

Aus der Poliklinik und Funktionsbereich Rheumatologie der
Heinrich-Heine-Universität Düsseldorf

Direktor: Herr Univ.-Prof. Dr. med. Matthias Schneider

Prävalenz und Befallsmuster sonographischer Zeichen der
Fingerarthrose in der arbeitenden Bevölkerung

Dissertation

Zur Erlangung des Grades eines Doktors der Medizin
der Medizinischen Fakultät der Heinrich-Heine-Universität Düsseldorf

Vorgelegt von

Mario Giuliani

2022

Als Inauguraldissertation gedruckt mit der Genehmigung der Medizinischen Fakultät der
Heinrich-Heine-Universität Düsseldorf

gez.:

Dekan: Prof. Dr. med. Nikolaj Klöcker
Erstgutachter: Prof. Dr. med. Benedikt Ostendorf
Zweitgutachter: PD Dr. med. Stephan Meller

Teile dieser Arbeit wurden veröffentlicht:

Als Abstract:

Giulini M, Acar H, Brinks R, Schneider M, Ostendorf B, Sander O, Sewerin P. Prevalence and Pattern of Hand Osteoarthritis in a Working Population Using Ultrasound [abstract]. *Arthritis Rheumatol.* 2017; 69 (suppl 10). <https://acrabstracts.org/abstract/prevalence-and-pattern-of-hand-osteoarthritis-in-a-working-population-using-ultrasound/>. Accessed January 2, 2022.

Zusammenfassung (deutsch)

Mario Giulini: Prävalenz und Befallsmuster sonographischer Zeichen der Fingerarthrose in der arbeitenden Bevölkerung

Die Fingerarthrose ist ein heterogenes Krankheitsbild, welches häufig mehrere Gelenke betrifft und dann als Fingerpolyarthrose bezeichnet wird. Es gibt mehrere Untergruppen sowie symptomatische und asymptomatische Formen. Die Diagnostik der Fingerarthrose ist komplex. Sie basiert neben klinischen Diagnosekriterien bildmorphologisch auf dem konventionellen Röntgen und einem Bewertungssystem aus dem Jahr 1957. Ultraschall ist ein sehr sensitives bildgebendes Verfahren, das sich effektiv zur Detektion von frühen Zeichen der Fingerarthrose eignet. Neben den krankheitsdefinierenden pathologischen Veränderungen, wie Osteophyten, können weitere Pathologien wie Synovitiden, Erosionen, Gelenkspaltverschmälerungen und Knorpelveränderungen detektiert werden.

Die Vermutung lautet, dass die Prävalenz von Osteophyten, als mögliches Zeichen einer Fingerarthrose, wesentlich höher liegen könnte als bisher angenommen, denn Ultraschall ist sensitiver in der Detektion von Osteophyten. Das Ziel dieser Arbeit besteht darin, die Prävalenz und das Befallsmuster von Arthrose-typischen Veränderungen in einer arbeitenden, nicht bekanntermaßen an Fingerarthrose erkrankten Population zu erkennen und den Zusammenhang auf das Alter sowie auf die verschiedenen Geschlechter zu untersuchen.

Als Teil des Projektes „Rheumatruck“ wurden 427 Besucher an 26 Fingergelenken auf sonographische Zeichen der Fingerarthrose untersucht. Es entstanden insgesamt 11 840 Ultraschallbilder, welche standardisiert ausgewertet wurden.

Diese Studie zeigt, dass die Prävalenz von Osteophyten, als mögliches Zeichen einer Fingerarthrose, bei 99,76 % liegt, wenn das Vorliegen eines Osteophyten (mindestens Grad 1) als diagnostisches Kriterium herangezogen wird. Die am häufigsten betroffenen Gelenke sind mit 60 % die distalen Interphalangealgelenke (DIP-Gelenke), gefolgt von den proximalen Interphalangealgelenken (PIP-Gelenke) mit 48 %, den Carpometacarpalgelenken 1 (CMC1-Gelenke) mit 39 % und den Metacarpophalangealgelenken (MCP-Gelenke) mit 16 %. Es konnte ein signifikanter Zusammenhang zwischen der Anzahl von Osteophyten und einem zunehmenden Alter festgestellt werden. Eine unterschiedliche Prävalenz zwischen männlichem und weiblichem Geschlecht zeigte sich nicht. Die Prävalenz von sonographischen Zeichen der Fingerarthrose liegt deutlich höher als in bisherigen Studien, bei

denen konventionelles Röntgen oder die klinische Untersuchung genutzt wurden. Vergleichbare Werte der Prävalenz werden in dieser Studie erreicht, wenn als Kriterium das Vorliegen mindestens eines Grad-2-Osteophyten, d. h. eines moderat ausgeprägten Osteophyten, gewählt wird. DIP-Gelenke sind, im Einklang mit anderen Studien, am häufigsten von Osteophyten betroffen. Die Ergebnisse zu CMC-1-Gelenken sind ebenfalls mit den bisher publizierten Daten vergleichbar.

Meine Untersuchungen zeigen, dass die Prävalenz von sonographischen Zeichen der Fingerarthrose in einer arbeitenden Bevölkerung, die nicht nachweislich an Fingerarthrose erkrankt ist, deutlich höher liegt als bisher angenommen. Dabei sind aufgrund der sehr hohen Prävalenz Grad-1-Osteophyten als Normalbefund anzusehen. Die Arbeit konnte somit nachweisen, dass, anders als in den bisherigen Verfahren, insbesondere niedriggradige Befunde in der Sonographie aufgrund der hohen Sensitivität nicht zwingend pathologisch sein müssen. Die Entwicklung eines Scoring-Systems zur Diagnose der Fingerarthrose im Ultraschall scheint sinnvoll und möglich. Die Arbeit unterstreicht die aktuelle Diskussion über den Stellenwert bildmorphologischer Befunde bei steigender Sensitivität der Verfahren und weist darauf hin, dass gerade diskrete Befunde immer im klinischen Zusammenhang zu werten und nicht überzubewerten sind.

Abstract (English)

Mario Giuliani: Prevalence and pattern of ultrasonographic findings of hand osteoarthritis in a working population

Osteoarthritis of the fingers is a heterogeneous clinical picture that often affects several joints and is referred to as hand osteoarthritis (HOA). There are various subgroups as well as symptomatic and asymptomatic forms. The diagnosis of HOA is complex and, in addition to clinical diagnostic criteria, is based image-morphologically on conventional radiography (CR) and a grading system dating from 1957. Ultrasound is a very sensitive imaging technique that is well suited for detecting early signs of HOA. In addition to disease-defining pathological changes, such as osteophytes, other pathologies such as synovitis, erosions, joint space narrowing and cartilage changes can be detected.

The hypothesis is that the prevalence of osteophytes, as a possible sign of HOA, may be much higher than previously thought, because ultrasound is more sensitive in detecting osteophytes. The aim of this study is to identify the prevalence and pattern of osteophytes in a

working population not known to have HOA and to investigate the association with age and gender.

As part of the “Rheumatruck” project, a total of 427 visitors were examined at 26 finger joints for ultrasonographic signs of HOA. A total of 11,840 ultrasound images were taken and analysed in a standardised method.

This study shows that the prevalence of osteophytes as a possible sign of HOA is 99.76 % when the presence of one osteophyte (at least grade 1) is used as a diagnostic criterion. The most frequently affected joints are the distal interphalangeal joints (DIP) with 60 %, followed by the proximal interphalangeal joints (PIP) with 48 %, the carpometacarpal joints 1 (CMC1) with 39 %, and the metacarpophalangeal joints (MCP) with 16 %. A significant correlation between the number of osteophytes and increasing age was found. There was no difference in prevalence between male and female gender. The prevalence of ultrasonographic signs of HOA is significantly higher than in previous studies using CR or clinical examination. Comparable prevalence values are achieved in this study when the criterion is the presence of at least one grade 2, moderate osteophyte. DIP joints are most commonly affected by osteophytes, in accordance to other studies. The results on CMC 1 joints are also comparable to previously published data.

My research shows that the prevalence of ultrasonographic signs of HOA in a working population without proven HOA is significantly higher than previously thought, with grade 1 osteophytes being considered a normal finding due to the very high prevalence. The study was thus able to prove that, in contrast to previous methods, low-grade findings in ultrasound in particular do not necessarily have to be pathological due to the high sensitivity. The development of a scoring system for the diagnosis of HOA in ultrasound seems reasonable and possible. The study underlines the current discussion about the significance of image morphological findings with increasing sensitivity of the methods and points out to always evaluate discrete findings in the clinical context and not to overestimate them.

Abkürzungsverzeichnis

ACR	<i>American College of Rheumatology</i>
Anti-CCP	Anti-Cyclisch Citrulliniertes Peptid
Anti-NGF	<i>Anti Nerve Growth Factor</i>
AUSCAN	<i>Australian Canadian Osteoarthritis Index</i>
B-Mode	<i>Brightness modulation Mode</i>
BMI	<i>Body-Mass-Index</i>
bDMARD	biologische <i>Disease Modifying Anti-Rheumatic Drug</i>
CBCT	<i>Conebeam computed tomography</i>
CMC-Gelenk	Carpometacarpalgelenk
CT	Computertomographie
DIP-Gelenk	Distales Interphalangealgelenk
DMARD	<i>Disease Modifying Anti-Rheumatic Drug</i>
DMOAD	<i>Disease Modifying Osteoarthritis Drug</i>
EULAR	<i>European League against Rheumatism</i>
FDA	<i>Food and Drug Administration</i>
FKDS	Farbkodierte Doppler Sonographie
GDF5	<i>Growth and differentiation factor 5</i>
HOA	<i>Hand osteoarthritis</i>
ID	<i>Identity</i>
IP-Gelenk	Interphalangealgelenk
LCD	<i>Liquid crystal display</i>
LFNE	Laufnummer
M-Mode	<i>Motion-Mode</i>
MCP Gelenk	Metacarpophalangealgelenk
MHz	Megahertz
mm	Millimeter

MRT	Magnetresonanztomographie
NSAR	Nichtsteroidale Antirheumatika
OARSI	<i>Osteoarthritis Research Society International</i>
OMERACT	<i>Outcome Measures in Rheumatology</i>
PDM	Power-Doppler-Modus
PIP-Gelenk	Proximales Interphalangealgelenk
RA	Rheumatoide Arthritis
RC	Rheuma-Check
RRC	Rheuma-Rücken-Check
RWE AG	Rheinisch-Westfälisches Elektrizitätswerk Aktiengesellschaft
STT-Gelenk	Scapho-trapezio-trapezoidales Gelenk
URL	<i>Uniform Resource Locator</i>
TNF-Blocker	Tumornekrosefaktor-Blocker
VAS	Visuelle Analogskala

Inhaltsverzeichnis

	<u>Seite</u>
1 Einleitung	1
1.1 Was ist unter „Rheuma“ zu verstehen?	1
1.1.1 Degenerativ-rheumatische Erkrankungen	1
1.1.2 Entzündlich-rheumatische Erkrankungen.....	1
1.1.3 Stoffwechselstörungen-bedingte Krankheiten des Bewegungsapparates	2
1.2 Aufklärungskampagnen „Rheuma“	2
1.3 Arthrose	3
1.4 Fingerarthrose.....	4
1.4.1 Definition.....	4
1.4.2 Epidemiologie.....	6
1.4.3 Ätiologie	7
1.4.4 Klinik.....	10
1.4.5 Diagnostik.....	11
1.4.6 Therapie	12
1.4.6.1 Konservative Therapien	12
1.4.6.2 Medikamentöse Therapien	14
1.4.6.3 Interventionelle Therapien	14
1.4.6.4 Operative Therapien	15
1.4.7 Forschung	16
1.5 Bildgebung Fingerarthrose	18
1.5.1 Konventionelles Röntgen	18
1.5.2 Magnetresonanztomographie	19
1.5.3 Computertomographie	19
1.6 Ultraschall Fingerarthrose	20
1.6.1 Das Ultraschallbild	21
1.6.2 Das gesunde Gelenk im Ultraschall	22
1.6.3 Das arthrotische Gelenk im Ultraschall.....	22
1.6.3.1 Osteophyten.....	23
1.6.3.2 Synovitis/Erguss.....	24
1.6.3.3 Erosionen.....	25
1.6.3.4 Gelenkspalt.....	26
1.6.3.5 Knorpel.....	27

1.6.3.6	Strukturen: Muskulatur, Sehnen, Knochenoberfläche	28
1.7	Ziele der Arbeit	31
2	Material und Methoden	32
2.1	Personenkollektiv	32
2.2	Aktenzeichen des Ethikvotums	32
2.3	Ablauf Untersuchungen.....	33
2.3.1	Standorte.....	33
2.3.2	Der Rheumatruck.....	33
2.3.3	Besucher im Rheumatruck	34
2.3.4	Stationen im Rheumatruck	34
2.3.4.1	Station 1 = Fragebögen.....	34
2.3.4.2	Station 2 = Blutschnelltest.....	35
2.3.4.3	Station 3 = Venöse Blutabnahme	35
2.3.4.4	Station 4 = Gelenkuschall	35
2.3.4.5	Station 5 = Kapillarmikroskopie	36
2.3.4.6	Station 6 = Arzt	36
2.4	Untersuchungsmaterialien	36
2.5	Methoden.....	37
2.5.1	Voreinstellungen am Ultraschallgerät	37
2.5.2	Handschriftliche und digitale Dokumentation von Besucherdaten ..	37
2.5.3	Untersuchungsschema	38
2.5.4	Sicherung der Ultraschallbilder	39
2.5.5	Auswertung der Ultraschallbilder.....	39
2.5.5.1	MyLab Desk	40
2.5.5.2	DocuMed	43
2.6	Statistik.....	48
3	Ergebnisse	49
3.1	Prävalenz	49
3.2	Befallsmuster.....	49
3.3	Am häufigsten befallene Gelenke	55
3.4	Osteophyten Gesamt Score	56
3.5	Alter.....	56
3.6	Geschlecht	57
4	Diskussion	58
4.1	Prävalenz	58

4.2	Befallsmuster.....	63
4.3	Alter.....	65
4.4	Geschlecht.....	67
4.5	Ultraschall als bildgebendes Verfahren zur Untersuchung der Fingerarthrose.....	69
4.6	Weitere degenerative und entzündliche Zeichen im Ultraschall.....	72
4.7	Limitationen.....	74
4.8	Schlussfolgerung.....	74
5	Literatur und Quellenverzeichnis.....	77
6	Anhang.....	90

1 Einleitung

Als ich Personen in meinem Umfeld befragte, was „Rheuma“ ist, bekam ich viele verschiedene Antworten: „eine Krankheit“; „meine Oma hatte das“; „da bekommt man, glaube ich, krumme Finger von“. Die Praxis zeigt, dass zahlreiche Menschen nicht genau wissen, was Rheuma ist, und somit nicht für das Thema sensibilisiert sind. Folglich werden rheumatische Erkrankungen oft zu spät erkannt und diagnostiziert, häufig zum Nachteil der Betroffenen. Unter anderem aus diesem Grund initiierte das Kooperative Rheumazentrum Rhein-Ruhr e.V. in Zusammenarbeit mit diversen Partnern mehrere Aufklärungskampagnen zu diesem Thema. Aus der letzten großen Aufklärungskampagne entspringt diese Dissertation.

1.1 Was ist unter „Rheuma“ zu verstehen?

Allgemein werden unter dem Begriff „Rheuma“ über 100 Krankheits- und Beschwerdebilder zusammengefasst, die häufig den Bewegungsapparat betreffen. Letzterer besteht aus Knochen, Gelenken, Muskulatur und Sehnen. Die meisten der Krankheits- und Beschwerdebilder führen zu Schmerzen und Funktionseinschränkungen des Bewegungsapparates.¹ Es werden mehrere Hauptgruppen der rheumatischen Erkrankungen unterschieden.

1.1.1 Degenerativ-rheumatische Erkrankungen

Arthrose ist eine degenerative Gelenkerkrankung. Degeneration bedeutet Abbau und Funktionsverlust von Strukturen, beispielsweise von verschiedenen Gewebearten oder Organen. Die Arthrose beschreibt die Degeneration und Schädigung von Gelenken durch Defekte an Strukturen des Gelenks wie dem Knorpel und, im Verlauf, dem Knochen selbst.^{1,2} Die Ursachen sind vielfältig. Risikofaktoren, um eine primäre Arthrose zu entwickeln, sind etwa das zunehmende Alter, das weibliche Geschlecht und sportliche oder berufliche Belastungen. Bei einer sekundären Arthrose liegen Erkrankungen vor, die zu einer Arthrose führen, beispielsweise eine entzündliche Gelenkerkrankung oder ein Trauma.³

1.1.2 Entzündlich-rheumatische Erkrankungen

Hierzu zählen unter anderem die bekannte rheumatoide Arthritis, kurz RA, die Psoriasis-Arthritis, die Spondylitis ankylosans und die juvenile Arthritis, die Kinder vor dem 16. Lebensjahr betreffen kann. Zudem gibt es entzündlich-rheumatische Erkrankungen, die hauptsächlich die Muskulatur betreffen, wie die Dermatomyositis, die Polymyositis und die Fibromyalgie. Auch die sogenannte Gruppe der Kollagenosen, zu welcher der systemische Lupus erythematodes sowie die systemische Sklerose zählen, sind rheumatisch-entzündliche

Erkrankungen. Ferner sind die Vaskulitiden unter dieser Gruppe zusammengefasst, die sowohl Venen als auch Arterien betreffen können.⁴

1.1.3 Stoffwechselstörungs-bedingte Krankheiten des Bewegungsapparates

Zu der Gruppe der Stoffwechselstörungen, die Krankheiten des Bewegungsapparates hervorrufen können, gehören beispielsweise Kristallarthropathien wie die Gicht und Pseudogicht.⁵ Auch andere Erkrankungen, wie die Osteoporose, können Schäden des Bewegungsapparates hervorrufen und mit teils starken Schmerzen sowie Funktionseinschränkungen einhergehen.

1.2 Aufklärungskampagnen „Rheuma“

Im Jahr 2013 initiierten das Kooperative Rheumazentrum Rhein-Ruhr e.V. und die Rheinisch-Westfälische Elektrizitätswerk Aktiengesellschaft, kurz RWE AG, eine Aufklärungskampagne zum Thema „Rheuma“. Sowohl 2007 als auch 2009 fanden ähnliche Projekte statt, bei denen sich interessierte Passanten in Fußgängerzonen sowie an öffentlichen Plätzen freiwillig über rheumatische Erkrankungen informieren und sich auf diese testen lassen konnten. Zur vorerst letzten großen Aufklärungskampagne bezüglich rheumatischer Erkrankungen in Nordrhein-Westfalen kam es im Jahr 2013 durch die Initiative des Kooperativen Rheumazentrums Rhein-Ruhr e.V. mit der RWE AG.

Im Vorfeld wurde im Universitätsklinikum Düsseldorf eine Auswahl von 11 Medizinstudenten rekrutiert, die speziell von den Ärzten der Poliklinik und des Funktionsbereichs für Rheumatologie der Universitätsklinik Düsseldorf geschult wurden.

Unter anderem wurde ein Ultraschallkurs im Universitätsklinikum Düsseldorf von erfahrenen ärztlichen Mitarbeitern der Rheumatologie organisiert. Inhalte der Schulung waren der Umgang mit dem Ultraschallgerät, die Bildverarbeitung und das Erkennen von Pathologien. Diverse Fähigkeiten, wie die venöse Blutabnahme oder Kenntnisse über Erkrankungen des rheumatischen Formenkreises, waren ebenfalls Voraussetzungen zur Teilnahme.

In einem für das Projekt eigens umgebauten LKW, dem sogenannten Rheumatruck, gab es sieben Stationen, die von Mitarbeitern der Firma RWE AG unterschiedlich durchlaufen werden konnten. An Stationen waren ein Rheuma-Check (RC) Fragebogen, ein Blutschnelltest, eine venöse Blutabnahme, eine Gelenk-ultraschalluntersuchung, die Kapillarmikroskopie, ein Belastungsfragebogen zusammen mit einer klinischen Untersuchung sowie ein Facharzt der Rheumatologie vorhanden. Der Rheumatruck besuchte 6 Wochen Standorte der RWE

AG, beispielsweise Atom- und Kohlekraftwerke, Wasserkraftwerke sowie Verwaltungszentralen des Konzerns. Die Mitarbeiter der RWE AG wurden vorab an den Standorten über den Rheumatruck durch interne E-Mails, Plakate und mündliche Hinweise gezielt informiert und angeregt, die Chance der Früherkennung von rheumatischen Erkrankungen durch den Truck wahrzunehmen. Das Projekt stieß auf eine sehr gute Resonanz. Die Station Ultraschall, die Grundlage dieser Dissertation ist, zählte insgesamt 427 Besucher.

1.3 Arthrose

Die Arthrose gehört zu den degenerativen, primär nicht entzündlichen Erkrankungen, die Gelenke betreffen und schädigen können.

Sie ist eine polymorphe Erkrankung mit zahlreichen klinischen Erscheinungsformen, weshalb die Diagnose bzw. das Erstellen von spezifischen Kriterien häufig eine Herausforderung darstellt.^{6,7}

Pathologische Veränderungen wie ein zerstörter Knorpel, pathologisches Knochenwachstum wie Osteophyten und entzündliche Komponenten wie die sekundäre Entzündung der Synovialmembran können in Gelenken mit Arthrose vorliegen.⁸

Arthrose kann in eine primäre, idiopathische, und eine sekundäre Form unterteilt werden.⁹ Oft tritt sie als physiologische Alterserscheinung und als Zeichen einer Über- oder Fehlbelastung auf. Sie kann auch durch traumatische Ereignisse, Entzündungen oder Stoffwechselstörungen auftreten. Dann wird von sekundärer Arthrose gesprochen.

Die Arthrose gilt als die häufigste muskuloskeletale Erkrankung in Industrieländern. Sie kann prinzipiell jedes Gelenk betreffen. Am häufigsten sind Gelenke der Hand, der Wirbelsäule, des Knies und der Hüfte betroffen.²

Typische bildmorphologische Zeichen der Arthrose sind der Verlust von Gelenkknorpel und die Verschmälerung des Gelenkspalts, Knochenproliferationen wie Osteophyten und subchondrale Sklerosierungen sowie Geröllzysten und Erosionen. Die Klinik bei einem von Arthrose befallenen Gelenk kann stark variieren. Arthrose kann klinisch asymptomatisch, mit Bewegungs- und Anlaufschmerzen, oder mit einer Versteifung bzw. Gebrauchsunfähigkeit einhergehen.

Da arthrotische Gelenkveränderungen meist erst in einem höheren Lebensalter auftreten und entsprechend erkannt werden und nicht zwangsläufig mit Symptomen einhergehen, gestalten sich Untersuchungen zur Prävalenz der Arthrose als schwierig.¹⁰

Therapeutisch werden zunächst Veränderungen des Lebensstils, Physiotherapie und physikalische Therapie, wie Wärme- und Kältetherapie, angewandt. Bei Persistenz der Beschwerden kommt die medikamentöse Therapie mit nichtsteroidalen Antirheumatika, kurz NSARs, oder in Form von intraartikulären Injektionen von Kortikosteroiden zum Einsatz. Als Ultima Ratio gilt die chirurgische Therapie mit Plastiken, Prothesen oder Versteifungen.

1.4 Fingerarthrose

1.4.1 Definition

Gesunde Gelenke ermöglichen repetitive Bewegungen und halten den Verschleiß minimal. Der artikulierende Knorpel sowie die extrazelluläre Matrix ermöglichen dem Gelenk, unter physiologischen Bedingungen hohe Belastungen auszuhalten.

Ein Gelenk besteht aus verschiedenen Gewebearten, wie dem Knochen, der Knorpeloberfläche und der stabilisierenden Gelenkkapsel mit angrenzenden Ligamenten.¹¹ Liegen Schäden in diesen Strukturen vor, wie Knochenproliferationen im Sinne von Osteophyten, ein Verlust des Gelenkknorpels mit einer daraus folgenden Verschmälerung des Gelenkspalts, subchondrale Sklerosierungen, Geröllzysten und Erosionen, wird von Fingerarthrose gesprochen.

Diese Arbeit befasst sich ausschließlich mit der Fingerarthrose, auch Fingerpolyarthrose genannt, wenn sie in mehreren Gelenken vorliegt, und nicht mit anderen klinischen Erscheinungsformen, die im Folgenden vorgestellt werden.

Je nachdem, an welchem Teil der Hand sich die Arthrose befindet, werden in der deutschen Fachliteratur verschiedene Begriffe verwendet, etwa Finger-, Fingergelenks-, Fingerpoly-, Hand- und Handgelenksarthrose. Im Englischen wird oft der Überbegriff *hand osteoarthritis*, kurz HOA, genutzt. Im Folgenden wird der Begriff Fingerarthrose als Überbegriff verwendet und bezieht sich auf die Arthrose der Finger- und Handgelenke.

Die Fingerarthrose ist ein heterogenes Krankheitsbild, welches häufig mehrere Gelenke betrifft. Zudem wird das Krankheitsbild Fingerarthrose in mehrere Untergruppen unterteilt.¹² Das klinische Erscheinungsbild, bildgebende Verfahren und Befallsmuster definieren Untergruppen der Fingerarthrosen. Klinisch wird am häufigsten zwischen Heberden-, Bouchard- und Rhizarthrose differenziert. Zudem wird die erosive Fingerarthrose, dann unabhängig von der Lokalisation, als eigene Untergruppe aufgeführt.

Häufig finden sich klinisch sichtbare harte Schwellungen bzw. Gewebsvermehrungen an den Gelenken, sogenannte *nodes* (Knoten). Sind hauptsächlich die distalen Interphalangealgelenke, kurz DIP-Gelenke, betroffen, wird klinisch von einer Heberdenarthrose gesprochen –

benannt nach dem Londoner Arzt William Heberden, der diese Knoten bereits im 18. Jahrhundert als erbsengroße Veränderungen an den Fingerendgelenken beschrieb.¹³ Bei der sogenannten Bouchardarthrose, nach dem französischen Pathologen Charles-Joseph Bouchard, sind die proximalen Interphalangealgelenke, kurz PIP-Gelenke, betroffen.¹⁴ Ein positiver Zusammenhang zwischen den klinisch sichtbaren Knoten und radiologischen Zeichen der Fingerarthrose ist nachzuweisen.¹⁵

Eine *nodal osteoarthritis*, nodale Arthrose, liegt vor, wenn Heberden- und/oder Bouchard-Knoten zusammen mit einer zugrundeliegenden klinisch und/oder radiologisch nachweisbaren Arthrose existieren.^{16,17}

Wenn lediglich klinisch und/oder radiologisch nachgewiesene Arthrosezeichen der Finger- gelenke auffindbar sind, ohne von außen sichtbare Knoten, wird häufig von der *non nodal osteoarthritis*, der nicht nodalen Arthrose, gesprochen.

Eine weitere Unterform der Arthrose ist die Daumensattelgelenksarthrose, auch Rhizarthrose genannt. Sie betrifft das Daumensattelgelenk, welches auch erstes Carpometacarpalgelenk, kurz CMC-1-Gelenk, genannt wird. Dieses Gelenk befindet sich zwischen dem daumnahen Handwurzelknochen, Os trapezium, und dem Mittelhandknochen, Os metacarpale 1. Häufig ist gleichzeitig das scapho-trapezio-trapezoidale Gelenk, kurz STT-Gelenk, mitbetroffen. Dieses Gelenk befindet sich zwischen den Handwurzelknochen: Os scaphoideum, Os trapezium und Os trapezoideum. Die Rhizarthrose kann isoliert oder zusammen mit der Fingerarthrose auftreten.¹⁸

Bis heute steht nicht eindeutig fest, ob die erosive Fingerarthrose eine Unterform der klassischen Fingerarthrose, im Sinn einer degenerativen Erkrankung, oder eine eigene Erkrankung mit einem individuellen Entstehungsmechanismus darstellt.^{19,20} Ein Grund dafür ist, dass diese erosiven Formen im Gegensatz zu der klassischen Arthrose häufiger durch Entzündungsreaktionen auffallen, und somit schneller strukturelle Schäden vorliegen.^{17,19} Klinisch zeigt sich hier oft ein schwereres Bild als bei nicht erosiven Formen. Häufige entzündliche Schübe, Schmerzen, Schwellungen und eine daraus resultierende Einschränkung der Beweglichkeit prägen die Klinik.²¹ Die erosive Fingerarthrose ist in der Fachliteratur durch radiologische Zeichen definiert, wie zentral im Gelenk gelegene subchondrale Erosionen, Zerstörung der knöchernen Oberfläche und anschließende Reparationsvorgänge des Knochens. Diese Reparationsvorgänge können als knöcherne Veränderungen im Gelenk sichtbar sein.^{17,22} Im fortgeschrittenen Stadium kann eine schwere Gelenkzerstörung vorliegen.

1.4.2 Epidemiologie

Da Inzidenz und Prävalenz von Arthrose mit dem Alter steigen, wird eine verlängerte Lebenserwartung der modernen Gesellschaften dazu führen, dass die Erkrankung Arthrose, und somit auch die Fingerarthrose, immer mehr Menschen betrifft und starke Auswirkungen auf die Gesellschaft haben wird.^{23,24}

Die Prävalenz der Fingerarthrose wurde kürzlich auf insgesamt 5,88 % bzw. 9,04 % der weiblichen und 2,88 % der männlichen Probanden auf der Basis von eigenen Angaben einer bevölkerungsbezogenen Erhebung an über 100 000 Personen in Deutschland geschätzt. Die Prävalenz steigt von nahe 0 % im 4. Lebensjahrzehnt auf bis zu 35 % bei 75-jährigen Frauen und auf knapp 15 % bei den 75-jährigen Männern. Schmerzen bei den klinischen Untersuchungen von Fingergelenken wurden, angepasst an die normale deutsche Bevölkerung, bei 8,5 % der weiblichen und 3,79 % der männlichen Personen dokumentiert. Die Prävalenz von Erkrankungen aus dem Bereich der Arthrose (Hüfte, Knie oder Fingergelenke) liegt insgesamt bei 20,55 %. Die Ergebnisse sind mit früheren bevölkerungsbasierten Studien vergleichbar.²⁵

Mittels bildgebender Verfahren zeigen sich häufiger Zeichen einer Fingerarthrose, als dass die Diagnose tatsächlich von einem Arzt gestellt wurde. Dies liegt unter anderem daran, dass nicht alle Zeichen der Fingerarthrose auch Symptome verursachen. Wird in epidemiologischen Studien die Prävalenz von Fingerarthrose anhand des Goldstandards mittels Röntgen nach einem Verfahren von Kellgren und Lawrence genutzt, zeigen sich dementsprechend höhere Prävalenzwerte. In einer bevölkerungsbasierten Studie aus England an 2301 Probanden wurde mittels Röntgen eine altersstandardisierte Prävalenz von Fingerarthrose bei 56,5 % der Frauen und 44,2 % der Männer festgestellt. Ab einem Alter von über 70 Jahren der Frauen und über 80 Jahren der Männer lag die Prävalenz der Fingerarthrose bei ca. 90 %.^{26,27}

Neben dem konventionellen Röntgen gibt es auch andere bildgebende Verfahren, beispielsweise Ultraschall, um die Prävalenz von Fingerarthrose zu untersuchen. Eine bevölkerungsbasierte Studie aus England mit 311 Teilnehmern zeigte eine Prävalenz der Fingerarthrose von 78 % bei einem Altersdurchschnitt von 63 Jahren.²⁸

Die Prävalenz von sonographischen Zeichen der Fingerarthrose ist Hauptthema dieser Arbeit und wird im Teil 4 dieser Arbeit – Diskussion – ausführlich bearbeitet.

1.4.3 Ätiologie

Der Entstehungsmechanismus der Arthrose ist bis heute nicht gänzlich geklärt und gestaltet sich als schwierig, insbesondere aufgrund der Heterogenität der Fingerarthrosen und deren Entstehung (primär vs. sekundär). Ein Zusammenspiel von systemischen und biomechanischen Faktoren scheint ursächlich zu sein. Zu den systemischen Faktoren gehören Alter, Geschlecht sowie genetische Komponenten. Zu den biomechanischen Faktoren zählen Faktoren, die auf das Gelenk wirken, wie die Beanspruchung des Gelenks, Übergewicht bei großen Gelenken sowie Verletzungen und Deformationen der Gelenke.²⁹

Zunehmend wird Arthrose als systemische Erkrankung diskutiert, die neben den oben genannten Faktoren auch hormonellen und metabolischen Faktoren sowie Umwelteinflüssen und ethnischen Zugehörigkeiten unterliegt.³⁰ Es gibt zudem Hinweise darauf, dass neben der mechanischen Belastung auch Entzündungsreaktionen ursächlich für strukturelle Schäden in arthrotischen Fingergelenken sein könnten.³¹

Der genaue Prozess, der zur Zerstörung des gesunden Gelenks in Form der Fingerarthrose führt, ist bis heute nicht komplett geklärt.

Zu den Hauptrisikofaktoren der Fingerarthrose werden in verschiedenen Studien das Lebensalter über 40 Jahre, eine positive Familienanamnese, die berufliche Beanspruchung der Hände, Verletzungen der Fingergelenke sowie häufig das weibliche Geschlecht gezählt.^{17,29}

Der Zusammenhang des Körpergewichtes bzw. des *Body-Mass-Index*, kurz BMI, wurde bereits in den letzten Jahrzehnten sehr kontrovers in der Literatur diskutiert. So können einige Arbeiten einen Zusammenhang zwischen dem BMI und der Fingerarthrose nachweisen, andere Autoren und Studien sehen diesen Zusammenhang hingegen nicht.^{32–35} Da die Überbelastung durch ein erhöhtes Körpergewicht in den Fingergelenken nicht, wie in den Gelenken, mit hoher Belastung – beispielsweise dem Kniegelenk – erklärt werden kann, werden andere Faktoren vermutet. Hierzu gehören Entzündungsreaktionen, an denen vermehrt endokrin aktive Proteine aus dem Fettgewebe wie Adipokine bzw. Zytokine oder Leptine eine Rolle spielen.³⁶ In anderen Studien korrelieren BMI und radiologische Arthrosezeichen etwa in den CMC-1-Gelenken miteinander.³⁷ In einer Metaanalyse über 21 Publikationen zu dem Thema BMI und Disposition für Fingerarthrose kamen Jiang et al. zu dem Schluss, dass ein erhöhter BMI ein moderat erhöhtes Risiko für Fingerarthrosezeichen im konventionellen Röntgen darstellt.³⁶

Es gibt Hinweise in Studien, dass es eine Beziehung zwischen einem niedrigen Geburtsgewicht bzw. einem niedrigen Gewicht bei einjährigen Kindern und der Ausbildung von Fingerarthrose gibt.^{38,39} Die Gründe hierfür sind nicht eindeutig geklärt, jedoch scheint das Geburtsgewicht einen Einfluss auf den Polymorphismus des Vitamin-D-Rezeptor-Genotyps zu haben. Der Rezeptor scheint im Zusammenhang mit der Ausbildung von Osteophyten zu stehen. Diese Erkenntnisse wurden durch Untersuchungen an der Lendenwirbelsäule gewonnen.⁴⁰

Wie bei vielen anderen entzündlichen und degenerativen Erkrankungen rücken zunehmend auch genetische Faktoren in den wissenschaftlichen Fokus. Laut einer Publikation über Zwillingsstudien könnte der genetische Einfluss bei der Entstehung von Arthrosen im Allgemeinen bei ca. 50 % liegen. Bei radiologisch nachgewiesener Finger- und Kniegelenksarthrose könnte dieser Einfluss bei Frauen zwischen 40 bis 65 % betragen. Die Autoren gehen von starken genetischen Einflussfaktoren aus, beschreiben diese jedoch als spekulativ, da aufgrund von genetischen Interaktionen mit der Umwelt dieser Einfluss kaum vorhersehbar sei.^{41,42} Studien zu Genetik und Epigenetik tragen stetig zum Verständnis der Ätiologie von Arthrosen bei. Immer neue Zusammenhänge von Arthrosen und Genregionen wie dem Polymorphismus, d. h. einer unterschiedlichen Variation der Genregion 7q22, werden diskutiert. Der Name steht für den Chromosomenarm 22 auf dem Chromosom 7 und ist eine Ortsangabe der Genregion. Auch Polymorphismen von anderen Genen und Proteinen wie dem *growth and differentiation factor 5* Protein, kurz GDF5, wurden entdeckt, welches eine Rolle im Knochen- und Knorpelwachstum spielt und somit die Gelenkentstehung beeinflussen könnte. Eine verminderte Expression dieses Gens könnte die betroffenen Personen anfälliger für die Erkrankung Arthrose machen. Die meisten entdeckten Gene und Genloki, d. h. die Positionen, an den denen das Gen im Genom zu finden sind, werden jedoch wahrscheinlich nur einen geringen individuellen Effekt auf das einzelne Individuum haben.^{43,44} Auch Mutationen in einzelnen Genen wurden bereits untersucht. Signifikante Ergebnisse aus Studien zeigten ein erhöhtes Risiko für heterozygote Träger der C282Y-HFE-Mutation zur Entwicklung von Fingerarthrose und ein erhöhtes Risiko für die HFE-Mutationen zur Ausbildung von Fingerarthrose in den MCP-Gelenken 2 und 3.^{45,46} Das HFE-Gen bzw. das Protein, welches aus dieser Genregion kodiert wird, ist eigentlich bekannt für das Krankheitsbild der hereditären Hämochromatose, einer angeborenen abnormalen Eisenspeicherung. Eine Mutation in diesem Gen führt zu einer verminderten Funktion des HFE-Proteins und so zu einer gesteigerten Eisenaufnahme.⁴⁷

Jedoch können häufig signifikante Ergebnisse aus Studien in den genspezifische Assoziationen gefunden wurden, die in folgenden Studien nicht erneut bewiesen werden – oder es lagen keine weiteren Vergleichsstudien vor.⁴⁸

Nach Marschall et al. können die in neueren Studien zum Thema Fingerarthrose untersuchten Gene in 3 Bereiche unterteilt werden. Einen Bereich stellen die Wachstumsfaktoren und deren Signalwege dar, ein weiterer Bereich bezieht sich auf die Unversehrtheit und Kalzifizierung der extrazellulären Matrix des Knorpels, der letzte Bereich betrifft die entzündlichen Signalwege.⁴⁹

Zusammenfassend gibt es aktuell einige Hinweise, welche die klinisch beobachtete genetische Prädisposition untermauern, wobei bisher kein reproduzierbarer Genlocus gefunden wurde, welcher bei der Diagnose oder der Risikobestimmung in der Bevölkerung helfen würde.

Dahagin et al. fanden in einer Studie Hinweise auf ein erhöhtes Vorkommen von Fingerarthrose bei Menschen, bei denen gleichzeitig Übergewicht, arterielle Hypertonie und eine Form des Diabetes mellitus vorlag. Diese Kombination von Erkrankungen ist auch ein Teil des metabolischen Syndroms und stellt einen Risikofaktor für Arteriosklerose dar. Dies stützt die Hypothese, dass metabolische Faktoren nicht nur bei der Arteriosklerose eine Rolle spielen, sondern auch bei der Entstehung von Fingerarthrose.^{50,51}

Frey et al. veröffentlichten eine Studie zur Inzidenz der Fingerarthrose. Die Hyperlipidämie wurde als ein potenziell unabhängiger Risikofaktor identifiziert. Auch hier ist der genaue Wirkmechanismus nicht klar; die Autoren vermuten eine Wirkung von den Lipiden selbst oder einen pleiotropen Effekt von Statinen, wobei eine antientzündliche Wirkung dieser Blutfettwert-senkenden Medikamente einen schützenden Effekt auf die Entwicklung von Fingerarthrose haben könnte.⁵²

In mehreren Studien gibt es Hinweise auf negative Korrelationen zwischen Rauchen und Fingerarthrose. Raucher sind seltener und weniger stark von Arthrosezeichen wie Heberden-Knoten betroffen.⁵³ Zudem konnten bei rauchenden Männern schwach negative Korrelationen zu radiologischen Arthrosezeichen gefunden werden – im Vergleich zu männlichen Nichtrauchern.²⁹ Auch gibt es Hinweise darauf, dass bei Rauchern weniger häufig Kniegelenksarthrose vorliegt als bei Nichtrauchern. Rauchen scheint einen modulierenden Effekt auf Entzündungsreaktionen zu haben, die über den Knochenstoffwechsel auch Einfluss auf die Bildung von Osteophyten haben.⁵⁴

Magnusson et al. fanden heraus, dass der Faktor Rauchen ebenfalls mit einer geringeren Ausprägung von radiologischen Zeichen der Fingerarthrose assoziiert ist, des Weiteren, dass es einen signifikanten Zusammenhang zwischen dem Alkoholkonsum und dem Vorhandensein von Gelenkentzündungen bei Probanden mit bekannter Fingerarthrose gibt. Alkohol wirkt in gewissen Dosen über Botenstoffe proinflammatorisch und kann Entzündungsreaktionen verstärken oder auslösen.⁵⁵

1.4.4 Klinik

Fingerarthrose kann asymptomatisch oder symptomatisch vorliegen.⁷ Das heißt, dass trotz existierender klinischer oder radiologischer Arthrosezeichen auch minimale oder gar keine Symptome vorhanden sein können. Es gibt mehrere Ursachen oder Veränderungen in einem Gelenk, die zu Symptomen führen können. Die Ursachen können im Gelenk selbst oder in den umgebenen ligamentären bzw. weichteiligen Strukturen liegen. Beispiele hierfür sind Entzündungen, morphologische Veränderungen oder strukturelle Schäden.⁵⁶

Symptomatische Arthrosen können in den Fingergelenken, z. B. bei Belastung und Bewegung, zu Schmerzen führen. Auch Anlaufschmerzen sind häufig. Zudem kann es bei Patienten mit Fingerarthrose zu starken Ruhe- und Nachtschmerzen sowie zu Bewegungseinschränkungen, einer Einschränkung der Griffstärke und einer Steifheit der Gelenke kommen. Schmerzen sind die häufigsten Beschwerden, über die Patienten mit symptomatischer Fingerarthrose klagen⁵⁷ – gefolgt von Steifheit und meist sekundären Schwellungen. Die Symptome liegen häufig nicht dauerhaft vor. Schmerzen können sich in der Intensität im Tagesverlauf verändert. Beispielsweise wird der Schmerz bei Wetterveränderungen zu einem kalten und feuchten Klima hin von einigen Betroffenen als verstärkt empfunden, auch wenn es zu diesen Beobachtungen bisher keine guten pathophysiologischen Modelle gibt.^{7,57} Je nachdem, wo die arthrotischen Veränderungen lokalisiert sind, bzw. welche Unterform der Arthrose vorliegt, kann es z. B. bei der Heberden- oder der Bouchard-Arthrose zu Schmerzen an den von außen sicht- oder tastbaren knotigen Veränderungen kommen. Patienten mit Rizarthrose klagen häufig über Bewegungseinschränkungen.^{58,59} Neben dem oben beschriebenen Bewegungs- und Anlaufschmerz können sich Arthrosen auch sekundär entzündlich äußern, sodass dann von einer aktvierten Arthrose gesprochen wird. Gründe hierfür können lokale, ossäre Läsionen oder ein geschädigter Knorpel sein – sowie kleine Gelenkkörper (z. B. kleine Knorpelstücke), die das Gelenk irritieren und dann sekundär entzündliche Prozesse provozieren können.⁶⁰

Eine symptomatische Fingerarthrose kann, ähnlich wie entzündliche Gelenkerkrankungen, die Lebensqualität von Menschen nachweislich stark beeinträchtigen.^{61,62}

Schmerzen, Steifheit und Funktionseinschränkungen können, wie vorangehend beschrieben wurde, generell sehr unterschiedlich ausgeprägt sein und somit eine Herausforderung für den untersuchenden Arzt darstellen.

1.4.5 Diagnostik

Die Diagnose der Fingerarthrose beinhaltet neben den klinischen Aspekten auch häufig bildgebende Verfahren. Bei der klinischen Untersuchung können vom geschulten Experten oft schon typische, meist osteophytäre Anbauten getastet werden, welche bereits wegweisend für die Diagnosestellung sind. Zudem kann die Diagnose im klinischen Alltag aber auch in epidemiologischen Studien, wie dieser, durch Bildgebung unterstützt werden. Hier können neben den symptomatischen auch asymptomatische und deshalb nicht zwangsläufig krankhafte Formen der Fingerarthrose erkannt werden. Deshalb sollte insbesondere bei asymptomatischen Formen die Diagnose Fingerarthrose mit Vorsicht gestellt werden, bzw. es sollte eher von einem Vorhandensein von bildmorphologischen oder klinischen Zeichen der Fingerarthrose gesprochen werden.

In den meisten Studien wird beschrieben, dass bei symptomatischer Fingerarthrose zur klinischen Klassifikation die Kriterien des *American College of Rheumatology*, kurz ACR, herangezogen werden. Neben Symptomen wie Schmerzen und Gelenksteifigkeit werden klinische Kriterien zur Klassifikation verwendet. Liegen neben den klinischen Symptomen drei von vier der folgenden Kriterien vor, kann die klinische Fingerarthrose als solche klassifiziert werden: Mindestens zwei von zehn ausgewählten Fingergelenken zeigen harte Gewebsvermehrungen, mindestens eines von zehn ausgewählten Fingergelenken weist Deformationen auf, mindestens zwei der DIP Gelenke zeigen harte Gewebsvermehrungen oder es werden Schwellungen in weniger als 3 MCP-Gelenken erkennbar.⁷ Zur radiologischen Klassifikation sowie in epidemiologischen Studiendesigns werden regelhaft Röntgenbilder der Hände mit Hilfe von etablierten *Scores* wie dem von Kellgren und Lawrence bewertet. Der Schweregrad der Fingerarthrose wird anhand von Vergleichsbildern in 5 Grade eingeteilt: Grad 0 ist gleich keine Arthrose, Grad 1 steht für zweifelhafte Arthrose, Grad 2 für minimale Arthrose, Grad 3 für moderate und Grad 4 für schwere Arthrose. Ab einem *Score* von ≥ 2 nach Kellgren und Lawrence in einem Fingergelenk gilt die Diagnose als gesichert.^{7,26,63–65} Im Detail steht Grad 0 für keine Osteophyten und keine Gelenkspaltverschmälerung, Grad 1 für zweifelhafte Osteophyten und Gelenkspaltverschmälerung, Grad 2 für Osteophyten

und mögliche Gelenkspaltverschmälerung, Grad 3 für moderate Osteophyten, Gelenkspaltverschmälerung, mögliche Sklerosierung und mögliche Knochendeformitäten, Grad 4 für große Osteophyten, deutliche Gelenkspaltverschmälerung, schwere Sklerosierung und Deformitäten.^{6,26} In epidemiologischen Studiendesigns finden sich auch Modifikationen des bekanntesten Scoring-Systems, beispielsweise in der *Framingham-Osteoarthritis*-Studie aus dem Jahr 2011. Lagen hier zusätzlich Schmerzen in den Fingergelenken vor, wurde ab einem *Score* nach Kellgren und Lawrence ≥ 2 in einem Fingergelenk von symptomatischer Fingerarthrose gesprochen. Fanden sich neben einem *Score* ≥ 2 auch Erosionen in den Gelenken, wurde die Diagnose erosive Fingerarthrose gestellt.²⁷

Zhang et al. veröffentlichten hierzu mit dem internationalen Expertenteam der *European League Against Rheumatism*, kurz EULAR, zehn Empfehlungen zur Diagnosestellung der Fingerarthrose, basierend auf der Auswertung von Publikationen zu dem Thema zwischen den Jahren 1945 und 2006. Die Forscher gelangten zu dem Schluss, dass zur Diagnose der Fingerarthrose immer mehrere Untersuchungen herangezogen werden sollten, da mit einer Untersuchung allein keine Diagnose gestellt werden sollte. Zu den am häufigsten angewandten Untersuchungen zählen die klinische Untersuchung und das konventionelle Röntgen als Goldstandard. Des Weiteren können andere bildgebende Verfahren wie Ultraschall oder der Schmerzcharakter, Labortests, Risikofaktoren und Komorbiditäten zur Diagnosefindung eingesetzt werden.¹⁷

1.4.6 Therapie

Bei der Therapieindikation der Fingerarthrose sind die Symptome des Patienten entscheidend, da bisher keine zugelassenen kausalen Therapien vorliegen. Schmerzen in den betroffenen Gelenken sowie die Funktionseinschränkung der Finger im Alltag sind besonders zu berücksichtigen. Die Therapie der Fingerarthrose findet auf mehreren Ebenen statt. Eine Therapie sollte eine Kombination von medikamentösen und nicht medikamentösen Therapieansätzen beinhalten. Sie sollte individuell auf den Patienten angepasst werden, da es sich hier um ein sehr komplexes Krankheitsbild handelt. Chirurgische Maßnahmen sollten in schweren Fällen mit Beeinträchtigungen der Lebensqualität in Betracht gezogen werden.⁶⁶

1.4.6.1 Konservative Therapien

Zunächst werden konservative Maßnahmen angewandt, um die Beschwerden der Patienten zu lindern. Kraft- und Stabilitätstraining haben nachweislich einen positiven Effekt bei Hüft- und Kniegelenksarthrose, aber der Effekt bei Fingerarthrose ist bisher nicht dokumentiert. Eine Analyse von fünf Studien durch Osteras et al. zeigte lediglich geringe positive Effekte

von Kraft- und Stabilitätstraining auf Schmerz, Funktion und Steifheit der Gelenke. Untersuchungen wurden ausschließlich randomisiert, kontrollierte klinische Studien, jedoch wurde die Qualität der analysierten Studien meist als niedrig eingestuft, beispielsweise aufgrund der geringen Patientenzahlen oder mangels Vergleichsstudien. Es wurden sowohl verschiedene Trainingsarten untereinander als auch der Vergleich zu gar keinem Training untersucht. Alle Trainingsarten dienten der Zunahme von Kraft und Verbesserung der Gelenkstabilität und Funktion. Die Übungen und Wiederholungen der Trainingseinheiten waren jedoch in jeder Studie unterschiedlich.⁶⁷ Dieser Umstand erschwert den Vergleich sowie eindeutige Empfehlungen zur klinischen Behandlung. Durch Krankengymnastik und Physiotherapie wird der Bewegungsapparat der zuständigen Muskulatur gestärkt und Versteifungen können mobilisiert werden. Schulungs- und Selbstmanagementprogramme helfen den Betroffenen dabei, die Fingergelenke im Alltag aktiv zu entlasten. Zudem können Lösungen für Alltagsprobleme erklärt werden und der Gebrauch von Hilfsmitteln kann aufgezeigt werden.⁶⁸

Bei der Thermotherapie wird lokal Wärme appliziert. Letztere wird von Patienten mit Arthrose häufig als schmerzlindernd empfunden.⁶⁶ Ansätze zur Schmerzreduktion mit schwefelhaltigen Wassern in Form einer Balneotherapie oder Schlammbehandlungen als Thermotherapie werden in der Fachliteratur beschrieben und teilweise als erfolgsversprechend bewertet.⁶⁹⁻⁷¹

Schienen, entweder aus hartem oder aus weichem Material, werden öfter bei Patienten mit Rhizarthrose eingesetzt und können zu einer Schmerzreduktion sowie in geringem Maße zu einer Verbesserung der Funktionalität führen.⁷²

Zusammenfassend stehen bei der Therapie der Fingerarthrose initial konservative Maßnahmen sowie Physiotherapie, Ergotherapie und möglicherweise auch andere physikalische Therapiemaßnahmen im Fokus der multimodalen Therapie. Wird die operative Versorgung betrachtet, so spielt diese bei der Fingerarthrose, insbesondere im Vergleich zur Arthrose der großen Gelenke (Knie und Hüfte), auch heute noch tendenziell eine untergeordnete Rolle. In einer Studie von Berggren et al. wurde untersucht, ob Patienten mit CMC-1-Arthrose, die bereits für eine Operation geplant waren, doch noch konservativ geholfen werden kann, und zwar mit spezialisierten Physiotherapeuten und Hilfsmitteln wie Schienen oder angepassten Alltagsgegenständen. 70 % der Patienten konnten über einen Zeitraum von 7 Jahren zu ihrer Zufriedenheit konservativ anstatt mit einer Operation behandelt werden.⁷³ MCP- und PIP-Gelenke werden heute nur in Ausnahmefällen operativ versorgt.

1.4.6.2 Medikamentöse Therapien

Prinzipiell wird zwischen lokalen und systemischen Therapien unterschieden. In den aktuellen Leitlinien der EULAR wird lokal zur Applikation von topischen NSARs oder Capsaicin geraten. Als systemisches Analgetikum der ersten Wahl wird Paracetamol empfohlen, gefolgt von anderen Präparaten aus der Gruppe der NSARs wie Ibuprofen oder Diclofenac.^{66,74} Systemische NSARs sollten nicht dauerhaft, sondern nur in Entzündungs- oder Schmerzphasen eingesetzt werden, da Nebenwirkungen möglich sind. Unter anderem ist der Einsatz eines medikamentösen Magenschutzes zu prüfen. Ferner muss die Nierenfunktion regelmäßig kontrolliert werden. Bei ausbleibender Schmerzlinderung kann eine Eskalation auf ein stärker analgetisch wirkendes Analgetikum, beispielsweise ein Opioid, erfolgen, wobei dies nur in Ausnahmefällen geschehen sollte.

Aktuell existieren keine zugelassenen Medikamente, die die Erkrankung der Fingerarthrose verlangsamen oder stoppen könnten. Diese Medikamentengruppe wird *Disease Modifying Osteoarthritis Drugs*, kurz DMOADs, genannt.^{2,75} Es gibt allerdings erste Studien, die sich mit dem Thema befassen – siehe hierzu auch Unterpunkt 1.4.7 Forschung.

Im Bereich der rheumatisch-entzündlichen Erkrankungen sind solche Medikamente bereits zugelassen und werden nach EULAR-Empfehlungen im klinischen Alltag eingesetzt. Sie heißen *Disease Modifying Antirheumatic Drugs*, kurz DMARDs.^{76,77}

1.4.6.3 Interventionelle Therapien

Interventionelle Verfahren werden sowohl in der Fachliteratur als auch von verschiedenen Fachverbänden kontrovers diskutiert. Unter interventionellen Verfahren werden Injektionen von Substanzen in das betroffene Gelenk verstanden. Dazu gehören Steroide, hyaluronsäurehaltige Präparate und auch Eigenfett. In den meisten Fällen geht es um die Behandlung der CMC-1-Gelenke, d. h. der Rhizarthrose. Hierzu existieren Empfehlungen der verschiedenen Fachverbände. Die EULAR rät dazu, dass intraartikuläre Injektionen teilweise in Betracht gezogen werden können.⁶⁶ Das ACR empfiehlt dies in ihren Empfehlungen zur Therapie von Fingerarthrose aus dem Jahr 2012 nicht.⁷⁸

Auch in der Fachliteratur gibt es unterschiedliche Meinungen. Meenagh et al. veröffentlichten eine randomisiert kontrollierte Studie, die keinen Vorteil von Injektionen mit Kortikosteroiden in das CMC-1-Gelenk gegenüber Placebo-Injektionen erkennen konnte. Allerdings hatten die meisten untersuchten Probanden moderate bis schwere Arthrose. Eine Aussagekraft für frühe Stadien der CMC-1-Arthrose konnte nicht getroffen werden.⁷⁹ In einer 2008

von Heyworth et al. veröffentlichten prospektiven randomisierten Doppelblindstudie wurden Kortikosteroid, Hyaluron und Placebo-Injektionen in CMC-1-Gelenken auf ihre klinischen Ergebnisse hin untersucht. Es gab zu keinem Zeitpunkt signifikante Unterschiede bei der Schmerzreduktion zwischen den verschiedenen Gruppen. Eine Schmerzreduktion war bei allen Verfahren nach zwei Wochen festzustellen, allerdings hielt diese nur bei der mit Hyaluron behandelten Gruppe bis zu 26 Wochen nach Injektion an. Zum Zeitpunkt der vierten Woche war die Schmerzreduktion hier ebenfalls noch deutlicher vorhanden als bei der Kortikosteroid- und der Placebo-Gruppe. Die Autoren gelangen zu dem Resultat, dass Hyaluron-Injektionen zur Therapie der CMC-1-Arthrose erwogen werden können.⁸⁰ Eine Studie von Velasco et al. zeigte eine über 6 Monate anhaltende Schmerzreduktion in den CMC-1-Gelenken nach Hyaluron-Injektionen. Die Schmerzreduktion wurde anhand einer visuellen Analogskala, kurz VAS, von 0 bis 10 gemessen und betrug ca. 25 %. Eine Vergleichsgruppe lag nicht vor.⁸¹ Injektionen von Eigenfett werden als neue Therapieoptionen diskutiert. Veröffentlichungen von Herold et al. aus den Jahren 2014 und 2017 zeigten erste Ergebnisse, die auf ein neues, interventionelles Verfahren zur Befundverbesserung klinisch therapiebedürftiger Patienten mit leicht bis mittelstark vorangeschrittener CMC-1-Arthrose hinweisen.^{82,83}

Zusammenfassend spielen die interventionellen Verfahren bei der Fingerarthrose aktuell eine eher untergeordnete Rolle.

1.4.6.4 Operative Therapien

Wenn konservative Therapieoptionen, Medikamente und Interventionen bei ausgeprägten Befunden keine Verbesserung bringen, werden häufig operative Verfahren in Betracht gezogen.

Im Vergleich zu den großen, peripheren Gelenken findet bei Fingerarthrosen nur sehr selten eine operative Versorgung statt. Eine Studie von Frouzakis et al. zeigt, dass der Hauptgrund, warum sich Patienten mit Rhizarthrose operativ versorgen lassen, der Wunsch nach Schmerzreduktion ist, wohingegen die Ästhetik der Finger und die Funktionseinschränkung weniger wichtig zu sein scheinen.⁸⁴ Bei der operativen Versorgung der Rhizarthrose werden am häufigsten Varianten der Trapezektomie durchgeführt. Bei der isolierten Trapezektomie wird der artikulierende Knochen des Handgelenks, das Os trapezium, entfernt. Der andere vormals artikulierende Teil des Mittelhandknochens des ersten Fingers wird belassen. Bei Suspensionsarthroplastiken wird der erste Mittelhandknochen zusätzlich mit einer Sehne aufgehängt. Werden nun zusätzlich zur Suspensionarthroplastik noch eigene Sehnenanteile oder andere Materialien zwischen die verbliebenen Knochenanteile gelegt, wird von einer

Suspensionsinterpositionsarthroplastik gesprochen.⁸⁵ Lögters et al. empfahlen in einer Veröffentlichung aufgrund der höheren Komplikationsrate der anderen Verfahren die isolierte Trapezektomie als operatives Verfahren der Wahl.⁸⁵

Bei der Arthrodesen wird das Gelenk operativ versteift, teilweise mit dem Einsatz von Fremdmaterial wie Schrauben oder Drähten. Die Restbeweglichkeit des versteiften Gelenks erfolgt über die benachbarten Gelenke. Vermeulen et al. kamen in einer randomisiert kontrollierten Studie zu dem Schluss, dass der routinemäßige Einsatz der Arthrodesen bei Frauen über 40 Jahren mit fortgeschrittener Rhizarthrose im Vergleich zur Trapezektomie nicht empfohlen wird.⁸⁶ Die Arthrodesen ist somit spezifischen Individualsituationen vorbehalten.⁸⁵ Ein weiteres operatives Verfahren bei schweren Fällen der Rhizarthrose ist der künstliche Gelenkersatz, die sogenannte Endoprothese. Hierbei wird ein Teil, oder das komplette Gelenk, durch ein Kunstgelenk ersetzt. Auch bei schweren Fällen der Bouchardarthrose werden operative Verfahren, wie der Einsatz von Endoprothesen oder Arthrodesen, vorgenommen. Die Heberdenarthrose führt seltener zu Funktionseinschränkungen als die Bouchard- oder Rhizarthrose. Folglich wird sie seltener operativ versorgt. Bei beiden Arthroseformen können operativ zudem selektiv exophytisch wachsende Knochenteile reseziert werden.

1.4.7 Forschung

Die Forschung zur Arthrose ist häufig auf die großen Gelenke fokussiert, wie das Knie- oder Hüftgelenk. Zum aktuellen Zeitpunkt gibt es keine zugelassenen medikamentösen Therapien, die die Progression der Arthrose in Hand- und Fingergelenken verändern oder stoppen könnte.^{2,75} Der Bedarf nach solchen Therapien scheint jedoch immer größer zu werden, insbesondere da Arthrosen wegen der demographischen Veränderungen immer häufiger auftreten.

Neuere Studien untersuchten den Einsatz des biologischen DMARD, kurz bDMARD, Adalimumab (Tumornekrosefaktor, kurz TNF, Blocker) bei Patienten mit Fingerarthrose. Adalimumab wird bereits bei zahlreichen entzündlichen rheumatischen Erkrankungen eingesetzt. Verbruggen et al. untersuchten in einer randomisierten Doppelblindstudie den therapeutischen Effekt von Adalimumab bei der Behandlung von Patienten mit erosiver Fingerarthrose. Es konnte kein Effekt auf entzündliche Gelenke bzw. auf tastbar geschwollene Gelenke festgestellt werden. In der Folgeuntersuchung zeigte sich im Vergleich zur Placebo-Gruppe allerdings ein verlangsamtes Voranschreiten der Erosionen unter Adalimumab.⁸⁷

Chevalier et al. untersuchten an Patienten mit unkontrollierbaren Schmerzen die Wirkung von Adalimumab im Vergleich zum Einsatz eines Placebos. Adalimumab zeigte in der randomisierten Doppelblindstudie gegenüber dem Placebo in der Schmerzreduktion keinen Vorteil.⁸⁸

Im Gegensatz dazu verdeutlichte eine Metaanalyse zum Einsatz von *Nerve-Growth-Factor*-Inhibitoren, kurz Anti-NGF, bei Patienten mit Arthrose in ersten klinischen Versuchen Schmerzreduktionen und Funktionsverbesserungen der Gelenke im Vergleich zum Einsatz von Placebos und NSARs. Allerdings wurden diese Studien bei Patienten mit Hüft- und Kniegelenksarthrose durchgeführt – und nicht bei solchen mit Fingerarthrose.^{89,90}

Der Einsatz von Zytostatika wie Methotrexat bei Fingerarthrose wird ebenfalls untersucht.² Analysen zur intraartikulären Injektion von Sprifermin (rekombinanter Fibroblasten Wachstumsfaktor) am Kniegelenk zeigten, dass Knorpelzellen, sogenannte Chondrozyten, zur Proliferation angeregt wurden und sich dies in einer geringeren Abnahme der Knorpeldicke im Vergleich zu einer Placebogruppe nach 3 Jahren äußerte. Allerdings gab es zwischen den Gruppen keinen Unterschied bei der Verbesserung der Symptomatik.⁹¹

Eine verminderte Abnahme der Knorpeldicke konnte ebenfalls in einer Studie mit MIV-711 demonstriert werden. MIV-711 ist ein Antikörper der Endoprotease Cathepsin K. Cathepsin K spaltet Proteine, die für den Knorpel- oder Knochenaufbau verantwortlich sind. In der Studie konnte ebenfalls keine Verbesserung der Schmerzsymptomatik unter der Therapie festgestellt werden. Die Autoren vermuten, dass dies an einer zu kurzen Beobachtungszeit lag. Diese betrug nur sechs Monate.^{92,93}

Der Interleukin-1-Rezeptorantagonist Anakinra wurde ebenfalls in einer klinischen Studie bei der Kniegelenksarthrose eingesetzt. Interleukin 1 ist ein proinflammatorisches Zytokin, welches bei der Pathogenese der RA eine Rolle spielt.^{94,95} Demnach wird Anakinra in der Therapie der RA regelhaft eingesetzt. Bei der Arthrose wird ebenfalls eine Stimulation von entzündungsfördernden Mediatoren durch Interleukin 1 vermutet, die zu einer Gewebszerstörung im Gelenk führen. Allerdings zeigte sich keine signifikante Verbesserung der Schmerzsymptomatik im Vergleich zu einer Placebogruppe bei der Behandlung mit dem Interleukin-1-Antikörper bei Kniegelenksarthrose.^{96,97}

Lutikizumab, ein humanes Immunglobulin, greift ebenfalls in den Wirkmechanismus der Interleukin-1-Gruppe ein. Interleukin 1 alpha und Interleukin 1 beta werden gebunden – ihre entzündungsfördernde Wirkung wird somit gehemmt. Eine Studie aus dem Jahr 2019 konnte keine sichere klinische Wirksamkeit von Lutikizumab bei der Kniegelenksarthrose zeigen.

Die fortschreitende Abnahme der Knorpeldicke konnte unter Therapie nicht verlangsamt oder gestoppt werden.⁹⁸

1.5 Bildgebung Fingerarthrose

Neben der klinischen Untersuchung sind bildgebende Verfahren auch bei der Fingerarthrose eine wichtige Säule in dem diagnostischen Algorithmus, der Prognoseabschätzung und der Therapiekontrolle.⁹⁹ Es gibt verschiedene bildgebende Verfahren, die im klinischen Alltag diesbezüglich angewendet werden. Hierzu gehören das konventionelle Röntgen, der Ultraschall, die Magnetresonanztomographie, kurz MRT, und in ausgewählten Fällen die Computertomographie, kurz CT.¹⁰⁰ Boesen et al. konnten zwischen den Jahren 2011 und 2016 einen kontinuierlichen Anstieg der Publikationen zum Thema Bildgebung bei Arthrose feststellen.¹⁰¹

1.5.1 Konventionelles Röntgen

Das konventionelle Röntgen ist schnell, kostengünstig und wird oft als bildgebendes Standardverfahren zur Darstellung von Arthrose gewählt.

Aufgrund der fast ubiquitären Verfügbarkeit, der langjährigen Forschung und klinischen Erfahrungen sowie standardisierten Befundungsschemata wird das Verfahren im klinischen Alltag sehr häufig eingesetzt. Röntgenbilder sind gut geeignet, um die Diagnose Arthrose zu bestätigen oder von Differenzialdiagnosen abzugrenzen.¹⁰⁰ Radiologisch sichtbare Zeichen der Arthrose sind den Knochen betreffende osteophytäre Formationen und die subchondrale Sklerosierung, Gelenkspaltverschmälerung und subchondrale Zysten.¹⁰² Einige Strukturen des Gelenks können jedoch nicht mit dem konventionellen Röntgen dargestellt werden. Hierzu gehören Gelenkergüsse und Entzündungen, Bandstrukturen, Knorpel, Menisken und das Knochenmark.¹⁰³ Zur Darstellung von Weichteilgewebe oder genauen Lagebeziehungen von knöchernen Strukturen ist die CT, die MRT oder der Ultraschall dem konventionellen Röntgen überlegen. Schwächen des konventionellen Röntgens liegen in der Früherkennung von Arthrosen, da sehr kleine ossäre Läsionen dem konventionellen Röntgenbild entgehen können. Zudem entstehen bei Röntgenverfahren potenziell schädliche Röntgenstrahlen, die zu einer Strahlenexposition des Patienten führen. Deshalb muss die Indikationsstellung zur Anfertigung eines Röntgenbildes stets auf ihre Notwendigkeit geprüft werden.

1.5.2 Magnetresonanztomographie

Die MRT kann Schnittbilder in verschiedenen Raumebenen erstellen. Der Vorteil von MRT-Verfahren ist, dass zur Datengewinnung keine potenziell schädlichen Röntgenstrahlen eingesetzt werden. Das System arbeitet mit einem starken Magnetfeld und Hochfrequenzimpulsen, die Wasserstoffprotonen in verschiedenen Zellen und Geweben des Körpers unterschiedlich ausrichten und somit darstellbar machen. Die Stärke des röhrenförmigen Magnets, der das starke Magnetfeld erzeugt, wird in Tesla gemessen. Je höher die Anzahl in Tesla ist, desto höher ist die Ortsauflösung. Das Verfahren zeichnet sich durch einen hohen Weichteilkontrast aus und ist somit in der Lage, mehr Strukturen eines Gelenks darzustellen, als dies mit konventionellem Röntgen oder dem Ultraschall möglich ist.¹⁰⁰ Bei Untersuchungen von Kniegelenksarthrose konnten durch bildgebende Verfahren neue Ergebnisse zum Krankheitsmechanismus von Arthrose gewonnen werden. Mittlerweile wird davon ausgegangen, dass die Arthrose nicht nur einzelne Komponenten, sondern das ganze Gelenk und somit alle zugehörigen Strukturen betrifft.¹⁰⁴ Zudem zeigte sich in Untersuchungen zur Kniegelenksarthrose, dass die MRT bereits Arthrosezeichen nachweisen kann, wenn das konventionelle Röntgenbild noch unauffällig ist.¹⁰⁵ MRT-Verfahren sind in der aktuellen Forschung zur Arthrose ein wichtiger Bestandteil bei der Suche nach neuen Therapieverfahren und dem Verständnis der Entstehungsmechanismen von Arthrosen. Dies beruht darauf, dass allein im MRT alle relevanten Strukturen eines Gelenks dargestellt werden können.¹⁰⁶ Die MRT gilt heute nicht als Standardverfahren zur Detektion von Arthrose, da es vergleichsweise teuer, zeitintensiv und nicht überall verfügbar ist. Das Hauptanwendungsgebiet findet sich in der Forschung.² Zudem existieren Kontraindikationen für einige Patientengruppen. Ferner sind die Datengewinnung und -auswertung sehr zeitintensiv und bedürfen speziell geschulten Personals.¹⁰³

1.5.3 Computertomographie

Bei der CT werden mittels Röntgenstrahlung Schnittbilder in verschiedenen Ebenen erzeugt. Je nach akquiriertem Datensatz können zwei- oder dreidimensionale Bilder generiert und vom Untersucher betrachtet werden. Ein Vorteil liegt darin, dass durch die dünnen Schnittbilder die untersuchten Strukturen fast überlagerungsfrei abgebildet werden können. Im CT-Bild können dichte Strukturen wie die Kortikalis des Knochens und Verkalkungen sehr gut dargestellt werden. Bei der Bildgebung von Arthrosen wird das Verfahren unter anderem bei der Facettengelenksarthrose der Wirbelsäule eingesetzt.¹⁰⁶ Ein Nachteil des Verfahrens ist die hohe Strahlenbelastung, die im Vergleich zu einer einfachen Röntgenuntersuchung höher ist, wobei in modernen Verfahren die Belastung schon signifikant reduziert werden konnte.

Boesen et al. beschrieben in einer Übersichtsarbeit das hohe diagnostische Potenzial der CT-Bildgebungen bei Arthrose.¹⁰¹ Neuere Verfahren auf Basis der CT, wie die *Conebeam Computed Tomography*, kurz CBCT, arbeiten mit einer geringeren Strahlendosis als herkömmliche-CT Geräte. Bei Kniegelenksuntersuchungen können Bilder mit axialer und ohne axiale Belastung erstellt sowie verglichen werden.¹⁰¹ Die CT stellt neben der MRT ebenfalls ein interessantes Verfahren dar, welches aktuell in der Klinik keine große Rolle spielt, aber in der Forschung eingesetzt wird.

1.6 Ultraschall Fingerarthrose

In der Ultraschalldiagnostik werden Ultraschallwellen in einem Schallkopf erzeugt und in das zu untersuchende Gewebe ausgesendet. Die Schallwellen können vom Schallkopf in verschiedenen Frequenzen erzeugt werden, die in Megahertz, kurz MHz, angegeben werden. Hohe Frequenzen führen zu einer besseren Ortsauflösung, jedoch haben sie eine geringere Eindringtiefe in das Gewebe als tiefe Frequenzen.¹⁰⁷ Die Schallwellen werden an verschiedenen Strukturen teilweise abgelenkt, absorbiert und reflektiert. Die Schallwellen, die zum Schallkopf zurückgelangen, das sogenannte Echo, wird detektiert und verrechnet. Aufgrund der unterschiedlichen Intensität und Rückkehrzeit der Schallwellen können Strukturen auf dem Bildschirm nahezu in Echtzeit abgebildet werden. Ultraschall ist ein Verfahren, welches sich durch eine sehr gute Verfügbarkeit, kurze Untersuchungszeiten und vergleichsweise geringe Kosten auszeichnet. Ultraschall gilt als ein bildgebendes Verfahren, welches von der Erfahrung des jeweiligen Untersuchers abhängt. Durch den technischen Fortschritt, die Erhöhung der örtlichen Auflösung und partiell standardisierte Messmethoden sowie Ultraschallkurse, beispielsweise von der EULAR, können jedoch häufig einheitliche Standards in der Klinik durchgesetzt werden.¹⁰⁸ Mit Hilfe des Ultraschalls lassen sich zahlreiche Fingergelenkstrukturen bzw. umliegende Strukturen darstellen. Dazu gehören die Knochenoberfläche, der Knorpel, ein Teil des Gelenkspalts sowie Ligamente, Sehnen und Muskeln.¹⁰⁹ Bei der Fingerarthrose zeigen sich verschiedene bildmorphologisch erfassbare Veränderungen des Gelenkapparates. Hierzu zählen Osteophyten, Synovitiden, Ergüsse, Erosionen, Gelenkspaltverschmälerungen und Knorpelschäden. Das Vorliegen von Osteophyten wird häufig in den bildgebenden Verfahren zur Diagnosesicherung einer Fingerarthrose genutzt. Neben Osteophyten zeigen sich aber auch häufig Synovitiden, Ergüsse, Knorpelschäden und Erosionen in den Fingergelenken von Patienten mit Fingerarthrose.¹¹⁰ Dies kann den behandelnden Rheumatologen insbesondere bei Patienten mit einer entzündlichen Gelenkerkran-

kung und einer (dann möglicherweise sekundären) Fingerarthrose teilweise vor große Herausforderungen stellen. Zudem sind synoviale Proliferationen und synoviale Zysten, Tendinitiden, Tenosynovitiden und Sehnenrisse, Gelenksdislokationen und Ganglien darstellbar. Um das Gelenk herum können Rheumaknoten, Verkalkungen und Kristallablagerungen im Ultraschall dargestellt werden.¹⁰⁸

Studien konnten bereits Hinweise darauf geben, dass pathologische Veränderungen im Ultraschall mit Beschwerden, beispielsweise Schmerz, korrelieren.^{111,112} In den letzten Jahren wurden durch die verbesserte Ortauflösung vermehrt Studien zu Ultraschalluntersuchungen bei Fingerarthrose veröffentlicht. Im klinischen Alltag wird die Ultraschalluntersuchung bei rheumatologischen Fragestellungen zu Fingergelenken routinemäßig eingesetzt, vor allem im Bereich entzündlicher Veränderungen. Ultraschall wurde bereits in Studien zur Überwachung von Therapien bei Fingerarthrose verwendet. Keen et al. untersuchten die Veränderung von Synovitiden nach parenteraler Glukokortikoid-Gabe mittels Ultraschall.¹¹³ Auch nach Therapiemaßnahmen wie der intraartikulären Injektion von Hyaluronsäure wurde Ultraschall bereits zur Therapieüberwachung genutzt.¹¹⁴

Limitierend bei Ultraschalluntersuchungen hingegen ist, dass hinter der Knochenoberfläche eine dorsale Schallauslöschung entsteht. Somit sind lediglich Abbildungen von Oberflächenreflektionen möglich. Knochenmark kann deshalb nicht dargestellt werden und ist nur mit Hilfe der MRT einsehbar. Um ein erkranktes Gelenk im Ultraschall zu erkennen, ist es notwendig, dass der Untersucher sich gut mit der Technik Ultraschall, der Schallkopfpositionierung, den einzelnen Strukturen sowie den möglichen Artefakten auskennt, die bei der Untersuchung entstehen können.

1.6.1 Das Ultraschallbild

Im Ultraschallbild stellen sich dichte Strukturen wie Knochenoberflächen echoreich und somit hell dar. Weniger dichte Strukturen wie Wasser oder Gelenkergüsse sind echoarm und erscheinen dunkel. Im *Brightness Modulation Mode*, kurz B-Mode, können im Ultraschall gut Kontraste zwischen Weichteilstrukturen dargestellt werden. Beispielsweise können so Ergüsse zwischen Weichteilgeweben aufgespürt werden. In dem sogenannten *Power-Doppler-Modus*, kurz PDM, oder dem Modus der farbkodierten Doppler-Sonographie, kurz FKDS, ist es möglich, festzustellen, ob in einem Gelenk eine aktive Entzündung vorliegt oder nicht. Dies gelingt durch die Darstellung der Vaskularisation der untersuchten Struktur.^{115,116} Durch den Doppler-Effekt kann die Bewegungsrichtung von Reflektoren, wie dem

Blut, dargestellt werden. Die Flussrichtung bestimmt, ob der Blutstrom als rot (zum Schallkopf hin) oder als blau (vom Schallkopf weg) visualisiert wird.

1.6.2 Das gesunde Gelenk im Ultraschall

Ein gesundes Gelenk, siehe Abbildung 1, ist im Ultraschall durch eine gleichmäßige Knochenoberfläche gekennzeichnet. Der Knorpel zeigt sich als ein scharf abgrenzbares, echoarmes bis echofreies Band an der knöchernen Oberfläche. Das Bindegewebe um das Gelenk sollte sich gleichmäßig echogen darstellen. Im Gelenkspalt kann etwas Gelenkflüssigkeit echoarm bis echofrei sichtbar sein.¹¹⁷

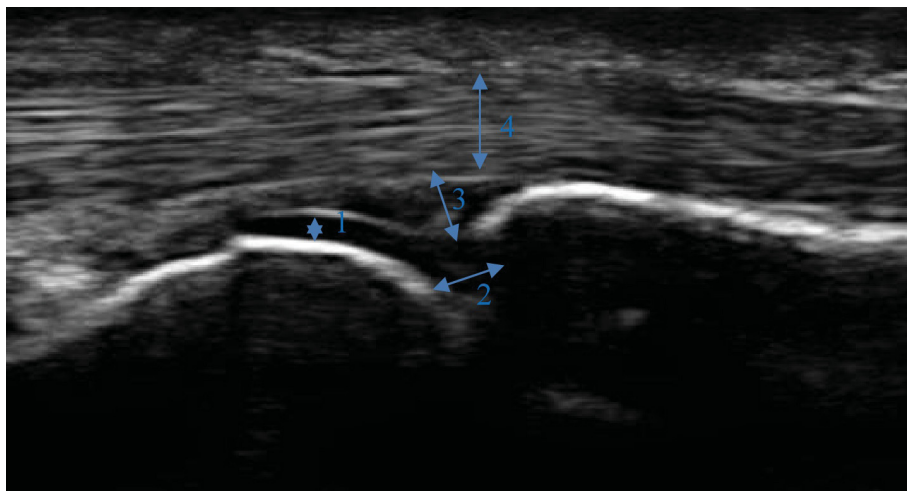


Abb. 1: Ultraschallbild eines gesunden MCP-Gelenks: Die Abbildung zeigt ein gesundes MCP-Gelenk im Ultraschall von palmar. Knochenoberflächenreflexionen des Knochenkopfes links und der Knochenpfanne rechts sind zu sehen. Die Knochenoberfläche ist regelmäßig. Der Knorpel ist homogen echoarm und durch ein weißes Band nach kranial begrenzt (1). Der Gelenkspalt ist teilweise einsehbar (2). Die Gelenkkapsel ist nicht verbreitert (3), in ihr befindet sich eine adäquate Menge an Gelenkflüssigkeit. Die Sehnen (4) verlaufen über dem Gelenk und sind ebenfalls homogen dargestellt.

1.6.3 Das arthrotische Gelenk im Ultraschall

Mit Hilfe des Ultraschalls können viele pathologische Veränderungen eines von Arthrose befallenen Gelenks dargestellt werden. Diese können den Knochen, den Knorpel und das Synovialgewebe betreffen – siehe Abbildung 2.¹¹⁷

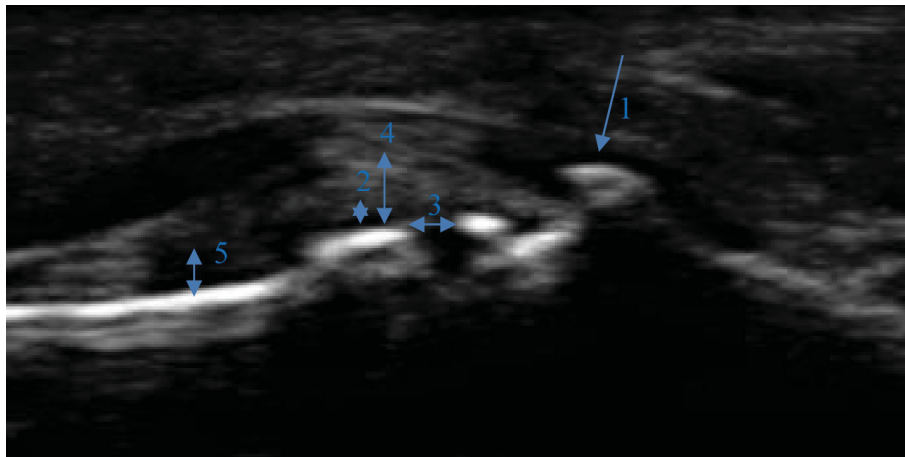


Abb. 2: Ultraschallbild eines von Arthrose befallenen DIP-Gelenks: Die Knochenoberfläche ist nicht homogen. Osteophyten ragen aus der Knochenoberfläche heraus (1). Der Knorpel erscheint verschmälert (2), ein weißes Band ist nur sehr undeutlich bis gar nicht abgrenzbar. Der Gelenkpalt ist kaum einsehbar (3). Die Gelenkkapsel scheint verbreitert (4). Proximal befindet sich ein kleiner Erguss (5).

1.6.3.1 Osteophyten

Definition

Osteophyten sind Auswüchse des Knorpels, die anschließend durch enchondrale Ossifikation verknöchern. Sie befinden sich oft am Rande des Gelenks.¹¹⁸ Osteophyten sind ein wesentlicher Bestandteil des Krankheitsbildes der Arthrose. Ihr Vorhandensein ist häufig mit Knorpelschäden assoziiert, sie können aber auch bei intaktem Knorpel auftreten. In einem Gelenk können sie schon in frühen Stadien der Arthrose auftreten und noch vor einer Gelenkspaltverschmälerung zu sehen sein.¹⁰² Im Ultraschall stellen sich Osteophyten als knöcherner Auswuchs mit echoreicher Oberfläche dar. Ihre Größe kann stark variieren – siehe hierzu Abbildung 3.

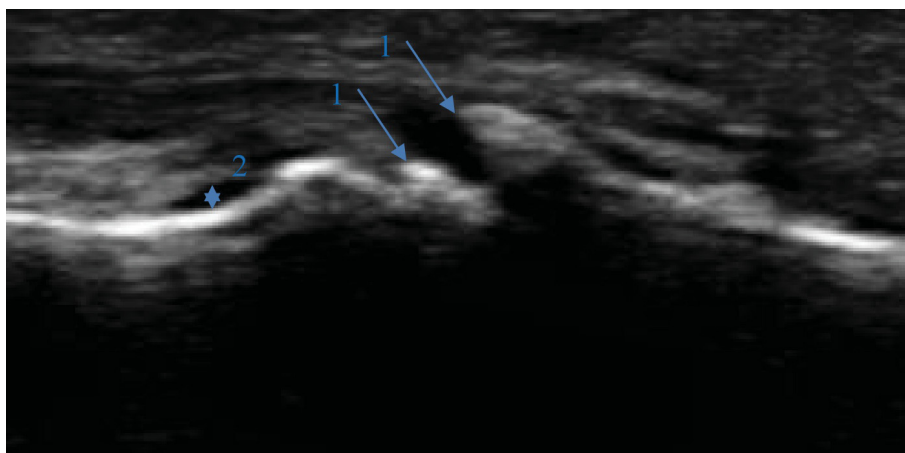


Abb. 3: Ultraschallbild mehrerer Osteophyten eines DIP-Gelenks: Das Ultraschallbild ist von palmar aufgenommen. Zu sehen sind mehrere knöcherner Auswüchse der Knochenoberfläche, die als Osteophyten bezeichnet werden (1). Zudem ist ein kleiner Erguss proximal zu erkennen (2).

Fehlerquellen und Artefakte

Osteophyten können im Ultraschall prinzipiell gut erkannt werden. Eine Schwierigkeit besteht jedoch darin, den Schweregrad der Osteophyten zu bestimmen und insbesondere zwischen Grad 0 und Grad 1 zu unterscheiden.¹¹⁹

1.6.3.2 Synovitis/Erguss

Definition

Gelenkergüsse im Ultraschall sind in der Rheumatologie häufig mit entzündlichen Gelenkerkrankungen wie der RA assoziiert. Viele der vorliegenden Definitionen wurden daher aus der Forschung über die RA übernommen und teilweise angepasst. In der Fachliteratur werden die Begriffe Erguss, Synovitis, synoviale Proliferation und synoviale Hypertrophie teilweise unterschiedlich definiert oder synonym verwendet. Dies kann zu unterschiedlichen Ergebnissen bei den Vergleichen von Studien führen. Deshalb werden im Folgenden einige Beispiele erläutert.

Szkudlarek et al. stellten 2003 eine Studie zur RA in Finger- und Zehengelenken vor, in der zwischen Erguss und Synovitis im gebräuchlichen *B-Mode* unterschieden wird. Ultraschallbild-Beispiele für die einzelnen Pathologien sind in der Veröffentlichung zu finden.¹²⁰ Wakefield et al. definierten 2005 zuerst die bis heute oft zitierten Begriffe für die Ultraschalldiagnostik bei entzündlichen Gelenkerkrankungen folgendermaßen: *synovial fluid*, frei übersetzt mit synoviale Flüssigkeit, und *synovial hypertrophy*, wörtlich synoviale Hypertrophie.¹²¹ Nach Arendt et al. 2013 wird zwischen proliferativer und exsudativer Synovitis unterschieden, wobei die exsudative Synovitis mit einem Gelenkerguss gleichgesetzt wird.¹²² In späteren Publikationen, beispielsweise von Taljanovic et al., werden die Begriffe aus der Veröffentlichung von Wakefield et al. anders verwendet. *Synovial fluid* wird als *effusion*, zu Deutsch Erguss, und *synovial hypertrophy* als *synovitis*, zu Deutsch Synovitis, Synovialitis oder Entzündung der Synovialmembran, bezeichnet.¹²³

In dieser Arbeit werden die Begriffe Erguss und Synovitis wie folgt verwendet:

Ein Erguss, siehe Abbildung 4, ist im Ultraschall per Definition der OMERACT-Gruppe unter Wakefield et al. 2005 eine Ansammlung von Material im Gelenk, welches im Vergleich zum subdermalen Fett abnormal echoarm bis echofrei ist. Das Material ist verschiebbar und komprimierbar. Im PDM zeigen sich keine Signalanreicherungen.

Eine Synovitis liegt vor, wenn Gewebe im Gelenk abnormal echoarm, im Vergleich zum subdermalen Fett, kaum komprimier- und nicht verschiebbar ist. PDM-Signale sind möglich.

Es muss allerdings erwähnt werden, dass ein Erguss oder eine Synovitis selten auch im Vergleich zum subdermalen Fett echogleich oder echoreich erscheinen kann.¹²¹

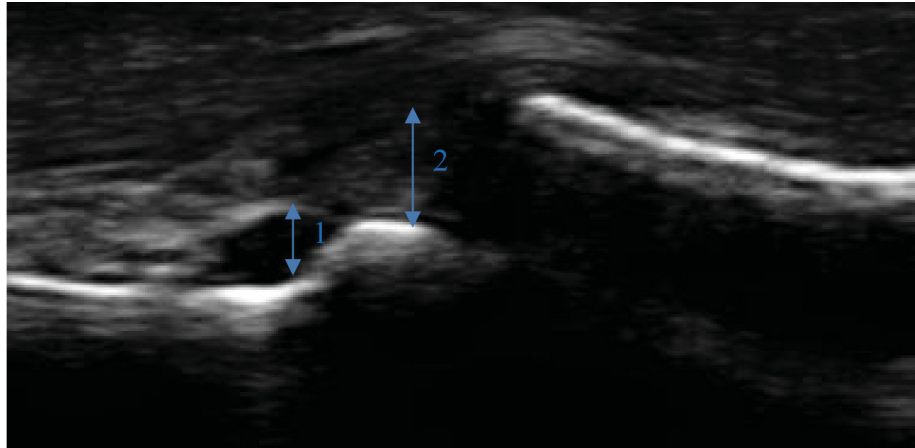


Abb. 4: Ultraschallbild eines Ergusses in einem PIP-Gelenk: Zu sehen ist ein PIP-Gelenk von palmar. Links im Bild, an der Grenze zwischen Knochenphalanx und Knochenkopf, ist ein zu seiner Umgebung deutlich echoarmer Bereich zu erkennen, ein Erguss (1), der teilweise die Gelenkkapsel (2) spannt.

Fehlerquellen und Artefakte

Das physiologische Vorhandensein von Gelenkschmiere im Gelenkspalt muss von einem Gelenkerguss durch entsprechende Beurteilungskriterien abgegrenzt werden. Der Unterschied eines Gelenkergusses von einer Synovitis kann durch die Einstellung PDM am Ultraschallgerät oder durch die beim Erguss vorhandene Verschiebbarkeit und Komprimierbarkeit erfolgen. Das häufigste Artefakt bei der Untersuchung der Fingergelenke ist der Effekt der Anisotropie, auch Reflexumkehr genannt. Lediglich orthogonal auftreffende Schallwellen auf eine Struktur führen zu einer optimalen Reflektion und somit zu einer echoreichen Darstellung der Struktur. Abweichende Winkelgrade der Schallwellen führen zu einer echoarmen bis echofreien Darstellung der Struktur. Dieses Phänomen betrifft hauptsächlich Sehnen, aber auch die Knochenoberfläche, die Muskulatur und den Knorpel.¹¹⁵ Das Phänomen der Anisotropie dieser Strukturen kann leicht zu einer Verwechslung mit einem Gelenkerguss oder einer Synovitis im *B-Mode* führen.

1.6.3.3 Erosionen

Definition

Eine Erosion ist im Ultraschall nach Wakefield et al. 2005 „eine intraartikuläre Diskontinuität der Knochenoberfläche, die in zwei senkrecht zueinanderstehenden Ebenen sichtbar ist“.¹²¹ Hierzu sei auf Abbildung 5 verwiesen.

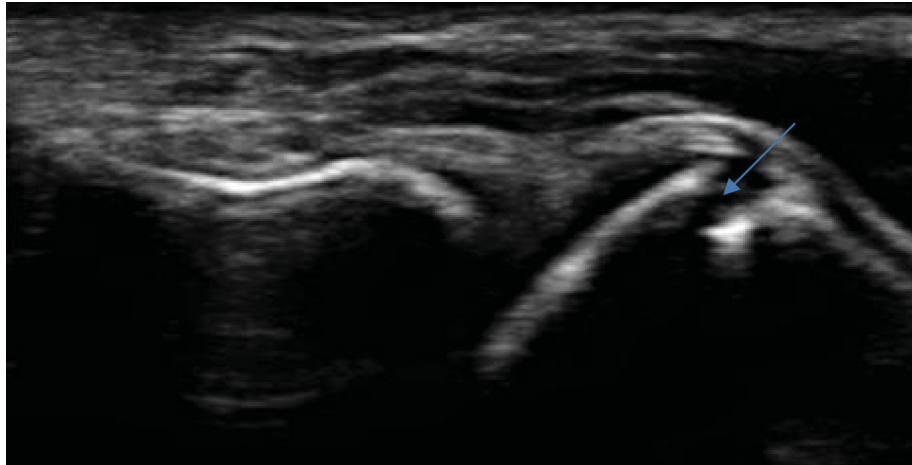


Abb. 5: Ultraschallbild einer Erosion in einem CMC-1-Gelenk: Die Abbildung zeigt ein CMC-1-Gelenk von palmar. In der rechten Bildhälfte ist eine Unterbrechung der Knochenoberfläche, mit einem echoreichen Boden im Zentrum der Unterbrechung, zu erkennen (Pfeil). Dies entspricht einer Erosion.

Fehlerquellen und Artefakte

Andere Knochendeformitäten wie Osteophyten können dazu führen, dass Erosionen übersehen werden.¹²⁴ Bei einer zerstörten Knochenoberfläche kann es zudem sehr schwierig sein, zu unterscheiden, ob ein Osteophyt oder eine Erosion vorhanden ist.¹²⁵

Als Hilfestellung dient die Tatsache, dass bei einer Erosion ein echoreicher Boden in dem Knochendefekt zu sehen sein sollte. Bei einer zerklüfteten Oberfläche bei fortgeschrittener Arthrose ist es sinnvoll, eine Linie von den nicht zerklüfteten Knochenoberflächen zu ziehen, um eine Erosion, die sich unter dem Knochenoberflächenniveau befindet, von einem Osteophyten zu unterscheiden, der sich nach oben von der Oberfläche abhebt.

1.6.3.4 Gelenkspalt

Definition

Der Gelenkspalt ist der Raum zwischen Knochenkopf und -pfanne zweier artikulierender Knochen. In diesem Raum artikulieren die beiden Knochen miteinander über den Knorpel. In dem Knochenspalt befindet sich Gelenkschmiere – siehe Abbildung 6.

Im Ultraschall ist die Mitte des Gelenkspalts oft nicht komplett einsehbar, es werden somit Näherungswerte gemessen. Deshalb kann nur die Distanz zwischen den oberflächlichen Knochenrändern dargestellt werden.¹²⁶

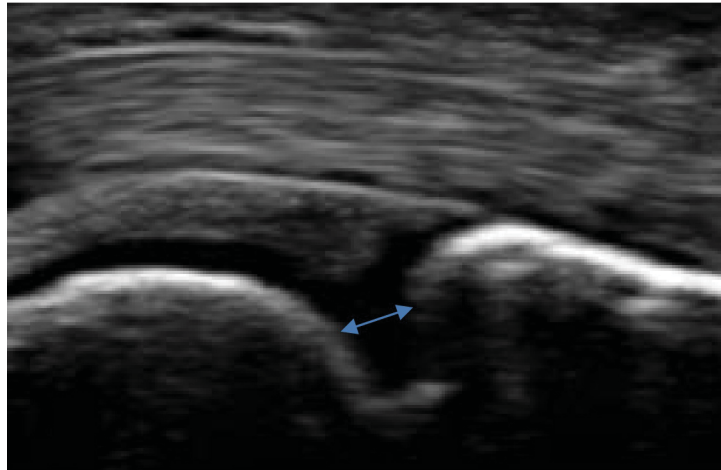


Abb. 6: Ultraschallbild eines Gelenkspalts in einem MCP-Gelenk: Die Abbildung zeigt die Einsehbarkeit eines Gelenkspalts im Ultraschall von palmar. Da die Ultraschallwellen nur die Knochenoberfläche darstellen können, ist der Gelenkspalt eines Fingergelenks lediglich teilweise einsehbar (Pfeile). Das Zentrum des Gelenks ist unter physiologischen Bedingungen somit nicht komplett abbildbar.

Fehlerquellen und Artefakte

Wird der Gelenkspalt mittels des Ultraschalls ausgemessen, kann dieser bei unterschiedlich hoch angelegten Messungspunkten zueinander zu groß oder zu klein erscheinen. Zudem muss bedacht werden, dass bei der Messung nicht das Zentrum des Gelenkspalts, sondern Näherungswerte gemessen werden.

1.6.3.5 Knorpel

Definition

Knorpel ist ein Binde- und Stützgewebe. Er dient in einem Gelenk zur Dämpfung und Verteilung von mechanischen Kräften auf die beteiligten Knochen. Der Knorpel stellt sich im Ultraschall echoreich an der Oberfläche und echoarm in der Tiefe dar. Das liegt daran, dass die Gelenkkapsel und die Knorpeloberfläche unterschiedlich dicht sind und sich somit an ihrer Grenze ein hoher Dichteunterschied ergibt, ein sogenannter Impedanzsprung. Liegt letzterer an dem Übergang zweier Strukturen vor, resultiert daraus im Ultraschallbild ein echoreiches Signal, beim Knorpel auch weißes Band genannt¹²⁷ – siehe hierzu Abbildung 7. Der Knorpel zeigt im Normalzustand ein kräftiges, homogenes weißes Band an der Oberfläche. Zwischen dem Band und der Knochenoberfläche ist der Knorpel homogen echoarm zu sehen. Ist der Knorpel pathologisch verändert, kann dies im Ultraschallbild sichtbar werden. Die Konturen erscheinen unscharf abgrenzbar. Die Knorpelmatrix ist nicht mehr homogen, sondern heterogen. Die Knorpeldicke nimmt in einem fortgeschrittenen Stadium der Schädigung asymmetrisch ab.^{117,128} Um den Teil des Knorpels am besten darzustellen, der im

Fingergelenk artikuliert, kann das Fingergelenk von palmar in neutraler Position oder von dorsal in voller Flexion geschallt werden.¹¹⁷

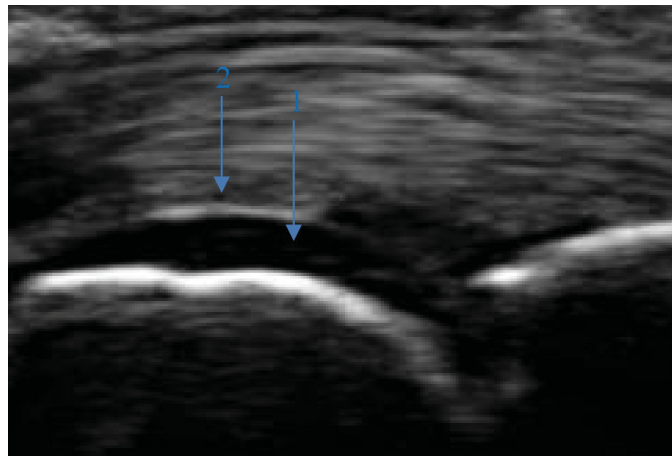


Abb. 7: Ultraschallbild eines gesunden Knorpels in einem MCP-Gelenk: Die Aufnahme erfolgte von palmar. Der Gelenkknorpel liegt der Knochenoberfläche auf, umgibt sie und ist homogen echoarm (1). Die Begrenzung nach kranial ist durch eine weiße Linie, auch weißes Band genannt, sichtbar (2).

Fehlerquellen und Artefakte

Torp-Pedersen et al. untersuchten in einer Metaanalyse Studien der letzten 10 Jahre zu Messungen der Knorpeldicke im Ultraschall. Die Autoren zeigten, dass es drei häufige Fehler bei der Vermessung gibt. Einige Studien haben das weiße Band des Knorpels nicht in ihre Messungen einbezogen. Dies führt dazu, dass die Messungen der Knorpeldicke meist zu kleine Werte ergeben. Zudem wird häufig nicht berücksichtigt, dass sich die Ultraschallwellen im Knorpel schneller fortbewegen als im umgebenden Gewebe. Dies führt ebenfalls zu einer Unterschätzung der Knorpeldicke von ca. 10 %. Überschätzt wird die Knorpeldicke, wenn die Messung schräg zum Schallwellenverlauf durchgeführt wird.^{127,129} Wird der Knorpel nicht im rechten Winkel, sondern schräg von den Schallwellen getroffen, entsteht der Effekt der Anisotropie. Der Knorpel kann daraufhin unscharf abgrenzbar, verbreitert und echoreicher erscheinen.

1.6.3.6 Strukturen: Muskulatur, Sehnen, Knochenoberfläche

Muskulatur

Die Darstellung der Muskulatur im Ultraschall hängt u. a. von den Bindegewebsschichten zwischen der Muskulatur ab. Je nach unterschiedlicher Ausrichtung der Ultraschallwellen zu den Bindegewebsschichten kann der Muskel im Ultraschall von echoreich bis echoarm abgebildet sein. Fallen die Schallwellen im rechten Winkel auf die Bindegewebsschichten, wird die Muskulatur echoreich dargestellt.

Werden die Bindegewebsschichten nicht orthogonal von den Schallwellen getroffen, werden sie auf dem Bild echoarm abgebildet und können leicht mit Gelenkergüssen verwechselt werden. Hilfreich ist es, die anatomische Lage der Muskeln zu kennen und den Verlauf der Muskulatur im Längsschnitt abzubilden.

Sehnen

Die oberen und unteren Beugesehnen können im Ultraschall von palmar dargestellt werden. Wird eine Sehne von Ultraschallwellen im rechten Winkel getroffen, erscheint im Ultraschallbild eine echoreiche homogene Struktur, welche die Schallwellen adäquat reflektiert – siehe hierzu Abbildung 8.

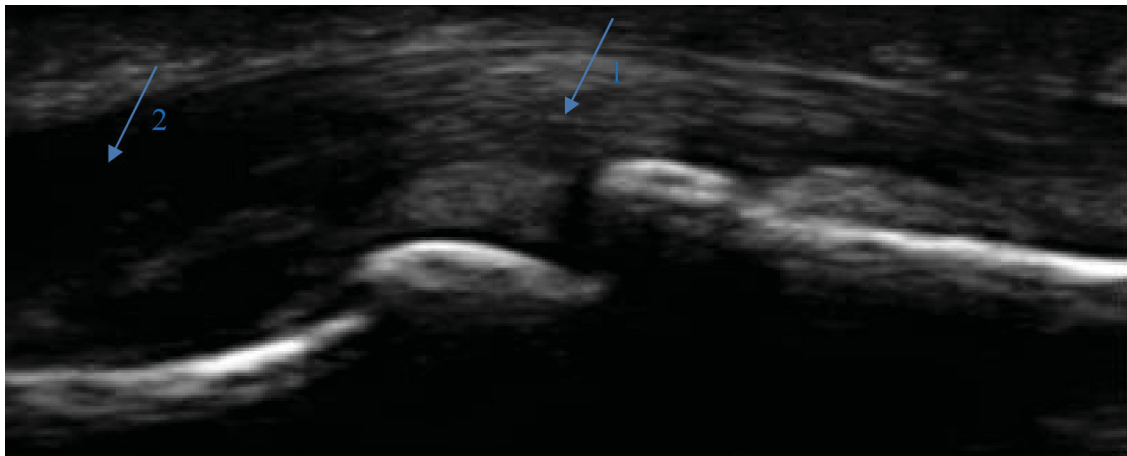


Abb. 8: Ultraschallbild der Sehnen über einem PIP-Gelenk: Über dem Gelenk sowie der Gelenkkapsel sind die Beugesehnen des Fingers zu erkennen. Im Zentrum des Bildes erscheinen sie als echoreiche Strukturen (1), an dem rechten und linken Rand des Bildes erscheinen sie echoarm (2). Dieser Effekt entsteht durch das schräge Auftreffen der Schallwellen und kann zu der falschen Annahme führen, dass ein Erguss vorliegen würde.

Treffen die Schallwellen schräg auf die Sehne, werden sie nicht zum Schallkopf zurückreflektiert. Die Sehne wird dann echoarm bis echofrei dargestellt.¹¹⁵ Dies kann ebenfalls zu Verwechslungen mit Gelenkergüssen führen. Hilfreich ist es, den Sehnenverlauf komplett darzustellen. Die Beugesehnen können sich physiologisch vom Knochen abheben, wodurch es zu einem echoarmen bzw. echofreien Raum zwischen Beugesehne und Knochenoberfläche kommen kann. Dieses Artefakt sollte nicht mit einem Erguss bzw. einer Synovitis verwechselt werden¹¹⁵ – siehe hierzu Abbildung 9.

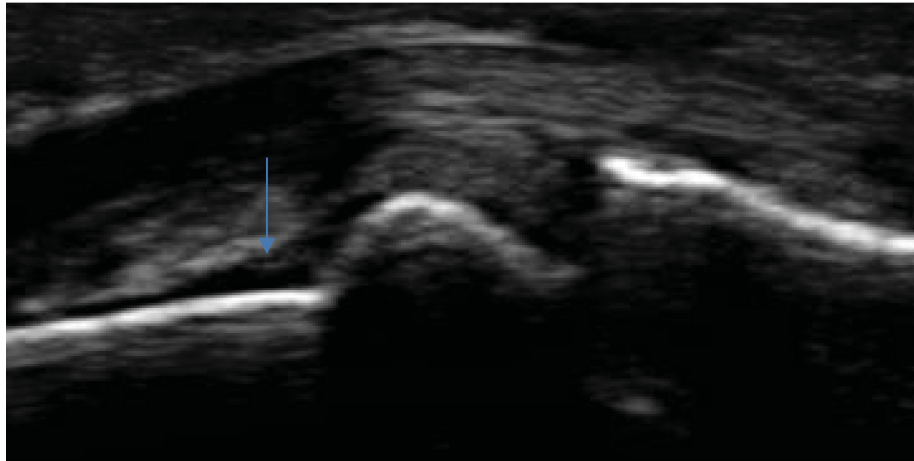


Abb. 9: Ultraschallbild einer physiologischen Abhebung der Beugesehnen vom Knochen: Zu sehen ist ein PIP-Gelenk von palmar. Durch das Abheben der Beugesehnen entsteht kranial der Knochenoberfläche in der linken Bildhälfte ein echoarmer Raum (Pfeil). Dieser Raum kann leicht mit einem Erguss verwechselt werden.

Knochenoberfläche

Die Knochenoberfläche, siehe Abbildung 10, zeigt eine starke Reflektion der Schallwellen, was zu einer echoreichen, scharf abgrenzbaren Struktur im Ultraschallbild führt.

Das Knochenmark kann im Ultraschall nicht dargestellt werden.



Abb. 10: Ultraschallbild der Knochenoberflächen in einem MCP-Gelenk: Auf der Abbildung von palmar sind die Knochenoberflächen der artikulierenden Knochen als echoreiche Linien (Pfeile) zu ihrer Umgebung gut abgrenzbar.

Treffen Ultraschallwellen auf eine konvexe Knochenoberfläche, kann dies zu einer Ablenkung der Schallwellen und somit zur Darstellung einer Pseudoerosion führen. Hilfreich in der Abgrenzung ist die Tatsache, dass bei der Pseudoerosion im Gegensatz zur echten Erosion ein echoreicher Boden fehlt. Zudem kann durch die Ausrichtung des Schallkopfes das Artefakt verschwinden.¹¹⁵

1.7 Ziele der Arbeit

Bildgebende Verfahren spielen heute, nicht nur in der Rheumatologie, eine zunehmend wichtige Rolle bei der Diagnostik und der Therapiekontrolle. In der Literatur wurden bisher zahlreiche bildmorphologische Zeichen – sei es in dem Röntgenbild, der Sonographie oder auch den Schnittbildverfahren – beschrieben, die mit einer Fingerarthrose assoziiert sind. Die genaue Häufigkeit und Verteilung dieser bildmorphologischen Phänomene sind allerdings bisher nicht standardisiert in einer Kohorte ohne bekannte Fingerarthrose untersucht worden. Ziel dieser Arbeit war es daher, in einer Kohorte von Probanden, die bisher keine bekannte Fingerarthrose haben, die Häufigkeit und die Verteilung potenziell pathologischer Befunde zu untersuchen, zu quantifizieren und diese einzuordnen.

2 Material und Methoden

2.1 Personenkollektiv

Das Personenkollektiv für die Ultraschalluntersuchung bestand aus freiwilligen Besuchern ohne und mit Beschwerden an den Fingergelenken. Der Truck wurde an Industrie- und Bürostandorten positioniert. An den Standorten waren Büros sowie handwerkliche und metallverarbeitende Bereiche ansässig. Insgesamt wurden 427 Besucher anhand von Ultraschall untersucht. Davon waren 15,7 % Frauen und 84,3 % Männer – siehe Abbildung 11. Das mittlere Alter der Probanden lag bei 53,5 Jahren, bei einer Altersspanne von 20,5 bis 79,5 Jahren. Insgesamt konnten 11 840 Bilder von Fingergelenken gewonnen werden. Davon waren 837 von CMC1-, 3386 von MCP-, 4239 von PIP- und 3378 von DIP-Gelenken. Insgesamt wurden 116 Bilder aufgrund schlechter Bildqualität von der Auswertung ausgeschlossen. Es wurden besonders Probanden ohne jegliche Beschwerden angesprochen und zur Teilnahme an der Studie ermuntert.¹³⁰

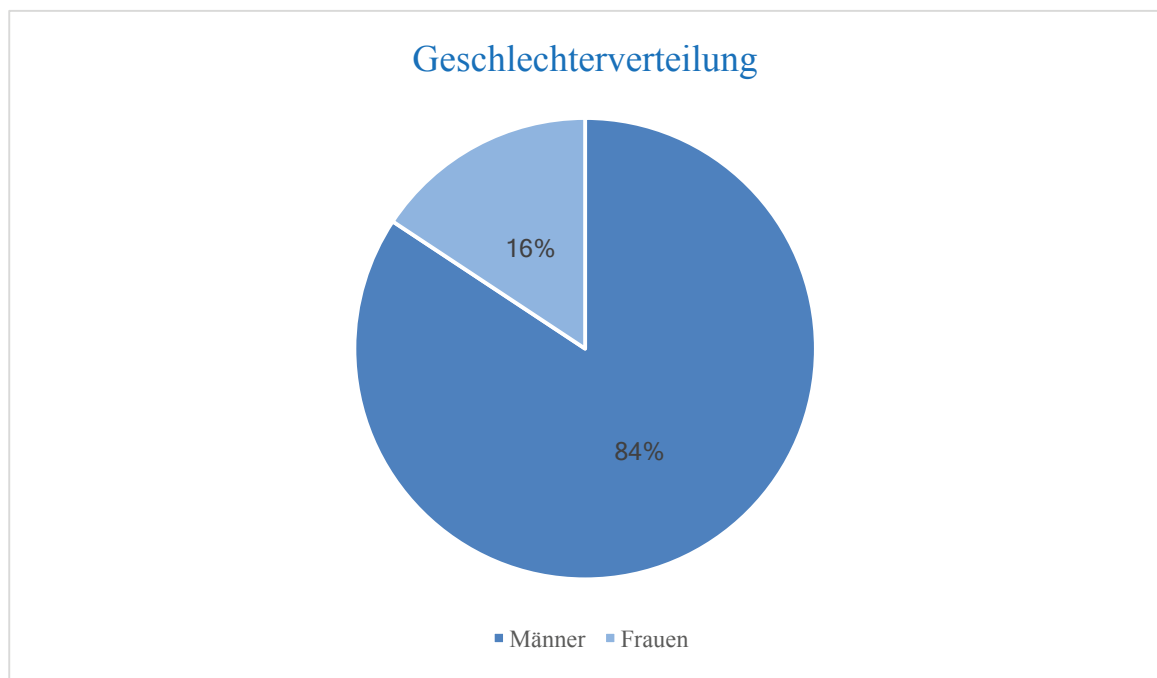


Abb. 11: Geschlechterverteilung: Vergleich der untersuchten Männer und Frauen in Prozent, gerundet auf die volle Dezimalzahl. Gesamtzahl der untersuchten Personen: 427.

2.2 Aktenzeichen des Ethikvotums

Die Studie wurde vor Beginn der Untersuchungen durch die Ethikkommission der medizinischen Fakultät der Heinrich-Heine-Universität begutachtet; ein positives Votum unter der Studiennummer 4336 wurde erteilt.

2.3 Ablauf Untersuchungen

2.3.1 Standorte

Probanden wurden an mehreren Standorten untersucht. Eine genaue Auflistung der Standorte und der Arbeitszeiten an den jeweiligen Tagen des Rheumatrucks ist in Abbildung 12 zu sehen.

Rheuma-Truck Tourenplan

Datum	Standort	Zeit	Datum	Standort	Zeit	Datum	Standort	Zeit
19.8.	Bochum Wielandstraße	9-16h	2.9.	Wesel Reeser Landstraße	8-16h	16.9.	Grevenbroich KW Neurath & KW Frimmersdorf	8-16h
20.8.	Recklinghausen Kölner Straße	8-16h	3.9.	Mülheim an der Ruhr Moritzstraße	8-15h	17.9.	Grevenbroich Tgb. Garzweiler	9-16h
21.8.	Werne KW Gersteinwerk	9-17h	4.9.	Essen Zentrale Essen	10-16h	18.9.	Niederzier Tgb. Hambach	7:30- 15:30h
22.8.	Münster Weseler Straße	8-16h	5.9.	Arnsberg Hellefelder Straße	8-16h	19.9.	Niederzier Tgb. Hambach	7:30- 15:30h
23.8.	Hamburg Überseering	10-16h	6.9.	Siegen Friedrichstraße	8-15h	20.9.	Eschweiler KW Weisweiler & Tgb. Inden	9-16h
24.8.			7.9.			21.9.		
25.8.			8.9.			22.9.		
26.8.	Lingen KKW Emsland	9-17h	9.9.	Frechen TT HW	9-16h	23.9.	Trier Eurener Straße	9-16h
27.8.	Hamm KW Westfalen	8-16h	10.9.	Frechen TT HW für Zentrale Köln	9-16h	24.9.	Saffig Rauschermühlenstr.	9-16h
28.8.	Essen Zentrale Essen	10-16h	11.9.	Frechen Fabrik Frechen	7:30- 15:30h	25.9.	Biblis KKW Biblis	9-16h
29.8.	Essen Altenessener Straße	7-15h	12.9.	Bergheim KW Niederaußem	9-16h	26.9.	Gundremmingen KKW Gundremmingen	9-16h
30.8.	Gladbeck Karl-Schneider-Straße	7-15h	13.9.	Bergheim AMZ / BOWA Bohlendorf	9-16h	27.9.		
31.8.			14.9.			28.9.		
1.9.			15.9.			29.9.		

Abb. 12: Tourenplan des Rheumatrucks 2013: In der ersten Spalte links befindet sich das Datum, das zusammen mit der zweiten Spalte (Standort) und dritten Spalte (Zeit) abgelesen wird. Die Kombination der einzelnen Spalten zeigt, an welchem Datum sich der Truck an welchem Standort und zu welcher Uhrzeit im Jahr 2013 befand.

2.3.2 Der Rheumatruck

Im Inneren des Trucks gab es vier Räume, die insgesamt sieben Stationen beinhalteten. Vom Eingang gelangten die Besucher zum Wartebereich mit Rezeption. Dort füllten sie die Fragebögen (Station 1), den Rheuma-Check, kurz RC, und den Rheuma-Rücken-Check, kurz RRC, aus. Anschließend gelangten sie zu dem Blutschnelltest (Station 2) und der venösen Blutentnahme (Station 3). In einem abgedunkelten Raum gab es den Gelenkulterschall (Station 4) sowie die Kapillarmikroskopie (Station 5). In einem weiteren Raum war das Arztzimmer, in dem der anwesende Rheumatologe (Station 6) Untersuchungen und Einzelgespräche durchführen konnte.

2.3.3 Besucher im Rheumatruck

Jeder Besucher erhielt zur Pseudonymisierung eine Laufnummer, kurz LFNE, zugewiesen, die der Gesamtzahl der Besucher zu dem jeweiligen Zeitpunkt entsprach. An der Rezeption bekam jeder Besucher einen Laufzettel, auf dem die erfolgten Untersuchungen im Rheumatruck abgehakt werden konnten. Zusätzlich zu dem Laufzettel erhielt jeder Besucher Etiketten, die an den jeweiligen Stationen zur pseudonymisierten Dateneingabe genutzt wurde.

Alle Besucher wurden ausführlich sowie standardisiert über das Prozedere aufgeklärt und haben eine Einverständniserklärung unterschrieben, die im Anhang beigefügt ist – siehe Anhang 1.

2.3.4 Stationen im Rheumatruck

Der Rheumatruck bestand aus mehreren Stationen. Für jeden Besucher waren die Beantwortung der Fragebögen sowie ein Blutschnelltest vorgesehen. Alle Besucher konnten ebenfalls an der Station Ultraschall oder Kapillarmikroskopie teilnehmen. Fanden sich in diesen Untersuchungen Auffälligkeiten in Bezug auf symptomatisch degenerative oder entzündliche Gelenkerkrankungen, wurde den Besuchern empfohlen, weitere Stationen zu durchlaufen, beispielsweise die Vorstellung bei einem begleitenden Facharzt für Rheumatologie. Anbei werden die für diese Arbeit notwendigen Stationen beschrieben.

2.3.4.1 Station 1 = Fragebögen

Zwei Fragebögen wurden von jeder Person, die den Truck besuchte, ausgefüllt: der RC und der RRC. Der RC ist zur Erkennung von entzündlichen systemischen Erkrankungen geeignet. Der RRC dient zur Identifizierung entzündlicher Wirbelsäulenerkrankungen. Bei Fragen stand immer ein Mitarbeiter des Trucks zur Seite, um Antworten auf Fragen der Besucher zu geben oder beim Ausfüllen zu helfen.

Der RC basiert auf einem in den USA entwickelten Fragebogen und wurde von der *United States Food and Drug Administration*, kurz FDA, validiert. Zudem wurde er bei 1500 deutschsprachigen Patienten und Kontrollpersonen validiert. Der Test dient der Früherkennung von entzündlich rheumatischen Systemerkrankungen und wird in Deutschland klinisch angewendet. Zu den rheumatisch-entzündlichen Erkrankungen, die der Test detektieren soll, gehören die rheumatoide Arthritis, die systemische Sklerodermie, der systemische Lupus erythematoses, die Dermato- und Polymyositis, das Raynaud- und das Sjögren-Syndrom sowie Mischkollagenosen. Der Test weist eine Sensitivität von 77,6 % und eine Spezifität

von 79,9 % bezüglich des individuellen Risikos auf, an einer der oben genannten entzündlich rheumatischen Erkrankungen zu leiden.¹³¹

Der RRC ermittelt das Risiko eines Patienten, an einer entzündlichen Wirbelsäulenerkrankung zu leiden, und wurde vom Rheuma-Zentrum Rhein Ruhr e.V. zusammen mit der Rheumatologie der Charité Berlin, Benjamin Franklin Campus, geprüft.

Die Besucher im Truck beantworteten beide Fragebögen. An der Rezeption des Trucks wurden die Angaben in die Datenbank aufgenommen und sofort ausgewertet. War der RC positiv, wurde dem Besucher geraten, die kompletten Stationen zu durchlaufen, mit Ausnahme der Wirbelsäulenvermessung. Diese wurde durchgeführt, wenn zusätzlich oder allein der RRC positiv war.

2.3.4.2 Station 2 = Blutschnelltest

Der Blutschnelltest war ebenfalls für jeden Besucher vorgesehen. Die Besucher wurden mit einer Lanzette in den Finger gestochen, um einen Tropfen Blut aus der Fingerbeere zu gewinnen. Mit Hilfe des Schnelltests wurde untersucht, ob bei den Besuchern ein Antikörper gegen cyclisches citrulliniertes Peptid, kurz Anti-CCP, im Blut nachgewiesen werden konnte. Der Test befindet sich in klinischer Anwendung und ist ein anerkanntes Werkzeug der Früherkennung der rheumatoiden Arthritis. Der Test lieferte ein Ergebnis in ca. 10 Minuten. Bei einem positiven Testergebnis wurde dem Besucher geraten, noch weitere Stationen im Truck zu durchlaufen. War der Test negativ, waren weitere Untersuchungen auf Wunsch möglich.

2.3.4.3 Station 3 = Venöse Blutabnahme

Für alle Besucher, die in Station 1, dem RC oder RRC, und/oder Station 2, dem Blutschnelltest, positiv waren oder auch für alle Besucher mit Interesse gab es als weitere Station die venöse Blutabnahme. Letztere diente der weiteren Charakterisierung der Probanden und war Teil eines unabhängigen Forschungsprojektes. Sie wird daher im Weiteren nicht verfolgt.

2.3.4.4 Station 4 = Gelenkulterschall

An der Station Gelenkulterschall wurden alle interessierten Besucher sowie Besucher mit einem positiven Ergebnis bei den Stationen 1 und/oder 2 untersucht.

Bei der Ultraschallstation konnten die Fingergelenke auf degenerative und entzündliche Veränderungen analysiert werden. Zeigten sich im Ultraschall entzündliche Zeichen oder deutliche Gelenkdestruktionen, wurde der Besucher dem Rheumatologen vorgestellt. Die Untersuchungsergebnisse dieser Station sind die Grundlage der vorliegenden Studie.

2.3.4.5 Station 5 = Kapillarmikroskopie

An der Station Kapillarmikroskopie wurden alle interessierten Besucher sowie Besucher mit einem positiven Ergebnis bei den Stationen 1 und/oder 2 untersucht. Der Umschlag der Fingernagelhaut, die Nagelfalz, wurde mit einem Tropfen Walnussöl versehen und unter dem Mikroskop betrachtet. So konnten Veränderungen der kleinsten Blutgefäße analysiert werden, die auf entzündlich-rheumatische Erkrankungen hinweisen können. Im Truck waren zwei Stationen mit einem Kapillarmikroskop vorhanden, an denen Besucher untersucht wurden.

2.3.4.6 Station 6 = Arzt

Zu dem begleitenden Rheumatologen gelangten alle Besucher, die in den einzelnen Stationen positiv waren oder akute klinische Beschwerden hatten. An jedem Standort war ein ortsansässiger Rheumatologe im Truck anwesend. Somit war sichergestellt, dass jedem auffälligen Besucher jederzeit eine fachspezifische medizinische Betreuung und Beratung zur Verfügung standen. Existierte zusätzlicher Handlungsbedarf bei den Besuchern, boten die anwesenden Rheumatologen Termine in ihren oder anderen Niederlassungen an, um eine weitere Versorgung bzw. medizinische Anbindung nach dem Rheuma-Truck zu gewährleisten.

2.4 Untersuchungsmaterialien

Die Untersuchung fand unter üblichen Kautelen statt. Zur Ultraschalluntersuchung stand im Truck ein portables Hochfrequenzultraschallgerät der Firma Esaote zur Verfügung. Das Ultraschallgerät Esaote MyLab 25 Gold hat einen aufklappbaren 15 Zoll *liquid crystal display* Monitor, kurz LCD, mit hoher Auflösung (1280×1024 Pixel) und einem SONDENSPEKTRUM von 1 bis 18 MHz. Zur Untersuchung wurde ein Linear-Schallkopf verwendet, der mit der höchstmöglichen Frequenz, also 18 MHz, betrieben wurde. Dem Ultraschallgerät standen diverse Voreinstellungen, *Presets*, zur Verfügung. Es wurde eine Voreinstellung auf Basis der Voreinstellung: Muskeln und Knochen, mit einer Frequenz von 18 MHz genutzt.

Gelenke wurden im *B-Mode* untersucht. Lagen Gelenkergüsse vor, wurde das betroffene Gelenk auch auf entzündliche Komponenten im PDM analysiert. Von allen Gelenkeinstellungen wurden Bilder gespeichert. Das Gerät verfügt über eine eigene, interne Festplatte,

auf der alle Untersuchungen gespeichert wurden. Zur Auswertung der Dateien wurde ein Computerprogramm verwendet. Das Programm *Mylab Desk* befindet sich auf dem oben genannten Ultraschallgerät der Firma Esaote. Dieses wurde auf einem externen Rechner installiert. Die kompletten Ultraschallbilder aller Untersuchungen wurden übertragen und mit diesem Programm an einem Computer der Firma Medion, Intel Pentium 4 mit Windows-XP-Betriebssystem ausgewertet. Die Ergebnisse der Messungen wurden in eine Software mit Eingabemaske eingegeben. Hierzu hat die Abteilung der Rheumatologie der Universitätsklinik Düsseldorf das Programm *DocuMed* entwickelt. Letzteres entspricht einer Datenbank mit speziell für die Fingeruntersuchung programmierter Benutzeroberfläche. Mit dem Programm wurde nach Abschluss der Eingabe von Daten eine Excel-Tabelle erstellt, die daraufhin statistisch ausgewertet wurde.

2.5 Methoden

2.5.1 Voreinstellungen am Ultraschallgerät

Zu Beginn des Tages wurde der Arbeitsplatz aufgebaut, das Ultraschallgerät hochgefahren und das eigens erstellte *Preset* für die Untersuchungen gewählt – siehe 2.4 Untersuchungsmaterialien. Im *B-Mode* wurde zudem die Helligkeit auf maximal, die Vergrößerung auf dreifach und der Fokus auf die gewünschte Untersuchungsebene (meist mittig im Bild) eingestellt, um eine optimale Voreinstellung für die anstehenden Fingergelenkuntersuchungen zu erzielen.

2.5.2 Handschriftliche und digitale Dokumentation von Besucherdaten

Vor und während der Untersuchung wurden die anonymisierten Besucherdaten schriftlich festgehalten, bzw. in die Benutzersoftware des Ultraschallgerätes eingegeben und gespeichert. Um Fehlerquellen bei der Datenerfassung zu minimieren, wurde eine schriftliche und digitale Dokumentation gewählt. In die Eingabemaske des Ultraschallgerätes wurde die LFNE im Feld *Identity*, kurz ID, eingegeben. Handschriftlich wurden LFNE, Geburtsjahr sowie Geschlecht festgehalten und später in eine Excel-Tabelle übertragen, die bei der späteren Auswertung der Daten zum Abgleich der digitalen Daten genutzt wurde. Um die Anonymität der Daten zu gewährleisten, wurden nie Namen oder genaue Geburtsdaten bei der Dokumentation der Ultraschallbilder verwendet.

2.5.3 Untersuchungsschema

Die Besucher wurden in folgender Reihenfolge an den entsprechenden Gelenken mit dem Ultraschallgerät untersucht. Dabei wurde gezielt darauf geachtet, dass ein Bild zur Speicherung ausgewählt wurde, das der dynamischen Untersuchung des Fingergelenks am ehesten entsprach – mit minimalen Artefakten. So konnten spätere Fehlinterpretationen minimiert werden. Pathologische Veränderungen standen im Vordergrund. Alle Ultraschalluntersuchungen wurden von der gleichen Person durchgeführt, die vorab spezifisch darauf geschult wurde, um eine standardisierte Untersuchungstechnik gewährleisten zu können. Die Gelenke wurden in folgender Reihenfolge analysiert und gespeichert:

1. MCP 5 palmar links
2. PIP 5 palmar links
3. DIP 5 palmar links
4. MCP 4 palmar links
5. PIP 4 palmar links
6. DIP 4 palmar links
7. MCP 3 palmar links
8. PIP 3 palmar links
9. DIP 3 palmar links
10. MCP 2 palmar links
11. PIP 2 palmar links
12. DIP 2 palmar links
13. PIP 2 lateral links
14. CMC 1 palmar links
15. MCP 5 palmar rechts
16. PIP 5 palmar rechts
17. DIP 5 palmar rechts
18. MCP 4 palmar rechts
19. PIP 4 palmar rechts
20. DIP 4 palmar rechts
21. MCP 3 palmar rechts
22. PIP 3 palmar rechts
23. DIP 3 palmar rechts
24. MCP 2 palmar rechts
25. PIP 2 palmar rechts

26. DIP 2 palmar rechts
27. PIP 2 lateral rechts
28. CMC 1 palmar rechts

2.5.4 Sicherung der Ultraschallbilder

Die Bilder wurden auf dem Ultraschallgerät unter der jeweiligen LFNE in der oben gezeigten Reihenfolge gespeichert.

2.5.5 Auswertung der Ultraschallbilder

Jedes Ultraschallbild wurde nach den folgenden Kriterien von dem Untersucher beurteilt:

Osteophyten wurden per Definition als hervorstehende knöcherne Veränderungen angesehen. Der größte Osteophyt wurde für die Beurteilung herangezogen. Verwendet wurde ein semiquantitativer *Score*, der bereits in mehreren Publikationen genutzt wurde und ebenfalls von der OMERACT Gruppe empfohlen wird. Es handelt sich um einen semiquantitativen *Score* in Grad von 0 bis 3: Grad 0 = keine Osteophyten, Grad 1 = leichtgradige Osteophyten, Grad 2 = mittelgradige Osteophyten und Grad 3 = schwergradige Osteophyten. Der *Score* wurde in dieser Studie dahingehend modifiziert, dass die Untersuchung von palmar und nicht von dorsal stattfand.^{112,119,125,132} Die gleiche Person, die alle Untersuchungen durchführte, wertete diese auch aus.

Die Synovitis wurde nach den Kriterien der OMERACT-Gruppe definiert und mit einem semiquantitativen *Score* in Grad zwischen 0 und 3 bewertet: Grad 0 = keine Synovitis und/oder Erguss, Grad 1 = leichtgradige Synovitis und/oder Erguss, Grad 2 = mittelgradige Synovitis und/oder Erguss, Grad 3 = schwergradige Synovitis und/oder Erguss.¹²⁵

Synovitis bzw. Ergüsse wurden zudem quantitativ in mm vermessen. Gemessen wurde jeweils der größte Durchmesser im Lot von der darunterliegenden Knochenoberfläche.

Eine Erosion wurde nach der OMERACT-Gruppe als knöcherner Defekt definiert, der in zwei zueinander senkrecht stehenden Ebenen sichtbar und messbar ist. Hier erfolgte die Einteilung in einen semiquantitativen *Score* in Grad von 0 bis 3: Grad 0 = keine Erosionen, Grad 1 = leichtgradige Erosionen, Grad 2 = mittelgradige Erosionen, Grad 3 = schwergradige Erosionen.¹²¹

Zur Beurteilung des Gelenkspaltes wurde dieser senkrecht zur Gelenkebene in einem quantitativen *Score* in mm ausgemessen und als Strecke zwischen zwei Knochenenden definiert. Im Ultraschall kann das Zentrum des Gelenks oft nicht dargestellt werden. Deshalb wurde die am tiefsten sichtbare Ebene ausgemessen.¹²¹

Die Knorpeldicke wurde quantitativ in mm ausgemessen. Hierbei wurde darauf geachtet, dass per Definition der Knorpel als echoarmes Areal inklusive der Knorpeloberfläche, als weißes Band sichtbar, senkrecht zu den Schallwellen ausgemessen wurde. Auch wurde der gemessene Wert mit 1,1 multipliziert, um die unterschiedlichen Leitgeschwindigkeiten auszugleichen, wie im Unterpunkt 1.6.3.5 Knorpel beschrieben ist.^{127,133}

Zur Auswertung und Speicherung der Messergebnisse der Ultraschallbilder wurden zwei Programme benötigt, die parallel benutzt wurden. Eine Software der Firma Esaote, *MyLab Desk*, die es ermöglicht, alle gespeicherten Ultraschallbilder der Untersuchungen auf einem Computer erneut zu betrachten, zu beurteilen und zu vermessen wie an dem Gerät. Die Ergebnisse der Messungen wurden in ein Programm eingegeben, das die Ergebnisse in einer Excel-Tabelle zusammenfasst. Hierzu hat die Abteilung der Rheumatologie der Universitätsklinik Düsseldorf das Programm *DocuMed* entwickelt. Letzteres entspricht einer Datenbank mit Benutzeroberfläche. Einige Daten des Rheumatrucks wurden schon während der Erfassung in das Programm eingegeben, andere, beispielsweise die Auswertung der Ultraschallbilder, wurden im Nachhinein online mit individuell passwortgeschütztem Zugang eingegeben.

2.5.5.1 MyLab Desk

Die Oberfläche des Programmes ist identisch mit der Oberfläche des Ultraschallgerätes – siehe Abbildung 13. Zeitlich aufgelistet sind alle Untersuchungen zu finden, die angefertigt wurden.

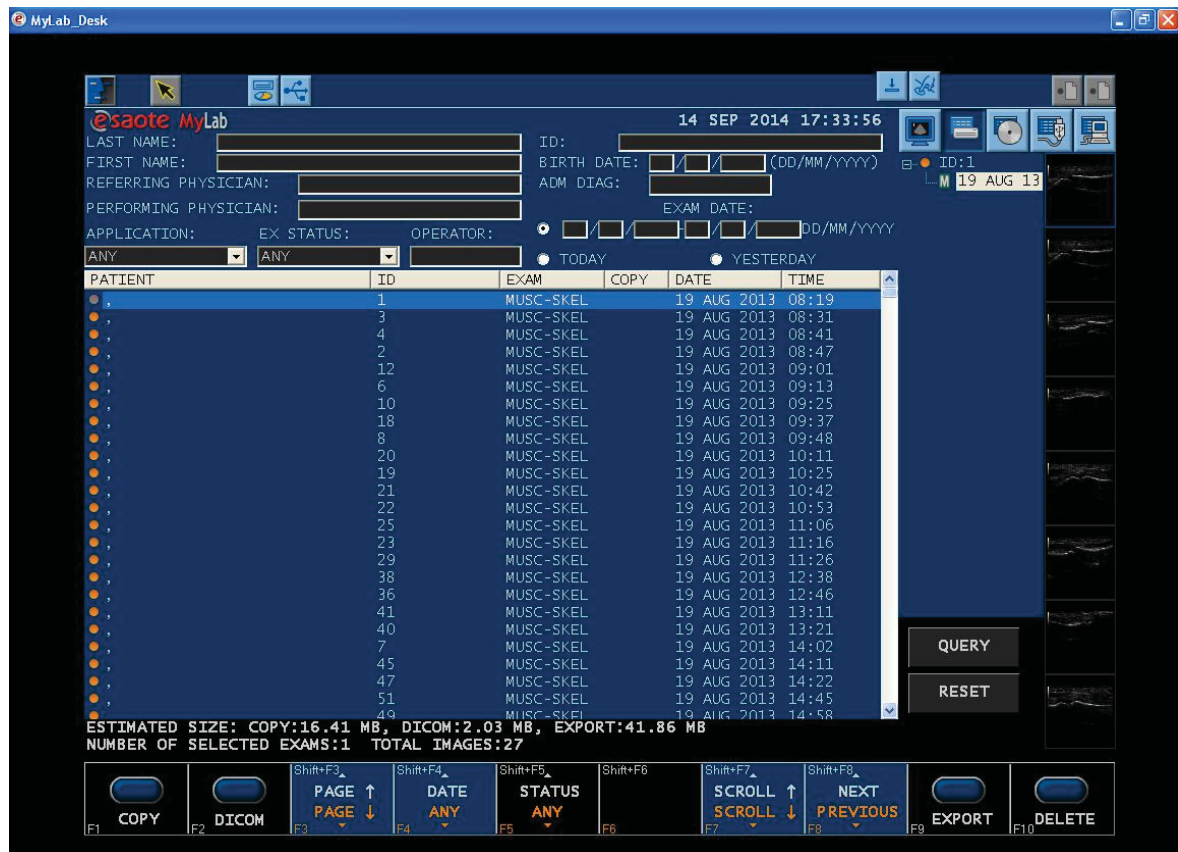


Abb. 13: Oberfläche der Programmes MyLab Desk der Firma Esaote: Alle gespeicherten Untersuchungen werden mit Erstellungsdatum und Uhrzeit angezeigt. Die ID der Untersuchung entspricht der LFNE. Mit dem Programm können die Bilder auf einem externen Computer genauso wie auf dem Ultraschallgerät betrachtet und bearbeitet werden.

Durch Doppelklicken auf eine der Untersuchungen gelangt der Benutzer in die Detailansicht – siehe Abbildung 14. An der rechten Seite des Bildschirms sind Miniaturbilder der Untersuchung vorhanden. Durch den *Button Scroll* gelangt der Benutzer zu dem nächsten Bild der Untersuchung, d. h. zur nächsten Gelenkeinstellung. Durch den *Button Exam* kommt er zur nächsten Untersuchung. Die Ultraschallbilder einer Untersuchung bzw. eines Besuchers können so nach und nach betrachtet, beurteilt sowie vermessen werden. Die linke Leiste ist die Werkzeugleiste; hier finden sich beispielsweise die Vermessungswerkzeuge.



Abb. 14: Detailansicht einer Untersuchung im Programm MyLab Desk der Firma Esaote: Zu sehen ist ein Ultraschallbild im Programm MyLab Desk. Durch die Bedienungstasten *Page* und *Scroll* lässt sich zwischen Untersuchungen und Bildern einer Untersuchung hin und her navigieren. An der rechten Seite sind die vorhandenen Bilder einer Untersuchung in Miniaturansicht zu sehen.

Durch Klicken des *Button Measure* oder *Generic* wird die Maustaste zum Fadenkreuz und durch Klicken der linken Maustaste können nun die Messpunkte festgesetzt werden – siehe Abbildung 15. Die Ergebnisse der Messung werden links neben dem Ultraschallbild in cm angezeigt.

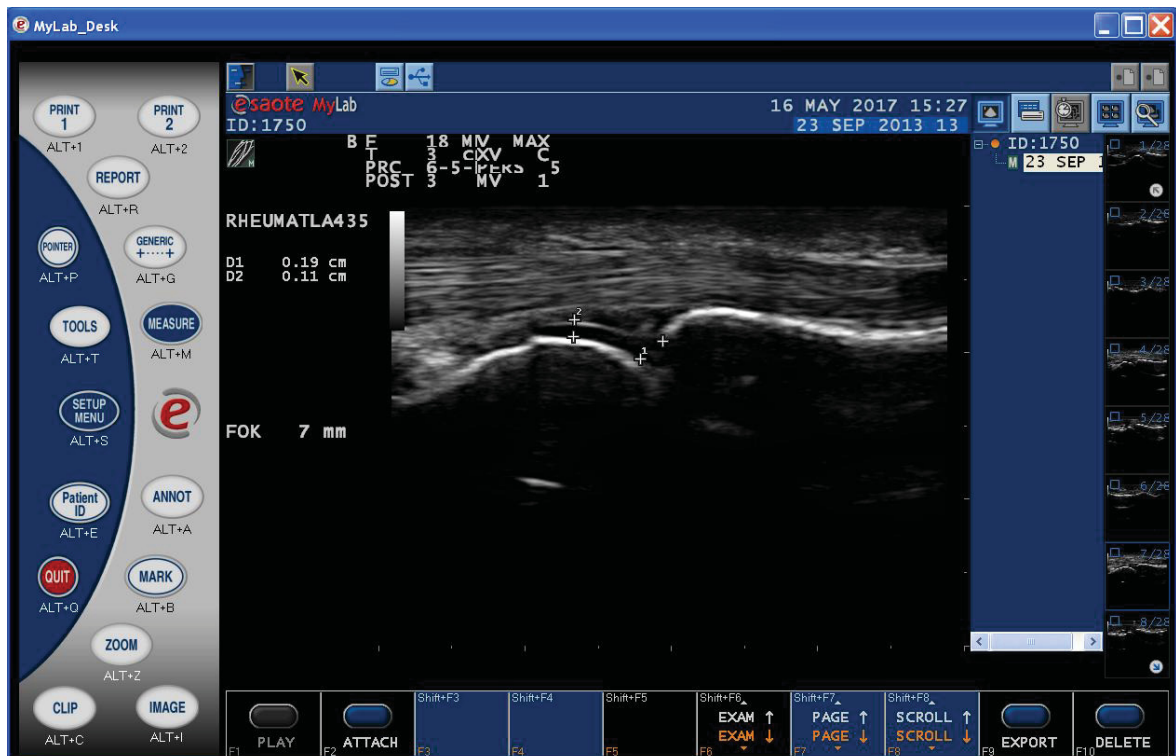


Abb. 15: Bedienungskonsole des Programmes MyLab Desk von Esaote: Mit Hilfe der Bedienungskonsole können durch Klicken des *Buttons Generic* oder *Measure* Messungen im Ultraschallbild vorgenommen werden. Die Ergebnisse der Messungen sind links neben dem Ultraschallbild in cm angegeben.

Alle Ergebnisse, die bei der Auswertung eines Ultraschallbildes im Programm *MyLab Desk* gesammelt wurden, wurden in die *DocuMed*-Datenbank eingegeben und gespeichert.

2.5.5.2 DocuMed

Die Benutzeroberfläche von *DocuMed* ist in Abbildung 16 zu sehen. Per *Uniform Resource Locator*, kurz URL, gelangt man nach Benutzer- und Passworteingabe zu der Benutzeroberfläche. In das Feld LFNE wird die Nummer eingegeben, die dem jeweiligen Besucher und seinen Ultraschallbildern zugeordnet ist.

Abb. 16: DocuMed-Startseite: Über die in der Abbildung sichtbare Uniform Resource Locator, kurz URL, gelangt der Benutzer nach Passwortkontrolle zu dieser Benutzeroberfläche.

Beispielhaft wird hier die LFNE 1 eingegeben – das ist die Nummer, die der erste Besucher des Trucks zugeordnet bekommen hat. Nach Klicken auf den *Button* suchen gelangt man zur Akte des Besuchers LFNE 1 – siehe Abbildung 17. In der Standardansicht ist zu erkennen, welche Daten zu diesem Besucher vorliegen. Durch Klicken auf den *Button* Dokumentenverwaltung oder neues Dokument werden neue Dokumente der Besucherakte hinzugefügt.

Ablaufstatus vom 19.08.2013	
Kapillarmikroskopie Nikon	nein
Kapillarmikroskopie DiLi	ja
Ultraschall	ja
Fragebogen Belastung	-
Nationale Kohorte	-

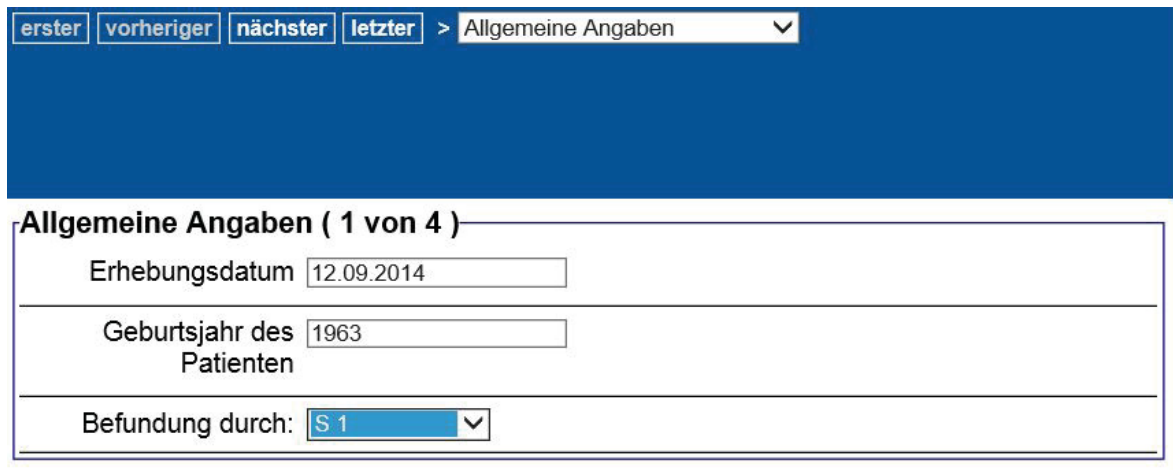
Abb. 17: DocuMed-Besucherakte: In der Standardansicht ist sichtbar, welche Untersuchungen der Besucher mit der LFNE 1 im Truck durchlaufen hat. Wird auf Dokumentenverwaltung oder neues Dokument geklickt, können weitere Dokumente der Akte hinzugefügt werden.

Für die Dokumentation der Ultraschallbilder werden im nun erscheinenden Fenster, siehe Abbildung 18, die Felder Sonographie linke Hand und Sonographie rechte Hand markiert. Anschließend wird der *Button* Eingabe starten angeklickt.

Neue Dokumente	
Sie haben die Möglichkeit, vorgefertigte Profile, mehrere Dokumente aus den Standardsets oder ein einzelnes Dokument auszuwählen!	
Erhebungsdatum	12.09.2014
Standardsets	
Profile	Kein Profil
Spezifische Bögen hervorheben	<input type="radio"/> Keine <input type="radio"/> RA <input type="radio"/> SLE <input type="radio"/> Vaskulitis <input type="radio"/> Spondylarthropathie
RWE 2013	
<input type="checkbox"/> Kapillarmikroskopie <input checked="" type="checkbox"/> Sonographie linke Hand <input checked="" type="checkbox"/> Sonographie rechte Hand	
Einzeldokumente	
weitere Dokumente	-
<input type="button" value="Eingabe starten"/> <input type="button" value="Abbrechen"/>	

Abb. 18: DocuMed-Auswahl der neu zu erstellenden Dokumente: Markiert wird Sonographie linke und rechte Hand. Nach Klicken des *Buttons* Eingabe starten wird ein neues Dokument der Akte hinzugefügt. Dieses kann anschließend vom Benutzer ausgefüllt werden.

Nun werden im nächsten Fenster, siehe Abbildung 19, allgemeine Angaben abgefragt. Das Erstellungsdatum der Datei (hier 12.09.2014) wird automatisch eingefügt, der Untersucher muss das Geburtsjahr des Besuchers, im Beispiel 1963, aus der oben genannten handschriftlich erstellten und anschließend digitalisierten Excel-Tabelle einfügen und sich selbst noch identifizieren, hier: S1. Erläuterung: A1 = Arzt 1, A2 = Arzt 2, S1 = Student 1 oder S2 = Student 2.



erster vorheriger nächster letzter > Allgemeine Angaben

Allgemeine Angaben (1 von 4)

Erhebungsdatum

Geburtsjahr des Patienten

Befundung durch:

Abb. 19: DocuMed-Allgemeine Angaben: Das Erhebungsdatum, das Geburtsjahr des Besuchers und die Person, die die Bilder beurteilt, werden hier eingetragen. S1 steht für Student 1, weitere Optionen sind A1 = Arzt 1, A2 = Arzt 2, S2 = Student 2.

Durch das Klicken des *Buttons* nächster gelangt man zu einer Eingabemaske, die eigens für diese Doktorarbeit erstellt wurde – siehe Abbildung 20. Jede vertikale Zeile mit fünf gelben horizontalen Spalten entspricht einem Fingergelenk, d. h. einem Ultraschallbild – beispielsweise MCP 5 palmar links. In diese Zeile werden die Ergebnisse des zugehörigen Ultraschallbildes eingegeben, und zwar folgende Werte: Synovitis *Score* von 0-3, Synovitis in mm, Osteophyten von 0-3, Erosionen von 0-3, Gelenkspalt in mm und Knorpeldicke in mm.

erster vorheriger nächster letzter > Allgemeine Angaben

Fingergelenke: I (2 von 4)

Hand

rechts
 links

Fingergelenke: 1. MCP 5 palmar (links)

Synovitis palmar Score	Synovitis palmar mm	Osteophyten	Erosiv	Gelenkspalt	Knorpeldicke
0	mm	0	0	mm	mm

Fingergelenke: 2. PiP 5 palmar (links)

Synovitis palmar Score	Synovitis palmar mm	Osteophyten	Erosiv	Gelenkspalt	Knorpeldicke
0	mm	0	0	mm	mm

Fingergelenke: 3. DiP 5 palmar (links)

Synovitis palmar Score	Synovitis palmar mm	Osteophyten	Erosiv	Gelenkspalt	Knorpeldicke
0	mm	0	0	mm	mm

Abb. 20: DocuMed-Eingabemaske Fingergelenke: In die Eingabemaske werden die Daten der Auswertung jedes Fingergelenks eingegeben, die der Untersucher anhand des Ultraschallbildes bestimmt hat. Für jedes Bild sind dies: Synovitis 0-3, Synovitis in mm, Osteophyten 0-3, Erosionen 0-3, Gelenkspalt in mm und Knorpeldicke in mm.

Durch Klicken des *Buttons* nächster gelangt man Schritt für Schritt von Gelenk/Bild 1 bis zu Gelenk/Bild 28. Sind alle Daten eingegeben, werden nach Klicken des *Buttons* speichern alle eingegebenen Daten auf einen Server des Universitätsklinikums Düsseldorf, Rheumatologie, übertragen.

In der Standardansicht wird nun sichtbar, dass neue Dokumente erfolgreich zu der Akte LFNE 1 hinzugefügt wurden – siehe Abbildung 21. Der grüne Punkt in der Spalte Status zeigt, dass die Daten der Ultraschalluntersuchung der linken und rechten Hand vollständig eingegeben sind. Durch Klicken auf den jeweiligen Eintrag kann eine nachträgliche Änderung der eingegebenen Daten erfolgen. Zudem ist es möglich, die Dokumente der Akte zu drucken, zu löschen oder ihnen eine Notiz hinzuzufügen. Durch Klicken des *Buttons* neue Suche kann eine neue LFNE eingegeben werden – und somit lassen sich die gesammelten Daten des nächsten Besuchers eingeben.

The screenshot shows a web browser window titled 'Patientensicht - Mario Giuliani - Internet Explorer'. The address bar contains the URL: <http://documed.rheumanet.org/Documed/PatientMain.rem?x=u&keys=1®isterTab=2&x=u>. The page header includes a 'Report' dropdown, 'Patient löschen', 'Suchergebnis', 'neue Suche', and 'schließen' buttons. The patient ID is '14176393447516, RWE.75 (weiblich) LFNE: 1'. Below this, there are tabs for 'Standardsicht' and 'Dokumentenverwaltung', and a 'neues Dokument' button. The main content area is titled 'Dokumente des Patienten' and contains a table with the following data:

Erh.Datum	Dokument	l. Änd.	Status	Notiz	dr.	lö.
12.09.2014	Sonographie rechte Hand	12.09.2014 18:51:26	●			
12.09.2014	Sonographie linke Hand	12.09.2014 18:46:45	●			
02.07.2014	Kapillarmikroskopie	02.07.2014 10:10:46	●			
19.08.2013	Ablaufstatus	19.08.2013 10:58:12	●			

Abb. 21: DocuMed-Standardansicht mit neu hinzugefügten Dokumenten: Neu erstellte Dokumente werden mit dem zugehörigen Erhebungsdatum und der jeweiligen Uhrzeit eingetragen. Der grüne Punkt in der Spalte Status zeigt die Vollständigkeit des Dokumentes an. Alternative: rot = unvollständig. Es können zudem Notizen hinzugefügt, Dokumente gedruckt oder gelöscht werden.

2.6 Statistik

Die Berechnungen der Statistik wurden mit der Statistiksoftware R 3.4.1 der R Foundation durchgeführt.

Die deskriptive Analyse für kontinuierliche Variablen wird mit einem Mittelwert und der dazugehörigen Standardabweichung angegeben. Die jeweiligen diskreten Variablen werden in Häufigkeitstabellen und den zugehörigen Prozentsätzen angegeben.

Die Zusammenhänge zwischen der Anzahl der Osteophyten, hier abhängige Variable, sowie Alter und Geschlecht, jeweils unabhängige Variable, wurden mittels des linearen Regressionsmodells untersucht.

Konfidenzintervalle für die Regressionskoeffizienten werden in den Berechnungen mittels der t-Werte berechnet.

Ein Ergebnis wird als signifikant angesehen, wenn der p-Wert $\leq 0,05$ ist.

3 Ergebnisse

3.1 Prävalenz

Mögliche Zeichen von Fingerarthrose liegen vor, wenn mindestens ein Gelenk pro Besucher einen Grad- 1-, Grad-2- oder Grad-3- Osteophyten aufweist. Die Prävalenz von Osteophyten liegt mit 426 von 427 untersuchten Probanden bei nahezu 100 % ($\approx 99,76$ %). Bei einem Probanden liegen keine Osteophyten vor.¹³⁰

Ausschließlich Grad-1-Osteophyten liegen bei 184 von 427 Probanden vor, entsprechend 43,01 %. Davon haben 181 Probanden > 2 Grad-1-Osteophyten, entsprechend 42,38 %, 158 Probanden > 5 Grad-1-Osteophyten, entsprechend 37 %, 59 Probanden > 10 Grad-1-Osteophyten, entsprechend 13,82 %, und kein Proband hat > 20 Grad-1-Osteophyten, entsprechend 0 %.

Grad-1- und/oder Grad-2-Osteophyten, d. h. keine Grad-3-Osteophyten, weisen 405 von 427 Probanden auf, entsprechend 94,85 %.

Grad-2- und/oder Grad-1- und/oder Grad-3-Osteophyten liegen bei 240 von 427 Probanden vor, entsprechend 56,21 %. Ausschließlich Grad-2-Osteophyten, also keine Grad-1- und/oder Grad-3-Osteophyten liegen bei keinem Probanden von 427 vor, entsprechend 0 %.

Grad-3-Osteophyten liegen bei 22 von 427 Probanden, entsprechend bei 5,15 % vor.

Ausschließlich Grad-3-Osteophyten, d. h. keine Grad-1- und/oder Grad-2-Osteophyten liegen bei keinem Probanden von 427 vor, entsprechend 0 %.

3.2 Befallsmuster

Insgesamt wurden bei 60,1 % der DIP-, 47,7 % der PIP-, 16,1 % der MCP- und 38,8 % der CMC-1-Gelenke Osteophyten gefunden.¹³⁰

Der Schweregrad der Osteophyten, die gefunden wurden, bezogen auf die einzelnen Fingergelenke ist in Tabelle 1 für die rechte Hand und in Tabelle 2 für die linke Hand dargestellt.

Rechte Hand

Tab. 1: Prävalenz der Osteophyten an den Fingergelenken der rechten Hand in Prozent mit semiquantitativer Einteilung der Osteophyten in Grad 0-3: DIP steht für distales interphalangeales, PIP für proximales interphalangeales, MCP für metacarpophalangeales und CMC für carpometacarpales Gelenk. Die Einteilung des Osteophyten *Score* erfolgte semiquantitativ: 0 = keine, 1 = mild ausgeprägte, 2 = moderat ausgeprägte und 3 = stark ausgeprägte Osteophyten.

Gelenk	Finger	Osteophyten <i>Score 0</i>	Osteophyten <i>Score 1</i>	Osteophyten <i>Score 2</i>	Osteophyten <i>Score 3</i>
DIP	2	33,5 %	54,5 %	11,2 %	1 %
	3	32,6 %	54,5 %	12,1 %	0,7 %
	4	34,4 %	54,6 %	10,4 %	0,7 %
	5	43,2 %	49,8 %	6,4 %	0,7 %
PIP	2	51,5 %	44 %	4,5 %	
	3	41,3 %	51,9 %	6,6 %	0,2 %
	4	48,6 %	46,9 %	4,5 %	
	5	61,8 %	35,5 %	2,4 %	0,2 %
MCP	2	80,2 %	18,6 %	1,2 %	
	3	71,7 %	25,7 %	2,6 %	
	4	81,9 %	17,4 %	0,7 %	
	5	91,5 %	8,3 %	0,2 %	
CMC	1	62,5 %	32,9 %	3,6 %	1 %

Linke Hand

Tab. 2: Prävalenz der Osteophyten an den Fingergelenken der linken Hand in Prozent mit semiquantitativer Einteilung der Osteophyten in Grad 0-3: DIP steht für distales interphalangeales, PIP für proximales interphalangeales, MCP für metacarpophalangeales und CMC für carpometacarpales Gelenk. Die Einteilung des Osteophyten *Score* erfolgte semiquantitativ: 0 = keine, 1 = mild ausgeprägte, 2 = moderat ausgeprägte und 3 = stark ausgeprägte Osteophyten.

Gelenk	Finger	Osteophyten <i>Score 0</i>	Osteophyten <i>Score 1</i>	Osteophyten <i>Score 2</i>	Osteophyten <i>Score 3</i>
DIP	2	40,5 %	50,4 %	8,7 %	0,5 %
	3	32,7 %	55,1 %	12 %	0,2 %
	4	43,8 %	48,8 %	7,3 %	
	5	52,5 %	43,5 %	3,8 %	0,2 %
PIP	2	54,2 %	39,7 %	6,1 %	
	3	46,8 %	47,5 %	5,6 %	
	4	48,5 %	47,3 %	4,2 %	
	5	66 %	30,5 %	3,3 %	0,2 %
MCP	2	85,4 %	14,4 %	0,2 %	
	3	80,3 %	18,5 %	1,2 %	
	4	87,7 %	12 %	0,2 %	
	5	92,7 %	7,3 %		
CMC	1	59,9 %	33,7 %	5,2 %	1,2 %

Insgesamt ergab sich für die einzelnen Gelenkgruppen der Finger folgendes Befallsmuster von Osteophyten – siehe Tabelle 3 für die rechte und Tabelle 4 für die linke Hand.

Rechte Hand

Tab. 3: Prävalenz der Osteophyten an den Fingergelenken der rechten Hand in Prozent: DIP steht für distales interphalangeales, PIP für proximales interphalangeales, MCP für metacarpophalangeales und CMC für carpometacarpales Gelenk.¹³⁰

Gelenk	Finger	Prävalenz der Osteophyten
DIP	2	66,7 %
	3	67,4 %
	4	65,6 %
	5	56,8 %
PIP	2	48,5 %
	3	58,7 %
	4	51,4 %
	5	38,2 %
MCP	2	19,8 %
	3	28,3 %
	4	18,1 %
	5	8,5 %
CMC	1	37,5 %

Linke Hand**Tab. 4:** Prävalenz der Osteophyten an den Fingergelenken der linken Hand in Prozent: DIP steht für distales interphalangeales, PIP für proximales interphalangeales, MCP für metacarpophalangeales und CMC für carpometacarpales Gelenk.¹³⁰

Gelenk	Finger	Prävalenz der Osteophyten
DIP	2	59,6 %
	3	67,3 %
	4	56,2 %
	5	47,5 %
PIP	2	45,8 %
	3	53,2 %
	4	51,5 %
	5	34 %
MCP	2	14,6 %
	3	19,7 %
	4	12,3 %
	5	7,3 %
CMC	1	40,1 %

Werden nur Grad-2- und Grad-3-Osteophyten als mögliches Zeichen einer Fingerarthrose gewertet, sind die DIP-Gelenke die am häufigsten betroffenen Gelenke mit 9 %. Die am zweithäufigsten betroffenen Gelenke sind die CMC1-Gelenke mit 6 %, gefolgt von den PIP-Gelenken mit 5 % und den MCP-Gelenken mit 1 % – siehe hierzu Tabelle 5 und Tabelle 6.

Rechte Hand

Tab. 5: Prävalenz der Osteophyten Grad 2 und Grad 3 an den Fingergelenken der rechten Hand in Prozent: DIP steht für distales interphalangeales, PIP für proximales interphalangeales, MCP für metacarpophalangeales und CMC für carpometacarpales Gelenk.

Gelenk	Finger	Prävalenz der Osteophyten
DIP	2	12,2 %
	3	12,8 %
	4	11,1 %
	5	7,1 %
PIP	2	4,5 %
	3	6,8 %
	4	4,5 %
	5	2,6 %
MCP	2	1,2 %
	3	2,6 %
	4	0,7 %
	5	0,2 %
CMC	1	4,6 %

Linke Hand

Tab. 6: Prävalenz der Osteophyten Grad 2 und Grad 3 an den Fingergelenken der linken Hand in Prozent: DIP steht für distales interphalangeales, PIP für proximales interphalangeales, MCP für metacarpophalangeales und CMC für carpometacarpales Gelenk.

Gelenk	Finger	Prävalenz der Osteophyten
DIP	2	9,2 %
	3	12,2 %
	4	7,3 %
	5	4,0 %
PIP	2	6,1 %
	3	5,6 %
	4	4,2 %
	5	3,5 %
MCP	2	0,2 %
	3	1,2 %
	4	0,2 %
	5	0,0 %
CMC	1	6,4 %

3.3 Am häufigsten befallene Gelenke

Prozentual am häufigsten befallen von Osteophyten jeglichen Grades sind die Gelenke DIP 3 rechts mit 67,4 %, DIP 3 links mit 67,3 %, DIP 2 rechts mit 66,7 %, DIP 4 rechts mit 65,6 %, DIP 2 links mit 59,6 % und PIP 3 rechts mit 58,7 %.¹³⁰

Die am häufigsten von Osteophyten Grad 2 und Grad 3 betroffenen Gelenke sind DIP 3 rechts mit 12,8 %, gefolgt von DIP 3 links mit 12,2 % und DIP 2 rechts mit 12,2 % sowie DIP 4 rechts mit 11,1 %, DIP 2 links mit 9,2 % und DIP 4 links mit 7,4 %.

3.4 Osteophyten Gesamt Score

Die Aufsummierung der Osteophyten Scores, der Osteophyten Gesamt Score, in Abhängigkeit der Häufigkeit des Vorkommens, Frequenz, zeigt Abbildung 22.

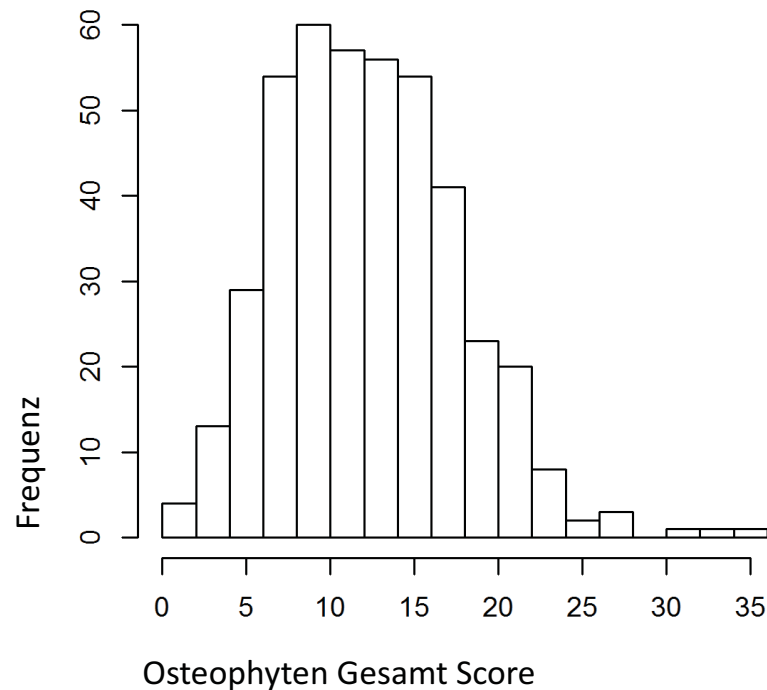


Abb. 22: Die Aufsummierung der Osteophyten Scores, der Osteophyten Gesamt Score, in Abhängigkeit der Häufigkeit des Vorkommens, Frequenz: Die Frequenz beschreibt die Häufigkeit, wie oft der Osteophyten-Gesamt-Score-Wert vorkommt, in 10er Schritten. Der Osteophyten Gesamt Score ist die Aufsummierung der Osteophyten Scores in 5er Schritten.

3.5 Alter

In Abbildung 23 ist der Zusammenhang des Alters und des Osteophyten Gesamt Scores zu sehen. Das Alter der Probanden ist ab dem 20 Lebensjahr in 10er Schritten skaliert. Der Osteophyten Gesamt Score ist in 5er Schritten skaliert. Der Osteophyten Gesamt Score steigt mit zunehmendem Alter. Mit zunehmendem Alter wurden signifikant erhöhte Osteophyten-Gesamt-Score-Werte gemessen, $p < 0,001$. Mit jedem zusätzlichen Jahr zeigt sich ein mittlerer Anstieg von 0,18 des Osteophyten Gesamt Scores, Standard-Fehler 0,03.¹³⁰

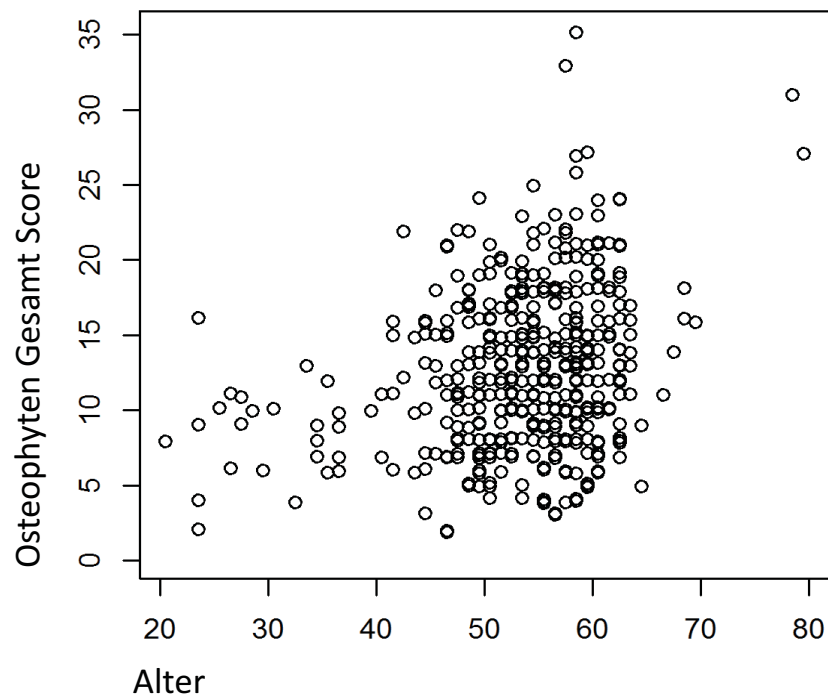


Abb. 23: Zusammenhang des Alters und des Osteophyten Gesamt Scores: Das Alter der Probanden ist ab dem 20. Lebensjahr in 10er Schritten skaliert. Der Osteophyten Gesamt Score ist in 5er Schritten skaliert. Der Osteophyten Gesamt Score steigt mit zunehmendem Alter.

3.6 Geschlecht

Der Zusammenhang zwischen dem Geschlecht der Probanden und dem Osteophyten Gesamt Score Wert zeigt sich mit $p = 0,4$. Nach Altersadjustierung gilt: $p = 0,866$.¹³⁰

4 Diskussion

In der vorliegenden Studie zeigt sich, dass bei nahezu allen Personen der untersuchten Kohorte sonographische Zeichen vorliegen, die auf Fingerarthrose hindeuten können.

4.1 Prävalenz

Mögliche Zeichen einer Fingerarthrose lagen in dieser Studie vor, wenn mindestens ein Gelenk pro Besucher Grad-1-, Grad-2- oder Grad-3-Osteophyten aufwies. Die Prävalenz von Personen mit Zeichen der Fingerarthrose ist mit nahezu 100 % (99.76 %) sehr hoch.¹³⁰

Schätzungen zur Prävalenz der Fingerarthrose variieren stark. Dies liegt zum einen daran, dass in Studien unterschiedliche Definitionen der Fingerarthrose verwendet werden, zum anderen an verschiedenen Altersgruppen, Geschlechterverteilungen und geographischen Faktoren der Studienpopulationen. Unterschiedliche Berufe und genetische Faktoren scheinen aber hierbei ebenfalls eine Rolle zu spielen.⁴⁹ Studien untersuchten bislang neben der allgemeinen Prävalenz der Fingerarthrose auch die Prävalenz der symptomatischen oder erosiven Fingerarthrose. Neben bevölkerungsbasierten Populationen werden ebenso freiwillige sowie zufällig ausgewählte Kohorten oder Patienten aus Kliniken analysiert.

In einer Studie von Marshall et al. wurden 53 Publikationen zum Thema der Definition von Fingerarthrose untersucht. Dort wurden 21 Definitionen, basierend auf fünf verschiedenen Scoring-Systemen, verwendet. Die am häufigsten genutzte Definition für Fingerarthrose basiert auf dem Scoring-System von Kellgren und Lawrence und lautet \geq Grad 2 – siehe auch 1.4.5 Diagnostik. Die meisten Studien zur Prävalenz der Fingerarthrose basieren ebenfalls auf dem Scoring-System von Kellgren und Lawrence aus dem Jahr 1957.^{26,64,134–140,64} Hier zeigt sich die Prävalenz der Fingerarthrose häufig deutlich niedriger als die Prävalenz von Zeichen der Fingerarthrose im Ultraschall dieser Studie, wenn das Vorliegen von mindestens einem Grad-1-Osteophyten als diagnostisches Kriterium gewählt wird. Die erhöhte Sensitivität des Ultraschalls in der Detektion von Zeichen der Fingerarthrose, wie Osteophyten, im Vergleich zum konventionellen Röntgen könnte dies erklären. Zudem existiert in dem am häufigsten verwendeten Scoring-System für Fingerarthrose von Kellgren und Lawrence ein diagnostischer Spielraum. Alle Befunde mit einem *Score* < 2 werden als Fingerarthrose negativ gewertet. Grad 1 steht für das Vorliegen von zweifelhaften Osteophyten.²⁶ Vereinfacht gesagt können hier minimale bzw. zweifelhafte Osteophyten als normal gewertet werden. Dies ist ein Grund dafür, weshalb dieses Scoring-System bereits öfter kritisiert wurde.

Obwohl einige neue Scoring-Systeme für das konventionelle Röntgen entwickelt, angewandt und veröffentlicht wurden, konnte sich keines gegen das von Kellgren und Lawrence durchsetzen. In diesem Kontext wird vermutet, dass es an der Einfachheit des Scoring-Systems liegt.¹⁴¹ Es existiert bisher kein einheitliches Scoring-System im Ultraschall für die Diagnose der Fingerarthrose. Deshalb gibt es hierfür auch keine einheitliche Empfehlung, wie mit zweifelhaften Osteophyten umgegangen werden sollte. Ein semiquantitativer *Score* zur Beurteilung von Osteophyten, als spezifische Zeichen der Fingerarthrose, wird jedoch routinemäßig klinisch eingesetzt – siehe 1.6.3.1 Osteophyten. In Atlanten wie von Mathiesen et al. können Bilder von Osteophyten zum Vergleich hinzugezogen werden, um diese manchmal sehr schwierige Entscheidung zwischen Grad 0 = keine Osteophyten und Grad 1 = leicht ausgeprägte Osteophyten zu treffen.¹¹⁹

In einer von Zhang et al. veröffentlichten Studie zeigten 44,5 % der Männer und 47 % der Frauen Fingerarthrose-Zeichen im Röntgen bei einem Alter der Teilnehmer ≥ 60 Jahre. Die Untersuchung wurde mittels Röntgen bei einer bevölkerungsbasierten Studienpopulation von 2507 Probanden aus Peking durchgeführt. Symptomatische Fingerarthrose lag bei den Männern in 3 % der Fälle und bei 5,8 % der Frauen vor.¹⁴²

Dahaghin et al. konnten mittels Röntgen bei 67 % der untersuchten Frauen und bei 54,8 % der Männer Fingerarthrose feststellen. Die Studie beinhaltete 3906 Teilnehmer der bevölkerungsbasierten Rotterdam-Studie; das mittlere Alter betrug 66,6 Jahre bei einem Alter der Probanden ≥ 55 Jahren. Das Verhältnis von Männern und Frauen lag bei 46,2 zu 53,8 %.¹⁴³

Bei einer Studie von Wilder et al. kamen die Autoren auf eine Prävalenz der Fingerarthrose von 41 % der 3327 untersuchten Probanden bei einem mittleren Alter von ca. 62 Jahren und einer Altersspanne von 40 bis 94 Jahren. Die Diagnose wurde ebenfalls konventionell radiologisch gestellt. Der Frauenanteil lag bei 69 %.¹³⁷ Die Autoren analysierten jedoch nur 3 Gelenke pro Hand, nämlich DIP2, PIP3 und CMC1, und nicht – wie in dieser Studie – 26 Gelenke pro Probanden.

Szoeke et al. stellten in einer bevölkerungsbasierten Studie in Australien bei einem mittleren Alter von ca. 60 Jahren bei 44,5 % der Probanden Fingerarthrose fest.⁵⁴

Im Jahr 2011 gelangten Kwok et al. zu dem Ergebnis, dass bei 3430 Teilnehmern der bevölkerungsbasierten Rotterdam-Studie in 56 % der Fälle Fingerarthrose vorlag. Symptomatische Fingerarthrose lag hingegen nur bei 11 % der Probanden vor, erosive Fingerarthrose bei 2,8 %. Das Alter der Probanden betrug ≥ 55 Jahre.¹⁴⁴

Sowers et al. zeigten in einer Studie aus den USA aus dem Jahr 2000, dass bei einer Studienpopulation von 831 Frauen im Alter ≥ 41 Jahre bei 20,6 % mittels Röntgen Fingerarthrose festgestellt werden konnte.^{26,145}

Je nachdem, welche Altersgruppen untersucht werden, scheint die Prävalenz der Fingerarthrose auch höher und in ähnlichen Bereichen wie in dieser Studie zu liegen. Jedoch zeigt sich dies in Vergleichsstudien ausschließlich in den älteren Patientengruppen, wohingegen solche hohe Prävalenzen in dieser Studie auch bei jüngeren Probanden gefunden wurden. Eine veröffentlichte Studie von Kalichman et al. untersuchte mit konventionellem Röntgen 1897 Probanden einer Studienpopulation in Russland. Mit dem *Score* von Kellgren und Lawrence stellten die Autoren bei 98,5 % der Männer und 96,8 % der Frauen in mindestens einem Gelenk radiologische Fingerarthrose fest, allerdings nur für die Altersgruppen > 65 Jahre. Die altersstandardisierte Prävalenz der Fingerarthrose lag bei 58,1 % und 54,4 % für Männer und Frauen.^{26,139}

In der Framingham-Studie zeigten Haugen et al. bei 2301 Probanden mit einem mittleren Alter von 58,9 Jahren und einem Frauenanteil von 56,5 %, dass bei 90 % ab einem Alter der männlichen Probanden von über 80 Jahren und bei den weiblichen Probanden sogar schon über 70 Jahren Zeichen der Fingerarthrose vorlagen.²⁷

Kodama et al. fanden heraus, dass 2016 in einer populationsbasierten Studie, bestehend aus 1535 japanischen Teilnehmern mit einem Frauenanteil von insgesamt 1028 Individuen, ca. 89,9 % der Männer und rund 92,3 % der Frauen Fingerarthrose hatten. Das durchschnittliche Alter lag mit 70,3 Jahren sehr hoch.^{26,27,146} Bei Patientenkollektiven aus klinischen Einrichtungen zeigen sich ebenfalls oft höhere Prävalenzen von Fingerarthrose als bei bevölkerungsbasierten Studien.¹⁴⁷

Studien zu symptomatischer Fingerarthrose kommen im Allgemeinen zu wesentlich geringeren Prävalenzen. Häufig liegen trotz Arthrosezeichen in der Bildgebung keine klinischen Zeichen oder Beschwerden vor. Zhang et al. fanden bei 26,2 % der Frauen und 13,4 % der Männer symptomatische Fingerarthrose.¹⁴⁸ Carmona et al. befragten 2192 zufällig ausgewählte Teilnehmer mittels Fragebogen in Spanien zu symptomatischen Fingerarthrose, orientierend an ACR-Kriterien. Die Prävalenz für symptomatische Fingerarthrose betrug für das gesamte Probandenkollektiv 6,2 %.^{7,149} Bei Andrianakos et al. lag in einer bevölkerungsbasierten Studie aus verschiedenen Regionen Griechenlands bei 2 % eine symptomatische Fingerarthrose vor.^{7,150}

Viele Publikationen zeigen, dass das Verfahren Ultraschall im Erkennen von Zeichen der Fingerarthrose, beispielsweise Osteophyten, sensitiver ist als das konventionelle Röntgen.^{112,119,126,151,152} Deshalb ist anzunehmen, dass die Prävalenz der Fingerarthrose hier höher liegen müsste. Eine der wenigen Studien, in der Ultraschall zur Prävalenzbestimmung von Fingerarthrose verwendet wurde, stammt von Abraham et al. und wurde 2014 veröffentlicht. An der *Newcastle thousand families birth cohort* wurde die Prävalenz von Fingerarthrose bei 311 Teilnehmern im Alter zwischen 61 und 63 Jahren untersucht (Altersdurchschnitt 63 Jahre). Hier wurden lediglich 4 Gelenke der dominanten Hand untersucht. Dazu gehörten CMC 1, MCP2, PIP2, DIP2. Als Arthrose-positiv wurden die Probanden gewertet, bei denen in einem Gelenk mindestens ein Osteophyten im Ultraschall sichtbar war. Insgesamt lag die Prävalenz der Fingerarthrose hier bei 78 %. Arthrose lag zu 70 % im DIP2-Gelenk, zu 23 % im PIP2-Gelenk, zu 10 % im MCP2-Gelenk und zu 41 % im CMC1-Gelenk vor. Mit der Studie konnte gezeigt werden, dass die Prävalenz der Fingerarthrose höher ist, wenn zur Untersuchung Ultraschall anstatt des konventionellen Röntgens genutzt wird. Laut Autoren ist dies die erste Studie, die die Prävalenz von Fingerarthrose mit Ultraschall in einer bevölkerungsbasierten Population untersuchte.²⁸ Es ist zu bedenken, dass bei dem Altersdurchschnitt von 63 Jahren das tatsächliche Alter der untersuchten Personen zwischen 61 und 63 Jahren lag. Junge Probanden wie in dieser Studie, mit einem Altersdurchschnitt von 53,5 Jahren und einer Altersspanne zwischen 20 und 79 Jahren, wurden demnach nicht untersucht. Dies müsste eigentlich zu einer höheren Prävalenz im Vergleich zu dieser Studie führen, wenn man annimmt, dass die Prävalenz der Fingerarthrose mit dem Alter steigt. Die niedrigere Prävalenz der Fingerarthrose bei Abraham et al. steht jedoch nicht im Gegensatz zu dieser Studie, denn es wurden nur vier Gelenke pro Proband untersucht, bei uns 26.²⁸

Die Prävalenz der Fingerarthrose wird in oben genannten Studien auf Werte zwischen 20,6 % und 92,3 % geschätzt. Die Prävalenz in den genannten bevölkerungsbasierten Studien liegt im Durchschnitt deutlich niedriger als in der vorliegenden Studie. Die meisten Studien, die bisher veröffentlicht wurden, untersuchten die Teilnehmer mit konventionellem Röntgen. Hier wurden neben Osteophyten auch andere pathologische Veränderungen der Gelenke in die Auswertung einbezogen – siehe 1.4.5 Diagnostik. Dies trifft auch bei Studien zur Prävalenz von symptomatischer Fingerarthrose zu. Dort werden Werte zwischen 2 % und 26,2 % aufgeführt. Die Prävalenz der erosiven Fingerarthrose beläuft sich auf niedrige Werte, beispielsweise 2,8 %.^{27,54,137,139,142,143,146–150,153,154} Wird zur Schätzung der Prävalenz von Zeichen der Fingerarthrose in den Berechnungen das Kriterium dahingehend verändert,

dass ab dem Vorliegen von mindestens einem Grad-2-Osteophyten Zeichen der Fingerarthrose vorliegen, würde die Prävalenz mit 56,21 % deutlich niedriger und vergleichbar mit den oben aufgeführten populationsbasierten Studien ausfallen. Schließt man in den Berechnungen Grad-3-Osteophyten, d. h. stark ausgeprägte Osteophyten, aus, und betrachtet die Personen, bei denen leicht bis moderat ausgeprägte Osteophyten, also Grad-1- und Grad-2-Osteophyten vorliegen, so liegt die Prävalenz bei 94,85 %. Nur bei 5,15 % der untersuchten Probanden waren stark ausgeprägte Osteophyten zu finden.

Bei solch einer hohen Prävalenz von Osteophyten stellt sich nun die Frage, ob kleine osteophytäre Prozesse, entsprechend Grad-1-Osteophyten, in einer arbeitenden Population ohne bekannte Fingerarthrose als normal anzusehen sind.

Die vorliegenden Ergebnisse zeigen, dass bei 184 von 427 der Probanden, entsprechend 43,01 %, ausschließlich Grad-1-Osteophyten vorliegen – ohne Grad-2- oder Grad-3-Osteophyten.

Dennoch existieren diese kleinen osteophytären Prozesse und sind aufgrund einer zunehmenden Bildauflösung immer besser darstellbar. In den bisherigen semiquantitativen Scoring-Systemen gibt es die Möglichkeit der Einstufung von zweifelhaften Osteophyten nicht. Hart et. al zeigten in einer Studie zum konventionellen Röntgen, dass Osteophyten in Kniegelenken, die als zweifelhaft eingestuft wurden, nach zehn Jahren in 60 % der Fälle zu einer manifesten Kniegelenksarthrose führten. In einer Kontrollgruppe ohne zweifelhafte Osteophyten war dies nur in 20 % der Fall. Hieraus schlossen die Autoren, dass sogenannte zweifelhafte Osteophyten nicht ignoriert und deshalb auch als echte Osteophyten klassifiziert werden sollten.¹⁵⁵

In einer Studie von Mathiessen et al. konnte 2017 gezeigt werden, dass im Ultraschall detektierte Osteophyten die Inzidenz von radiologischer und klinisch nachgewiesener Fingerarthrose fünf Jahre später vorhersagen können. Hierzu wurden 717 Fingergelenke untersucht, in denen sich klinisch und mittels konventionellen Röntgens keine Osteophyten zeigten. Anhand von Ultraschall konnten in 28,6 % der untersuchten Fingergelenke Osteophyten dargestellt werden, die im Röntgen nicht zu sehen waren, sowie in 54,7 % der Fingergelenke, die in einer klinischen Untersuchung als unauffällig eingestuft wurden. In den meisten Fällen konnten diese Osteophyten, die nur im Ultraschall erkannt wurden, zudem im MRT bestätigt werden. Nach fünf Jahren konnte ein signifikanter Zusammenhang zwischen den vormals im Ultraschall gefundenen Osteophyten und nun konventionell radiologisch dar-

stellbaren Osteophyten sowie klinisch sichtbaren Osteophyten gezeigt werden.¹⁵⁶ Diese Beobachtungen wurden an den Fingergelenken von Patienten mit bereits bekannter Fingerarthrose gemacht. In dieser Studie wurden Probanden ohne nachgewiesene Fingerarthrose untersucht. Es ist fraglich, ob diese Ergebnisse auch auf solche Probanden übertragen werden können. Nach meinem Wissensstand gibt es hierzu aktuell keine Studien. Betrachtet man das ausschließliche Vorliegen von höhergradigen Osteophyten, zeigt sich in der Auswertung zudem, dass weder ausschließlich Grad 2 noch ausschließlich Grad 3 Osteophyten vorliegen, sondern immer auch geringgradigere Stadien parallel in anderen Gelenken vorliegen. Dies könnte ein Hinweis darauf sein, dass sich Osteophyten auch bei Probanden ohne bekannte Fingerarthrose von niedrigen in höhergradige Stadien entwickeln könnten.

Das Vorhandensein insbesondere niedriggradiger Osteophyten in einer arbeitenden Bevölkerung entsprechend der vorliegenden Ergebnisse ist als normal anzusehen. Da die pathologische Bedeutung dieser kleinen Osteophyten jedoch nicht geklärt ist und es Hinweise darauf gibt, dass diese bei Patienten mit bekannter Fingerarthrose von Bedeutung sind, sollten diese Veränderungen nicht ignoriert und als auch als Grad-1-Osteophyten detektiert sowie beschrieben werden. Um eine Grenze zu einer klinisch relevanten Pathologie und somit zu dem klinischen Vorliegen einer Fingerarthrose zu ziehen sowie das Risiko einer Progression dieser Osteophyten zu ermitteln, bedarf es Langzeitbeobachtungen. Es könnte sein, dass bei nahezu 100 % der Bevölkerung auch in jungen Jahren Zeichen der Fingerarthrose vorliegen. Mittels des Ultraschalls sollte folglich nicht ab dem Vorliegen eines Grad-1-Osteophyten von diagnostisch positiver Fingerarthrose gesprochen werden. Hier bedarf es eines einheitlichen Scoring-Systems zur Diagnostik der Fingerarthrose mittels des Ultraschalls. In der vorliegenden Studie zeigen sich vergleichbare Werte zu bevölkerungsbasierten Studien, wenn ab einem Grad-2-Osteophyten, d. h. einem moderat ausgeprägten Osteophyten im Ultraschall, von einem Vorliegen möglicher Zeichen der Fingerarthrose ausgegangen wird.

4.2 Befallsmuster

Die vorliegenden Ergebnisse zeigen, dass DIP-Gelenke am häufigsten betroffen sind, mit 60 %, dann PIP-Gelenke mit 48 % und CMC-1-Gelenke mit 39 %, gefolgt von MCP-Gelenken mit 16 %.

Viele Studien beschreiben ebenfalls, dass DIP-Gelenke die am häufigsten betroffenen Gelenke sind. Plato et al. veröffentlichten bereits 1979 Studienergebnisse zum Thema Befallsmuster der Fingerarthrose. Die linke Hand von 903 männlichen Teilnehmern wurde anhand von Röntgenbildern auf Arthrosezeichen untersucht. Sie folgerten, dass die Prävalenz der

Fingerarthrose von Finger zu Finger variieren kann und die Fingerarthrose wahrscheinlich in den DIP-Gelenken häufiger vorzufinden ist als in den PIP-Gelenken. Außerdem sei die Fingerarthrose, wenn vorhanden, in den DIP-Gelenken fortgeschrittener als in den PIP- oder MCP-Gelenken.¹⁵⁷ Zu ähnlichen Erkenntnissen bezüglich des häufigeren Befalls der DIP- als der PIP-Gelenke kamen auch Kallman et al. 1990.¹⁵⁸

Bei weiblichen Studienteilnehmerinnen konnte 1996 von Cooper et al. ebenfalls ein häufigerer Befall der DIP- als der PIP-Gelenke festgestellt werden. Zudem waren die CMC-1-Gelenke öfter betroffen. Anhand von konventionellem Röntgen wurden 702 Frauen im Alter zwischen 45 und 64 Jahren mit dem *Score* von Kellgren und Lawrence auf Fingerarthrose untersucht.^{26,159}

In klinischen Untersuchungen von Caspi et al. zum Schweregrad der Fingerarthrose, bezogen auf die einzelnen Fingergelenke, waren am schwersten die Gelenke DIP 2 und 5 beidseits sowie das erste IP-1-Gelenk rechts betroffen. Bei der konventionell radiologischen Untersuchung des gleichen Patientenkollektives mit 253 Patienten, bestehend aus 171 Frauen und 82 Männern, waren die Gelenke DIP 2 und 3 beidseits, IP1 rechts und CMC 1 beidseits am häufigsten betroffen.¹⁴⁷

In einer Studie von Wilder et al. wurde die gelenkspezifische Prävalenz der Fingerarthrose bei 3327 Probanden mit einem mittleren Alter von 62 Jahren mittels Röntgen untersucht. Von den analysierten DIP-Gelenken waren 35 % betroffen, darauf folgten die CMC-1-Gelenke mit 21 % betroffenen Gelenken und die PIP-Gelenke mit 18 % betroffenen Gelenken. Die Autoren untersuchten insgesamt 6 Gelenke pro Teilnehmer, darunter beidseits DIP 2, PIP 3 und CMC1.¹³⁷

Nach Kalichman et al. waren je nach Alter verschiedene Gelenke unterschiedlich häufig betroffen. Die MCP-Gelenke waren bei Röntgenuntersuchungen von Probanden unter 50 Jahren am häufigsten betroffen, während es bei einem Alter über 50 Jahren die DIP-Gelenke waren.¹³⁹

Haugen et al. zeigten in ihrer Studie an Röntgenuntersuchungen, dass die DIP-Gelenke am öftesten – gefolgt von CMC-1-, PIP- und MCP-Gelenken – betroffen sind. Zudem gab es Anzeichen auf einen geschlechtsspezifischen Unterschied im Verteilungsmuster der Fingerarthrose. Bei Frauen waren die DIP-, CMC1- und PIP-Gelenke häufiger von Arthrose betroffen – und bei Männern öfters die MCP-Gelenke und Handgelenke.²⁷

Nach Abraham et al. 2014 sind bei einer bevölkerungsbasierten Population von 311 Personen 70 % der DIP2-Gelenke, 23 % der PIP2-Gelenke, 10 % der MCP2-Gelenke und 41 %

der CMC1-Gelenke Arthrose-positiv. Diese Untersuchung wurde anhand von Ultraschall durchgeführt.²⁸

Die Messungen ergaben, dass die PIP-Gelenke mit 48 % am zweithäufigsten Arthrosezeichen in Form von Osteophyten zeigten. Dieses Resultat steht im Gegensatz zu Studien, die Untersuchungen mit Röntgen durchführten, wie von Wilder et al., Caspi et al., Haugen et al., aber auch Abraham et al., die in ihrer Studie mit Ultraschall arbeiteten. In ihren Messungen waren die CMC1-Gelenke häufiger betroffen als die PIP-Gelenke.^{27,28,137,147}

Ein Grund für die unterschiedlichen Ergebnisse könnte sein, dass sich der Ultraschalluntersucher bei fraglichen Befunden bei PIP-Gelenken zwischen Grad 0 und Grad 1 öfter für Grad 1 entschieden hat. Allerdings gibt es auch Studien, die eine höhere Beteiligung der PIP-Gelenke zeigen und den Ergebnissen ähnlich sind. In einer Studie von Vlychou et al. mit Röntgen und Ultraschall sind die PIP-Gelenke häufiger von Arthrosezeichen betroffen als die CMC1-Gelenke. Allerdings muss berücksichtigt werden, dass Vlychou et al. Patienten und Patientinnen mit bereits bekannter erosiver Fingerarthrose untersuchten, was in dieser Studie nicht der Fall war.¹⁵¹

Während die Prävalenz von Osteophyten an 39 % der CMC-1-Gelenke ähnlich zu den Ergebnissen von Abraham et al. ist, scheinen die MCP-Gelenke mit 16 % häufiger betroffen zu sein.²⁸

Die vorliegenden Ergebnisse belegen im Einklang mit den zitierten Studien, dass die DIP-Gelenke am häufigsten von Fingerarthrosezeichen im Sinne von Osteophyten betroffen sind. Die Werte zu CMC-1-Gelenken sind ebenfalls sehr ähnlich zu bereits veröffentlichten Studien. Bei den MCP-Gelenken weisen die vorliegenden Ergebnisse auf eine höhere Beteiligung hin, als bisher angenommen wurde. Die PIP-Gelenke zeigten deutlich häufiger Osteophyten, als in bisherigen Studien beschrieben wurde. Weitere Studien mittels des Ultraschalls müssen folgen, um diese Ergebnisse zu bestätigen oder zu widerlegen. Ein Grund für die höheren Werte könnte die Tatsache sein, dass in der durchgeführten Ultraschalluntersuchung mehr PIP- und MCP-Gelenke untersucht wurden, oder dass sich der Untersucher häufiger für Grad 1 anstatt für Grad 0 entschieden hat. Fehler können jedoch nicht gänzlich ausgeschlossen werden.

4.3 Alter

Die Ergebnisse zeigen eine signifikante Korrelation zwischen dem Osteophyten Gesamt Score und einem zunehmendem Alter $p < 0,001$. Für jedes zusätzliche Altersjahr zeigt sich

eine Zunahme des Osteophyten Gesamt Score von 0,18 Osteophyten.¹³⁰ Viele Studien gehen ebenfalls von einer erhöhten Prävalenz von Fingerarthrose mit einem zunehmenden Alter aus.

Bereits 1975 kamen Acheson et al. in einer Studie zu dem Schluss, dass ein höheres Alter der untersuchten Probanden stark mit einer erhöhten Prävalenz der Arthrose verbunden ist.¹⁶⁰ In einer Übersichtsarbeit über Arthrose von Peyron et al. identifizierten die Autoren 1979 ebenfalls das Alter als meistgenannten Faktor im Zusammenhang mit einer erhöhten Prävalenz von Arthrose.¹⁶¹ Kallman et al. fanden 1990 heraus, dass Prävalenz, Inzidenz und die Progression von Fingerarthrose mit dem Alter zunimmt. Die Diagnose wurde mit Hilfe des Kellgren-und-Lawrence-Scores im konventionellen Röntgen gestellt. Teilnehmer der Studie waren insgesamt 177 Männer. Ihre Erkenntnisse deckten sich laut der Autoren mit anderen epidemiologischen Übersichtsarbeiten zum Zeitpunkt der Veröffentlichung.^{26,158}

In einer Studie aus dem Jahr 2001 wurden diesbezüglich beide Geschlechter analysiert. Caspi et al. identifizierten das Alter bei beiden Geschlechtern als unabhängigen Faktor mit Einflussnahme auf die Frequenz und den Schweregrad von Fingerarthrose. Die klinische und radiologische Untersuchung der Fingergelenke zeigte eine Korrelation zwischen dem Alter sowie dem Summenscore der Fingerarthrose. Eine signifikante Korrelation der beiden Faktoren wurde allerdings nur bei den weiblichen Probanden der Studie ersichtlich.¹⁴⁷

Kalichman et al. zeigten, dass ein höheres Alter mit einem erhöhten Arthrose-Score in allen Fingergelenken sowie bei beiden Geschlechtern stark korreliert. Die schwächste Korrelation wurde bei den CMC-1-Gelenken gefunden. Die Probandenanzahl betrug 660 Männer und 585 Frauen mit einem mittleren Alter von ca. 47 Jahren. Die Altersspanne lag zwischen 18 und 90 Jahren.¹⁶²

Dahaghin et al. beschrieben 2005, dass die Häufigkeit konventionell radiologisch detektierter Fingerarthrose bei Altersgruppen von 55 bis 85 Jahren zunimmt. Dies zeigte sich bei DIP-, PIP-, MCP- und CMC-1-Gelenken. Ab 85 Jahren nahm die Prävalenz dann wieder ab.¹⁴³

Nach Wilder et al. steigt die Prävalenz der Arthrose von Fingergelenken ebenfalls mit dem Alter. Dies zeigte sich bei konventionell radiologisch untersuchten DIP-, PIP- und CMC-1-Gelenken von 3327 Probanden.¹³⁷

Es existieren wenige Studien, deren Autoren nicht von einer deutlich erhöhten Prävalenz der Fingerarthrose im Alter sprechen. Bagge et al. konnten 1991 keinen signifikanten Anstieg von Fingerarthrosezeichen im Alter nachweisen. Untersucht wurden Probanden aus zwei

bereits existierenden europäischen Studienpopulationen aus Schweden und Holland mittels des konventionellen Röntgens.¹⁶³ Insgesamt konnte bei beiden analysierten Populationen jedoch eine erhöhte Prävalenz von konventionell radiologisch festgestellten Fingerarthrosezeichen vermerkt werden, allerdings waren die Ergebnisse nicht signifikant. Ein Grund hierfür könnte das hohe Alter der untersuchten Probanden sein, denn die Altersgruppen lagen zwischen 70 und 80 Jahren.¹⁶³

Die meisten Studien zeigen ähnliche Erkenntnisse. Fingerarthrosezeichen wie Osteophyten korrelieren in ihrer Prävalenz mit einem zunehmenden Alter. Signifikante Ergebnisse wie in dieser Studie zeigten sich in den bisherigen Studien sehr häufig, allerdings nicht für jedes Geschlecht sowie jede Alters- und Gelenkgruppe.

4.4 Geschlecht

Bei dem Vergleich der Geschlechter männlich und weiblich sowie dem Vorhandensein von Fingerarthrose im Sinne von Osteophyten konnte hier kein signifikanter Unterschied festgestellt werden. In der Fachliteratur finden sich viele Studien mit teilweise kontroversen Ergebnissen bezüglich dieser Fragestellung.¹³⁰

Zahlreiche Publikationen weisen eine höhere Prävalenz von Fingerarthrose bei Frauen als bei Männern auf. Dieses Resultat steht im Gegensatz zu den hier vorliegenden Ergebnissen. In einer von Jones et al. veröffentlichten Studie zeigte sich beispielsweise eine höhere Prävalenz für Fingerarthrose bei Frauen. Der Unterschied wurde mit zunehmendem Alter sogar signifikant im Vergleich zum männlichen Geschlecht. Analysiert wurden 348 Frauen und 174 Männer aus Tasmanien, u. a. mit konventionellem Röntgen.⁵³ Zu bedenken ist, dass die insgesamt 522 untersuchten Probanden aus 101 Familien stammten. Hereditäre Faktoren könnten das Ergebnis bezüglich der Geschlechterunterschiede beeinflusst haben.

Bei Abraham et al. zeigte sich in einer der wenigen Ultraschallstudien, dass die Prävalenz der Fingerarthrosezeichen höher bei den untersuchten Frauen als bei den Männern lag, $p = 0,005$.²⁸ Dieses Resultat zeigte sich in den Ultraschalluntersuchungen dieser Studie nicht.

Auch belegt eine Meta-Analyse von Srikanth et al. aus dem Jahr 2005, dass Frauen generell ein höheres Risiko für Arthrose haben. Hierzu wurde in der Datenbank Medline Literatur aus den Jahren zwischen 1966 und 2003 auf die Begriffe Arthrose und Geschlecht untersucht. In der Studie wurden alle Arthroseformen, d. h. auch die der großen Gelenke wie Knie, Hüfte und Wirbelsäule, betrachtet.¹⁶⁴

In anderen Studien konnten ähnliche Prävalenzen der Fingerarthrose bei beiden Geschlechtern festgestellt werden, wie es auch in dieser Auswertung der Fall war. Caspi et al. konnten 2001 ähnliche Prävalenzen von Fingerarthrose bei Frauen und Männern in klinischen und konventionell radiologischen Untersuchungen identifizieren. Der Grad der Fingerarthrose war bei Frauen allerdings stärker ausgeprägt als bei Männern, jedoch waren die Ergebnisse nicht signifikant. Letztere könnten laut den Autoren dadurch beeinflusst worden sein, dass die Teilnehmer der Studie im Vergleich zu anderen Studien ein höheres Durchschnittsalter hatten und somit hormonelle Effekte weniger stark ausgeprägt sein könnten.¹⁴⁷

Kalichman et al. kamen zu dem Ergebnis, dass der Geschlechterunterschied statistisch signifikant in den DIP-Gelenken ($p = 0,019$) und den PIP-Gelenken ($p = 0,011$) ist, wobei Frauen insgesamt höhere Osteophyten-Summenwerte als Männer erreichten. Jedoch konnten keine Unterschiede bei den CMC1-, IP1- und MCP-Gelenken sowie bei der Betrachtung der Gesamtscores der Hände gefunden werden. Bei Betrachtung der gleichen Fragestellung mit unterschiedlichen Altersgruppen ergaben sich teilweise signifikante Werte für geschlechterspezifische Unterschiede in den Altersgruppen zwischen 35 und 50 Jahren, nicht jedoch unter 35 oder über 65 Jahren.¹⁶²

Wilder et al. untersuchten den Einfluss des Geschlechts auf die Anzahl der von Arthrose befallenen Fingergelenke. Die Autoren benutzen konventionelles Röntgen und konnten keine Unterschiede zwischen den Geschlechtern der Probanden sowie der Anzahl an befallenen Fingergelenken feststellen.¹³⁷

Haugen et al. konnten in der altersstandardisierten *Framingham-Osteoarthritis*-Studie bei der Untersuchung zur Prävalenz der Fingerarthrose mit konventionellem Röntgen keinen signifikanten Unterschied zwischen Männern und Frauen identifizieren, jedoch war die Prävalenz bei Frauen etwas höher. Bei Männern betrug sie 37,7 % – und bei Frauen 44,2 %. Das mittlere Alter der Teilnehmer lag bei 58,9 Jahren und der Frauenanteil war 56,5 %. Ein deutlicher Unterschied zeigte sich jedoch bei der Prävalenz von erosiver Fingerarthrose: Frauen waren mit 17,3 % und Männer mit 9,6 % betroffen. Ähnliche Ergebnisse wurden für das Vorliegen von Symptomen bei Fingerarthrose erkennbar.^{26,27} Im Gegensatz zu uns untersuchten Haugen et al. zudem die Inzidenz und die Progression der Fingerarthrose über einen Zeitraum von 9 Jahren. Sowohl Inzidenz als auch Progression wiesen kaum geschlechterspezifische Unterschiede auf.²⁷

Vereinzelt zeigen Studien erhöhte Prävalenzen von Fingerarthrose bei Männern als bei Frauen. Kalichman et al. stellten eine signifikant höhere Prävalenz der Fingerarthrose bei

Männern mit 53,8 % – als bei Frauen mit 45,3 % – im Alter zwischen 35 und 50 Jahren fest ($p = 0,037$). Auch bei der altersstandardisierten Prävalenz fand sich bei Männern mit 58,1 % eine höhere Prävalenz als bei Frauen mit 54,4 %, ($p = 0,144$). Ein Grund für die höhere Prävalenz von Fingerarthrose bei Männern könnte die beruflich bedingte Belastung der Hände sein. Die Studienpopulation bestand aus Probanden aus fünf ländlichen Regionen Russlands, die seit mehreren Generationen im landwirtschaftlichen Bereich tätig waren.¹³⁹

Gesamt betrachtet ergibt sich in der Literaturrecherche ein gemischtes Bild. Am häufigsten zeigen sich höhere Prävalenzen bei Frauen oder ähnliche Prävalenzen beider Geschlechter, vereinzelt mit signifikanten Unterschieden für spezifische Alters- oder Gelenkgruppen. Viele Studien kommen und im Einklang mit den vorliegenden Ergebnissen zu ähnlichen Prävalenzen der Geschlechter, wobei sich in dieser Auswertung kaum höhere Werte für Frauen ergaben. Dies ist in den meisten anderen Studien jedoch der Fall. Da in dieser Studie sich in Arbeit befindliche Probanden untersucht wurden, kann es sein, dass sich aufgrund der vermehrten mechanischen Belastung der Hände Geschlechterunterschiede nicht deutlich genug zeigen konnten. Zudem ist die Geschlechterverteilung der untersuchten Probanden nicht ausgeglichen, da das Probandenkollektiv aus 84,3 % Männern und 15,7 % Frauen besteht. Ferner wurde der Schweregrad der Osteophyten bzw. die Anzahl der vorliegenden Osteophyten nicht in die Auswertung einbezogen.

4.5 Ultraschall als bildgebendes Verfahren zur Untersuchung der Fingerarthrose

Die Diagnose Fingerarthrose wird klinisch gestellt. Bildgebende Verfahren werden häufig zur Diagnosesicherung hinzugezogen. Für die Diagnosestellung Fingerarthrose mittels Bildgebung werden am häufigsten Osteophyten als Kriterium verwendet. In dieser Studie wurden die Zeichen einer Fingerarthrose mit dem Verfahren Ultraschall untersucht. Die hohe Prävalenz von Zeichen der Fingerarthrose wie Osteophyten zeigt die hohe Sensitivität dieses Verfahrens.

Viele Studien gelangen ebenfalls zu dem Schluss, dass Ultraschall für die Detektion von Osteophyten in Fingergelenken geeignet ist. Keen et al. veröffentlichten eine Studie, in der gezeigt wurde, dass mit Hilfe des Ultraschalls mehr Osteophyten an Händen von Patienten mit Fingerarthrose nachgewiesen werden konnten als mit konventionellem Röntgen.¹²⁶

Ebenfalls zeigten bei Patienten mit bekannter Fingerarthrose 69 % von 1649 untersuchten Gelenken im Ultraschall Osteophyten. Mittels des konventionellen Röntgens waren es nur

46 %. Die Ergebnisse der Studie wurden von Kortekaas et al. veröffentlicht. Das mittlere Alter der Patienten lag bei 61 Jahren; 86 % der Patienten waren Frauen.¹¹²

Das Ultraschall sensitiver in der Erkennung von Osteophyten ist als das konventionelle Röntgen, wurde ebenfalls in Studien von Vlychou et al. und Wittoek et al. deutlich.^{151,165}

Mathiessen et al. zeigten, dass Osteophyten mit Ultraschall ähnlich gut detektiert und eingestuft werden können wie mit einer MRT-Untersuchung. Dazu veröffentlichte die Arbeitsgruppe eine umfassende Studie, in der bei 127 Patienten mit bekannter Fingerarthrose Osteophyten mit Ultraschall bewertet und die Ergebnisse mit Röntgen, MRT sowie einer klinischen Untersuchung der Gelenke verglichen wurden.¹¹⁹

Keen et al. veröffentlichten ein vorläufiges Scoring-System zur Fingerarthrose im Ultraschall. Insgesamt wurden drei *Items* untersucht, unter anderem Osteophyten. Die Autoren benutzten einen semiquantitativen *Score*. Osteophyten wurden in verschiedene Grade unterteilt. Grad 0 = nicht vorhanden, 1 = leicht ausgeprägt, 2 = moderat ausgeprägt, 3 = stark ausgeprägt.¹²⁵ Das semiquantitative Scoring-System für Osteophyten von Keen et al. wurde ebenfalls von Kortekaas et al. in zwei weiteren Studien verwendet.^{111,112}

Mathiessen et al. untersuchten mit dem bereits von Keen et al. 2008 verwendeten semiquantitativen Scoring-System Osteophyten bei 127 Patienten mit Fingerarthrose. Die distale und proximale Knochenfläche werden dabei auf Osteophyten untersucht, nur der größte Osteophyt zählt für die Schweregradeinteilung. Die Resultate der Ultraschalluntersuchung wurden mit den Ergebnissen von MRT-Untersuchungen, konventionellem Röntgen und der klinischen Untersuchung verglichen. Ultraschall stellt laut den Autoren ein zuverlässiges Verfahren zur Detektion von Osteophyten dar. Es gab gute Übereinstimmungen mit den Ergebnissen der MRT.¹¹⁹ Die OMERACT-Ultraschall-Gruppe unter Hammer et al. untersuchte 2014 dieses semiquantitative Scoring-System. Die OMERACT-Gruppe empfiehlt das semiquantitative Scoring für die Einteilung von Osteophyten.¹³²

Zusammenfassend wird deutlich, dass das konventionelles Röntgen lange Zeit als Goldstandard zur Detektion und Einteilung der Schweregrade von Osteophyten an den Fingergelenken galt. Diese Studie zeigt eine hohe Sensitivität von Ultraschall zur Detektion von Osteophyten. Eine Vielzahl anderer Studien belegt zudem eine höhere Sensitivität für das Verfahren Ultraschall im Vergleich zum konventionellen Röntgen. Deshalb sollten in Zukunft mehr Studien mit dem bildgebenden Verfahren Ultraschall bei der Untersuchung von Fingerarthrose arbeiten. Ein semiquantitatives Scoring-System, wie wir es verwendeten, wurde bereits in anderen Studien angewandt und von Fachgesellschaften empfohlen.

Die vorliegenden Ergebnisse zeigen in der palmaren Ansicht eine hohe Prävalenz von Osteophyten. Diese Ansicht wurde gewählt, um eine adäquate Untersuchungszeiten für die Besucher zu gewährleisten. In der Literatur werden verschiedene Methoden genutzt, um die jeweiligen pathologischen Veränderungen an Fingergelenken darzustellen. Osteophyten sind nach Tan et al. im MRT häufiger dorsal an der proximalen Phalanx in PIP- und DIP-Gelenken zu finden als palmar.¹⁶⁶ Synovitis in MCP- und PIP-Gelenken zeigt sich im Ultraschall bei rheumatisch-entzündlichen Erkrankungen öfter palmar als dorsal und ist von palmar auch leichter zu erkennen.^{167–169} Dieses Resultat legt nahe, dass auch bei Fingerarthrose Ergüsse und Synovitiden häufiger von palmar detektiert werden könnten als von dorsal. Die Forschungslage spricht hier für das verwendete Studiendesign. Knorpel kann – wie im Abschnitt 1.6.3.5 Knorpel bereits beschrieben wurde – entweder von palmar in neutraler Position oder von dorsal in 90 Grad in voller Flexion dargestellt werden.¹¹⁷

Die OMERACT-Ultraschall-Gruppe und Hammer et al. verwendeten in einer 2014 vorgestellten Studie eine Darstellung des Knorpels der MCP-Gelenke in voller Flexion von dorsal.¹³² Eine Untersuchung der Gelenke von dorsal in voller Flexion stellt sich jedoch als sehr zeitintensiv dar. Deshalb wurden in dieser Studie alle Gelenke von palmar in neutraler Position untersucht. Gelenkspaltmessungen wurden von Keen et al. 2008 mit dem Ultraschall in neutraler Position vorgenommen, bei Bedarf oder schlechter Sicht aufgrund von pathologischen Veränderungen wurde das Gelenk gebeugt oder getreckt.¹²⁶

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass die Inspektion einer solch großen Anzahl an Gelenken pro Person sowie die teilweise oben geschilderte Überlegenheit der palmaren Darstellung einiger Arthrosezeichen insgesamt für die hier verwendete Untersuchung von palmar spricht. Um selektive Arthrosezeichen einzeln oder genauer darzustellen, lohnt sich teilweise die alleinige Untersuchung von dorsal oder eine Kombination der Ebenen, wie bei der Darstellung von Osteophyten.

In der vorliegenden Studie wurden die Datengewinnung und -auswertung von einer vorab geschulten Person durchgeführt – siehe 1.2 Aufklärungskampagnen „Rheuma“. Obwohl das Verfahren Ultraschall häufig als untersucherabhängig beschrieben wird, belegen viele Studien eine moderate bis exzellente Inter- und Intrarater-Reliabilität bei der Untersuchung von Pathologien in Fingergelenken.^{125,132,170–172} Als Hilfestellung können Atlanten von Pathologien herangezogen werden. In einer Studie von Mathiesen et al. zeigte sich unter den ver-

schiedenen Untersuchern bei der Ultraschalluntersuchung von Fingergelenken auf Osteophyten eine sehr gute *Inter-* und *Intrarater*-Reliabilität mit Hilfe eines erstellten Ultraschallatlases.¹¹⁹

4.6 Weitere degenerative und entzündliche Zeichen im Ultraschall

Nun werden die Zeichen, die begleitend bei Fingerarthrose vorkommen können, kurz beschrieben. Alle folgenden Veränderungen wurden in dieser Studie analysiert und mittels Scoring-Systemen beurteilt. Aufgrund der Tatsache, dass aktuell im Ultraschall meist nur Osteophyten bei Untersuchungen zur Fingerarthrose herangezogen werden, und der großen Datenmenge sind diese nicht in den Ergebnisteil eingeflossen. Die Detektion und Beurteilung dieser Veränderungen sind aber unerlässlich, da diese die richtige Einordnung der Osteophyten beeinflussen und verfälschen können. Des Weiteren scheint die Frage interessant, ob diese Pathologien auch im Ultraschall beurteilbar sind. Studien zu Zeichen der Fingerarthrose im Ultraschall werden häufig an Patienten mit bereits klinisch oder radiologisch gesicherter Fingerarthrose durchgeführt. Neben krankheitsspezifischen Zeichen wie Osteophyten finden sich dann ebenso Zeichen, die u. a. auch bei entzündlichen rheumatischen Erkrankungen vorkommen können, wie Synovitiden, Erosionen sowie Knorpel- und Gelenkspaltverschmälerungen. Einige dieser pathologischen Veränderungen sind neben Osteophyten ebenfalls Kriterien, nach denen die Diagnose Fingerarthrose mittels des bildgebenden Standardverfahrens nach Kellgren und Lawrence im Röntgen gestellt wird.²⁶

Synovitiden wurden in dieser Studie, falls sie vorhanden waren, detektiert. Diese Befunde flossen allerdings nicht in die Auswertung ein. Synovitiden zeigen sich in verschiedenen Studien in ca. 10 % bis 46 % der Gelenke von Patienten mit bekannter Fingerarthrose. Synovitiden zeigen sich in geringerem Maße auch in Fingergelenken von Kontrollgruppen ohne bekannte Fingerarthrose; die Ergebnisse sind teilweise signifikant.^{56,111,173–175} Nach Uson et al. haben Patienten mit symptomatischer Fingerarthrose signifikant mehr Synovitis-Zeichen als Patienten mit asymptomatischer Fingerarthrose.⁵⁶ Studien zufolge ist Ultraschall sensitiver in der Detektion von Synovitis als die klinische Untersuchung. Dies zeigte sich in Analysen zu Finger- und Fußgelenken sowie dem Kniegelenk.^{120,176–180} Synovitiden bei Fingerarthrose werden in der Fachliteratur mit Ultraschall-*Scores* bewertet, die bei entzündlich-rheumatischen Erkrankungen eingesetzt werden und dort etabliert sind. Meist wird der Schweregrad der Pathologie sowohl im B-Mode als auch im PDM semiquantitativ von 0 bis 3 bestimmt. Zur standardisierten Auswertung der Pathologie Synovitis existieren Ultra-

schallatlanten, beispielsweise von Hammer et al.¹⁷² In zukünftigen Studien zum Thema Ultraschall und Arthrose müssen weiter einheitliche Definitionen und Messmethoden verwendet werden, damit internationale Standards gesetzt werden können.

Bei der Detektion von Osteophyten müssen Erosionen erkannt und von diesen abgegrenzt werden. Die Untersuchungsergebnisse flossen nicht in die Auswertung ein. In den vorliegenden Studien zeigen sich Prävalenzen von Erosionen bei bis zu 2,8 % der Normalbevölkerung und zwischen 10,2 % und 80 % bei Patienten mit bekannter Fingerarthrose. Diese starken Schwankungen sind teilweise dadurch zu begründen, dass in sensitiveren Verfahren, beispielsweise dem Ultraschall und der MRT, die Prävalenz der Erosionen deutlich höher liegt als im konventionellen Röntgen.^{56,124,144,181,182} Mehrere Studien, die Patienten mit rheumatoider Arthritis in frühen oder fortgeschrittenen Stadien auf Erosionen der Finger- und Fußgelenke untersuchten, kamen zu dem Schluss, dass Ultraschall sensitiver in der Detektion von Erosionen ist als konventionelles Röntgen.^{170,183,184,151,152} Scoring-Systeme zu Erosionen an Fingergelenken werden in der Fachliteratur häufig für das Verfahren des konventionellen Röntgen bei rheumatisch-entzündlichen Erkrankungen beschrieben. Es gibt aktuell wenige Studien zur Darstellung von Erosionen im Ultraschall.^{120,125,170,185}

In der hier durchgeführten Studie wurden zudem Gelenkspalt und Knorpeldicke vermessen; die Ergebnisse wurden bisher nicht ausgewertet. Aktuell ist zu bemerken, dass wenige Studien existieren, bei denen der Gelenkspalt der Finger mittels des Ultraschalls untersucht wurde. Allerdings zeigen sich Hinweise darauf, dass Gelenkspaltverschmälerungen häufiger bei Patienten mit Fingerarthrose vorliegen und diese deshalb auch immer bei der Betrachtung eines arthrotischen Fingergelenks im Ultraschall erkannt bzw. von anderen Pathologien abgegrenzt werden sollten.^{112,153,186} Zudem gibt es erste Hinweise darauf, dass eine Vermessung mittels des Ultraschalls valide durchgeführt werden kann.¹²⁶

Zur Messung der Knorpeldicke an Fingergelenken anhand von Ultraschall gibt es mehrere Veröffentlichungen. Anatomische Vergleiche geben erste Hinweise darauf, dass die Messungen mittels des Ultraschalls tatsächlich die anatomische Dicke des Knorpels erfassen können.¹³³ Bei den aktuellen Messungen in Studien fallen wiederholt Fehler und unterschiedlich verwendete Definitionen auf, die dazu führen, dass beispielsweise die OMERACT-Gruppe von der Verwendung eines semiquantitativen *Scores* bei der Beurteilung von Knorpel bei Fingergelenken mittels des Ultraschalls abrät. Eine Einteilung von normalem Knorpel und totalem Knorpelverlust könnte jedoch sinnvoll sein.^{127,132}

Zusammenfassend zeigt sich, dass neben den Osteophyten auch andere pathologische Gelenkveränderungen der Fingerarthrose und rheumatisch-entzündliche Erkrankungen wie Synovitiden, Erosionen, Gelenkspaltverschmälerungen sowie die Abnahme der Knorpeldicke mittels des Ultraschalls detektiert und beurteilt werden können.

4.7 Limitationen

Ein Schwachpunkt dieser Studie ist die freiwillige Teilnahme der Probanden. Vielleicht ist die hohe Prävalenz der Osteophyten auch dadurch beeinflusst, dass sich häufiger Personen mit bereits bestehenden Problemen an den Fingergelenken vorstellten. Um diesen Effekt möglichst gering zu halten, wurden alle zugänglichen Personen, d. h. auch solche ohne Beschwerden, zur Teilnahme angeregt. Nach Mathiessen et al. ist es am schwierigsten, mit einem semiquantitativen *Score* zwischen Grad 0 = keine Osteophyten und Grad 1 = leicht ausgeprägte Osteophyten zu unterscheiden.¹¹⁹ Besagte Schwierigkeit könnte auch in den hier vorliegenden Ergebnissen eine Rolle gespielt und insgesamt zu einer erhöhten Prävalenz der Osteophyten geführt haben. Osteophyten sind nach Tan et al. 2005 im MRT häufiger dorsal an der proximalen Phalanx in PIP- und DIP-Gelenken zu finden als palmar.¹⁶⁶ Deshalb könnten in dieser Studie Osteophyten bei der Untersuchung von palmar übersehen worden sein. Eine Schwachstelle der Studie ist zudem, dass das erste und zweite interphalangeale Gelenk, kurz IP1 bzw. IP2, nicht in die Untersuchungen eingeschlossen wurden. Diese Entscheidung wurde bewusst getroffen, da in Testuntersuchungen lange Untersuchungszeiten entstanden, wenn diese Gelenke zusätzlich untersucht wurden. Dies ist auch darauf zurückzuführen, dass die Einstellung in neutraler Position im Vergleich zu den anderen Gelenken schwerer ist.

4.8 Schlussfolgerung

Das komplexe Krankheitsbild der Arthrose, besonders der Fingerarthrose, wird eine immer älter werdende Gesellschaft und das Gesundheitssystem vor große Herausforderungen stellen. Forschung auf dem Gebiet der bis heute nicht komplett verstandenen Pathogenese sowie zu weiteren möglichen Therapien und deren Monitoring mittels Bildgebung wird nötig sein. Mehr Aufklärungsarbeit in der Gesellschaft – aber auch unter Ärzten – ist ebenfalls notwendig.

Ultraschall ist ein bildgebendes Verfahren, das sich gut zur Detektion früher Zeichen der Fingerarthrose eignet. Neben den krankheitsdefinierenden pathologischen Veränderungen wie Osteophyten können weitere Pathologien wie Synovitiden, Erosionen, Gelenkspaltverschmälerungen sowie Knorpelveränderungen detektiert werden.

Osteophyten sind ein Hauptkriterium, um eine Fingerarthrose zu diagnostizieren. Die Prävalenz der möglichen Zeichen der Fingerarthrose, im Sinne von Osteophyten, liegt in meinen Ergebnissen im Durchschnitt deutlich höher als in bisherigen Studien, bei denen meist konventionelles Röntgen genutzt wurde. Die sehr hohe Prävalenz der Osteophyten, die ich mittels des Ultraschalls an einer arbeitenden Population feststellen konnte, zeigt, dass die Prävalenz von möglichen Zeichen der Fingerarthrose deutlich höher sein könnte, als bisher angenommen wurde. Aufgrund der sehr hohen Prävalenz von nahezu 100 % ist davon auszugehen, dass Grad-1-Osteophyten in einer arbeitenden Bevölkerung, die keine bekannte Fingerarthrose hat, als Normalbefund anzusehen sind. Zweifelhafte Osteophyten werden mittels des aktuellen Goldstandards der bildgebenden Verfahren zur Diagnosestellung einer Fingerarthrose im Röntgen nicht bedacht. Es gibt allerdings Hinweise darauf, dass diese kleinen Osteophyten bei Patienten mit bekannter Fingerarthrose von Bedeutung sind und sich aus ihnen größere Osteophyten entwickeln können. Ich empfehle deshalb, dass leicht ausgeprägte Osteophyten, wie ich sie sehr zahlreich vorgefunden habe, als solche wahrgenommen und als Grad-1-Osteophyten gewertet werden, auch wenn ihre pathologische Bedeutung in einer Population von arbeitenden Menschen ohne bekannte Fingerarthrose aktuell nicht geklärt ist.

Anhand des Vorliegens eines Grad-1-Osteophyten mittels des Ultraschalls die Diagnose Fingerarthrose zu stellen, scheint nicht plausibel. Die Entwicklung eines Scoring-Systems zur Diagnose einer Fingerarthrose im Ultraschall erscheint sinnvoll und möglich, da neben spezifischen Veränderungen wie Osteophyten auch andere pathologische Veränderungen an den Gelenken gut anhand von Ultraschall dargestellt und bewertet werden können. Die hier erarbeitete ausführliche Datenerhebung könnte in diesem Kontext hilfreich sein.

Um eine Grenze zu einer klinisch relevanten Pathologie und somit dem klinischen Vorliegen einer Fingerarthrose zu ziehen, sowie um das Risiko einer Progression dieser Osteophyten zu ermitteln, bedarf es Langzeitstudien. Hierbei scheint interessant, wie viele Grad-1-Osteophyten ohne pathologische Bedeutung vorliegen können und ab welchem Grad der Osteophyten von einer manifesten Fingerarthrose gesprochen werden kann. Vergleichbare Werte zu Prävalenzen der Fingerarthrose aus bevölkerungsbasierten Studien können in dieser Studie erreicht werden, wenn als Kriterium das Vorliegen mindestens eines Grad-2-Osteophyten, d. h. eines moderat ausgeprägten Osteophyten, gewählt wird. Weitere Studien müssten ebenfalls klären, ob sich aus kleinen Osteophyten bei gesunden Probanden durch einen Progress, im Sinne der Entwicklung größere Osteophyten, eine manifeste Fingerarthrose entwickeln kann. In dieser Studie zeigen sich Hinweise darauf, dass sich Osteophyten auch bei

Probanden ohne bekannte Fingerarthrose von niedriggradigen in höhergradige Stadien entwickeln könnten.

DIP-Gelenke sind im Einklang mit anderen Studien am häufigsten von Osteophyten betroffen. Die Werte zu CMC-1-Gelenken sind ebenfalls sehr ähnlich zu bereits veröffentlichten Studien. Bei den MCP-Gelenken liegen die Werte höher, bei den PIP-Gelenken sogar deutlich höher. Es existieren kaum vergleichbare Studien bei denen ebenfalls Ultraschall genutzt wird. Weitere Studien müssten diese Erkenntnisse bestätigen oder widerlegen.

Zeichen der Fingerarthrose wie Osteophyten korrelieren in ihrer Prävalenz mit einem zunehmenden Alter. Signifikante Ergebnisse wie in der vorliegenden Studie zeigen sich weitestgehend im Einklang mit anderen Studien. Allerdings werden in der Literatur nicht für jedes Geschlecht sowie jede Alters- und Gelenkgruppe signifikante Ergebnisse deutlich.

Eine Korrelation zwischen dem weiblichen Geschlecht und einem erhöhten Vorkommen von Zeichen der Fingerarthrose konnte ich nicht nachweisen. In anderen Studien zeigen sich häufig höhere Prävalenzen bei Frauen oder ähnliche Prävalenzen beider Geschlechter, vereinzelt mit signifikanten Unterschieden für spezifische Alters- oder Gelenkgruppen. Da in der vorliegenden Studie ausschließlich arbeitende Probanden untersucht wurden, kann es sein, dass aufgrund der vermehrten mechanischen Belastung der Hände Geschlechterunterschiede nicht deutlich genug ersichtlich werden konnten. Des Weiteren lag keine ausgeglichene Verteilung der Geschlechter vor.

Wenn in Zukunft Medikamente für schwere Formen der Fingerarthrose zugelassen werden, müssten für Kontrolluntersuchungen bildgebende Verfahren eingesetzt werden. Ultraschall könnte dafür geeignet sein, da viele pathologische Veränderungen, die bei Fingerarthrosen vorkommen, dargestellt werden können und es ein sensibles, kostengünstiges sowie häufig verfügbares Verfahren ist.

Es sollte weiterhin an einheitlichen Definitionen und der Verbreitung einheitlicher Untersuchungsstandards bezüglich der Fingerarthrose mittels des Ultraschalls gearbeitet werden. Ich hoffe, dass diese Arbeit ihren Beitrag dazu leisten kann.

5 Literatur und Quellenverzeichnis

1. Sangha, O. Epidemiology of rheumatic diseases. *Rheumatology* **39**, 3–12 (2000).
2. Haugen, I. K. Hand osteoarthritis: current knowledge and new ideas. *Scand. J. Rheumatol.* **45**, 58–63 (2016).
3. Sen, R. & Hurley, J. A. Osteoarthritis. in *StatPearls* (StatPearls Publishing, 2020).
4. Johnson, S. R. *et al.* Classification criteria in rheumatic diseases: a review of methodologic properties. *Arthritis Rheum.* **57**, 1119–1133 (2007).
5. Neogi, T. *et al.* 2015 Gout classification criteria: an American College of Rheumatology/European League Against Rheumatism collaborative initiative. *Ann. Rheum. Dis.* **74**, 1789–1798 (2015).
6. Kohn, M. D., Sassoon, A. A. & Fernando, N. D. Classifications in Brief: Kellgren-Lawrence Classification of Osteoarthritis. *Clin. Orthop. Relat. Res.* **474**, 1886–1893 (2016).
7. Altman, R. *et al.* The American College of Rheumatology criteria for the classification and reporting of osteoarthritis of the hand. *Arthritis Rheum.* **33**, 1601–1610 (1990).
8. Sellam, J. & Berenbaum, F. The role of synovitis in pathophysiology and clinical symptoms of osteoarthritis. *Nat. Rev. Rheumatol.* **6**, 625–635 (2010).
9. Altman, R. *et al.* Development of criteria for the classification and reporting of osteoarthritis. Classification of osteoarthritis of the knee. Diagnostic and Therapeutic Criteria Committee of the American Rheumatism Association. *Arthritis Rheum.* **29**, 1039–1049 (1986).
10. Lawrence, R. C. *et al.* Estimates of the Prevalence of Arthritis and Other Rheumatic Conditions in the United States, Part II. *Arthritis Rheum.* **58**, 26–35 (2008).
11. Aigner, T., Sachse, A., Gebhard, P. M. & Roach, H. I. Osteoarthritis: Pathobiology—targets and ways for therapeutic intervention. *Adv. Drug Deliv. Rev.* **58**, 128–149 (2006).
12. Kloppenburg, M. & Kwok, W.-Y. Hand osteoarthritis--a heterogeneous disorder. *Nat. Rev. Rheumatol.* **8**, 22–31 (2012).
13. Stecher, R. M. Heberden's Nodes: The Clinical Characteristic Of Osteo-Arthritis Of The Fingers. *Ann. Rheum. Dis.* **7**, 1–8 (1948).
14. Alexander, C. Heberden's and Bouchard's nodes. *Ann. Rheum. Dis.* **58**, 675–678 (1999).
15. Rees, F. *et al.* Distribution of finger nodes and their association with underlying radiographic features of osteoarthritis. *Arthritis Care Res.* **64**, 533–538 (2012).
16. Kloppenburg, M. *et al.* OARSI Clinical Trials Recommendations: Design and conduct of clinical trials for hand osteoarthritis. *Osteoarthritis Cartilage* **23**, 772–786 (2015).

17. Zhang, W. *et al.* EULAR evidence-based recommendations for the diagnosis of hand osteoarthritis: report of a task force of ESCISIT. *Ann. Rheum. Dis.* **68**, 8–17 (2009).
18. Marshall, M. *et al.* Radiographic hand osteoarthritis: patterns and associations with hand pain and function in a community-dwelling sample. *Osteoarthritis Cartilage* **17**, 1440–1447 (2009).
19. Punzi, L., Ramonda, R. & Sfriso, P. Erosive osteoarthritis. *Best Pract. Res. Clin. Rheumatol.* **18**, 739–758 (2004).
20. Gazeley, D. J., Yeturi, S., Patel, P. J. & Rosenthal, A. K. Erosive osteoarthritis: A systematic analysis of definitions used in the literature. *Semin. Arthritis Rheum.* **46**, 395–403 (2017).
21. Maheu, E., Erosive hand osteoarthritis. *La Revue du Praticien. Prat.* **62**, 635–641 (2012).
22. Van Linthoudt, D., Gabay, C. & So, A. K. L. [Erosive hand osteoarthritis]. *Rev. Med. Suisse* **9**, 569–70, 572, 574–575 (2013).
23. Woolf, A. D. & Pfleger, B. Burden of major musculoskeletal conditions. *Bull. World Health Organ.* **81**, 646–656 (2003).
24. Sun, B. H., Wu, C. W. & Kalunian, K. C. New developments in osteoarthritis. *Rheum. Dis. Clin. North Am.* **33**, 135–148 (2007).
25. Schmidt, C. O. *et al.* Häufigkeiten muskuloskelettaler Symptome und Erkrankungen in der bevölkerungsbezogenen NAKO Gesundheitsstudie. *Bundesgesundheitsblatt - Gesundheitsforschung - Gesundheitsschutz* **63**, 415–425 (2020).
26. Kellgren, J. H. & Lawrence, J. S. Radiological Assessment of Osteo-Arthrosis. *Ann. Rheum. Dis.* **16**, 494–502 (1957).
27. Haugen, I. K. *et al.* Prevalence, incidence and progression of hand osteoarthritis in the general population: the Framingham Osteoarthritis Study. *Ann. Rheum. Dis.* **70**, 1581–1586 (2011).
28. Abraham, A. M., Pearce, M. S., Mann, K. D., Francis, R. M. & Birrell, F. Population prevalence of ultrasound features of osteoarthritis in the hand, knee and hip at age 63 years: the Newcastle thousand families birth cohort. *BMC Musculoskelet. Disord.* **15**, 162 (2014).
29. Haara, M. *et al.* Osteoarthritis of finger joints in Finns aged 30 or over: prevalence, determinants, and association with mortality. *Ann. Rheum. Dis.* **62**, 151–158 (2003).
30. Katz, J. D., Agrawal, S. & Velasquez, M. Getting to the heart of the matter: osteoarthritis takes its place as part of the metabolic syndrome. *Curr. Opin. Rheumatol.* **22**, 512–519 (2010).
31. Kortekaas, M. C., Kwok, W.-Y., Reijnen, M. & Kloppenburg, M. Inflammatory ultrasound features show independent associations with progression of structural damage after over 2 years of follow-up in patients with hand osteoarthritis. *Ann. Rheum. Dis.* **74**, 1720–1724 (2015).

32. Hart, D. J. & Spector, T. D. The relationship of obesity, fat distribution and osteoarthritis in women in the general population: the Chingford Study. *J. Rheumatol.* **20**, 331–335 (1993).
33. Cicuttini, F. M., Baker, J. R. & Spector, T. D. The association of obesity with osteoarthritis of the hand and knee in women: a twin study. *J. Rheumatol.* **23**, 1221–1226 (1996).
34. Felson, D. T. Weight and osteoarthritis. *Am. J. Clin. Nutr.* **63**, 430S–432S (1996).
35. Carman, W. J., Sowers, M., Hawthorne, V. M. & Weissfeld, L. A. Obesity as a Risk Factor for Osteoarthritis of the Hand and Wrist: A Prospective Study. *Am. J. Epidemiol.* **139**, 119–129 (1994).
36. Jiang, L. *et al.* Body mass index and hand osteoarthritis susceptibility: an updated meta-analysis. *Int. J. Rheum. Dis.* **19**, 1244–1254 (2016).
37. Sonne-Holm, S. & Jacobsen, S. Osteoarthritis of the first carpometacarpal joint: a study of radiology and clinical epidemiology: Results from the Copenhagen Osteoarthritis Study. *Osteoarthritis Cartilage* **14**, 496–500 (2006).
38. Sayer, A. A. *et al.* Weight from birth to 53 years: A longitudinal study of the influence on clinical hand osteoarthritis. *Arthritis Rheum.* **48**, 1030–1033 (2003).
39. Clynes, M. A. *et al.* Further evidence of the developmental origins of osteoarthritis: results from the Hertfordshire Cohort Study. *J. Dev. Orig. Health Dis.* **5**, 453–458 (2014).
40. Km, J., H, S., Em, D., C, C. & Nk, A. Birthweight, vitamin D receptor gene polymorphism, and risk of lumbar spine osteoarthritis. *J. Rheumatol.* **32**, 678–683 (2005).
41. Spector, T. D., Cicuttini, F., Baker, J., Loughlin, J. & Hart, D. Genetic influences on osteoarthritis in women: a twin study. *BMJ* **312**, 940–943 (1996).
42. Spector, T. D. & MacGregor, A. J. Risk factors for osteoarthritis: genetics1. *Osteoarthritis Cartilage* **12**, **Supplement**, 39–44 (2004).
43. Chapman, K. *et al.* A meta-analysis of European and Asian cohorts reveals a global role of a functional SNP in the 5' UTR of GDF5 with osteoarthritis susceptibility. *Hum. Mol. Genet.* **17**, 1497–1504 (2008).
44. Reynard, L. N. & Loughlin, J. Genetics and epigenetics of osteoarthritis. *Maturitas* **71**, 200–204 (2012).
45. Ross, J. M. *et al.* Association of heterozygous hemochromatosis C282Y gene mutation with hand osteoarthritis. *J. Rheumatol.* **30**, 121–125 (2003).
46. Carroll, G. J. HFE gene mutations are associated with osteoarthritis in the index or middle finger metacarpophalangeal joints. *J. Rheumatol.* **33**, 741–743 (2006).
47. Barton, J. C., Edwards, C. Q. & Acton, R. T. HFE gene: Structure, function, mutations, and associated iron abnormalities. *Gene* **574**, 179–192 (2015).

48. Ryder, J. J. *et al.* Genetic associations in peripheral joint osteoarthritis and spinal degenerative disease: a systematic review. *Ann. Rheum. Dis.* **67**, 584–591 (2008).
49. Marshall, M., Watt, F. E., Vincent, T. L. & Dziedzic, K. Hand osteoarthritis: clinical phenotypes, molecular mechanisms and disease management. *Nat. Rev. Rheumatol.* **14**, 641 (2018).
50. Dahaghin, S., Bierma-Zeinstra, S. M. A., Koes, B. W., Hazes, J. M. W. & Pols, H. a. P. Do metabolic factors add to the effect of overweight on hand osteoarthritis? The Rotterdam Study. *Ann. Rheum. Dis.* **66**, 916–920 (2007).
51. Swarup, S., Goyal, A., Grigorova, Y. & Zeltser, R. Metabolic Syndrome. in *StatPearls* (StatPearls Publishing, 2020).
52. Frey, N., Hügle, T., Jick, S. S., Meier, C. R. & Spoendlin, J. Hyperlipidaemia and incident osteoarthritis of the hand: a population-based case-control study. *Osteoarthritis Cartilage* **0**, (2017).
53. Jones, G., Cooley, H. M. & Stankovich, J. M. A cross sectional study of the association between sex, smoking, and other lifestyle factors and osteoarthritis of the hand. *J. Rheumatol.* **29**, 1719–1724 (2002).
54. Szoek, C. E. I., Cicuttini, F. M., Guthrie, J. R., Clark, M. S. & Dennerstein, L. Factors affecting the prevalence of osteoarthritis in healthy middle-aged women: Data from the longitudinal Melbourne Women’s Midlife Health Project. *Bone* **39**, 1149–1155 (2006).
55. Magnusson, K. *et al.* Smoking and alcohol use are associated with structural and inflammatory hand osteoarthritis features. *Scand. J. Rheumatol.* 1–8 (2017) doi:10.1080/03009742.2016.1257736.
56. Uson, J. *et al.* Symptomatic and asymptomatic interphalangeal osteoarthritis: An ultrasonographic study. *Reumatol. Clin.* **10**, 278–282 (2014).
57. Thumboo, J., Wu, L. & Leung, Y. Y. Domains of quality of life affecting elderly patients with hand osteoarthritis: a qualitative study in the Asian perspective. *Int. J. Rheum. Dis.* n/a-n/a (2016) doi:10.1111/1756-185X.12843.
58. Cantero-Téllez, R., Martín-Valero, R. & Cuesta-Vargas, A. Effect of muscle strength and pain on hand function in patients with trapeziometacarpal osteoarthritis. A cross-sectional study. *Reumatol. Clin.* **11**, 340–344 (2015).
59. Villafañe, J. H. & Valdes, K. Combined thumb abduction and index finger extension strength: a comparison of older adults with and without thumb carpometacarpal osteoarthritis. *J. Manipulative Physiol. Ther.* **36**, 238–244 (2013).
60. Berenbaum, F. Osteoarthritis as an inflammatory disease (osteoarthritis is not osteoarthrosis!). *Osteoarthritis Cartilage* **21**, 16–21 (2013).
61. Slatkowsky-Christensen, B., Mowinckel, P., Loge, J. H. & Kvien, T. K. Health-related quality of life in women with symptomatic hand osteoarthritis: a comparison with rheumatoid arthritis patients, healthy controls, and normative data. *Arthritis Rheum.* **57**, 1404–1409 (2007).

62. National Clinical Guideline Centre (UK). *Osteoarthritis: Care and Management in Adults*. (National Institute for Health and Care Excellence (UK), 2014).
63. Neogi, T. & Zhang, Y. Epidemiology of OA. *Rheum. Dis. Clin. North Am.* **39**, 1–19 (2013).
64. Ball, J. et al. *The epidemiology of chronic rheumatism; Volume 2: Atlas of standard radiographs of arthritis*. (Blackwell Scientific Publications, 1963).
65. Hochberg, M. C., Vignon, E. & Maheu, E. Session 2: Clinical aspects. Clinical assessment of hand OA. *Osteoarthritis Cartilage* **8**, S38–S40 (2000).
66. Zhang, W. et al. EULAR evidence based recommendations for the management of hand osteoarthritis: report of a Task Force of the EULAR Standing Committee for International Clinical Studies Including Therapeutics (ESCISIT). *Ann. Rheum. Dis.* **66**, 377–388 (2007).
67. Østerås, N. et al. Exercise for hand osteoarthritis. in *Cochrane Database of Systematic Reviews* (John Wiley & Sons, Ltd, 2017). doi:10.1002/14651858.CD010388.pub2.
68. Dziedzic, K. et al. Self-management approaches for osteoarthritis in the hand: a 2×2 factorial randomised trial. *Ann. Rheum. Dis.* **74**, 108–118 (2015).
69. Horváth, K., Kulisch, Á., Németh, A. & Bender, T. Evaluation of the effect of balneotherapy in patients with osteoarthritis of the hands: a randomized controlled single-blind follow-up study. *Clin. Rehabil.* **26**, 431–441 (2012).
70. Kovács, C. et al. The effect of sulphurous water in patients with osteoarthritis of hand. Double-blind, randomized, controlled follow-up study. *Clin. Rheumatol.* **31**, 1437–1442 (2012).
71. Gyarmati, N. et al. Evaluation of the Effect of Hévíz Mud in Patients with Hand Osteoarthritis: A Randomized, Controlled, Single-Blind Follow-Up Study. *Isr. Med. Assoc. J. IMAJ* **19**, 177–182 (2017).
72. Buhler, M. Chapple, Cm., et al. Effectiveness of Splinting for Pain and Function in People With Thumb Carpometacarpal Osteoarthritis: A Systematic Review With Meta-Analysis. *Osteoarthritis and cartilage* vol. 27 (2019).
73. Berggren, M., Joost-Davidsson, A., Lindstrand, J., Nylander, G. & Povlsen, B. Reduction in the need for operation after conservative treatment of osteoarthritis of the first carpometacarpal joint: a seven year prospective study. *Scand. J. Plast. Reconstr. Surg. Hand Surg.* **35**, 415–417 (2001).
74. Kloppenburg, M. et al. 2018 update of the EULAR recommendations for the management of hand osteoarthritis. *Ann. Rheum. Dis.* annrheumdis-2018-213826 (2018) doi:10.1136/annrheumdis-2018-213826.
75. Kloppenburg, M. Hand osteoarthritis-nonpharmacological and pharmacological treatments. *Nat. Rev. Rheumatol.* **10**, 242–251 (2014).

76. Smolen, J. S. *et al.* EULAR recommendations for the management of rheumatoid arthritis with synthetic and biological disease-modifying antirheumatic drugs. *Ann. Rheum. Dis.* **69**, 964–975 (2010).
77. Smolen, J. S. *et al.* EULAR recommendations for the management of rheumatoid arthritis with synthetic and biological disease-modifying antirheumatic drugs: 2013 update. *Ann. Rheum. Dis.* **73**, 492–509 (2014).
78. Hochberg, M. C. *et al.* American College of Rheumatology 2012 recommendations for the use of nonpharmacologic and pharmacologic therapies in osteoarthritis of the hand, hip, and knee. *Arthritis Care Res.* **64**, 465–474 (2012).
79. Meenagh, G., Patton, J., Kynes, C. & Wright, G. A randomised controlled trial of intra-articular corticosteroid injection of the carpometacarpal joint of the thumb in osteoarthritis. *Ann. Rheum. Dis.* **63**, 1260–1263 (2004).
80. Heyworth, B. E. *et al.* Hylan versus corticosteroid versus placebo for treatment of basal joint arthritis: a prospective, randomized, double-blinded clinical trial. *J. Hand Surg.* **33**, 40–48 (2008).
81. Velasco, E., Ribera, M. V. & Pi, J. Single-arm open-label study of Durolane (NASHA nonanimal hyaluronic acid) for the treatment of osteoarthritis of the thumb. *Open Access Rheumatol. Res. Rev.* **9**, 61–66 (2017).
82. Herold, C., Fleischer, O. & Allert, S. [Autologous fat injection for treatment of carpometacarpal joint osteoarthritis of the thumb - a promising alternative]. *Handchir. Mikrochir. Plast. Chir. Organ Deutschsprachigen Arbeitsgemeinschaft Handchir. Organ Deutschsprachigen Arbeitsgemeinschaft Mikrochir. Peripher. Nerven Gefasse Organ V* **46**, 108–112 (2014).
83. Herold, C., Rennekampff, H.-O., Groddeck, R. & Allert, S. Autologous Fat Transfer for Thumb Carpometacarpal Joint Osteoarthritis: A Prospective Study. *Plast. Reconstr. Surg.* (2017) doi:10.1097/PRS.00000000000003510.
84. Frouzakis, R., Herren, D. B. & Marks, M. Evaluation of expectations and expectation fulfillment in patients treated for trapeziometacarpal osteoarthritis. *J. Hand Surg.* **40**, 483–490 (2015).
85. Lögters, T., Gehrman, S. & Windolf, J. Aktuelle Aspekte zur Therapie der Rhizarthrose. *Unfallchirurg* **119**, 1000–1006 (2016).
86. Vermeulen, G. M. *et al.* Trapeziometacarpal arthrodesis or trapeziectomy with ligament reconstruction in primary trapeziometacarpal osteoarthritis: a randomized controlled trial. *J. Bone Joint Surg. Am.* **96**, 726–733 (2014).
87. Verbruggen, G., Wittoek, R., Cruyssen, B. V. & Elewaut, D. Tumour necrosis factor blockade for the treatment of erosive osteoarthritis of the interphalangeal finger joints: a double blind, randomised trial on structure modification. *Ann. Rheum. Dis.* **71**, 891–898 (2011).
88. Chevalier, X. *et al.* Adalimumab in patients with hand osteoarthritis refractory to analgesics and NSAIDs: a randomised, multicentre, double-blind, placebo-controlled trial. *Ann. Rheum. Dis.* **74**, 1697–1705 (2015).

89. Dimitroulas, T., Lambe, T., Klocke, R., Kitas, G. D. & Duarte, R. V. Biologic drugs as analgesics for the management of osteoarthritis. *Semin. Arthritis Rheum.* **0**, (2016).
90. Schnitzer, T. J. & Marks, J. A. A systematic review of the efficacy and general safety of antibodies to NGF in the treatment of OA of the hip or knee. *Osteoarthritis Cartilage* **23**, S8–S17 (2015).
91. Zeng, N. *et al.* Efficacy and safety of sprifermin injection for knee osteoarthritis treatment: a meta-analysis. *Arthritis Res. Ther.* **23**, 107 (2021).
92. Lindström, E. *et al.* The selective cathepsin K inhibitor MIV-711 attenuates joint pathology in experimental animal models of osteoarthritis. *J. Transl. Med.* **16**, 56 (2018).
93. Conaghan, P. G. *et al.* Disease-Modifying Effects of a Novel Cathepsin K Inhibitor in Osteoarthritis: A Randomized Controlled Trial. *Ann. Intern. Med.* **172**, 86–95 (2020).
94. Dinarello, C. A. Overview of the IL-1 family in innate inflammation and acquired immunity. *Immunol. Rev.* **281**, 8–27 (2018).
95. Brennan, F. M. & McInnes, I. B. Evidence that cytokines play a role in rheumatoid arthritis. *J. Clin. Invest.* **118**, 3537–3545 (2008).
96. Ghouri, A. & Conaghan, P. G. Update on novel pharmacological therapies for osteoarthritis. *Ther. Adv. Musculoskelet. Dis.* **11**, (2019).
97. Chevalier, X. *et al.* Intraarticular injection of anakinra in osteoarthritis of the knee: a multicenter, randomized, double-blind, placebo-controlled study. *Arthritis Rheum.* **61**, 344–352 (2009).
98. Fleischmann, R. M. *et al.* A Phase II Trial of Lutikizumab, an Anti-Interleukin-1 α/β Dual Variable Domain Immunoglobulin, in Knee Osteoarthritis Patients With Synovitis. *Arthritis Rheumatol. Hoboken NJ* **71**, 1056–1069 (2019).
99. Roemer, F. W., Eckstein, F., Hayashi, D. & Guermazi, A. The role of imaging in osteoarthritis. *Best Pract. Res. Clin. Rheumatol.* **28**, 31–60 (2014).
100. Wenham, C. Y. J., Grainger, A. J. & Conaghan, P. G. The role of imaging modalities in the diagnosis, differential diagnosis and clinical assessment of peripheral joint osteoarthritis. *Osteoarthr. Cartil. OARS Osteoarthr. Res. Soc.* **22**, 1692–1702 (2014).
101. Boesen, M. *et al.* Osteoarthritis year in review 2016: imaging. *Osteoarthritis Cartilage* **25**, 216–226 (2017).
102. van der Kraan, P. M. & van den Berg, W. B. Osteophytes: relevance and biology. *Osteoarthritis Cartilage* **15**, 237–244 (2007).
103. Guermazi, A., Roemer, F. W. & Hayashi, D. Imaging of osteoarthritis: update from a radiological perspective. *Curr. Opin. Rheumatol.* **23**, 484–491 (2011).
104. Haugen, I. K. & Boyesen, P. Imaging modalities in hand osteoarthritis--and perspectives of conventional radiography, magnetic resonance imaging, and ultrasonography. *Arthritis Res. Ther.* **13**, 248 (2011).

105. Guermazi, A. *et al.* Prevalence of abnormalities in knees detected by MRI in adults without knee osteoarthritis: population based observational study (Framingham Osteoarthritis Study). *BMJ* **345**, e5339 (2012).
106. Hayashi, D., Roemer, F. W. & Guermazi, A. Imaging for osteoarthritis. *Ann. Phys. Rehabil. Med.* **59**, 161–169 (2016).
107. Patil, P. & Dasgupta, B. Role of diagnostic ultrasound in the assessment of musculoskeletal diseases. *Ther. Adv. Musculoskelet. Dis.* **4**, 341–355 (2012).
108. Backhaus, M. *et al.* Guidelines for musculoskeletal ultrasound in rheumatology. *Ann. Rheum. Dis.* **60**, 641–649 (2001).
109. Keen, H. I. & Conaghan, P. G. Ultrasonography in Osteoarthritis. *Radiol. Clin. North Am.* **47**, 581–594 (2009).
110. Vlychou, M., Koutroumpas, A., Alexiou, I., Fezoulidis, I. & Sakkas, L. I. High-resolution ultrasonography and 3.0 T magnetic resonance imaging in erosive and nodal hand osteoarthritis: high frequency of erosions in nodal osteoarthritis. *Clin. Rheumatol.* **32**, 755–762 (2013).
111. Kortekaas, M. C. *et al.* Pain in hand osteoarthritis is associated with inflammation: the value of ultrasound. *Ann. Rheum. Dis.* **69**, 1367–1369 (2010).
112. Kortekaas, M. C., Kwok, W.-Y., Reijniere, M., Huizinga, T. W. J. & Kloppenburg, M. Osteophytes and joint space narrowing are independently associated with pain in finger joints in hand osteoarthritis. *Ann. Rheum. Dis.* **70**, 1835–1837 (2011).
113. Keen, H. I., Wakefield, R. J., Hensor, E. M. A., Emery, P. & Conaghan, P. G. Response of symptoms and synovitis to intra-muscular methylprednisolone in osteoarthritis of the hand: an ultrasonographic study. *Rheumatol. Oxf. Engl.* **49**, 1093–1100 (2010).
114. Klauser, A. S. *et al.* Sonographic criteria for therapy follow-up in the course of ultrasound-guided intra-articular injections of hyaluronic acid in hand osteoarthritis. *Eur. J. Radiol.* **81**, 1607–1611 (2012).
115. Hartung, W., Backhaus, M. & Ohrndorf, S. Gelenksonographie in der Rheumatologie. *Z. Für Rheumatol.* **72**, 791–803 (2013).
116. Szkudlarek, M. *et al.* Power Doppler ultrasonography for assessment of synovitis in the metacarpophalangeal joints of patients with rheumatoid arthritis: a comparison with dynamic magnetic resonance imaging. *Arthritis Rheum.* **44**, 2018–2023 (2001).
117. Möller, I. *et al.* Ultrasound in the study and monitoring of osteoarthritis. *Osteoarthritis Cartilage* **16**, Supplement 3, S4–S7 (2008).
118. Felson, D. T. *et al.* Osteophytes and progression of knee osteoarthritis. *Rheumatology* **44**, 100–104 (2005).
119. Mathiessen, A. *et al.* Ultrasonographic assessment of osteophytes in 127 patients with hand osteoarthritis: exploring reliability and associations with MRI, radiographs and clinical joint findings. *Ann. Rheum. Dis.* **72**, 51–56 (2013).

120. Szkudlarek, M. *et al.* Interobserver agreement in ultrasonography of the finger and toe joints in rheumatoid arthritis. *Arthritis Rheum.* **48**, 955–962 (2003).
121. Wakefield, R. J. *et al.* Musculoskeletal ultrasound including definitions for ultrasonographic pathology. *J. Rheumatol.* **32**, 2485–2487 (2005).
122. Arend, C. F. Ultrasonography in rheumatoid arthritis: what rheumatologists should know. *Rev. Bras. Reumatol.* **53**, 94–100 (2013).
123. Taljanovic, M. S. *et al.* High-Resolution US of Rheumatologic Diseases. *Radiogr. Rev. Publ. Radiol. Soc. N. Am. Inc* **35**, 2026–2048 (2015).
124. Kortekaas, M. C., Kwok, W.-Y., Reijnierse, M., Huizinga, T. W. J. & Kloppenburg, M. In erosive hand osteoarthritis more inflammatory signs on ultrasound are found than in the rest of hand osteoarthritis. *Ann. Rheum. Dis.* **72**, 930–934 (2013).
125. Keen, H. I. *et al.* The development of a preliminary ultrasonographic scoring system for features of hand osteoarthritis. *Ann. Rheum. Dis.* **67**, 651–655 (2008).
126. Keen, H. I. *et al.* Can ultrasonography improve on radiographic assessment in osteoarthritis of the hands? A comparison between radiographic and ultrasonographic detected pathology. *Ann. Rheum. Dis.* **67**, 1116–1120 (2008).
127. Torp-Pedersen, S., Bartels, E., Wilhjelm, J. & Bliddal, H. Articular Cartilage Thickness Measured with US is Not as Easy as It Appears: A Systematic Review of Measurement Techniques and Image Interpretation. *Ultraschall Med. - Eur. J. Ultrasound* **32**, 54–61 (2011).
128. Meenagh, G. *et al.* Ultrasound imaging for the rheumatologist VIII. Ultrasound imaging in osteoarthritis. *Clin. Exp. Rheumatol.* **25**, 172–175 (2007).
129. Patil, S. G., Zheng, Y. P., Wu, J. Y. & Shi, J. Measurement of depth-dependence and anisotropy of ultrasound speed of bovine articular cartilage in vitro. *Ultrasound Med. Biol.* **30**, 953–963 (2004).
130. Giulini M, Acar H, Brinks R, Schneider M, Ostendorf B, Sander O, Sewerin P. Prevalence and Pattern of Hand Osteoarthritis in a Working Population Using Ultrasound [abstract]. *Arthritis Rheumatol.* 2017; 69 (suppl 10). <https://acrabstracts.org/abstract/prevalence-and-pattern-of-hand-osteoarthritis-in-a-working-population-using-ultrasound/>. Accessed January 2, 2022.
131. Richter, J. G., Wessel, E., Klimt, R., Willers, R. & Schneider, M. [RheumaCheck: development and evaluation of a German language screening instrument for rheumatic diseases]. *Wien. Klin. Wochenschr.* **120**, 103–111 (2008).
132. Hammer, H. B. *et al.* Global ultrasound assessment of structural lesions in osteoarthritis: a reliability study by the OMERACT ultrasonography group on scoring cartilage and osteophytes in finger joints. *Ann. Rheum. Dis.* **75**, 402–407 (2016).
133. Mandl, P. *et al.* Relationship between radiographic joint space narrowing, sonographic cartilage thickness and anatomy in rheumatoid arthritis and control joints. *Ann. Rheum. Dis.* annrheumdis-2014-205585 (2014) doi:10.1136/annrheumdis-2014-205585.

134. van Saase, J. L., van Romunde, L. K., Cats, A., Vandenbroucke, J. P. & Valkenburg, H. A. Epidemiology of osteoarthritis: Zoetermeer survey. Comparison of radiological osteoarthritis in a Dutch population with that in 10 other populations. *Ann. Rheum. Dis.* **48**, 271–280 (1989).
135. Egger, P. *et al.* Patterns of joint involvement in osteoarthritis of the hand: the Chingford Study. *J. Rheumatol.* **22**, 1509–1513 (1995).
136. Hunter, D. J. *et al.* Chopstick arthropathy: the Beijing Osteoarthritis Study. *Arthritis Rheum.* **50**, 1495–1500 (2004).
137. Wilder, F. V., Barrett, J. P. & Farina, E. J. Joint-specific prevalence of osteoarthritis of the hand. *Osteoarthritis Cartilage* **14**, 953–957 (2006).
138. Neame, R. *et al.* Distribution of radiographic osteoarthritis between the right and left hands, hips, and knees. *Arthritis Rheum.* **50**, 1487–1494 (2004).
139. Kalichman, L., Li, L., Batsevich, V., Malkin, I. & Kobylansky, E. Prevalence, pattern and determinants of radiographic hand osteoarthritis in five Russian community-based samples. *Osteoarthritis Cartilage* **18**, 803–809 (2010).
140. Pereira, D. *et al.* The effect of osteoarthritis definition on prevalence and incidence estimates: a systematic review. *Osteoarthritis Cartilage* **19**, 1270–1285 (2011).
141. Marshall, M., Dziedzic, K. S., Windt, D. A. van der & Hay, E. M. A systematic search and narrative review of radiographic definitions of hand osteoarthritis in population-based studies. *Osteoarthritis Cartilage* **16**, 219–226 (2008).
142. Zhang, Y. *et al.* Lower prevalence of hand osteoarthritis among Chinese subjects in Beijing compared with white subjects in the United States: The Beijing Osteoarthritis Study. *Arthritis Rheum.* **48**, 1034–1040 (2003).
143. Dahaghin, S. *et al.* Prevalence and pattern of radiographic hand osteoarthritis and association with pain and disability (the Rotterdam study). *Ann. Rheum. Dis.* **64**, 682–687 (2005).
144. Kwok, W. Y. *et al.* Erosive hand osteoarthritis: its prevalence and clinical impact in the general population and symptomatic hand osteoarthritis. *Ann. Rheum. Dis.* **70**, 1238–1242 (2011).
145. Sowers, M., Lachance L., Hocherg M., Jamadar, D. Radiographically defined osteoarthritis of the hand and knee in young and middle-aged African American and Caucasian women. *Osteoarthritis Cartilage* **8**, 69–77 (2000).
146. Kodama, R. *et al.* Prevalence of hand osteoarthritis and its relationship to hand pain and grip strength in Japan: The third survey of the ROAD study. *Mod. Rheumatol.* **26**, 767–773 (2016).
147. Caspi, D. *et al.* Clinical, radiologic, demographic, and occupational aspects of hand osteoarthritis in the elderly. *Semin. Arthritis Rheum.* **30**, 321–331 (2001).
148. Zhang, Y. *et al.* Prevalence of symptomatic hand osteoarthritis and its impact on functional status among the elderly: The Framingham Study. *Am. J. Epidemiol.* **156**, 1021–1027 (2002).

149. Carmona, L., Ballina, J., Gabriel, R. & Laffon, A. The burden of musculoskeletal diseases in the general population of Spain: results from a national survey. *Ann. Rheum. Dis.* **60**, 1040–1045 (2001).
150. Andrianakos, A. A. *et al.* Prevalence of symptomatic knee, hand, and hip osteoarthritis in Greece. The ESORDIG study. *J. Rheumatol.* **33**, 2507–2513 (2006).
151. Vlychou, M., Koutroumpas, A., Malizos, K. & Sakkas, L. I. Ultrasonographic evidence of inflammation is frequent in hands of patients with erosive osteoarthritis. *Osteoarthritis Cartilage* **17**, 1283–1287 (2009).
152. Wittoek, R., Carron, P. & Verbruggen, G. Structural and inflammatory sonographic findings in erosive and non-erosive osteoarthritis of the interphalangeal finger joints. *Ann. Rheum. Dis.* **69**, 2173–2176 (2010).
153. Kwok, W. Y. *et al.* Validity of joint space width measurements in hand osteoarthritis. *Osteoarthritis Cartilage* **19**, 1349–1355 (2011).
154. Sowers, M., Lachance L., Hocherg M., Jamadar, D. Radiographically defined osteoarthritis of the hand and knee in young and middle-aged African American and Caucasian women. *Osteoarthritis Cartilage* **8**, 69–77 (2000).
155. Hart, D. J. & Spector, T. D. Kellgren & Lawrence grade 1 osteophytes in the knee—doubtful or definite? *Osteoarthritis Cartilage* **11**, 149–150 (2003).
156. Mathiessen, A., Slatkowsky-Christensen, B., Kvien, T. K., Haugen, I. K. & Berner Hammer, H. Ultrasound-detected osteophytes predict the development of radiographic and clinical features of hand osteoarthritis in the same finger joints 5 years later. *RMD Open* **3**, (2017).
157. Plato, C. C. & Norris, A. H. Osteoarthritis of the hand: age-specific joint-digit prevalence rates. *Am. J. Epidemiol.* **109**, 169–180 (1979).
158. Kallman, D. A., Wigley, F. M., Scott, W. W., Hochberg, M. C. & Tobin, J. D. The longitudinal course of hand osteoarthritis in a male population. *Arthritis Rheum.* **33**, 1323–1332 (1990).
159. Cooper, C. *et al.* Generalized osteoarthritis in women: pattern of joint involvement and approaches to definition for epidemiological studies. *J. Rheumatol.* **23**, 1938–1942 (1996).
160. Acheson, R. M. & Collart, A. B. New Haven survey of joint diseases. XVII. Relationship between some systemic characteristics and osteoarthrosis in a general population. *Ann. Rheum. Dis.* **34**, 379–387 (1975).
161. Peyron, J. G. Epidemiologic and etiologic approach of osteoarthritis. *Semin. Arthritis Rheum.* **8**, 288–306 (1979).
162. Kalichman, L., Cohen, Z., Kobylansky, E. & Livshits, G. Patterns of joint distribution in hand osteoarthritis: Contribution of age, sex, and handedness. *Am. J. Hum. Biol.* **16**, 125–134 (2004).
163. Bagge, E., Bjelle, A., Valkenburg, H. A. & Svanborg, A. Prevalence of radiographic osteoarthritis in two elderly European populations. *Rheumatol. Int.* **12**, 33–38 (1992).

164. Srikanth, V. K., *et al.* A Meta-Analysis of Sex Differences Prevalence, Incidence and Severity of Osteoarthritis. *Osteoarthritis and cartilage* vol. **13**, 769-781 (2005).
165. Wittoek, R., Carron, P. & Verbruggen, G. Structural and inflammatory sonographic findings in erosive and non-erosive osteoarthritis of the interphalangeal finger joints. *Ann. Rheum. Dis.* **69**, 2173–2176 (2010).
166. Tan, A. L. *et al.* High-resolution magnetic resonance imaging for the assessment of hand osteoarthritis. *Arthritis Rheum.* **52**, 2355–2365 (2005).
167. Scheel, A. K. *et al.* A novel ultrasonographic synovitis scoring system suitable for analyzing finger joint inflammation in rheumatoid arthritis. *Arthritis Rheum.* **52**, 733–743 (2005).
168. Scheel, A. K. *et al.* Interobserver reliability of rheumatologists performing musculoskeletal ultrasonography: results from a EULAR ‘Train the trainers’ course. *Ann. Rheum. Dis.* **64**, 1043–1049 (2005).
169. Vlad, V. *et al.* Ultrasound in rheumatoid arthritis - volar versus dorsal synovitis evaluation and scoring. *BMC Musculoskelet. Disord.* **12**, 124 (2011).
170. Wakefield R J, W. W. G. The value of sonography in the detection of bone erosions in patients with rheumatoid arthritis: a comparison with conventional radiography. *Arthritis Rheum.* **43**, 2762–70 (2001).
171. Filippucci, E. *et al.* Interobserver reliability of ultrasonography in the assessment of cartilage damage in rheumatoid arthritis. *Ann. Rheum. Dis.* **69**, 1845–1848 (2010).
172. Hammer, H. B. *et al.* Examination of intra and interrater reliability with a new ultrasonographic reference atlas for scoring of synovitis in patients with rheumatoid arthritis. *Ann. Rheum. Dis.* **70**, 1995–1998 (2011).
173. Keen, H. I. *et al.* An ultrasonographic study of osteoarthritis of the hand: Synovitis and its relationship to structural pathology and symptoms. *Arthritis Care Res.* **59**, 1756–1763 (2008).
174. Mancarella, L. *et al.* Ultrasound-detected synovitis with power Doppler signal is associated with severe radiographic damage and reduced cartilage thickness in hand osteoarthritis. *Osteoarthritis Cartilage* **18**, 1263–1268 (2010).
175. Arrestier, S. *et al.* Ultrasound features of nonstructural lesions of the proximal and distal interphalangeal joints of the hands in patients with finger osteoarthritis. *Joint Bone Spine* **78**, 65–69 (2011).
176. Backhaus, M. *et al.* Arthritis of the finger joints: a comprehensive approach comparing conventional radiography, scintigraphy, ultrasound, and contrast-enhanced magnetic resonance imaging. *Arthritis Rheum.* **42**, 1232–1245 (1999).
177. Wakefield, R. J. *et al.* Should oligoarthritis be reclassified? Ultrasound reveals a high prevalence of subclinical disease. *Ann. Rheum. Dis.* **63**, 382–385 (2004).
178. Karim, Z. *et al.* Validation and reproducibility of ultrasonography in the detection of synovitis in the knee: a comparison with arthroscopy and clinical examination. *Arthritis Rheum.* **50**, 387–394 (2004).

179. Szkudlarek, M. *et al.* Ultrasonography of the metatarsophalangeal joints in rheumatoid arthritis: comparison with magnetic resonance imaging, conventional radiography, and clinical examination. *Arthritis Rheum.* **50**, 2103–2112 (2004).
180. Szkudlarek, M. *et al.* Ultrasonography of the metacarpophalangeal and proximal interphalangeal joints in rheumatoid arthritis: a comparison with magnetic resonance imaging, conventional radiography and clinical examination. *Arthritis Res. Ther.* **8**, R52 (2006).
181. Grainger, A. J. *et al.* MR imaging of erosions in interphalangeal joint osteoarthritis: is all osteoarthritis erosive? *Skeletal Radiol.* **36**, 737–745 (2007).
182. Neuprez, A. *et al.* Assessment and determinants of aesthetic discomfort in hand osteoarthritis. *Ann. Rheum. Dis.* **74**, 1942 (2015).
183. Lopez-Ben, R., Bernreuter, W. K., Moreland, L. W. & Alarcon, G. S. Ultrasound detection of bone erosions in rheumatoid arthritis: a comparison to routine radiographs of the hands and feet. *Skeletal Radiol.* **33**, 80–84 (2004).
184. Bajaj, S., Lopez-Ben, R., Oster, R. & Alarcón, G. S. Ultrasound detects rapid progression of erosive disease in early rheumatoid arthritis: a prospective longitudinal study. *Skeletal Radiol.* **36**, 123–128 (2007).
185. Iagnocco, A. *et al.* High resolution ultrasonography in detection of bone erosions in patients with hand osteoarthritis. *J. Rheumatol.* **32**, 2381–2383 (2005).
186. van 't Klooster, R. *et al.* Automatic quantification of osteoarthritis in hand radiographs: validation of a new method to measure joint space width. *Osteoarthritis Cartilage* **16**, 18–25 (2008).

6 Anhang


<div style="text-align: center;">  <p>RWE-Rheuma Truck-Aktionscode</p> <h1 style="font-size: 2em;">Einverständniserklärung</h1> <p><i>bitte doppelseitig und zweifach ausdrucken und mitbringen</i></p> <p>Sollte bei Ihnen ein Ergebnis aus dem Schnelltest oder RheumaCheck positiv sein, möchten wir Ihnen für weitere Antikörperbestimmung ein Röhrchen (10 ml) Blut, aus dem wir Serum herstellen, aus einer Vene abnehmen. Die Antikörperbestimmung aus dem Serum wird allerdings erst nach dem Ende der gesamten Truck Tour, d.h. ab Oktober 2013 vorgenommen. Wenn Sie das Ergebnis unserer Analysen erfahren möchten, benötigen wir Ihre Adresse.</p> <p style="text-align: center;"><u>Einwilligung zum Datenschutz</u></p> <p>Ich erkläre mich einverstanden, dass im Rahmen des Rheuma Truck Projekts erhobene Daten in Papierform oder auf elektronischen Datenträgern im Universitätsklinikum Düsseldorf, Poliklinik für Rheumatologie, Kooperatives Rheumazentrum Rhein-Ruhr e.V., Moorenstr. 5, 40225 Düsseldorf aufgezeichnet und gespeichert werden. Die Blutproben dürfen pseudonymisiert (verschlüsselt) an das Labor der Firma Protagen in Dortmund weitergegeben und für laborchemische Untersuchungen zur Prognoseabschätzung (z.B. Antikörper gegen citrullinierte Eiweiße) verwendet werden.</p> <p>Bitte ankreuzen Ja <input type="checkbox"/> Nein <input type="checkbox"/></p> <p>Ich bin darüber aufgeklärt worden, dass ich meine Einwilligung in die Aufzeichnung, Speicherung und Verwendung meiner Daten jederzeit widerrufen kann. Bei einem Widerruf werden meine Daten unverzüglich gelöscht und die Blutprobe/das Serum vernichtet. Bereits anonymisierte Daten sind jedoch von der Löschung ausgeschlossen, da sie nicht mehr auf Ihre Person zurückführbar sind. Für einen Widerruf wenden Sie sich an das Kooperative Rheumazentrum Rhein-Ruhr e.V., Moorenstr. 5, 40225 Düsseldorf.</p> <p>Bitte ankreuzen Ja <input type="checkbox"/> Nein <input type="checkbox"/></p> <p>Ich erkläre mich einverstanden, dass meine Blutprobe/das Serum und Daten nach Beendigung des Rheuma Truck Projekts 10 Jahre aufbewahrt werden. Danach werden meine personenbezogenen Daten gelöscht und die Blutprobe/das Serum vernichtet.</p> <p>Bitte ankreuzen Ja <input type="checkbox"/> Nein <input type="checkbox"/></p> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-top: 10px;"> <p>Datenschutzerklärung</p> <p>Wenn Sie sich entscheiden, uns Ihre persönlichen Daten zu überlassen, behandeln wir diese Informationen gemäß der geltenden Datenschutzgesetze. Ihre personenbezogenen Daten werden gemäß § 4 Abs. 1 des Datenschutzgesetzes NRW und des Bundesdatenschutzgesetzes (BDSG) gespeichert. Wir verpflichten uns, personenbezogene Daten sorgfältig, d.h. ausschließlich für die angezeigten Zwecke zu verwenden. Wir teilen niemandem Ihre Kontaktinformationen mit. Ihre Daten werden nicht für Werbezwecke verwendet.</p> <p><input type="checkbox"/> Ich bin damit einverstanden, dass meine Daten entsprechend der o.g. Regularien gespeichert werden.</p> </div> <p style="text-align: right; font-size: 0.8em;">bitte wenden</p> </div>	<p>RWE-Rheuma Truck-Aktionscode:</p> <p>EINVERSTÄNDNISERKLÄRUNG – Aufklärung – Venöse Blutentnahme</p> <p>Risiken bei der Blutentnahme:</p> <p>Wie zu einer Routineblutentnahme werden Ihnen unter sterilen Bedingungen 10 ml Blut aus einer peripheren Vene entnommen. Die Risiken einer Blutentnahme sind: Lokale Infektion ("bakterielle Entzündung, Vereiterung"), Fehlpunktion der Vene und anschließende Ausbildung eines Blutergusses (Hämatom), sehr selten Fehlpunktion einer Schlagader, Schädigung eines Hautnervs mit der möglichen Folge dauerhafter Schmerzen und/oder bleibender Funktionseinschränkungen. Alle oben genannten Risiken sind extrem selten.</p> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-top: 10px;"> <p>Ich bin ausführlich und verständlich über Art und Tragweite im Vorfeld der Untersuchung (per Intranet oder schriftlich) aufgeklärt worden. Ferner habe ich die Einverständniserklärung durchgelesen.</p> <p>bitte kreuzen Sie alle Aussagen an, denen Sie zustimmen</p> <p><input type="checkbox"/> Ich hatte ausreichend Zeit und Gelegenheit zur Entscheidung, bevor ich meine Entscheidung zur Teilnahme an dieser Untersuchung getroffen habe, meine Fragen sind ausreichend und verständlich beantwortet worden.</p> <p><input type="checkbox"/> Eine Kopie dieser Informationen zum Truckprojekt und dieser Einverständniserklärung habe ich erhalten.</p> <p><input type="checkbox"/> Ich erkläre mich bereit, an dem Blutschnelltest der RheumaCheck-Analyse teilzunehmen.</p> <p><input type="checkbox"/> Ich erkläre mich zu einer venösen Blutabnahme bereit</p> </div> <p>bitte ankreuzen</p> <p><input type="checkbox"/> Ja, ich bin damit einverstanden, dass man mich kontaktiert, um mir das Ergebnis laborchemischen Analyse mitzuteilen</p> <p><input type="checkbox"/> Nein, ich möchte nicht kontaktiert werden</p> <p>Name/ Unterschrift: _____ Ort/Datum _____</p> <p>Straße, PLZ, Ort: _____</p> <p>Gegengezeichnet: Kooperatives Rheumazentrum Rhein-Ruhr e.V. _____</p>
--	--

Abb. 24: Die Einverständniserklärung: Die Einverständniserklärung wurde von jedem Besucher zwei Mal ausgefüllt, bevor die Stationen des Rheumatrucks durchlaufen wurden. Eine Version wurde im Truck abgegeben, aus rechtlichen Gründen, die andere konnte der Besucher mit nach Hause nehmen. Sie beinhaltet unter anderem das Einverständnis des Besuchers über den Verbleib seiner persönlichen Daten, die Abnahme einer Blutprobe, deren externe Auswertung und die Mitteilung der Ergebnisse sowie das Widerrufsrecht.

Danksagung

Ich möchte mich hiermit ganz herzlich bei allen Kolleginnen und Kollegen der Poliklinik und des Funktionsbereichs für Rheumatologie des Universitätsklinikums Düsseldorf bedanken, besonders bei Prof. Dr. Matthias Schneider, Prof. Dr. Ben Ostendorf und bei meinem Betreuer Dr. Philipp Sewerin, der mich zu jeder Zeit unterstützt hat. Außerdem gilt mein Dank Prof. Dr. Ralph Brinks, Prof. Dr. Stefan Vordenbäumen, Prof. Dr. Jutta Richter, Dr. Oliver Sander, Hasan Acar, Martina Brandes sowie dem Rheumazentrum Rhein-Ruhr und allen Personen, die an dem Projekt Rheumatruck beteiligt waren.

Zudem möchte ich mich bei meiner Familie, Franziska Schwarzer und meinen Freunden bedanken. Ein besonderer Dank gebührt dabei meiner Mutter Martina Giuliani und meinem Vater Hanno Giuliani, die mich auf all meinen Wegen begleitet und unterstützt haben. Zudem möchte ich mich bei meinen Geschwistern Nino Giuliani und Chiara Giuliani bedanken, die ich an meiner Seite nicht missen möchte.

Eidesstattliche Versicherung

Ich versichere an Eides statt, dass die Dissertation selbständig und ohne unzulässige fremde Hilfe erstellt und die hier vorgelegte Dissertation nicht von einer anderen Medizinischen Fakultät abgelehnt worden ist.

Frankfurt, 24.10.2022



Ort, Datum

Mario Giulini