

# Die interdisziplinäre Behandlung des diabetischen Fußes

Sigurd Kessler  
*Hrsg.*

# Die interdisziplinäre Behandlung des diabetischen Fußes

*Hrsg.*  
Sigurd Kessler  
ORTHOEVO  
München, Deutschland

ISBN 978-3-662-63118-8      ISBN 978-3-662-63119-5 (eBook)  
<https://doi.org/10.1007/978-3-662-63119-5>

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://dnb.d-nb.de> abrufbar.

© Springer-Verlag GmbH Deutschland, ein Teil von Springer Nature 2022

Das Werk einschließlich aller seiner Teile ist urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung, die nicht ausdrücklich vom Urheberrechtsgesetz zugelassen ist, bedarf der vorherigen Zustimmung des Verlags. Das gilt insbesondere für Vervielfältigungen, Bearbeitungen, Übersetzungen, Mikroverfilmungen und die Einspeicherung und Verarbeitung in elektronischen Systemen.

Die Wiedergabe von allgemein beschreibenden Bezeichnungen, Marken, Unternehmensnamen etc. in diesem Werk bedeutet nicht, dass diese frei durch jedermann benutzt werden dürfen. Die Berechtigung zur Benutzung unterliegt, auch ohne gesonderten Hinweis hierzu, den Regeln des Markenrechts. Die Rechte des jeweiligen Zeicheninhabers sind zu beachten.

Der Verlag, die Autoren und die Herausgeber gehen davon aus, dass die Angaben und Informationen in diesem Werk zum Zeitpunkt der Veröffentlichung vollständig und korrekt sind. Weder der Verlag noch die Autoren oder die Herausgeber übernehmen, ausdrücklich oder implizit, Gewähr für den Inhalt des Werkes, etwaige Fehler oder Äußerungen. Der Verlag bleibt im Hinblick auf geografische Zuordnungen und Gebietsbezeichnungen in veröffentlichten Karten und Institutionsadressen neutral.

Umschlaggestaltung: deblik Berlin  
Graphik Cover: Dr. Christoph Volkerling, München

Springer ist ein Imprint der eingetragenen Gesellschaft Springer-Verlag GmbH, DE und ist ein Teil von Springer Nature.

Die Anschrift der Gesellschaft ist: Heidelberger Platz 3, 14197 Berlin, Germany

## Vorwort

---

### Ist die Umsetzung der Sankt Vincent Deklaration ein frommer Wunsch?

---

Bis in die 90er-Jahre des letzten Jahrhunderts war die Neuropathie als Ursache für Wunden am diabetischen Fuß weitgehend unbekannt. Man führte Ulzera ausschließlich auf Durchblutungsstörungen zurück. Wenn bei chronischen Wunden tastbare Fußpulse vorlagen, erklärte man diese mit einer Mikroangiopathie, ein für die Betroffenen fataler Irrtum; denn unter dieser Fehlbeurteilung wurden zahllose unnötige Amputationen vorgenommen. Deshalb forderten im Jahr 1989 die WHO und die International Diabetes Federation (IDF) in der St. Vincent Deklaration, die Amputationen innerhalb von fünf Jahren um 50 Prozent zu reduzieren.

Als Mitgestalter hat Prof. Dr. R. Landgraf im Diabeteszentrum der Ludwig-Maximilians-Universität München in der Folge ein Fußzentrum etabliert. Da offensichtlich war, dass bei der Prävention und Behandlung von Komplikationen am diabetischen Fuß nur ein interdisziplinäres Vorgehen zum Erfolg führen kann, wurden Diabetologen, Chirurgen, Angiologen, Radiologen sowie eine Reihe anderer Spezialisten einbezogen.

Chirurgen zur Mitarbeit zu gewinnen, war nicht ganz einfach, galten sie doch als hauptverantwortlich für die hohen Amputationszahlen. Andererseits war für Chirurgen der diabetische Fuß kein karriereförderndes Betätigungsfeld. Als ich um Teilnahme gefragt wurde, hatte ich unter der Vorstellung zugesagt, dass am diabetischen Fuß die operativen Möglichkeiten begrenzt seien und deshalb nur ein geringer Einsatz zu erwarten sei. Das stellte sich als zweifacher Irrtum heraus; denn der interdisziplinäre Austausch führte zur Erweiterung der Behandlungsmöglichkeiten, sodass zunehmend mehr Füße erhalten werden konnten. Dadurch wurde aus der Nebentätigkeit mit der Zeit ein Full-Time-Job. Auch in anderen Ländern und Städten wurden fachübergreifende Kooperationen gegründet.

Die bislang detaillierteste Studie in Deutschland zu den Amputationszahlen bezog sich auf die Jahre 2005–2014 (Kröger 2017). Die Autoren haben die Daten nach der ICD-Codierung analysiert und Werte um 48 000 p. a. gefunden. Dabei fanden sie über die Jahre eine Abnahme der Major- und eine Zunahme der Minor-Amputationen.

Weshalb haben diese unvermindert hohen Amputationszahlen keine Empörung ausgelöst? Weshalb hat keine intensive Suche nach den Möglichkeiten zur Verringerung eingesetzt? Das wäre zweifellos ein wichtiges Ziel, ist doch mit jeder Amputation eine Einschränkung der Lebensqualität verbunden. Selbst bei guter Prothesenversorgung ist die Gefahr gegeben, die soziale Integration zu verlieren.

Die Folgen des Diabetes mellitus manifestieren sich am Fuß in zwei grundsätzlich unterschiedlichen Erkrankungen: in den Durchblutungsstörungen (pAVK [peripher arterielle Verschlusskrankheit], auch angiopathischer Fuß [aF]) und in der Polyneuropathie (PNP) (auch neuropathischer Fuß). Da beide Entitäten häufig sind, können sie an einem Patienten gleichzeitig vorkommen. Das ist aber keineswegs gesetzmäßig der Fall.

Die **Durchblutungsstörungen** resultieren aus Stenosen und Verschlüssen von Arterien und führen im Endstadium zur ischämischen Nekrose. Die Angiologen, interventionelle Radiologen und Gefäßchirurgen behandeln mit ihren jeweils eigenen Verfahren. Welche Behandlung vorzunehmen ist, hängt von der Lokalisation und der Morphologie der Gefäßveränderungen ab. Die interdisziplinäre Zusammenarbeit erfolgt auf der Basis von international akzeptierten Klassifikationen und studienbasierten Leitlinien. Damit ist die Gefäßmedizin wissenschaftlich und organisatorisch für die aktuellen Anforderungen gut positioniert.

Beim **neuropathischen Fuß** handelt es sich um ein grundsätzlich anderes Krankheitsbild. Bei diesem werden durch neurogene Muskelausfälle Fehlstellungen, wie Hammerzehen, hervorgerufen. Durch lokal erhöhten Knochendruck auf empfindungsgestörter Haut entstehen Ulzerationen und danach Infektionen. Eine Sonderform ist der Charcotfuß, der mit ausgeprägten Fehlstellungen, Wunden und schweren Infektionen einhergehen kann. Der neuropathische Fuß stellt sich in unterschiedlichen Entwicklungen dar und ist in seiner Gesamtheit nicht einfach zu überblicken. Spezielle Erscheinungsformen, wie gravierende Fehlstellungen und ausgedehnte Infektionen, werden häufig nicht mit der Neuropathie in Verbindung gebracht.

Leider wird die Bedeutung des neuropathischen Fußes überwiegend inkorrekt eingeschätzt, indem sie auf die fehlende Schmerzwahrnehmung bei Wunden und Ischämie beschränkt wird. Das äußert sich außerdem darin, dass noch immer von einer Perfusionsstörung ausgegangen wird. Dies kommt in Floskeln wie „Diabetisches Fußsyndrom“ und „neuroischämische Wunde“ zum Ausdruck und führt nicht zu der bislang nicht überwundenen Überzeugung, „am diabetischen Fuß heilt nichts!“ Daraus ergeben sich widersprüchliche Konsequenzen: Einerseits wird die Neuropathie als vergleichsweise harmlos, quasi als Nebendiagnose angesehen. Nach dieser Sichtweise können neuropathische Wunden wochen- sogar monatelang akzeptiert werden. Auf der anderen Seite werden ausgeprägte Deformationen und fortgeschrittene Infektionen nicht mit der Neuropathie in Verbindung gebracht. Unter der Annahme der Minderperfusion gelten Stellungskorrektur und chirurgische Infektsanierung vielfach als sinnlos bzw. als kontraindiziert, sodass Amputationen vorgenommen werden. Möglicherweise werden sogar mehr Amputationen wegen Infektionen als wegen Durchblutungsausfällen vorgenommen. Zahlen dazu fehlen in den Statistiken.

Eine detaillierte Beschäftigung mit dem neuropathischen Fuß ist dringend erforderlich. Dazu gehört die Kenntnis der verschiedenen Verlaufsformen, peripher neuropathischer Fuß, Charcotfuß, Weichteil- und Knocheninfektionen. Neben den rein therapeutischen Aspekten sind auch gesundheitspolitische wesentlich. In der Dokumentation muss die Möglichkeit geschaffen werden, u. a. die Infektionen anzugeben. Die Abrechnungsbedingungen müssen so geändert werden, dass nicht mehr Amputationen höher bewertet werden als fußerhaltende Maßnahmen, die einen deutlich größeren Aufwand erfordern.

Der angiopathische und der neuropathische Fuß sind bei aller Unterschiedlichkeit in der Pathogenese in den Endstadien bedrohliche Erkrankungen. Viele Behandlungsmöglichkeiten für die Neuropathiefolgen werden bislang zu wenig angewendet. Es können aber nicht nur fortgeschrittene Stadien saniert werden; die späten Stadien können sogar durch konsequente Prophylaxe und Frühbehandlung vollständig behandelt werden, sodass sich die Frage einer Amputation beim neuropathischen Fuß absehbar gar nicht mehr stellen müsste. Damit rückt die Realisierung der St. Vincent Deklaration, wenn auch mit Verspätung, in erreichbare Nähe.

Im Namen der Autoren

***Sigurd Kessler***

## Danksagung

---

Prof. Dr. R. Landgraf, Diabetologe der LMU München, hatte Mitte der neunziger Jahre einen chirurgischen Partner für seine diabetische Fußsprechstunde gesucht. Obwohl als Unfallchirurg mit deutlich anderen Themen befasst, bin ich dem Wunsch gerne gefolgt. Es hat sich eine sehr intensive Zusammenarbeit über viele Jahre ergeben. Er hat letztlich die Initialzündung zu diesem Buch gelegt.

Herzlicher Dank gebührt Prof. Dr. Lew Schon von der Universität Baltimore, der frühzeitig wichtige Untersuchungen zum Thema Charcotfuß vorgelegt hatte. Er hat in Gesprächen wichtige Anregungen gegeben.

Die Klinikdirektoren Prof. Dr. W. Mutschler von der Chirurgischen Klinik der LMU München und Prof. Dr. M Walther von der Schön Klinik München-Harlaching haben die klinische und wissenschaftliche Beschäftigung mit dem diabetischen Fuß in vieler Hinsicht gefördert. Zahlreiche Krankenschwestern haben sich die Problematik des diabetischen Fußes zu eigen gemacht und sich für die Behandlungserfolge eingesetzt. Besonders zu erwähnen sind Frau Svatava Huber, Frau Iveta Sklenerova und Frau Heidi Günther, die neben der pflegerischen Tätigkeit bei der Wundbehandlung auch wichtige organisatorische Aufgaben übernommen haben.

Sehr herzlicher Dank gebührt meiner Familie, meiner Ehefrau Nelly, meinen Söhnen Reto, Björn und Gaudenz, die an vielen Schauplätzen geholfen haben.

Nicht zuletzt gebührt dem Springer Verlag mit seinen Mitarbeitern für die vielfältige Unterstützung aufrichtiger Dank, allen voran Frau Barbara Knüchel und Frau Antje Lenzen.

Es wäre eine Freude, wenn das Buch dazu beitragen würde, die Folgen des diabetischen Fußes für die betroffenen Patienten zu mildern, wenn nicht sogar vollständig zu vermeiden, und die Behandelnden erkennen würden, dass die Beschäftigung mit dieser Thematik wegen der großen Erfolgsaussichten sehr viel Befriedigung bringen kann.

***Sigurd Kessler***

# Über das Buch

---

## Definitionen

---

- „Konservativ“: Der Begriff wird vermieden, weil er in der Literatur unterschiedlich verwendet wird, teils i. S. von „nicht-operativ“, teils i. S. von „Fuß erhaltend = nicht-amputierend = konservierend“. Wir verwenden den Begriff „nicht-operativ“.
- „Operativ“ verwenden wir i. S. von „chirurgisch“.
  - Chirurgisch fußerhaltende Operationen sind
    - Resektionen = Entfernung eines Teils einer Struktur (z. B. des Kopfes eines Metatarsalknochens)
    - Exstirpation: Entfernen einer gesamten Struktur (z. B. eines Sesambeins)
    - Exzision = Ausschneidung (z. B. von Wunden)
  - Amputation: Entfernung eines Extremitätenanteils (z. B. Zehe, Vorfuß, Gesamtfuß)
  - Ablatio: Abtragen von Körperanteilen. Dabei kann es sich um begrenzte Gewebeanteile handeln.



# Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Anästhesiologische Aspekte bei der Chirurgie am diabetischen Fuß ...</b>	<b>1</b>
	<i>Patrick Rosin und Franz-Peter Lenhart</i>	
1.1	<b>Einleitung</b> .....	3
1.2	<b>Präoperative Evaluation</b> .....	3
1.2.1	Komorbidität. ....	3
1.2.2	Kardiovaskuläres System. ....	3
1.2.3	Diabetische Neuropathie .....	4
1.2.4	Diabetische Nephropathie .....	4
1.2.5	Stiff-joint-Syndrom .....	4
1.3	<b>Präoperative Untersuchung und weiterführende Diagnostik</b> .....	4
1.3.1	Laborchemische Diagnostik. ....	5
1.3.2	EKG .....	5
1.3.3	Röntgen-Thorax .....	5
1.3.4	Echokardiografie .....	6
1.3.5	Weiterführende kardiovaskuläre Diagnostik .....	6
1.4	<b>Perioperatives Management</b> .....	6
1.4.1	Blutzuckertherapie .....	6
1.4.2	Hypothermieprophylaxe. ....	7
1.5	<b>Anästhesiologisches Vorgehen</b> .....	7
1.5.1	Allgemeinanästhesie .....	7
1.5.2	Regionalanästhesie. ....	8
1.5.3	Rückenmarksnahe Regionalanästhesie .....	8
1.5.4	Periphere Regionalanästhesie. ....	8
1.6	<b>Postoperative Aspekte</b> .....	9
1.7	<b>In Kürze</b> .....	10
	Literatur .....	11
<b>2</b>	<b>Die angiologische Diagnostik und Therapie beim diabetischen Fuß ....</b>	<b>13</b>
	<i>Peter Kuhlencordt</i>	
2.1	<b>Einführung</b> .....	14
2.2	<b>Pathophysiologie</b> .....	14
2.3	<b>Diagnostik</b> .....	15
2.3.1	Anamnese .....	16
2.3.2	Körperliche Untersuchung .....	16
2.3.3	Segmentale Pulsoszillografie. ....	18
2.3.4	TCpO <sub>2</sub> -Messung .....	18
2.3.5	Belastungstest. ....	18
2.3.6	Radiologische Diagnostik .....	19
2.3.7	Angiologische Therapie beim diabetischen Fuß .....	20
	Literatur .....	20

<b>3</b>	<b>Radiologische Diagnostik und minimal invasive bildgesteuerte Therapie</b> .....	<b>23</b>
	<i>Johannes Rieger</i>	
3.1	Angiopathischer Fuß .....	24
3.2	Grundlagen zur radiologischen Gefäßdiagnostik .....	26
3.3	Minimal-invasive bildgesteuerte Therapie .....	28
3.4	In Kürze .....	33
	Literatur .....	33
<b>4</b>	<b>Gefäßchirurgische Rekonstruktionen bei diabetischer Gangrän</b> .....	<b>35</b>
	<i>Claus-Georg Schmedt, Stephanie Steckmeier, Sigurd Kessler, Mojtaba Sadeghi und Bernd Steckmeier</i>	
4.1	Epidemiologie .....	36
4.2	Neuropathie und arterielle Verschlusskrankung (pAVK) .....	36
4.3	Pathophysiologische Aspekte der Angiopathie bei Diabetes mellitus .....	37
4.4	Besonderheiten der Gefäßdiagnostik .....	38
4.5	Revaskularisation beim diabetischen Fußsyndrom .....	39
4.6	In Kürze .....	44
	Literatur .....	45
<b>5</b>	<b>Peripher neuropathische Fuß</b> .....	<b>47</b>
	<i>Sigurd Kessler, Christoph Volkering, Sandra Sommerer, Edzard Kessler, Maike Dohrn, Manuel Dafotakis, Axel Stäbler, Mathias Kaemmerer, Bastian Priegelmeir, Ruth Trenkler, Reto Griching, Daniela Griching, Michael Möller, Markus Seeßle, Georg Seeßle und Thomas Kurtze</i>	
5.1	Einleitung .....	49
5.1.1	Ein Verlauf zum neuropathischen Fuß .....	49
5.1.2	Viele therapeutische Möglichkeiten werden nicht genutzt .....	51
5.1.3	Geschichte des diabetisch neuropathischen Fußes .....	51
5.1.4	Häufigkeiten .....	52
5.1.5	Nomenklatur .....	52
5.1.5.1	Unklare und fehldeutbare Begriffe .....	52
5.1.5.2	Vorschlag zum Sprachgebrauch .....	53
5.2	Pathogenese des neuropathischen Fußes, neurologischer Überblick über die diabetische Polyneuropathie .....	54
5.3	Folgeerscheinung der Polyneuropathie am Fuß .....	57
5.3.1	Allgemeine Merkmale .....	57
5.3.2	Pathomechanismus .....	58
5.4	Klassifikation des peripher neuropathischen Fußes .....	62
5.4.1	Bisherige Klassifikationen .....	62
5.4.2	Umfassende Klassifikation des diabetisch neuropathischen Fußes .....	68
5.5	Diagnostik zum neuropathischen Fuß .....	68
5.5.1	Klinische Diagnostik .....	68
5.5.1.1	Anamnese .....	69
5.5.1.2	Klinische Befunde .....	70
5.5.2	Apparative Untersuchungen .....	72
5.5.3	Bildgebende Diagnostik beim peripher neuropathischen Fuß .....	72

5.5.3.1	Röntgenaufnahme (RA).....	74
5.5.3.2	Schnittbildverfahren für die Knochen des Vorfußes .....	78
5.6	<b>Nicht-operative Therapie des peripher neuropathischen Fußes.</b> .....	78
5.6.1	Allgemeine Aspekte zur Therapie des peripher neuropathischen Fußes. ....	78
5.6.1.1	Derzeitige Situation in der Therapie .....	78
5.6.1.2	Weshalb kommen die Möglichkeiten der Fußchirurgie beim neuropathischen Fuß nur in eingeschränktem Maße zur Anwendung?.....	79
5.6.2	Spezielle nicht-operative Verfahren .....	80
5.6.2.1	Verbandstechnische Maßnahmen.....	80
5.6.3	Podologische Behandlungen .....	82
5.6.3.1	Podologische Behandlung von Fehlstellungen mit Orthosen, .....	82
5.6.3.2	Wundbehandlung durch Podologen .....	84
5.6.4	Physiotherapie bei Patienten mit diabetischer Polyneuropathie .....	87
5.6.4.1	Möglichkeiten der Physiotherapie.....	87
5.6.5	Schuhtechnische Versorgung beim peripher neuropathischen Fuß. ....	89
5.6.5.1	Schuhtechnik ist die Basis für die Versorgung von diabetischen Füßen .....	89
5.6.5.2	Grundsätzliches zur Verordnung von Hilfsmitteln .....	89
5.6.6	Orthopädietechnische Behandlung des peripher neuropathischen Fußes .....	96
5.6.6.1	Orthosen.....	96
5.6.6.2	Innenschuhe .....	97
5.6.6.3	Unterschenkelorthesen.....	97
5.7	<b>Operative Therapie beim peripher neuropathischen Fuß.</b> .....	98
5.7.1	Weshalb kommen die Möglichkeiten der Fußchirurgie beim neuropathischen Fuß nur in eingeschränktem Maße zur Anwendung?.....	99
5.7.2	Grundsätzliches zur operativen Therapie am neuropathischen Fuß.....	99
5.7.3	Besonderheiten bei Operationen am neuropathischen Fuß .....	100
5.7.4	Fußchirurgischen Behandlungsverfahren.....	102
5.7.4.1	Erster Strahl .....	102
5.7.4.2	Kleinzehe 2–4.....	105
5.7.4.3	Fünfter Strahl.....	110
5.7.4.4	Ferse.....	111
5.7.5	Nachbehandlung.....	111
	Literatur .....	112
6	<b>Der Charcotfuß.</b> .....	119
	<i>Sigurd Kessler, Christoph Volkering, Sandra Sommerey, Maike Dohrn, Manuel Dafotakis, Axel Stäbler, Mathias Kaemmerer, Michael Möller, Georg Seeßle, Markus Seeßle und Thomas Kurtze</i>	
6.1	<b>Zusammenfassung.</b> .....	121
6.2	<b>Einleitung</b> .....	121
6.2.1	Jean-Martin Charcot .....	121
6.2.2	Geschichte des Charcotfußes .....	124
6.2.3	Unterschiede zwischen Charcotfüßen aufgrundluetischer und diabetischen Polyneuropathie.....	124
6.2.4	Spontane Verlauf .....	125
6.2.4.1	Frühcharcot (CS I).....	126
6.2.4.2	Knochenverlust und Frakturierung (CS II) .....	128

6.2.4.3	Knochenneubildung (CS III) .....	132
6.2.4.4	Instabilität (CS IV) .....	132
6.2.4.5	Fehlstellungen (CS V) .....	136
6.2.4.6	Lokale Weichteilschäden und Infektionen (CS VI, uKnF 5a) .....	137
6.2.4.7	Systemische Infektion (uKnF 5b) .....	140
6.2.5	Nomenklatur .....	140
6.2.5.1	Bezeichnungen zum Charcotfuß allgemein .....	140
6.2.5.2	Bezeichnungen zum Frühstadium .....	141
6.3	<b>Ätiologie und Pathogenese</b> .....	142
6.3.1	Auslösung durch neurale Fehlregulation .....	142
6.3.2	Bisherige Vorstellungen zur Pathogenese .....	142
6.3.3	Pathogenese des Charcotfußes aus neurologischer Sicht .....	143
6.3.3.1	Neuronale Regulierung des Knochenstoffwechsels .....	143
6.3.3.2	Knochenmetabolismus .....	145
6.3.3.3	Periphere neuronale Regulation .....	145
6.3.3.4	Zentrale Regulationsmechanismen .....	146
6.3.3.5	Nervenschädigung und neurogene Inflammation – die Brücke zum Knochenstoffwechsel .....	146
6.3.3.6	Der Blick nach rechts und links: andere Knochenerkrankungen als Folge neuronaler Fehlregulation .....	147
6.3.3.7	Zusammenfassung und Fazit .....	147
6.3.4	Klassifikation Charcotfuß .....	147
6.3.4.1	Bedeutung einer Klassifikation .....	147
6.3.4.2	Bisherige Klassifikationen des Charcotfußes .....	148
6.3.4.3	Klassifikation des Charcotfußes .....	151
6.3.4.4	Zusammenfassung Klassifikation .....	155
6.4	<b>Diagnostik zum Charcotfuß</b> .....	156
6.4.1	Klinische Diagnostik .....	156
6.4.1.1	Vorgeschichte .....	156
6.4.1.2	Klinischer Befund .....	156
6.4.1.3	Labor .....	157
6.4.1.4	Zur Differenzialdiagnose Charcotfuß/Osteomyelitis .....	157
6.4.2	Bildgebende Diagnostik beim Charcotfuß .....	159
6.4.2.1	Vorbemerkung .....	159
6.4.2.2	Röntgenaufnahmen (RA) .....	159
6.4.2.3	Computertomografie (CT) .....	163
6.4.2.4	Magnetresonanztomografie (MRT) .....	164
6.4.2.5	Knochenszintigrafie und PET-CT .....	164
6.4.2.6	Bildgebende Darstellung nach Stadien .....	164
6.5	<b>Therapie des Charcotfußes</b> .....	168
6.5.1	Vorbemerkung .....	168
6.5.2	Geschichte der Behandlung des diabetischen Charcotfußes .....	168
6.5.3	Therapieziele .....	169
6.5.4	Besonderheiten in der Behandlung des Charcotfußes .....	169
6.5.5	Nicht-operative Behandlung des Charcotfußes .....	170
6.5.5.1	Grundsätze der stadienabhängigen Therapie .....	170
6.5.5.2	Orthopädieschuhtechnische Behandlung des Charcotfußes .....	173

6.5.5.3	Orthopädietechnische Versorgung beim Charcotfuß .....	182
6.5.6	Chirurgische Behandlung des Charcotfußes .....	186
6.5.6.1	Indikationen und Kontraindikationen zur Operation .....	186
6.5.6.2	Ziele der Operation .....	186
6.5.6.3	Grundsätzliche Aspekte zur Operation .....	186
6.5.6.4	Operative Verfahren .....	187
6.5.7	Stellungskorrigierende Arthrodesen beim Charcotfuß .....	188
6.5.7.1	Begünstigende und beeinträchtigende Faktoren für die knöcherne Fusion .....	189
6.5.7.2	Implantate für die Arthrodesen .....	190
6.5.7.3	Arthrodesen nach Lokalisationen .....	195
6.5.8	Nachbehandlung .....	200
	Literatur .....	201
<b>7</b>	<b>Infektionen am neuropathischen Fuß .....</b>	<b>209</b>
	<i>Sigurd Kessler, Christoph Volkerling, Arthur Grünerbel, Sandra Sommerey, Edzard Kessler, Axel Stäbler, Mathias Kaemmerer und Lutz Bader</i>	
7.1	<b>Zusammenfassung .....</b>	<b>211</b>
7.2	<b>Einleitung .....</b>	<b>211</b>
7.2.1	Vorbemerkung .....	211
7.2.2	Einstellungen zu Heilungsproblemen beim diabetischen Fuß .....	212
7.3	<b>Ätiologie und Pathogenese .....</b>	<b>213</b>
7.3.1	Wundarten beim nF .....	213
7.4	<b>Diagnostik der Weichteilinfektionen am diabetischen Fuß .....</b>	<b>219</b>
7.4.1	Klinische Diagnostik .....	219
7.4.2	Labordiagnostik .....	226
7.4.3	Bildgebung bei Weichteilinfektionen .....	227
7.5	<b>Hygienemaßnahmen bei chronischer Wunde am diabetischen Fuß .....</b>	<b>228</b>
7.5.1	Vorbemerkung .....	228
7.5.2	Erregerspektrum, MRSA und andere MRE .....	229
7.5.3	MRSA: Risikofaktoren für Besiedelung und Screening-Kriterien .....	229
7.5.4	Ziele der Hygienemaßnahmen bei diabetischem Fuß / chronischer Wunde .....	230
7.5.5	Maßnahmen der Händehygiene .....	230
7.5.6	Personalschutz/Schutzausrüstung .....	233
7.5.7	Sonstige Maßnahmen der Hygiene und Infektionsprävention .....	233
7.5.8	Asepsis bei der Wundbehandlung .....	234
7.5.9	Wundreinigung und Antisepsis bei der Wundbehandlung .....	235
7.5.10	Schluss-Statement .....	236
7.6	<b>Therapie der Infektionen am neuropathischen Fuß .....</b>	<b>236</b>
7.6.1	Vorbemerkung .....	236
7.6.2	Nicht-operative Verfahren .....	237
7.6.3	Operative Verfahren .....	244
	Literatur .....	253
<b>8</b>	<b>Osteomyelitis am neuropathischen Fuß .....</b>	<b>259</b>
	<i>Sigurd Kessler, Christoph Volkerling, Axel Stäbler und Mathias Kaemmerer</i>	
8.1	<b>Zusammenfassung .....</b>	<b>260</b>
8.2	<b>Einleitung .....</b>	<b>260</b>

8.2.1	Osteomyelitis am Fuß: sehr schwierig oder sehr einfach? .....	260
8.2.2	Was ist die angemessene Diagnostik? .....	261
8.2.3	Notwendigkeit der Differenzierung .....	261
8.2.4	Definition der DFO .....	261
8.2.5	Vergleich der DFO mit Osteomyelitiden außerhalb des Fußes .....	262
8.3	<b>Pathogenese der DFO</b> .....	263
8.3.1	Stadien der DFO .....	263
8.3.1.1	Allgemein .....	263
8.3.1.2	DFO-Stadium 1, infiziertes intraossäres Ödem .....	265
8.3.1.3	DFO-Stadium 2, infizierte Arrosion der Knochenoberfläche .....	265
8.3.1.4	DFO-Stadium 3, infizierte Knochennekrosen .....	265
8.3.1.5	Aufrechterhaltung und Ausbreitung der Infektion im Knochen .....	267
8.3.1.6	Infektsanierung .....	269
8.3.1.7	Klinische Bedeutung der DFO .....	269
8.4	<b>Diagnostik der DFO</b> .....	271
8.4.1	Vorbemerkung .....	271
8.4.2	Klinische Diagnostik .....	271
8.4.2.1	DFO ohne vs. mit Drainage .....	274
8.4.2.2	Differenzialdiagnose .....	274
8.4.3	Labordiagnostik bei DFO .....	275
8.4.3.1	Blutwerte .....	275
8.4.3.2	Bakteriologie .....	275
8.4.3.3	Patho-Histologie .....	275
8.4.4	Bildgebung bei der DFO .....	276
8.4.4.1	Vorbemerkungen .....	276
8.4.4.2	Röntgenaufnahmen zur Osteomyelitis am diabetischen Fuß .....	276
8.4.4.3	Computertomografie (CT) .....	276
8.4.4.4	Magnetresonanztomografie (MRT) .....	277
8.4.4.5	DFO bei charcotbedingtem Ulkus .....	277
8.5	<b>Therapie der DFO</b> .....	280
8.5.1	Allgemeine Aspekte .....	280
8.5.1.1	Therapieziele .....	280
8.5.1.2	Grundlagen der Therapieentscheidung (Tab. 8.2) .....	280
8.5.1.3	Nomenklatur .....	281
8.5.2	Nonoperative Verfahren .....	281
8.5.2.1	Antibiotikatherapie .....	281
8.5.2.2	Schuh- und Orthopädietechnik .....	282
8.5.3	Operative Verfahren .....	283
8.5.3.1	Allgemeine Aspekte .....	283
8.5.3.2	Chirurgisches Vorgehen .....	283
8.5.4	Nachbehandlung nach operativer DFO-Behandlung .....	294
8.6	<b>In Kürze</b> .....	296
	Literatur .....	297
9	<b>Amputationen beim diabetischen Fuß</b> .....	301
	<i>Christoph Volkering, Sigurd Kessler, Thomas Kurtze und Oliver Maier-Börries</i>	
9.1	<b>Zusammenfassung</b> .....	303

9.2	<b>Einführung</b> .....	303
9.3	<b>Grundlagen</b> .....	304
9.3.1	Indikationsstellung und Anforderungen an die Diagnostik .....	304
9.3.2	Zeitpunkt der Amputation .....	304
9.3.3	Allgemeine Prinzipien .....	305
9.4	<b>Klassifizierung von Amputationen</b> .....	307
9.5	<b>Spezielle Amputationslehre</b> .....	308
9.5.1	Zehenamputationen .....	308
9.5.1.1	Indikation .....	308
9.5.1.2	Technik .....	310
9.5.1.3	Nachbehandlung .....	311
9.5.2	Strahlamputationen .....	311
9.5.2.1	Indikationen .....	311
9.5.2.2	Operationstechnik .....	311
9.5.3	Transmetatarsale Amputation (TMA) .....	314
9.5.3.1	Indikationen .....	314
9.5.3.2	Operationstechnik .....	314
9.5.4	Lisfrancexartikulation .....	315
9.5.4.1	Operationstechnik .....	316
9.5.5	Bona-Jäger-Amputation .....	316
9.5.6	Chopartamputation .....	317
9.5.6.1	Indikationen: .....	317
9.5.6.2	Operationstechnik .....	317
9.5.6.3	Komplikationen .....	318
9.5.7	Pirogoff-Amputation (PA) .....	318
9.5.7.1	Indikationen .....	318
9.5.7.2	Kontraindikationen .....	318
9.5.7.3	Operationstechnik .....	319
9.5.7.4	Nachbehandlung .....	320
9.5.8	Syme-Amputation (SA) .....	320
9.5.8.1	Indikationen .....	320
9.5.8.2	Operationstechnik .....	321
9.5.8.3	Komplikationen .....	321
9.5.8.4	Nachbehandlung .....	321
9.5.9	Resektionen im Kalkaneus .....	321
9.5.9.1	Indikationen .....	322
9.5.9.2	Operationstechnik .....	322
9.5.9.3	Nachbehandlung .....	322
9.5.9.4	Komplikationen .....	322
9.5.10	Unterschenkelamputation (BKA, Below-Knee-Amputation) .....	322
9.5.10.1	Indikationen .....	323
9.5.10.2	Kontraindikationen .....	323
9.5.10.3	Operationstechnik .....	323
9.5.10.4	Nachbehandlung .....	325
9.5.10.5	Komplikationen .....	325
9.6	<b>Schuhtechnische und orthopädietechnische Versorgung nach Amputationen</b> .....	325
9.6.1	Einführung .....	325

9.6.2	Schuhtechnische Versorgung von Amputationen der Zehen und im Bereich der Metatarsalia .....	325
9.6.3	Orthopädietechnische Versorgung von Amputationen in der sogenannten Grenzzone .....	327
9.6.4	Orthopädietechnische Versorgung von Amputationen im Rückfuß .....	327
9.6.4.1	Orthopädietechnische Versorgung von Exartikulationen im Chopartgelenk .....	327
9.6.4.2	Orthopädietechnische Versorgung nach Pirogoff-Amputation .....	328
9.6.4.3	Orthopädietechnische Versorgung nach Syme-Amputation .....	329
9.6.5	Schuhtechnische und orthopädietechnische Versorgung nach Fersenamputation ....	329
9.6.6	Orthopädietechnische Versorgung nach Unterschenkelamputation .....	329
9.7	<b>Nachbehandlung nach Amputationen und Rekonstruktionen</b> .....	331
9.7.1	Gesundheit- und Krankenpflege .....	332
9.7.2	Physiotherapie .....	333
9.7.3	Ergotherapie .....	333
9.7.4	Medizinische Trainingstherapie .....	334
9.7.5	Psychologie .....	335
9.7.6	Sozialer Dienst .....	336
9.7.7	Orthopädietechnik/Rehatechnik .....	336
9.7.8	Medizin .....	336
9.7.9	Interdisziplinäre Amputationssprechstunde .....	337
9.8	<b>Nachbehandlung nach Rekonstruktionen</b> .....	337
	Literatur .....	338
10	<b>Vergütung stationärer Leistungen beim diabetischen Fuß</b> .....	341
	<i>Frank Schemmann</i>	
10.1	<b>Einführung</b> .....	342
10.2	<b>Diagnosen (ICD)</b> .....	342
10.3	<b>Grenzgebiete der Codierung</b> .....	343
10.4	<b>Prozeduren (OPS)</b> .....	344
10.4.1	Wissenswertes zur Prozedurencodierung .....	344
10.4.2	Diagnosis Related Groups (DRG) .....	345
10.4.3	Besonderheiten beim DFS .....	345
10.4.4	Arthrodesen an der Fußwurzel und am Sprunggelenk .....	346
10.4.5	Eingriffe am Vorfuß .....	347
10.4.6	Majoramputationen – DFS .....	347
10.4.7	„Innere Amputationen“ .....	349
10.4.8	Komplexe Rekonstruktionen .....	350
10.4.9	In Kürze .....	350
	Literatur .....	350
	<b>Serviceteil</b>	
	Stichwortverzeichnis .....	353



# Autorenverzeichnis

---

**Lutz Bader Dr.** Kassenärztliche Vereinigung Bayerns, München, Deutschland

**Manuel Dafotakis PD Dr.** Neurologische Klinik Universitätsklinik Aachen, Aachen, Deutschland  
[mdafotakis@ukaachen.de](mailto:mdafotakis@ukaachen.de)

**Maïke Dohrn Dr.** Neurologische Klinik Universitätsklinik Aachen, Aachen, Deutschland  
[mdohrn@ukaachen.de](mailto:mdohrn@ukaachen.de)

**Daniela Grichting** KÖRPERWERK, Küblis, Schweiz  
[daniela@hyop.ch](mailto:daniela@hyop.ch)

**Reto Grichting** KÖRPERWERK, Küblis, Schweiz  
[reto@hyop.ch](mailto:reto@hyop.ch)

**Arthur Grünerbel Dr.** Diabeteszentrum München Süd, München, Deutschland  
[gruenerbel@diabeteszentrum-muenchen-sued.de](mailto:gruenerbel@diabeteszentrum-muenchen-sued.de)

**Mathias Kaemmerer Dr.** Radiologie München-Harlaching, München, Deutschland

**Edzard Kessler Dr.** Orthopädie Osterstraße, Hamburg, Deutschland  
[kessler@muehlen-praxis.de](mailto:kessler@muehlen-praxis.de)

**Sigurd Kessler Prof. Dr.** ORTHOEVO, München, Deutschland  
[skessler@orthoevo.de](mailto:skessler@orthoevo.de)

**Peter Kuhlencordt PD Dr.** Internistische Gemeinschaftspraxis Fontenay, Hamburg, Deutschland  
[pk@kuhlencordt.health](mailto:pk@kuhlencordt.health)

**Thomas Kurtze** Orthopädietechnik Kurtze, München, Deutschland  
[info@kurtze.de](mailto:info@kurtze.de)

**Franz-Peter Lenhart Dr.** Schön Klinik München Harlaching, München, Deutschland  
[fplenhart@schoen-klinik.de](mailto:fplenhart@schoen-klinik.de)

**Oliver Maier-Börries Dr.** AOK Klinik, Wittnau, Deutschland  
[dr.maier-boerries@aok-klinik-gmbh.de](mailto:dr.maier-boerries@aok-klinik-gmbh.de)  
[o.maier-boerries@cts-reha-bw.de](mailto:o.maier-boerries@cts-reha-bw.de)

**Michael Möller** Seeßle Fußgesund, München, Deutschland

**Bastian Priegelmeir** Podologie Prieglmeier, Schwabmünden, Deutschland

**Johannes Rieger PD Dr.** Krankenhaus Barmherzige Brüder, München, Deutschland  
[johannes.rieger@barmherzige-muenchen.de](mailto:johannes.rieger@barmherzige-muenchen.de)

**Patrick Rosin Dr.** Schön Klinik München Harlaching, München, Deutschland  
[prosin@schoen-klinik.de](mailto:prosin@schoen-klinik.de)

**Mojtaba Sadeghi Dr.** Abteilung für Gefäßchirurgie und Phlebologie, Klinikum Landkreis Erding, Erding, Deutschland  
[mojtaba.sadeghi@klinikum-erding.de](mailto:mojtaba.sadeghi@klinikum-erding.de)

**Frank Schemmann Dr.** Zentrum für orthopädische Chirurgie OC-Boxberg, Neunkirchen, Deutschland  
[Frank.Schemmann@helios-gesundheit.de](mailto:Frank.Schemmann@helios-gesundheit.de)

**Claus-Georg Schmedt PD Dr.** Diakoneo DIAK Klinikum Schwäbisch Hall, Schwäbisch-Hall, Deutschland  
[Claus-Georg.Schmedt@diakoneo.de](mailto:Claus-Georg.Schmedt@diakoneo.de)

**Georg Seeßle** Seeßle Fußgesund, Erding, Deutschland  
[georg.seessle@fussgesund.info](mailto:georg.seessle@fussgesund.info)

**Markus Seeßle** Seeßle Fußgesund, Erding, Deutschland  
[markus.seessle@fussgesund.info](mailto:markus.seessle@fussgesund.info)

**Sandra Sommerer Dr.** Chirurgisches Klinikum München Süd, München, Deutschland  
[Sandra.Sommerer@artemed.de](mailto:Sandra.Sommerer@artemed.de)

**Axel Stäbler Prof. Dr.** Radiologie München-Harlaching, München, Deutschland  
[info@radiologie-muenchen-harlaching.de](mailto:info@radiologie-muenchen-harlaching.de)

**Bernd Steckmeier Prof. Dr.** Praxis für Gefäßmedizin Schwabing, München, Deutschland  
[bernd.steckmeier@med.uni-muenchen.de](mailto:bernd.steckmeier@med.uni-muenchen.de)

**Stephanie Steckmeier Dr.** Ludwig-Maximilians-Universität München, Klinik und Poliklinik für Dermatologie und Allergologie, München, Deutschland  
[Privatambulanz.Derma@med.uni-muenchen.de](mailto:Privatambulanz.Derma@med.uni-muenchen.de)

**Ruth Trenkler** Podologie Trenkler-Kouba, Regensburg, Deutschland  
[info@ruth-trenkler.de](mailto:info@ruth-trenkler.de)

**Christoph Volkering Dr.** ORTHOEVO, München, Deutschland  
[volkering@orthoevo.de](mailto:volkering@orthoevo.de)

# Abkürzungsverzeichnis

ABI	Ankle brachial index (Knöchel-Arm-Index)	I	Indikation
A-DFS	Association of Diabetic Foot Surgery	ICD	International Statistical Classification of Diseases and Related Health Problems (System zur Klassifizierung von Diagnosen)
adp	Arteria dorsalis pedis	Inst.	Instabilität
af	Arteria fibularis	IPG	Interphalangealgelenk, Endgelenk der Großzehe
aF	angiopathischer Fuß	IV	integrierte Versorgung
AG Fuß	Arbeitsgemeinschaft Diabetischer Fuß der Deutschen Diabetes Gesellschaft	KF	Kleinfragment
AOFAS	American Orthopedic Foot Society	KI	Kontraindikation
ata	Arteria tibialis anterior	KZ	Krallenzehe
atp	Arteria tibialis posterior	IWGDF	International Working Group on the Diabetic Foot
AS	Achillessehne		
ASV	Achillessehnenverlängerung		
AU	Arbeitsunfähigkeit		
		MFK	Mittelfußknochen
BV	Bildverstärker	MIS	Minimal invasive surgery (minimal invasive Chirurgie)
CF	Charcotfuß	MF	Mittelfuß, wir benutzen den Ausdruck entsprechend „midfoot“ der AOFAS also für die Region um die distalen Tarsalknochen.
CFes	Charcotfußes	MRT	Magnetresonanztomographie
		MT	Metatarsale
DaF	Diabetes-adaptierte Fußbettung	MTK	Metatarsale-Kopf
DD	Differenzialdiagnose	MTPG	Metatarsophalangealgelenk, Grundgelenk
DDG	Deutsche Diabetes Gesellschaft		
dCF	diabetischer Charcotfuß	nF	neuropathischer Fuß
dF	diabetischer Fuß	nOP	neuropathische Osteopathie
DIPG	distales Interphalangealgelenk, Endgelenk	NPWT	Negative pressure wound therapy, Unterdruckbehandlung von Wunden
dPNP	diabetische Polyneuropathie		
dp	dorso-plantar (bei Röntgenaufnahme)	OB	Osteoblasten
		OK	Osteoklasten
EBM	Evidence based medicine	OM	Osteomyelitis
EHL	Extensor hallucis longus	OPS	Operationen- und Prozeduren-schlüssel
		OpT	Operationstechnik
FDB	Flexor digitorum brevis	PAVK	periphere arterielle Verschlusskrankheit
FDL	Flexor digitorum longus		
FHL	Flexor hallucis longus	PIP	proximales Interphalangealgelenk, Mittelfußgelenk
FS	Fehlstellung		
GF	Großfragment		
GOP	Gebührenordnungsposition		
HZ	Hammerzehe		

pnF	peripher neuropathischer Fuß	uK	umfassende Klassifikation des neuropathischen Fußes unter Einschluss der präluzerösen Risikostadien und der Stadien mit systemischer Infektion
PNP	Polyneuropathie		
RCT	Randomized controlled trial, randomisierte, kontrollierte Studie		
RA	Röntgenaufnahme		
Rückfuß	Wir benutzen dem Ausdruck entsprechend „rearfoot“ der AOFAS, also für die Region um den Talus und den Calcaneus	V.a.	Verdacht auf
		Vorfuß	Wir benutzen dem Ausdruck entsprechend „forefoot“ der AOFAS, also für die Region der Zehen und Metatarsalia
sKMÖ	spontanes Knochenmarksödem		
TCC	Total contact cast	WT	Weichteile
TMT	tarso-metatarsal	WTI	Weichteilinfektion
		WTS	Weichteilschaden