicht gefährdet. Die Durchtrennung der Sehne geschieht durch eine Drehung der Klinge um 90 Grad mit der scharfen Seite Richtung plantar unter gleichzeitiger Streckung des Zehenendgelenkes. Eine plötzliche Streckungszunahme im distalen IPGelenk signalisiert ebenso wie ein leises, knirschendes Geräusch die erfolgreiche Tenotomie. Besteht zuvor ein pseudofixiertes PIP-Gelenk, lässt sich dieses nach der Sehnendurchtrennung meist gut mobilisieren. Stellt sich prä- oder intraoperativ eine knöcherne Beteiligung heraus, ist eine weichteilerhaltende Knochenresektion (z. B. Nagelkranzresektion) erforderlich. Zum Abschluss erfolgt eine U-Naht (Abbildung 20) und die Abdeckung mit einem sterilen Verband.

Die Patienten dürfen nach der Operation den operierten Fuß voll belasten und können, sofern die Schuhe in der Länge noch passen, dasselbe schützende Schuhwerk wie zuvor tragen. Da die operierte Zehe nach Aufhebung der Flexionskontraktur über das bisherige Längenniveau herausragen kann, ist eine Überprüfung der Schuhlänge nach der Operation obligat.

Obwohl sich im Laufe der Zeit kleine Änderungen der Arbeitsweise ergaben, ist das Vorgehen prinzipiell gleich geblieben. Als Instrument wurde zu Beginn eine 11er Klinge verwendet, später ein Lanzettmesser. Es reicht auch eine Kanüle zur Sehnendurchtrennung (Abbildung 21) und minimiert den Zugang auf ein kleines Loch, welches nahtlos abheilt.

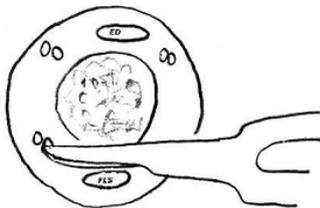


Abbildung 16: Schematische Darstellung der Tenotomie⁽⁴⁰⁾



Abbildung 17: Darstellung der FDL am Leichenpräparat

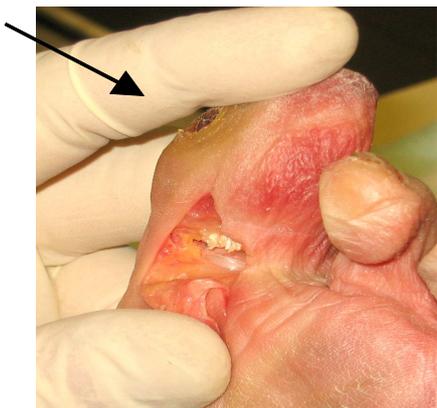


Abbildung 18: Darstellung der tenotomierten FHL am Leichenpräparat, Typische Läsion Typ III der Großzehe

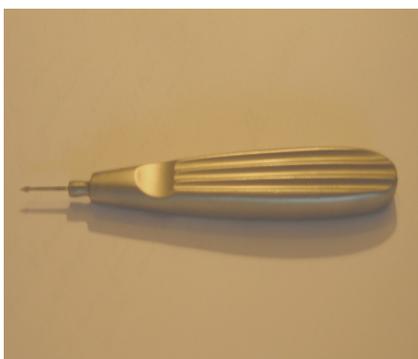


Abbildung 19: Lanzettmesser



Abbildung 20: Lokalisation der Inzision, postoperativ



Abbildung 21: Operation an der Großzehe mit Kanüle



2.4.3 Nagelkranzresektion

Bei Läsionen im Bereich der Zehenkuppen mit Osteitis des Nagelkranzes wurde eine Resektion des betroffenen Nagelkranzanteiles alternativ zur Amputation des Endgliedes unternommen. Durch eine ovaläre Excision der Läsion im Bereich der Zehenkuppe (Abbildung 22) wurde ein Zugang zum Nagelkranz geschaffen, dieser reseziert und die Wunde debridiert. Anschließend erfolgte eine lockere Naht und eventuell eine plastische Rekonstruktion.

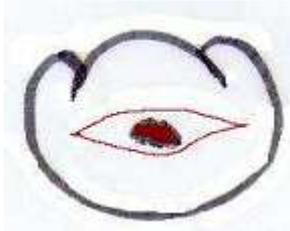


Abbildung 22: Zugang zur Nagelkranzresektion an der Zehenkuppe ⁽³⁷⁾

2.4.4 Wunddebridement

Das lokalchirurgische Wunddebridement ist eine entscheidende Voraussetzung für die Heilung diabetischer Läsionen ⁽²⁵⁾. Bei Erstvorstellung der Läsion und regelmäßig im Behandlungsverlauf werden Beläge, kallöser Wundrand, infiziertes Gewebe oder rezidivierende kleine Nekrosen mit einem Skalpell und anderen Instrumenten wie Gewebezange oder einer gebogenen Schere entfernt und bei tiefreichenden Wunden eine kegelförmige Ulkusexzision vorgenommen. So verbleibt eine saubere, vitale Wunde. Wichtig ist ein sorgfältiges Entfernen avitalen und die Schonung gesunden Gewebes ^(8, 29). Anschließend erfolgt ein den aktuellen Leitlinien entsprechender Wundverband.

2.5 Statistische Methoden

Die Datenübernahme erfolgte aus der Praxis-EDV sowie der Patientenakte zunächst in das Programm Microsoft Excel. Zur Auswertung der statistischen Kennwerte wurde das Softwarepaket SPSS 15.0.1 für Windows genutzt.

Im Kollektiv waren sowohl Patienten mit einer Operation an nur einer Zehe vorhanden, als auch Patienten, welche mehrere Zehen gleichzeitig bzw. zu mehreren Terminen behandeln ließen. Somit liegen interindividuell andere Faktoren als intraindividuell vor. Um dies bei der statistischen Auswertung zu berücksichtigen, wurde für jeden Patient ein Datensatz (=Fall) angelegt und jeder Zehe eine Variable mit einer eindeutigen Bezeichnung zugewiesen, begonnen mit R1 für die rechte Großzehe, gefolgt von R2 usw. bis R5 für die rechte Kleinzehe - genauso L1 für die linke Großzehe bis L5. Alle Parameter wurden also für jede Zehe einzeln dokumentiert und ausgewertet. Somit bildeten sich für jede Analyse 10 Untersuchungsgänge (10 Zehen).

Tests für unabhängige Stichproben dienten zum Vergleich der Patienten und Patientengruppen. Zur Beschreibung der intervallskalierten Variablen eigneten sich die statistischen Kennwerte Anzahl, Range (Min. - Max.) und die Quartile. Ebenso erfolgte die Berechnung der Mittelwerte und Standardabweichung bei normal verteilten Variablen sowie der Mediane bei nicht normal verteilten Variablen ⁽¹⁴⁾. Zur Untersuchung auf Normalverteilung diente der Kolmogorov-Smirnov-Anpassungstest. Korrelationsuntersuchungen erfolgten bei normal verteilten intervallskalierten Variablen mit der Analyse nach Pearson, Mittelwertvergleiche zweier Stichproben mit dem Student T-Test und bei mehreren Stichproben mit der einfaktoriellen ANOVA. Zur Prüfung der Varianzgleichheit diente der Levene-Test und dem Ergebnis entsprechend wurden die A-posteriori-Tests Bonferroni bzw. Tamhane ausgewählt. Für Variablen mit Ordinalskalenniveau und nicht normal verteilte intervallskalierte Variablen kamen die Korrelationsanalyse nach Spearman-Rho, zum Vergleich zweier Stichproben der U-Test nach Mann und Withney sowie bei mehreren Stichproben der H-Test nach Kruskal und Wallis zum Einsatz. Zur Überprüfung der Zusammenhänge nichtmetrischer Variablen wurde der exakte Fisher-Test herangezogen, bei erwarteten Häufigkeiten >5 auch der Chi-Quadrat-Test. Eine Ereignisdatenanalyse erfolgte mit der Wilcoxon-Statistik bei Sterbetafeln und dem Log-Rang-Test bei der Kaplan-Meier-Methode.

3 Ergebnisse

3.1 Operierte Zehen

3.1.1 Überblick

Die Aufzeichnungen für die vorliegende Arbeit begannen im Jahr 2003 mit 6 tenotomierten Patienten und endeten im Juli 2007 mit 109 Fällen allein im ersten Halbjahr des Jahres. Die zweite und dritte Zehe wurde am häufigsten operiert ($n=94$ bzw. $n=77$), gefolgt von der vierten ($n=54$) und der Großzehe ($n=52$), während die fünfte Zehe mit $n=14$ am seltensten genannt war (Abbildung 23). Die Zehen der rechten Seite waren dabei etwas häufiger vertreten als die der linken Seite (Tabelle 10).

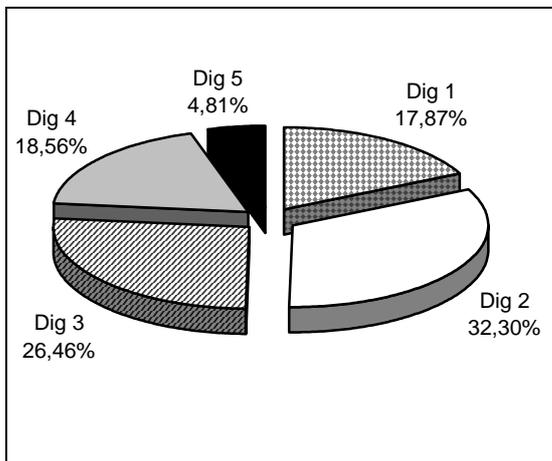


Abbildung 23: Häufigkeit der Operationen an Zehen 1 bis 5

Tabelle 10: Verteilung der Tenotomien auf die einzelnen Zehen

Zehe	Anzahl	Prozent
R1	27	9,3 %
R2	48	16,5 %
R3	42	14,4 %
R4	29	10,0 %
R5	8	2,7 %
L1	25	8,6 %
L2	46	15,8 %
L3	35	12,0 %
L4	25	8,6 %
L5	6	2,1 %
Gesamt	291	100,0 %

3.1.2 Reihenfolge der Operationen

79 Patienten (57,2 %) erhielten die Tenotomie an nur einer Zehe, 59 (42,8 %) ließen sich zwei oder mehr Zehen operieren. Ein Fall kam sogar auf neun operierte Zehen. 214 Tenotomien (73,5 %) wurden während des ersten Operationstermins durchgeführt, dabei am häufigsten an den zweiten und dritten Zehen jedes Fußes. Bei 77 Zehen (26,5 %), vorwiegend an Dig 4, erfolgten noch Tenotomien an einem oder mehreren Folgeterminen.

3.2 Abheilungszeit

Hier wurde unterschieden zwischen der Heilungszeit der durch die Tenotomie entstandenen Wunde an prophylaktisch operierten Zehen, im weiteren als „Nahheilungszeit“ bezeichnet, und der Heilungszeit der vorbestehenden Läsionen an den operierten Füßen, im weiteren „Wundheilungszeit“ genannt. Insgesamt konnte von 20 Zehen keine Abheilungszeit erhoben werden, denn 5 Zehenwunden waren bis zum Ende der Datenaufnahme nicht abgeheilt, von 13 Zehen lagen uns keine genauen Daten zum Abheilungszeitpunkt vor und 2 Zehen wurden aufgrund einer schweren, erst einige Zeit nach der Operation aufgetretenen pAVK vor Verschluss der Wunde amputiert. Zu beachten ist, dass in diesen Fällen präoperativ keine klinisch relevante pAVK bestand, dies wäre eine Kontraindikation gewesen. In keinem Fall kam es zu einer Amputation oberhalb der Zehenregion oder einer Majoramputation. Die mittleren Nahheilungszeiten bewegen sich in einem Spektrum von 9,0 bis 14,7 Tagen (Tabelle 11).

Tabelle 11: Nahheilungszeiten (Tage) prophylaktisch operierter Zehen. Mittelwerte und Standardabweichung sind nur bei Vorliegen einer Normalverteilung angegeben.

Zehe	Anzahl	Mittelwert	SD	Min-	Max-	Perzentile		
						25.	50. Median	75.
R1	3	9,0	1,7	8	11	8,0	8,0	11,0
R2	9	14,7	15,4	6	55	7,0	9,0	14,0
R3	6	9,0	2,1	7	13	7,8	8,5	10,0
R4	8	9,3	2,5	6	13	7,3	8,5	11,8
R5	1	9,0	-	9	9	-	-	-
L1	3	11,3	2,1	9	13	9,0	12,0	13,0
L2	14	-	-	7	70	8,0	9,0	13,3
L3	5	11,2	5,0	8	20	8,5	9,0	15,0
L4	10	13,7	6,4	8	26	8,8	11,0	20,3
L5	4	11,8	6,2	8	21	8,3	9,0	18,0

Nach Tenotomien bei bestehenden Läsionen waren mittlere Wundheilungszeiten zwischen 9,5 und 61,8 Tagen zu finden (Tabelle 12).

Tabelle 12: Wundheilungszeit (Tage) vorbestehender Läsionen. Lag eine Normalverteilung vor, sind Mittelwerte und Standardabweichung angegeben.

Zehe	Anzahl	Mittelwert	SD	Min-	Max-	Perzentile		
						25.	50. Median	75.
R1	21	29,0	30,8	5	115	9,0	15,0	41,0
R2	34	-	-	4	138	9,0	13,5	43,5
R3	34	-	-	6	68	10,0	14,0	34,3
R4	17	27,1	25,7	9	114	13,0	18,0	34,5
R5	7	22,0	27,9	8	85	9,0	13,0	16,0
L1	20	61,8	74,4	7	282	14,0	28,0	105,5
L2	31	35,1	41,2	5	177	9,0	16,0	42,0
L3	29	-	-	5	314	9,0	14,0	29,0
L4	13	19,8	13,2	5	42	8,5	12,0	32,0
L5	2	9,5	2,1	8	11	6,0	9,5	10,3

3.2.1 Betrachtung der Abheilungszeiten unter verschiedenen Faktoren

3.2.1.1 Wechselbeziehung zwischen der Abheilungszeit und dem Wagner-Grad

Die Nahheilungszeit der Zehen ohne Wunde (Wagner 0) entsprach den Werten in Tabelle 11 und wird daher nicht weiter ausgeführt. Unterschied man bis zur Tiefe der Subcutis reichende Läsionen (Wagner 1-2) von tieferen Wunden (Wagner 3), fand sich sechsmal ein Anstieg der medianen bzw. mittleren Wundheilungszeit bei Wagner 3 gegenüber Wagner 1-2 (Tabelle 13). Ein Beispiel bot die Zehe L3 mit einer Differenz von 35,5 Tagen (Abbildung 24).

Tabelle 13: Verlängerung der medianen Wundheilungszeit (Tage) mit Wundtiefe bis zur Knochenebene in sechs Untersuchungs-gängen.

Zehe	Wagner 1-2	Wagner 3
R1	29,1	26,0
R2	13,0	58,5
R3	14,0	36,0
R4	20,5	48,5
R5	22,0	-
L1	65,8	25,5
L2	27,9	59,9
L3	13,0	48,5
L4	17,0	35,0
L5	9,5	-

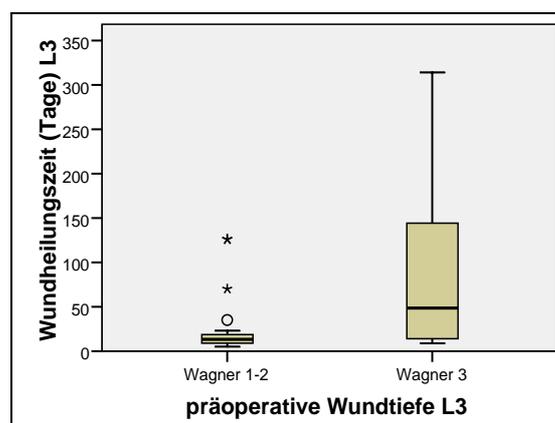


Abbildung 24: Anstieg der medianen Wundheilungszeit von 13 auf 48,5 Tage mit größerer Wundtiefe

Differenziertere Untersuchungen zum Anstieg der Wundheilungszeit zeigten an R2, R3,

L3 und L4 jeweils eine größere Zeitdifferenz zwischen Wagner 2 und 3 als zwischen Wagner 1 und 2. Ein Beispiel bietet R2 mit medianen Wundheilungszeiten von 13, 16 und 58 Tagen (Abbildung 25). Diese Ergebnisse waren statistisch nicht auffällig.

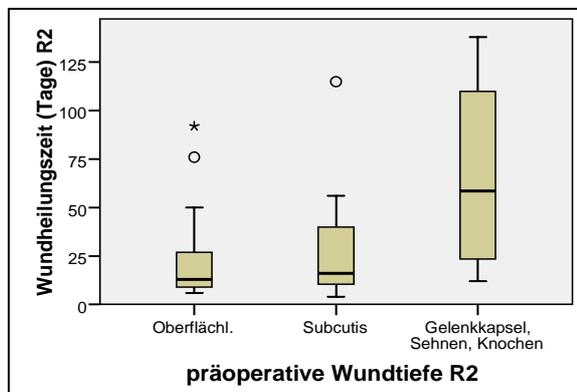


Abbildung 25: Geringe Differenz der Wundheilungszeit zwischen Wagner 1 und 2, große Differenz zwischen Wagner 2 und 3.

Beide Großzehen wiesen einen Anstieg der Wundheilungszeit von Wunden bis zur Subcutis reichend gegenüber oberflächlichen Läsionen auf. An der linken Großzehe betrug die Wundheilungszeit 26,2 Tage mit Wagner 1 und 85,7 Tage mit Wagner 2, die Differenz war statistisch auffällig ($p=0,047$). Dagegen war die Zeit mit Wagner 3 wesentlich kürzer (25,5 Tage) bei geringer Fallzahl ($n=2$). Ein ähnliches Ergebnis ergab sich an der rechten Großzehe (Wagner 1: 20 Tage, Wagner 2: 42,6 Tage und Wagner 3: 26 Tage bei ebenfalls geringer Fallzahl $n=1$). In zwei Untersuchungsgängen waren nicht genügend Daten vorhanden.

3.2.1.2 Analyse der Abheilungszeit nach Alter und Wagner-Grad

Die mittleren Nahheilungszeiten in der Gruppe der Patienten bis 65 Jahren bewegten sich im Bereich von 8,0 bis 21,0 Tagen und bei Patienten über 65 Jahren zwischen 8,0 und 16,3 Tagen. Es gab keine statistisch auffälligen Unterschiede. Untersuchungen der Wundheilungszeit im Hinblick auf das Patientenalter und die Wundtiefe ergaben eine gemischte Verteilung kürzerer, längerer und gleicher Abheilungszeiten in der Gruppe der älteren Patienten gegenüber den Jüngeren. Wurden ausschließlich jünge-

re Patienten unter 65 Jahren betrachtet, fand sich in 7 Untersuchungsgängen eine Zunahme der mittleren Wundheilungszeit an Wunden, welche bis zur Ebene der Knochen reichten (Range 19-80,5 Tage) gegenüber Wunden bis zur Ebene der Subcutis (Range 9,5-50,2 Tage). Einmal war eine Verkürzung der Zeit zu beobachten. Zweimal waren nicht genügend Daten für eine Auswertung vorhanden. Statistisch auffällig waren diese Ergebnisse jedoch nicht.

3.2.1.3 Analyse der Wundheilungszeit offener Wunden im Hinblick auf das Armstrong-Stadium

Zehen mit einer offenen infizierten Wunde (Armstrong B bzw. D) wiesen in neun Untersuchungsgängen eine längere Wundheilungszeit auf als Zehenwunden ohne Infektion (Armstrong A bzw. C), dagegen in einem Untersuchungsgang bei geringer Fallzahl ($n=7$) eine kürzere. So war an R2 eine längere Abheilungszeit im Stadium B gegenüber A auffällig (Mediane 58,5 bzw. 12 Tage, $p=0,034$, Abbildung 26). Ebenso zeigte sich an L2 eine längere Abheilungszeit bei Vorliegen einer Infektion sowie einer pAVK. Die Werte im Stadium A vs. C betragen 25,3 vs. 44,9 Tage und im Stadium B vs. D 45,3 vs. 51,7 Tage (Abbildung 27).

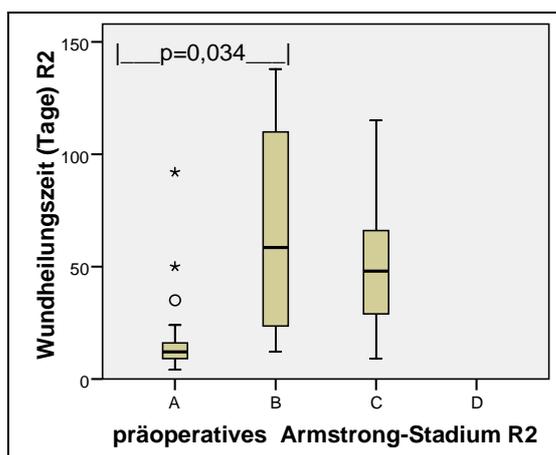


Abbildung 26: Verlängerung der Wundheilungszeit im Stadium Armstrong B gegenüber A

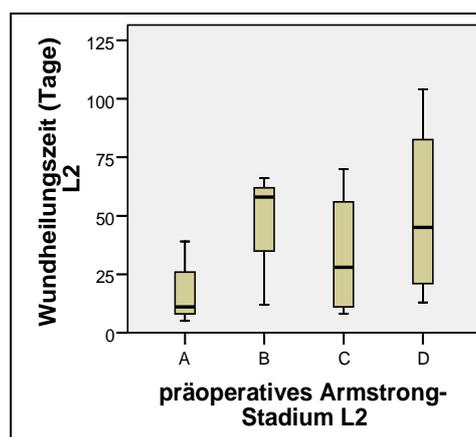


Abbildung 27: Jeweils längere Abheilungszeit infizierter Wunden (Armstrong B/D), ebenso bei Vorliegen einer pAVK (Armstrong C/D)

3.2.1.4 Unterschiede der Abheilungszeit bei Patienten mit / ohne pAVK

In diese Untersuchung flossen ausschließlich Patienten mit einer geringfügigen pAVK

ein, der Durchblutungsindex lag über 0,8 ohne klinisches Äquivalent. Eventuell erforderliche Revaskularisierungsmaßnahmen waren bereits präoperativ erfolgt.

Die mittlere Nahtheilungszeit prophylaktischer Tenotomien ergab in vier Untersuchungsgängen ein gemischtes Bild, mit unwesentlich längeren und kürzeren Zeiten. In den restlichen sechs Untersuchungsgängen lag keine pAVK vor. Insgesamt war eine pAVK in nur sieben Fällen vorhanden (im Gegensatz zu offenen Wunden: n=51). Neun Untersuchungsgänge zur Wundheilungszeit offener Wunden wiesen bei begleitender Durchblutungsstörung eine Verlängerung der Abheilungszeit auf, darunter war R2 statistisch auffällig mit Medianen von 12 vs. 48 Tagen ($p=0,034$, Abbildung 28). Ein Untersuchungsgang zeigte bei geringer Fallzahl n=7 eine kürzere Abheilungszeit.

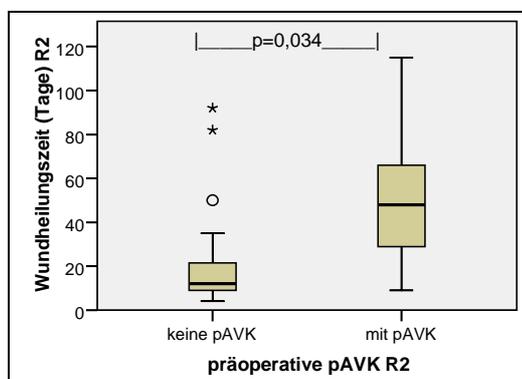


Abbildung 28: Verlängerte Wundheilungszeit mit Vorliegen einer pAVK

3.2.1.5 Korrelation zwischen Bestehenszeit der Wunde vor der Operation und der Wundheilungszeit

Die Mittelwerte bzw. Mediane der Nahtheilungszeiten (Range 9-14,67 Tage) fielen kürzer aus als die der Beschwerdedauer vor der Tenotomie (Range 19-193 Tage). An L5 und L1 fand sich eine sehr hohe, statistisch auffällige Korrelation von steigender Nahtheilungszeit bei längerer präoperativer Dauer der Beschwerden (jeweils $r=1,00$ bei niedrigen Fallzahlen: n=2 und n=3, Abbildung 29). In den anderen Untersuchungsgängen zeigte sich keine statistische Auffälligkeit. Im Hinblick auf offene Wunden ergab sich kein regelmäßiger Zusammenhang zwischen der Dauer des Wundbestehens und der Wundheilungszeit, jedoch sind auch hier die Mittelwerte bzw. Mediane der Wundheilungszeiten (Range 9,5-61,8 Tage) kürzer als die der Stagnation der Wunde (Range 18-

94,3 Tage) vor der Operation.

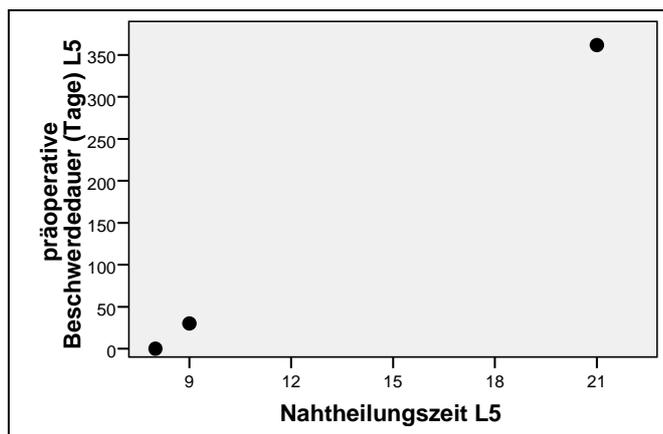


Abbildung 29: Mit längerer präoperativer Beschwerdedauer verlängert sich die Nahheilungszeit.

3.2.1.6 Betrachtung der Wundheilungszeit nach Tenotomien mit und ohne Nagelkranzresektion

Zusätzlich zur Operation wurde an einigen Zehen mit Wagner 3 eine Nagelkranzresektion durchgeführt. In drei Fällen heilten die Wunden nach Tenotomien mit dieser Maßnahme etwas schneller (Range 12,0-77,3 Tage) als Wagner 3 Läsionen ohne Nagelkranzresektion (Range 35,0-91,7 Tage). Einmal war ein umgekehrtes Ergebnis zu finden. In den restlichen Untersuchungsgängen war die Fallzahl für einen Vergleich zu gering und es gab keine statistischen Auffälligkeiten.

3.2.1.7 Analyse der Abheilungszeiten in Hinblick auf das Geschlecht

In der Betrachtung der mittleren Nahheilungszeiten fielen diese bei den Männern in acht Untersuchungsgängen kürzer (Range 7,0-14,7 Tage) aus als bei den Frauen (Range 8,5-18,5 Tage) und zweimal länger. Insgesamt bewegten sich die Werte im Normbereich und waren statistisch nicht auffällig. Offene Wunden heilten bei den Frauen in allen Untersuchungsgängen schneller ab (Range 8,0-34,5 Tage) als bei den Männern (Range 11-73 Tage), ohne dabei statistisch auffallend zu sein.

3.2.1.8 Unterschiede der Wundheilungszeit im Hinblick auf den Läsionsort an der Großzehe

Lagen offene Läsionen an der Großzehe vor, heilten diejenigen im medial-apikalen Be-

reich (Typ II) am schnellsten ab. An der rechten Großzehe war die Abheilungszeit dieser Wunden (im Mittel 15,83 Tage) auffallend kürzer ($p=0,002$) als die der plantaren Wunde (Mittelwert 56 Tage, Abbildung 30). Auch an der linken Großzehe war die Abheilungszeit in der medial-apikalen Region am kürzesten, jedoch ohne statistische Auffälligkeit.

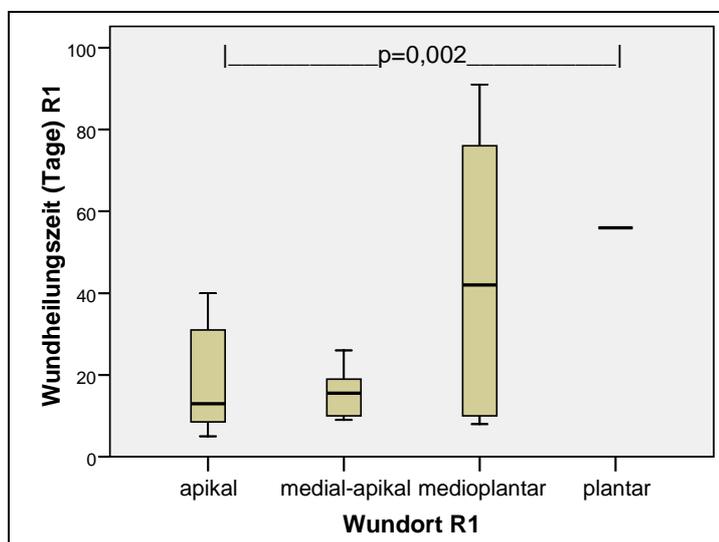


Abbildung 30: Normale Abheilung medial-apikaler Wunden, lange Wundheilungszeit plantarer und medioplantarer Wunden an der rechten Großzehe

3.3 Wundinfekte

Zwischen Tenotomie und der vollständigen Abheilung der Wunde bzw. der Naht trat bei 8 Patienten (5,8 %) an neun Zehen (3,1 %) ein Wundinfekt auf. Bei zwei dieser Zehen wurde die Tenotomie prophylaktisch durchgeführt, vier Zehen verfügten vor der Operation über eine oberflächliche und zwei Zehen über eine bis zur Subcutis reichende Wunde. Diese Wunden verteilen sich auf die Großzehe mit einer apikalen Wunde, viermal Dig 2, zweimal Dig 3 und je einmal Dig 4 und 5.

An den Langzehen waren vier Läsionen an den Zehenkuppen, einmal in der Beugefalte und je einmal am plantaren Mittelfuß im Bereich MTK1 und MTK 2-5 vorhanden. Eine Wunde an der Zehenkuppe war bereits vor der Operation infiziert, alle anderen nicht.

Die zwei Patienten mit den prophylaktisch operierten Zehen erhielten präoperativ keine Antibiotika. Von den Patienten mit bestehenden Läsionen erhielten drei präoperativ Antibiotika und drei nicht. Vier Männer und vier Frauen waren betroffen, keiner von ihnen litt unter einer pAVK.

Patienten, welche pro Operationstag an nur einer Zehe operiert wurden, entwickelten zu 5,1 % einen Wundinfekt, Patienten mit gleichzeitiger Tenotomie an zwei Zehen zu 2,8 %. Patienten, denen drei oder vier Zehen auf einmal operiert wurden, zeigten keine Wundinfekte.

Die Wundinfekte traten im Mittel 5,4 Tage nach der Operation auf (Range 1-15). Es fanden sich viermal eine Rötung und Schwellung und viermal eine eitrige Sekretion an der Inzisionsstelle. Alle Patienten wurden in Folge antibiotisch behandelt. In sieben Fällen heilten die Infektionen problemlos ab. Ein Patient, mit ursprünglicher Indikation zur Tenotomie bei einer Läsion in der Beugefalte von Dig 5, Wagner 2A WH1, entwickelte eine Vorfußphlegmone. Er musste stationär behandelt werden, da sich in der Wunde ein Erregerspektrum fand, welches eine i. V.-Antibiose erforderte. Dieser Infekt heilte daraufhin folgenlos ab, eine Amputation war nicht erforderlich.

3.4 Follow-up

Nach der Tenotomie wurden die Patienten im Mittel 18,4 Monate (Range 0,2-48,5) lang beobachtet. Erhielt ein Patient mehrere Tenotomien nacheinander, war der jeweils längste Beobachtungszeitraum ausschlaggebend. Die Patienten stellten sich zu sehr unterschiedlichen Zeitpunkten wieder vor und wir ordneten diese einem Halbjahres- sowie einem Jahres-Follow-up zu.

3.4.1 Sechsmonats-Follow-up

3.4.1.1 Überblick

Ein Halbjahres-Follow-up erfolgte im Zeitraum von 4,4 bis 10,8 Monaten postoperativ bei 76 Patienten (55,1 %) mit 145 Zehen (49,8 %). 67 dieser Patienten (88,2 %) mit 129 Zehen (89 %) zeigten keinen pathologischen Befund an der operierten Zehe.

Zwölf Patienten (15,8 %) mit 16 Zehen (11 %) litten an der operierten Zehe unter Problemen wie persistierender Läsion, Rezidiv und anderen (Tabelle 14). Diese kamen am ehesten nach Tenotomie der linken Großzehe vor, jedoch nicht nach Operation der Kleinzehen (Tabelle 15).

Innerhalb eines kürzeren oder längeren Zeitraumes waren Daten von 67 Patienten

(48,6 %) mit 132 Zehen (45,4 %) vorhanden und lost to Follow-up blieben sieben Patienten (5,1 %) mit 9 Zehen (3,1 %). Zum Drop-Out zählten fünf Patienten (3,6 %) mit 5 Zehen (1,7 %). Davon waren zwei Patienten verstorben, einer litt unter einem schweren Apoplex, 2 Zehen waren aufgrund einer Osteitis bzw. bestehender Nekrose und avitaler Zehe amputiert worden.

Tabelle 14: Befund an der tenotomierten Zehe nach sechs Monaten

Befund	Zehen	Patienten
persistierende Läsion	4 (25,0 %)	4 (33,3 %)
Rezidiv	4 (25,0 %)	3 (25 %)
Schwielen	3 (18,8 %)	1 (8,3 %)
Narbenschmerz	2 (12,5 %)	1 (8,3 %)
Druckläsion	1 (6,3 %)	1 (8,3 %)
Einblutung	1 (6,3 %)	1 (8,3 %)
in Abheilung	1 (6,3 %)	1 (8,3 %)
Gesamt	16 (100,0 %)	12 (100 %)

Tabelle 15: Auffällige Befunde nach Operation an Zehe

Zehe	Anzahl	Prozent
R1	2	12,5 %
R2	2	12,5 %
R3	-	-
R4	1	6,3 %
R5	-	-
L1	5	31,3 %
L2	2	12,5 %
L3	2	12,5 %
L4	2	12,5 %
L5	-	-
Gesamt	16	100,0 %

3.4.1.2 Zustand nach prophylaktischen Tenotomien und Operationen an offenen

Wunden:

Alle oben genannten Auffälligkeiten waren nach Operationen in Begleitung offener Wunden zu finden, somit bei zwölf Patienten mit 16 Zehen (13,6 %). Ohne Befund waren 102 Zehen (86,4 %) dieser Gruppe sowie sämtliche prophylaktisch durchgeführten Tenotomien.

3.4.1.3 Halbjahresuntersuchung im Hinblick auf den präoperativen Wagner-Grad

Alle Tenotomien bei Wagner-Grad 0 zeigten ein gutes Outcome, während es nach Operationen bei Wagner-Grad 2 in 21 % zu Problemen kam. Diese beinhalteten Rezidive und Schwielen (je 7 %), persistierende Läsionen (4,3 %) und eine Druckläsion (2,3 %). Operationen bei Wagner-Grad 1 und 3 führten zu je 9 % zu einem auffälligen Befund, dabei fanden sich nach oberflächlichen Wunden Narbenschmerzen (3,7 %), persistierende Läsionen, Rezidive und Einblutungen (je 1,9 %), sowie nach Wunden bis zur Tie-

fe der Knochen persistierende sowie in Abheilung befindliche Läsionen (je 4,5 %).

3.4.2 Einjahres Follow-up

3.4.2.1 Überblick

Zum Einjahres-Follow-up zählten Nachuntersuchungen ab dem 11. Monat postoperativ, der längste Zeitraum betrug 48,46 Monate nach der Operation.

Diese erfolgten bei 118 Patienten (85,5 %) mit 258 Zehen (88,7 %). Davon zeigten 109 Patienten (92,4 %) mit 239 Zehen (92,6 %) ein gutes Outcome an der operierten Zehe nach einem Jahr. Dreizehn Patienten (11,1 %) mit 19 Zehen (7,4 %) wiesen Probleme an der operierten Zehe auf, zumeist in Form von Rezidiven (54 %) oder persistierenden Läsionen (15 %, Tabelle 16, Tabelle 17). Betroffen waren die einzelnen Zehen nahezu gleichhäufig. Lost to Follow-up waren zwölf Patienten (8,7 %) welche z. B. unerreichbar oder unbekannt verzogen waren, mit 16 Zehen (5,5 %). Unter die Drop-Outs (siehe 0) fielen zwölf Patienten (8,7 %) mit 17 Zehen (5,8 %).

Tabelle 16: Befunde an der operierten Zehe nach einem Jahr

Befund	Zehen	Patienten
Rezidiv	11 (57,9 %)	7 (53,9 %)
persistierende Läsion	3 (15,8 %)	2 (15,4 %)
Läsion Beugefalte	2 (10,6 %)	1 (7,7 %)
Schwielenhämatom	1 (5,3 %)	1 (7,7 %)
Vorfußphlegmone	1 (5,3 %)	1 (7,7 %)
Amputation	1 (5,3 %)	1 (7,7 %)
Gesamt	19 (100 %)	13 (100 %)

Tabelle 17: Auffällige Befunde nach Operation an Zehe

Zehe	Anzahl	Prozent
R1	3	15,8
R2	3	15,8
R3	3	15,8
R4	3	15,8
R5	2	10,5
L1	2	10,5
L2	2	10,5
L3	-	-
L4	1	5,3
L5	-	-
Gesamt	19	100,0

3.4.2.2 Outcome nach einem Jahr im Hinblick auf Operation an offenen Wunden und prophylaktische Tenotomien

Operationen an offenen Wunden wiesen in der Jahresuntersuchung häufiger (8,4 % vs. 3,6 %) als prophylaktische Tenotomien Probleme auf in Form von Rezidiven (n=10), persistierenden Läsionen (n=3), Läsionen der Beugefaltten (n=2),

Schwielenhämatom und Vorfußphlegmone (je einmal). Die Unterschiede waren statistisch nicht auffällig. Bei Letztgenannten kam ein Rezidiv sowie eine Amputation vor. Diese geschah drei Jahre nach der primärprophylaktischen Tenotomie und lag einer schweren pAVK zugrunde.

3.4.2.3 Präoperative Wundtiefe

Tenotomien bei präoperativem Wagner-Grad 0 zeigten mit 3,6 % pathologischer Befunde ein besseres Untersuchungsergebnis als bei Wagner-Grad 1-2 (8 %). Am schlechtesten fiel es bei Wagner-Grad 3 mit 9,7 % Problemen aus. Die Unterschiede waren statistisch jedoch nicht auffällig.

3.4.2.4 Outcome nach einem Jahr im Hinblick auf Durchblutungsstörungen

In diese Untersuchungen wurden nur Patienten ohne relevante pAVK aufgenommen, deren Durchblutungsindex über 0,8 lag und welche kein klinisches Äquivalent aufwiesen. Ohne diese Voraussetzungen war eine Tenotomie kontraindiziert. Eventuell erforderliche Revaskularisierungsmaßnahmen waren bereits präoperativ erfolgt. Einige Patienten entwickelten eine gravierende pAVK mit entsprechenden Folgen erst nach der Operation.

Unter den für das Einjahres-Follow-up verwertbaren Daten zeigten sich ohne eine pAVK bei 10,4 % der Patienten Probleme und mit einer geringfügigen pAVK bei 17,6 %. Statistisch auffällig war dies an R4 mit 50 % auffälligen Befunden im Gegensatz zu 100 % Normalbefunden ohne pAVK ($p=0,008$, Abbildung 31). Auch R5 war mit Rezidiv bei pAVK statistisch auffällig ($p=0,018$). Als auffällige Befunde fanden sich vorwiegend Rezidive.

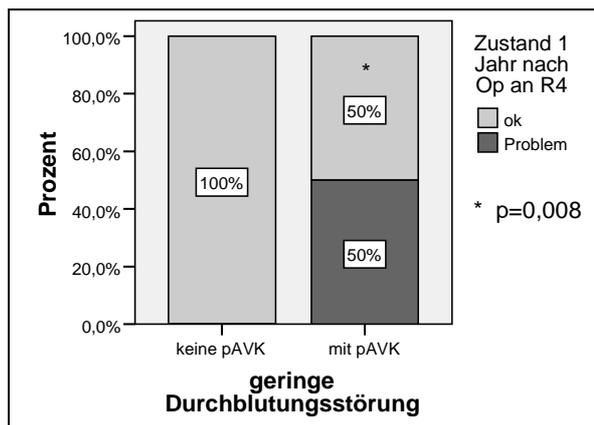


Abbildung 31: Schlechteres Outcome mit geringfügiger pAVK ein Jahr postoperativ an R4

3.4.2.5 Nagelkranzresektion

Alle Tenotomien mit begleitender Nagelkranzresektion zeigten ein gutes Ergebnis bei der Jahresuntersuchung, es traten keine pathologischen Befunde auf.

3.4.2.6 Ergebnisse der Jahresuntersuchung im Hinblick auf das Geschlecht

Unter den 15 Patienten mit pathologischem Befund waren nur zwei Frauen mit je einem Rezidiv zu finden und 13 Männer mit Rezidiven (n=7), Schwielenhämatomen (n=1), Läsionen (n=2), Läsionen der Beugefalte, Vorfußphlegmone und Amputation der Zehe (je einmal).

3.4.2.7 Alter

Acht Patienten in der Gruppe <65 Jahre mit 12 Zehen und sechs der älteren Patienten mit 7 Zehen wiesen in der Jahresuntersuchung Probleme auf, wobei die jüngeren neben Rezidiven (n=8) und einem Schwielenhämatom auch von Befunden wie persistierender Läsion, Vorfußphlegmone und Zehenamputation (je einmal) betroffen waren. Die Patienten der Gruppe >65 Jahre zeigten neben zwei persistierenden Läsionen drei Rezidive und zwei Läsionen der Beugefalte.

3.4.3 Zusätzliches Follow-up

Dazu zählten Untersuchungen, welche vor dem Sechsmonats-Follow-up stattfanden oder ergänzend zu der halbjährlichen bzw. jährlichen Kontrolle. Sie erfolgten bei 72 Patienten und 144 Zehen in mittleren Zeiträumen von 62 bis 278 Tagen postoperativ. Die Ergebnisse ähneln denen des bedeutenderen Einjahres Follow-up und werden daher im Folgenden nur kurz beschrieben.

Operationen bei offenen Wunden wiesen mit 16,3 % pathologischen Befunden ein schlechteres Outcome auf, während die prophylaktisch tenotomierten Zehen zu 92,7 % in Ordnung waren und sich lediglich einmal Schmerzen und ein Hämatom fanden. Betrachtet man die Wagner-Grade, so fällt ein mit größerer Wundtiefe zunehmend schlechteres Outcome auf. So fanden sich bei Wagner 3 zu 29,4 %, Wagner 1-2 zu 14,3 % und Wagner 0 zu 7,9 % auffällige Befunde.

Ohne Durchblutungsstörung kam es in 7,5 % der Tenotomien zu einer Problematik; und mit einer pAVK in 30,8 %. Hier war die Analyse an R4 statistisch auffällig ($p=0,032$). Nach einer Nagelkranzresektion fanden sich zu 28 % Probleme. Je eine Amputation und eine Resektion des Grundgliedköpfchens mussten durchgeführt werden. Letztere Zehe heilte nach der Resektion ab und wies bei der Jahreskontrolle keinen Befund mehr auf, während die amputierte Zehe zu den Drop-Outs gezählt wurde. An Zehen ohne Nagelkranzresektion kamen zu 11,1 % auffällige Befunde vor.

Im Hinblick auf das Geschlecht hatten die Männer das schlechtere Outcome. Patienten der Gruppe unter 65 Jahre zeigten weniger (12,3 %) pathologische Befunde als die älteren (15 %).

3.5 Rezidive

Während des postoperativen Beobachtungszeitraumes traten bei einigen Patienten nach Abheilung der Wunde ein- oder mehrmals Lokalrezidive auf. Darunter fielen auch erneute Beschwerden einiger prophylaktisch operierter Patienten. In dieser Studie wurden die ersten beiden Rezidive dokumentiert und ausgewertet. Rezidivfrei im gesamten Beobachtungszeitraum waren 88 Patienten (63,8 %) mit 233 Zehen (80,1 %), (Abbildung 32). Ausgeschieden waren drei Patienten (2,2 %) mit 4 Zehen (1,4 %), da drei Wunden noch nicht abgeheilt waren bzw. die Amputation einer Zehe aufgrund schwerer pAVK mit Zehennekrose erfolgte. Dieser Patient litt zum Operationszeitraum

nicht unter einer klinisch relevanten pAVK, sein Gefäßstatus verschlechterte sich im späteren Verlauf. Sechs Patienten (4,3 %) mit 7 Zehen (2,4 %) waren lost to Follow-up und der weitere Verlauf nicht bekannt.

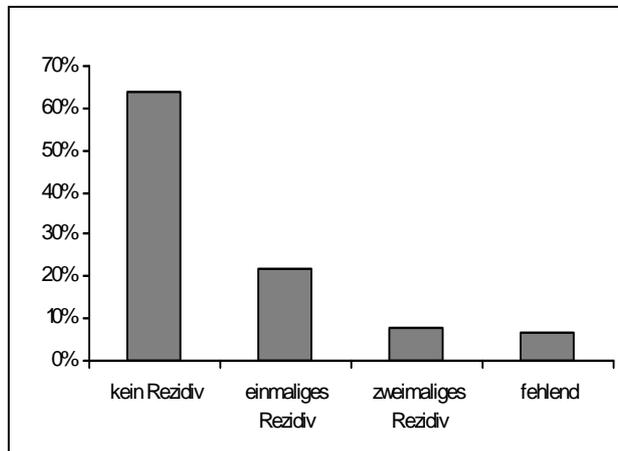


Abbildung 32: Häufigkeit der Patienten ohne und mit Rezidiven im gesamten Untersuchungszeitraum

3.5.1 Rezidive innerhalb eines Jahres

Im ersten Jahr nach der Tenotomie litten 35 Patienten (25,4 %) unter einem Rezidiv, 94 Patienten (68,1 %) waren rezidivfrei (Abbildung 33). Drei Fälle (2,2 %) schieden aus oben genannten Gründen aus. In sechs Fällen waren keine Daten über das mögliche Auftreten eines Rezidivs vorhanden (4,3 %).

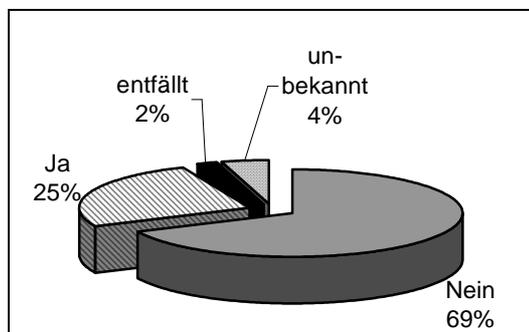


Abbildung 33: Auftreten eines Rezidives innerhalb des ersten Jahres nach der Operation

3.5.2 Erstes Rezidiv

Mindestens ein Rezidiv trat bei 41 Patienten (29,7 %) an 47 Zehen (16,2 %) auf, darunter waren 30 Patienten (21,7 %) ohne Wiederholungsrezidiv. Am häufigsten betroffen waren die Großzehen (rechts 22,9 %, links 18,8 %), gefolgt von den zweiten Zehen (rechts 14,6 %, links 10,4 %). An den Kleinzehen traten Rezidive seltener auf (je 2,1 %). Die Rezidive an der Großzehe zeigten sich vermehrt bei Wunden der plantaren (66,7 % der Großzehirrezidive) und medioplantaren Region (57,1 %), und seltener in der apikalen (33,3 %) und medial apikalen (28,6 %) Region. Patienten, welche je Operationssitzung nur an einer Zehe operiert wurden, litten zu 19,7 % unter einem ersten Rezidiv, nach Tenotomie zweier Zehen gleichzeitig zu 11,1 %, mit drei Zehen zu 33,3 % und vier Zehen zu 20 %.

Diese Unterschiede sind statistisch jedoch nicht auffällig. Klinisch stellten sich die Rezidive meist als einfache Läsion bzw. als Schwielenhämatom dar. Die Ursache war in einigen Fällen als Überlastung oder unpassendes Schuhwerk bekannt (Tabelle 18).

Tabelle 18 a) u. b): Überblick über Zustand und Ursachen des ersten Rezidivs

a) Zustand des Rezidivs	Anzahl	Häufigkeit
Läsion	16	34,0 %
Schwielen (-hämatom)	8	17,0 %
Blase	2	4,3 %
Hämatom	2	4,3 %
Narbenkorrektur	3	6,4 %
ptb+	1	2,1 %
Vorfußphlegmone	1	2,1 %
Nekrose	2	4,3 %
Knochensequester	1	2,1 %
Schmerzen	2	4,3 %
n nb.	8	17,0 %
Nagelkranzinfekt	1	2,1 %
Gesamt	47	100,0 %

b) Ursache	Anzahl	Prozent
Anprall	2	4,3 %
Überlastung	5	10,6 %
unpassende Schuhe	4	8,5 %
falsche Pflege	2	4,3 %
n nb.	34	72,3 %
Gesamt	47	100,0 %

Die meisten Rezidive konnten konservativ behandelt werden (Tabelle 19). Alle heilten nach der jeweiligen Behandlung zunächst ab.

Tabelle 19: Behandlung der Erstrezidive

Behandlung	Anzahl	Häufigkeit
konservativ	33	70,2 %
Schuhkorrektur	1	2,1 %
operativ nnb.	2	4,3 %
Nagelkranzresektion	1	2,1 %
Narbenkorrektur	3	6,4 %
Resektion Grundgliedköpfchen	1	2,1 %
Grundgliedresektion	1	2,1 %
FHS Tenotomie	1	2,1 %
Sequestrotomie	1	2,1 %
stationär	1	2,1 %
nnb.	2	4,3 %
Gesamt	47	100,0 %

3.5.2.1 Zeit bis zum Auftreten des ersten Rezidivs

Die ersten Rezidive traten im Mittel zwischen 3 und 33 Monaten auf. 6 Monate postoperativ waren mindestens 72 % der Patienten noch frei von Rezidiven, nach 12 Monaten noch mindestens 65 % (Tabelle 20, Tabelle 21).

Tabelle 20: Zeit bis zum Auftreten des ersten Rezidivs (Monate)

Zehe	Anzahl	Mittelwert	SD	Min.	Max.	Perzentile		
						25.	50. Median	75.
R1	11	9,77	11,67	0,89	38,87	1,18	5,52	18,73
R2	7	5,40	3,64	1,31	11,93	2,30	5,26	7,43
R3	4	6,25	9,60	0,72	20,57	0,74	1,86	16,16
R4	4	10,94	16,16	1,77	35,15	2,16	3,42	27,24
R5	1	32,92	-	32,92	32,92	-	-	-
L1	9	6,51	5,23	0,66	16,95	1,26	5,98	9,53
L2	5	5,97	2,34	2,33	7,75	3,61	7,33	7,66
L3	2	3,43	3,60	0,89	5,98	0,67	3,43	4,48
L4	4	5,71	3,57	0,36	7,75	2,06	7,36	7,70
L5	1	20,96	-	20,96	20,96	-	-	-

Tabelle 21: Rezidivfreiheit nach Intervall

Zehe	Wahrscheinliche Rezidivfreiheit nach			
	3 Monaten	6 Monaten	9 Monaten	12 Monaten
R1	76 %	72 %	67 %	67 %
R2	91 %	86 %	83 %	83 %
R3	93 %	93 %	93 %	93 %
R4	89 %	89 %	89 %	89 %
R5	100 %	100 %	100 %	100 %
L1	79 %	74 %	65 %	65 %
L2	95 %	88 %	88 %	88 %
L3	94 %	94 %	94 %	94 %
L4	96 %	82 %	82 %	82 %
L5	100 %	100 %	100 %	100 %

3.5.3 Zweites Rezidiv

Elf Patienten (8 %) litten im Beobachtungszeitraum unter einem zweiten Rezidiv an 11 Zehen (3,8 %), darunter sechs Männer und fünf Frauen. Die Zahl der Patienten ohne verwertbare Daten entspricht der des Erstrezidivs (s. o.). Betrachtet man die Anzahl der gleichzeitig operierten Zehen, traten nach Tenotomie von 1, 2 oder 3 Zehen in je 5 % der Fälle Zweitrezidive auf und nach Operation von 4 Zehen gar nicht.

Zweitrezidive kamen siebenmal an Großzehen und viermal an Langzehen vor. Sie traten an den Großzehen im Mittel 5,2 Monate nach dem Erstrezidiv und an den Langzehen im Mittel 8,5 Monate danach auf. Dieser Unterschied war statistisch jedoch nicht auffällig. Der Zustand wurde meist als normale Läsion (45,5 %) beschrieben (Tabelle 22).

Tabelle 22: Zustand der Zweitrezidive

Zweitrezidiv Zustand	Anzahl	Prozent
Läsion	5	45,45 %
Perforation	1	9,09 %
Nekrose	2	18,18 %
Schwielenhämatom	2	18,18 %
Fistel	1	9,09 %
Gesamt	11	100 %

Sieben Zweitrezidive (63,6 %) konnten konservativ behandelt werden und ein Patient erhielt zusätzlich zur konservativen Behandlung eine Tenotomie der Nachbarzehen. Eine Fistel wurde exzidiert und eine Zehe mit Nekrosen konnte mittels Nekrosektomie

erfolgreich zur Abheilung gebracht werden. Bei einem Patienten mit Wundstadium Wagner 3D, welcher zum Zeitpunkt der Tenotomie von einer klinisch nicht relevanten pAVK betroffen war, entwickelte sich im Verlauf eine gravierende Verschlechterung des Gefäßstatus sowie eine Osteitis. Dies führte zur Amputation der Zehe.

An den Großzehen zeigten sich am häufigsten Zweitrezidive nach ursprünglichen Wunden im medioplantaren Bereich (46,2 %, n=6). An der Zehe R1 war diese Verteilung statistisch auffällig (p=0,009). Einmalige Rezidive waren seltener vertreten (n=2). Ein Rezidiv trat nach einer ehemaligen Läsion im Plantarbereich (20 %) auf. Die anderen Wundregionen der Großzehen waren nicht betroffen.

3.5.4 Auftreten der Rezidive in Hinblick auf Risikofaktoren

3.5.4.1 Auftreten von Rezidiven bei Operationsindikation einer offenen Läsion im Vergleich zu prophylaktischen Tenotomien

Grundlage dieser Untersuchung waren erneut aufgetretene Beschwerden nach prophylaktischen Tenotomien sowie wieder aufgetretene Läsionen im Gebiet der ehemaligen Wunde. War die Operationsindikation einer offenen Wunde gegeben, kam es postoperativ häufiger zu Erstrezidiven als nach Tenotomien ohne begleitende Wunde (19,6 % vs. 6,1 % Rezidive). Differenziert man letztere mittels der Wundheilungsstadien 0 bzw. 4 in primär- und sekundärprophylaktische Operationen, zeigten sich Rezidive nach primärprophylaktischen Operationen etwas häufiger (8,7 %) als nach sekundärprophylaktischen Tenotomien (4,5 %). Statistisch auffällig waren diese Unterschiede jedoch nicht. Tenotomien an Füßen mit offenen Wunden zeigten postoperativ in acht von zehn Untersuchungsgängen ein rascheres Eintreten von Erstrezidiven als nach prophylaktischen Operationen, jedoch ohne statistische Auffälligkeit.

Zweitrezidive fanden sich bei zehn Patienten mit bestehender Läsion am Operationstag (90,9 % der Patienten mit Zweitrezidiv) und bei einem Patienten nach sekundärprophylaktischer Tenotomie (9,1 %). Auf die Gesamtheit der Patienten bezogen ist dies statistisch jedoch nicht auffällig.

3.5.4.2 Rezidive in Abhängigkeit vom Wagner-Grad

Als Rezidive werden hier erneut aufgetretene Beschwerden an prophylaktisch operier-

ten Zehen sowie erneute Läsionen im Gebiet der postoperativ abgeheilten Wunde bezeichnet. Zehen mit präoperativ höherem Wagner-Grad neigten häufiger zu wieder auftretenden Läsionen als Zehen mit niedrigerem Wagner-Grad (Tabelle 23). Ebenso erhöhte sich die Zahl der ausgeschiedenen mit höherem Wagner-Grad. Statistisch auffällig war an R4 eine Rezidivhäufigkeit von 50 % mit Wagner 3 gegenüber 10 % an Wagner 0 und 0 % an Wagner 1 u. 2 ($p=0,033$, Abbildung 34). Ein Fall schied aus der Untersuchung wegen Amputation der Zehe in Folge einer im postoperativem Verlauf entstandenen pAVK aus.

Tabelle 23: Auftreten von Rezidiven je nach Wagner-Grad, Überblick

Wagner	Zehen	Erstrezidiv				Gesamt
		nein	ja	entfällt	unbekannt	
0	Anzahl	59	4	0	0	63
	%	93,7 %	6,3 %	0,0 %	0,0 %	100 %
1	Anzahl	98	20	0	5	123
	%	79,7 %	16,3 %	0,0 %	4,1 %	100 %
2	Anzahl	50	17	1	1	69
	%	72,5 %	24,6 %	1,4 %	1,4 %	100 %
3	Anzahl	26	6	3	1	36
	%	72,2 %	16,7 %	8,3 %	2,8 %	100 %
Gesamt	Anzahl	233	47	4	7	291

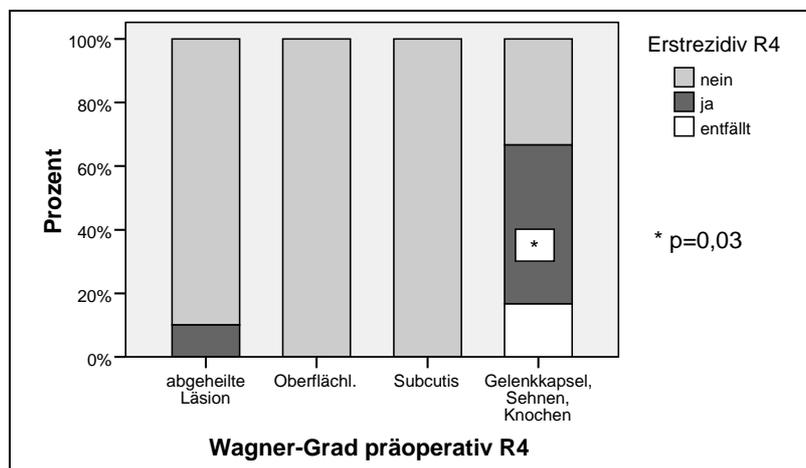


Abbildung 34: Erhöhte Rezidivwahrscheinlichkeit bei Wagner 3, Häufigkeit in Prozent

Gruppierte man anhand des Wagner-Grades in RisikofüÙe ohne Läsion sowie Wunden ohne und mit Knochenbeteiligung, war das häufigere Auftreten von Rezidiven bei Wunden mit Knochenbeteiligung sogar auf dem Niveau 0,01 signifikant. Auch der rezidiv-

reie Zeitraum war bei diesen Wunden kürzer. Drei Monate postoperativ zeigten sich 100 % der an R4 operierten Patienten mit Wagner 0-2 rezidivfrei, dagegen nur 50 % der Patienten mit Wagner 3. Dieser Unterschied war statistisch auffällig ($p=0,003$). Zweitrezidive waren nach ursprünglich tieferen Wunden mit 10 % etwas häufiger vertreten (Tabelle 24).

Tabelle 24: Häufigkeit der Zweitrezidive bei entsprechendem Wagner

Wagner	Zehe	Auftreten von Zweitrezidiven				Gesamt
		nein	ja	entfällt	unbekannt	
0	Anzahl	62	1	0	0	63
	%	98,4 %	1,6 %	0 %	0 %	100 %
1	Anzahl	115	3	0	5	123
	%	93,5 %	2,4 %	0 %	4,1 %	100 %
2	Anzahl	60	7	1	1	69
	%	87,0 %	10,1 %	1,4 %	1,4 %	100 %
3	Anzahl	32	0	3	1	36
	%	88,9 %	0 %	8,3 %	2,8 %	100 %
Gesamt	Anzahl	269	11	4	7	291

3.5.4.3 Rezidive in Abhängigkeit vom Armstrong-Stadium

Waren die Wunden präoperativ infiziert, definiert durch Armstrong-Stadium B/D, traten häufiger Rezidive auf als ohne Infektion (Tabelle 25). Außerdem war die Zahl der Ausgeschiedenen im Armstrong-Stadium D am größten.

Tabelle 25: Häufigeres Auftreten von Rezidiven bei präoperativ infizierten Wunden

Armstrong-Stadium	Zehen	Erstrezidiv R4				Gesamt
		nein	ja	entfällt	unbekannt	
A	Anzahl	167	27	0	5	199
	%	83,9 %	13,6 %	0,0 %	2,5 %	100 %
B	Anzahl	14	6	0	1	21
	%	66,7 %	28,6 %	0,0 %	4,8 %	100 %
C	Anzahl	44	10	1	1	56
	%	78,6 %	17,9 %	1,8 %	1,8 %	100 %
D	Anzahl	8	4	3	0	15
	%	53,3 %	26,7 %	20,0 %	0,0 %	100 %
Gesamt	Anzahl	233	47	4	7	291

Eine deutlich höhere Rezidivwahrscheinlichkeit von 100 % im Stadium B gegenüber A fand sich bei Zehe R3 ($p<0,001$, Abbildung 35). Auch im Vergleich zum Stadium C war

die Wahrscheinlichkeit auf 12,5 % erhöht ($p=0,007$).

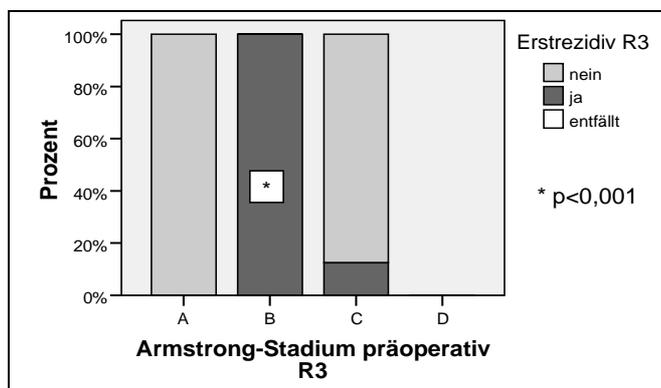


Abbildung 35: Erhöhte Rezidivwahrscheinlichkeit bei Zehe R3 im präoperativen Armstrong-Stadium B

Untersuchungen an R4 zeigten im Stadium C und D mit 66,7 % und 50 % Rezidiven eine höhere Wiedererkrankungsrate ($p=0,001$) als im Stadium A, im welchem es keine Rezidive gab.

Im Hinblick auf den rezidivfreien Zeitraum war an sechs von sieben auswertbaren Untersuchungen ein rascheres Eintreten des Erstrezidives bei Vorliegen einer Infektion zu erkennen, darunter viermal im Vergleich von Armstrong-Stadium B gegen A und zweimal im Vergleich von D gegen C. So waren an L2 drei Monate postoperativ noch 100 % der Patienten mit Armstrong A und nur 67 % mit Armstrong B rezidivfrei, genauso 100 % mit Armstrong C gegen 71 % mit Armstrong D (Abbildung 36). Eine Untersuchung zeigte ein späteres Auftreten von Rezidiven bei Infektion. Statistisch auffällig waren diese Ergebnisse nicht.

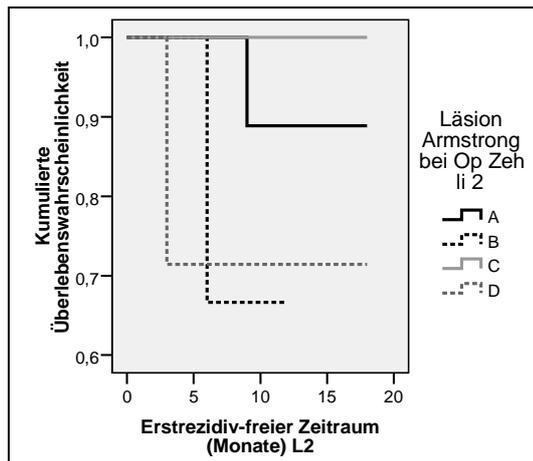


Abbildung 36: Rascheres Eintreten von Rezidiven bei präoperativer Infektion (Armstrong B bzw. D)

Ein auffallend verkürzter Zeitraum zwischen erstem und zweitem Rezidiv ließ sich bei ursprünglichem Vorliegen einer Infektion im Vergleich zu infektfreien Wunden feststellen. So betrug die Zeit vom ersten bis zum zweiten Rezidiv im Armstrong-Stadium A 7,5 Monate und im Stadium C 2,1 Monate ($p=0,039$).

3.5.4.4 Rezidive im Hinblick auf eine pAVK

Auch in diese Untersuchung flossen ausschließlich Patienten mit einer geringfügigen pAVK ein, der Durchblutungsindex lag über 0,8 ohne klinische Relevanz. Eventuell erforderliche Revaskularisierungsmaßnahmen waren bereits präoperativ erfolgt.

Lag eine pAVK vor, war die Rezidivrate erhöht (19,7 % vs. 15 % ohne Durchblutungsstörung, Tabelle 26). Ein auffälliger Zusammenhang zwischen einer pAVK und dem vermehrten Auftreten von Rezidiven fand sich an Zehe R4 (57 % vs. 0 %, $p<0,001$, Abbildung 37).

Auch der rezidivfreie Zeitraum fiel an R4 mit begleitender Durchblutungsstörung auffallend kürzer aus. So waren drei Monate postoperativ noch 100 % der Patienten ohne pAVK rezidivfrei und 57 % der Patienten mit pAVK ($p=0,002$, Abbildung 38). Die anderen Untersuchungsgänge zeigten mit begleitender pAVK an je vier Zehen längere bzw. kürzere rezidivfreie Zeiten, jedoch ohne statistische Auffälligkeit.

Tabelle 26: Rezidive und Durchblutungsstörungen

Ischämie	Zehen	Erstrezidiv				Gesamt
		nein	ja	entfällt	unbekannt	
keine pAVK	Anzahl	181	33	0	6	220
	%	82,3 %	15,0 %	0,0 %	2,7 %	100 %
mit pAVK	Anzahl	52	14	4	1	71
	%	73,2 %	19,7 %	5,6 %	1,4 %	100 %
Gesamt	Anzahl	233	47	4	7	291

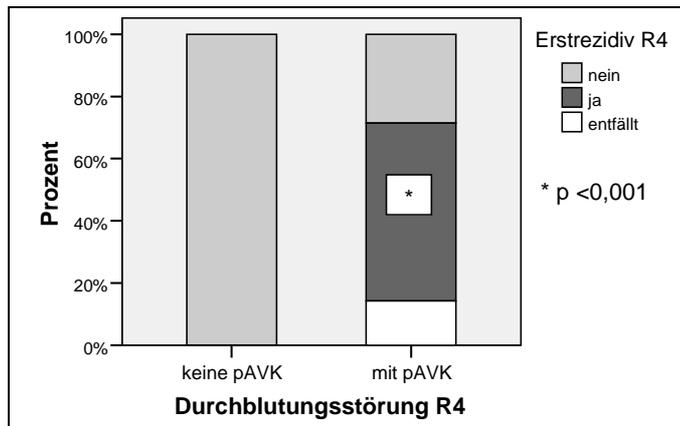


Abbildung 37: Höhere Rezidivrate bei Vorliegen einer pAVK

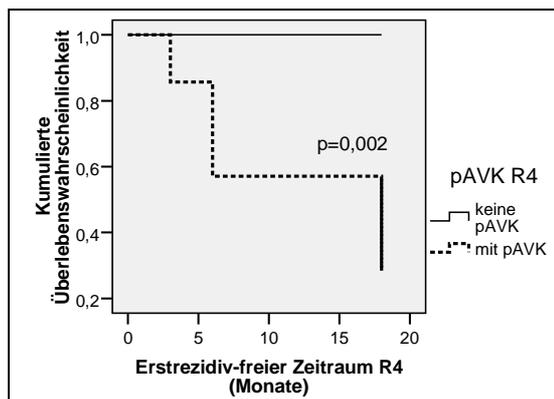


Abbildung 38: Eine pAVK führt zu rascherem Wiederauftreten von Läsionen.

Der Zeitraum zwischen dem ersten und einem zweiten Rezidiv betrug bei Patienten mit pAVK im Mittel 2,3 Monate und bei Patienten ohne pAVK im Mittel 7,5 Monate. Dieser Unterschied war statistisch auffällig ($p=0,022$).

3.5.4.5 Einfluss der Wunddauer vor der Operation auf das Auftreten von Rezidiven

Im Hinblick auf die Häufigkeit späterer Rezidive ließ sich kein Zusammenhang mit der Wunddauer vor der Operation feststellen. Jedoch zeigt sich an L2 eine auffallende mittlere Korrelation ($r=0,495$) zwischen kurzer Wunddauer und rascherem Wiederauftreten der Beschwerden (Abbildung 39).

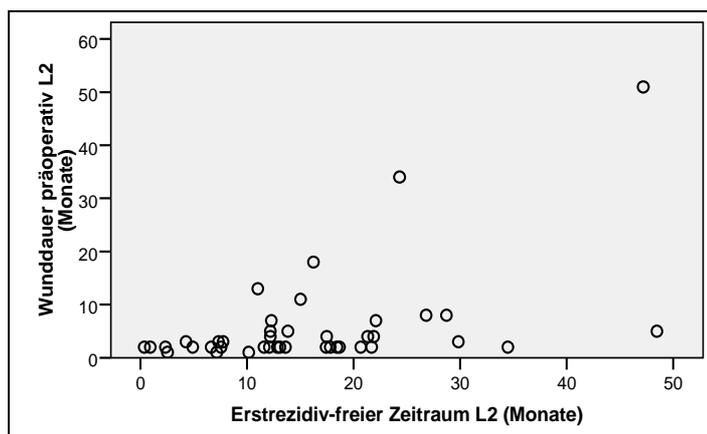


Abbildung 39: Korrelation zwischen Wunddauer vor der Operation und dem rezidivfreien Zeitraum

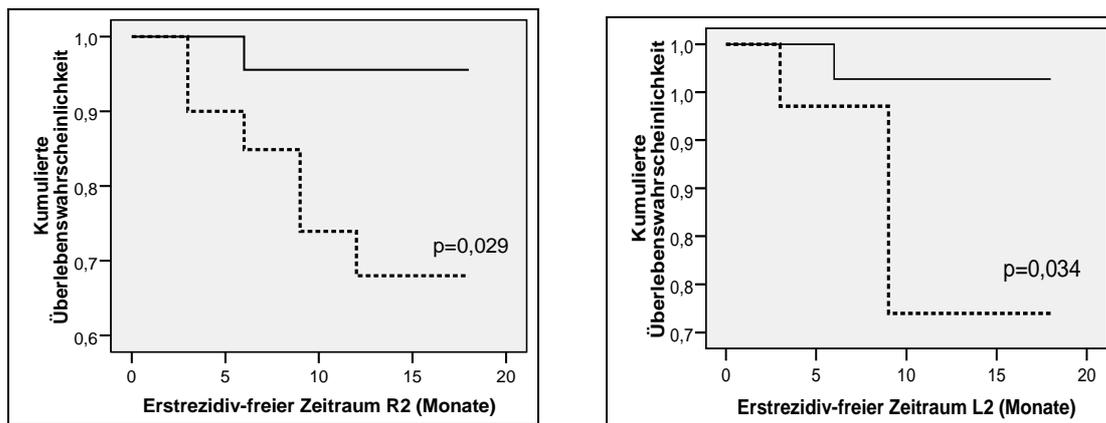
3.5.4.6 Rezidive nach begleitender Nagelkranzresektion

Nagelkranzresektionen erfolgten insgesamt bei sechzehn Patienten an 17 Zehen mit Wagner-Grad 3. Nach dieser Maßnahme litten sechs Patienten (37,5 %) nach Operation an sechs Zehen (35%) unter Rezidiven, welche im Mittel nach 12 Monaten auftraten. Zehn Patienten (62,5 %) waren nach Tenotomie von 11 Zehen (65%) rezidivfrei. Die Ergebnisse waren statistisch nicht auffällig.

Bei neun Patienten mit Wagner 3 wurde auf eine Nagelkranzresektion verzichtet und in keinem Fall waren Rezidive vorhanden. Kein Patient litt nach einer Nagelkranzresektion unter einem Zweitrezidiv.

3.5.4.7 Geschlecht

Von Erstrezidiven betroffen waren 19,2 % der Frauen und 15,0 % der Männer. Die Rezidive traten an vier der zehn Zehen bei Männern etwas rascher auf als bei den Frauen. An einer Zehe war die rezidivfreie Zeit gleich verteilt. Dreimal litten Frauen früher unter einem Rezidiv. An den Dig2 waren diese Unterschiede signifikant (R2: $p=0,029$, L2: $p=0,034$, Abbildung 40).



a)

b)

Abbildung 40 a), b): Früheres Auftreten von Rezidiven bei Frauen, ----weiblich, — männlich

3.5.4.8 Alter

In der Altersklasse bis einschließlich 65 Jahre traten 19,6 % der Rezidive auf und in der Altersklasse über 65 Jahre 13,3 %. Statistisch auffällig sind diese Unterschiede nicht. Bei den jüngeren Patienten kam es in vier Untersuchungsgängen zu früherem Auftreten von Rezidiven als bei älteren, dazu lieferte L1 signifikante Ergebnisse (Mittelwerte Schätzer 16,3 bzw. 25,2 Monate, $p=0,033$). In zwei Untersuchungsgängen war die Zeit gleich. Vier untersuchte Zehen zeigten im Gegensatz zum vorigen Ergebnis eine längere rezidivfreie Zeit der jüngeren Patienten, darunter war R4 statistisch auffallend. (Jüngere Patienten MW 35,2 Monate vs. ältere Patienten MW 22,3 Monate, $p=0,043$). Auch die Zweitrezidive waren bei den jüngeren Patienten etwas häufiger präsent (4,7 %) als bei Patienten über 65 Jahren (2,8 %).

3.6 Läsion weiterer Zehen und Orte

Hier wurde analysiert, ob und unter welchen Bedingungen nach der Tenotomie einer Zehe an den anderen, nicht tenotomierten Zehen des Fußes oder weiteren Fußregionen Läsionen aufgetreten sind. Während der Nachbeobachtung zeigten sich sowohl Füße ohne weitere Läsionen der Nachbarzehen als auch Füße, an denen ein bis drei Nachbarzehen gleichzeitig oder nacheinander von Wunden betroffen waren. Diese Folgeläsionen wurden chronologisch aufgezeichnet, um die ersten drei aufeinanderfolgenden Läsionen zu analysieren.

3.6.1 Erste Folgeläsion

3.6.1.1 Häufigkeit der Folgeläsionen und Orte der neu aufgetretenen Wunden

Eine erstmals auftretende Folgeläsion der Nachbarzehen ließ sich bei 59 Patienten (42,8 %) und nach Operation an 115 Zehen (39,5 %) finden. 76 Patienten (55,1 %) mit 169 Zehen (58,1 %) waren im Beobachtungszeitraum frei von weiteren Läsionen. Drei Patienten (2,2 %) mit 7 Zehen (2,4 %) waren lost to Follow-up (Abbildung 41).

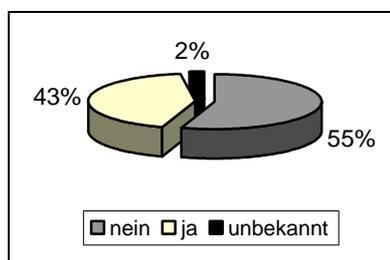


Abbildung 41: Vorkommen einer ersten Folgeläsion im Patientenkollektiv

Diese erste Folgeläsion entstand an ein bis drei Zehen des operierten Fußes, wobei in 54 % dieser Fälle nur eine Zehe betroffen war und in absteigender Häufigkeit zwei oder drei Zehen (Tabelle 28). Sie traten an der ersten bis vierten Zehe etwa gleich häufig auf (>20 %) und am fünften mit 12 % etwas seltener (Tabelle 29, Tabelle 27 im Anhang). Die erste Folgeläsion kam meist nach Operation der zweiten und dritte Zehe vor (13,8-16,4 %) und selten nach einer Tenotomie an Dig 5 (1,7 %, 2,6 %, Tabelle 30). Wurden in einer Operationssitzung drei Zehen gleichzeitig operiert, betrug das Folgeläsionsrisiko 20 %, bei einem, zwei oder vier Zehen 39-45 %.

Unter einer plantaren Läsion litten vier Patienten nach Operation an 8 Zehen. Zwei Patienten waren bereits präoperativ von einer plantaren Fußwunde betroffen. Die anderen erstmals beschriebenen neuen plantaren Läsionen sind zweimal nach Tenotomie an Dig 1 und je einmal nach Operation an Dig 3 bzw. 4 aufgetreten.

Tabelle 28: Folgeläsionen entstanden bei den betroffenen Patienten an 1-3 Zehen des operierten Fußes sowie im plantaren Bereich.

Anzahl betroffener Zehen	Nennungen	Prozent
1	37	54
2	14	21
3	11	16
Plantar	4	6
nnb.	2	3
Gesamt	68	100

Tabelle 29: Verteilung der ersten Folgeläsion auf die betroffenen Zehen, Mehrfachantworten möglich

Zehe	Vorkommen	Häufigkeit
Dig1	18	21 %
Dig2	19	22 %
Dig3	18	21 %
Dig4	21	24 %
Dig5	10	12 %
Gesamt	86	100

Tabelle 30: Häufigkeit weiterer Läsionen nach Tenotomie

Operierte Zehe	Anzahl	Häufigkeit
R1	8	6,9 %
R2	17	14,7 %
R3	17	14,7 %
R4	8	6,9 %
R5	3	2,6 %
L1	13	11,2 %
L2	19	16,4 %
L3	16	13,8 %
L4	12	10,3 %
L5	2	1,7 %
Gesamt	115	100 %

Nach einer Tenotomie der Großzehen waren vorwiegend die zweiten Zehen (Dig 2) (15 %) von einer Folgeläsion betroffen und Dig 5 (5 %) am wenigsten (Tabelle 31). Im Anschluss einer Operation der Zehen 2 bis 5 kam es am häufigsten zu Folgeläsionen an der Großzehe (14 %), die Langzehen waren gleichermaßen seltener vertreten (5-7 %, Tabelle 32).

Tabelle 31: Orte der ersten Folgeläsionen nach Tenotomie an den Großzehen, Mehrfachantworten möglich

Ort der Folgeläsion	Anzahl	Häufigkeit
keine Läsion	30	50 %
Dig2	9	15 %
Dig3	7	12 %
Dig4	6	10 %
Dig5	3	5 %
Plantar	3	5 %
nnb	1	2 %
unbekannt	1	2 %
Gesamt	60	100,00 %

Tabelle 32: Auswirkung der Tenotomie an Langzehen auf Großzehen

Ort der Folgeläsion	Anzahl	Häufigkeit
keine Läsion	139	56 %
Dig1	36	14 %
Dig2	12	5 %
Dig3	16	6 %
Dig4	18	7 %
Dig5	17	7 %
Plantar	4	2 %
nnb	1	0 %
unbekannt	6	2 %
Gesamt	249	100 %

3.6.1.2 Arten der Folgeläsion

Als Folgeläsion waren nach 44 Tenotomien meist Wunden gemischter Art (38,3 %) an den Nachbarzehen zu finden. Darunter fallen z. B. Hämatome, Schwielen, Nekrosen und nicht näher definierte Wunden. Sie waren unter anderem subungual, plantar und interdigital lokalisiert. Nach 34 Operationen (29,6 %) der Zehen R3, L3 und L1 kam es zu Läsionen an anderen Zehen des Fußes, welche keinen ursächlichen Bezug zur Tenotomie hatten. Die Tenotomie von 29 Zehen führte zu den typischen Transferläsionen (25,2 %), deren Ursache vermutlich eine Tenotomiebedingte Belastungsverlagerung auf die Nachbarzehe ist. Diese waren am häufigsten nach Operation an Dig R2, L2 und R3 zu finden und werden im Kapitel 3.7 nochmal isoliert betrachtet.

Nach sieben Operationen kam es zu plantaren Läsionen (6,1 %) und eine Läsion (0,9 %) war nicht näher beschrieben (Tabelle 33 im Anhang).

3.6.2 Mehrfachläsionen

Im Beobachtungszeitraum zeigten sich bei einigen Patienten wiederholt Läsionen am operierten Fuß, wir bezeichneten dies als Mehrfachläsion. Hier dargestellt sind die Untersuchungen zur zweiten und dritten Folgeläsion.

3.6.2.1 Zweite Läsion

Unter einer zweiten Folgeläsion litten 31 Patienten (22 %) nach Op an 57 Zehen (20 %). 104 Patienten (76 %) nach Tenotomie an 230 Zehen (79 %) waren im Beobachtungszeitraum frei davon. Drei Patienten (2 %) nach Operation an 4 Zehen (1 %) waren lost to Follow-up (Abbildung 42).

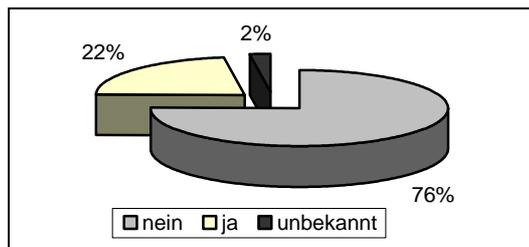


Abbildung 42: Vorkommen einer zweiten Folgeläsion im Patientenkollektiv

Meist kam die zweite Folgeläsion nach einer Operation an R2 (19,6 %) und L3 (17,9 %) vor und selten nach einer Tenotomie an den Kleinzehen (R5: 1,8 %, L5: 3,6 %, Tabelle 34). Nach gleichzeitiger Tenotomie von einer Zeh trat sie zu 24% auf, von zwei Zehen zu 17 %, von drei Zehen zu 7 % und vier Zehen zu 20 %. Die Großzehen waren mit 24,3 % am ehesten von einer zweiten Folgeläsion betroffen, gefolgt von den vierten Zehen mit 21,4 % (Tabelle 35). Unter einer plantaren Läsion litten sieben Patienten nach Operation an 13 Zehen. Von diesen hatten zwei zum Operationszeitpunkt oder in der Vorgeschichte bereits eine plantare Läsion gehabt. Bei weiteren zwei Patienten war die plantare Wunde schon einmal als erste Folgeläsion aufgetreten. Drei Patienten zeigten erstmals eine plantare Läsion als Zweitläsion.

Tabelle 34: Häufigkeit der zweiten Folgeläsion nach Tenotomie der verschiedenen Zehen

Operierte Zehe	Anzahl	Häufigkeit
R1	4	7,1 %
R2	11	19,6 %
R3	6	10,7 %
R4	5	8,9 %
R5	1	1,8 %
L1	5	8,9 %
L2	8	14,3 %
L3	10	17,9 %
L4	4	7,1 %
L5	2	3,6 %
Gesamt	56	100,0 %

Tabelle 35: Läsionsorte der zweiten Folgeläsion, Mehrfachantworten möglich

Läsionsorte	Anzahl	Häufigkeit
Dig1	17	24,3 %
Dig2	8	11,4 %
Dig3	7	10,0 %
Dig4	15	21,4 %
Dig5	6	8,6 %
Plantar	13	18,6 %
nnb.	2	2,9 %
unbekannt	2	2,9 %
Gesamt	70	100,0 %

3.6.2.2 Dritte Folgeläsion

Innerhalb des Beobachtungszeitraumes waren 12 Patienten (8,7 %) an 17 Zehen (5,8 %) von einer dritten Läsion am operierten Fuß betroffen. Bei 125 Patienten (90,6 %) mit 260 Zehen (89,3 %) trat keine Drittläsion auf. Von 11 Patienten (8,0 %) mit 14 Zehen (4,8 %) waren keine Angaben vorhanden. Meist kamen Drittläsionen nach Tenotomie der dritten Zehe vor (Tabelle 36). Patienten mit Simultanoperation an drei oder vier Zehen zeigten keine Drittläsionen, Patienten mit Tenotomie an einer Zehe zu 10 % und an zweien zu 8 %.

Tabelle 36: Auftreten von Drittläsionen meist nach Tenotomie an L1 und L3.

Operierte Zehe	Anzahl	Prozent
R1	0	0 %
R2	2	11,8 %
R3	2	11,8 %
R4	1	5,9 %
R5	0	0 %
L1	4	23,5 %
L2	2	11,8 %
L3	4	23,5 %
L4	1	5,9 %
L5	1	5,9 %
Gesamt	17	100,0 %

Läsionsorte waren neunmal die Kuppen der Nachbarzehen (52,9 %) und achtmal die plantare Region (47,1 %). Davon waren sieben plantare Läsionen bereits in der Vorgeschichte der Patienten bekannt und eine gänzlich neu aufgetreten.

3.6.3 Zeit bis zum Auftreten der ersten Folgeläsion

Erste Wunden an den Nachbarzehen traten im Mittel zwischen 2,1 und 9,9 Monaten nach der Tenotomie auf (Tabelle 37). In den ersten sechs Monaten postoperativ waren je nach operierter Zehe mindestens 55-80 % der Patienten noch ohne Folgeläsion, nach 12 Monaten noch mindestens 50-75 % (Tabelle 38).

Tabelle 37: Zeit (Monate) bis zum Auftreten der ersten Folgeläsion nach Operation an Zehe R1 bis L5

Operierte Zehe	Anzahl Folgeläsionen	Zeit Mittelwert	SD	Min.	Max.	Perzentile		
						25.	50. Median	75.
R1	8	7,5	7,0	1,2	20,1	1,5	5,3	13,5
R2	17	7,3	5,5	0,0	17,1	2,5	6,1	12,0
R3	18	9,4	9,7	0,5	33,6	1,8	6,3	15,0
R4	8	5,8	7,6	0,0	23,3	1,1	3,6	7,4
R5	3	2,1	0,6	1,4	2,5	1,4	2,3	2,5
L1	13	4,5	5,1	0,4	17,9	0,8	2,9	6,8
L2	19	6,8	7,5	0,3	25,4	1,3	3,8	10,1
L3	16	8,8	7,5	0,5	31,1	4,3	7,6	9,6
L4	12	9,9	9,8	0,4	34,9	2,6	7,4	15,9
L5	2	7,7	2,4	6,0	9,4	4,5	7,7	7,1

Tabelle 38: Wahrscheinlichkeit, nach einem bestimmten Intervall noch ohne erste Läsion der Nachbarzehen zu sein.

Operierte Zehe	Wahrscheinliche Läsionsfreiheit nach			
	3 Monaten	6 Monaten	9 Monaten	12 Monaten
R1	84 %	80 %	76 %	71 %
R2	85 %	77 %	69 %	63 %
R3	78 %	73 %	67 %	63 %
R4	79 %	75 %	75 %	75 %
R5	63 %	63 %	63 %	63 %
L1	59 %	55 %	50 %	50 %
L2	74 %	69 %	64 %	64 %
L3	78 %	69 %	58 %	54 %
L4	79 %	71 %	62 %	54 %
L5	80 %	80 %	60 %	60 %

3.6.4 Zeitlicher Abstand der Mehrfachläsionen

Eine zweite Wunde der Nachbarzehen manifestierte sich im Mittel 1,3 bis 5,6 Monate nach Auftreten der ersten Folgeläsion (Tabelle 39).

Nach Feststellung der zweiten Läsion vergingen im Mittel 2,4 bis 7,1 Monate bis zum Erscheinen einer dritten Läsion (Tabelle 40).

Tabelle 39: Zeitraum zwischen erster und zweiter Folgeläsion in Monaten

Operierte Zehe	Anzahl	Mittelwert	SD	Min-	Max-	Perzentile		
						25.	50. Median	75.
R1	4	4,26	3,34	1,12	8,64	1,41	3,65	7,73
R2	11	4,91	6,06	0,85	21,59	1,74	2,14	6,87
R3	7	4,23	3,54	0,36	10,81	2,07	2,73	6,51
R4	5	4,53	3,70	2,07	10,81	2,10	2,73	7,87
R5	1	2,14	-	2,14	2,14	-	-	-
L1	5	4,65	5,21	0,30	13,14	0,59	3,19	9,45
L2	8	5,05	5,96	0,69	17,45	0,76	2,15	8,81
L3	10	5,95	7,21	0,43	18,43	0,72	1,59	12,07
L4	4	5,31	5,16	0,82	10,12	0,84	5,16	9,95
L5	2	1,31	0,60	0,89	1,74	0,67	1,31	3,66

Tabelle 40: Zeitraum zwischen zweiter und dritter Folgeläsion in Monaten

Operierte Zehe	Anzahl	Mittelwert	SD	Min-	Max-	Perzentile		
						25.	50. Median	75.
R1	0	-	-	-	-	-	-	-
R2	2	2,51	1,97	1,12	3,91	0,84	2,51	2,93
R3	2	4,37	2,93	2,30	6,44	1,72	4,37	4,83
R4	1	6,44	-	6,44	6,44	-	-	-
R5	0	-	-	-	-	-	-	-
L1	4	3,40	3,00	0,72	6,01	0,76	3,43	6,00
L2	2	4,39	2,81	2,40	6,37	1,80	4,39	6,28
L3	4	7,10	0,76	6,41	8,18	6,53	6,90	7,86
L4	1	2,40	-	2,40	2,40	-	-	-
L5	1	2,40	-	2,40	2,40	-	-	-

3.6.5 Auftreten der Folgeläsionen im Hinblick auf verschiedene Faktoren

3.6.5.1 Auswirkung der Operation an offenen Wunden und Risikofüßen auf das Auftreten von weiteren Läsionen

Eine erste Folgeläsion war nach Tenotomien an Füßen mit offenen Wunden in 42,2 % der Operationen zu beobachten und nach prophylaktischen Tenotomien in 31,8 %. Letztere lassen sich als primär- und sekundärprophylaktische Operieren differenzieren mit

26,1 % bzw. 34,1 % Folgeläsionen postoperativ.

Die Zeit bis zur ersten weiteren Läsion war nach Operationen an offenen Wunden in sechs Untersuchungsgängen kürzer als bei prophylaktischen Tenotomien und in fünf Untersuchungsgängen länger, darunter war L4 statistisch auffällig. Hier betrug der Mittelwert Schätzer bei prophylaktischer Tenotomie 8,4 Monate gegen 25,8 Monate bei offenen Wunden ($p=0,012$).

War zum Operationszeitpunkt eine offene Wunde am Fuß vorhanden, kam es nach 20,9 % der Operationen zu einer zweiten Folgeläsion. Prophylaktische Tenotomien zeigten dies zu 13,9 %. Unterteilt in primär- und sekundärprophylaktische Behandlungen waren 13,0 % bzw. 13,6 % Folgeläsionen festzustellen. Die Ergebnisse wiesen keine statistische Besonderheit auf.

In der Analyse der Zeiten zwischen erster und zweiter Läsion ergab sich ein gemischtes Bild. Fünf Untersuchungsgänge zeigten die Tendenz zu einem früheren Läsionsbeginn nach prophylaktischen Operationen, darunter war L4 statistisch auffällig (10,8 vs. 3,1 Monate, $p=0,024$, Abbildung 43). Zwei Untersuchungsgänge wiesen ein früheres Erscheinen von Zweitwunden nach Operationen bei offenen Wunden auf mit statistischer Auffälligkeit in R3 (0,9 vs. 9,8 Monate, $p=0,023$). Drei lieferten aufgrund zu kleiner Fallzahlen keine Ergebnisse.

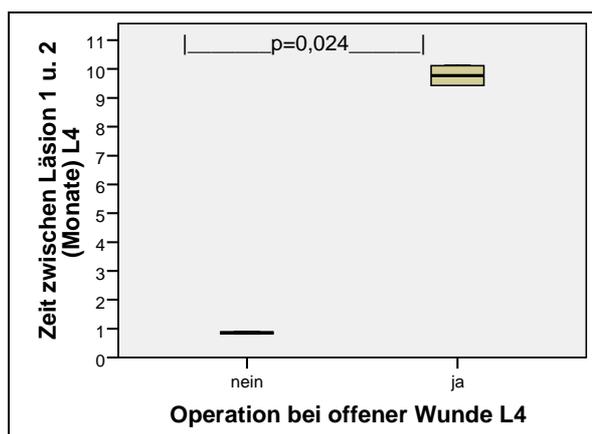


Abbildung 43: Kürzerer Zeitraum zwischen erster und zweiter Folgeläsion bei prophylaktischen Operationen

Im Hinblick auf das Vorkommen dritter Folgeläsionen zeigten prophylaktische Opera-

tionen oder Tenotomien an offenen Wunden nur geringe Unterschiede 5,5 % vs. 7 %.

3.6.5.2 Folgeläsion im Hinblick auf den ursprünglichen Wagner-Grad

Nach 28,6 % der Operationen an Risikozehen mit Wagner 0 kam es zu ersten Läsionen weiterer Zehen. Reichte eine ursprüngliche Wunde nur bis zur Subcutis, zeigten sich weniger Folgeläsionen (40,6 %) an den Nachbarzehen als bei Wunden, die ursprünglich bis zum Knochen ausgedehnt waren (55,6 %; Tabelle 41). Statistisch auffällig waren diese Unterschiede allerdings nicht.

Untersuchungen im Hinblick auf den Zeitraum bis zum Auftreten von Nachbarläsionen lieferten ein gemischtes Bild ohne auffälliges Ergebnis.

Tabelle 41: Erste Folgeläsionen traten mit zunehmender Wundtiefe häufiger auf

Wagner-Grad		Erste Folgeläsion			Gesamt
		nein	ja	unbekannt	
0	Anzahl	42	18	3	63
	%	66,7 %	28,6 %	4,8 %	100 %
1-2	Anzahl	111	77	4	192
	%	57,8 %	40,1 %	2,1 %	100 %
3	Anzahl	16	20	0	36
	%	44,4 %	55,6 %	0,0 %	100 %
Gesamt	Anzahl	169	115	7	291

Mit höherem Wagner-Grad häuften sich die Zweitläsionen. Risikofüße ohne Wunden waren nach 12,7 % der Tenotomien betroffen. Reichten die Wunden bis zur Subcutis, waren 19,3 % Zweitläsionen zu verzeichnen und bei Wunden bis zur Knochenebene 30,6 % (Tabelle 42).

Tabelle 42: Häufigeres Auftreten von Zweitläsionen bei ausgeprägterer Wundtiefe

Wagner-Grad		Zweitläsion			Gesamt
		nein	ja	unbekannt	
0	Anzahl	52	8	3	63
	%	82,5 %	12,7 %	4,8 %	100 %
1-2	Anzahl	148	37	7	192
	%	77,1 %	19,3 %	3,6 %	100 %
3	Anzahl	25	11	0	36
	%	69,4 %	30,6 %	0,0 %	100 %
Gesamt	Anzahl	225	56	10	291

Ein etwas rascheres Auftreten der Zweitläsionen mit ansteigendem Wagner-Grad ließ sich in zwei Untersuchungsgängen nachweisen. Dagegen zeigten vier Untersuchungsgänge eine längere Zeitspanne. Dreimal war eine gemischte Verteilung der Zeiten zu finden. Es fielen dabei jedoch keine statistischen Besonderheiten auf.

Im Hinblick auf die Drittläsion zeigte sich kein Zusammenhang zwischen der Wundtiefe und der Häufigkeit des Auftretens.

Nach Operation an L3 traten die Drittläsionen (n=4) bei geringerer Wundtiefe auffallend rascher auf, so 6,7 Monate nach ursprünglich oberflächlichen Wunden und 8,2 Monate nach ursprünglichen Wunden bis zum Knochen reichend ($p=0,048$).

3.6.5.3 Weitere Läsionen im Hinblick auf das ursprüngliche Armstrong-Stadium

War ursprünglich an der operierten Zehe eine Infektion vorhanden, zeigten sich etwas häufiger erste Läsionen der Nachbarzehen als ohne Infektion (Armstrong B/A: 47,6 % vs. 39,2 %, Armstrong D/C 60,0 % vs. 33,9 %). Hier und in der Analyse der läsionsfreien Zeiträume waren keine statistisch auffallenden Ergebnisse festzustellen.

Auch Zweitläsionen waren bei Vorliegen einer Infektion häufiger vertreten (Armstrong B: 33,3 %, Armstrong D: 50 %) als ohne Infektion (Armstrong A: 26,4 %, Armstrong B: 28,6 %). Diese Unterschiede waren jedoch statistisch nicht auffällig. Auch die Analyse des Zeitraums zwischen erster und zweiter Läsion im Hinblick auf das Armstrong-Stadium führte zu keinen auffälligen Ergebnissen.

Für einen Zusammenhang zwischen präoperativem Wundinfekt und dem Entstehen einer Drittläsion gab es keine Hinweise.

3.6.5.4 Vorkommen weiterer Läsionen mit und ohne pAVK

Gegenstand dieser Untersuchungen waren auch hier Patienten ohne oder mit allenfalls einer geringfügigen pAVK, deren Durchblutungsindex über 0,8 lag ohne klinische Relevanz. Eventuell erforderliche Revaskularisierungsmaßnahmen waren bereits präoperativ erfolgt.

Nach der Tenotomie der Zehe L1 waren ausschließlich die Füße der Patienten mit geringer Durchblutungsstörung von ersten Folgeläsionen betroffen (100 %, $p=0,01$, Abbil-

dung 44). Die restlichen Untersuchungsgänge boten ein unauffälliges Bild. Im Gesamtüberblick aller Zehen kamen erste Folgeläsionen zu je 40 % an Füßen mit und ohne pAVK vor.

Die Analyse des Zeitraumes bis zum Auftreten einer Nachbarläsion lieferte ein gemischtes Bild. In fünf Untersuchungsgängen traten weitere Läsionen bei Vorhandensein einer pAVK rascher auf als ohne pAVK. Dies war an L1 und L5 statistisch auffällig. So waren an L1 Folgeläsionen mit einer pAVK im Mittel nach 3,5 Monaten und ohne pAVK nach 21,5 Monaten zu finden ($p=0,001$, Abbildung 45). In weiteren fünf Untersuchungsgängen war der Zeitraum bis zur Folgeläsion mit einer pAVK länger als bei normaler Durchblutung.

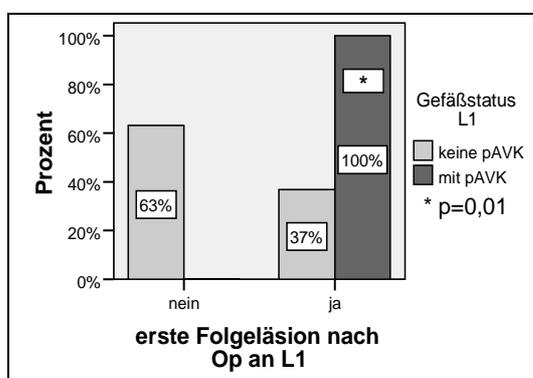


Abbildung 44: Ausschließlich Patienten mit pAVK waren von erster Folgeläsion nach Operation an L1 betroffen

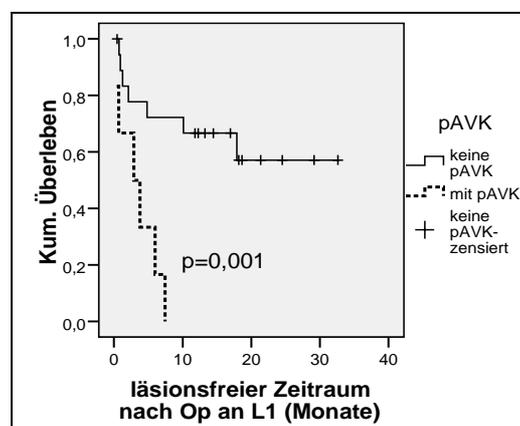


Abbildung 45: Kürzerer läsionsfreier Zeitraum bei Vorliegen einer pAVK

Zweitläsionen kamen nach Tenotomien mit vorhandener Ischämie in 19,7 % vor und ohne Ischämie in 19,1 %. Untersuchungen im Hinblick auf den Zeitraum zwischen erster und zweiter Folgeläsion liefern sechsmal einen längeren Zeitabstand zwischen den Läsionen bei Vorhandensein einer pAVK, davon war L4 statistisch auffällig mit Mittelwerten von 9,8 und 0,9 Monaten ($p=0,002$, Abbildung 46). Ein rascheres Auftreten war zweimal vorhanden und ebenfalls zweimal ergab sich wegen geringer Fallzahlen kein Vergleich. Drittläsionen entstanden nach 7,0 % der Tenotomien unter der Voraussetzung einer pAVK und nach 5,5 % der Operationen ohne pAVK, wobei sie auch hier in letzterer Gruppe schneller auftraten. Besonders auffällig war dies an L1 mit Mittelwerten von 0,8 Monaten vs. 6 Monaten ($p=0,008$, Abbildung 47).

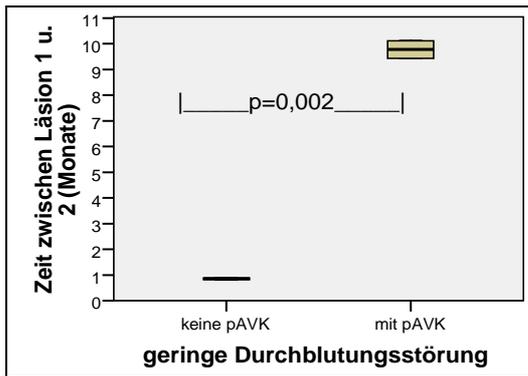


Abbildung 46: Kürzerer Zeitabstand zwischen den ersten beiden Folgeläsionen ohne pAVK nach Operation an L4

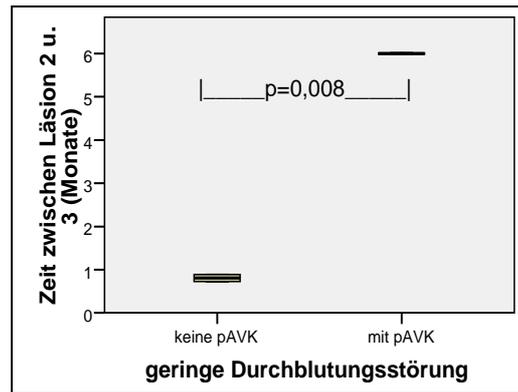


Abbildung 47: Ohne pAVK rascheres Eintreten der dritten Folgeläsion nach Operation an L1

3.6.5.5 Präoperative Wunddauer der ersten Läsion

Patienten mit einer langen präoperativen Wunddauer vor der Tenotomie waren in der Hälfte der Untersuchungsgänge von einer ersten Folgeläsion der Nachbarzehen betroffen. Auffällig war dies an L1 (Mittelwerte 39 Tage vs. 136 Tage, $p=0,045$, (Abbildung 48)). In den restlichen fünf Untersuchungsgängen zeigten sich Folgeläsionen bei Patienten mit kurzer Wunddauer. Auf den Zeitpunkt der ersten Folgeläsion hatte die präoperative Wunddauer keinen Einfluss.

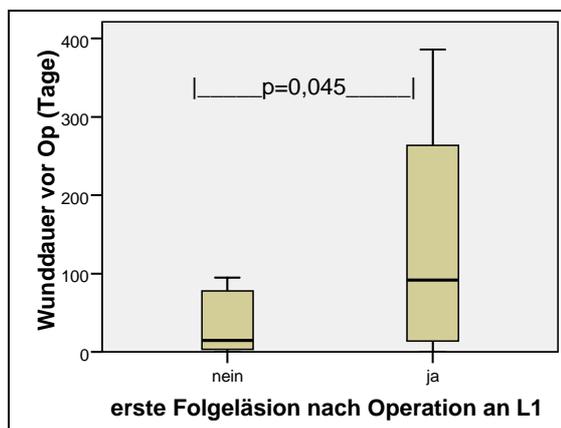


Abbildung 48: Lange präoperative Wunddauer ist mit einer ersten Folgeläsion der Nachbarzehen assoziiert.

In acht Untersuchungsgängen zeigten sich Zweitläsionen, nachdem die Wunde präoperativ lange bestand. Zwei Untersuchungen wiesen Nachbarwunden in Verbindung mit

einer kurzen Wunddauer auf. Dies war an L3 auffällig mit Medianen von 36 Tagen in der Gruppe ohne weitere Läsion und 12,5 Tagen in der Gruppe mit Zweitläsionen ($p=0,018$, Abbildung 49). Eine Auswirkung auf den Zeitpunkt der Zweitläsion war nicht festzustellen.

Sechs Untersuchungsgänge lieferten eine Verbindung zwischen längerer Wunddauer vor der Operation und dem Auftreten von Drittläsionen, darunter zeigte L5 eine statistische Auffälligkeit (Mittelwert 10 vs. 362 Tage, $p=0,003$). In zwei Untersuchungsgängen war eine kürzere Wunddauer nachweisbar. Hier fiel L3 statistisch auf mit Medianen von 35 vs. 12 Tagen ($p=0,046$). Zwei Untersuchungsgänge waren aufgrund zu geringer Fallzahlen nicht auswertbar.

Im Hinblick auf den Zeitraum zwischen zweiter und dritter Läsion war eine hohe Korrelation von raschem Auftreten in Verbindung mit langer Wunddauer vor der Operation festzustellen. Diese Tendenz war bei L1 und L3 zu finden und bei R2, R3 und L2 sogar statistisch auffallend (Abbildung 50).

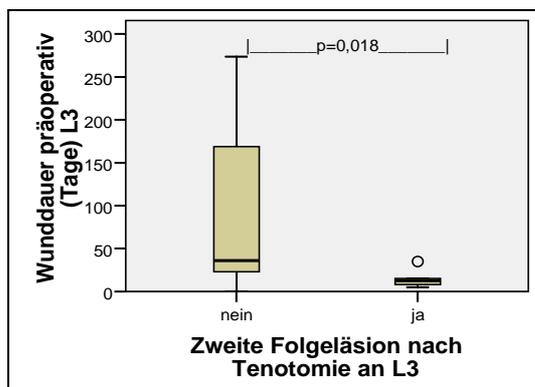


Abbildung 49: Auftreten von Zweitläsionen bei präoperativ kurzer Wunddauer

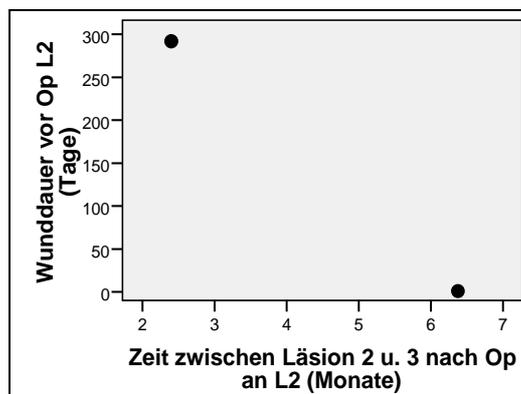


Abbildung 50: Rascheres Vorkommen von Drittläsionen bei langer präoperativer Wunddauer an L2

3.6.5.6 Folgeläsionen nach Nagelkranzresektion

Nach einer begleitenden Nagelkranzresektion traten in 52,9 % erste Läsionen der Nachbarzehen auf und ohne Nagelkranzresektion in 37,3 %. Dieser Unterschied war statistisch nicht auffällig.

Mit einer Nagelkranzresektion traten die ersten Folgeläsionen in allen Untersuchungsgängen rascher auf als ohne diese Maßnahme, was sich an R2 auffallend darstellte

($p=0,05$). Mit Nagelkranzresektion betrug der Mittelwert bis zum Erscheinen der ersten Folgeläsion 10,9 Monate im Vergleich zu 23,6 Monaten bei Tenotomien ohne Nagelkranzresektion (Abbildung 51).

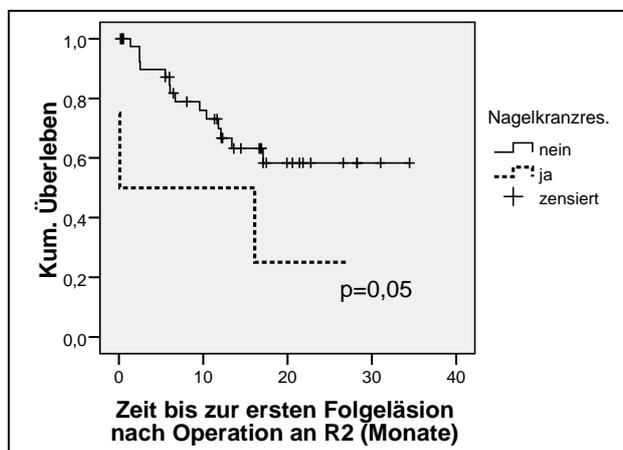


Abbildung 51: Rascheres Auftreten von Läsionen der Nachbarzehen nach Nagelkranzresektion

Zweitläsionen waren in 29,4 % nach einer Nagelkranzresektion zu finden und ohne diese begleitende Maßnahme in 17,6 %. Weitere Untersuchungen im Hinblick auf die einzelnen Zehen und die Zeit zwischen den ersten beiden Folgeläsionen lieferten kein auffälliges Ergebnis.

Drittläsionen erschienen nach einer Nagelkranzresektion auffallend später (8,2 vs. 6,7 Monate, $p=0,048$), waren in der Häufigkeitsverteilung jedoch gleich vertreten (je 6 % mit und ohne Nagelkranzresektion).

3.6.5.7 Folgeläsionen in Zusammenhang mit dem Geschlecht

Frauen zeigten zu 42,3 % eine erste Folgeläsion, diese traten in fünf Untersuchungsgängen rascher auf als bei den Männern. Männer neigten in 38,5 % zu Folgeläsionen, dabei waren diese in einem Untersuchungsgang früher vorhanden als bei den Frauen. Vier Untersuchungsgänge lieferten keinen Unterschied in der läsionsfreien Zeit. Es gab keine statistischen Auffälligkeiten. Frauen litten mit 22,1 % etwas häufiger unter einer zweiten Folgeläsion als Männer (17,6 %), während der Zeitabstand zwischen erster und zweiter Folgeläsion bei Männern in 7 von 10 Untersuchungsgängen kürzer war als bei

den Frauen. Diese Unterschiede waren statistisch nicht auffällig. Eine dritte Läsion zeigte sich wieder etwas häufiger bei den Frauen mit 7,7 % und 4,8 % bei den Männern. Hier war der Zeitabstand zwischen zweiter und dritter Läsion in der Gruppe der Frauen etwas kürzer als bei den Männern. Es fanden sich jedoch keine statistisch auffälligen Unterschiede im Hinblick auf das Geschlecht.

3.6.5.8 Einfluss des Alters auf die Folgeläsionen

In der Patientengruppe bis einschl. 65 Jahre traten in 47,3 % erste Folgeläsionen auf und in der Gruppe über 65 Jahre in 32,2 %. An Zehe L2 waren die älteren Patienten auffallend weniger (26,1 %) von Erstläsionen betroffen als Patienten der Gruppe < 65 Jahre (56,5 %, $p=0,036$, Abbildung 52).

Der mittlere Zeitraum bis zum Erscheinen der ersten weiteren Wunde war bei den jüngeren Patienten in fünf Untersuchungsgängen kürzer als bei den älteren Patienten. Darunter war L2 mit einer mittleren läsionsfreien Zeit von 15,9 Monaten gegenüber 34,9 Monaten bei den älteren Patienten auffällig ($p=0,011$, Abbildung 53). Vier Untersuchungsgänge boten einen rascheren Läsionseintritt in der Gruppe der älteren Patienten.

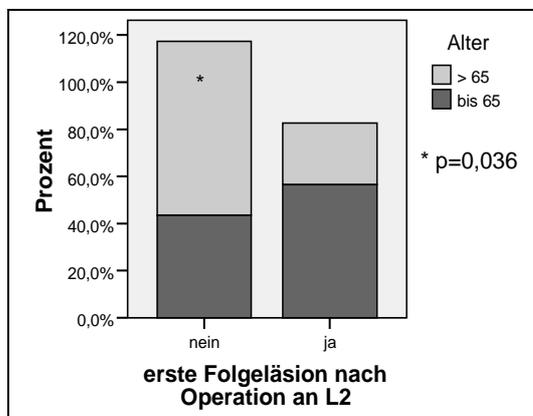


Abbildung 52: Ältere Patienten waren seltener von der ersten Folgeläsion betroffen als Jüngere

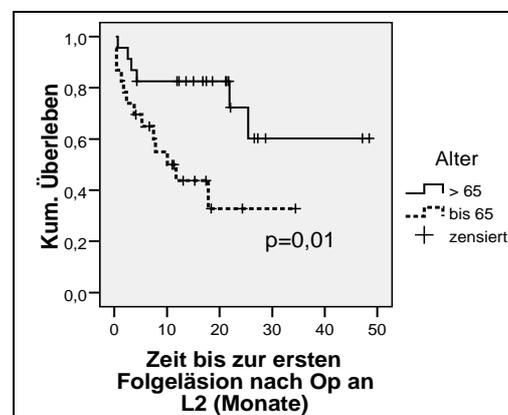


Abbildung 53: Früheres Auftreten von Läsionen an den Nachbarzehen bei Patienten unter 65 Jahren

Patienten bis einschließlich 65 Jahre zeigten nach 23,6 % der Operationen eine zweite Folgeläsion. In der Gruppe über 65 Jahre kam es in 14,7 % dazu. Bei diesen war in

sechs Untersuchungsgängen ein kürzerer Zeitraum zwischen erster und zweiter Läsion zu finden. Zweimal waren die jüngeren Patienten rascher wieder von Wunden betroffen, was sich an L2 als auffällig erwies (Mittelwerte 2,3 vs. 13,4 Monate, $p=0,005$) und eine hohe Korrelation beinhaltete ($r=0,756$).

Drittläsionen waren bei den jüngeren Patienten nicht nur etwas häufiger zu finden als bei den älteren (7,4 % vs. 4,2 %), sondern traten an L1 auch auffallend rascher auf (0,8 vs. 6 Monate, $p=0,008$, Abbildung 54).

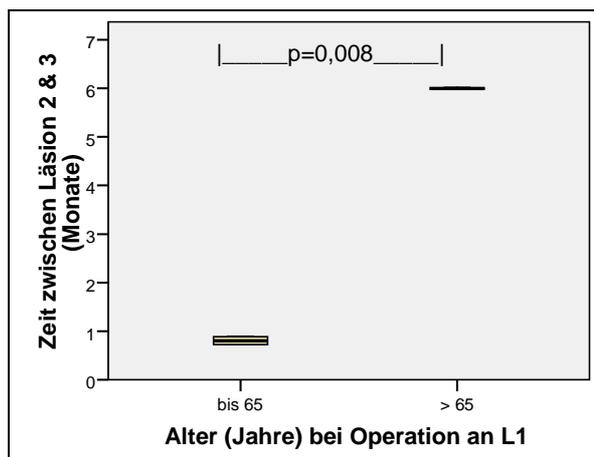


Abbildung 54: Rascheres Auftreten der dritten Folgeläsion in der Gruppe der Patienten unter 65 Jahren

3.7 Transferläsionen

3.7.1 Häufigkeit der Transferläsionen und betroffene Zehen

Die Transferläsionen werden nochmals gesondert von der Gesamtheit der Folgeläsionen betrachtet, da sie sich durch ihre Entstehung und Lokalisation streng an der Zehenkuppe der nächstbelasteten Zehe von den übrigen Läsionen unterscheiden. Von allen Patienten waren auswertbare Daten vorhanden. Betroffen waren derer achtzehn (13 %) an 32 Zehen (11 %). Meist traten sie nach einer Tenotomie an R2 u. R3 sowie L2 u. L3 auf und gar nicht nach einer Operation an Dig 5. Orte der Transferläsion waren vorwiegend die zweite und dritte Zehe und selten die Großzehe (Tabelle 43, Tabelle 44). Nach Tenotomie an den Großzehen waren zweimal Dig 5 und je einmal Dig 2, Dig 3 u. Dig 4 betroffen, nach Operation der Langzehen meist deren Nachbarzehen (Dig 2: 29 %, Dig 3: 23 %, Dig 4: 19 %) und selten Großzehe (13 %) und Kleinzehe (13 %). Patienten, welche je Sitzung an einer Zehe operiert wurden, litten zu 14 % unter Transferläsionen,

Patienten mit zwei gleichzeitig operierten Zehen zu 11 %. Nach simultaner Tenotomie von drei oder vier Zehen traten keine Transferläsionen auf.

Tabelle 43: Vorkommen von Transferläsionen nach Tenotomie der einzelnen Zehen

Operierte Zehe	Anzahl	Prozent
R1	4	12,5 %
R2	7	21,9 %
R3	6	18,8 %
R4	2	6,3 %
R5	0	0 %
L1	1	3,1 %
L2	5	15,6 %
L3	5	15,6 %
L4	2	6,3 %
L5	0	0 %
Gesamt	32	100,0 %

Tabelle 44: Transferläsionen traten an folgenden Orten auf, Mehrfachantworten möglich:

Betroffene Zehe	Anzahl	Prozent
Dig 1	5	14,3 %
Dig 2	10	28,6 %
Dig 3	8	22,9 %
Dig 4	6	17,1 %
Dig 5	6	17,1 %
Gesamt	35	100,0 %

3.7.2 Zeitraum bis zum Eintreten einer Transferläsion

Transferläsionen traten im Mittel zwischen 1,5 und 8,5 Monaten auf (Tabelle 45). In den ersten sechs Monaten waren mindestens noch 88 % der Patienten frei davon, nach einem Jahr mindestens noch 84 % (Tabelle 46).

Tabelle 45: Zeitraum bis zum Auftreten einer Transferläsion in Monaten

Operierte Zehe	Anzahl	Mittelwert	SD	Min-	Max-	Perzentile		
						25.	50. Median	75.
R1	4	8,53	8,92	1,18	20,07	1,34	6,42	17,82
R2	7	7,79	6,89	0,03	17,12	0,13	9,59	13,40
R3	6	8,51	10,35	0,76	27,70	0,90	5,32	15,20
R4	2	1,51	0,79	0,95	2,07	0,71	1,51	1,55
R5	0	-	-	-	-	-	-	-
L1	1	2,07	-	2,07	2,07	-	-	-
L2	5	4,49	2,36	1,31	7,82	2,55	4,27	6,54
L3	5	5,07	4,06	0,53	9,43	0,74	7,06	8,39
L4	2	3,17	1,56	2,07	4,27	1,55	3,17	3,20
L5	0	-	-	-	-	-	-	-

Tabelle 46: Wahrscheinlichkeit, nach einem bestimmten Intervall noch ohne Transferläsion zu sein.

Operierte Zehe	Wahrscheinliche Transferläsionsfreiheit nach			
	3 Monaten	6 Monaten	9 Monaten	12 Monaten
R1	96 %	96 %	88 %	88 %
R2	93 %	93 %	88 %	85 %
R3	93 %	90 %	87 %	87 %
R4	93 %	93 %	93 %	93 %
R5	100 %	100 %	100 %	100 %
L1	96 %	96 %	96 %	96 %
L2	91 %	89 %	89 %	89 %
L3	94 %	88 %	84 %	84 %
L4	92 %	92 %	92 %	92 %
L5	100 %	100 %	100 %	100 %

3.7.3 Transferläsionen im Hinblick auf verschiedene Faktoren

3.7.3.1 Prophylaktische und offene Wunden als Operationsindikation

Nach Operationen an offenen Wunden kam es in 11,6 % zu Transferläsionen und nach prophylaktischen Tenotomien in 9,1 %. Vier Untersuchungsgänge zeigten ein rascheres Auftreten nach prophylaktischen Operationen im Gegensatz zu Tenotomien an Füßen mit offenen Wunden. Weitere vier Untersuchungsgänge lieferten ein gegenteiliges Ergebnis. Es zeigte sich keine statistische Auffälligkeit.

3.7.3.2 Wundtiefe

Mit höherem Wagner-Grad kam es zu häufigeren Transferläsionen (Tabelle 47). So waren Tenotomien an Zehen mit Wagner 0 nur in 7,9 % von diesen betroffen, während Wunden bis zur Tiefe des Knochengewebes in 22,2 % Transferläsionen aufwiesen. Statistisch auffallend war diese Verteilung an R1, R2 und L3 mit deutlich höheren Transferläsionsraten bei Wagner-Grad 3 (Tabelle 48).

Ebenso führte eine präoperative Wunde in Knochenebene zu einem rascheren Auftreten der Transferläsionen als eine Wunde bis zur Ebene der Subcutis. Zehe R2 wies Mittelwerte von 10,2 Monaten mit Wagner 1-2 und 4,5 Monaten mit Wagner 3 auf, ($p=0,013$, Abbildung 55) und Zehe L3 im selben Vergleich 4,2 vs. 5,7 Monate ($p=0,035$). An Zehen mit Wagner 0 waren bei diesen Beispielen keine Transferläsionen zu beobachten.

Tabelle 47: Häufigere Transferläsionen mit größerer Wundtiefe

Wagner-Grad		Transferläsion		Gesamt
		nein	ja	
Wagner 0	Anzahl	58	5	63
	%	92,1 %	7,9 %	100 %
Wagner 1-2	Anzahl	173	19	192
	%	90,1 %	9,9 %	100 %
Wagner 3	Anzahl	28	8	36
	%	77,8 %	22,2 %	100 %
Gesamt	Anzahl	259	32	291

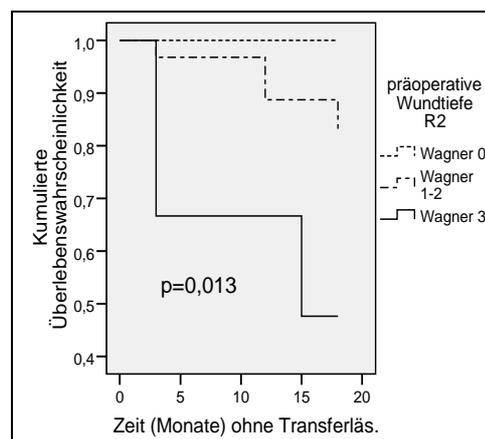


Abbildung 55: Rascheres Auftreten von Transferläsionen bei Wagner-Grad 3

Tabelle 48: Auffallend häufigere Transferläsionen bei tieferen präoperativen Wunden

Wagner-Grad	Transferläsion nach Operation an Zehe					
	R1		R2		L3	
	Nein %	Ja %	Nein %	Ja %	Nein %	Ja %
0	75,0	25,0	100,0	0,0	100,0	0,0
1-2	90,9	9,1	87,9	12,1	91,3	8,7
3	0,0	100,0	50,0	50,0	57,1	42,9
p		0,036		0,021		0,048

3.7.3.3 Durchblutungsstörungen

Ohne eine pAVK kamen mehr (12,7 %) und raschere Transferläsionen vor als mit einer geringfügigen Durchblutungsstörung (5,6 %), allerdings zeigte sich keine signifikante statistische Auffälligkeit.

3.7.3.4 Präoperative Wunddauer

In sechs Untersuchungsgängen war eine kürzere präoperative Wunddauer mit dem gehäuften Auftreten von Transferläsionen assoziiert. L4 bot dafür ein auffälliges Beispiel mit Mittelwerten von 0 und 69,4 Tagen ($p=0,038$). Zwei Untersuchungsgänge zeigten eine längere präoperative Wunddauer, diese war jedoch statistisch nicht auffällig. Zwei Untersuchungen waren aufgrund zu kleiner Fallzahlen nicht auswertbar. Im Hinblick auf den Zeitraum bis zum Auftreten der Transferläsion lieferten zwei Untersuchungsgänge ein rasches Auftreten bei langer Wunddauer, darunter wies R4 eine sehr hohe Korrelation auf ($r=-1,00$, Abbildung 56). Fünf Untersuchungsgänge zeigten ein gemischtes Bild, einer war mit kurzer Wunddauer assoziiert und zwei waren nicht auswertbar.

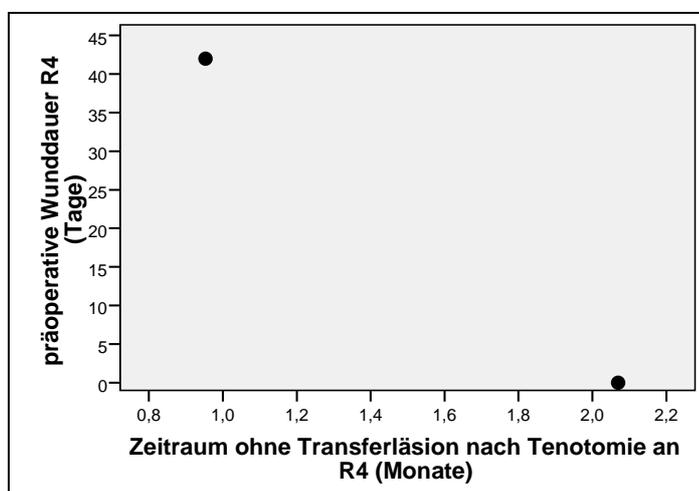


Abbildung 56: Rascheres Auftreten von Transferläsionen bei langer Wunddauer vor der Operation

3.7.3.5 Transferläsionen nach Nagelkranzresektion

Nach einer Nagelkranzresektion, welche an 17 Zehen mit Wagner-Grad 3 durchgeführt wurde, waren Transferläsionen bei fünf Patienten (31,3 %) nach Tenotomie an 5 Zehen

zu finden. Diese traten im Mittel nach 6,2 Monaten auf. Elf Patienten (68,8 %) blieben nach Nagelkranzresektion an 12 Zehen frei von Transferläsionen. Bei neun Patienten (11 Zehen) mit Wagner 3 wurde auf eine Nagelkranzresektion verzichtet. In Folge litten zwei von diesen (4,5 %) unter einer Transferläsion, welche im Mittel nach 6,9 Monaten auftrat.

3.7.3.6 Geschlecht

Männer litten mit 11,8 % häufiger als Frauen (9,6 %) unter einer Transferläsion. Dies zeigte sich an R2 statistisch auffällig ($p=0,016$, Abbildung 57). Hier traten die Läsionen bei Männern auch auffallend rascher auf als bei Frauen (Abbildung 58).

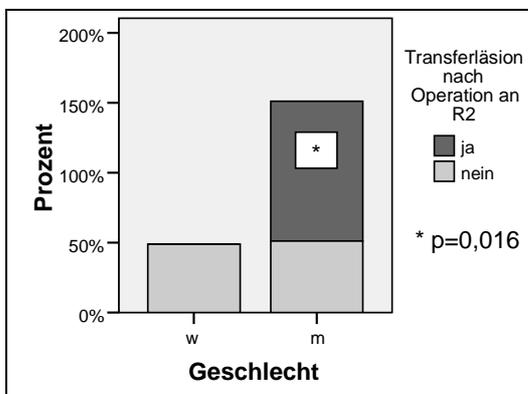


Abbildung 57: Häufigeres Auftreten von Transferläsionen bei Männern nach Tenotomie an R2

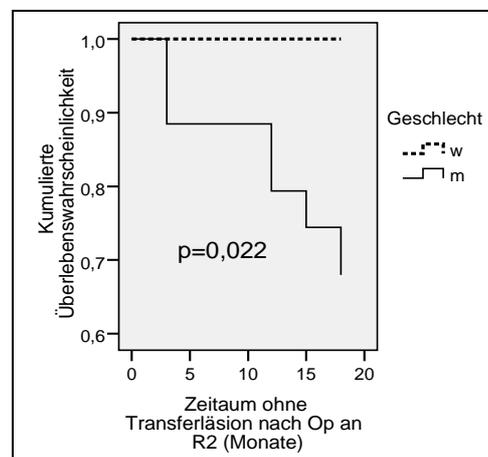


Abbildung 58: Rascheres Auftreten der Transferläsion bei Männern nach Tenotomie an R2

3.7.3.7 Alter

Transferläsionen traten bei Patienten unter 65 Jahren häufiger (15 %) auf als in der Gruppe über 65 Jahre (7 %), dies war jedoch statistisch nicht auffällig. Eine Auswirkung des Alters auf den Zeitraum bis zum Eintreten der Läsion war nicht festzustellen.

3.8 Drop-Out

Postoperative Untersuchungen entfielen bei zwölf Patienten (8,7 %) mit 17 Zehen (5,8 %). In den vorangegangenen Kapiteln wurden diese bereits erwähnt und hier erfolgt nochmals eine Zusammenfassung. Acht Patienten mit 13 Zehen waren während der Beobachtungszeit verstorben, ein Patient (eine Zehe) erlitt einen schweren Apoplex.

Bei drei Patienten mussten 3 Zehen aufgrund einer postoperativ aufgetretenen schweren pAVK amputiert werden. Einer von diesen entwickelte längere Zeit postoperativ nach Abheilung der Wunde aufgrund schlechter Perfusion eine Nekrose. Zwei dieser Patienten stellen Ausnahmefälle dar, denn sie wurden bereits mit der Indikation zur Amputation zugewiesen. Die Tenotomie erfolgte hier als letzter Versuch, die Zehe vor der Amputation zu retten.

4 Diskussion

Sowohl die Prophylaxe als auch konservative Behandlung diabetischer Fußwunden ist meist aufwendig, kostenintensiv und führt häufig zu Rezidiven^(29, 36, 69). Mit der Tenotomie der Flexor-digitorum-longus-Sehne (FDL) bzw. der Flexor-hallucis-longus-Sehne (FHL) bietet sich eine einfache, kostengünstige und vor allem effektive Methode zur Wundbehandlung an. Sie wird nun retrospektiv anhand der Daten einer chirurgischen Praxis mit Schwerpunkt Diabetischer Fuß im Hinblick auf folgende Fragestellungen evaluiert:

Kann die Tenotomie der FDL/FHL zur Prophylaxe und Behandlung von Zehenkuppenläsionen eingesetzt werden? In welchen Fällen und für welche Indikationen ist sie geeignet? Welche Ausschlusskriterien ergeben sich?

Zur Beantwortung werden folgende Parameter beurteilt: Naht- und Wundheilungszeit, nosokomiale Wundinfekte, prophylaktische Tenotomien und Operationen zur Behandlung offener Wunden, perioperativer Einsatz von Antibiotika, Transferläsionen, Rezidive und Läsionen weiterer Zehen.

Dazu wurden alle zehn Zehen einzeln ausgewertet und bilden pro Zehe einen Untersuchungsgang, wobei in dieser Diskussion jeweils die aussagekräftigsten erörtert werden. Die Auswertung erfolgte allgemein und im Hinblick auf verschiedene Einfluss nehmende Faktoren wie das Vorhandensein einer Wunde am Operationstag, Wundtiefe, Wundort und eventuelle Infektionen sowie zusätzliche Nagelkranzresektionen bei Osteitis. Weitere Parameter waren Geschlecht, Patientenalter und Vorliegen einer pAVK. Zu beachten ist, dass außer in drei Fällen nur Patienten mit einer klinisch nicht relevanten pAVK, deren Durchblutungsindex über 0,8 lag, operiert wurden. Eventuell erforderliche Revaskularisierungsmaßnahmen waren bereits präoperativ erfolgt. Bei den drei Ausnahmefällen handelt es sich um Patienten, welche mit der Indikation zur Zehenamputation zugewiesen wurden. Dort stellte die Tenotomie trotz einer ausgeprägten, nicht revascularisierbaren pAVK einen letzten Versuch dar, die Zehen zu erhalten. Aufgrund der schlechten Durchblutung war eine spätere Amputation der betroffenen Zehen jedoch leider nicht abzuwenden.

Indikationen zur Operation waren nicht die Verhinderung von Erstläsionen, sondern akute Fußwunden oder die Vermeidung von Rezidiven bei Patienten, die aufgrund einer Wunde ein höheres Risiko für erneute Läsionen aufwiesen.

Im Laufe der Jahre wurde die Tenotomie der FDL/FHL in der o. g. Praxis aufgrund der Behandlungserfolge zunehmend häufiger angewendet. Dabei wurden die zweiten und dritten Zehen häufiger operiert als die anderen Zehen. Offensichtlich handelt es sich bei diesen daher um die Hauptbelastungszone am diabetischen Fuß.

Um beurteilen zu können, ob es vertretbar ist, zur Behandlung oder Vorbeugung chronischer Läsionen eine weitere kleine Tenotomie-Inzisions-Wunde zu verursachen, interessieren die postoperativen Abheilungszeiten der ursprünglichen Läsion und das Auftreten von nosokomialen Wundinfekten. Die Operationsinzisionen heilten in der Regel unabhängig davon, ob am Fuß eine Wunde bestand oder nicht, in normaler Wundheilungszeit ab. So zeigten sich nach Tenotomien, welche bei entsprechender Zehenfehlstellung zur Läsionsprophylaxe eingesetzt wurden, Nahheilungszeiten der Inzisionsstelle in einem Bereich von 9 bis 15 Tagen.

Neben der Heilungszeit der Inzision interessierte vor allem die Zeit, welche die ursprüngliche Wunde nach einer therapeutischen Tenotomie zur Abheilung benötigte. Lag zum Zeitpunkt der Operation eine offene Wunde an der Zehe vor, waren wie zu erwarten lange Wundheilungszeiten zwischen 10 und 62 Tagen zu finden, welche sich bei tiefen, bis zur Knochenebene reichenden Wunden noch ausdehnten. Dies stellte sich z. B. an L3 mit medianen Wundheilungszeiten von 13 Tagen bei Wunden mit Wagner 1-2 gegenüber 49 Tagen mit Wagner 3 dar (Abbildung 24) sowie in fünf weiteren Untersuchungsgängen (Tabelle 13). Genauere Betrachtungen zeigten in vier Untersuchungsgängen eine größere Zeitdifferenz zwischen Wagner 2 und 3 als zwischen Wagner 1 und 2, z. B. an R2 mit medianen Wundheilungszeiten von 13, 16 und 58 Tagen (Abbildung 25). Somit heilten tiefe, bis zur Knochenebene reichende Wunden mit Abstand am langsamsten. Obwohl die meisten Ergebnisse statistisch nicht auffällig waren, zeigte sich in acht von zehn Untersuchungsgängen wie erwartet ein Trend zu ansteigender Wundheilungszeit in Verbindung mit einem höheren Wagner-Grad. Somit ist eine frühzeitige Operation zu empfehlen.

Eine Besonderheit war an den beiden Großzehen festzustellen, denn hier war die größte Zeitdifferenz zwischen Wagner 1 und Wagner 2 gegeben, hingegen wies Wagner 3 überraschend eine kürzere Wundheilungszeit als Wagner 2 auf. An L1 war der Unterschied zwischen Wagner 1 und 2 statistisch auffällig (26 vs. 86 Tage, $p=0,047$). Eine Ursache für die trotz tiefster Wunden kürzere Zeit könnten die sehr kleinen Fallzahlen

von n=1 rechts und n=2 links sein. Analysen in einem größeren Patientenkollektiv sind zur Klärung dieser Unstimmigkeit erforderlich.

Auch der Ort der Großzehenläsion spielte für die Wundheilung eine Rolle, denn Läsionen der medial-apikalen Region zeigten eine kürzere Heilungszeit (MW 16 Tage) als in medioplantarer oder plantarer Region (MW 56 Tage, $p=0,002$; Abbildung 29). Nach Durchtrennung der FHL verlagert sich der medial-apikale Zehenbereich aus der Belastungszone heraus, während der (medio-) plantare Bereich noch teilweise belastet wird und somit langsamer abheilt.

Gilt dies auch für Patienten in bestimmten Altersklassen? Wie verhält sich die Abheilungszeit in der Gruppe der Patienten bis 65 Jahre, welche größtenteils noch berufstätig sind? Um dem nachzugehen und mögliche berufliche Fehlzeiten zu erwägen, wurden die Naht- und Wundheilungszeiten altersabhängig untersucht. Die mittleren Nahtheilungszeiten bewegten sich in der Gruppe der Patienten bis 65 Jahren sowie bei Patienten über 65 Jahren bei 9-15 Tagen. Eine prophylaktische Tenotomie lässt also altersunabhängig normale Abheilungszeiten erwarten. Waren Wunden vorhanden, fand sich in der Gruppe der Patienten unter 65 Jahren eine Zunahme der mittleren Wundheilungszeit bei Wagner 3 (Range 19-81 Tage) gegenüber Wagner 2 (Range 10-50 Tage). Die Gruppe der über 65-Jährigen zeigte ähnliche Resultate (Wagner 1-2: Range 13-85 Tage und Wagner 3: Range 12-314 Tage). Dies entspricht dem Trend der vorangegangenen Untersuchung.

Die Abheilungszeit richtet sich somit nur nach der Wundtiefe; das Alter hat hier im Gegensatz zu Ergebnissen der Eurodiale-Studie ⁽⁵⁹⁾ darauf keine Auswirkung, wie bereits von Oyibo et al. beschrieben ⁽⁵⁶⁾. Um krankheitsbedingte Fehlzeiten im Beruf gering zu halten, bietet sich gerade für jüngere berufstätige Patienten eine frühzeitige Tenotomie an.

Lag eine präoperative Wundinfektion vor, verlangsamte sich die Abheilung, wie unter anderem an R2 mit einer Abheilungszeit von 59 Tagen im Stadium Armstrong B gegenüber 12 Tagen im Stadium Armstrong A deutlich wurde ($p=0,034$; Abbildung 26). Eine verlängerte Abheilungszeit beim Vorliegen eines Wundinfektes entsprach unseren Erwartungen. Tenotomien sollten in diesen Fällen nur unter abstrichadaptierter antibiotischer Therapie stattfinden, um einen günstigen Heilungsverlauf zu erzielen ^(1, 48).

Kommt nun eine klinisch nicht relevante pAVK hinzu, kann sich die Wundheilungszeit gegenüber vergleichbaren Wunden ohne pAVK verlängern, wie der Vergleich zwischen Armstrong A und C sowie B und D an L2 deutlich machte (Abbildung 27). Auch dieser ungünstige Einfluss einer pAVK ist bekannt⁽⁵⁹⁾ und bestätigt sich in den weiteren Untersuchungen. Entwickelten Patienten im Beobachtungszeitraum eine Zehennekrose, lag eine erst einige Zeit nach der Operation und davon unabhängig aufgetretene schwere pAVK zugrunde, z. B. im Rahmen eines Bypassverschlusses.

Auf die Nahheilungszeiten prophylaktischer Tenotomien hatte eine Durchblutungsstörung wenig Einfluss, denn es stellten sich mit pAVK unwesentlich längere, kürzere und gleiche Abheilungszeiten wie an normal durchbluteten Füßen dar. Auch war eine pAVK in dieser Gruppe nur selten vorhanden (n=7) im Gegensatz zu den offenen Wunden (n=51), denn bei präoperativ schlechtem Gefäßstatus wurde in dieser Gruppe auf prophylaktische Eingriffe verzichtet und eine Optimierung der Perfusion sowie der Schuhversorgung präferiert.

Lagen offene Wunden vor, waren in Begleitung einer Durchblutungsstörung an neun Untersuchungsgängen längere Wundheilungszeiten als ohne pAVK zu verzeichnen, darunter an R2 mit Werten von 12 vs. 48 Tagen ($p=0,034$, Abbildung 28). Dies entspricht unseren Erwartungen und bekräftigt die Aussage der Eurodiale-Studie⁽⁵⁹⁾.

Wie wirkt sich die präoperative Dauer der Beschwerden auf die Nahheilungszeit prophylaktischer Tenotomien aus? An L5 und L1 findet sich eine sehr hohe Korrelation zwischen langer Beschwerdedauer und langer Nahheilungszeit. Diese ist durch die niedrigen Fallzahlen (n=2 und n=3) jedoch nur eingeschränkt aussagefähig und in den anderen Untersuchungsgängen bietet sich kein Zusammenhang. Auch eine auffällig längere oder kürzere Wundheilungszeit bei lange bestehenden offenen Wunden war nicht festzustellen.

Die Wundheilungszeit unterliegt also anderen Kriterien als der präoperativen Wunddauer. Bemerkenswert ist jedoch die Tatsache, dass die mittleren Nahheilungszeiten (Range 9-15 Tage) kürzer ausfallen als die präoperative Beschwerdedauer (Range 19-193 Tage) und die mittleren Wundheilungszeiten (Range 10-62 Tage) etwas kürzer sind als die präoperative Wunddauer (Range 18-94 Tage). Insofern kann auch eine länger bestehende Wunde nach der Tenotomie in absehbarer Zeit abheilen.

An einigen Zehen mit Wagner 3 wurde eine zeitgleiche Nagelkranzresektion durchgeführt. In drei Fällen heilten die Wunden nach Tenotomien mit dieser Maßnahme etwas

schneller (Range 12,0-77,3) als Wagner 3-Läsionen ohne Nagelkranzresektion (Range 35,0-91,7). Auch wenn diese Ergebnisse bei nur geringen Fallzahlen statistisch nicht auffällig waren (n=13) zeigt sich, dass Läsionen nach der Entfernung infizierten Knochengewebes in akzeptabler Zeit heilen.

In der Literatur wird ein männliches Geschlecht mit einer ungünstigen Prognose oder längerer Wundheilung assoziiert^(59, 67); und auch in der vorliegenden Arbeit fand sich in den meisten Untersuchungsgängen eine gegenüber den Frauen (Range 8-35 Tage) leicht verlängerte Wundheilungszeit männlicher Patienten (Range 11-73 Tage), allerdings waren sie statistisch nicht auffällig. Die Werte der Nahheilungszeiten bewegten sich dagegen bei Männern wie Frauen im Normbereich.

Unsere Untersuchungsergebnisse sprechen dafür, eine Tenotomie möglichst schon frühzeitig vor Entstehen einer Wunde durchzuführen, da dann die Nahheilungszeit meist normal ist. Auch Patienten unter 65 Jahren, welche meist noch berufstätig sind, profitieren von einer Operation während eines frühen Stadiums, da dann kürzere Ausfallzeiten zu erwarten sind als mit fortgeschrittener Läsion. Wird die therapeutische Tenotomie zur Wundbehandlung eingesetzt, bietet sie die Chance zur Abheilung auch lange bestehender Läsionen, denn die Wunddauer vor der Operation hat wenig Auswirkung auf die Heilzeit. Eine verlängerte Wundheilungszeit kann jedoch bei tiefen, bis zum Knochen reichenden Läsionen, präoperativen Infektionen sowie dem Vorliegen selbst einer klinisch nicht relevanten pAVK erwartet werden.

Von postoperativen nosokomialen Wundinfekten waren acht Patienten (5,8 %) betroffen mit 2 prophylaktisch operierten Zehen und 6 Zehen mit begleitenden offenen Wunden. Das Risiko für einen Wundinfekt betrug somit für die Zehen jeweils 3 %, unabhängig davon, ob am Operationstag eine Fußwunde vorlag oder nicht. Damit entspricht es dem Infektionsrisiko anderer aseptischer Operationswunden, z. B. nach Hernienchirurgie⁽³²⁾ und kann eine erhöhte Infektionsrate - wie bei Coughlin⁽²²⁾ beschrieben - nicht bestätigen. Dreiviertel unserer betroffenen Patienten erhielten keine perioperative Antibiotikaprophylaxe, bei den anderen waren keine auffälligen Risikofaktoren für einen Wundinfekt zu finden. Einer Tenotomie in Begleitung einer offenen Wunde spricht daher nichts entgegen, vorausgesetzt, es findet eine erregeradaptierte antibiotische Behandlung statt.

Gleichzeitige Operationen mehrerer Zehen zeigten keine negativen Auswirkungen, im Gegenteil entwickelten diese Patienten sogar seltener Wundinfekte (0-3 %) als Patienten mit Tenotomie nur einer Zehe je Sitzung (5,1 %).

Nach Diagnose des Wundinfektes begann eine orale antibiotische Behandlung, welche mit Ausnahme eines Patienten zu einer komplikationslosen Abheilung führte. Dieser Patient wies besondere Operationsbedingungen auf: Um eine Wunde in der Beugefalte der Zehe zu behandeln, wurde der Zugang zur Sehne durch die bereits bestehende Läsion gewählt. In der Wunde fand sich ein Erregerspektrum, welches auf orale Antibiotika nicht ansprach und eine stationäre i. V.-Antibiotikatherapie erforderte. Unter dieser Therapie heilte die Wunde dann komplikationslos mit Zehenerhalt ab.

Die Frage, ob bei zukünftigen Tenotomien eine noch häufigere Antibiotikaprohylaxe vonnöten ist, sollte im Hinblick auf Resistenzentwicklungen kritisch betrachtet und eine Entscheidung je nach Patient individuell abgewogen werden. Grundsätzlich wird eine notwendige Antibiotikaprohylaxe bei präoperativ bestehenden Infektionen von Weichteilen oder Knochen erregerspezifisch fortgeführt.

Zu jeder Operation gehören postoperative Kontrollen, und im Falle diabetischer Risikofüße sollten diese auch über die erfolgreiche Wundheilung hinausgehen. Da die vorliegende Arbeit eine retrospektive Untersuchung darstellt, waren vorab keine strikten Abstände für Nachuntersuchungen eingeplant und die Patienten stellten sich zu sehr unterschiedlichen Zeitpunkten wieder vor, manche auch gar nicht. In einer prospektiv geplanten Studie kann dieses Problem durch klar definierte Zeiträume minimiert werden.

Sechs Monate nach der Tenotomie konnten von 55 % der Patienten Verlaufsdaten erhoben werden und von diesen zeigte die Mehrheit (88,2 %) keinen pathologischen Befund an der operierten Zehe. Auffälligkeiten waren bei 15 % der Patienten vor allem in Form von persistierenden Läsionen und Rezidiven zu finden und zwar meist nach Operation der linken Großzehe. Diese Probleme kamen nur nach Operationen an Füßen mit offenen Wunden vor und verdeutlichen den hohen Stellenwert der Wundvermeidung und frühzeitigen Intervention, vor allem da nach prophylaktischen Tenotomien keine Schwierigkeiten auftraten.

Mit einer Patientenbeteiligung von 85,5 % standen für die Kontrolluntersuchung nach einem Jahr wesentlich mehr Daten zur Verfügung als nach sechs Monaten und das Outcome war noch besser. 92,4 % der beteiligten Patienten waren an der operierten Zehe ohne pathologischen Befund. Bereits hier deutet sich die Notwendigkeit engmaschiger Kontrollen in den ersten postoperativen Monaten an, da die Befunde nach sechs Monaten schlechter ausfielen als nach einem Jahr. In den weiteren Untersuchungen wird dies mehrfach bestätigt. Eine Langzeitstudie berichtet dagegen von nur 50 % der Patienten mit gutem Langzeitergebnis, allerdings in einer Nachbetrachtungszeit von insgesamt 6,5 Jahren⁽³⁰⁾. Auch für die langfristigen Ergebnisse der Tenotomie wäre solch eine Beobachtung lohnenswert.

Elf Prozent der beteiligten Patienten wiesen Probleme auf, welche sich ebenso wie in der Halbjahresuntersuchung meist als Rezidive oder persistierende Läsionen darstellten und nahezu gleichhäufig über die Zehen verteilt waren.

Zwar gab es hier Probleme auch nach prophylaktischen Tenotomien, diese hielten sich mit 3,6 % jedoch sehr gering und etwas mehr gab es nach Operation an offenen Wunden (8,4 %). Mit zunehmender Wundtiefe stieg die Menge pathologischer Befunde, so von 3,6 % (Wagner 0) auf 9,7 % (Wagner 3). Auch dieser Trend wird in den folgenden Untersuchungen bestätigt.

Lag auch nur eine geringfügige Durchblutungsstörung vor ($DI > 0,8$), verschlechterte sich das Outcome im Gegensatz zu Fällen ohne pAVK deutlich. So waren an Zehe R4 in der Gruppe ohne pAVK keine Probleme aufgetreten, in der Gruppe mit geringer pAVK jedoch zu 50 % ($p=0,008$, Abbildung 31). Die meisten weiteren Untersuchungen bestätigen diesen Einfluss selbst einer geringen pAVK.

Alle Patienten, welche eine Nagelkranzresektion erhielten, waren zum Zeitpunkt der Jahresuntersuchung ohne auffälligen Befund und eventuelle vorherige Komplikationen bestanden nicht mehr.

Im Gegensatz zu den meisten anderen hier vorliegenden Ergebnissen zeigten die Männer beim Jahres-Follow-up ein schlechteres Outcome als die Frauen. Männer waren nach einem Jahr nicht nur häufiger (86,7 %) von Problemen betroffen, diese waren auch gravierender als die der Frauen.

Ein schlechteres Outcome bei Patienten unter 65 Jahren deutet sich bereits im Jahres-Follow-up an, da diese etwas häufigere und vor allem ernstere Befunde wie Vorfußphlegmone oder Amputation zeigten als die älteren Patienten.

Unter der Rubrik eines zusätzlichen Follow-up wurden all jene Verlaufsdaten notiert, welche in dem Zeitraum vor dem Sechsmonats-Follow-up oder ergänzend zur jährlichen oder halbjährlichen Kontrolle erhoben werden konnten. Einige Ergebnisse folgen weitestgehend dem Trend der restlichen ausführlichen Untersuchungen.

So hatten Patienten mit offenen Wunden ein schlechteres Outcome als prophylaktisch operierte, besonders mit zunehmender Wundtiefe. Auch eine geringfügige pAVK verschlechterte die Prognose.

Ziel der therapeutischen Tenotomie ist in erster Linie die Wundheilung. Ob damit auch ein nachhaltiger Erfolg verbunden ist, soll die Analyse der Rezidive veranschaulichen. Während des gesamten Beobachtungszeitraumes blieben 88 Patienten (63,8 %) rezidivfrei und 94 (68,1 %) innerhalb des ersten postoperativen Jahres. 41 Patienten (29,7 %) litten unter erneuten Wunden an der tenotomierten Zehe; darunter 35 Patienten (25,4 %) innerhalb des ersten postoperativen Jahres (Abbildung 33); und 11 (8 %) waren mehr als einmal betroffen. Diese Rezidivraten fielen im Vergleich mit einer konservativen Therapie oder anderen Methoden^(30, 61) sowie nach Korrektur von Zehendeformitäten deutlich geringer aus⁽²²⁾.

Die ersten Rezidive wurden meist innerhalb der ersten sechs Monate postoperativ diagnostiziert, danach wuchs die Rezidivrate nur noch sehr langsam. Insgesamt waren mittlere Zeitspannen von 3 bis 33 Monaten vertreten (Tabelle 20, Tabelle 21). Daher schlagen wir kurzfristige Nachsorgeintervalle für das erste postoperative Jahr vor.

Erstrezidive traten vorwiegend an Großzehen und zweiten Zehen auf, wurden meist als einfache Läsion (34 %) bzw. Schwielenhämatom (17 %) beschrieben und konnten in 70,2 % der Fälle konservativ behandelt werden. Unpassende Schuhe und falsche Pflege bildeten die Ursachen der wieder aufgetretenen Wunden (Tabelle 18) und veranschaulichen den hohen Stellenwert regelmäßiger Nachsorge mit sorgfältiger Anpassung schützenden Schuhwerks und podologischer Behandlung⁽¹⁹⁾.

In einem Großteil der Fälle war der Mechanismus jedoch nicht bekannt – ein Manko, welches in der Planung einer prospektiven Untersuchung berücksichtigt werden sollte und mittels einheitlicher und sorgfältiger Dokumentation vermieden werden kann.

Auch Zweitrezidive waren häufiger an den Großzehen zu finden (63,6 %) und erschienen auch etwas rascher als an den Langzehen (5,2 Monate nach Erstrezidiv vs. 8,5 Monate), was statistisch jedoch nicht auffällig war. Ebenso konnte der überwiegende Teil (63,6 %) konservativ erfolgreich behandelt werden, jedoch kam es in einem Fall infolge fortschreitender Ischämie zur Zehenamputation. Dieser Patient war zum Zeitpunkt der Tenotomie von einer klinisch nicht relevanten pAVK betroffen und entwickelte operationsunabhängig im späteren Verlauf eine gravierende Ischämie im Rahmen eines Bypassverschlusses.

Da sich die Großzehe besonders rezidivanfällig erwies, wurde sie im Hinblick auf den Läsionsort genauer analysiert. Sowohl Erst- als auch Zweitrezidive waren vermehrt bei Wunden der plantaren (66,7 % der Großzehirrezidive) und medioplantaren Region (57,1 %) vertreten ($p=0,009$) und bestätigen die Untersuchung von Peters et al. ⁽⁵⁷⁾. Nach Durchtrennung der FHL verbleiben diese Regionen zum Teil in der Hauptbelastungszone, während sich die (medial-) apikale Region der Belastung entzieht und so das Rezidivrisiko erheblich mindert (apikal 33,3 %, medial-apikal 28,6 %).

Im Hinblick auf die Anzahl der je Sitzung operierten Zehen waren Patienten mit zwei Zehen am wenigsten von einem Erstrezidiv betroffen (11 %), während sich das Risiko bei einer oder vier Zehen gleich verhielt (20 %) und bei drei simultan operierten Zehen auf 33 % stieg. Auf die Entstehung der Zweitrezidive zeigte sich keine Auswirkung, diese waren nach Tenotomie von 1 bis 3 Zehen gleich häufig vertreten. Somit schnitt die gemeinsame Tenotomie zweier Zehen im Hinblick auf die Rezidivfreiheit langfristig am besten ab.

Wieder aufgetretene Beschwerden waren nach prophylaktischen Operationen seltener zu finden als Rezidive nach Tenotomien an offenen Wunden (19,9 % vs. 6,1 %). Zweitrezidive kamen sogar zu 90 % nach Operationen an offenen Läsionen vor. Ursprünglich wiesen Patienten, welche eine prophylaktische Operation erhielten, aufgrund einer bereits abgeheilten Wunde in der Anamnese ein Rezidivrisiko von 30-100% auf. Nach prophylaktischer Tenotomie zeigte sich eine deutliche Senkung des Rezidivrisikos auf 6,1%.

Auch diese Ergebnisse zeigen die Tendenz zu häufigeren Rezidiven in Verbindung mit Operationen an offenen Wunden und bekräftigen die vorigen Untersuchungsergebnisse unter dem Gesichtspunkt, möglichst vor Entstehung einer Läsion zu operieren. Auch wenn eine Wunde zunächst wieder heilt, ist das Gewebe im Bereich der Narbe nicht mehr voll intakt und leichter verwundbar mit der Folge einer hohen Rezidivgefahr^(6, 29).

Ebendies spiegelt sich auch in einer steigenden Häufigkeit von Erst- und Folgerezidiven mit zunehmender Wundtiefe wider. Dazu zählten an Zehen ohne Wunde (Wagner 0) erneute Beschwerden und an Zehen mit Wagner-Grad 1 bis 3 wiederholte Läsionen im behandelten Gebiet. So waren 93,7 % der operierten Zehen mit Wagner 0 frei von wieder auftretenden Beschwerden, hingegen nur 72,2 % mit Wagner 3 (Tabelle 23).

Als Beispiel war an Zehe R4 eine Rezidivhäufigkeit von 50 % mit Wagner 3 gegenüber 10 % an Wagner 0 und 0 % an Wagner 1-2 ($p=0,03$; Abbildung 34) zu finden.

Auch die rezidivfreie Zeit war mit höherem Wagner-Grad verkürzt. So waren an R4 nach drei Monaten nur 50 % der Zehen mit Wagner 3 rezidivfrei, hingegen 100 % der Zehen mit Wagner 0 bis 2 ($p=0,003$). Das Risiko, mit fortgeschrittener Wundtiefe häufiger und rascher Rezidive zu entwickeln, spricht für eine frühzeitige Tenotomie und engmaschige postoperative Kontrollen, wobei sich zweimonatige Abstände unseren Untersuchungen nach als günstig erweisen würden.

Komplizierte nun eine Infektion die präoperativ bestehende Wunde, traten jeweils häufiger Rezidive auf (Armstrong B 28,6 % / D 26,7 %) als ohne Infektion (Armstrong A 13,6 % / C 17,9 %, Tabelle 25). Deutlich wird dies an R3 im Stadium B gegenüber A ($p<0,001$). Auch war der rezidivfreie Zeitraum bei Vorliegen einer präoperativen Infektion verkürzt (Abbildung 36). Auch hier könnte die vorausgegangene Gewebeschädigung ursächlich sein.

Die Kombination aus Infektion und klinisch nicht relevanter pAVK (Armstrong D) erhöhte wie zu erwarten nochmals das Rezidivrisiko. Erste Hinweise auf diesen ungünstigen Einfluss selbst einer geringfügigen pAVK zeigten Untersuchungen an R4. Hier war im Stadium C und D mit 66,7 % und 50 % Rezidiven eine höhere Wiedererkrankungsrate gegeben ($p=0,001$) als im Stadium A, in welchem es keine Rezidive gab.

Genauere Untersuchungen zur Auswirkung selbst einer klinisch nicht relevanten pAVK auf das Rezidiventstehen ergaben eine erhöhte Erstrezidivrate von 19,7 % mit pAVK gegen 15 % ohne Durchblutungsstörung sowie ein rasches Wiederauftreten. Dies bestätigt den ersten Eindruck aus der Untersuchung der Armstrong-Stadien.

So zeigte Zehe R4 eine Rezidivrate von 57,1 % mit pAVK gegenüber 0 % ohne pAVK. Nach drei Monaten waren nur noch 57 % der Patienten mit Durchblutungsstörung rezidivfrei, aber 100 % der Patienten ohne pAVK (Abbildung 38). Auch nachfolgende Rezidive traten mit einer Durchblutungsstörung im Mittel schon nach 2,3 Monaten und damit wesentlich schneller auf als ohne pAVK (7,5 Monate). Da selbst geringfügige Durchblutungsstörungen mit einem erhöhten Rezidivrisiko einhergehen, sind engmaschige Nachsorgeuntersuchungen für Patienten mit entsprechendem Risikoprofil ange-raten.

War eine lange Wund- oder Beschwerdedauer in der präoperativen Anamnese mit häufigeren und rascheren Rezidiven gekoppelt? Ein Einfluss auf die Rezidivhäufigkeit ließ sich nicht feststellen, jedoch ergaben unsere Untersuchungen an L2 einen mittleren Zusammenhang ($r=0,495$) zwischen monatelangem Bestehen der Wunde vor der Tenotomie und einer längeren rezidivfreien Zeit. Bestanden die Beschwerden nur kurzfristig, traten auch die Rezidive etwas rascher auf. Ursprünglich erwarteten wir ein häufigeres und rascheres Vorkommen von Wiederholungsläsionen bei langer präoperativer Beschwerdedauer, insgesamt spielt diese jedoch nur eine untergeordnete Rolle. Möglicherweise spielt hier der Zeitpunkt des Arztbesuches eine Rolle, welcher von einigen Patienten hinausgezögert wird und daher eine rasche Erkennung von Problemen sowie deren Behandlung erschwert.

Begleitend zur Tenotomie erhielten einige Patienten mit Wagner 3 eine Nagelkranzresektion, in der entzündetes destruiertes Knochengewebe entfernt wurde. Da die Zehe im Anschluss etwas kürzer ist und in Folge dem Schuhanprall nicht mehr so stark ausgesetzt ist, erwarteten wir eine niedrige Rezidivrate. Unsere Untersuchungen ergaben jedoch eine Rezidivhäufigkeit von 38 % der Patienten in dieser Gruppe, welche im Mittel nach 12 Monaten auftraten. Damit ist der mittlere rezidivfreie Zeitraum doppelt so lang wie in der Patientengesamtheit, was die beabsichtigte Protektion der Zehe bestätigen könnte. Hingegen waren vergleichbare Patienten ($n=9$) ohne Nagelkranzresektion nicht von Rezidiven betroffen. Aufgrund der geringen Fallzahl ($n=6$) sind diese Ergebnisse jedoch nur eingeschränkt aussagefähig und machen weitere Untersuchungen mit größerer Fallzahl notwendig.

Zwar wird in einer Studie als prognostisch ungünstiger Faktor ein männliches Geschlecht angeführt ⁽⁶⁷⁾, wir fanden jedoch bei den Frauen eine etwas höhere Rezidivrate

(19,2 %) als bei den Männern (15,2 %). Unterschiede in der rezidivfreien Zeit zeigten sich in sieben Untersuchungsgängen, in vier davon traten die Rezidive bei Frauen rascher auf als bei den Männern. Auffällig war dies an der rechten und linken zweiten Zehe (R2: $p=0,029$, L2: $p=0,034$, Abbildung 40). In drei Untersuchungsgängen waren die Männer etwas rascher betroffen, jedoch ohne statistische Auffälligkeit. Das leicht erhöhte und raschere Rezidivrisiko der Frauen könnte seine Ursache im Schuhwerk haben, da Damen aus modischen Gründen möglicherweise zu enge Schuhe bevorzugen⁽¹⁹⁾.

Auch ein höheres Lebensalter der Patienten wird als Risikofaktor genannt⁽¹⁸⁾. Dies konnten wir nicht bestätigen, sondern kamen mit einer Erstrezidivrate von 19,6 % in der Gruppe der unter 65-Jährigen, verglichen mit 13,3 % in der Gruppe der über 65-Jährigen zu einem gegenteiligen Ergebnis. Folgerezidive waren in der Gruppe unter 65 Jahren sogar doppelt so oft vertreten 4,7 % vs. 2,8 %. Die jüngeren, oft noch berufstätigen Patienten belasten ihre Füße meist mehr als die älteren Patienten. Auf die rezidivfreie Zeit hatte das Alter hier allerdings wider Erwarten keinen Einfluss, es ergaben sich gleichviel längere wie kürzere Intervalle.

Die über unseren Erwartungen liegende Rezidivzahl erklärt sich möglicherweise in der Strategie der Tenotomie. Deren Ziel ist in erster Linie die Wundbehandlung zur Vermeidung von Amputationen und nicht die Korrektur von Zehendeformitäten mit Verbesserung der Biomechanik. Liegt z. B. als Läsionsursache eine überlange Zehe zugrunde, ist möglicherweise eine Verkürzungsosteotomie der Zehe als primärer Therapieansatz sinnvoller. Andere Deformierungen können, falls indiziert, nach Abheilung der Wunde durch weitere Operationen wie Zehenkürzungen oder eine Homann-Resektion des PIP-Gelenkes erfolgen, um weitere Wundrezidive zu vermeiden.

Entsteht einmal eine Wunde, welche eventuell noch durch Weichteil- oder Knocheninfektion verkompliziert ist, bleibt das Gewebe auch nach Abheilung sehr vulnerabel mit der Folge eines erhöhten Rezidivrisikos. Dabei ist unerheblich, ob die Wunde bereits lange Zeit vor der Tenotomie entstand. Ebenfalls haben schon eine geringfügige pAVK und übermäßige Belastung des Fußes durch Bewegung oder unpassende Schuhe einen ungünstigen Einfluss⁽⁶⁹⁾.

Im postoperativen Beobachtungszeitraum entstanden in einigen Fällen weitere Läsionen an nicht operierten Nachbarzehen und anderen Regionen des betroffenen Fußes. In ca.

1/3 der Fälle ist mit einer späteren Operation der Nachbarzehen infolge eines erhöhten Läsionsrisikos zu rechnen. Dabei waren meist zuerst die medial gelegenen Zehen, später die lateral gelegenen betroffen, was sich durch die Belastungsverlagerung erklärt. Es liegt nahe, gleich in der ersten Sitzung die gefährdeten Nachbarzehen ebenfalls zu operieren. Dies sollte jedoch nur an Füßen ohne Wunde bzw. erst nach abgeschlossener Wundheilung, dann aber frühzeitig, unternommen werden. Diese Folgeläsionen traten an ein bis drei Nachbarzehen gleichzeitig oder nacheinander auf und wurden chronologisch untersucht.

Die erste Folgeläsion charakterisierte sich in 30 % als Verletzung weiterer Zehen am operierten Fuß unterschiedlicher Genese und ohne direkten Bezug zur Tenotomie sowie als Wunde in plantarer, interdigitaler oder subungualer Region. Typische Transferläsion als Folge einer Belastungsverlagerung waren zu 25 % vertreten (s. u.).

Eine erste weitere Läsion war bei 43 % der Patienten festzustellen (Abbildung 41), vor allem nach Operation der zweiten und dritten Zehe. In der Literatur wird zumeist das Lebenszeitrisiko für eine Erstläsion erwähnt, was bei 25 % liegt. Über die Häufigkeit weiterer Läsionen an den Füßen waren keine Angaben in der Literatur zu finden. Aufgrund der Polyneuropathie besteht jedoch ein sehr hohes Risiko für weitere Läsionen und damit liegt nahe, dass ein Großteil der Patienten auch ohne vorangegangene Tenotomie mehrere Läsionen an verschiedenen Stellen des Fußes bekommen kann.

Nach gleichzeitiger Operation von drei Zehen traten weniger Folgeläsionen (20 %) auf als nach Tenotomie von einer, zwei oder vier Zehen (40 %). Meist war eine einzelne Zehe betroffen (54 %), die plantare Region hingegen eher selten (6 %). Nach Operation an den Großzehen wies vorwiegend Dig 2 neue Läsionen auf und das Risiko nahm von medial nach lateral ab (Tabelle 31). Dies erklärt sich vermutlich durch die Verlagerung der Hauptbelastung weg von der nun begradiigten distalen Großzehe auf die distalen Anteile der lateral deformierten Zehen⁽²³⁾ und erfordert sorgfältige Nachsorge in 2-4-wöchigen Intervallen. Hingegen waren nach Operation der Langzehen vorwiegend Folgeläsionen an den Großzehen zu finden (Tabelle 32), da diese dann die Hauptbelastung übernehmen.

Das Risiko, nach einer ersten Läsion noch weitere zu bekommen, nahm im Verlauf deutlich ab. Von einer zweiten Läsion waren nur noch 22 % aller Patienten betroffen (Abbildung 42), von einer dritten nur noch 9 %. Wie die erste Läsion traten auch diese meist nach Operation der zweiten und dritten Zehe auf. Ein Unterschied zeigte sich in

den Manifestationsorten, denn hier waren Großzehe, die vierte Zehe und die plantare Region am häufigsten betroffen (Tabelle 35). Lag die Hauptbelastung zuvor in der distalen Zehenregion, wird diese durch die Tenotomie auf die distale Region der Nachbarzehen verlagert. Das gleiche Phänomen ist auch nach Amputation einer Zehe zu erwarten, allerdings findet diese Druckumverteilung durch die komplette Entfernung der Zehe in stärkerem Ausmaß statt als nach der Tenotomie⁽²⁷⁾.

Anders als die Rezidive, welche vorwiegend in den ersten Monaten postoperativ auftraten, entstand die erste Folgeläsion häufig auch noch zu späteren Zeitpunkten. So sank die Wahrscheinlichkeit, ohne weitere Läsion zu bleiben, nach der Tenotomie an R2 innerhalb eines Jahres von 85 auf 63 % (Tabelle 37). War einmal eine Läsion vorhanden, folgte eine Zweite in kurzem Abstand (MW 1,3-5,6 Monate) und eine Dritte erschien erst nach einer größeren Zeitspanne (MW 2,4-7,1 Monate). Spätestens nach Manifestation der ersten Folgeläsion ist eine weitere Tenotomie an der nächsthoch belasteten Zehe angeraten. Um diesen Prozess zu umgehen, besteht die Möglichkeit, weitere Risikozehen gleichzeitig ebenfalls zu operieren, sofern keine offene Wunde besteht.

Das Risiko einer zweiten Folgeläsion sank mit steigender Anzahl der gleichzeitig operierten Zehen von 24 % auf 7 %, sofern maximal drei Zehen in einer Sitzung operiert wurden. Simultane Tenotomie von vier Zehen barg wiederum ein höheres Risiko von 20 %. Auch für eine dritte Folgeläsion sank das Risiko mit steigender Anzahl der operierten Zehen von 10 auf 0 %, wobei hier auch bei vier operierten Zehen keine weitere Läsion auftrat. Somit eignet sich die Operation von 2 oder 3 Zehen gleichzeitig am ehesten zur Prophylaxe weiterer Läsionen.

Unsere Untersuchungen ergaben ein Risiko von 26,1 %, nach einer primärprophylaktischen Operation eine erste Folgeläsion zu erleiden. Es ist damit geringer als nach sekundärprophylaktischen Operationen (34,1 %) oder Operationen bei offenen Wunden (42,2 %) und ebenso deutlich geringer als das allgemeine Läsionsrisiko, nachdem 43 % der Patienten eine erste Folgeläsion bekommen (s. o.). Auch zweite Läsionen waren nach primärprophylaktischen Operationen am wenigsten vertreten (13,9 %) und nach Tenotomien bei offenen Wunden zu 20 %. Auch wenn diese Ergebnisse statistisch nicht auffällig waren, sprechen sie nicht gegen eine prophylaktische Tenotomie. Somit kann eine prophylaktische Operation mehrerer Zehen bei der Indikationsstellung mit in Betracht gezogen werden.

Untersuchungen zum Zeitraum bis zum Auftreten der Nachbarläsionen lieferten widersprüchliche Ergebnisse. Teils erschienen sie nach prophylaktischen Operationen auffallend rascher, in der Mehrzahl jedoch traten sie nach Operation bei offenen Wunden schneller auf. Insgesamt hat dieser Aspekt wenig Auswirkung auf den Zeitpunkt der Läsionsentstehung und ist durch zum Teil sehr geringe Fallzahlen nur eingeschränkt zu bewerten.

Einen Hinweis darauf liefert auch die Analyse der Wundtiefe im Zusammenhang mit der Entstehung von Folgeläsionen. So stieg das Erstläsionsrisiko mit zunehmender Wundtiefe von 28,6 % mit Wagner 0 über 40,1 % mit Wagner 1-2 auf 55,6 % mit Wagner 3 (Tabelle 41). Ebenso häuften sich Zweitläsionen mit höherem Wagnergrad (Wagner 0: 12,7 %, Wagner 1-2: 19,3 %, Wagner 3: 30,6 % Tabelle 42).

Ist bereits eine Wunde entstanden, steigt also nicht nur das Rezidivrisiko, sondern auch das Risiko für weitere Läsionen am Fuß. Ursächlich ist die sensorische und autonome Neuropathie, welche schon bei minimalem Trauma erneute Wunden begründen kann. Wieder wird deutlich, dass eine Tenotomie zu einem frühen Zeitpunkt erstrebenswert ist.

In diesem Zusammenhang wäre auch ein rascheres Auftreten der Folgeläsionen an Füßen mit vorbestehenden Wunden zu erwarten gewesen, dies zeigte sich jedoch nicht. Ein Untersuchungsgang lieferte stattdessen Informationen zu späterem Auftreten von Drittläsionen an diesen Füßen, möglicherweise bedingt durch Ruhigstellung und geringe Belastung der vorgeschädigten Füße. Auf die Häufigkeit von Drittläsionen hatte die präoperative Wundtiefe unseren Untersuchungen nach keinen Einfluss, vermutlich wegen des großen zeitlichen Abstandes zwischen Operation und potenzieller Drittläsion.

Auch nach einer präoperativ vorliegenden Infektion fand sich ein etwas häufigeres Vorkommen der ersten und zweiten Folgeläsion, jedoch ohne statistisch auffällig zu sein. Für einen Zusammenhang mit dem Entstehen einer dritten Läsion sowie dem Zeitpunkt der Folgeläsion gibt es keinen Anhalt.

Die Durchblutung hat auf das Erscheinen weiterer Läsionen anders als erwartet nur wenig Einfluss. Zwar waren an L1 ausschließlich die Füße der Patienten mit einer geringfügigen pAVK von der ersten Folgeläsion betroffen ($p=0,01$, Abbildung 44), jedoch boten die restlichen Untersuchungsgänge ein gemischtes Bild mit je 40 % Läsionen an Füßen mit und ohne geringe pAVK.

Auch wäre in Verbindung mit einer Durchblutungsstörung ein deutlich rascheres Auftreten der ersten Folgeläsion zu erwarten gewesen. Dies zeigte sich zwar ebenfalls an L1 mit Mittelwerten von 3,5 Monaten mit pAVK und 21,5 Monaten ohne pAVK ($p=0,001$, Abbildung 45), insgesamt bot jedoch die Hälfte der Untersuchungsgänge ein gegenteiliges Bild. Somit scheint die Ausprägung der Polyneuropathie und eine gestörte Biomechanik für die Entstehung von Nachbarläsionen eine größere Rolle zu spielen als die Durchblutung.

Zweit- und Drittläsionen traten mit und ohne Durchblutungsstörung ähnlich häufig auf, allerdings ohne pAVK etwas rascher (Abbildung 46 u. 47).

Auch die präoperative Wunddauer wirkte sich nicht wesentlich auf Häufigkeit und Zeitpunkt der ersten und zweiten Folgeläsionen aus. Lediglich L1 zeigte eine Verbindung zwischen langer Wunddauer und gehäufte erster Folgeläsion (Abbildung 48), während die anderen Untersuchungsgänge sowohl bei langer als auch bei kurzer Wunddauer vermehrt Folgeläsionen zeigten.

Wir erwarteten in Verbindung mit langer Wunddauer ein schlechteres Outcome, was sich so auch in der Analyse der Drittläsionen andeutete. Diese traten in Verbindung mit langer Wunddauer etwas häufiger und deutlich schneller auf (Abbildung 49).

Einige Operationen erforderten eine zusätzliche Resektion des Nagelkranzes. Nach dieser Maßnahme war in 53 % der Fälle eine erste Folgeläsion zu finden und diese trat auch auffallend rascher auf (MW 10,9 Monate) als an Zehen ohne Nagelkranzresektion (MW 23,6 Monate, $p=0,05$, Abbildung 51). Auch Zweitläsionen waren häufiger zu finden, während sich bei Drittläsionen mit einem späteren Auftreten derselben ein gegenteiliger Einfluss zeigte. Erfolgt eine Kürzung der Zehe durch Entfernung des Nagelkranzes, ist die Umverteilung der Belastung auf andere Fußregionen ausgeprägter als bei Erhalt der ursprünglichen Zehenlänge.

Obwohl ein männliches Geschlecht oft als Risikofaktor angeführt wird, konnten unsere Untersuchungsergebnisse dies nicht bestätigen. Sowohl eine erste Folgeläsion als auch Zweit- und Drittläsionen waren bei den Frauen etwas häufiger vertreten als bei den Männern, wenn auch nicht statistisch auffällig. Ebenso zeigte sich keine Auswirkung des Geschlechts auf den Zeitpunkt der Läsionsentstehung.

In der vorliegenden Arbeit waren Patienten unter 65 Jahren auffallend häufiger und rascher von Folgeläsionen betroffen als die älteren Patienten, z. B. an L2 mit 56,5 % vs. 26,1 %, ($p=0,036$) und Mittelwerten von 15,9 Monaten vs. 34,9 Monaten ($p=0,01$, Ab-

bildung 52 u. 53). Dieser Trend setzt sich bis zur Entstehung der dritten Folgeläsion fort, welche ebenfalls in der Gruppe der jüngeren Patienten rascher auftrat ($p=0,008$, Abbildung 54). Eine Ursache dafür ist sicher die vermehrte Beanspruchung der Füße jüngerer Patienten, da diese zum Großteil noch berufstätig und mobiler sind. Daher kommt an Füßen ohne Wunde die gleichzeitige Operation aller Risikozehen in Betracht. An Füßen mit bestehender Läsion kann eine prophylaktische Tenotomie der Risikozehen nach abgeschlossener Wundheilung erfolgen.

Zusammenfassend kristallisieren sich Faktoren heraus, welche mit gehäuftem Auftreten von Mehrfachläsionen assoziiert sind. Dazu zählen ein jüngeres Patientenalter, ein weibliches Geschlecht, das Vorliegen einer geringfügigen pAVK und Operationen an Füßen mit tieferen Wunden.

Nur ein geringer Teil dieser Läsionen, die Transferläsionen (13 % der Patienten), sind aufgrund ihrer Entstehung und Lokalisation an der Zehenkuppe der nächsthoch belasteten Zehe direkt auf die Tenotomie zurückzuführen, während die restlichen Folgeläsionen wie plantare, interdigitale oder subunguale Läsionen unterschiedlicher Genese waren. Das durch die Tenotomie entstehende Risiko für Transferläsionen ist somit wesentlich geringer als das allgemeine Risiko für diabetische Fußulcera von 25%. In Anbetracht des Risikofaktors Polyneuropathie ist davon auszugehen, daß auch ohne eine vorangegangene Tenotomie eine weitere Wunde am Fuß entstanden wäre. Weiterhin ist zu unterstellen, dass nach einer Zehenamputation, die ja zumindest bei Patienten mit einer floriden Osteomyelitis des Endgliedes eine typische Therapieoption darstellt, durch die veränderte Biomechanik mit mindestens gleichhoher Wahrscheinlichkeit Transferläsionen der Nachbarzehen zu erwarten sind.

Meist waren durch diese Belastungsverlagerung die zweite und dritte Zehe von einer Transferläsion betroffen, die Großzehe hingegen nur selten.

Nach Tenotomie von drei oder vier Zehen gleichzeitig folgten keine Transferläsionen, während sie nach der Operation nur eines oder zweier Zehen in mehr als 10 % auftraten. So liegt die gleichzeitige Operation aller Risikozehen zur Prophylaxe von Transferläsionen nahe, sofern keine offene Wunde am Fuß besteht bzw. diese abgeheilt ist.

Transferläsionen kamen zwar seltener, dafür aber schneller vor als Rezidive oder die Gesamtheit der Folgeläsionen. So traten sie im Mittel zwischen 1,5 und 8,5 Monaten

postoperativ auf, was eine sorgfältige engmaschige postoperative Kontrolle der gefährdeten Nachbarzehen empfiehlt.

Untersuchungen zu therapeutischen Operationen bei offenen Wunden und prophylaktischen Tenotomien lieferten im Hinblick auf die Häufigkeit und den Zeitraum des Auftretens von Transferläsionen keine wesentlichen Unterschiede. War allerdings eine offene Wunde vorhanden, stieg die Häufigkeit mit zunehmender Wundtiefe deutlich an, so von 8 % mit Wagner 0 über 10 % mit Wagner 1-2 auf 22 % mit Wagner 3. Hier waren mehrere Untersuchungsgänge statistisch auffällig und boten z. B. an R1, R2 und L3 einen Anstieg der Transferläsionsrate von 0 % (Wagner 0) auf über 40 % (Wagner 3), (Tabelle 48). Möglicherweise liegt an Füßen mit tiefen Wunden eine stärker ausgeprägte Polyneuropathie zugrunde. Diese Ergebnisse liefern ebenso wie das erhöhte Rezidivrisiko im Zusammenhang mit tieferen Wunden einen Hinweis auf eine bessere Prognose der Tenotomien in einem frühzeitigen Wundstadium und machen weitere Untersuchungen notwendig.

Im Unterschied zu den Rezidiven und der Gesamtheit der Folgeläsionen traten Transferläsionen nur selten in Verbindung mit einer pAVK auf, was sicher durch den Entstehungsmechanismus der direkten Belastungsverlagerung bedingt ist.

Nach einer begleitenden Nagelkranzresektion an Zehen mit Wagner 3 kam es wie erwartet deutlich rascher zu Transferläsionen (Mittel 6,2 Monate) als zu Rezidiven (Mittel 12 Monate), da die verkürzte Zehe nun die Belastung vollständig an die als nächstes betroffene Zehe abgibt und selbst nicht mehr dem Schuhanprall ausgesetzt ist. In unseren Untersuchungen zeigten 31 % der Patienten mit einer Nagelkranzresektion eine Transferläsion und damit ergab sich ein ähnliches Bild wie zuvor in den Untersuchungen zur Rezidivhäufigkeit (38 %). Im Hinblick auf den Entstehungsmechanismus erwarteten wir ein höheres Risiko für Transferläsionen, was sich bereits in der Gesamtheit der Folgeläsionen (52,9 %) andeutete und rechneten mit niedrigerem Rezidivrisiko, da die Maßnahme zusätzlich zur Entfernung infizierten Knochens auch der Rezidivverhinderung dient.

Zwischen den Geschlechtern zeigten sich hinsichtlich der Häufigkeit von Transferläsionen nur geringe Unterschiede. Hier waren die Männer zu 12 % und Frauen zu 10 % betroffen. Diese Differenz ist trotz eines signifikanten Ergebnisses an R2 (Transferläsion zu 100 % bei Männern, $p=0,016$) zu gering, um ein männliches Geschlecht als Risikofaktor zu bestätigen. Ähnlich verhielt es sich mit dem Zeitpunkt des

Auftretens, nachdem die Frauen in der Mehrzahl der Untersuchungsgänge rascher betroffen waren ohne statistische Auffälligkeit, die Männer hingegen in einer Untersuchung signifikant schneller ($p=0,022$, Abbildung 58). Unsere Ergebnisse zeigen somit kein eindeutiges Risiko im Zusammenhang mit dem Geschlecht.

Der Zusammenhang zwischen Patientenalter und dem Vorkommen von Transferläsionen stellte sich ähnlich dar wie in den Untersuchungen zu Rezidiven und der Gesamtheit der Folgeläsionen. Auch hier war die Gruppe der Patienten unter 65 Jahren häufiger (15 %) betroffen als die Gruppe der älteren Patienten (7 %), wenn auch statistisch nicht auffällig. Auf den Zeitpunkt des Entstehens hatte das Alter hier keinen Einfluss.

Ein Hauptproblem des Vergleichs dieser Arbeit mit anderen Studien ist die unterschiedliche Patienten- und Methodenselektion der verschiedenen Untersuchungen. So werden in den Studien von Lountzis et al. ⁽⁵⁰⁾ sowie Tamir et al. ⁽⁶⁶⁾ beide Beugesehnen durchtrennt, dagegen bei Laborde ⁽⁴⁵⁾ nur die lange Beugesehne in vergleichbarer Technik. Mal beinhaltet das Patientengut ausschließlich Diabetiker ^(50, 66) mal verschiedene neuropathische Patienten ⁽⁴⁵⁾. Zwar berichtet Laborde über ein sehr gutes Langzeitergebnis ohne Wundinfekte, Transferläsionen oder Rezidive der Langzehen, allerdings betrug die Patientenzahl ($n=18$, davon 14 Diabetiker) nur ca 10 % des Kollektivs der vorliegenden Arbeit. Rezidive der Großzehen dafür kamen annähernd gleichhäufig wie in unseren Ergebnissen vor. Auch Tamir et al. ⁽⁶⁶⁾ berichten über ein gutes Ergebnis der Tenotomie der langen und kurzen Beugesehne ohne Komplikationen, selbst bei Vorliegen einer Osteomyelitis. Sowohl Patientenanzahl als auch Nachbeobachtungszeit waren dabei wesentlich geringer als in der vorliegenden Arbeit. Lountzis et al. ⁽⁵⁰⁾ wiederum beschreiben nur Methodik der Tenotomie als Standardtherapie zur Wundbehandlung ohne Nachuntersuchung. Eine prospektiv angelegte Multicenter-Studie mit einem großen Patientenkollektiv könnte diese verschiedenen Ausgangsbedingungen vereinheitlichen.

Ein direkter Vergleich unserer Ergebnisse mit einer nicht operierten Patientengruppe war aus ethischen Gründen nicht möglich. Ebenso bleibt unklar, wie viele Patienten aufgrund der Tenotomie keine Amputation erhalten haben. Es wird jedoch postuliert, dass ein Patient mit Wunden im Wagner-Grad 3 ohne eine therapeutische Tenotomie einen wesentlich schlechteren Verlauf erlebt und häufiger zehenamputiert wird, als mit einer Tenotomie ⁽²⁶⁾.

Die Tenotomie der Flexor-hallucis-longus-Sehne und der Flexor-digitorum-longus-Sehne eignet sich als therapeutische Operationstechnik zur Entlastung von Kuppenläsionen, solange eine Zehenfehlstellung noch flexibel ist. Sie verhindert die Beugung im Endglied und holt somit die Zehenkuppe aus der Belastungszone heraus. In Folge kann die Kuppenläsion abheilen und dem Patienten mit einem minimalen chirurgischem Trauma für lange Zeit Besserung verschaffen.

Im Vergleich zu aufwendigeren Operationen zur Fehlstellungskorrektur ist hier das Trauma an den Weichteilen geringer als am Knochen und die Methode birgt geringere Risiken. Somit sind auch perioperative Wundinfektionen und Wundheilungsstörungen weniger problematisch als nach Eingriffen am Knochen. Zwar verbleibt der durchblutete Knochen an Ort und Stelle, während die nicht durchblutete Sehne in Folge der Tenotomie nach proximal rutscht und in der Sehnenscheide theoretisch zur Keimverschleppung und höheren Komplikationen führen könnte; in der Praxis und in unseren Ergebnissen ist diese Problematik jedoch nicht aufgetreten.

Die kleine Inzisionswunde als Zugang zur langen Beugesehne liegt außerhalb belasteter Regionen des Fußes und heilt dadurch auch bei einer eventuell bedeutsameren Perfusionsstörung ab, wenn dann auch etwas verzögert, während die Wundheilungszeit bei guter Durchblutung normal war. Somit ist dieser kleine Eingriff hinsichtlich der Wundheilungsbedingungen bei diabetischer Stoffwechsellage⁽⁵³⁾ durchaus zu vertreten. Nosokomiale Wundinfekte kamen im Rahmen einer leitliniengerechten perioperativen Antibiotika-Therapie selten vor und verliefen in der Regel komplikationslos. In keinem Fall war eine Amputation als direkte Folge der Tenotomie erforderlich, sondern nur als Folge einer schweren pAVK nach Bypass-Stenose.

Folgeerscheinungen der Tenotomie wie Transferläsionen oder andere Läsionen in zuvor intakten Regionen des operierten Fußes oder nosokomiale Wundinfekte können ebenso nach einer Zehenamputation auftreten und möglicherweise wesentlich gravierender ausfallen. Ein Problem ist jedoch die Entstehung von Transferläsionen an bisher unverletzten Stellen durch eine Belastungsverlagerung. Diese Risikozonen müssen engmaschig überwacht und ggf. behandelt werden, bevor eine Transferläsion entsteht. Im Gegensatz zur Amputation sind Risiken und Kosten der Tenotomie wesentlich geringer und der Nutzen erheblich größer und gewährleistet unter Umständen den Erhalt der Extremität. Das Risiko für plantare Läsionen nach Tenotomie der die mediale Fußwölbung unters-

tützenden FHL ist mit 5 % recht gering, da durch die Verwachsung der FHL mit der kurzen Beugesehne proximal des Grundgelenkes weiterhin Stabilität verbleibt⁽²⁶⁾.

Eine Tenotomie ist sowohl prophylaktisch zur Abwendung einer drohenden Wunde, als auch therapeutisch zur Wundbehandlung geeignet. Prophylaktische Operationen zeigten langfristig ein gutes Ergebnis. Zwar besteht ein gewisses Risiko für Transferläsionen, diesem jedoch kann mittels gleichzeitiger Operation von zwei oder drei weiteren Risikozehen begegnet werden, sofern keine offene Wunde am Fuß besteht. Des Weiteren ist eine prophylaktische Tenotomie bei einem erhöhten Läsionsrisiko im Rahmen einer ausgeprägten Neuropathie, bei Krallenzehen oder vermehrter Belastung in jüngerem Alter in Erwägung zu ziehen. Engmaschige postoperative Kontrollen z. B. in 4-wöchigem Abstand sind angeraten, entsprechend den Nachsorge-Intervallen der Kategorie 3 der Versorgungsleitlinien⁽¹²⁾. Grundsätzlich sind prophylaktische Operationen zur Abwendung einer drohenden Wunde nach sorgfältiger Auswahl der Patienten, wie schon von Armstrong⁽⁶⁾ beschrieben, empfehlenswert. Ist einmal eine Läsion entstanden, bleibt das Narbengewebe auch nach Abheilung sehr vulnerabel und es kann immer wieder zu Rezidiven kommen.

Für die therapeutische Tenotomie zur Wundbehandlung ist eine frühzeitige Operation empfehlenswert, da im postoperativen Verlauf mit größerer Wundtiefe zunehmend Komplikationen wie verlängerte Wundheilung, Rezidive und weitere Läsionen auftreten.

Im Hinblick auf nosokomiale Wundinfekte kann unter antibiotischer Abdeckung durchaus an oder neben einer bestehenden Wunde operiert werden, da das Infektionsrisiko gegenüber Füßen ohne Wunde nicht erhöht war. Vielmehr steht hier der wundheilende Effekt der therapeutischen Tenotomie im Vordergrund, da ohne diese Maßnahme Läsionen nur erheblich verzögert mit allen hieraus resultierenden Komplikationen oder gar nicht abheilen können. Auch bei bestehender Infektion und selbst bei Vorliegen einer Osteitis ist eine Tenotomie unter perioperativer antibiotischer Abdeckung indiziert, ggf. in Begleitung einer Nagelkranzresektion. Obwohl Rezidive und Transferläsionen nach einer Nagelkranzresektion etwas häufiger zu finden waren, ergaben sich gute langfristige Ergebnisse, denn zum Zeitpunkt der Jahresuntersuchung waren alle Patienten, welche eine Nagelkranzresektion erhielten, ohne auffälligen Befund.

Selbst in Spätstadien mit Nekrosen oder bei bestehender Amputationsindikation ist eine Tenotomie der langen Beugesehne unter Umständen indiziert, da sie die Zehe aus der Belastungszone herausholt und somit eine Keimverschleppung durch Belastung des infizierten Gewebes verhindert und somit zur Deeskalation der Wundinfektion beiträgt.

Somit stellt sich die Tenotomie der FHL/FDL als eine einfache und effektive Strategie zur Wundbehandlung und Amputationsvermeidung dar. Auch wenn sie bei entsprechender Zehenfehlstellung als Prophylaxe eingesetzt wird, dient sie nicht zur Korrektur einer Deformität und Verbesserung der Biomechanik. Gegebenenfalls sind initial andere verkürzende Verfahren nach einer Tenotomie an prominenten Zehen indiziert und verschiedene Möglichkeiten der kombinierten Weichteilchirurgie bieten sich zur Behandlung von Deformitäten an. So kann evtl. nach Abheilung eine Hohmann-Resektion erfolgen (27).

Eine absolute Kontraindikation für die Tenotomie der FHL/FDL ist eine relevante pAVK ohne erfolgreiche Revaskularisation. Sollte eine Revaskularisation auch nach Einholen einer zweiten gefäßchirurgisch-interventionellen Meinung nicht möglich sein, könnte eine Tenotomie riskiert werden, um ein Fortschreiten der Läsion und damit ein höheres Risiko der Majoramputation zu vermeiden, vorausgesetzt ein optimiertes Entlastungskonzept ist bereits ausgereizt. In der vorliegenden Arbeit gingen wir bei drei Patienten mit relevanter pAVK und bestehender Amputationsindikation dieses Risiko ein, mit dem Ziel der Amputationsvermeidung. Bei einem Patienten heilte die Wunde auch zunächst ab, im späteren Verlauf musste die Zehe dennoch aufgrund der schlechten Perfusion amputiert werden. Bei den beiden anderen Patienten war die Durchblutung so schlecht, dass die Entfernung der Zehe nicht zu umgehen war.

Schon selbst eine gering ausgeprägte pAVK mit einem Durchblutungsindex unter 0,8 wirkte sich unseren Untersuchungen nach durch eine verlängerte Wundheilungszeit und ein größeres Risiko der Rezidiventstehung ungünstiger auf den Verlauf aus als ein normaler Gefäßstatus, so wie bereits in der Eurodiale-Studie (59) beschrieben. Ebenso ist mit zunehmender Wundtiefe und eventuell begleitender Wundinfektion ein schlechterer Verlauf durch eine verlängerte Wundheilungszeit sowie ein rascheres und häufigeres Auftreten von Rezidiven und Transferläsionen zu erwarten und begründen eine Tenotomie in frühem Stadium.

Die Ergebnisse und deren Auswertung beziehen sich auf das Patientengut einer chirurgischen Praxis. Da bisher eine wissenschaftliche Evidenz dieser ambulanten operativen

Prozedur fehlt, bietet sich ein Anlass für weitere Multicenter Studien und prospektiv randomisierte Studien. Deren Inhalt könnten Fragestellungen wie der Langzeitverlauf in einem großen Kollektiv prophylaktisch tenotomierter Patienten sowie weitere Untersuchungen zur Amputationsabwendung nach Tenotomie bei bestehender Amputationsindikation sein.

Günstig dafür wäre eine einheitliche genau definierte Dokumentation der Operationsindikation auch im Hinblick auf eine Amputationsindikation, der Wundlokalisierung, der Ausprägung der Polyneuropathie mittels Score, vorher festgelegte Kontrollabstände und der im Verlauf entstehenden Komplikationen. Nach Abheilung bieten sich in den ersten sechs Monaten 4wöchige Kontrollen, später 8wöchige an. Die Füße von Patienten mit hohem Risiko sollten auch zwischen diesen Terminen untersucht werden. Nach unseren Ergebnissen empfiehlt sich dies in fortgeschrittenem Wagner-Armstrong-Stadium, bei Vorliegen selbst einer geringen pAVK, Vorhandensein von Krallenzehen und (medio)plantaren Läsionen der Großzehe.

Das größere Rezidivrisiko dieser medioplantaren und plantaren Großzehenregion erklärt sich durch eine auch nach der Tenotomie fortbestehenden Teilbelastung der Wundregion im Rahmen der eingeschränkten Gelenkbeweglichkeit bzw. Versteifung im Rahmen eines Hallux valgus/limitus/rigidus und bestätigt frühere Untersuchungen⁽⁵⁷⁾. Im Gegensatz zur Studie von Stephens⁽⁶⁵⁾ war nach unseren Ergebnissen bei einem Hallux rigidus eine Entlastung durch eine Tenotomie nicht realisiert. Zusätzlich sind Verfahren zur HalluxrigidusChirurgie^(10, 11, 43) erforderlich oder eine Entlastung über eine Schuhrichtung mit spezieller Ballenrolle und lokal entlastenden diabetesadaptierten Bettungen. Möglicherweise können begleitende Resektionen knöcherner Vorsprünge z. B. der medialen Kondyle der Basis des Endgliedes das Ergebnis entscheidend verbessern. Diese Methode bietet Anlass für weitere Untersuchungen an ausgewählten Patienten.

Hingegen zeigen Operationen an Großzehen mit medial und medial-apikalen Läsionen einen günstigeren Verlauf mit kürzerer Wundheilungszeit und geringerem Rezidivrisiko. Hier verlagert sich die Wundregion nach der Tenotomie aus der Belastungszone heraus und liegt in der gut gepolsterten Zehenbeerenregion. Zum Erhalt dieses Effektes ist ein ausreichend großer Schuh obligat, in dem die Zehenspitze nicht gedrückt wird.

Zwar bewirkt die Tenotomie der Großzehe eine gewisse Störung der Abrollmechanik, diese ist bei einer Polyneuropathie jedoch grundsätzlich verändert⁽¹³⁾; und die Stabilität im Grundgelenk bleibt durch die Sehnenverbindung zwischen FHL und FHB im Be-

reich der Mittelfußregion größtenteils erhalten. Somit lässt sich das subjektiv gute Ergebnis ohne Langzeitfolgen erklären.

Als Gegenstand weiterer Untersuchungen bieten sich dorsale Großzehenläsionen an, welche in unserem Kollektiv nicht vorhanden waren. Hier kann sich die Zehe durch meist eine Kombination aus Tenotomie der FHL und ZPlastik der Extensoren ausreichend strecken und mittels eines ausreichend großen Schuhs mit guter Polsterung vor weiteren Läsionen geschützt werden.

5 Zusammenfassung

Wesentlich für die Abheilung diabetischer Fußläsionen ist die konsequente Entlastung des Wundbezirkes. Die Tenotomie der Flexor-hallucis-longus-Sehne und Flexor-digitorum-longus-Sehne bietet sich für vorhandene oder drohende Läsionen im apikalen Zehenbereich als komplikationsarme und kostengünstige weichteilchirurgische Maßnahme mit einem minimalen chirurgischen Trauma an. Sie bewirkt eine Verlagerung der Zehenkuppe aus der Belastungszone heraus. Die Zehe wird wieder im physiologischen Bereich der Zehenbeere belastet und die Wunde kann abheilen. Die Sehnedurchtrennung erfolgt außerhalb der Belastungszone offen über eine kleine Inzision oder gedeckt mit einer feinen Lanzette. Diese Operation ist ambulant durchführbar und der Patient kann, sofern dies vor der Operation möglich war, den Fuß sofort wieder voll belasten bzw. nutzt evaluierte entlastende Hilfsmittel. Grundbedingung für eine ungestörte postoperative Wundheilung ist eine ausreichende Durchblutung ohne Vorliegen einer relevanten pAVK -andererseits wäre eine Tenotomie kontraindiziert- sowie im Falle eines Infektes eine erregeradaptierte perioperative antibiotische Behandlung. Unter diesen Umständen ist das Risiko für nosokomiale Infektionen nicht höher als bei vergleichbaren Weichteileingriffen und die kleine Inzisionsnaht heilt in der Regel in 9-15 Tagen ab. Somit können auch lange vorbestehende kleinere Wunden in kurzer Zeit abheilen und zeigen ein gutes Langzeitergebnis. Ein Jahr postoperativ waren 92,4% der Patienten ohne Wunde an der Operierten Zehe. Die Abheilungszeit der Läsionen richtet sich erwartungsgemäß vorwiegend nach der Wundtiefe und verlängert sich bereits bei Vorliegen einer geringfügigen Durchblutungsminderung. Nach Abheilung der initialen Wunde birgt die Narbenregion ein gewisses Risiko für erneute Läsionen (=Rezidive). Im ersten postoperativen Jahr waren 70% der Patienten rezidivfrei und weisen damit ein wesentlich geringeres Risiko auf als nach anderen Behandlungsmethoden. Beeinflussende Faktoren sind die ursprüngliche Wundtiefe, eine nur geringfügige Durchblutungsstörung und eine vermehrte Belastung z. B. durch unpassende Schuhe. Auch nach ursprünglichen Läsionen der plantaren Großzehenregion zeigten sich häufig Rezidive, da die Zehe durch die Tenotomie nicht vollständig aus der Belastungszone herauskommt und begleitende knochenchirurgische Maßnahmen nötig sind. Ein Risiko der Tenotomie ist die Entstehung von weiteren Läsionen am operierten Fuß, welche zumeist als Transferläsionen an bisher unverletzten Fußregionen durch Druckumverteilung in Erscheinung

treten. Betreffende Risikozonen müssen engmaschig kontrolliert und gegebenenfalls mitbehandelt werden. Sofern keine offene Wunde am Fuß besteht, ist dazu durchaus eine prophylaktische Tenotomie von zwei oder drei Risikozehen möglich und nur mit geringen Risiken verbunden. Da der postoperative Verlauf im Wesentlichen von der Wundtiefe der Initialläsion bestimmt wird, ist eine Tenotomie in einem frühen Wundstadium oder besser noch prophylaktisch vor drohender Entstehung einer Läsion empfehlenswert. Generell zeigten prophylaktische Tenotomien zur Abwendung einer drohenden Wunde ein gutes Ergebnis. Sie ist z. B. bei einem erhöhten Läsionsrisiko im Rahmen einer ausgeprägten Neuropathie, bei Krallenzehen und vermehrter Belastung in jüngerem Alter in Erwägung zu ziehen. Unter Umständen ist jedoch selbst in Spätstadien mit Nekrosen oder bei bestehender Amputationsindikation eine Tenotomie indiziert, da durch die Entlastung der Wundregion eine Keimverschleppung aus dem infizierten Gewebe verhindert und damit eine Deeskalation erreicht werden kann. Wesentlich für einen optimalen postoperativen Langzeitverlauf sind regelmäßige, engmaschige Kontrollen des initialen Wundortes und weiterer Risikozonen, welche im ersten postoperativen Jahr mindestens 4-wöchig, später 2- bis 3-monatlich erfolgen sollten.

6 Literaturverzeichnis

1. Ambrosch A, Lehnert H, Lobmann R (2003). *Microbiological aspects and antibiotic therapy of diabetic foot infections*. Med Klin (Munich). 98 (5): 259–65.
2. Arbeitsgemeinschaft Diabetischer Fuß in der Deutschen Diabetes-Gesellschaft (DDG) e. V. *Fuß-Dokumentationsbogen der AG-Fuß in der DDG*. Arbeitsgemeinschaft Diabetischer Fuß in der Deutschen Diabetes-Gesellschaft (DDG) e. V.
3. Armstrong DG, Nguyen HC, Lavery LA, van Schie CH, Boulton AJ, Harkless LB (2001). *Off-loading the diabetic foot wound: a randomized clinical trial*. Diabetes care. 24 (6): 1019–22.
4. Armstrong DG, Lavery LA, Harkless LB (1998). *Validation of a diabetic wound classification system: the contribution of depth, infection, and vascular disease to the risk of amputation*. Diabetes care. 21 (5): 855–59.
5. Armstrong DG, Lavery LA, Quebedeaux TL, Walker SC (1997). *Surgical morbidity and the risk of amputation due to infected puncture wounds in diabetic versus nondiabetic adults*. J Am Podiatr Med Assoc. 87 (7): 321–26.
6. Armstrong DG, Lavery LA, Stern S, Harkless LB (1996). *Is prophylactic diabetic foot surgery dangerous?* J Foot Ankle Surg. 35 (6): 585–89.
7. Armstrong DG, Lavery LA, Vazquez JR, Short B, Kimbriel HR, Nixon BP, Boulton AJ (2003). *Clinical efficacy of the first metatarsophalangeal joint arthroplasty as a curative procedure for hallux interphalangeal joint wounds in patients with diabetes*. Diabetes care. 26 (12): 3284–87.
8. Armstrong DG, Lipsky BA (2004). *Diabetic foot infections: stepwise medical and surgical management*. Int Wound J. 1 (2): 123–32.
9. Armstrong DG, Peters EJ, Athanasiou KA, Lavery LA (1998). *Is there a critical level of plantar foot pressure to identify patients at risk for neuropathic foot ulceration?* J Foot Ankle Surg. 37 (4): 303-7.
10. Banks AS, Downey MS, Martin DE, Miller SJ (2004). *McGlamrys Forefoot Surgery*. 3rd ed. Philadelphia: Lippincott Williams and Wilkins.
11. Bauch J, Halsband H, Hempel K (1998). *Manual Ambulante Chirurgie, in 2 Bdn*. 1st ed. Ulm: Urban & Fischer.

12. Bauer H, Germann G, Gries FA, Imig H, Morbach S, Riepe G, Rothe U, Rümenapf G, Stiegler H, Tepe G, Uebel T, Weck M, Witte M. *NVL Typ-2-Diabetes-Fusskomplikationen*. http://www.versorgungsleitlinien.de/themen/diabetes2/dm2_fuss/nvl_dm2fuss/index_html.
13. Boffeli TJ, Bean JK, Natwick JR (2002). *Biomechanical abnormalities and ulcers of the great toe in patients with diabetes*. J Foot Ankle Surg. 41 (6): 359–64.
14. Bühl A (2008). *SPSS 16. 11th ed*. München: Pearson Studium.
15. Bus SA, Maas M, de Lange A, Michels RP, Levi M (2005). *Elevated plantar pressures in neuropathic diabetic patients with claw/hammer toe deformity*. J Biomech. 38 (9): 1918–25.
16. Chantelau E (1999). *Zur Pathogenese der diabetischen Podopathie*. Internist (Berl). 40 (10): 994–1001.
17. Chantelau E (2002). *Shoe-Fitting, Doesn't it Really Matter?* Gerontology. 48 (6): 408-408.
18. Chantelau EA, Lasana G (2004). *Diabetic foot disease--a review of pathogenesis, treatment and prevention of diabetic podopathy*. Ther Umsch. 61 (7): 421–27.
19. Chantelau EA, Spraul M (2003). *Amputation? Nein danke!* 2nd ed. München: Neuer Merkur Verlag.
20. Chaytor RE (2000). *Surgical treatment of the diabetic foot*. Diabetes Metab Res Rev. 16 (Suppl 1): 66-69.
21. Coerper S (2003). *Indikation und Technik der limitierten, fußerhaltenden Knochenresektion beim diabetischen Fußulkus*. ZfW. 8 (5): 169–74.
22. Coughlin MJ (1987). *Lesser toe deformities*. Orthopedics. 10 (1): 63–75.
23. Debrunner HU, Jacob HA (1998). *Biomechanik des Fusses*. 2nd ed. Stuttgart: Ferdinand Enke Verlag.
24. Eckardt A, Lobmann R (2005). *Der diabetische Fuß*. 14th ed. Heidelberg: Springer.
25. Engels G (2009). *Formen des Debridements als Voraussetzung eines sinnvollen Ressourceneinsatzes der Behandlung nicht heilender Wunden*. Orthop. Tech.. 60 (11): 777–82.
26. Engels G, personal communication.
27. Engels G (2010). *Ambulante chirurgische Prozeduren bei Diabetischem Fußsyndrom*. Diabetes Stoffw Herz. 19 (2): 111–16.

28. Fernando DJ, Masson EA, Veves A, Boulton AJ (1991). *Relationship of limited joint mobility to abnormal foot pressures and diabetic foot ulceration*. Diabetes care. 14 (1): 8–11.
29. Frykberg RG, Zgonis T, Armstrong DG, Driver VR, Giurini JM, Kravitz SR, Landsman AS, Lavery LA, Moore JC, Schuberth JM, Wukich DK, Andersen C, Vannore JV (2006). *Diabetic foot disorders. A clinical practice guideline (2006 revision)*. J Foot Ankle Surg. 45 (Suppl 5): 1–66.
30. Ghanassia E, Villon L, Thuan Dit Dieudonné J, Boegner C, Avignon A, Sultan A (2008). *Long-term outcome and disability of diabetic patients hospitalized for diabetic foot ulcers: a 6.5-year follow-up study*. Diabetes care. 31 (7): 1288–92.
31. Graziano TA (1996). *Correction of crossover second toe deformity*. Clin Podiatr Med Surg. 13 (2): 269–78.
32. Harbarth SJ (2006). *Postoperative Wundinfektionen*. In: Daschner F (ed). *Praktische Krankenhaushygiene und Umweltschutz*, 3rd ed, Heidelberg: Springer: 62–77.
33. Hauner H (2006). *Die Kosten des Diabetes und seiner Komplikationen in Deutschland*. Dtsch. Med. Wochenschr.. 131 (Suppl 8): 240-2.
34. Heller G, Günster C, Schellschmidt H (2004). *How frequent are diabetes-related amputations of the lower limbs in Germany? An analysis on the basis of routine data*. Dtsch. Med. Wochenschr.. 129 (9): 429–33.
35. Hinchliffe RJ, Valk GD, Apelqvist J, Armstrong DG, Bakker K, Game F, Hartmann-Heurtier A, Londahl M, Price PE, van Houtum WH, Jeffcoate W (2008). *Specific guidelines on wound and wound-bed management*. Diabetes Metab Res Rev. 24 (Suppl 1): 188–89.
36. Hinchliffe RJ, Valk GD, Apelqvist J, Armstrong DG, Bakker K, Game F, Hartmann-Heurtier A, Londahl M, Price PE, van Houtum WH, Jeffcoate W (2008). *A systematic review of the effectiveness of interventions to enhance the healing of chronic ulcers of the foot in diabetes*. Diabetes Metab Res Rev. 24 (Suppl 1):119–44.
37. Hochlenert D, Engels G. *Leitlinie Diagnostik und Therapie des Diabetischen Fußsyndroms*. Netzwerk Diabetischer Fuß Köln und Umgebung, www.fussnetz-muenchen.de/pdfs/Leitlinien20040414.pdf.

38. Hochlenert D, "Protokoll des 3. Nationalen Workshops „Netzwerke Diabetischer Fuß"", Initiative „Fußnetz Deutschland“, Köln, 7.-8.9.2007
39. Hochlenert D, Engels G, Altenhofen L (2006). *Integrierte Versorgung*. Dtsch Arztebl. 103 (24): A1680-3.
40. Hochlenert D, Engels G, Mauckner P, Mies M, Rubbert H, Menn K, Leyhausen I. *Qualitätsbericht Netzwerk Diabetischer Fuß Köln und Umgebung 2006*. <http://www.fussnetz-koeln.de>. (14 Januar 2009).
41. Holstein P, Lohmann M, Bitsch M, Jørgensen B (2004). *Achilles tendon lengthening, the panacea for plantar forefoot ulceration?* Diabetes Metab Res Rev. 20 Suppl 1 (20): 37–40.
42. Kim J, Kim TW, Park YE, Lee YJ (2008). *Modified resection arthroplasty for infected non-healing ulcers with toe deformity in diabetic patients*. Foot Ankle Int. 29 (5): 493–97.
43. Köck FX, Koester B (2007). *Diabetisches Fußsyndrom*. 1st ed. Stuttgart: Thieme Verlag.
44. Köster I (21.05.2004) "Die Kosten des Diabetes mellitus. Ergebnisse der KoDiM-Studie, Analyse der Diabeteskosten auf der Basis von Krankenkassen- und KV-Daten". Jahrestagung der DDG: PMV Forschungsgruppe, Uni Köln.
45. Laborde JM (2007). *Neuropathic toe ulcers treated with toe flexor tenotomies*. Foot Ankle Int. 28 (11): 1160–64.
46. Larsen K, Holstein P (1987). *Abnormal extension of the big toe as a cause of ulceration in diabetic feet*. Prosthet Orthot Int. 11 (1): 31–32.
47. Lavery LA, Peters E, Armstrong DG (2008-06). *What are the most effective interventions in preventing diabetic foot ulcers?* Int Wound J. 5 (3): 425–33.
48. Lobmann R (2006). *Die infizierte diabetische Wunde*. MedReview. 7 (8): 10–11.
49. Lobmann R, Schultz G, Lehnert H (2003). *Molecular fundamentals of wound healing in diabetic foot syndrome*. Med Klin (Munich). 98 (5): 292–301.
50. Lountzis N, Parenti J, Cush G, Urick M, Miller III OF (2007). *Percutaneous Flexor Tenotomy - Office Procedure for Diabetic Toe Ulcerations*. WOUNDS. <http://www.woundsresearch.com/article/6979>. 19 (3)

51. McGlamry ED, Jimenez AL, Green DR (2004). *Deformities of the Intermediate Digits and the Metatarsophalangeal Joint*. In: Banks AS, Downey MS, Martin DE, Miller SJ (ed). McGlamryst Forefoot Surgery, 3rd ed, Philadelphia: Lippincott Williams and Wilkins: 51–103.
52. Morbach S, Müller E, Reike H, Risse A, Spraul M (2004). *Diagnostik, Therapie, Verlaufskontrolle und Prävention des diabetischen Fußsyndroms*. Diabetes und Stoffwechsel. 3 (Suppl. 2): 9–30.
53. Morbach S (31.10.2008) "Physiologische und gestörte Wundheilung, Was ist gesichert in der Lokalthherapie des Diabetischen Fußsyndroms?" Ärztliche Fortbildung zum Koordinationsarzt im integrierten Versorgungsteam diabetischer Fuß Köln: Zentrum für integrierte Diabetesversorgung.
54. Morbach S (2008). *Diagnostik, Behandlung und Prävention des diabetischen Fußsyndroms*. 2nd ed. Heidenheim: Paul Hartmann AG.
55. Murphy GA (1998). *Mallet toe deformities*. Foot Ankle Clin.. 3 (2): 279–92.
56. Oyibo SO, Jude EB, Tarawneh I, Nguyen HC, Armstrong DG, Harkless LB, Boulton AJ (2001). *The effects of ulcer size and site, patient's age, sex and type and duration of diabetes on the outcome of diabetic foot ulcers*. Diabet Med. 18 (2): 133–38.
57. Peters E, Armstrong DG, Lavery LA (2007-08). *Risk factors for recurrent diabetic foot ulcers: site matters*. Diabetes care. 30 (8): 2077–79.
58. Pollard JP, Morrison PJ (1975). *Flexor tenotomy in the treatment of curly toes*. Proc R Soc Med. 68 (8): 480–81.
59. Prompers L, Schaper N, Apelqvist J, Edmonds M, Jude E, Mauricio D, Uccioli L, Urbancic V, Bakker K, Holstein P, Jirkovska A, Piaggese A, Ragnarson-Tennvall G, Reike H, Spraul M, van Acker K, van Baal J, van Merode F, Ferreira I, Huijberts M (2008). *Prediction of outcome in individuals with diabetic foot ulcers: focus on the differences between individuals with and without peripheral arterial disease. The EURODIALE Study*. Diabetologia. 51 (5): 747–55.
60. Radermacher T (1997). *Septische Knochenchirurgie am neuropathischen, diabetischen Vorfuß*. Akt. Chir.. 32: 101–03.
61. Resch S (2004). *Corrective surgery in diabetic foot deformity*. Diabetes Metab Res Rev. 20 (Suppl 1): 34-36.

62. Risse A (1999). *Besonderheiten von Patienten mit diabetischem Fußsyndrom und ihren Therapeuten*. Internist (Berl). 40 (10): 1051–55.
63. Risse A (19.11.2005), "*Diabetischer Fuß - Leibesinselschwund*". Osnabrück: NDG-Kongress 2005.
64. Risse A (2006). *Das diabetische Fuß-Syndrom - klassische Behandlungsverfahren der infizierten Problemwunde*. GMS Krankenhaushyg Interdiszip. 1 (1): Doc24.
65. Stephens HM (2000). *The diabetic plantar hallux ulcer: a curative soft tissue procedure*. Foot Ankle Int. 21 (11): 954–55.
66. Tamir E, McLaren A, Gadgil A, Daniels T (2008). *Outpatient percutaneous flexor tenotomies for management of diabetic claw toe deformities with ulcers: a preliminary report*. Can J Surg. 51 (1): 41–44.
67. Thanh D, Veves A. *The Influence of Gender as a Risk Factor in Diabetic Foot Ulceration / WOUNDS*. <http://www.woundsresearch.com/article/8707>. (20 Januar 2009).
68. Veves A, Murray HJ, Young MJ, Boulton AJ (01 Juli1992). *The risk of foot ulceration in diabetic patients with high foot pressure: a prospective study*. Diabetologia. 35 (7): 660–63.
69. Wagner A (2003). *Diabetisches Fußsyndrom - Ziel ist das Erhalten der Extremität*. Notfallmedizin. 29 (4): 140–46.
70. Wagner FW (1987). *The diabetic foot*. Orthopedics. 10 (1): 163–72.
71. Zwipp H (1994). *Chirurgie des Fußes*. 1 st ed. Wien: Springer. (1994).
- Die Anatomischen Angaben stammen aus:
- Frick H, Leonhardt H, Starck D (1992) *Allgemeine Anatomie Spezielle Anatomie Bd. I-II*. 4 th ed. Stuttgart: Thieme

Tabelle 26: Orte der in Folge aufgetretenen Wunden nach Operation der einzelnen Zehen

R1	Anzahl	%
keine Läsion	18	66,7
Dig2	2	7,4
Dig3	1	3,7
Dig4	1	3,7
Dig5	1	3,7
Plantar	1	3,7
n nb	1	3,7
unbekannt	1	3,7
Dig 2,3,4	1	3,7
Gesamt	27	100,0

R2	Anzahl	%
keine Läsion	30	62,5
Dig1	7	14,6
Dig3	6	12,5
Dig5	1	2,1
n nb	1	2,1
unbekannt	1	2,1
Dig 3,4	2	4,2
Gesamt	48	100,0

R3	Anzahl	%
keine Läsion	24	57,1
Dig1	7	16,7
Dig2	3	7,1
Dig4	5	11,9
Plantar	1	2,4
unbekannt	1	2,4
Dig 4,5	1	2,4
Gesamt	42	100,0

R4	Anzahl	%
keine Läsion	21	72,4
Dig1	5	17,2
Dig2	1	3,4
Dig5	1	3,4
Dig 3,5	1	3,4
Gesamt	29	100,0

R5	Anzahl	%
keine Läsion	5	62,5
Dig1	2	25,0
Dig2	1	12,5
Gesamt	8	100

L1	Anzahl	%
keine Läsion	12	48,0
Dig2	3	12,0
Dig3	2	8,0
Dig4	1	4,0
Dig5	2	8,0
Plantar	2	8,0
Dig 2,3,4	3	12,0
Gesamt	25	100,0

L2	Anzahl	%
keine Läsion	27	58,7
Dig1	7	15,2
Dig3	3	6,5
Dig4	2	4,3
Dig5	2	4,3
Plantar	1	2,2
unbekannt	1	2,2
Dig 3,4	1	2,2
Dig 4,5	1	2,2
Dig 3,4,5	1	2,2
Gesamt	46	100,0

Tabelle 26, Fortsetzung: Orte der in Folge aufgetretenen Wunden nach Operation der einzelnen Zehen

L3	Anzahl	%
keine Läsion	17	48,6
Dig1	4	11,4
Dig2	6	17,1
Dig4	3	8,6
Dig5	2	5,7
unbekannt	2	5,7
Dig 4,5	1	2,9
Gesamt	35	100,0

L4	Anzahl	%
keine Läsion	12	48,0
Dig1	3	12,0
Dig2	1	4,0
Dig3	1	4,0
Dig5	5	20,0
Plantar	1	4,0
unbekannt	1	4,0
Dig 4,5	1	4,0
Gesamt	25	100,0

L5	Anzahl	%
keine Läsion	3	50,0
Dig3	1	16,7
Plantar	1	16,7
unbekannt	1	16,7
Gesamt	6	100,0

Tabelle 32: Häufigkeit der verschiedenen Folgeläsionen nach Tenotomie folgender Zehen

Zeh	Art der Folgeläs.	Keine Läsion	% v. keine Läsion	Transferläs.	% v. Transferläs.	Kuppeniäs	% v. Kuppeniäs	Plantare Läs.	% v. Plantare Läs.	andere Läsion	% v. andere Läsion	nmb	% v. nmb	unbekannt	% v. unbekannt	Gesamt	
Operierte Zeh	R1	Anzahl	18	11%	4	14%	1	3%	1	8%	1	3%	1	100%	1	13%	27
		% v. Zeh	67%		15%		4%		4%		4%		4%		4%		100%
	R2	Anzahl	30	18%	7	24%	4	12%	6	46%	0	0%	0	0%	1	13%	48
		% v. Zeh	63%		15%		8%		13%		0%		0%		2%		100%
	R3	Anzahl	24	14%	5	17%	5	15%	1	8%	6	16%	0	0%	1	13%	42
		% v. Zeh	57%		12%		12%		2%		14%		0%		2%		100%
	R4	Anzahl	21	13%	1	3%	3	9%	0	0%	4	11%	0	0%	0	0%	29
		% v. Zeh	72%		3%		10%		0%		14%		0%		0%		100%
	R5	Anzahl	5	3%	0	0%	1	3%	0	0%	2	5%	0	0%	0	0%	8
		% v. Zeh	63%		0%		13%		0%		25%		0%		0%		100%
	L1	Anzahl	12	7%	1	3%	5	15%	2	15%	5	13%	0	0%	0	0%	25
		% v. Zeh	48%		4%		20%		8%		20%		0%		0%		100%
	L2	Anzahl	27	16%	5	17%	4	12%	1	8%	8	21%	0	0%	1	13%	46
		% v. Zeh	59%		11%		9%		2%		17%		0%		2%		100%
	L3	Anzahl	17	10%	4	14%	5	15%	0	0%	7	18%	0	0%	2	25%	35
	% v. Zeh	49%		11%		14%		0%		20%		0%		6%		100%	
L4	Anzahl	12	7%	2	7%	4	12%	1	1%	5	13%	0	0%	1	13%	25	
	% v. Zeh	48%		8%		16%		4%		20%		0%		4%		100%	
L5	Anzahl	3	2%	0	0%	1	3%	1	8%	0	0%	0	0%	1	13%	6	
	% v. Zeh	50%		0%		17%		17%		0%		0%		17%		100%	
	Gesamt	169	100%	29	100%	33	100%	13	100%	38	100%	1	100%	8	100%	291	



Netzwerk Diabetischer Fuß Köln und Umgebung e.V.
Bayenthalgürtel 45
50968 Köln

Einwilligungserklärung

Liebe Patientin, lieber Patient,

Ärzte aus Köln und dem Umland haben sich zu einem Netzwerk zusammengeschlossen mit dem Ziel, die Menschen mit Diabetischem Fußsyndrom reibungslos und mit einer nachweislich guten Qualität zu versorgen und diese zu verbessern. Sie haben sich verpflichtet, ihre Patienten gemäß einer Leitlinie zu behandeln, sich gegenseitig in den Praxen aufzusuchen und Behandlungen beizuwohnen sowie die Ergebnisse der Behandlung zu vergleichen.

Es ist deshalb erforderlich, dass die Ergebnisse Ihrer Behandlung (die Schwere der Erkrankung, Behandlungsdauer, Behandlungsart, Krankenhaustage und die Amputationen) gesammelt, ausgewertet und über einen längeren Zeitraum miteinander verglichen werden.

Was geschieht mit Ihren Daten?

Die Daten zu Ihrer Behandlung einschließlich eines Fotos der Wunde werden gesammelt, einem Forschungsinstitut übergeben und dort wissenschaftlich ausgewertet. Ihre Daten werden von Ihrem Arzt mit einer Nummer versehen, so dass weder Namen noch Adresse in dieser weitergeleiteten Dokumentation auftauchen. Vielmehr kann nur Ihr behandelnder Arzt die Befunde Ihrem Namen zuordnen. Sie erhalten eine Dokumentationsmappe mit Ihren Befunden, die Sie bitte immer mit sich führen. Darauf ist auch Ihr Hauptbehandler vermerkt, damit nicht versehentlich zwei Ärzte Daten eines Patienten einschicken.

Die Teilnahme an der Versorgung im Rahmen dieses Netzwerkes ist für Sie freiwillig. Weder aus der Teilnahme, noch aus der Nichtteilnahme entstehen Ihnen Nachteile, insbesondere bleibt die Qualität der medizinischen Behandlung unberührt. Sie haben jederzeit, ohne Angabe von Gründen, die Möglichkeit, Ihre Teilnahme gegenüber Ihrem behandelnden Arzt zu widerrufen. Ihre Daten werden dann nicht weiter exportiert und die bereits exportierten Daten werden sofort gelöscht. Darüber hinaus werden Ihre Daten am Ende des Projektes, spätestens nach 10 Jahren, gelöscht.

Ich habe von der Patienteninformation zum Netzwerk diabetischer Fuß Kenntnis genommen und nehme am beschriebenen Verfahren freiwillig teil. Ich bin damit einverstanden, dass Ärztinnen und Ärzte des Netzwerkes bei meinen Untersuchungen zugegen sind und dass die Ergebnisse meiner Behandlung mit denen in anderen Einrichtungen verglichen werden.

.....
Name, Vorname

....., den
Ort Datum

Verlaufsstadien nach Levin

- I akutes Stadium: Fuß gerötet, geschwollen, überwärmt (Rö ggf. noch normal)
- II Knochen und Gelenkveränderungen; Frakturen
- III Fußdeformität: ggf. Plattfuß, später Wiegefuß durch Frakturen und Gelenkzerstörungen
- IV zusätzliche plantare Fußläsion

5. Sensorische Fußuntersuchung

Eine Neuropathie kann unter Verwendung eines 10g (5.07 Semmes-Weinstein) Monofilaments, einer Stimmgabel (128 Hz) und/oder eines Wattebausches ermittelt werden.

a) Semmes-Weinstein Monofilament

- Die sensorische Untersuchung sollte in einer ruhigen und entspannten Atmosphäre durchgeführt werden. Wenden Sie das Monofilament zunächst auf der Hand (oder dem Ellbogen oder der Stim) des Patienten an, sodass der Patient weiß was ihm erwartet.
- Der Patient darf nicht sehen wann und an welcher Stelle der Untersucher das Filament aufsetzt. Die drei Regionen, die an beiden Füßen getestet werden, sind in Abbildung 6 angegeben.
- Wenden Sie das Monofilament senkrecht zur Hautoberfläche an (Abbildung 7 a).
- Das Filament muß mit soviel Druck aufgesetzt werden, daß es sich verbiegt oder einknickt (Abbildung 7b).
- Insgesamt sollte der Vorgang der Annäherung, des Hautkontaktes und der Entfernung des Filaments etwa 2 Sekunden betragen.
- Verwenden Sie das Filament in der Umgebung, aber nicht direkt auf einem Ulkus, einer Schwielle, einer Narbe oder auf nekrotischem Gewebe. Das Filament soll nicht über die Haut streichen, und es sollen keine wiederholten Kontakte an derselben Teststelle stattfinden.
- Drücken Sie das Filament auf die Haut und fragen Sie den Patienten, ob er den Druck spürt (ja/nein) und als nächstes wo er den Druck spürt (linker/rechter Fuß).

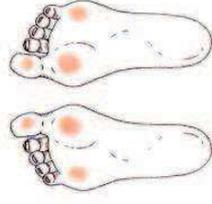


Abbildung 6 Regionen, die mit dem Monofilament getestet werden

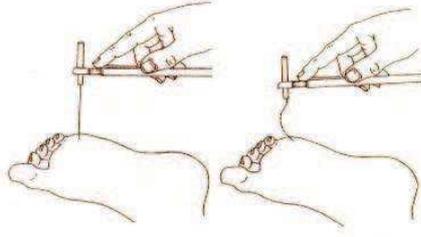


Abbildung 7a und 7b Anwendung des Monofilaments

- Wiederholen Sie dieses Vorgehen zweimal in der gleichen Region, aber führen Sie wenigstens eine Scheinwendung durch, bei der das Filament nicht aufgesetzt wird (insgesamt drei Fragen je Region).
- Eine ausreichende Sensibilität ist in jeder Region vorhanden, wenn der Patient zwei von drei Testungen richtig beantwortet. Eine ausreichende Sensibilität ist nicht vorhanden, falls zwei von drei falsch beantwortet werden; in diesem Fall besteht bei dem Patienten ein Ulkusrisiko.
- Motivieren Sie den Patienten während der Untersuchung.

aus Leitlinien für die Praxis aus dem "Internationalen Consensus über den Diabetischen Fuß"

b) Die Stimmgabel

- Die sensorische Untersuchung sollte in einer ruhigen und entspannten Atmosphäre durchgeführt werden. Wenden Sie die Stimmgabel zunächst am Handgelenk (oder dem Ellbogen oder am Schlüsselbein) des Patienten an, sodass der Patient weiß, was ihm erwartet.
- Der Patient darf nicht sehen, wann und an welcher Stelle der Untersucher die Stimmgabel aufsetzt. Die Stimmgabel wird auf einem knöchernen Teil auf der dorsalen Seite am distalen Glied des ersten Zehs aufgesetzt.
- Die Stimmgabel sollte senkrecht mit konstantem Druck aufgesetzt werden (Abbildung 8).
- Wiederholen Sie dieses Vorgehen zweimal, aber führen Sie wenigstens eine Scheinwendung durch, bei der die Stimmgabel nicht vibriert.
- Der Test ist positiv, wenn der Patient mindestens zwei von drei Testungen richtig beantwortet und negativ („Ulkusrisiko“) bei zwei von drei falschen Antworten.
- Wenn der Patient nicht in der Lage ist, die Vibrationen am großen Zeh zu spüren, wird der Test weiter proximal wiederholt (Fußknöchel, Schienbein)
- Motivieren Sie den Patienten während der Untersuchung.

Leitlinien für die Praxis aus dem "Internationalen Consensus über den Diabetischen Fuß"

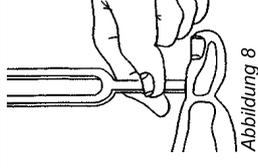


Abbildung 8 Wie die Stimmgabel aufgesetzt wird

Anmerkung der Herausgeber des „Internationalen Consensus über den Diabetischen Fuß“

Die (graduierte) Rydel-Seiffersche Stimmgabel

Die Stimmgabel nach Rydel und Seiffer (Abbildung 9 a-c) besteht aus einer massiven Metallgabel von 128 Hz, deren Frequenz durch aufschraubbare Gewichtblöckchen auf 64 Hz reduziert ist (o). Die Gewichte tragen eine Achtel-Skalierung.

Die Stimmgabel wird auf den gewählten Prüfpunkt des Untersuchten aufgesetzt, nachdem sie durch Anschlagen der schwingenden Enden gestartet wurde. Ein auf den Gewichten aufgebrauchtes schwarzes (oder weißes) Dreieck ist bei großer Amplitude nicht scharf konturiert, bei Abnahme der Amplitude wird das Dreieck jedoch vom unteren („Null“-)Ende der Skala her wieder erkennbar (b, c). Abgelesen wird diejenige Zahl, bei der die Spitze des Dreiecks in dem Augenblick erkennbar ist, in dem der Untersuchte ein gänzlich Verschwinden der Vibration angibt (3/8 in [6]; ca. 6/8 in [3]).

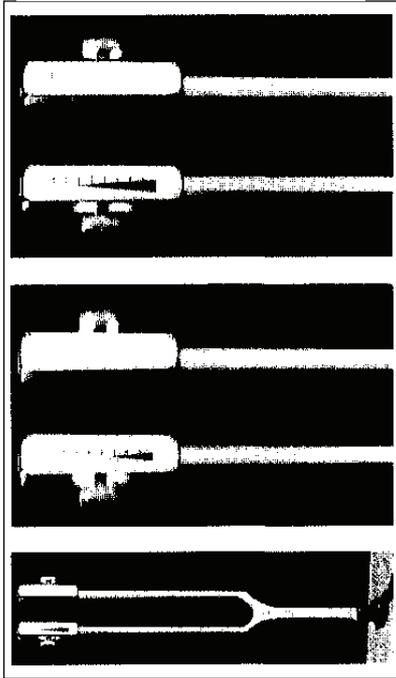


Abbildung 9 a-c
Prüfung der Vibrationsempfindung mittels der Rydel-Seiffer-Stimmgabel (nach Reiners K, AuerP.
In: Berger - Diabetes mellitus. Urban & Schwarzenberg, München-Wien-Baltimore 1995)

Gesunde unter 60 Jahren nehmen an allen Prüfpunkten auch kleinste Amplituden (7/8 bis 8/8) gut wahr, 60-jährige an den Füßen meist nur noch 6/8, 80-jährige noch mittelgroßen Amplituden von 4/8 bis 5/8. Unternormale Werte (z.B. 6/8 am Fuß bei einem 30-jährigen) entsprechen einer Minderung der Vibrationswahrnehmung (Pallhypästhesie) und weisen auf eine Störung im sensiblen System hin. Die in Achtel angegebenen altersbezogenen Wahrnehmungsfähigkeiten des Vibrationsempfindens verdeutlicht Abbildung 10: 8/8 entsprechen feinstem, 1/8 größtem Vibrieren. Bei Patienten mit neuropathischen Fußulzera wird im allgemeinen eine Pallhypästhesie von < 4/8 gefunden

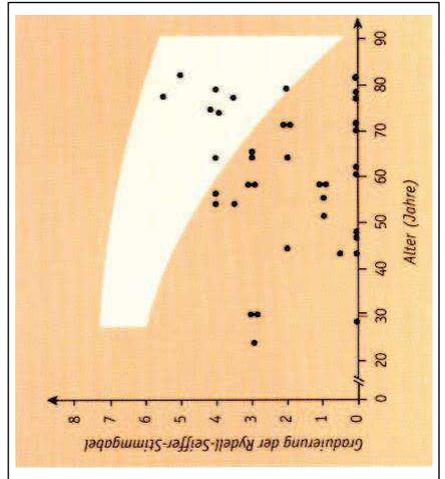


Abbildung 10
Altersbezogene Normwerte (hell: 95%-Vertrauensbereich) des Vibrationsempfindens in Achtel-Graden auf der Rydel-Seiffer-Stimmgabel. Die Punkte entsprechen Patienten mit diabetischen Fußläsionen nach: Liniger C. et al. The tuning fork revisited. Diabetic Med 1990;7:859-864

6. Neuropathie

Das Vorhandensein einer Neuropathie richtet sich nach den Neuropathie Symptom Score (NSS) und dem Neuropathie Defizit Score (NDS)

Diagnose und Therapie der sensomotorischen diabetischen Neuropathie

Symptomatik Fuß/Unterschenkel

	Ja	Nein
Brennen	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 0
Taubheitsgefühl	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 0
Parästhesien	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 0
Schwächegefühl (Ermüdung/Erschöpfung)	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 0
Krämpfe	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 0
Schmerzen	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 0

Lokalisation

Füße	<input type="checkbox"/> 2	
Unterschenkel	<input type="checkbox"/> 1	
Woanders	<input type="checkbox"/> 0	<input type="checkbox"/> Punkte

Exazerbation

Nachts vorhanden	<input type="checkbox"/> 2	
Tagsüber und nachts vorhanden	<input type="checkbox"/> 1	
Nur tagsüber vorhanden	<input type="checkbox"/> 1	Score von
Patient wird durch Symptome aus dem Schlaf geweckt	<input type="checkbox"/> 1	addieren <input type="checkbox"/> Punkte

Besserung der Symptome beim

Gehen	<input type="checkbox"/> 2	
Stehen	<input type="checkbox"/> 1	
Sitzen oder Hinlegen	<input type="checkbox"/> 0	<input type="checkbox"/> Punkte

Gesamtscore: Punkte

Bewertung:

3-4 = leichte Symptome

5-6 = mäßige Symptome

7-10 = schwere neuropathische Symptome

Erhebung des neurologischen Defizit-Scores (NDS)

Achillessehnenreflex

	rechts	links
Reflexe: normal	<input type="checkbox"/> 0	<input type="checkbox"/> 0
vermindert	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 1
fehlend	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 2

Vibrationsempfindung

	rechts	links
Messung dorsal am Großzehengrundgelenk normal	<input type="checkbox"/> 0	<input type="checkbox"/> 0
vermindert/fehlend	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 1

Schmerzempfindung

Messung am Fußrücken normal	<input type="checkbox"/> 0	<input type="checkbox"/> 0
Vermindert/fehlend	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 1

Temperaturempfinden

Messung am Fußrücken normal	<input type="checkbox"/> 0	<input type="checkbox"/> 0
Vermindert/fehlend	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 1

Gesamtscore: Punkte

Bewertung:

- 3-4 = leichte neuropathische Defizite
- 6-8 = mäßige neuropathische Defizite
- 9-10 = schwere neuropathische Defizite

Mein Lebenslauf wird aus Gründen des Datenschutzes in der elektronischen Fassung meiner Arbeit nicht veröffentlicht

Annette Klein