

**Wissenschaftliche Empfehlung für die Berufskrankheit  
„Gonarthrose bei professionellen Fußballspielerinnen und Fußballspielern nach  
mindestens 13-jähriger Expositionsdauer“**

- Bek. d. BMAS vom 12.04.2024 - IVa4-45226-2 -  
Gonarthrose im Profifußball -

**GMBI. 17/2024 vom 12.04.2024, S. 331 ff.**

Der Ärztliche Sachverständigenbeirat Berufskrankheiten beim Bundesministerium für Arbeit und Soziales hat am 24.03.2023 empfohlen, eine neue Berufskrankheit mit der vorgenannten Legaldefinition **„Gonarthrose bei professionellen Fußballspielerinnen und Fußballspielern nach mindestens 13-jähriger Expositionsdauer“** in die Anlage 1 der Berufskrankheiten-Verordnung aufzunehmen.

Diese Empfehlung wird wie folgt begründet:

1. Vorkommen und Gefahrquellen.....	2
2. Pathophysiologie.....	13
3. Epidemiologie.....	15
3.1 Querschnittstudien.....	15
3.2 Fall-Kontroll-Studien.....	20
3.3 Kohortenstudien.....	21
3.4 Systematische Reviews.....	22
3.5 Sonstige Bewertungen des Gonarthroserisikos im Profifußball.....	36
4. Krankheitsbild und Diagnose.....	44
5. Abgrenzung der „besonderen Personengruppe“ gemäß § 9 Absatz 1 SGB VII.....	46
6. Anzeigekriterien.....	47
7. Literatur.....	48

## 1. Vorkommen und Gefahrquellen

Fußball ist ein Mannschaftssport, bei dem zwei Mannschaften, die jeweils aus einem Torwart und zehn Feldspielern bestehen, auf einem rechteckigen Platz mit einer Seitenlänge von 90 - 120 m und einer Breite von 45 - 90 m mit einem Ball spielen und versuchen, Tore zu schießen. Fußball ist die beliebteste Sportart in Deutschland. Dem Deutschen Fußballbund gehören ca. 7,2 Millionen Mitglieder an, darunter 1,1 Millionen Mädchen und Frauen. Fußball wird in ca. 145.000 Mannschaften in ca. 24.000 Fußballvereinen gespielt (Deutscher Fußballbund 2020 a und b).

Die Intensität des professionellen Fußballsports hat in den letzten Jahren zugenommen. In einer Analyse aller Mannschaften der ersten schwedischen Fußballliga der Männer im Jahr 1982 und 2001 berichteten Hägglund et al. (2003) darüber, dass die Anzahl der Trainingseinheiten pro Saison im o.g. Zeitraum von 119 auf 195 zunahm, während die Anzahl der Spiele von 41 auf 33 sank. Die Gesamtexpositionsdauer (Training und Spiel) stieg von  $237 \pm 64$  auf  $322 \pm 62$  Stunden pro Saison (alle Vergleiche jeweils  $p < 0,001$ ). Stubbe et al. (2015) fanden in einer Analyse von 217 männlichen Fußballspielern in acht Erstligaclubs in den Niederlanden, dass in der Saison vom 31.7.2009 bis 2.5.2010 die mittlere Trainingsdauer pro Spieler bei  $189,0 \pm 71,5$  Stunden und die mittlere Spieldauer bei  $23,9 \pm 21,6$  Stunden lag. Vergleichbare Analysen in Deutschland liegen nicht vor.

Fußball ist ein Ausdauersport, in dem während der Spielzeit von 90 Minuten männliche Fußballer Distanzen von ca. 10 bis 12 km zurücklegen, darunter:

- ca. 3,7 - 7,0 km im Gehen mit 0 - 7 km pro Stunde
- ca. 4,2 - 5,2 km laufend mit einer Geschwindigkeit von 7 - 14 km pro Stunde
- ca. 1,2 - 2,2 km laufend mit einer Geschwindigkeit von 20 - 25 km pro Stunde und
- ca. 0,1 - 1,1 km in Form von Sprints mit einer Geschwindigkeit von über 23 - 25 km pro Stunde

(Di Salvo et al. 2006 und 2009, Bradley et al. 2009 und 2010, Dalen et al. 2016 sowie Vigh-Larsen et al. 2017).

Die pro Spiel zurückgelegte Distanz ist stark abhängig von der Spielposition. Sie ist am niedrigsten bei Torleuten (ca. 5,6 km pro Spiel), gefolgt von Innenverteidigern (10,0 - 10,6 km pro Spiel), Angreifern (10,1 - 11,3 km pro Spiel), Außenverteidigern (11,4 - 11,5 km pro Spiel) und Mittelfeldspielern (10,8 - 12,3 km pro Spiel) (Di Salvo et al. 2006 und 2008, Wehbe et al. 2014, Ingebrigtsen et al. 2015, Dalen et al. 2016).

Bei Fußballspielerinnen in der ersten Liga lag die mittlere zurückgelegte Distanz ebenfalls bei ca. 10 km und war am niedrigsten bei Innenverteidigerinnen (9,2 km) und am höchsten bei Mittelfeldspielerinnen (10,6 km). Von diesen Distanzen wurden zwischen 1,8 - 2,9 km im Laufen mit einer Geschwindigkeit zwischen 12,2 - 19,0 km pro Stunde und 0,4 - 0,9 km mit einer Geschwindigkeit von über 19 km pro Stunde zurückgelegt. Ca. 25 Laufvorgänge pro Spiel betrafen eine Distanz von unter 10 m sowie ca. 5,3 und 1 Laufvorgang eine Distanz von 10 - 20, 20 - 30 und über 30 m (Mara et al. 2017a).

Die o.g. Distanzen werden beim Fußball nicht mit einer gleichmäßigen Geschwindigkeit zurückgelegt. Vielmehr besteht das Spiel aus einem ständigen Beschleunigen und Abstoppen. Wehbe et al. (2014) beobachteten bei männlichen Profifußballern der ersten australischen Liga in Abhängigkeit von der Spielposition 4,8 - 8,0 Beschleunigungsvorgänge um  $> 4,0 \text{ m/s}^2$  sowie 16,0 - 32,1 Abstoppvorgänge um  $< - 4,0 \text{ m/s}^2$ . Pro Spiel wurden bei männlichen Profifußballern der ersten norwegischen Liga in Abhängigkeit von der Spielposition 61 - 87 Beschleunigungs- und 40 - 60 Abstoppvorgänge von mindestens  $2 \text{ m/s}^2$  bzw.  $- 2 \text{ m/s}^2$  beobachtet (Dalen et al. 2016). Vigh-Larsen et al. (2017) ermittelten bei männlichen Profifußballern der ersten dänischen Liga in Abhängigkeit von der Spielposition 129 - 190 Beschleunigungsvorgänge um mindestens  $1 \text{ m/s}^2$  sowie 61 - 99 Abstoppvorgänge um mindestens  $- 1 \text{ m/s}^2$ . Dagegen ermittelten Mara et al. (2017b) bei Fußballspielerinnen der ersten australischen Liga 423 Beschleunigungsvorgänge pro Spiel von mindestens  $2 \text{ m/s}^2$  und 430 Abstoppvorgänge von mindestens  $- 2 \text{ m/s}^2$  (Mara et al. 2017). Die beobachteten Unterschiede dürften methodisch bedingt sein.

Die Anzahl der Sprints mit einer Geschwindigkeit von über 25 km/Stunde schwankt zwischen:

- $17,3 \pm 8,7$  bei Innenverteidigern
- $23,5 \pm 12,2$  bei Spielern im zentralen Mittelfeld
- $29,5 \pm 11,7$  bei Außenverteidigern
- $30,0 \pm 12,0$  bei Angreifern und
- $35,8 \pm 13,4$  bei Spielern im äußeren Mittelfeld (Di Salvo et al. 2010).

Profifußballer sind einem erhöhten Verletzungsrisiko im Bereich der Kniegelenke ausgesetzt (Klein et al. 2018). Dabei wird zwischen sogenannten Makroverletzungen (vor allem Kreuzbandruptur, Meniskusruptur und Fraktur mit Kniegelenksbeteiligung) und Mikroverletzungen (Folgen von Distorsionen und Kontusionen) unterschieden (Spahn et al. 2015).

Roos et al. (1994) ermittelten bei 71 ehemaligen professionellen und 71 ehemaligen nicht professionellen männlichen Fußballspielern in Malmö/Schweden sowie bei 142 Kontrollprobanden, bei denen es sich um eine Zufallsstichprobe der Wohnbevölkerung in Malmö handelte, die Häufigkeit von Meniskektomien und Operationen des vorderen Kreuzbandes, die im Zentralkrankenhaus

Malmö im Zeitraum 1930 - 1989 durchgeführt wurden. Dabei handelt es sich um die Klinik, in der alle Kniegelenksoperationen und Operationen des vorderen Kreuzbandes im o.g. Zeitraum in Malmö erfolgten. Alle drei Untersuchungsgruppen waren nach dem Alter (Mittelwerte 62,7, 61,2 und 62,7 Jahre) vergleichbar. Meniskektomien waren bei professionellen und nicht professionellen Fußballspielern häufiger als bei den Kontrollprobanden (16,9, 7,0 und 2,1 %). Dagegen traten Operationen des vorderen Kreuzbandes nur bei professionellen Fußballspielern auf (4,2, 0 und 0 %). An der Studie ist der geringe Stichprobenumfang der untersuchten Profifußballer zu kritisieren.

Arendt und Dick (1995) berichteten über die Häufigkeit von Kniegelenksverletzungen bei Fußballerinnen und Fußballern der amerikanischen Universitäten. Als Verletzung wurde eine traumabedingte Einschränkung der Teilnahme am Training oder Spielbetrieb für mindestens einen Tag angesehen. Auf Kniegelenksverletzungen entfielen 16 % aller Verletzungen bei männlichen Fußballspielern und 19 % bei Fußballspielerinnen. Die Rate von Kniegelenksverletzungen lag bei 1,3 pro 1000 Trainings- bzw. Spieleinheiten bei Männern und 1,6 pro 1000 bei Frauen. Die häufigsten Kniegelenksverletzungen betrafen das Kollateralband und traten bei Frauen signifikant häufiger auf als bei Männern (0,62 versus 0,51 pro 1.000 Expositionen,  $p < 0,02$ ). Die zweithäufigste Verletzung betraf den Kniegelenksknorpel oder den Meniskus und trat ebenfalls häufiger bei Fußballspielerinnen auf (0,34 versus 0,19 pro 1.000 Expositionen,  $p < 0,001$ ). Die dritthäufigste Kniegelenksverletzung betraf die Patella oder die Patellasehne und trat ebenfalls häufiger bei Fußballspielerinnen auf (0,30 versus 0,21 pro 1.000 Expositionen,  $p < 0,01$ ). Die vierthäufigste Verletzung betraf das vordere Kreuzband. Auch davon waren Fußballspielerinnen häufiger betroffen (0,31 versus 0,13 pro 1.000 Expositionen,  $p < 0,001$ ).

Kettunen et al. (2001) berichteten über die Befragung von 1.321 ehemaligen männlichen Sportlern (Alter  $68 \pm 9,4$  Jahre), die Finnland zwischen 1920 und 1975 bei olympischen Spielen, Welt- oder Europameisterschaften und anderen internationalen Wettbewerben vertreten hatten, darunter 92 Fußballer. Ferner wurde eine Kontrollgruppe von 814 Männern befragt, die erfolgreich die Musterungsuntersuchung für die Armee absolviert hatten (Alter  $62,4 \pm 8,1$  Jahre). Ehemalige Fußballspieler gaben signifikant häufiger an, dass bei ihnen ein Arzt eine Meniskusverletzung diagnostiziert habe (45%), als Schützen (15%) und Kontrollprobanden (15,4%). Ferner berichteten die Fußballer signifikant häufiger als Schützen und Kontrollprobanden darüber, dass bei ihnen ein Arzt eine Bandverletzung im Bereich des Knies diagnostiziert habe (41 versus 9 und 11 %). 52 % der Fußballspieler gaben an, dass sie wegen einer Kniegelenksverletzung im Krankenhaus behandelt werden mussten. Die Vergleichswerte für die Schützen und Kontrollprobanden wurden nicht mitgeteilt. An der Studie ist zu kritisieren, dass die Diagnosesicherung ausschließlich anamnestisch erfolgte. Diese Art der Diagnosesicherung ist sehr fehleranfällig. Ferner fehlt eine Altersadjustierung. Schließlich ist der Stichprobenumfang von 92 befragten Fußballern gering.

Larsen et al. (1999) legten die Ergebnisse einer Querschnittstudie bei 69 ehemaligen Fußballspielern mit einem Median des Alters von 51 Jahren (Bereich 30 - 74 Jahre) vor, die mindestens einmal für das dänische Fußballnationalteam gespielt hatten. Eine nicht exponierte Kontrollgruppe fehlt. Bei den Fußballspielern wurde unter anderem eine Befragung in Bezug auf die Häufigkeit von Kniegelenksverletzungen durchgeführt. Als Kniegelenksverletzung wurde ein Trauma im Bereich des Kniegelenkes definiert, das zu Schmerzen und / oder Schwellung und zu einer ärztlichen Untersuchung führte. Solche Kniegelenksverletzungen traten bei 57 % der ehemaligen Fußballspieler auf, darunter am häufigsten Verletzungen des medialen Kollateralbandes (30,4 %), des Meniskus (17,4 %), des vorderen Kreuzbandes (5,8 %), des vorderen Kreuzbandes und des Meniskus (2,9 %), des lateralen Kollateralbandes (2,9 %) sowie unbekannte Kniegelenksverletzungen (72 %). Die Studie leidet darunter, dass die Diagnosesicherung der Verletzungen ausschließlich auf anamnestischen Angaben basiert und nicht durch Einsichtnahme in ärztliche Unterlagen validiert wurde. Dies kann vielfältige Fehlermöglichkeiten mit sich bringen. Ferner ist an der Studie zu kritisieren, dass ihr nicht zu entnehmen ist, ob männliche oder weibliche Fußballspieler befragt wurden.

Östenberg und Roos (2000) fanden in einer prospektiven Studie bei 123 Fußballspielerinnen in acht schwedischen Clubs, die in einer der fünf Spielklassen für Frauen spielten, dass 38,2 % der Spielerinnen in der Saison 1996 mindestens einmal eine Verletzung erlitten, die zu Arbeitsunfähigkeit während des nächsten Trainings oder Spiels führte. 18 % der Verletzungen waren mit einer Arbeitsunfähigkeitsdauer von > 30 Tagen schwer. Die Verletzungen betrafen am häufigsten die Knie (26,2 %), die Füße (12,3 %), den Oberschenkel (10,8 %), das Sprunggelenk (10,8 %) und die Leiste (7,7 %). Am häufigsten traten Muskelverletzungen (18,5 %), Verletzungen der Bänder (13,8 %), Prellungen (12,3 %), Verletzungen der Sehnen und Schleimbeutel (1,5 %), Dislokationen (3,1 %) und Frakturen (3,1 %) auf. Die Studie leidet darunter, dass ihr Angaben zur Häufigkeit der o.g. Makroverletzungen fehlen.

Turner et al. (2000) befragten 515 Mitglieder von fünf englischen Fußballvereinigungen, von denen 284 (55 %) antworteten. Die Fußballspieler hatten ein mittleres Alter von 56 Jahren und hatten durchschnittlich 13 Jahre professionell Fußball gespielt. 63 % der antwortenden Fußballspieler hatten in der ersten englischen Fußball-Liga gespielt. Der Studie ist nicht zu entnehmen, in welchen Ligen die anderen Spieler tätig waren. 43 % der Befragten gaben an, dass sie während ihrer Karriere als Fußballer eine Kniegelenksverletzung erlitten hätten, die eine konservative Therapie (Physiotherapie, Akupunktur oder Massage) erforderlich machte. An der Studie ist zu kritisieren, dass eine Kontrollgruppe fehlt, die Art der Kniegelenksverletzungen nicht erfragt wurde und die Angaben zu Kniegelenksverletzungen lediglich anamnestisch erhoben wurden, was zu Fehlern führen kann.

Drawer und Fuller (2001) führten eine standardisierte Befragung per Post von 500 ehemaligen professionellen Fußballspielern in Großbritannien durch, von denen 185 (37%) antworteten. Ein Vergleich der teilnehmenden mit den nicht teilnehmenden Fußballspielern wurde nicht durchgeführt. Eine Kontrollgruppe fehlt. 125 der 185 Befragten gaben einen Grund für ihr Karriereende an, darunter 42 % eine akute Verletzung und 58 % eine chronische Verletzung. Von den akuten Verletzungen betrafen 46 % die Knie, 21 % die Sprunggelenke, 15 % die Lendenwirbelsäule und 12 % die Unterschenkel. Von der Art der Verletzungen dominierte bei den akuten Traumata Verletzungen der Sehnen (36 %), Frakturen und Dislokationen der Knochen (27 %) und Knorpelschäden (21 %). Diese Angaben spezifisch für die einzelnen akut verletzten Gelenke wurden nur in Form einer Abbildung wiedergegeben, der genaue Prozentsätze nicht zu entnehmen sind. Es ist jedoch offenkundig, dass bei den akuten Kniegelenksverletzungen Traumata der Sehnen und des Knorpels dominieren. Es fällt auf, dass Meniskusverletzungen nicht separat angegeben werden. Bei den chronischen Verletzungen dominiert ebenfalls das Knie mit 37% und innerhalb der Kniegelenksverletzungen andere / unbekannte Ursachen, gefolgt von Knorpelverletzungen. 47 % der Teilnehmer beendeten ihre Karriere wegen einer Verletzung, darunter 42 % wegen einer akuten und 58 % wegen einer chronischen Verletzung. An der Studie ist die fehlende Kontrollgruppe, die niedrige Teilnehmerquote und die fehlende Nonresponderanalyse zu kritisieren. Ferner ist die Validität der Diagnosen fraglich, weil sie ausschließlich auf Befragungsdaten beruht. Ferner ist misslich, dass keine Aussagen zu den o.g. Makroverletzungen der Knie erhoben wurden.

Hägglund et al. (2003) legten eine prospektive Studie vor über die Inzidenz von Verletzungen bei 118 professionellen männlichen Fußballspielern in acht Mannschaften, die in der ersten schwedischen Liga im Jahr 1982 spielten. Ferner wurde über die Inzidenz von Verletzungen bei 310 professionellen männlichen Fußballspielern in 14 Mannschaften, die in der ersten schwedischen Liga im Jahr 2001 spielten, berichtet. Die Verletzungsinzidenz lag 1982 bei  $8,3 \pm 3,9$  pro 1.000 Spielstunden mit einer Inzidenz während des Trainings von  $4,6 \pm 2,3/1.000$  h und einer Inzidenz während des Spiels von  $20,6 \pm 7,8$  pro 1.000 h. Die Verletzungsinzidenz lag 2001 bei  $7,8 \pm 4,5$  pro 1.000 Spielstunden mit einer Inzidenz während des Trainings von  $5,2 \pm 3,2$  pro 1.000 h und einer Inzidenz während des Spiels von  $25,9 \pm 16,0$  pro 1.000 h. Signifikante Unterschiede bestanden nicht. Die Verletzungen waren überwiegend leichter Natur. Nur 9 % der Verletzungen im Jahr 1982 als auch im Jahr 2001 waren schwer und verursachten eine Arbeitsunfähigkeit von über 28 Tagen. Die Studie leidet darunter, dass ihr keine Angaben zur Art und Lokalisation der Verletzungen und zur Häufigkeit der o.g. Makroverletzungen zu entnehmen sind.

Hägglund et al. (2005) veröffentlichten eine prospektive Studie bei 188 professionellen männlichen Fußballspielern in der ersten dänischen Liga und 310 Spielern in der ersten schwedischen Liga bezüglich der Inzidenz von Verletzungen im Zeitraum Januar bis Juni 2001. 81 % der Spieler

in Dänemark und 67 % der Spieler in Schweden hatten im o.g. Zeitraum eine Verletzung, die dazu führte, dass Arbeitsunfähigkeit während des nächsten Trainings oder Spiels bestand. Die Verletzungsinzidenz lag bei den dänischen Spielern bei  $14,4 \pm 6,4$  pro 1.000 Spielstunden mit einer Inzidenz während des Trainings von  $11,8 \pm 6,1$  pro 1.000 h und einer Inzidenz während des Spiels von  $28,2 \pm 12,5$  pro 1.000 h. Die Verletzungsinzidenz lag bei den schwedischen Spielern bei  $8,2 \pm 4,7$  pro 1.000 Spielstunden mit einer Inzidenz während des Trainings von  $6,0 \pm 3,7$  pro 1.000 h und einer Inzidenz während des Spiels von  $26,2 \pm 16,2$  pro 1.000 h. Die Unterschiede waren während des Trainings signifikant. Die Verletzungen waren überwiegend leichter Natur. Nur 12 % der Verletzungen in Dänemark und 9 % der Verletzungen in Schweden waren schwer und verursachten eine Arbeitsunfähigkeit von über 28 Tagen. Die Verletzungen betrafen am häufigsten den Oberschenkel (22 % in Dänemark und 23 % in Schweden), gefolgt vom Kniegelenk (21 versus 15 %,  $p < 0,05$ ), der Hüfte oder der Leiste (15 und 16 %), dem Sprunggelenk (13 und 11 %) und dem Unterschenkel (11 und 14 %). Bezüglich der Art der Verletzungen waren am häufigsten Schmerzen im Bereich des Muskel- und Skelettsystems (39 % in Dänemark und 33 % in Schweden), Zerrungen der Muskel und Sehnen (21 und 20 %), Verletzungen der Bänder, der Gelenkkapseln oder der Menisken (20 und 17 %), Prellungen (14 und 17 %), Dislokationen (3 und  $< 1$  %) und Frakturen (2 und 3 %). An der Studie ist zu kritisieren, dass ihr keine Angaben zur Häufigkeit der o.g. Makroverletzungen zu entnehmen sind.

Walden et al. (2007) veröffentlichten eine prospektive Studie über die Inzidenz von Verletzungen bei 672 professionellen Fußballspielern in 32 Mannschaften, die in der Europameisterschaft der Männer 2004, der Europameisterschaft der Frauen 2005 oder der Europameisterschaft der Männer unter 19 Jahren 2005 spielten. Die Verletzungsinzidenz lag bei  $11,3 \pm 10,8$  pro 1.000 Spielstunden mit einer Inzidenz während des Trainings von  $2,4 \pm 4,7/1.000$  h und einer Inzidenz während des Spiels von  $32,6 \pm 32,8/1.000$  h. Wesentliche Unterschiede zwischen den drei o.g. Meisterschaften fanden sich nicht. Die Verletzungen betrafen am häufigsten den Oberschenkel (12,5 %), das Sprunggelenk (12,5 %) und das Kniegelenk ( $n = 11$ , 8,1 %). Im Bereich des Kniegelenkes handelte es sich am häufigsten um Verletzungen der Bänder ( $n = 5$ ), Prellungen und Hämatome ( $n = 4$ ), Verletzungen der Sehnen oder Schleimbeutel ( $n = 1$ ) und eine Kniesynovitis. Angesichts der Tatsache, dass nur 13,8 % der o.g. Verletzungen zu einer Arbeitsunfähigkeit von über 28 Tagen führten, dürfte es sich bei den allermeisten der o.g. Verletzungen um Mikrotraumatisierungen und keine Makroverletzungen handeln. Die Studie leidet darunter, dass ihr keine Angaben zur Häufigkeit der o.g. Makroverletzungen zu entnehmen sind.

Krajnc et al. (2010) befragten 40 ehemalige Profifußballer mit einem mittleren Alter von 49,2 Jahren und einer mittleren Dauer der Profikarriere von 11,5 Jahren, die in der ersten slowenischen Fußballliga gespielt hatten. Das Geschlecht der befragten Fußballer wurde nicht mitgeteilt. Es ist jedoch davon auszugehen, dass es sich um Männer handelte, weil es zum Zeitpunkt der aktiven

Karriere der Probanden wohl noch keine slowenische Frauenfußballliga gab. 35 % der Befragten hatten ihre Profikarriere wegen Kniegelenksproblemen aufgegeben. 72 % der Befragten gaben an, dass sie mindestens einmal eine Kniegelenksverletzung als Fußballer erlitten hatten, die zu Arbeitsunfähigkeit von mindestens zwei Wochen führte. 18 Probanden (45 %) berichteten, dass sie mindestens an einem Kniegelenk operiert worden seien. Bei den Befragten wurden 28 Kniegelenksoperationen durchgeführt, darunter 13-mal der Meniskus, 6-mal das vordere Kreuzband, 5-mal der Meniskus und das vordere Kreuzband, 2-mal der Meniskus und ein Seitenband und 2-mal eine Knorpelreparatur. An der Studie ist der geringe Stichprobenumfang, die fehlende Kontrollgruppe und die Tatsache zu kritisieren, dass die Diagnosen lediglich anamnestisch erhoben wurden. Dies wird als fehleranfällig angesehen.

Stubbe et al. (2015) legten eine prospektive Studie bei 217 professionellen Fußballspielern in acht holländischen Mannschaften der ersten Liga bezüglich der Inzidenz von Verletzungen vor. 39,2% der Fußballspieler hatten in einer Saison eine Verletzung, die zu einer Arbeitsunfähigkeit von mindestens einer Woche führte. Weitere 6,5 % der Probanden waren zu Beginn der Studie verletzt. Die Verletzungsinzidenz lag bei 6,2 (95%-Konfidenzintervall [KI] 5,5 - 7,0) pro 1000 Spielstunden mit einer Inzidenz während des Trainings von 2,8/1.000 h (95%-KI 2,3 - 3,3) und einer Inzidenz während des Spiels von 32,8/1.000 h (95%-KI 28,2 - 38,1). Die Verletzungen betrafen am häufigsten den Oberschenkel (23,1 %), gefolgt vom Kniegelenk (21,3 %), dem Unterschenkel inkl. Achillessehne (11,9 %), dem Sprunggelenk (10,5 %) und dem Fuß (5,6%). Im Bereich der unteren Extremität handelte es sich am häufigsten um Verletzungen der Muskeln und Sehnen (32,9 %), der Gelenke und Bänder (17,5 %) sowie um Kontusionen (15,4 %). Der Studie sind keine Angaben zur Häufigkeit der o.g. Makroverletzungen zu entnehmen. Angesichts der Tatsache, dass nur 15,4 % der o.g. Verletzungen zu einer Arbeitsunfähigkeit von über 28 Tagen führten, dürfte es sich auch in dieser Studie bei den allermeisten der o.g. Verletzungen um Mikrotraumatisierungen und keine Makroverletzungen handeln.

Nilsson et al. (2016) fanden in einer prospektiven Studie bei 43 professionellen Jugendspielern der ersten schwedischen Liga mit einem Alter zwischen 15 - 19 Jahren in der Saison 2013 und 2014 mit einer Spielzeit von jeweils Januar bis Dezember insgesamt 61 Verletzungen (31 und 30 pro Saison), die zu einer Arbeitsunfähigkeit während des nächsten Trainings oder Spiels führte. Die Verletzungsinzidenz während der o.g. Beobachtungszeit lag insgesamt bei 6,8 Verletzungen pro 1000 Stunden, darunter 5,6 Verletzungen pro 1000 Trainingsstunden und 15,5 pro 1000 Spielstunden. Die Verletzungen betrafen am häufigsten die Hüfte oder Leiste (32,8 %), den Oberschenkel (26,2 %), das Sprunggelenk (18 %) und das Kniegelenk (8,2 %). Die Art der Verletzungen wird leider nur in Form einer Abbildung ohne genaue metrische Angaben dargestellt. Am häufigsten traten muskuläre Verletzungen (ca. 33 %) und Bandverletzungen (15 %) auf. Die Häu-

figkeit aller übrigen Verletzungsarten lagen nur bei wenigen Prozent. Als Ursache der Verletzungen wurden am häufigsten Sprints (27,9 %), Überlastung (16,4 %) oder eine Fremdeinwirkung durch den Gegner wie Kollision, Fouls etc. (16,3 %) genannt. Auch diese Studie leidet darunter, dass die o.g. Makroverletzungen nicht erfasst wurden.

Gouttebarga et al. (2018) veröffentlichten eine Querschnittsstudie bei 1.360 männlichen Profifußballern, die von der World Players Union (FIFPro), einer Interessenvertretung für Profifußballer, rekrutiert wurden. Die Teilnahmequote an einer schriftlichen Befragung lag bei 54 %. 964 Teilnehmer mit einem Alter von  $26 \pm 4$  Jahren und einer Expositionsdauer von  $7 \pm 4$  Jahren waren aktive Profifußballer und 396 Probanden mit einem Alter von  $36 \pm 6$  Jahren und einer Expositionsdauer von  $11 \pm 5$  Jahren waren ehemalige Profifußballer. Der Mittelwert von schweren Kniegelenksverletzungen, die während des Trainings oder Spiels aufgetreten waren und die zu einer Arbeitsunfähigkeit für mehr als 28 Tage geführt hatten, lag bei den aktiven Profifußballern bei 0,7 mit einer Schwankung zwischen 0 und 10 und bei den ehemaligen Profifußballern bei 1,4 mit einer Schwankung zwischen 0 und 10 während der bisherigen Karriere. An der Studie ist zu kritisieren, dass die Art der Kniegelenksverletzungen nicht erfragt wurde. Ferner ist darauf hinzuweisen, dass die anamnestische Erfassung der Kniegelenksverletzungen fehleranfällig ist. Schließlich ist zu bemängeln, dass keine unbelastete Kontrollgruppe befragt wurde.

López-Valenciano et al. (2020) legten die Ergebnisse eines systematischen Reviews über das Risiko für Kniegelenksverletzungen bei professionellen männlichen Fußballspielern vor, die in einer nationalen Profiliga spielten bzw. an Weltmeisterschaften oder kontinentalen Meisterschaften teilgenommen hatten. In die Studie wurden 44 Veröffentlichungen einbezogen. Insgesamt lag die Inzidenz von Verletzungen bei 8,1 (95 %-KI 7,2 - 9,0) Traumata pro 1.000 Stunden Exposition. Von allen Körperregionen lag die Inzidenz von Verletzungen im Bereich der unteren Extremität mit 6,8 (95 %-KI 5,7 - 7,8) Verletzungen pro 1.000 Stunden Exposition am höchsten. Innerhalb der unteren Extremität war die Verletzungsinzidenz im Bereich der Oberschenkel mit 1,8 (95 %-KI 1,5 - 2,2) Verletzungen pro 1.000 Stunden Exposition am höchsten, gefolgt von den Kniegelenken mit 1,2 (95 %-KI 1,0 - 1,4) Verletzungen pro 1.000 Stunden Exposition. Der Studie sind keine Angaben zu der Art der Kniegelenksverletzung zu entnehmen.

Robles-Palazón et al. (2022) veröffentlichten einen systematischen Review über Verletzungen bei jugendlichen Fußballspielerinnen und Fußballspielern im Alter von  $\leq 19$  Jahren. Einbezogen wurden 43 Primärstudien über das Verletzungsrisiko von 25.600 Spielerinnen und Spielern. Die Inzidenzrate von Kniegelenksverletzungen pro 1.000 Stunden Exposition war bei Fußballspielerinnen etwa doppelt so hoch wie bei Fußballspielern (1,49 [95 %-KI 0,90 - 2,08] versus 0,75 [95 %-KI 0,53 - 0,97]). Der Veröffentlichung sind keine Angaben zur Art der Kniegelenksverletzungen zu entnehmen.

Koch et al. (2021) berichteten über eine Befragung von 116 ehemaligen männlichen Profifußballern in Deutschland, die in der ersten Bundesliga oder der zweiten Bundesliga gespielt hatten und mithilfe der Vereinigung der Vertragsfußballspieler rekrutiert wurden. Der Studie ist das Alter der befragten Profifußballer nicht zu entnehmen. Eine nicht belastete Kontrollgruppe fehlt. Der Mittelwert und die Standardabweichung der Dauer des Fußballspiels lag bei  $25,6 \pm 4,5$  Jahren. Die Dauer der Profitätigkeit ist der Veröffentlichung nicht zu entnehmen. Die Teilnahmequote lag bei 63 %. Unterschieden wurden 73 ehemalige Profifußballer, die ihre Karriere wegen einer Verletzung aufgegeben hatten (Gruppe 1), und 43 Profifußballer, die aus anderen Gründen aufgehört hatten (Gruppe 2). Insgesamt berichteten 20,5 % der Teilnehmer darüber, dass sie während ihrer Fußballkarriere eine Kniegelenksverletzung hatten. Diese Prävalenz lag in Gruppe 1 signifikant höher als in Gruppe 2 (23,8 versus 13,3 %). Der Studie ist die Art der Kniegelenksverletzung nicht zu entnehmen. 44,0 % der Befragten gaben an, dass bei ihnen eine Kniegelenksarthrose diagnostiziert worden sei. Diese Prävalenz war in Gruppe 1 signifikant höher als in Gruppe 2 (56,2 versus 23,3 %). Die Studie leidet unter dem geringen Stichprobenumfang, dem Fehlen einer nicht belasteten Kontrollgruppe und den fehlenden Altersangaben der befragten Profifußballer. Ferner ist zu kritisieren, dass die Diagnose einer Kniegelenksverletzung und einer Gonarthrose ausschließlich auf anamnestischen Angaben basiert. Diese Diagnosesicherung ist als fehleranfällig anzusehen.

Welsch et al. (2022) berichteten über die Ergebnisse der medizinischen Untersuchung von 69 männlichen professionellen Fußballspielern in der ersten Bundesliga und der zweiten Bundesliga mit einem Alter von  $23,8 \pm 3,9$  Jahren während der medizinischen Untersuchung vor dem Vertragsbeginn mit einem Fußballclub. Verletzungen der Spieler vor der Untersuchung und die Dauer der Arbeitsunfähigkeit wurden mit Hilfe der Datenbank „Transfermarkt“ (<http://www.transfermarkt.com>) ermittelt. Dabei zeigte sich, dass 22 Spieler (31,9 %) eine Verletzung der Bänder, des Meniskus oder des Knorpels im Kniegelenk durchgemacht hatten. Die Studie leidet unter dem geringen Stichprobenumfang. Ferner ist zu kritisieren, dass die Häufigkeit der Knie Traumata (Verletzung der Bänder, des Meniskus oder des Knorpels) nicht separat dargestellt wurden. Schließlich ist unbekannt, wie valide die Erfassung von Verletzungen von Profifußballern mit Hilfe der Datenbank „Transfermarkt“ ist.

In Tabelle 1 und 2 sind die Trainingsdauer, die Anzahl der Spiele, die Urlaubsdauer und die Gesamtdauer der belastenden Tätigkeit im Männer- und Frauen-Profifußball in Deutschland nach Angaben des Deutschen Fußball-Bundes (DFB) und der Deutschen Fußball Liga (DFL) (2022) dargestellt. Den Daten ist zu entnehmen, dass im Profifußball der Männer die Gesamtdauer der belastenden Tätigkeit in der ersten Bundesliga mit 825 Stunden pro Jahr nahezu identisch ist wie in der zweiten Bundesliga (823 Stunden pro Jahr). In der dritten Liga liegt die Gesamtdauer der

belastenden Tätigkeit bei 657 Stunden pro Jahr, in den Regionalligen bei 454 Stunden pro Jahr, in der A-Junioren-Bundesliga (U 19) und der B-Junioren-Bundesliga (U 17) bei 516 Stunden pro Jahr, in den A-Junioren-Regionalligen (U 19) bei 334 Stunden pro Jahr und in den B-Junioren-Regionalligen (U 17) bei 333 Stunden pro Jahr. Im Profifußball der Frauen ist die Gesamtdauer der belastenden Tätigkeit in der ersten Frauen-Bundesliga mit 630 Stunden pro Jahr höher als in der zweiten Frauen-Bundesliga (537 Stunden pro Jahr), den Frauenregionalligen (336 Stunden pro Jahr) und der B-Juniorinnen-Bundesliga (330 Stunden pro Jahr). Eine A-Juniorinnen-Bundesliga existiert nicht. In den Frauenverbandsligen und den B-Juniorinnen-Verbandsligen gibt es nach Angaben des DFB keine Vertragsspielerinnen, so dass keine Angaben möglich sind.

**Tabelle 1:** Trainingsdauer, Anzahl der Spiele, Urlaub und Gesamtdauer der Tätigkeit im Profifußball der Männer<sup>1</sup>

Liga 1	Durchschnittlicher Aufwand für Training (Stunden pro Woche) <sup>2</sup> 2	Durchschnittliche Spieltage pro Jahr				Durchschnittlicher Urlaub (Wochen pro Jahr) <sup>3</sup> 7	Gesamtdauer der belastenden Tätigkeit (Stunden pro Jahr) <sup>4</sup> 8
		Ligaspiele 3	Pokalspiele 4	Freundschaftsspiele 5	Gesamt 6		
1. Bundesliga	16	34	6,7	8,3	49	5,0	825
2. Bundesliga	16	34	3,1	11,2	48,3	5,1	823
3. Liga	12	38	4,0	8,0	50,0	3,5	657
Regionalligen	8	34	3,0	7,0	44,0	3,5	454
A-Junioren-Bundesliga (U19)	10	22	3,0	6,0	31,0	5,0	516
B-Junioren-Bundesliga (U17)	10	22	3,0	6,0	31,0	5,0	516
A-Junioren-Regionalligen (U 19)	6 <sup>5</sup>	26	2,0	7,0	35	5,0 <sup>6</sup>	334
B-Junioren-Regionalligen (U 17)	6 <sup>5</sup>	26	2,0	6,0	34	5,0 <sup>6</sup>	333

<sup>1</sup>Die Angaben in Spalte 1 bis 7 stammen vom Deutschen Fußball-Bund und der Deutschen Fußball Liga (2022).

<sup>2</sup>Die Zeiten beziehen sich ausschließlich auf körperlich belastende Tätigkeiten im Training einschließlich des Trainings in Krafräumen, nicht jedoch auf Zeiten für Besprechungen, Massagen, Umziehen, Duschen o.ä. sowie nicht auf Zeiten von Wettbewerbs- und Freundschaftsspielen.

<sup>3</sup>Eine Woche entspricht 7 Tagen.

<sup>4</sup>Die Gesamtdauer der Tätigkeit wurde nach den Angaben in Spalte 2 bis 7 wie folgt berechnet: Gesamtdauer der Tätigkeit (Stunden pro Jahr) = [(Durchschnittlicher Aufwand für Training in Stunden pro Woche x {52 - Durchschnittlicher Urlaub in Wochen pro Jahr}) + (Durchschnittliche Spieltage pro Jahr Gesamt x 1,5 Stunden pro Spiel)], Beispiel für die 1. Bundesliga: [(16 x {52 - 5,0}) + (49 x 1,5)] = 825,5.

<sup>5</sup>sehr wenige Vertragsspieler

<sup>6</sup>keine Angaben (Die Angaben der A- und B-Junioren-Bundesliga wurden übernommen.)

**Tabelle 2:** Trainingsdauer, Anzahl der Spiele, Urlaub und Gesamtdauer der Tätigkeit im Profifußball der Frauen<sup>1</sup>

Liga	Durchschnittlicher Aufwand für Training (Stunden pro Woche) <sup>2</sup>	Durchschnittliche Spieltage pro Jahr				Durchschnittlicher Urlaub (Wochen pro Jahr) <sup>3</sup>	Gesamtdauer der belastenden Tätigkeit (Stunden pro Jahr) <sup>4</sup>
		Ligaspiele	Pokalspiele	Freundschaftsspiele	Gesamt		
1	2	3	4	5	6	7	8
1. Frauen-Bundesliga	12	22	3	7	32	3,5	630
2. Frauen-Bundesliga	10	26	2	7	35	3,5	537
Frauen-Regionalligen	6	22	2	6	30	3,5 <sup>6</sup>	336
B-Juniorinnen-Bundesliga (U17) <sup>5</sup>	6	18	2	6	26	3,5 <sup>6</sup>	330

<sup>1</sup>Die Angaben in Spalte 1 bis 7 stammen vom Deutschen Fußball-Bund (2022).

<sup>2</sup>Die Zeiten beziehen sich ausschließlich auf körperlich belastende Tätigkeiten im Training einschließlich des Trainings in Krafräumen, nicht jedoch auf Zeiten für Besprechungen, Massagen, Umziehen, Duschen o.ä. sowie nicht auf Zeiten von Wettbewerbs- und Freundschaftsspielen-

<sup>3</sup>Eine Woche entspricht 7 Tagen.

<sup>4</sup>Die Gesamtdauer der Tätigkeit wurde nach den Angaben in Spalte 2 bis 7 wie folgt berechnet: Gesamtdauer der Tätigkeit (Stunden pro Jahr) = [(Durchschnittlicher Aufwand für Training in Stunden pro Woche x {52 - Durchschnittlicher Urlaub in Wochen pro Jahr}) + (Durchschnittliche Spieltage pro Jahr Gesamt x 1,5 Stunden pro Spiel)], Beispiel für die Frauen-Bundesliga: [(12 x {52-3,5}) + (32 x 1,5)] = 630.

<sup>5</sup>sehr wenige Vertragsspielerinnen

<sup>6</sup>keine Angaben (Die Angaben der 2. Frauen-Bundesliga wurden übernommen.)

## 2. Pathophysiologie

In verschiedenen biomechanischen Studien wurde die Kniegelenksbelastung beim Laufen bewertet. Dazu wurden die Läufer mittels Videoanalyse auf einem Laufband beobachtet, die Bodenreaktionskraft durch Sensoren in dem Laufband ermittelt und mit Hilfe von dynamischen biomechanischen Modellen die auf den Gelenkknorpel im Femorotibial- und Femoropatellargelenk einwirkenden Gelenkkräfte in Form des Vielfachen des Körpergewichtes oder in Newton (N) abgeschätzt. Teilweise wurde die Höhe der Kniegelenksbelastung auch in Form des Druckes in MPa dargestellt.

Beim Laufen mit einer Geschwindigkeit von ca. 10 - 18 km pro Stunde und Auftreten des Fußes mit dem Hacken kommt es zu stark erhöhten maximalen Gelenkkräften im Femorotibialgelenk von etwa dem 6,5 - 7,0-fachen des Körpergewichtes (Bowersock et al. 2016, Saxby et al. 2016). Beim Laufen kommt es ebenfalls zu erhöhten Gelenkkräften im Bereich des Femoropatellargelenks von maximal ca. 3.000 N, maximal dem 4-fachen des Körpergewichtes sowie einem auf

10 - 16 MPa erhöhten Druck (Willson et al. 2014, Lenhardt et al. 2015, Vannatta und Korozek. 2015, Willy et al. 2016).

Ferner kommt es bei Profifußballern durch abrupte Richtungsänderungen beim Umdribbeln eines Gegenspielers, dem sogenannten Seitschritt (Sidestepping), zu zusätzlichen Belastungen im Femorotibial- und Femoropatellargelenk. Saxby et al. (2016) berichteten bei diesem Seitschritt über eine Gelenkkraft im Femorotibialgelenk, die dem 7,5-fachen des Körpergewichtes entspricht. Jones et al. (2015) fand bei einer solchen Richtungsänderung um 90° ein maximales Abduktionsmoment im Bereich des Kniegelenkes von  $1,26 \pm 0,47$  Nm pro kg Körpergewicht. Durch dieses erhöhte Abduktionsmoment im Kniegelenk kommt es zu einer erhöhten Belastung des medialen Femorotibialgelenkes. Ferner kommt es bei diesen plötzlichen Richtungsänderungen zu einer vermehrten Belastung der Kreuzbänder (Smith 2016).

Wie oben beschrieben, sind bei Profifußballern häufig Abstoppvorgänge aus dem Laufen heraus erforderlich. Tominaga et al. (2013) ermittelte bei solchen Abstoppvorgängen eine Bodenreaktionskraft, die in Abhängigkeit mit der vorherigen Laufgeschwindigkeit anstieg und bei einer Laufgeschwindigkeit von 2,5 m/s, entsprechend 9,0 km/h, beim 2,28-fachen des Körpergewichtes und bei einer Laufgeschwindigkeit von 3,0 m/s, entsprechend 10,8 km/h, beim 2,54-fachen des Körpergewichtes lag. In der Studie wurde keine biomechanische Modellierung der Gelenkkräfte im Femorotibial- und Femoropatellargelenk vorgenommen. Thomas et al. (2020) berichteten bei einer Richtungsänderung um 180° maximale vertikale Bodenreaktionskräfte in Höhe von  $1,89 \pm 0,31$  Newton/kg Körpergewicht sowie maximale horizontale Bodenreaktionskräfte in Höhe von  $1,36 \pm 0,30$  Newton/kg Körpergewicht im dominanten Bein. Beide Bodenreaktionskräfte waren bei Frauen nicht signifikant höher als bei Männern.

Ferner sind Fußballprofis einer Kniegelenksbelastung durch Sprünge, beispielsweise beim Köpfen eines Balls im Strafraum, ausgesetzt. Simpson et al. (1996) ermittelte bei Tänzern nach dem Auftreffen Gelenkkräfte im Femoropatellargelenk, die dem 6,7 - 10,4-fachen des Körpergewichtes entsprachen. Vergleichbare Untersuchungen bei Profifußballern fehlen.

Weitere Kniegelenksbelastungen von Profifußballern entstehen beim Schießen des Balles. Bei diesem Vorgang wird der Ball mit dem rechten oder linken Bein mit dem Fuß mit großer Wucht getreten und auf Geschwindigkeiten von teilweise über 120 km/h beschleunigt (Luhtanen 1994). Bei diesem Arbeitsvorgang kommt es trotz des eher geringen Ballgewichtes von 410 - 450 g (Deutscher Fußballbund 2013) wegen der großen Wucht des Auftretens zu einem erheblichen Drehmoment im Bereich des Kniegelenkes von über 150 Nm und einer nach dorsal und oben gerichteten, erhöhten Gelenkkraft (Luhtanen 1988), die zu einer erhöhten Gelenkkraft vor allem auf das Femorotibial-, aber auch des Femoropatellargelenkes im Schussbein führt. Studien zur

Höhe dieser Gelenkkraft liegen nicht vor. Im Standbein kommt es zu einem erhöhten Abduktionsmoment im Kniegelenk, das zu einer Varisierung des Kniegelenkes mit erhöhten Gelenkkraften besonders im medialen Femorotibialgelenk führt. Auch hierzu liegen bislang keine Studien vor.

### **3. Epidemiologie**

In diesem Kapitel wurden Querschnittstudien ohne unbelastete Kontrollgruppe (Köhler 1955, Solonen 1966, Chantraine 1985, Neyret et al. 1993, Turner et al. 2000, Drawer und Fuller 2001, Lohmander et al. 2004, von Porat et al. 2004, Krajnc et al. 2010, Prien et al. 2017 und 2020, Gouttebarga et al. 2018 und 2019, Schenk et al. 2020, Emran et al. 2020, Parekh et al. 2021, Koch et al. 2021, Carmody et al. 2022 sowie Welsch et al. 2022) nicht berücksichtigt. Ferner wurden Studien ohne Angaben zur Teilnahmequote bei den Profifußballern und / oder den Kontrollprobanden ausgeschlossen (Klünder et al. 1980, Brouwer et al. 1981, Lau et al. 2000, Östenberg 2001, Elleuch et al. 2008, Arliani et al. 2014 und 2016, Roemer et al. 2015, Paxinos et al. 2016, Mattiotti et al. 2017, Lv et al. 2018, Volpi et al. 2019 sowie Carmody et al. 2022). Die Studie von Kettunen et al. (2001) wurde ausgeschlossen, weil sie keine Angaben zum Gonarthrosrisiko von professionellen Fußballspielern, sondern nur von professionellen Teamsportlern (Fußball-, Eishockey- und Basketballspielern), ohne separate Angaben zu Profifußballern, enthält. Ferner wurden Studien ausgeschlossen, in denen keine professionellen Fußballspieler untersucht wurden (Lau et al. 2000, Dahaghin et al. 2009).

#### **3.1 Querschnittstudien**

Roos et al. (1994) beschrieben die Häufigkeit einer radiologisch festgestellten Gonarthrose bei 71 ehemaligen professionellen Fußballspielern aus Malmö, Schweden, mit einem Alter von  $\geq 40$  Jahren (Mittelwert 62,7 Jahre), die mindestens bis zum 25. Lebensjahr in der ersten oder zweiten schwedischen Liga gespielt hatten. Ferner wurden 215 nicht professionelle Fußballspieler mit einem mittleren Alter von 53,2 Jahren sowie 572 Probanden aus der Wohnbevölkerung in Malmö mit einem mittleren Alter von 55,5 Jahren in die Studie einbezogen. Der Studie ist nicht zu entnehmen, ob Männer oder Frauen untersucht wurden. Angesichts der Tatsache, dass erst 1973 die erste schwedische Frauenfußballliga spielte (Östenberg 2001), dürfte es sich bei den Untersuchten um Männer handeln. Die Häufigkeit einer Gonarthrose in diesen drei Gruppen wurde anhand der archivierten Röntgenbildern in der zentralen Klinik sowie zwei privaten Röntgenpraxen in Malmö ermittelt. Aufgrund dieses Studiendesigns wurde bei allen Probanden ermittelt, ob Röntgenbilder in den Archiven vorlagen oder nicht. Dabei wurde die Röntgenklassifikation von Ahlbäck (1968) verwendet. Eine Gonarthrose wurde angenommen, wenn der Gelenkspalt im medialen oder lateralen Femorotibialgelenk nur noch halb so hoch war wie auf der anderen Seite

oder wenn der Gelenkspalt in einem der Kompartimente weniger als 3 mm betrug. Osteophyten wurden nicht berücksichtigt. Die Prävalenz der Gonarthrose lag bei den professionellen Fußballspielern bei 15,5 %, bei den nicht professionellen Fußballspielern bei 4,2 % und bei den Kontrollprobanden bei 1,6 %. Da sich die Profifußballer, die Freizeitfußballer und die Kontrollprobanden vom Alter her unterschieden, wurden die Profifußballer mit einer nach dem Alter vergleichbaren Subgruppe von 71 Freizeitfußballern und 142 Kontrollprobanden verglichen. Die Gonarthroseprävalenz in den drei Gruppen lag bei 15,5, 4,2 und 2,8 %. Bei professionellen Fußballspielern war häufiger eine Kniegelenksoperation in Form einer Osteotomie oder der Implantation einer Endoprothese erforderlich als bei den beiden anderen Gruppen (12,7 versus 0 und 0 %). Eine Meniskektomie war bei den professionellen Fußballspielern häufiger als bei den beiden anderen Gruppen (16,9 versus 7,0 und 2,1 %). Dasselbe traf auf eine Verletzung des vorderen Kreuzbandes zu (4,2 versus 0 und 0 %). Professionelle Fußballspieler mit Kniegelenksverletzungen in Form einer Meniskus- oder Kreuzbandverletzung wiesen eine deutlich höhere Gonarthrosehäufigkeit auf als nicht professionelle Fußballspieler und Kontrollprobanden mit diesen Verletzungen (33,3 versus 12,5 und 15,4 %). Professionelle Fußballspieler ohne Meniskus- oder Kreuzbandverletzung hatten ebenfalls deutlich häufiger eine Gonarthrose als nicht professionelle Fußballspieler und Kontrollprobanden (10,7 versus 2,7 und 1,3 %). Diese Vergleiche betreffen die Gesamtgruppe der 71 Profifußballer, 215 Freizeitfußballer und 572 Kontrollprobanden, sind also nicht in altersvergleichbaren Gruppen durchgeführt worden. Die Autoren interpretieren das letztgenannte Ergebnis dahingehend, dass professionelle Fußballspieler auch ohne Kniegelenksverletzung ein erhöhtes Gonarthroserisiko aufweisen. An der Studie ist zu kritisieren, dass keine Adjustierung für Body Mass Index (BMI) erfolgte und dass der Stichprobenumfang gering ist. Ferner wurde der Vergleich der Gonarthroseprävalenz in Abhängigkeit vom Verletzungsstatus nicht in altersvergleichbaren Gruppen vorgenommen. Allerdings ist darauf hinzuweisen, dass die Gonarthroseprävalenz der altersvergleichbaren Subgruppe der Freizeitfußballer mit 4,2 % identisch ist wie bei der Gesamtgruppe der Freizeitfußballer und dass der Unterschied der Gonarthroseprävalenz bei der altersvergleichbaren Subgruppe der Kontrollprobanden und der Gesamtgruppe mit 2,8 versus 1,6 % gering ist.

Kujala et al. (1995) führten eine Querschnittstudie bei 31 ehemaligen Fußballspielern (Alter:  $56 \pm 5,7$  [Schwankung 45 - 68] Jahre), 28 Langläufern, 29 Gewichthebern und 29 Sportschützen, die Finnland zwischen 1920 und 1965 mindestens einmal bei olympischen Spielen, Europameisterschaften oder Länderspielen vertreten hatten, durch. Die Teilnahmequote betrug 80 %. Bei den ehemaligen Sportlern erfolgte eine klinische Untersuchung der Kniegelenke. Ferner wurde eine Röntgenuntersuchung der Kniegelenke in zwei Ebenen durchgeführt und nach der Klassifikation von Kellgren und Lawrence (1957) bewertet. Bei Fußballspielern fand sich im Vergleich zu den Sportschützen ein signifikant um den Faktor 5,21 (95%-KI 1,14 - 23,8) erhöhtes relatives Risiko

für eine mindestens zweitgradige Gonarthrose, das für Alter, BMI, berufliche Belastung durch eine Tätigkeit im Knien oder Hocken und vorherige Kniegelenksverletzungen adjustiert war. 9 der 31 Fußballspieler (29 %) wiesen radiologisch eine Gonarthrose auf, darunter 26 % eine Femorotibial- und 16 % eine Femoropatellararthrose. Einer der 29 Schützen (3 %) zeigte eine Gonarthrose ausschließlich im Femoropatellargelenk. An der Studie ist zu kritisieren, dass keine axiale Aufnahme des Femoropatellargelenkes durchgeführt wurde, so dass die Aussagen dieser Studie zur Häufigkeit der Gonarthrose im Femoropatellargelenk ausschließlich auf der seitlichen Röntgenuntersuchung des Kniegelenkes basieren, in der viele Fälle der Femoropatellararthrose übersehen werden. Wegen der fehlenden Nonresponderanalyse kann ein Selektionsfehler nicht ausgeschlossen werden.

Tveit et al. (2012) legten eine Querschnittstudie bei 709 ehemaligen professionellen männlichen Sportlern in Schweden (Median des Alters 70 Jahre, Bereich 50 - 93 Jahre), darunter 397 Fußballspieler sowie einer Kontrollgruppe aus der Wohnbevölkerung von 1.368 Probanden, vor. Probanden mit einer Fraktur im Bereich des Kniegelenks waren ausgeschlossen. Bei den Sportlern und Kontrollprobanden wurde im Rahmen einer standardisierten Befragung die Häufigkeit einer ärztlich diagnostizierten Verletzung des Meniskus oder der Kniegelenkssehnen, einer Gonarthrose sowie der Implantation einer Kniegelenksendoprothese erfragt. Die Teilnahmequote lag bei den Profifußballern bei 74,5 % und bei den Kontrollprobanden bei 64 %. Nach Adjustierung für Alter, BMI und berufliche Belastungen fand sich bei Profifußballspielern ein signifikant um den Faktor 1,46 (95%-KI 1,04 - 2,05) erhöhtes Gonarthrosrisiko. Der Studie ist nicht zu entnehmen, wie für berufliche Belastungen adjustiert wurde. Nach zusätzlicher Adjustierung für Meniskus- und Sehnenverletzungen im Bereich des Knies war das Gonarthrosrisiko nicht signifikant um den Faktor 1,13 (95%-KI 0,75 - 1,72) und das Risiko für die Behandlung der Gonarthrose mit einer Knieendoprothese nicht signifikant um den Faktor 1,21 (95 %-KI 0,38 - 3,84) erhöht. Das Studiendesign ist zu kritisieren, weil die Diagnose einer Gonarthrose lediglich auf der Angabe der Probanden basierte, dass ihnen ein Arzt diese Diagnose mitgeteilt habe. Auch die Daten zur Behandlung mit einer Kniegelenksendoprothese basieren auf den Fragebogendaten. Durch diese Art der Diagnosesicherung können eine Vielzahl von Fehlerquellen in die Studie eingeführt worden sein. Dies gilt insbesondere wegen des teilweise sehr hohen Alters der Befragten von bis zu 93 Jahren.

Iosifidis et al. (2015) beschrieben eine Querschnittstudie bei 218 ehemaligen männlichen professionellen Athleten in Griechenland, darunter 121 Profifußballer, die mindestens einmal ihr Land in Welt- oder Europameisterschaften oder anderen internationalen Wettbewerben vertreten hatten und mindestens bis zum Alter von 25 Jahren aktiv waren (Alter:  $50,1 \pm 8,5$  Jahre, BMI:  $26,7 \pm 2,5$  kg/m<sup>2</sup>) sowie eine nach Alter, Geschlecht und BMI vergleichbare Kontrollgruppe von 181

Wehrdienstleistenden. Die Teilnahmequote lag bei den Athleten bei 84,4 % und bei den Kontrollprobanden bei 86,6 %. Ausgeschlossen waren in beiden Gruppen Probanden mit einem Alter unter 40 Jahren, einem Zustand nach operativer Behandlung oder einem Trauma im Bereich der unteren Extremität mit Fraktur oder Verletzung der Menisken, des Knorpels oder der Bänder sowie einer entzündlichen Kniegelenkserkrankung. Bei 121 Profifußballern und 181 Kontrollprobanden wurde eine klinische Untersuchung der Kniegelenke und bei 91 Profifußballern und 163 Kontrollprobanden eine röntgenologische Untersuchung der Kniegelenke durchgeführt, die nach der Klassifikation von Kellgren und Lawrence (1957) beurteilt wurde. Der Studienbeschreibung ist nicht zu entnehmen, in welchen Ebenen die Röntgenuntersuchung durchgeführt wurden. Bei den professionellen Athleten fand sich signifikant häufiger eine mindestens zweitgradige Gonarthrose als bei den Kontrollprobanden (20,3 versus 12,9 %,  $p < 0,05$ ). In der Subgruppe von 91 professionellen Fußballspielern lag ebenfalls ein erhöhtes Gonarthrosrisiko vor (16,5 versus 12,9 %,  $p < 0,05$ ). Wegen der fehlenden Angaben, in welchen Ebenen die Kniegelenke geröntgt wurden, kann nicht beurteilt werden, ob das Studiendesign die Diagnose einer Gonarthrose im Femoropatellargelenk ermöglichte. Die Prävalenz einer klinisch diagnostizierten Gonarthrose war bei den Profifußballern nur geringfügig höher als bei den Kontrollprobanden (9,1 versus 8,2 %).

Fernandes et al. (2018) legten die Ergebnisse einer Befragung von 1.207 professionellen Fußballspielern (Alter  $> 40$  [Mittelwert  $59 \pm 11,7$ ] Jahre), die in den vier obersten englischen Ligen gespielt hatten und mit Hilfe von 22 Vereinigungen professioneller Fußballspieler rekrutiert wurden, und 4.085 Kontrollprobanden, die Patienten von vier Allgemeinarztpraxen waren, vor. In England müssen sich alle Personen mit einem Alter von mindestens 40 Jahren in einer Allgemeinarztpraxis des nationalen Gesundheitsdienstes registrieren lassen. Die Profifußballer und Kontrollprobanden wiesen ein Alter von mindestens 40 Jahren auf. Die mittlere Expositionsdauer als Profifußballer betrug 14 Jahre (Parekh et al. 2021). Die Teilnahmequote bezüglich der Befragung lag bei 25,2 % bei den Profifußballern und 24,0 % bei den Kontrollprobanden. Bei 470 Profifußballern und 491 Kontrollprobanden wurde ferner eine Röntgenaufnahme der Kniegelenke beidseits p.a. und der Patella tangential bei  $30^\circ$  Kniegelenksbeugung durchgeführt. Die Teilnahmequote bezüglich der Röntgenuntersuchung bei den Profifußballern wurde nicht mitgeteilt. Bei den Kontrollprobanden wurde bei 491 der 4.085 Probanden mit Befragung eine Röntgenuntersuchung durchgeführt (12,0%). Die Ergebnisse der Studie sind Tabelle 3 zu entnehmen.

**Tabelle 3:** Gonarthroserisiko bei Profifußballern in den vier obersten Ligen in England nach Fernandes et al. (2018)

	Prävalenz [n (%)]		Relatives Risiko (95%-KI)			
	Fußballer	Kontrollgruppe	Roh	Modell 1	Modell 2	Modell 3
<b>Fragebogendaten</b>						
Ärztlich diagnostizierte Gonarthrose	341 (28,3)	500 (12,2)	3,53 (3,15 - 3,96)	3,73 (3,33 - 4,17)	2,69 (2,36 - 3,07)	2,18 (1,73 - 2,77)
Totalendoprothese	134 (11,1)	157 (3,8)	2,88 (2,31 - 3,60)	3,61 (2,90 - 4,50)	2,33 (1,84 - 2,95)	2,10 (1,42 - 3,14)
<b>Röntgenuntersuchung</b>						
Nottingham Line Drawing Atlas (Osteophyten $\geq 2$ und Gelenkspaltverschmälerung $\geq 2$ )	301 (64,0)	173 (35,2)	1,82 (1,58 - 2,08)	2,21 (1,92 - 2,54)	1,91 (1,65 - 2,22)	1,92 (1,66 - 2,23)
Kellgren Lawrence (Grad $\geq 2$ )	257 (54,7)	154 (31,4)	2,06 (1,69 - 2,53)	2,46 (2,11 - 3,02)	1,99 (1,60 - 2,49)	1,97 (1,58 - 2,46)
Kellgren Lawrence (Grad $\geq 3$ )	134 (28,5)	69 (14,1)	2,02 (1,56 - 2,63)	2,46 (1,89 - 3,22)	2,10 (1,58 - 2,80)	2,08 (1,56 - 2,79)

Modell 1: adjustiert für Alter, BMI und Fußballerstatus; Modell 2: adjustiert für Alter, BMI, Fußballerstatus und Knieverletzungen; Modell 3: adjustiert für Alter, BMI, Fußballerstatus, Knieverletzungen, Fingergelenksarthrose, Kniegelenksfehlstellung, berufliche Belastung und 2D:4D-Verhältnis

Die Befragung ergab, dass Profifußballer signifikant um den Faktor 2,69 nach Adjustierung für Alter, BMI und Kniegelenksverletzungen häufiger als die Kontrollprobanden eine ärztlich diagnostizierte Gonarthrose angaben (Modell 2). Das Risiko für eine Implantation einer Endoprothese war bei Profifußballern in diesem Modell signifikant um den Faktor 2,33 (95%-KI 1,84 - 2,95) erhöht. Auch die Ergebnisse der Röntgenuntersuchung sprechen für ein etwa um den Faktor 2 erhöhtes Gonarthroserisiko in diesem Modell.

Profifußballer hatten signifikant häufiger eine radiologisch diagnostizierte Gonarthrose im rechten, linken und beiden Kniegelenken (27,2, 34,6 und 14,4 %) als die Kontrollprobanden (12,2, 10,1 und 5,6 %). Daraus folgt, dass die Gonarthrose bei Profifußballern häufiger als bei den Kontrollprobanden auch einseitig auftrat.

Eine radiologisch diagnostizierte Gelenkspaltverschmälerung fand sich bei den Profifußballern in beiden Kniegelenken deutlich häufiger als bei den Kontrollprobanden sowohl im medialen und lateralen Femorotibialgelenk als auch im Femoropatellargelenk. Die Autoren empfehlen die Anerkennung der Gonarthrose als Berufskrankheit bei Profifußballern. An der Studie ist die geringe Teilnahmequote an der Befragung und der Röntgenuntersuchung zu kritisieren. Ferner ist darauf hinzuweisen, dass die Befragungsdaten zu einer ärztlich diagnostizierten Gonarthrose sowie der Implantation einer Knieendoprothese fehleranfällig sind.

### 3.2 Fall-Kontroll-Studien

Sandmark und Vingård (1999) legten die Ergebnisse einer Fall-Kontroll-Studie bei 300 weiblichen und 325 männlichen Patienten in Schweden vor, bei denen eine Endoprothese wegen primärer Gonarthrose implantiert wurde und die mit Hilfe des nationalen Endoprotheseregisters, das auf Krankenhausdaten basiert, ermittelt wurden. Ferner wurde eine Kontrollgruppe von 284 Frauen und 264 Männern aus der allgemeinen Wohnbevölkerung einbezogen, die mit Hilfe des Bevölkerungsregisters ermittelt wurden. Die Gonarthrosefälle hatten zum Zeitpunkt der Implantation der Endoprothese ein Alter von 53 - 74 Jahren. Fälle und Kontrollprobanden wurden nicht in die Studie einbezogen, wenn sie jemals ein Kniegelenkstrauma, eine Kniegelenksoperation, eine rheumatoide Arthritis sowie eine systemische Gelenkerkrankung wie Poliomyelitis oder Rachitis hatten. Bei Fällen und Kontrollprobanden wurde u.a. eine lebenslange Anamnese zur Dauer sportlicher Aktivitäten durchgeführt. Ferner wurde erfragt, ob der Sport professionell oder nicht professionell ausgeübt wurde. Die Teilnahmequote lag bei den Fällen bei 77 % und den Kontrollprobanden bei 88 %. Männliche Fußballspieler wiesen ein signifikant um den Faktor 2,0 (95 %-KI 1,4 - 2,8) erhöhtes Gonarthrosrisiko auf, das für Alter und BMI adjustiert war. Bei Fußballspielerinnen ließ sich kein erhöhtes Gonarthrosrisiko nachweisen. Die Fallzahlen waren sehr gering. An der Studie ist zu kritisieren, dass das Gonarthrosrisiko nicht getrennt für professionelle und nicht professionelle Fußballspieler dargestellt wird. Allerdings zeigen die Fallzahlen, dass der Hauptunterschied des beobachteten Gonarthrosrisikos durch professionelles Fußballspielen zustande kommt. Bei den Fällen fanden sich deutlich häufiger professionelle Fußballspieler als bei den Kontrollprobanden (12,6 versus 7,2 %). Dagegen war die Häufigkeit nicht professioneller Fußballspieler in beiden Gruppen nahezu identisch (31,1 versus 29,2 %). Freiberg et al. (2021) berechneten in einem systematischen Review aus diesen Angaben ein signifikant um den Faktor 1,86 (95%-KI 1,05 - 3,29) erhöhtes Gonarthrosrisiko bei männlichen Profifußballern und ein um den Faktor 1,10 (95 %-KI 0,77 - 1,56) nicht signifikant erhöhtes Gonarthrosrisiko bei männlichen Freizeitfußballern.

Thelin et al. (2006) veröffentlichten eine Fall-Kontroll-Studie bei 440 weiblichen und 338 männlichen Fällen, bei denen in südschwedischen Kliniken eine Gonarthrose des Femorotibialgelenkes diagnostiziert wurde. Fälle mit isolierter Gonarthrose des Femoropatellargelenkes wurden ausgeschlossen. Das Alter der Fälle lag im Mittel bei 62,6 (Schwankung 51 - 70) Jahren. Als Kontrollprobanden fungierten 402 weibliche und 293 männliche Probanden aus der Wohnbevölkerung, die mit dem Bevölkerungsregister ermittelt wurden. Die Teilnahmequote lag bei den Fällen bei 94,3 % und bei den Kontrollprobanden bei 84,2 %. Bei Fällen und Kontrollprobanden wurde eine standardisierte schriftliche Befragung u.a. zur lebenslangen Sportanamnese und zu beruflichen Kniegelenksbelastungen durch Arbeiten im Knien und Hocken durchgeführt. Die Anzahl von Männern und Frauen, die Fußballspielen wettbewerbsmäßig ausübten, war so gering, dass die

Studie hierzu keine Angaben machte. Bei männlichen Amateurfußballern fand sich ein signifikant um den Faktor 1,52 (95%-KI 1,04 - 2,20) erhöhtes Gonarthrosrisiko, das für Alter, BMI, genetische Faktoren und berufliche Belastungen adjustiert war. Sofern zusätzlich für eine vorhergehende Fraktur im Bereich des Femurs, des Knies oder des Unterschenkels bzw. eine Meniskus- und Bänderverletzung im Kniegelenk adjustiert wurde, war das Gonarthrosrisiko nicht mehr erhöht (OR 0,94, 95%-KI 0,61 - 1,44). Bei Frauen wurde Fußballspielen nur äußerst selten ausgeführt. Die Autoren interpretieren ihre Studie dahingehend, dass nicht professionelles Fußballspielen kein Risiko für die Entwicklung einer Gonarthrose darstellt, sofern keine Knieverletzungen aufgetreten waren.

Vrezas et al. (2010) berichteten über die Ergebnisse einer bevölkerungsbezogenen Fall-Kontroll-Studie in Deutschland bei 295 männlichen Patienten mit radiologisch diagnostizierter Gonarthrose und einer Kontrollgruppe von 327 Männern aus der allgemeinen Wohnbevölkerung. Die Fälle hatten ein Alter von 25 - 70 Jahren. 45,4 % der Fälle waren 55 -< 65 Jahre und 31,5 % der Fälle  $\geq$  65 Jahre alt. Die Fälle wurden mit Hilfe von fünf orthopädischen Kliniken und fünf orthopädischen Praxen im Raum Frankfurt am Main und Offenbach ermittelt, bei denen eine mindestens zweitgradige Gonarthrose nach Kellgren und Lawrence (1957) diagnostiziert wurde. Die Kontrollprobanden wurden mit Hilfe der Einwohnermeldeämter in Frankfurt am Main und Offenbach ermittelt. Die Teilnahmequote lag bei 61 % bei den Fällen und 55 % bei den Kontrollprobanden. Es wurde eine Anamnese zur lebenslangen Belastung durch die Ausübung bestimmter Sportarten sowie durch berufliche Belastungen durchgeführt. Es fand sich eine positive Dosis-Wirkungs-Beziehung zwischen der Dauer der Ausübung des Fußballsports mit einem grenzwertig signifikant um den Faktor 2,2 erhöhten Odds-Ratio (95%-KI 1,0 - 5,0) in der dritthöchsten Kategorie der Dauer mit 4.000 - < 7.800 Stunden während des Lebens, das für Alter, Übergewicht und berufliche Belastungen durch Knien, Hocken und Lastenhandhabung adjustiert war. Bei den Probanden oberhalb des 95%-Konfidenzintervalls der Dauer des Fußballspielens von 7.800 Stunden und mehr war das Gonarthrosrisiko nicht mehr wesentlich erhöht (OR 1,4, 95%-KI 0,6 - 3,6). Die Studie leidet darunter, dass keine Angaben dazu erhoben wurden, ob es sich um professionelles oder nicht professionelles Fußballspielen handelte.

### **3.3 Kohortenstudien**

Kujala et al. (1994) legten die Ergebnisse einer retrospektiven Kohortenstudie bei 2.448 männlichen Athleten, darunter 313 Fußballspielern und 1.712 Kontrollprobanden, in Finnland vor. Die Athleten hatten Finnland zwischen 1920 und 1965 bei Europameisterschaften, Länderspielen oder olympischen Spielen vertreten. Bei den Kontrollprobanden handelte es sich um Probanden, die erfolgreich eine Musterungsuntersuchung des Militärs absolviert hatten. Die noch lebenden Athleten und Kontrollprobanden ( $n = 2.528$ , 60,8 % der Originalkohorte) wurden 1985 schriftlich

zu ihrer Größe und ihrem Gewicht im Alter von 20 Jahren, zur physischen Aktivität, zum Abbruch ihrer Sportkarriere (nur die Athleten) und zum längsten ausgeübten Beruf befragt. Die Teilnahmequote an der Befragung lag bei den Athleten bei 84 % und bei den Kontrollprobanden bei 77 %. Bei Fußballspielern und Kontrollprobanden wurde die stationäre Behandlung in einem finnischen Krankenhaus wegen Arthrose der Hüft-, Knie- und Sprunggelenke zwischen 1970 und 1990 mit Hilfe des landesweiten personenbezogenen Registers der Krankenhausentlassungsdiagnosen erfasst und mit den Kontrollprobanden verglichen. Probanden mit rheumatoider Arthritis und Arthritis im Bereich der unteren Extremität wurden ausgeschlossen. Fußballspieler hatten ein signifikant um den Faktor 2,1 erhöhtes Risiko (95%-KI 1,15 - 3,84) in Bezug auf eine Krankenhausbehandlung wegen einer Arthrose der Hüft-, Knie- oder Sprunggelenke, adjustiert für Alter, BMI und berufliche Belastungen. Die Studie leidet darunter, dass eine getrennte Betrachtung in Bezug auf die Gonarthrose fehlt. Insgesamt waren die Fallzahlen der stationär behandelten Fälle an Gonarthrose in beiden Gruppen gering. 5 von 252 Fußballspielern (2,0 %) und 18 von 1.403 Kontrollprobanden (1,3 %) wurden stationär zwischen 1970 und 1990 wegen Gonarthrose behandelt. Freiberg et al. (2021) berechneten in einem systematischen Review aus diesen Angaben eine nicht signifikant um den Faktor 1,55 (95%-KI 0,57 - 4,21) erhöhte Inzidenzratio für Gonarthrose.

### **3.4 Systematische Reviews**

Systematische Reviews, die älter als 10 Jahre sind, wurden wegen der fehlenden Aktualität nicht berücksichtigt. Die systematischen Reviews von Vignon et al. (2006) sowie McWilliams et al. (2011) wurden daher ausgeschlossen. Ferner wurde ein narrativer Review (Lee und Chu 2012) nicht berücksichtigt. Folgende aktuelle systematische Reviews zum Gonarthrosrisiko von Fußballspielern liegen vor:

1. Kuijt et al. (2012) führten einen systematischen Review von Studien zum Gonarthrosrisiko bei professionellen Fußballspielern durch, die im Zeitraum 2000 bis 2012 veröffentlicht wurden. Dazu wurden zwei Datenbanken durchgesehen. In den Review wurden folgende Studien einbezogen:
  - a) Turner et al. (2000) versendeten einen standardisierten Fragebogen an 515 Mitglieder von fünf englischen Fußballvereinigungen, von denen 284 (55 %) antworteten. Ein Vergleich der antwortenden und nicht antwortenden Fußballspieler, beispielsweise bezüglich der Häufigkeit von Kniegelenksbeschwerden oder der Gonarthrose, war nicht möglich. Die Fußballspieler hatten ein mittleres Alter von 56 Jahren und hatten durchschnittlich 13 Jahre professionell Fußball gespielt. 63 % der antwortenden Fußballspieler hatten in der ersten englischen Fußball-Liga gespielt. Der Studie ist nicht zu entnehmen, in welchen

Ligen die anderen Spieler tätig waren. 28,9 % der Fußballspieler gaben eine ärztlich diagnostizierte Gonarthrose rechts und 21,8 % eine ärztlich diagnostizierte Gonarthrose links an. Bei 16,9 % der Fußballer wurde eine Kniegelenksoperation durchgeführt, davon bei 3,5 % eine Implantation einer Endoprothese. Die Art der übrigen Kniegelenksoperationen wurde nicht mitgeteilt. An der Studie ist zu kritisieren, dass eine Kontrollgruppe fehlt und die Gonarthrose-Diagnose lediglich auf der anamnestischen Angabe des Probanden basierte, dass ein Arzt ihm diese mitgeteilt habe.

- b) Drawer und Fuller (2001) führten eine standardisierte Befragung per Post von 500 ehemaligen professionellen Fußballspielern in Großbritannien durch, von denen 185 (37 %) antworteten. Ein Vergleich der teilnehmenden mit den nicht teilnehmenden Fußballspielern wurde nicht durchgeführt. Eine Kontrollgruppe fehlt. Die teilnehmenden Fußballspieler waren im Mittel  $47,6 \pm 13,2$  (Schwankung 20 - 84) Jahre alt und hatten mit  $10,4 \pm 2,4$  (Schwankung 4 - 16) Jahren mit dem Fußballspielen begonnen. Die professionelle Karriere begann im Alter von  $18,2 \pm 2,4$  (Schwankung 16 - 27) Jahren und endete mit  $32,5 \pm 5,2$  (Schwankung 17 - 42) Jahren. Daraus berechnet sich eine mittlere Expositionsdauer von 14,3 Jahren. 71 % der Teilnehmer waren rechtsfüßig, 21 % linksfüßig und 9 % spielten mit beiden Füßen. 36 % der Teilnehmer spielten auf einem internationalen Level, 41 % in der ersten englischen Liga, 12 % in der zweiten und 6 % in der dritten Liga. 32 % der Teilnehmer berichteten über eine medizinisch diagnostizierte Arthrose in mindestens einem Gelenk der unteren Extremität. Die Arthroserate wurde in der Studie lediglich berichtet bezogen auf 100.000 Expositionsstunden (Training und Spiel). Die Kniegelenksarthroserate lag bei 2,0/100.000. An der Studie sind die fehlende Kontrollgruppe und der Umstand zu kritisieren, dass die Gonarthrosediagnose lediglich anamnestisch erhoben wurde.
- c) Elleuch et al. (2008) berichteten über eine Querschnittstudie bei 50 ehemaligen professionellen Fußballspielern mit einer Spieldauer von mindestens 10 Jahren in der ersten Liga und 50 Kontrollprobanden ohne sportliche Belastung in Tunesien. Die Kontrollprobanden waren in Behandlung einer Klinik für physikalische Medizin und Rehabilitation wegen einer Armerkrankung (ohne Arthrosen). Weder bei den Profifußballern noch den Kontrollprobanden wurde die Teilnahmequote mitgeteilt. Das mittlere Alter lag bei 49 bzw. 48 Jahren. Auch der mittlere BMI war in beiden Gruppen vergleichbar. Probanden mit einer Kniegelenksentzündung, einer metabolischen Arthropathie der Kniegelenke, einer Fraktur mit Beteiligung des Kniegelenkes, einer Meniskopathie oder einer Verletzung der Kniegelenkssehnen wurden in beiden Gruppen ausgeschlossen. In beiden Gruppen wurden Röntgenuntersuchungen der Kniegelenke in zwei Ebenen sowie der Patella axial durchgeführt und nach der Klassifikation von Kellgren und Lawrence (1957) bewertet. Bei den

Fußballspielern fanden sich signifikant häufiger radiologische Hinweise für eine fortgeschrittene Gonarthrose mit einem Kellgren-Grad von mindestens 3 (57,5 versus 29,4 %,  $p < 0,05$ ).

- d) Krajnc et al. (2010) führten bei 40 ehemaligen professionellen Fußballern der ersten kroatischen Fußballliga eine Röntgenuntersuchung der Kniegelenke beidseits a.p. durch und bewerteten diese nach Kellgren und Lawrence (1957). Bei 50 % der Fußballer fand sich eine Gonarthrose der Kniegelenke mindestens des Stadiums 2 nach Kellgren et al. (1957), darunter in 57,5 % im Bereich des nicht dominanten Knies und 42,5 % im Bereich des dominanten Knies. Die Teilnahmequote lag bei 74 %. An der Studie ist zu kritisieren, dass ein Vergleich der teilnehmenden und nicht teilnehmenden Fußballspieler nicht durchgeführt wurde und dass eine nicht exponierte Kontrollgruppe fehlt.

Insgesamt kamen Kuijt et al. (2012) zu dem Ergebnis, dass ihr systematischer Review dafür spreche, dass die Häufigkeit der Kniegelenksarthrose bei ehemaligen professionellen Fußballspielern im Vergleich zur Wohnbevölkerung als hoch anzusehen sei. Die Autoren beschäftigen sich nicht mit der Frage, ob dieses erhöhte Risiko auf professionelle Fußballspieler mit Zustand nach Kniegelenksverletzung beschränkt ist, weil zu dieser Frage die eingeschlossenen Studien keine Aussage machen. Der systematische Review wird wie folgt bewertet:

- a) Der verwendete Suchstring war nicht in der Lage, folgende epidemiologische Studien zum Gonarthrosrisiko professioneller Fußballspieler zu identifizieren: Östenberg 2001.
- b) Durch die fehlende Einbeziehung von epidemiologischen Studien zum Gonarthrosrisiko von Profifußballern, die vor dem Jahr 2000 veröffentlicht wurden (Solonen 1966, Klünder et al. 1980, Brouwer et al. 1981, Roos et al. 1994 und 1995, Kujala et al. 1995 sowie Sandmark und Vingård 1999), sind den Autoren wesentliche Erkenntnisse zum Gonarthrosrisiko von Profifußballern entgangen.
- c) Mit Ausnahme der Studie von Elleuch et al. (2008) berücksichtigt der systematische Review nur Querschnittstudien ohne Kontrollgruppe, aus denen sich kein erhöhtes Gonarthrosrisiko ableiten lässt.
- d) Die Studie von Elleuch et al. (2008) leidet darunter, dass sie keine Angaben zur Teilnahmequote der Profifußballer und Kontrollprobanden enthält.
2. Richmond et al. (2013) veröffentlichten einen systematischen Review über den Zusammenhang zwischen Gelenkverletzungen, sportlicher Aktivität, körperlicher Aktivität, Übergewicht und beruflichen Belastungen in Bezug auf das Arthrosrisiko. In zwölf elektronischen Datenbanken wurde nach Studien zum o.g. Thema gesucht, die bis zum Jahr 2012 veröffentlicht

wurden. Insgesamt wurden 43 Artikel gefunden, darunter fünf Studien zum Gonarthrosrisiko von Fußballspielern (Klünder et al. 1980, Lau et al. 2000, Kettunen et al. 2001, Östenberg 2001 und Thelin et al. 2006). Die Autoren kamen zu dem Ergebnis, dass die vorliegenden Studienergebnisse zum Gonarthrosrisiko von Fußballspielern uneinheitlich seien. Eine Studie habe ein erhöhtes Ergebnis gefunden (Östenberg 2001) und eine Studie nicht (Klünder et al. 1980). Der Review wird wie folgt bewertet:

- a) Der Suchstring war nicht in der Lage, mehrere Studien zum Gonarthrosrisiko von professionellen Fußballern zu identifizieren (Brouwer et al. 1981, Roos et al. 1994, Kujala et al. 1994 und 1995, Sandmark und Vingård 1999, Elleuch et al. 2008 und Tveit et al. 2012).
  - b) Obwohl die Studien von Kettunen et al. (2001) und Thelin et al. (2006) erfasst wurden, erfolgte keine Bewertung dieser Studien in Bezug auf das Gonarthrosrisiko von Fußballspielern.
  - c) Die Studie von Kettunen et al. (2001) leidet darunter, dass sie keine Angaben zum Gonarthrosrisiko von professionellen Fußballspielern enthält, sondern nur von Teamsportlern (Fußball-, Eishockey- und Basketballspielern) ohne separate Angaben zu Profifußballern.
3. Goutteborge et al. (2014) legten einen systematischen Review über das Gonarthrosrisiko von professionellen Fußballspielern nach Kniegelenksverletzung vor. Die Autoren kamen zu dem Ergebnis, dass zu diesem Thema keine Studien veröffentlicht wurden.

Der systematische Review wird wie folgt bewertet:

Der von den Autoren verwendete Suchstring war nicht in der Lage, folgende epidemiologischen Studien zum Gonarthrosrisiko professioneller Fußballspieler mit Kniegelenksverletzungen zu identifizieren: Brouwer et al. (1981) und Roos et al. (1994).

4. Spahn et al. (2014) haben im Rahmen einer fachlichen Expertise im Auftrag der Verwaltungs-Berufsgenossenschaft einen systematischen Review zu der Frage vorgelegt, ob Fußballer ein erhöhtes Gonarthrosrisiko aufweisen, wenn sie keine Makroverletzung des Kniegelenkes erlitten haben. Darunter werden eine Kreuzbandruptur, eine Meniskusruptur und eine Fraktur mit Beteiligung des Kniegelenkes verstanden. Dazu wurde eine systematische Literaturrecherche in vier Datenbanken durchgeführt. Insgesamt konnten die Autoren sechs epidemiologische Studien bei Profifußballern ohne Makroverletzung der Kniegelenke auswerten. Bei diesen fand sich in der Metaanalyse ein signifikant um den Faktor 1,32 (95 %-KI 1,02 - 1,71) erhöhtes Gonarthrosrisiko (Abbildung 2 der fachlichen Expertise). Im Einzelnen handelt es sich um die Studien von Sandmark und Vingård (1999), Lau et al. (2000), Kettunen et al. (2001), Thelin et al. (2006), Dahaghin et al. (2009) sowie Tveit et al. (2012), die im Kapitel 3

besprochen wurden. Insgesamt ist mit folgender Begründung die Aussage in der fachlichen Expertise von Spahn et al. (2014), dass professionelle Fußballer ohne dokumentiertes Knie trauma lediglich ein um den Faktor 1,32 (95 %-KI 1,02 - 1,71) erhöhtes Gonarthrosrisiko aufweisen (siehe Spahn et al. 2014, Abbildung 2), unzulässig:

- A) In folgenden Studien wurden keine professionellen Fußballspieler betrachtet:
- a) In der Studie von Lau et al. (2000) wurden Probanden betrachtet, die Fußball als reguläre sportliche Aktivität angaben, jedoch keine Profifußballer.
  - b) In der Untersuchung von Kettunen et al. (2001) wurden nicht Profifußballer untersucht, sondern professionelle Teamsportler (Fußball-, Eishockey- und Basketballspieler).
  - c) In der Studie von Thelin et al. (2006) wurden keine Profifußballer betrachtet, sondern Probanden, die Fußball als Freizeitsport betrieben.
  - d) In der Arbeit von Dahaghin et al. (2009) wurden keine Profifußballer betrachtet, sondern Probanden, die Fußball / Volleyball für mindestens sechs Monate ausgeübt hatten.
- B) In mehreren Studien wurden Probanden mit Makroverletzungen der Kniegelenke nicht ausgeschlossen (Lau et al. 2000, Kettunen et al. 2001, Thelin et al. 2006, Dahaghin et al. 2009 und Tveit et al. 2012).

Von den o.g. sechs Studien ist lediglich die Studie von Sandmark und Vingård (1999) in der Lage, Aussagen zum Gonarthrosrisiko von Profifußballern ohne Makroverletzung der Kniegelenke zu machen. In dieser Studie fand sich ein signifikant um den Faktor 2,0 (95 %-KI 1,4 - 2,8) erhöhtes Gonarthrosrisiko.

Ohne ausreichende Begründung haben Spahn et al. (2014) in Abbildung 2 ihrer fachlichen Expertise die Studie von Roos et al. (1994) aus dem Review ausgeschlossen. Spahn et al. (2014) schlossen die Studie von Roos et al. (1994) aus dem Review mit der Begründung aus, dass der Studie nicht zu entnehmen sei, warum bei den Kontrollprobanden eine Röntgenuntersuchung erfolgt sei (siehe Spahn et al. 2014, Seite 26). Diese Begründung für den Ausschluss ist nicht akzeptabel, weil sowohl bei den professionellen und nicht professionellen Fußballspielern als auch bei der Kontrollgruppe diese Angabe fehlt. Ein systematischer Fehler ist darin nicht erkennbar. Vielmehr fungieren die in der Studie von Roos et al. (1994) verwendeten Röntgenarchive als Gonarthrosregister in der Stadt Malmö. Ein solches Vorgehen ist in der Epidemiologie von Muskel- und Skeletterkrankungen üblich, in denen in mehreren Studien die Krankheitsdiagnose mit Hilfe von nationalen

Registern der Krankenhausentlassungsdiagnosen ermittelt wurde (Jørgensen et al. 1994, Jensen et al. 1996 und Svendsen et al. 2013). Aus welchen Gründen ein Proband in das Krankenhaus überwiesen wurde, spielt für die epidemiologische Fragestellung keine Rolle. Ferner spricht für die Qualität der Studie von Roos et al. (1994), dass sie in einer der angesehensten sportmedizinischen Zeitschriften mit standardisierter Kontrolle der Studienqualität, dem American Journal of Sports Medicine, veröffentlicht wurde. Für die Qualität der Studie von Roos et al. (1994) spricht ebenfalls, dass die Studie in dem systematischen Review von Driban et al. (2015) bei der methodischen Bewertung mit Hilfe der Newcastle-Ottawa-Skala (Wells et al. 2004) mit 5 von 9 möglichen Punkten bewertet wurde. Die Untersuchung landete damit im Mittelfeld der in den Review einbezogenen 16 Studien mit einem Punktwert zwischen 3,0 und 7,0. Nach dem systematischen Review von Tran et al. (2016) wurde die methodische Qualität der Studie von Roos et al. (1994), die nach einer modifizierten Version der Methode von Rijn et al. (2008) bewertet wurde, als hoch eingestuft.

Ferner hätte von Spahn et al. (2014) in Abbildung 2 ihrer fachlichen Expertise die Querschnittstudie von Kujala et al. (1995) einbezogen werden müssen, die in Kapitel 3.1 beschrieben wurde. Diese Untersuchung enthält Angaben über das Gonarthroserisiko von professionellen Fußballspielern nach Adjustierung für eine vorherige Kniegelenksverletzung.

Spahn et al. (2014) kamen in ihrer fachlichen Expertise zu dem Ergebnis, dass Fußballer ohne Adjustierung für eine Makroverletzung der Kniegelenke oder einen Meniskusschaden ein signifikant um den Faktor 2,9 (95%-KI 2,0 - 4,1) erhöhtes Gonarthroserisiko aufweisen (siehe Abbildung 3 der Expertise). In dieser Auswertung wurden die folgenden sieben Studien einbezogen: Klünder et al. (1980), Kujala et al. (1995), Deacon et al. (1997), Roos et al. (1994), Östenberg et al. (2001), Elleuch et al. (2008) sowie Klusmann et al. (2010). Diese wurden mit folgenden Ausnahmen in Kapitel 3 dargestellt. Die Studie von Deacon et al. (1997) hätte nicht in die Abbildung 3 der Expertise von Spahn et al. (2014) einbezogen werden dürfen, weil es sich um eine Untersuchung von 50 Probanden, die professionell Australian Football ausgeübt hatten, und einer Kontrollgruppe von 50 Probanden ohne wesentliche Sportbelastung in Australien handelt. Eine mittelgradig bis schwere Gonarthrose fand sich bei den Fußballspielern signifikant häufiger als bei den Kontrollprobanden (36 versus 1 %,  $p < 0,001$ ). Fußballspieler mit Zustand nach Meniskus- oder Kreuzbandverletzung wiesen im Vergleich zu den Kontrollprobanden ein um den Faktor 105 signifikant erhöhtes Gonarthroserisiko (95 %-KI 11,8 - 931,8) auf, das für Alter und BMI adjustiert war. Fußballspieler ohne Meniskus- und Kreuzbandverletzung zeigten ein signifikant um den Faktor 17,7 (95 %-KI 2,2 - 146,2) im Vergleich zu Kontrollprobanden

erhöhtes Gonarthroserisiko auf. Die Autoren interpretieren ihre Studie dahingehend, dass Australian Football auch ohne Kniegelenksverletzung das Gonarthroserisiko erhöht. Die Studie hätte in die Expertise von Spahn et al. (2014) nicht einbezogen werden dürfen, weil von Deacon et al. (1997) keine Fußballspieler untersucht wurden, sondern Probanden, die professionell Australian Football ausübten. Australian Football unterscheidet sich von dem hiesigen Fußball wie folgt (Wikipedia 2021, Australian Football Germany 2021):

- a) Es wird mit einem ellipsoidförmigen Ball gespielt.
- b) Der Ball kann sowohl mit dem Fuß als auch mit der Hand gepasst werden.
- c) Die Gegenspieler können den ballführenden Spieler stoßen, fassen und umwerfen.

Insgesamt hat das Spiel Ähnlichkeiten mit Rugby.

Ferner wurde die oben bereits beschriebene Studie von Roos et al. (1994) einbezogen. Dies ist insofern nicht nachvollziehbar, weil Spahn et al. (2014) an anderer Stelle die Auffassung vertreten haben, dass die Untersuchung ausgeschlossen wird (siehe Seite 26 der Expertise).

In Abbildung 3 der fachlichen Expertise von Spahn et al. (2014) ist eine Untersuchung von Östenberg (2001) aufgeführt. Im Literaturverzeichnis findet sich diese Studie nicht, sondern nur die Arbeit von Östenberg und Roos (2000). Diese Studie beschäftigt sich jedoch nicht mit dem Gonarthroserisiko von Fußballern. Vielmehr handelt es sich um eine prospektive Studie über das Verletzungsrisiko von Fußballerinnen in Schweden. Angaben zum Gonarthroserisiko enthält diese Studie nicht. An anderer Stelle schreiben Spahn et al. (2014), dass die Studie von Östenberg (2001) ausgeschlossen wurde, weil die Studie nicht beschafft werden konnte (siehe Seite 26 der fachlichen Expertise). Es wird als unzulässig angesehen, dass die Daten der Studie von Östenberg (2001), die in einer anderen Arbeit (Richmond et al. 2013) zitiert wurde, in Tabelle 3 der fachlichen Expertise von Spahn et al. (2014) aufgenommen wurden, obwohl Spahn et al. (2014) diese Studie gar nicht vorgelegen hat und sie diese damit auch nicht prüfen konnten. Für die Anfertigung dieser wissenschaftlichen Empfehlung ist es gelungen, die Dissertation von Östenberg (2001) zu beschaffen, indem die Autorin angeschrieben wurde. Die Studie wurde jedoch für diese wissenschaftliche Begründung nicht berücksichtigt, weil sie keine Angaben zur Teilnahmequote enthält.

Ferner haben Spahn et al. (2014) in Abbildung 3 ihrer Expertise die bereits oben zitierte Studie von Elleuch et al. (2008) verarbeitet. Diese Studie hätte nicht in Abbildung 3 der

Expertise von Spahn et al. (2014) einbezogen werden dürfen, weil Probanden mit Makroverletzung der Kniegelenke in der Veröffentlichung von Elleuch et al. (2008) ausgeschlossen wurden. Ferner ist nicht nachvollziehbar, warum Elleuch et al. (2008) bei Fußballern ein signifikant erhöhtes Gonarthrosrisiko nachwies, in der Abbildung 3 der Expertise von Spahn et al. (2014) jedoch lediglich ein nicht signifikant um den Faktor 1,8 (95 %-KI 0,8 - 4,7) erhöhtes Gonarthrosrisiko aufgeführt wurde.

Die Studie von Klusmann et al. (2010) hätte nicht in Abbildung 3 der Expertise von Spahn et al. (2014) aufgenommen werden dürfen, weil der Untersuchung das Kniegelenksrisiko von professionellen Fußballspielern nicht zu entnehmen ist, sondern nur von Sportlern mit einem Traumarisiko für die Kniegelenke, unabhängig davon, ob der Sport professionell oder während der Freizeit ausgeübt wurde. Ferner ist zu kritisieren, dass der Untersuchung von Klusmann et al. (2010) nicht zu entnehmen ist, welche Sportarten als kniegelenksbelastend angesehen wurden.

Ferner hätte in Abbildung 3 der Studie von Spahn et al. (2014) die oben besprochene prospektive Studie von Kujala et al. (1994) einbezogen werden müssen.

Insgesamt weist die fachliche Expertise von Spahn et al. (2014) so gravierende Mängel auf, dass sie nicht verwertet werden kann.

5. Spahn et al. (2015) veröffentlichten die oben beschriebene fachliche Expertise in identischer Form in einer Fachzeitschrift. Die Studie enthält keine Angaben dazu, dass sie von der Verwaltungs-Berufsgenossenschaft gefördert wurde.
6. Gouttebauge et al. (2015) legten einen systematischen Review über die im Zeitraum 2000 bis 2014 veröffentlichte Literatur zum Arthrosrisiko von ehemaligen professionellen Sportlern vor. 15 Studien wurden in den Review einbezogen, darunter vier Studien, die sich mit dem Gonarthrosrisiko von Profifußballern beschäftigten (Drawer und Fuller 2001, Kettunen et al. 2001, Turner et al. 2000 und Tveit et al. 2012). Diese Studien wurden im Kapitel 3 besprochen. Insgesamt kamen die Autoren zu dem Ergebnis, dass die Arthroseprävalenz in den Gelenken der unteren Extremität bei ehemaligen professionellen Athleten in Team- und individuellen Sportarten im Vergleich zur allgemeinen Wohnbevölkerung erhöht ist.

Der Review ist in folgenden Punkten kritisch zu sehen:

- a) Zwei Studien, die im erfassten Zeitraum zwischen 2000 und 2014 veröffentlicht wurden, wurden von dem Suchstring nicht erfasst (Östenberg 2001, Elleuch et al. 2008).

- b) Durch Ausschluss der vor dem Jahr 2000 veröffentlichten Studien bleiben den Autoren wesentliche Erkenntnisse zum Gonarthrosrisiko von professionellen Fußballspielern verborgen (Kujala et al. 1994 und 1995 sowie Sandmark und Vingård 1999).
  - c) Zwei der vier einbezogenen Querschnittstudien leiden darunter, dass sie keine Kontrollgruppe enthalten (Drawer und Fuller 2001, Turner et al. 2000).
  - d) Die Studie von Kettunen et al. (2001) enthält keine Angaben zum Gonarthrosrisiko von professionellen Fußballspielern, sondern nur von Teamsportlern (Fußball-, Eishockey- und Basketballspieler), die zusammen betrachtet werden, ohne separate Angaben zu Profifußballern.
7. Driban et al. (2015) legten die Ergebnisse eines systematischen Reviews unter anderem zur Frage des Gonarthrosrisikos von Fußballspielern, die bis zum September 2012 veröffentlicht und in sechs Datenbanken erfasst wurden, vor. Die Studienqualität wurde nach der Newcastle-Ottawa-Skala (Wells et al. 2014) bewertet. Die Autoren kamen zu dem Ergebnis, dass professionelle und nicht professionelle Fußballspieler ein signifikant um den Faktor 3,47 (95 % -KI 2,53 - 4,77) erhöhtes Gonarthrosrisiko aufweisen. Diese Metaanalyse basiert auf den Studien von Klünder et al. 1980, Roos et al. 1994, Kujala et al. 1994 und 1995, Elleuch et al. 2008 und Tveit et al. 2012. Das höchste Gonarthrosrisiko fand sich nach zwei Studien bei professionellen Gewichthebern (OR 6,87 [95 %-KI 3,26 - 4,46]), nach einer Studie bei professionellen Ringern (OR 3,78 [95 %-KI 1,80 - 7,96]) und nach zwei Studien bei professionellen Langläufern (OR 3,25 [95 %-KI 1,40 - 7,53]). Nach Kontrolle des Verletzungsstatus wiesen auch unverletzte professionelle Sportler ein signifikant um den Faktor 9,46 (95 %-KI 3,06 - 29,24) erhöhtes Gonarthrosrisiko auf. Diese Auswertung basiert auf den Studien von Roos et al. (1994) und Elleuch et al. (2008) bei professionellen Fußballspielern, der Studie von Moretz et al. (1984) bei nicht professionellen Spielern von American Football und Konradsen et al. (1990) bei Langstrecken-Querfeldeinläufern.

Der systematische Review wird wie folgt bewertet:

- a) Der verwendete Suchstring war nicht in der Lage, folgende Studien zum Gonarthrosrisiko von professionellen Fußballspielern zu identifizieren: Solonen 1966, Brouwer et al. 1981, Östenberg 2001, Sandmark und Vingård 1999.
- b) Eine Auswertung der vorliegenden Literatur zum Gonarthrosrisiko speziell von professionellen Fußballspielern ohne Makroverletzung der Kniegelenke wurde nicht vorgenommen.

- c) Der Review leidet darunter, dass zwei der sechs einbezogenen Studien zum Gonarthroserisiko von Profifußballern keine Angaben zur Teilnahmequote der Exponierten und / oder der Kontrollprobanden enthalten (Klünder et al. 1980 sowie Elleuch et al. 2008).
8. Tran et al. (2016) legten die Ergebnisse eines systematischen Reviews über das Arthroserisiko von Sportlern vor. Dazu wurden fünf Datenbanken ausgewertet. Insgesamt wurden 46 Studien in den Review einbezogen, darunter 17 Untersuchungen zum Gonarthroserisiko von Fußballspielern (Klünder et al. 1980, Chantraine 1985, Neyret et al. 1993, Kujala et al. 1994, Roos et al. 1994, Sandmark und Vingård 1999, Turner et al. 2000, Drawer und Fuller 2001, Kettunen et al. 2001, Borat et al. 2004, Lohmander et al. 2004, Thelin et al. 2006, Elleuch et al. 2008, Tveit et al. 2012, Arliani et al. 2014, Roemer et al. 2015, Paxinos et al. 2016). Der Review kommt zu dem Ergebnis, dass Fußballspieler von allen Sportarten mit 35 % (95 %-KI 33 - 37 %) die höchste Arthroseprävalenz unabhängig von der Art der Lokalisation aufwiesen. Bei Fußballern fand sich ein signifikant um den Faktor 1,42 (95 %-KI 1,14 - 1,77) erhöhtes Arthroserisiko. Der Review enthält keine Angaben zum Gonarthroserisiko von professionellen Fußballspielern.

Der systematische Review wird wie folgt bewertet:

Der Review ist für die hier diskutierte Zusammenhangsfrage ohne Belang, weil er keine Angaben zum Gonarthroserisiko von professionellen Fußballspielern enthält.

9. Lohkamp et al. (2017) veröffentlichten einen systematischen Review zum Gonarthroserisiko von ehemaligen professionellen Fußballspielern. Nach einer systematischen Suche in sechs Datenbanken wurden die folgenden 12 Studien in den Review einbezogen: Klünder et al. 1980, Brouwer et al. 1981, Chantraine 1985, Roos et al. 1994, Kujala et al. 1995, Turner et al. 2000, Drawer und Fuller 2001, Elleuch et al. 2008, Kranjc et al. 2012, Tveit et al. 2012, Arliani et al. 2014, Iosifidis et al. 2015. Die Studienqualität wurde nach der Methode des US National Institute of Health (2014) bewertet. Die Autoren kamen zu dem Ergebnis, dass nur 7 der 12 einbezogenen Studien zum Gonarthroserisiko von Profifußballern eine Kontrollgruppe untersucht hätten und dass nur in 2 geprüft worden sein, ob sich die Häufigkeit der Gonarthrose in beiden Gruppen signifikant unterscheidet. Davon habe nur eine Untersuchung (Tveit et al. 2012) ein signifikant erhöhtes Risiko gezeigt. Insgesamt seien die vorliegenden Studien nicht geeignet, definitive Aussagen in Bezug auf das Gonarthroserisiko von professionellen Profifußballern zu machen.

Der systematische Review wird wie folgt bewertet:

- a) Der verwendete Suchstring war nicht in der Lage, mehrere epidemiologische Studien über das Gonarthrosenerisiko von Profifußballern zu identifizieren: Solonen 1966, Sandmark und Vingård 1999, Östenberg 2001, Paxinos et al. 2016.
- b) Die Aussage der Autoren, dass sich nur in der Studie von Tveit et al. (2012) im Vergleich zur Kontrollgruppe eine signifikant erhöhte Gonarthrose-Prävalenz nachweisen ließ, ist unzutreffend. In folgenden Studien fand sich zusätzlich ein signifikant erhöhtes Gonarthrosenerisiko bei professionellen Fußballspielern im Vergleich zur Kontrollgruppe: Kujala et al. 1995, Sandmark und Vingård 1999 und Iosifidis et al. 2015.
- c) Eine Auswertung der vorliegenden Literatur zum Gonarthrosenerisiko speziell von professionellen Fußballspielern ohne Makroverletzung der Kniegelenke wurde nicht vorgenommen.
- d) Der Review leidet darunter, dass fünf der zwölf einbezogenen Studien (Klünder et al. 1980, Brouwer et al. 1981, Elleuch et al. 2008 sowie Arliani et al. 2014) keine Angaben zur Teilnahmequote der Profifußballer und / oder Kontrollprobanden enthalten. Ferner ist zu kritisieren, dass es sich bei vier der zwölf einbezogenen Studien um Querschnittstudien ohne Kontrollgruppe handelt (Chantraine 1985, Turner et al. 2000, Drawer und Fuller 2001 sowie Kranjc et al. 2012).

10. Petrillo et al. (2018) legten die Ergebnisse eines systematischen Reviews über das Gonarthrosenerisiko von professionellen Fußballspielern vor. Bewertet wurden die zwischen 1980 und 2017 veröffentlichten Studien, die mit fünf Datenbanken erfasst wurden. Folgende Studien wurden in den Review einbezogen: Klünder et al. (1980), Roos et al. (1994), Elleuch et al. (2008), Tveit et al. (2012), Arliani et al. (2014), Iosifidis et al. (2015), Paxinos et al. (2016) und Fernandes et al. (2018). Der Review kam zu dem Ergebnis, dass sich bei professionellen Fußballspielern im Vergleich zu nicht exponierten Kontrollprobanden ein signifikant um den Faktor 2,47 (95 %-KI 2,03 - 3,0) erhöhtes Risiko für eine radiologisch diagnostizierte Gonarthrose nachweisen lässt.

Der Review wird wie folgt bewertet:

- a) Die Autoren haben folgende Studien nicht in ihrem Review berücksichtigt, obwohl sie sich mit dem Thema „Gonarthrosenerisiko von Fußballspielern“ beschäftigen: Östenberg (2001), Kettunen et al. (2001), Sandmark und Vingård (1999), Thelin et al. (2006) und Vrezas et al. (2010).
- b) In dem Review fehlt eine Datenextraktion der einbezogenen Studien.

- c) In dem Review fehlt eine Methodenkritik der einbezogenen Studien.
- d) Der Review enthält keine Angaben zum Gonarthrose-Risiko von Profifußballern mit und ohne die o.g. Makroverletzungen der Kniegelenke.
- e) Der Review leidet darunter, dass vier der acht einbezogenen Studien keine Angaben zur Teilnahmequote der Profifußballer und / oder Kontrollprobanden veröffentlicht haben (Klünder et al. 1980, Elleuch et al. 2008, Arliani et al. 2014 sowie Paxinos et al. 2016).

11. Madaleno et al. (2018) veröffentlichten einen systematischen Review zum Gonarthrose-Risiko ehemaliger Athleten. Ausgewertet wurde die bis Februar 2018 mit Hilfe von fünf medizinischen Datenbanken ermittelte Literatur. Das Studiendesign wurde a priori in einem Register für systematische Reviews (PROSPERO) registriert. Die Durchsicht der Titel und Abstracts, die Datenextraktion sowie die Fehlerbewertung wurde von zwei unabhängigen Reviewern durchgeführt. Für die Fehlerbewertung wurde das Verfahren von Munn et al. (2014) verwendet. In dem Review wurden 12 Originalarbeiten eingeschlossen, darunter die folgenden Studien bei Fußballern: Arliani et al. (2014), Drawer und Fuller (2001), Elleuch et al. (2008), Iosifidis et al. (2015), Kettunen et al. (2001), Klünder et al. (1980), Krajnc et al. (2010), Kujala et al. 1995, Paxinos et al. (2016), Roos et al. (1994), Turner et al. (2000) sowie Tveit et al. (2012). Die Studien beschrieben eine mittlere Gonarthroseprävalenz bei Profifußballern in Höhe von 30 % (95 %-KI 20,0 - 50,0), bei Track- und Field-Sportarten in Höhe von 20 % (95 %-KI 20,0 - 30,0) sowie bei Sportschützen in Höhe von 10 % (95 %-KI 0 - 50%). Die Gonarthroseprävalenz bei ehemaligen Sportlern wurde als hoch bewertet. Als Ursache wurde eine vermehrte Kniegelenksbelastung durch den Sport sowie Sportverletzungen diskutiert.

Der systematische Review wird wie folgt bewertet:

- a) Es findet sich keine Analyse zum Gonarthrosrisiko von professionellen und nicht professionellen Fußballspielern im Vergleich zu einer unbelasteten Kontrollgruppe, sondern nur zur Gonarthroseprävalenz.
- b) Der Review äußert sich nicht zu der Frage, ob das Gonarthrosrisiko nur bei Fußballspielern nach Makroverletzungen der Kniegelenke erhöht ist oder nicht.
- c) Der Review leidet darunter, dass vier der zwölf einbezogenen Studien (Arliani et al. 2014, Elleuch et al. 2008, Klünder et al. 1980 sowie Paxinos et al. 2016) keine Angaben zur Teilnahmequote der Profifußballer und / oder Kontrollprobanden veröffentlicht haben.

12. Freiberg et al. (2021) legten die Ergebnisse eines systematischen Reviews über das Gonarthrosrisiko von Profifußballern vor. Das Studienprotokoll wurde vor der Durchführung der Studie bei PROSPERO veröffentlicht. Die Literatursuche wurde in drei Datenbanken zwischen 1980 und März 2019 durchgeführt. Die gefundenen Titel und Abstracts wurden von zwei Personen bezüglich der Ein- und Ausschlusskriterien überprüft. Auch die Datenextraktion der neun einbezogenen Studien (Roos et al. 1994, Kujala et al. 1994 und 1995, Sandmark und Vingård 1999, Thelin et al. 2006, Vrezas et al. 2010, Tveit et al. 2012, Iosifidis et al. 2015 sowie Fernandes et al. 2018) wurden von zwei Autoren durchgeführt und eventuelle Abweichungen abgeglichen. Die kritische Methodenbewertung erfolgte mit einem Risk of Bias-Verfahren nach Ijaz et al. 2013 sowie Kuijer et al. 2018. Die Beurteilung der Qualität der Evidenz wurde nach dem GRADE-Verfahren nach Woodruff und Sutton (2014) durchgeführt. Insgesamt fand sich bei Profifußballern ein signifikant um den Faktor 2,25 (95 %-KI 1,41 - 3,61) erhöhtes Risiko für eine Gonarthrose, die objektiv durch Röntgen, Zustand nach Implantation einer Kniegelenksendoprothese oder durch Registerdaten zu stationären Krankenhausdiagnosen gesichert wurde (Roos et al. 1994, Kujala et al. 1994, Sandmark und Vingård 1999, Tveit et al. 2012, Iosifidis et al. 2015 sowie Fernandes et al. 2018). Das Risiko für eine röntgenologisch gesicherte Gonarthrose war signifikant um den Faktor 3,98 (95 %-KI 1,34 - 11,83) erhöht (Roos et al. 1994, Kujala et al. 1995 sowie Iosifidis et al. 2015). Bei zusätzlichem Einschluss von Studien, in denen nicht zwischen Profi- und Freizeitfußball unterschieden wurde, veränderte sich das Gonarthrosrisiko nur geringfügig (OR = 2,02, 95 %-KI 1,37 - 2,97) (Roos et al. 1994, Kujala et al. 1994, Sandmark und Vingård 1999, Thelin et al. 2006, Vrezas et al. 2010, Tveit et al. 2012, Iosifidis et al. 2015 sowie Fernandes et al. 2018). Das Gonarthrosrisiko nach Ausschluss von Studien mit Selbstangaben zur Diagnose einer Gonarthrose war signifikant um den Faktor 2,12 (95 %-KI 1,35 - 3,34) erhöht (Roos et al. 1994, Kujala et al. 1994, Sandmark und Vingård 1999, Iosifidis et al. 2015). Das Gonarthrosrisiko nach Ausschluss von Studien, die Probanden mit Makroverletzungen des Kniegelenkes einbezogen haben, war signifikant um den Faktor 2,81 (95 %-KI 1,25 - 6,32) erhöht (Roos et al. 1994, Sandmark und Vingård 1999 sowie Iosifidis et al. 2015). Das Gonarthrosrisiko bei Profifußballern in Studien mit Adjustierung für Kniegelenksverletzungen war mit 2,71 (95 %-KI 1,55 - 4,74) deutlich niedriger als ohne Adjustierung für Kniegelenksverletzungen (OR = 4,02, 95 %-KI 1,63 - 9,92) (Roos et al. 1994, Kujala et al. 1995, Tveit et al. 2012 sowie Fernandes et al. 2018). Die Qualität der Evidenz betreffend den Zusammenhang zwischen Profifußball und einer objektiv gesicherten Gonarthrose wurde nach dem GRADE-Verfahren als moderat eingestuft.

13. Migliorini et al. (2022) veröffentlichten einen systematischen Review zum Arthrosrisiko von Sportlern, in den 34 Studien eingeschlossen wurden, darunter sechs Studien bei Fußballern

(Klünder et al. 1980, Kujala et al. 1994, Roos et al. 1994, Elleuch et al. 2008, Tveit et al. 2012 und Iosifidis et al. 2015). Die Autoren führten zum oben genannten Thema eine Literatursuche in vier Datenbanken durch und sichteten die Titel und Abstracts sowie Volltexte durch zwei Personen getrennt voneinander. Die Studienqualität wurde mit der Newcastle-Ottawa-Skala (Wells et al. 2004) bewertet. Die Autoren kamen zu dem Ergebnis, dass in 16 Veröffentlichungen Sportler im Vergleich zu den Kontrollprobanden ein erhöhtes Arthroserisiko im Bereich der unteren Extremität aufwiesen, darunter sechs Studien bei Fußballern und Sportlern, die American Football spielten. Der Review ist für diese wissenschaftliche Begründung ohne Belang, weil sich die Autoren nicht zum Gonarthroserisiko von Profifußballern äußern.

14. Carmody et al. (2022) legten einen Scoping-Review zur Gesundheit von ehemaligen professionellen Fußballern vor, in den 41 Studien einbezogen wurden, darunter 15 Studien zur Gonarthroseprävalenz (Klünder et al. 1980, Chantraine 1985, Kujala et al. 1994 und 1995, Ketunen et al. 1999, Drawer und Fuller 2001, Elleuch et al. 2008, Krajnc et al. 2010, Arliani et al. 2014, Iosifidis et al. 2015, Paxinos et al. 2016, Fernandes et al. 2018, Lv et al. 2018 und Koch et al. 2021). Die Studien wurden in drei medizinischen Datenbanken gesucht und von zwei Autoren unabhängig voneinander ausgewählt. Eine Beurteilung der Qualität der einbezogenen Studien fand nicht statt. Die Autoren kamen zu dem Ergebnis, dass in den 15 einbezogenen Studien die Prävalenz der Gonarthrose bei 9 - 80 % liege. Ein Vergleich mit einer nicht belasteten Kontrollgruppe wurde nicht angestellt. Die Veröffentlichung leidet darunter, dass in den Scoping-Review Studien ohne Angaben zur Response einbezogen wurden (Klünder et al. 1980, Arliani et al. 2014, Paxinos et al. 2016, Lv et al. 2018 und Koch et al. 2021), obwohl in solchen Studien ein eventueller Selektionsfehler nicht beurteilt werden kann. Ferner ist zu kritisieren, dass in den Scoping-Review Studien ohne unbelastete Kontrollgruppe einbezogen wurden (Chantraine 1985, Drawer und Fuller 2001 und Koch et al. 2021), obwohl es sich bei diesen Veröffentlichungen um keine epidemiologische Studie handelt. Der Scoping-Review ist für diese wissenschaftliche Begründung ohne Belang, weil er keinen Vergleich zwischen der Gonarthroseprävalenz bei Profifußballern und unbelasteten Kontrollprobanden vornimmt.

Insgesamt wird mit folgender Begründung davon ausgegangen, dass professionelle Fußballspieler auch ohne eine Makroverletzung der Kniegelenke ein im Vergleich zur übrigen Bevölkerung deutlich erhöhtes Gonarthroserisiko aufweisen:

1. Roos et al. (1994) fanden bei professionellen Fußballspielern ohne Meniskus- oder Kreuzbandverletzung eine deutlich höhere Gonarthroseprävalenz als bei nicht professionellen Fußballspielern und Kontrollprobanden (10,7 vs. 2,7 und 1,3 %).
2. Kujala et al. (1995) beschrieben bei professionellen Fußballspielern ein signifikant um den Faktor 5,21 (95 %-KI 1,14 - 23,8) erhöhtes relatives Risiko für eine mindestens zweitgradige Gonarthrose nach Kellgren, das für Alter, BMI, berufliche Belastung durch eine Tätigkeit im Knien oder Hocken und vorherige Kniegelenksverletzungen adjustiert war.
3. Sandmark und Vingård (1999) fanden in einer Fall-Kontroll-Studie bei männlichen Profi- und Freizeitfußballern ein signifikant um den Faktor 2,0 (95 %-KI 1,4 - 2,8) erhöhtes Risiko für eine Gonarthrose, die zur Implantation einer Kniegelenksarthrose führte. Bei Fällen und Kontrollprobanden waren Probanden ausgeschlossen, die jemals ein Kniegelenkstrauma, eine Kniegelenksoperation, eine rheumatoide Arthritis sowie eine systemische Gelenkerkrankung wie Poliomyelitis oder Rachitis aufwiesen. Nach dem systematischen Review von Freiberg et al. (2021) berechnet sich aus den Angaben von Sandmark und Vingård (1999) für Profifußballer ein signifikant um den Faktor 1,86 (95 %-KI 1,05 - 3,29) erhöhtes Gonarthroserisiko. Iosifidis et al. (2015) beschrieben bei professionellen Fußballspielern nach Ausschluss von Makrotraumata der Kniegelenke und einer entzündlichen Kniegelenkerkrankung ein signifikant erhöhtes Risiko für eine radiologisch diagnostizierte mindestens zweitgradige Gonarthrose nach Kellgren und Lawrence (1957) (16,5 versus 12,9 %,  $p < 0,05$ ).
4. In dem systematischen Review von Freiberg et al. (2021) zeigte sich, dass das Gonarthroserisiko bei Profifußballern nach Ausschluss von Studien, die Probanden mit Makroverletzungen des Kniegelenkes einbezogen haben, signifikant um den Faktor 2,81 (95%-KI 1,25-6,32) erhöht war, basierend auf den Studien von Roos et al. (1994), Sandmark und Vingård (1999) sowie Iosifidis et al. (2015). Das Gonarthroserisiko bei Profifußballern in Studien mit Adjustierung für Kniegelenksverletzungen lag bei 2,71 (95%-KI 1,55-4,74), basierend auf Roos et al. (1994), Kujala et al. (1995), Tveit et al. (2012) sowie Fernandes et al. (2018).

### **3.5 Sonstige Bewertungen des Gonarthroserisikos im Profifußball**

Das Industrial Injuries Advisory Council, das Beratungsgremium für neue Berufskrankheiten der Regierung des Vereinigten Königreichs, hat im Jahr 2020 in einem Positionspapier die Auffassung vertreten, dass keine ausreichende Evidenz dafür vorliege, dass das Gonarthroserisiko bei Profifußballern ohne eine Kniegelenksverletzung im Vergleich zur übrigen Bevölkerung verdoppelt sei (Industrial Injuries Advisory Council 2020). Das Positionspapier wird wie folgt bewertet:

In Nummer 14 des Positionspapiers wurde die Aussage vertreten, dass die Häufigkeit von Traumata bei Profifußballern bei 10 - 42 Verletzungen pro 1.000 Stunden Exposition liege. Diese Aussage basiert auf dem narrativen Review von Salzmann et al. (2017), die dafür sechs Primärstudien auswerteten. Diese Feststellung widerspricht dem systematischen Review von López-Valenciano et al. (2020), die 44 Veröffentlichungen einbezogen. Insgesamt lag die Inzidenz von Verletzungen bei 8,1 (95 %-KI 7,2 - 9,0) Traumata pro 1.000 Stunden Exposition, davon betrafen 1,2 (95 %-KI 1,0 - 1,4) Verletzungen pro 1.000 Stunden Exposition die Kniegelenke.

In Nummer 16 des Positionspapiers hat das Industrial Injuries Advisory Council Drawer und Fuller (2002) mit der Aussage zitiert, dass 47 % der Fußballer wegen einer Verletzung ihre Tätigkeit beenden und dass fast die Hälfte dieser Verletzungen das Kniegelenk betreffen. Dieses Zitat trifft nicht zu. Bei der Studie von Drawer und Fuller (2002) handelt es sich um eine Untersuchung zur Verletzungshäufigkeit von 138 aktiven professionellen Fußballspielern in England, die keine Ergebnisse zur Ursache der Aufgabe der Tätigkeit enthält. Tatsächlich stammt diese Aussage aus einer anderen, im Jahre 2001 von Drawer und Fuller veröffentlichten Publikation. Es fehlt der Hinweis darauf, dass diese Studie große Mängel aufweist wie eine fehlende Kontrollgruppe, eine niedrige Teilnahmequote (38 %), eine fehlende Nonresponderanalyse sowie eine niedrige Validität der Diagnosen, die ausschließlich auf Befragungsdaten beruhen und damit fehleranfällig sind (siehe Kapitel 1).

In Nummer 16 des Positionspapiers wurde die Aussage der Studie von Kettunen et al. (2001) zitiert, dass ehemalige Fußballer häufiger als Kontrollprobanden angaben, dass bei ihnen ein Arzt eine Bandverletzung des Kniegelenkes (41 versus 11 %) sowie eine Meniskusverletzung (45 versus 11 %) diagnostiziert habe. Es fehlt der Hinweis darauf, dass die Anzahl der befragten Fußballer mit  $n = 92$  gering war sowie dass die Diagnosen lediglich anamnestisch erfragt wurden und damit fehleranfällig sind. Ferner fehlt eine Altersadjustierung (siehe Kapitel 1). Dieses Ergebnis widerspricht der Studie von Roos et al. (1994), die bei 71 ehemaligen Profifußballern in Schweden mit einem mittleren Alter von 62,7 Jahren eine Häufigkeit von Verletzungen des vorderen Kreuzbandes bei 4,2 % und Meniskektomien in Höhe von 16,9 % nachwies. Die Diagnosen in dieser Studie basieren auf Krankenhausdaten (siehe Kapitel 1) und sind damit wesentlich valider als die Angaben von Kettunen et al. (2001), die anamnestisch erhoben wurden.

In Nr. 16 des Positionspapiers wurde auf die Studie von Krajnc et al. (2010) verwiesen, die über eine Kniegelenksverletzung bei 29 von 40 ehemaligen Profifußballern berichtete, die zu Arbeitsunfähigkeit für Tage oder Wochen führte und in der 18 von 29 Profifußballern mindestens wegen einer Kniegelenksverletzung operiert werden mussten. Auf die Kritik an dieser Studie (geringer Stichprobenumfang, fehleranfällige anamnestische Sicherung der Diagnosen) wurde nicht eingegangen (siehe Kapitel 1).

In Nummer 16 des Positionspapiers wurde die Studie von Turner et al. (2000) wiedergegeben, die bei den befragten ehemaligen Fußballern in England ermittelte, dass 43 % der Befragten eine Kniegelenksverletzung angaben, die eine konservative Therapie erforderlich machte. Auf die Kritik an dieser Studie (fehlende Kontrollgruppe, fehleranfällige anamnestische Angaben zur Häufigkeit von Knieverletzungen) wird nicht eingegangen (siehe Kapitel 1).

In Nummer 17 des Positionspapiers wurden vier Studien (Neyret et al. 1993, von Porat et al. 2004, Lohmander et al. 2004 und Goutteborge et al. 2018) zitiert, die eine erhöhte Gonarthroseprävalenz bei Fußballerinnen und Fußballern bei Zustand nach einer Kniegelenksverletzung beschreiben. In die Studie von Neyret et al. (1993) wurden 77 Fußballspieler in Frankreich einbezogen. Das Geschlecht und die Teilnahmequote wurden nicht mitgeteilt. Es finden sich keine Informationen, ob es sich um Profifußballer oder Freizeitfußballer handelt. Eine externe, nicht belastete Kontrollgruppe existiert nicht, sodass es sich um keine epidemiologische Studie handelt. Bei den 77 Fußballern wurde im Mittel vor 27 Jahren eine offene Meniskektomie durchgeführt. Dabei zeigten 34 Fußballer ausschließlich eine Meniskopathie und 43 Fußballer eine Meniskopathie und eine Ruptur des vorderen Kreuzbandes. Bei den Fußballern wurde eine a.p.-Röntgenaufnahme der Kniegelenke beidseits durchgeführt. Die Röntgenbilder wurden nach einer selbst entwickelten Klassifikation ausgewertet. Unterschieden wurden frühe „degenerative“ Veränderungen mit einer Gelenkspaltverschmälerung von unter 50 % und eine Gonarthrose mit einer Gelenkspaltverschmälerung von über 50 %. Der Studie ist nicht zu entnehmen, ob der Gelenkspalt im medialen und lateralen Femorotibialgelenk eines Knies miteinander verglichen wurde oder das mediale bzw. das laterale Femorotibialgelenk des linken und rechten Kniegelenks. Fußballspieler mit Meniskopathie und Ruptur des vorderen Kreuzbandes zeigten bei der Nachuntersuchung häufiger mindestens frühe „degenerative“ Veränderungen des Kniegelenks als die Fußballer ausschließlich mit Meniskopathie (77 versus 24 %). Die Studie ist für diese wissenschaftliche Begründung nicht von Belang, weil sie sich nicht auf Profifußballer bezieht, keine Teilnahmequote angegeben wurde und eine Kontrollgruppe fehlt. Von Porat et al. (2004) berichteten über eine Nachuntersuchung von 205 männlichen Fußballspielern in Schweden 14 Jahre nach Diagnose einer Verletzung des vorderen Kreuzbandes. Der Studie ist nicht zu entnehmen, ob es sich um Profi- oder Freizeitfußballer handelte. Eine Kontrollgruppe wurde nicht untersucht, sodass es sich um keine epidemiologische Studie handelt. Von den 205 Fußballern nahmen 154 (75,1 %) an einer Befragung teil und gaben dabei an, dass sie zu 42 % konservativ und zu 58 % mit Rekonstruktion des vorderen Kreuzbandes operativ behandelt worden seien. 38 % der Fußballer hatten eine Verletzung des vorderen Kreuzbandes und eine Meniskopathie und 62 % ausschließlich eine Verletzung des vorderen Kreuzbandes. 122 der 205 Fußballer (59,5 %) nahmen an einer p.a.-Röntgenuntersuchung der Knie teil. Die Fußballer mit Verletzung des vorderen Kreuzbandes und Meniskopathie zeigten signifikant häufiger eine mindestens zweitgradige Gonarthrose nach

Kellgren und Lawrence (1957) als Fußballer, bei denen ausschließlich eine Verletzung des vorderen Kreuzbandes bestand (59 versus 31 %,  $p = 0,002$ ). Die Studie ist ohne Belang für diese wissenschaftliche Begründung, weil keine Profifußballer betrachtet wurden. Ferner ist darauf hinzuweisen, dass aus der Studie die Bedeutung einer Verletzung des vorderen Kreuzbandes in Bezug auf das Gonarthrosrisiko nicht abgeleitet werden kann, weil alle untersuchten Fußballer eine solche Verletzung aufwiesen und keine Kontrollgruppe ohne diese Verletzung einbezogen wurde. Lohmander et al. (2004) legten die Ergebnisse einer Nachuntersuchung mit Anfertigung von a.p.- und axialen Röntgenbildern beider Kniegelenke bei 67 schwedischen Fußballerinnen 12 Jahre nach Diagnose einer Verletzung des vorderen Kreuzbandes vor. Bei 62 % der Fußballerinnen wurde eine operative Rekonstruktion des vorderen Kreuzbandes durchgeführt. Die übrigen wurden konservativ behandelt. Die Teilnahmequote lag bei 65 %. Eine Kontrollgruppe wurde nicht untersucht, sodass es sich um keine epidemiologische Studie handelt. Der Studie ist nicht zu entnehmen, wie viele der Untersuchten Profifußballerinnen waren. Es wurde lediglich mitgeteilt, dass 32 % der Fußballerinnen in der ersten oder zweiten schwedischen Frauenfußballliga spielten. In der Veröffentlichung finden sich keine Angaben zu der Liga, in der die übrigen Fußballerinnen spielten. Bei den Fußballerinnen fand sich im Kniegelenk mit Zustand nach Verletzung des vorderen Kreuzbandes im Vergleich zu dem Kniegelenk ohne diese Verletzung häufiger eine Gonarthrose im Femorotibialgelenk (48 versus 7 %) und im Femoropatellargelenk (13 versus 0 %). Die Studie kann für diese wissenschaftliche Begründung nicht verwertet werden, weil sie sich nicht ausschließlich auf Profifußballerinnen bezieht. Gouttebarga et al. (2018) kamen in der in Kapitel 1 dargestellten Querschnittsstudie mit Befragung von 1.360 männlichen Probanden, darunter 964 aktiven und 396 ehemaligen Profifußballern, zu dem Ergebnis, dass bei aktiven Profifußballern jede anamnestisch angegebene zusätzliche schwere Kniegelenksverletzung, die sich während des Spiels oder des Trainings ereignete und die zu einer Arbeitsunfähigkeit von mehr als 28 Tagen geführt hatte, das relative Risiko für eine ärztlich diagnostizierte Gonarthrose signifikant um den Faktor 1,74 (95 %-KI 1,50 - 2,01) erhöhte. Bei ehemaligen Profifußballern lag dieser Faktor bei 1,87 (95 %-KI 1,61- 2,13). An der Studie ist zu kritisieren, dass sowohl die Ermittlung von Kniegelenksverletzungen als auch einer ärztlich diagnostizierten Gonarthrose anamnestisch erfolgte und damit fehleranfällig ist. Ferner fehlt eine unbelastete Kontrollgruppe, sodass es sich um keine epidemiologische Studie handelt.

In Nummer 17 des Positionspapiers findet sich folgender Satz: „Amongst 152 former elite female footballers, currently aged 33 years, 64.5 % reported at least one knee injury, 1 in 3 of which injuries required surgery and there was a modest increased risk of self-reported physician-diagnosed arthritis associated with those injuries (OR 1.32,  $p < 0.001$ ).“ (“Von den 152 ehemaligen Elite-Fußballspielerinnen, die zu dem betreffenden Zeitpunkt 33 Jahre alt waren, gaben 64,5 % an, mindestens eine Knieverletzung zu haben, jede dritte Verletzung erforderte eine Operation und

es bestand ein geringfügig erhöhtes Risiko für eine selbst berichtete, vom Arzt diagnostizierte Arthritis im Zusammenhang mit diesen Verletzungen (OR) 1,32,  $p < 0,001$ .)“ Für dieses Zitat wird keine Quelle angegeben, sodass sie nicht bewertet werden kann.

In dem Positionspapier wird in Nummer 19 bis 27 ausgeführt, dass für die Empfehlung einer Berufskrankheit epidemiologische Evidenz vorliegen muss. Ferner wird auf die unterschiedliche Diagnosesicherung der Gonarthrose in epidemiologischen Studien verwiesen (Röntgenbild, Magnetresonanztomografie, Ultraschall, klinische Untersuchung, anamnestische Angabe, dass ein Arzt eine Gonarthrose diagnostiziert habe oder Implantation einer Kniegelenksendoprothese). Diese unterschiedliche Art der Diagnose einer Gonarthrose erschwere die Beurteilung des Krankheitsrisikos. Dem ist zuzustimmen.

In Nummer 28 des Positionspapiers wird die Auffassung vertreten, dass die vorliegenden epidemiologischen Studien zu widersprüchlichen Ergebnissen führen würden. Drei Untersuchungen, die Profifußballer mit Kniegelenkverletzungen ausschließen oder dafür adjustieren (Roos et al. 1994, Kujala et al. 1995 und Fernandes et al. 2018), würden ein verdoppeltes Risiko für eine radiologisch diagnostizierte Gonarthrose beschreiben. Dagegen würden zwei Studien („Arliani“ und „Elleuch“) ein erhöhtes Gonarthrosrisiko zeigen, das jedoch nicht verdoppelt war. An dieser Stelle ist die Art der Zitierung der diskutierten Studien im Text des Positionspapiers zu kritisieren. Es wird jeweils nur der Autor und nicht das Jahr der Veröffentlichung genannt. Da im Literaturverzeichnis 2 Studien von Arliani aufgeführt werden (Arliani et al. 2014 und 2016), ist unklar, welche der beiden Studien die Autoren des Positionspapiers an dieser Stelle meinen. In beiden Fällen handelt es sich jedoch um Querschnittstudien bei Profifußballern ohne Angaben zur Teilnahmequote, sodass sie wegen dieses methodischen Mangels in dieser wissenschaftlichen Begründung ausgeschlossen wurden. Auch die Querschnittstudie von Elleuch et al. 2008 wurde aus demselben Grund ausgeklammert (siehe Kapitel 3 Absatz 1). An dieser Stelle ist auf die Fall-Kontroll-Studie von Sandmark und Vingård (1999) hinzuweisen, die zu dem Ergebnis kam, dass männliche Profi- und Freizeitfußballspieler ein signifikant um den Faktor 2,0 (95 %-KI 1,4 - 2,8) erhöhtes Gonarthrosrisiko aufweisen, das für Alter und BMI adjustiert war. Für den ausschließlichen Einschluss von männlichen Profifußballern berechneten Freiberg et al. (2021) in einem systematischen Review aus den Angaben in dieser Studie ein signifikant um den Faktor 1,86 (95 %-KI 1,05 - 3,29) erhöhtes Gonarthrosrisiko (siehe Kapitel 3.2, Absatz 1).

Ferner kommt das Positionspapier zu dem Ergebnis, dass vier Studien kein signifikant erhöhtes Risiko für eine radiologisch diagnostizierte Gonarthrose bei Profifußballern nachweisen (Iosifidis et al. 2015, Lv et al. 2018, Paxinos et al. 2016 und Thelin et al. 2006). Iosifidis et al. (2015) beschrieben eine Querschnittstudie bei 218 ehemaligen männlichen professionellen Athleten in

Griechenland. In der Subgruppe von 91 professionellen Fußballspielern lag im Vergleich zur Kontrollgruppe ein erhöhtes Gonarthrosrisiko vor (16,5 versus 12,9 %). Zu diesem Ergebnis schrieben die Autoren Folgendes: „Knee radiographic OA was significantly more common in soccer and basketball players.“ („Eine röntgenologische diagnostizierte Arthrose des Kniegelenks kam bei Fußball- und Basketballspielern signifikant häufiger vor.“). Die oben genannte Aussage in dem Positionspapier, dass das Gonarthrosrisiko der Profifußballer in der Studie von Iosifidis et al. (2015) nicht signifikant erhöht war, trifft somit nicht zu. Die Veröffentlichungen von Paxinos et al. 2016 und Lv et al. (2018) wurden aus dieser wissenschaftlichen Begründung ausgeschlossen, weil sie den methodischen Mangel einer fehlenden Teilnahmequote aufweisen (siehe Kapitel 3 Absatz 1). Die Fall-Kontroll-Studie von Thelin et al. (2016) enthält keine Angaben zum Gonarthrosrisiko von Profifußballern (siehe Kapitel 3.2).

Die Datenextraktion der oben genannten Studien in Tabelle 1 des Positionspapiers ist unzureichend und widerspricht Standards für die Durchführung eines systematischen Reviews nach AMSTAR (A measurement tool to assess the methodological quality of systematic reviews [Shea et al. 2007, 2009 und 2017]). AMSTAR wurde zwar vornehmlich für die Bewertung von systematischen Reviews über randomisierte experimentelle Studien entwickelt und validiert, kann jedoch auch für die Durchführung und Beurteilung von systematischen Reviews in der Arbeitsmedizin verwendet werden, die auf epidemiologischen Studien basieren (Verbeek et al. 2014). In Tabelle 1 des Positionspapiers fehlen in Spalte 2 die Darstellung der Vergleichsgruppe (sofern vorhanden) und die Teilnahmequote bei den Profifußballern und Kontrollprobanden. Ferner findet sich in Tabelle 1 und im gesamten Positionspapier keine Bewertung des Fehlerrisikos der einbezogenen Studien. In Zeile 7 der Tabelle 1 wird eine Studie von Kujits 1995 zitiert, die im Literaturverzeichnis fehlt. Dort finden sich die Literaturangaben der Studie von Kuijt et al. (2012). Dabei handelt es sich jedoch um einen systematischen Review zum Gonarthrosrisiko von Profifußballern. Die Ergebnisse dieses Reviews hätten nicht in Tabelle 1 des Positionspapiers aufgenommen werden dürfen, weil in dieser Primärstudien aufgeführt wurden, in denen Profifußballer mit Kniegelenksverletzungen ausgeschlossen wurden oder in denen für Kniegelenksverletzungen adjustiert wurde.

In Nr. 29 und Tabelle 2 des Positionspapiers werden Studien dargestellt, die das Risiko von Profifußballern für eine klinisch diagnostizierte Gonarthrose, für eine anamnestisch ermittelte ärztlich diagnostizierte Gonarthrose, für eine Kniegelenksendoprothese und für Schmerzen oder Funktionsstörungen im Bereich des Knies angeben und für Kniegelenksverletzungen kontrollieren. Auch zu dieser Frage seien die Ergebnisse widersprüchlich. Dazu werden in dem Positionspapier folgende Studien diskutiert: In der Studie von Iosifidis et al. (2015) habe sich nach dem Positionspapier keine Differenz des Risikos für eine klinisch diagnostizierte Gonarthrose nachweisen lassen. Es trifft zu, dass die Prävalenz einer klinisch diagnostizierten Gonarthrose in dieser Studie

bei Profifußballern nur geringfügig höher lag als bei den Kontrollprobanden (9,1 versus 8,2 %, siehe Kapitel 3.1). In der Veröffentlichung von Kettunen et al. (2001) habe sich nach dem Positionspapier kein verdoppeltes Risiko für eine anamnestisch ermittelte, ärztlich diagnostizierte Gonarthrose nachweisen lassen. Die Studie von Kettunen et al. (2001) wurde in Kapitel 3 dieser wissenschaftlichen Begründung ausgeschlossen, weil sie keine Angaben zum Gonarthrosrisiko von professionellen Fußballspielern, sondern nur von professionellen Teamsportlern (Fußball-, Eishockey- und Basketballspielern), ohne separate Angaben zu Profifußballern, enthält (siehe Kapitel 3 Absatz 1). In dem Positionspapier wird aus der Studie von Tveit et al. (2012) zitiert, dass Profifußballer nach einer Adjustierung für Alter, BMI, berufliche Belastung und Kniegelenksverletzungen ein um den Faktor 1,13 (95 %-KI 0,75 - 1,72) nicht signifikant erhöhtes Risiko für eine ärztlich diagnostizierte Gonarthrose haben. Dieses Zitat ist korrekt. Allerdings ist darauf hinzuweisen, dass sowohl die Informationen über eine Kniegelenksverletzung als auch über eine ärztlich diagnostizierte Gonarthrose durch eine Befragung ermittelt wurden und damit fehleranfällig sind (siehe Kapitel 3.1).

Es fällt auf, dass in Nr. 29 des Positionspapiers die in Tabelle 2 dargestellte Querschnittsstudie von Fernandes et al. (2018) nicht hervorgehoben wird, die bei 1.207 ehemaligen Profifußballern in England ein signifikant um den Faktor 2,18 (95 %-KI 1,73 - 2,77) erhöhtes Risiko für eine ärztlich diagnostizierte Gonarthrose und ein um den Faktor 2,10 (95 %-KI 1,42 - 3,14) erhöhtes Risiko für die Implantation einer Totalendoprothese des Kniegelenkes beschrieb, das für Alter, BMI, Knieverletzungen, Fingergelenksarthrose, Kniegelenksfehlstellung, berufliche Belastung und das 2D:4D-Verhältnis adjustiert war (siehe Kapitel 3.1).

Ebenfalls in Nummer 29 des Positionspapiers wurde nicht darauf hingewiesen, dass die in Tabelle 2 dargestellte Fall-Kontroll-Studie von Sandmark und Vingård (1999) zu dem Ergebnis kam, dass männliche Fußballspieler ein signifikant um den Faktor 2,0 (95 %-KI 1,4 - 2,8) erhöhtes und für Alter und BMI adjustiertes Risiko für eine Gonarthrose aufwiesen, die zur Implantation einer Kniegelenksendoprothese führte. Die Gonarthrosefälle in dieser Studie wurden mit dem schwedischen Register für Knieendoprothesen ermittelt, das auf Krankenhausdaten basiert. Fälle und Kontrollprobanden wurden nicht in die Studie einbezogen, wenn sie jemals ein Kniegelenkstrauma, eine Kniegelenksoperation, eine rheumatoide Arthritis sowie eine systemische Gelenkerkrankung wie Poliomyelitis oder Rachitis hatten. Diese Angaben fehlen zum Teil in Tabelle 2.

Mehrere der in Tabelle 2 des Positionspapiers dargestellten Studien wurden in Kapitel 3 dieser wissenschaftlichen Begründung nicht berücksichtigt, weil sie wegen fehlender Angaben zur Teilnahmequote methodisch mangelhaft sind (Arliani et al. 2014 und 2016, Elleuch et al. 2008, Paxinos et al. 2016 und Lv et al. 2018). Die Studie von Kettunen et al. (2001) wurde ausgeschlossen,

weil sie keine Angaben zum Gonarthrosrisiko von professionellen Fußballspielern, sondern nur von professionellen Teamsportlern (Fußball,- Eishockey- und Basketballspielern), ohne separate Angaben zu Profifußballern, enthält (siehe Kapitel 3 Absatz 1).

In Nummer 30 des Positionspapiers wurden mehrere Studien (Elleuch et al. 2008, Paxinos et al. 2016 und Lv et al. 2018) zitiert, nach denen Fußballspieler im Vergleich zu Kontrollprobanden nicht mehr Kniegelenkschmerzen oder Funktionsstörungen im Bereich des Knies haben. Alle drei Studien wurden in Kapitel 3 dieser wissenschaftlichen Begründung nicht berücksichtigt, weil sie wegen fehlender Angaben zur Teilnahmequote methodisch mangelhaft sind. Die in Nummer 30 des Positionspapiers zitierte Studie von Kettunen et al. (2001) wurde in dieser wissenschaftlichen Begründung ausgeschlossen, weil sie keine Angaben zum Gonarthrosrisiko von professionellen Fußballspielern, sondern nur von professionellen Teamsportlern (Fußball,- Eishockey- und Basketballspielern), ohne separate Angaben zu Profifußballern, enthält (siehe Kapitel 3 Absatz 1).

In Nummer 30 des Positionspapiers wiesen die Autoren darauf hin, dass die Fall-Kontroll-Studie von Sandmark und Vingård (1999) sowie die Querschnittstudie von Fernandes et al. (2018) ein mehr als verdoppeltes Risiko von Fußballspielern für die Entwicklung einer Gonarthrose mit Implantation einer Kniegelenksendoprothese zeigten. Diesen Studien würde jedoch die Querschnittstudie von Tveit et al. (2012) widersprechen, die nach Adjustierung für Alter, BMI, berufliche Belastungen sowie Meniskus- und Sehnenverletzungen im Bereich des Knies ein nicht signifikant um den Faktor 1,13 (95 %-KI 0,75 - 1,72) erhöhtes Gonarthrosrisiko beschrieb. Zu dieser Aussage ist zu bemerken, dass in der Fall-Kontroll-Studie von Sandmark und Vingård (1999) männliche Profi- und Freizeitfußballspieler ein signifikant um den Faktor 2,0 (95 %-KI 1,4 - 2,8) erhöhtes Risiko für eine Gonarthrose, die zur Implantation einer Kniegelenksendoprothese führte, aufwiesen, das für Alter und Body-Mass-Index (BMI) adjustiert war. Fälle und Kontrollen mit Kniegelenksverletzungen wurden in dieser Studie ausgeschlossen. Die Tatsache der Versorgung der Gonarthrose mit einer Endoprothese basierte auf Krankenhausdaten. Freiberg et al. (2021) berechneten in einem systematischen Review aus den Angaben in der Studie von Sandmark und Vingård (1999) ein signifikant um den Faktor 1,86 (95 %-KI 1,05 - 3,29) erhöhtes Gonarthrosrisiko bei männlichen Profifußballern und ein um den Faktor 1,10 (95 %-KI 0,77 - 1,56) nicht signifikant erhöhtes Gonarthrosrisiko bei männlichen Freizeitfußballern. Dagegen sind die Studien von Tveit et al. (2012) und Fernandes et al. (2018) methodisch schwächer, weil es sich um Querschnittsstudien handelt und die Versorgung einer Gonarthrose mit Endoprothese lediglich per Fragebogen erhoben wurde. Diese Form der Diagnosesicherung ist fehleranfälliger als in der Studie von Sandmark und Vingård (1999), die dafür Krankenhausdaten verwendeten. Ferner ist darauf zu verweisen, dass der Medianwert des Alters bei den Profifußballern und Kontrollprobanden in der Studie von Tveit et al. (2012) jeweils bei 70 Jahren mit einer Spanne von 50 bis 93

Jahren lag, während der arithmetische Mittelwert und die Standardabweichung des Alters der Profifußballer und der Kontrollprobanden in der Studie von Fernandes et al. (2018) bei  $59,0 \pm 11,7$  bzw.  $62,9 \pm 10,4$  Jahren lagen. Dies spricht dafür, dass das Fehlerrisiko für die Diagnose einer Gonarthrose, die mit Kniegelenksendoprothese behandelt wurde, in der Studie von Tveit et al. (2012) höher ist als in der Untersuchung von Fernandes et al. (2018).

In diesem Zusammenhang ist von Belang, dass sich in dem systematischen Review von Freiberg et al. (2021) nach Ausschluss von Studien, bei denen die Diagnose einer Gonarthrose auf Selbstangaben basiert, bei Profifußballern ein signifikant um den Faktor 2,12 (95 %-KI 1,35 - 3,34) erhöhtes Gonarthrosrisiko fand. Diese Metaanalyse basiert auf den Veröffentlichungen von Roos et al. 1994, Kujala et al. 1994, Sandmark und Vingård 1999 sowie Iosifidis et al. 2015 (siehe Kapitel 3.4 dieser wissenschaftlichen Begründung).

Insgesamt weist das Positionspapier des Industrial Injuries Advisory Council des Vereinigten Königreichs (2020) zum Gonarthrosrisiko bei Profifußballern gravierende Mängel auf und hält einer kritischen Prüfung nicht stand. Insbesondere fehlt eine kritische Methodenbewertung der einbezogenen Studien.

#### **4. Krankheitsbild und Diagnose**

Die Diagnose einer Gonarthrose im Sinne dieser Berufskrankheit hat folgende Voraussetzungen [Kellgren und Lawrence (1957), Department of Rheumatology and Medical Illustration (1963), Vallotton et al. (1995), Britberg und Winalsky (2003), Bolm-Audorff et al. (2014) und Deutsche Gesellschaft für Orthopädie und orthopädische Chirurgie (2018)]:

1. Chronische oder chronisch-rezidivierende Schmerzen im Bereich der Kniegelenke und
2. Diagnose einer Gonarthrose mit einem der drei folgenden Verfahren:
  - a) Röntgenuntersuchung der Kniegelenke beidseits in zwei Ebenen und der Patella tangential beidseits mit dem Nachweis einer mindestens zweitgradigen Gonarthrose nach Kellgren und Lawrence (1957) sowie Department of Rheumatology and Medical Illustration (1963):

Grad I:	Fragliche Verschmälerung des Kniegelenkspalts und mögliche Osteophytenbildung
Grad II:	Definitive Osteophyten und mögliche Verschmälerung des Kniegelenkspalts
Grad III:	Multiple Osteophyten und definitive Verschmälerung des Kniegelenkspalts, Sklerose und mögliche Verformung der Tibia und des Femurs
Grad IV:	Ausgeprägte Osteophyten, starke Verschmälerung des Kniegelenkspalts, ausgeprägte Sklerose und definitive Verformung der Tibia und des Femurs.

Die Deutsche Gesellschaft für Orthopädie und orthopädische Chirurgie (2018) verwendete eine davon abweichende Klassifikation nach Kellgren und Lawrence, ohne die Quelle zu nennen. Da die ganz überwiegende Mehrheit der in Kapitel 3 genannten epidemiologischen Studien als Quelle für ihre Klassifikation Kellgren und Lawrence (1957) oder Department of Rheumatology and Medical Illustration (1963) zitieren, wird an der o.g. Röntgenklassifikation festgehalten. Diese wird auch bei der Begutachtung der Berufskrankheit 2112 verwendet (Bolm-Audorff et al. 2014, Seite 25).

Bezüglich der Definition einer Verschmälerung des Kniegelenkspalts sowie eines Osteophyten wird auf die Begutachtungsempfehlung für die Berufskrankheit 2112 (Bolm-Audorff et al. 2014, Seite 25 - 26) verwiesen.

- b) Magnetresonanztomographie der Kniegelenke beidseits: Die Diagnose einer Gonarthrose in der Magnetresonanztomographie hat folgende Voraussetzungen:
- In der Tiefenausdehnung zum subchondralen Knochen reichende Knorpelzerstörung bzw. kompletter Defekt („Knorpelglatze“) und / oder der Nachweis intraartikulärer Osteophyten (Grad III oder Grad IV nach Vallotton et al. 1995) und
  - Großflächige Ausdehnung innerhalb des betroffenen Kompartiments. Die Mindestgröße der schweren Läsion bzw. des Defekts soll 2 cm<sup>2</sup> betragen. Außerdem soll ein entsprechender Schaden an der korrespondierenden Gelenkfläche („Kissing Lesion“) vorliegen.
- c) Arthroskopie: Die Diagnose einer Gonarthrose nach dem arthroskopischen Befund hat folgende Voraussetzungen:
- In der Tiefenausdehnung zum subchondralen Knochen reichende Knorpelzerstörung bzw. kompletter Defekt („Knorpelglatze“) und / oder der Nachweis intraartikulärer Osteophyten mit einem Grad IIIb oder Grad IV der ICRS-Klassifikation (Britberg und Winalsky 2003) und
  - Großflächige Ausdehnung innerhalb des betroffenen Kompartiments mit einer Mindestgröße der schweren Läsion bzw. des Defekts von 2 cm<sup>2</sup>. Außerdem soll ein entsprechender Schaden an der korrespondierenden Gelenkfläche („Kissing Lesion“) vorliegen.

und

3. Nachweis von mindestens einer der folgenden 6 Funktionsstörungen:

- a) Eingeschränkte Streckung und/oder Beugung im Kniegelenk
- b) Kniegelenkserguss
- c) Kapselentzündung mit Verdickung oder Verplumpung der Gelenkkontur

- d) Krepitation bei der Gelenkbewegung.
- e) Hinkendes Gangbild oder
- f) Atrophie der Oberschenkelmuskulatur.

Nach der Studie von Fernandes et al. (2018) ist bei Profifußballern sowohl die einseitig links, die einseitig rechts als auch die beidseitige Gonarthrose um mehr als den Faktor 2 häufiger als bei den Kontrollprobanden, so dass auch die einseitig ausgeprägte Gonarthrose bei Profifußballern anerkennungsfähig ist. Die Gonarthrose bei Profifußballern kann nach dieser Studie sowohl das mediale und das laterale Femorotibialgelenk als auch das Femoropatellargelenk betreffen.

Das Alter der Profifußballer zum Zeitpunkt der Diagnose einer Gonarthrose betrug über 40 Jahre mit einem Mittelwert zwischen 50,1- 62,7 Jahren (Tabelle 4).

**Tabelle 4:** Alter von Profifußballern zum Zeitpunkt der Diagnose

Alter	Studie
≥ 40 Jahre, Mittelwert 62,7	Roos et al. 1994
Mittelwert 56,0 ± 5,7 Jahre (Schwankung 45 - 67)	Kujala et al. 1995
Mittelwert 50,1 ± 8,5 Jahre	Iosifidis et al. 2015
> 40, Mittelwert 59 ± 11,7 Jahre	Fernandez et al. 2018

Da die Karriere von Profifußballern nach der Studie von Drawer und Fuller (2001) mit 32,5 ± 5,2 Jahren endet, ist eine Interimszeit zwischen Beendigung der gefährdenden Tätigkeit und Diagnose der Gonarthrose von 30 Jahren und mehr nicht untypisch für diese Berufskrankheit.

## 5. Abgrenzung der „besonderen Personengruppe“ gemäß § 9 Absatz 1 SGB VII

Als besondere Personengruppe im Sinne des § 9 Absatz 1 SGB VII gelten Personen, die eine Gonarthrose aufweisen und bei denen die folgenden Bedingungen erfüllt sind:

1. Mindestens 13-jährige Tätigkeit als professionelle Fußballspielerin oder Fußballspieler, davon mindestens 10 Jahre in einer der drei obersten Fußballligen bei Männern oder einer der beiden obersten Fußballligen bei Frauen. Ebenfalls mit berücksichtigt wird für die Berechnung einer mindestens 13-jährigen Tätigkeit als professionelle Fußballspielerin oder Fußballspieler, wenn im Alter von 16 bis 19 Jahren eine versicherte Tätigkeit in einer niedrigeren Fußballliga als in den drei obersten Fußballligen bei Männern bzw. den beiden obersten Fußballligen bei Frauen ausgeübt wurde. Diese Festlegung begründet sich wie folgt: Nach den in Kapitel 3 dargestellten epidemiologischen Studien sowie dem systematischen Review von Freiberg et al. (2021) ist ein um mehr als das 2-fache erhöhtes Gonarthroserisiko bei professionellen Profifußballern auch ohne Makroverletzung der Kniegelenke nachgewiesen. Der Zusammenhang zwischen der Expositionsdauer als Profifußballer und dem Gonarthroserisiko ist nicht

bekannt. Die mindestens 13-jährige Expositionsdauer begründet sich mit der mittleren Expositionsdauer von Profifußballern, die in der Studie von Turner et al. (2000) bei  $13,5 \pm 5,3$  Jahren, in der Studie von Drawer und Fuller (2001) bei 14,3 Jahren sowie in der Studie von Parekh et al. (2021) bei 14,0 Jahren lag. Für eine Tätigkeit als professioneller Fußballspieler in einer der drei obersten Fußballligen spricht der deutliche Abfall der belastenden Tätigkeit zwischen der 3. Liga und den Regionalligen (Tabelle 1) und dass die im Abschnitt 3 dargestellten epidemiologischen Studien bei Profifußballern der oberen Fußballligen der jeweiligen Länder durchgeführt wurden.

2. Ausschluss einer sekundären Gonarthrose durch eine Ruptur des vorderen oder hinteren Kreuzbandes und / oder des medialen oder lateralen Kollateralbandes mit und ohne Meniskusruptur, die Folge eines Arbeits- oder Wegeunfalls oder eines privaten Unfalls ist. Dieses Kriterium gilt nicht für eine Gonarthrose nach vorheriger Meniskusruptur ohne gleichzeitige Ruptur des vorderen oder hinteren Kreuzbandes bzw. des medialen oder lateralen Kollateralbandes, weil Meniskusrupturen ohne zumindest mikrostrukturelle Verletzungen des Kapsel- oder Bandapparates des Kniegelenkes nicht als Folge eines Arbeits- oder Wegeunfalls anerkannt werden (Mehrtens et al. 2017).
3. Nicht unter diese Berufskrankheit fallen Erkrankungen an einer sekundären Gonarthrose als Folge einer anerkannten Berufskrankheit 2102, bei denen eine totale Meniskektomie durchgeführt wurde. Diese gilt als gesicherter Risikofaktor für die Entwicklung einer sekundären Gonarthrose (Bolm-Audorff et al. 2014). Dagegen ist die anerkannte Meniskopathie im Rahmen der Berufskrankheit 2102 mit Zustand nach Teilmeniskektomie oder ohne operative Behandlung kein gesicherter Risikofaktor für die Entwicklung einer sekundären Gonarthrose (Bolm-Audorff et al. 2014).

Die epidemiologischen Daten für diese Berufskrankheit wurden ausschließlich bei männlichen Profifußballern erhoben. Es wird davon ausgegangen, dass diese Ergebnisse auf Profifußballerinnen übertragbar sind.

## **6. Anzeigekriterien**

Eine Berufskrankheitenanzeige ist bei Vorliegen der beiden folgenden Bedingungen zu stellen:

1. Es liegt eine mindestens 13-jährige Tätigkeit als Profifußballerin oder Profifußballer vor, die die Bedingungen des Abschnitts 5.1 erfüllt.
2. Es liegt eine Gonarthrose vor, die die Bedingungen nach Abschnitt 4 erfüllt und bei der eine Erkrankung im Sinne der Abschnitte 5.2 und 5.3 ausgeschlossen wurde.

## 7. Literatur

Ahlbäck S (1968) Osteoarthritis of the knee: A radiographic investigation. Acta Radiol 277: Supplementum 7-72

Arendt E, Dick R (1995) Knee injury patterns among men and women in collegiate basketball and soccer. Am J Sports Med 23: 694-701

Arliani GG, Astur DC, Yamada RKF, Yamada AF, Miyashita GK, Mandelbaum B, Cohen M (2014) Early osteoarthritis and reduced quality of life after retirement in former professional soccer players. Clinics 69: 589-594

Arliani GG, Astur CD, Yamada RK, Yamada AF, da Rocha Correa Fernandes A, Eijnisman B, de Castro Pochini A, Cohen M (2016) Professional football can be considered a healthy sport? Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc 24:3907-3911

Australian Football League Germany, <https://www.aflg.de>, Letzter Zugriff am 31.3.2023

Bolm-Audorff U, Braunschweig R, Ditchen D, Dunz T, Dwornik G, Eberth F, Ellegast R, Erlinghagen N, Glaser C, Gonschorek O, Griebel W, Grifka J, Grosser V, Hartmann B, Hering K G, Hoehne-Hückstädt U, Hofmann G O, Horng A, Kucklack M, Liebers F, Rosenbaum D, Schiele R, Schiltenwolf M, Schröter F, Spahn G, Westphal F, Zagrodnik F-D (2014) Begutachtungsempfehlung für die Berufskrankheit Nr. 2112 (Gonarthrose) herausgegeben von der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung, Berlin, <https://publikationen.dguv.de/widgets/pdf/download/article/4504>, letzter Zugriff am 31.3.2023

Bowersock CD, Willy RW, De Vita P, Willson JD (2016) Independent effects of step length and foot strike pattern on tibiofemoral joint forces during running. J Sports Sci 35: 2005-2013

Bradley PS, Sheldon W, Wooster B, Olsen P, Boanas P, Krstrup P (2009) High-intensive running in English FA premier league soccer matches. J Sports Sci 27:159-168

Bradley PS, Di Mascio M, Peart D, Olsen P, Sheldon B (2010). High-intensity activity profiles of elite soccer players at different performance levels. J Strength Cond Res 24: 2343-2351.

Brittberg, M., Winalski, CS. Evaluation of cartilage injuries and repair. J. Bone Joint Surg Am 2003; 85-A Suppl 2:58-69.

Brouwer PJ, Geesink RGT, Prompers LAJL, Verstappen FTJ (1981) Klachten en afwijkingen aan knieën en engels bij ex-prof-voetballers uit 1956. (Beschwerden und Veränderungen an Knien und Knöcheln bei ehemaligen Fußballprofis von 1956). Ned T Geneesk 125: 694-597

Carmody S, Aoki H, Kilic O, Maas M, Massey A, Kerkhoffs GM, Gouttebarga V (2022) Osteoarthritic changes in the knees of recently retired male professional footballers: a pilot study. S Afr J Sports Med 34: 1-6

Carmody S, Anemaat K, Massey A, Kerkhoffs G, Gouttebarga V (2022) Health conditions among retired professional footballers: a scoping review. BMJ Open Sp Ex Med 8:e001196

Chantraine A (1985) Knee joint in soccer players: osteoarthritis and axis deviation. Med Sci Sports Exerc. 17:434-439

Deacon A, Bennell K, Kiss ZS, Crossley K, Brukner P (1997) Osteoarthritis of the knee in retired, elite Australian rules footballers. Med J Australia 166: 187-190

Department of Rheumatology and Medical Illustration, University of Manchester (1963) The Epidemiology of Chronic Rheumatism, Volume II, Atlas of Standard Radiographs of Arthritis, Oxford, Blackwell Scientific Publications

Deutscher Fußball-Bund (2020a) Fußball-Regeln 2021/2022, [AU2100794 PL Broschüre.pdf \(dfb.de\)](#), letzter Zugriff am 31.3.2023

Deutscher Fußball-Bund (2020b) Mitgliederstatistik 2020, <https://www.dfb.de/fileadmin/dfb-dam/223584-Mitgliederstatistik.pdf>,

letzter Zugriff am 31.3.2023

Dalen T, Jorgen I, Gertjan E, Havard HG, Ulrik W (2016) Player load, acceleration, and deceleration during forty-five competitive matches of elite soccer. J Strength Cond Res 30: 351-359

Deutsche Gesellschaft für Orthopädie und orthopädische Chirurgie (2018) S2k-Leitlinie Gonarthrose (gültig bis zum 29.11.2022, zur Zeit in Überarbeitung), <https://register.awmf.org/de/leitlinien/detail/187-050>, letzter Zugriff am 31.3.2023

Di Salvo V, Baron R, Tschan H, Calderon Montero FJ, Bach N, Pigozzi F (2007) Performance characteristics according to playing position in elite soccer. *Int J Sports Med* 28: 222-227

Di Salvo V, Benito PJ, Calderon FJ, Di Salvo M, Pigozzi F (2008) Activity profile of elite goalkeepers during football match-play. *J Sports Med Phys Fitness* 48: 443-446

Di Salvo V, Gregson V, Atkinson G, Drust B (2009) Analysis of high intensity activity in premier league soccer. *Int J Sports Med* 30: 205-212

Di Salvo V, Baron R, Gonzales-Haro C, Gormasz C, Pigozzi F, Bachl N (2010) Sprinting analysis of elite soccer players during European champions league and UEFA cup matches. *J Sports Sci* 28:1489-1494

Drawer S, Fuller CW (2001) Propensity for osteoarthritis and lower limb joint pain in retired professional soccer players. *Br J Sports Med* 35: 402-408

Drawer S, Fuller CW (2002) Evaluating the level of injury in English professional football using a risk based assessment process. *Br J Sports Med* 36: 446-451

Emran A, Morshed T, Hasan I, Emran M, Atiquzzama A, Ahmed SM, Ferdous Z (2020) Factors associated with osteoarthritis of the knee in former professional male footballers in Bangladesh. *KYAMC Journal* 11: 141-144

Elleuch MH, Guermazi M, Mezghanni M, Ghroubi S, Fki H, Meftah S, Baklouti S, Sellami S (2008) Knee osteoarthritis in 50 former top-level soccer players: a comparative study. *Ann Readapt Med Phys* 51: 174-178

Fernandes GS, Parekh SM, Moses J, Fuller C, Scammell B, Batt ME, Zhang WE, Doherty M (2018) Prevalence of knee pain, radiographic osteoarthritis and arthroplasty in retired professional footballers compared with men in the general population: a cross-sectional study. *Br J Sports Med* 52: 678-683

Freiberg A, Bolm-Audorff U, Seidler A (2021) Gonarthroseerisiko von Profifußballern – ein systematisches Review mit Metaanalysen. *Deutsches Ärzteblatt* 118: 49-55

Gouttebarga V, Inklaar H, Frings-Dresen MHW (2014) Risk and consequences of osteoarthritis after a professional football career: a systematic review of the recent literature. *J Sports Med Phys Fitness* 54: 494-504

Gouttebarga V, Inklaar H, Backx F, Kerkhoffs G (2015) Prevalence of osteoarthritis in former elite athletes: a systematic overview of the recent literature. *Rheumatol Int* 35: 405-418

Gouttebarga V, Aoki H, Kerkhoffs GMMJ (2018) Knee osteoarthritis in professional football is related to severe knee injury and knee surgery. *Inj Epidemiol* 5: 26

Häggglund M, Walden M, Ekstrand J (2003) Exposure and injury risk in Swedish elite football: a comparison between seasons 1982 and 2001. *Scand J Med Sci Sports* 13: 364-370

Ijaz S, Verbeek J, Seidler A, et al. (2013) Night-shift work and breast cancer – a systematic review and meta-analysis. *Scand J Work Environ Health* 39:431-447

Industrial Injuries Advisory Council (2020) Position Paper 44, Osteoarthritis of the knee in professional football players, Osteoarthritis of the knee in professional football players: position paper 44, Osteoarthritis of the knee in professional football players: position paper 44 (publishing.service.gov.uk), [https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment\\_data/file/873699/osteoarthritis-knee-professional-football-players-pp-44.pdf](https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/873699/osteoarthritis-knee-professional-football-players-pp-44.pdf), letzter Zugriff am 31.3.2023

Ingebrigtsen J, Dalen T, Hjelde GH, Drust B, Wisloff U (2015) Acceleration and sprint profiles of a professional elite football team in match play. *Eur J Sport Sci* 15:101-110

Iosifidis M, Tsarouhas A, Fylaktou A (2015) Lower limb clinical and radiographic osteoarthritis in former elite male athletes. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 23: 2528 – 2530

Jensen MV, Tüchsen F, Orhede E (1996) Prolapsed cervical intervertebral disc in male professional drivers in Denmark, 1981-1990. *Spine* 21: 2352-2355

Jones PA, Herrington LC, Graham-Smith P (2015) Technique determinants of knee joint loads during cutting in female soccer players. *Hum Mov Sci* 42: 203-211

Jørgensen S, Hein HO, Gyntelberg F (1994) Heavy lifting at work and risk of genital prolapse and herniated lumbar disc in assistant nurses. *Occup Med (Lond)* 44: 47-49.

Kellgren JH, Lawrence JS (1957) Radiological assessment of osteo-arthrosis. *Ann Rheum Dis* 16: 494-502

Kettunen JA, Kujala UM, Kaprio J, Koskenvuo M, Sarna S (2001). Lower-limb function among former elite male athletes. *Am J Sports Med* 29: 2-8

Klünder KB, Rud B, Hansen J (1980) Osteoarthritis of the hip and knee joint in retired football players. *Acta Orthop Scand* 51: 925-927

Klein C, Henke T, Platen P (2018) Injuries in football (soccer) – a systematic review of epidemiology and aetiological aspects. *Ger J Exerc Sport Res* 48: 309-322

Köhler R (1955) Zur Frage typischer Fußballschäden der Kniegelenke und des Beckens. *Z Arztl Fortbild (Jena)* 49: 743-747

Koch M, Klügl M, Frankewycz B, Lang S, Worlicek M, Popp D, Alt V, Krutsch W (2022) Football-related injuries are the major reason for the career end of professional male football players. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 29: 3560-3568

Konradsen L, Hansen EM, Sondergaard L (1990) Long distance running and osteoarthritis. *Am J Sports Med* 18: 379-381

Krajnc Z, Vogrin M, Recnik G, Crnjac A, Drobnic M, Antolic V (2010) Increased risk of knee injuries and osteoarthritis in the non-dominant leg of former professional football players. *Wien Klin Wochenschr* 122: Suppl. 2: 40-43

Kuijer PPFM, Verbeek Jh, Seidler A, et al. (2018): Work-relatedness of lumbosacral radiculopathy syndrome: Review and dose-response meta-analysis. *Neurology* 91: 558-64

Kuijt MT, Inklaar H, Gouttebauge V, Frings-Dresen MH (2012) Knee and ankle osteoarthritis in former elite soccer players: a systematic review of the recent literature. *J Sci Med Sport* 15: 480-487

Kujala UM, Kaprio J, Sarna S (1994) Osteoarthritis of weight bearing joints of lower limbs in former elite male athletes. *BMJ* 308: 231-234

Kujala UM, Kettunen J, Paananen H, Aalto T, Battié MC, Impivaara O, Videman T, Sarna S (1995) Knee osteoarthritis in former runners, soccer players, weight lifters, and shooters. *Arthritis Rheum* 38: 539-546

Larsen E, Jensen PK, Jensen PR (1999) Long-term outcome of knee and ankle injuries in elite football. *Scand J Med Sci Sports* 9: 285-289

Lee HH, Chu CR (2012) Clinical and basic science of cartilage injury and arthritis in the football (soccer) athlete. *Cartilage* 3 (Suppl. 1): 63S-68S

Lau EC, Cooper C, Lam D, Chan VNH, Tsang KK, Sham A (2000) Factors associated with osteoarthritis of the hip and knee in Hong Kong chinese: obesity, joint injury, and occupational activities. *Am J Epidemiol* 152: 855-862

Lohmander LS, A. Östenberg A, Englund M, Roos H (2004) High prevalence of knee osteoarthritis, pain, and functional limitations in female soccer players twelve years after anterior cruciate ligament injury. *Arthritis Rheum* 50: 3145-3152

López-Valenciano A, Ruiz-Pérez I, Garcia-Gómez A, Vera-Garcia FJ, De Ste Croix M, D Myer GD, Ayala F (2020) Epidemiology of injuries in professional football: a systematic review and meta-analysis. *Br J Sports Med* 54: 711–718

Lohkamp M, Kromer TO, Schmitt H (2017) Osteoarthritis and joint replacements of the lower limb and spine in ex-professional soccer players. *Scand J Med Sci Sports* 27: 1038-1049

Luhtanen P (1988) Kinematics and kinetics of maximal in-step kicking in soccer, In: Reilly T, Lees A, Davids K, Murphy WJ (eds.) *Science and Football*, London, E. & F.N. Spon, p. 441-448, zitiert nach Luhtanen (1994)

Luhtanen P (1994) Biomechanical aspects, In: Ekblom B (ed.) *Handbook of Sports Medicine and Science - Football (Soccer)*, London, Blackwell Scientific Publications, p. 59-78

Lv H, Chen W, Yuwen P, Yang N, Yan X, Zhang Y (2018) Multivariate analysis of factors related to radiographic knee osteoarthritis based on the comparison between football players and matched nonsportsmen. *Int Orthop* 42: 519-527

Madaleno FO, Santos BA, Araújo VL, Oliveira VC, Resende RA (2018) Prevalence of knee osteoarthritis in former athletes: a systematic review with meta-analysis. *Brazilian Journal of Physical Therapy* 22: 437-451

Mara JK, Thompson KG, Pumpa KL, Morgn S (2017a) Quantifying the high-speed running and sprinting profiles of elite female soccer players during competitive matches using an optical player tracking system. *J Strength Cond Res* 31: 1500-1508

Mara JK, Thompson KG, Pumpa KL, Morgan S (2017b) The acceleration and deceleration profiles of female soccer players during competitive matches. *J Sci Med Sport* 20: 867-872

McWilliams DF, Leeb BF, Muthuri SG, Doherty M, Zhang W (2011) Occupational risk factors for osteoarthritis of the knee: a meta-analysis. *Osteoarthritis and Cartilage* 19: 829-839

Mehrtens, G., Valentin, H., Schönberger, A.: *Arbeitsunfall und Berufskrankheit, rechtliche und medizinische Grundlage für Gutachter, Sozialverwaltung, Berater und Gerichte*, Berlin, Erich-Schmidt-Verlag, 2017, Seite 655-658

Migliorini F, Marsilio E, Torsiello E, Pintore A, Oliva F, Maffulli N (2022) Osteoarthritis in athletes versus Nonathletes: A systematic review. *Sports Med Arthrosc Rev* 30: 78-86

Moretz JA, Harlan SD, Goodrich J, Walters R (1984) Long-term follow up of knee injuries in high school football players. *Am J Sports Med* 12: 298-300

Munn Z, Moola S, Riitano D, Lisy K (2014) The development of a critical appraisal tool for use in systematic reviews addressing questions of prevalence. *Int J Health Policy Manag* 3: 123–128

Neyret P, Donnell ST, DeJour D, DeJour H (1993) Partial meniscectomy and anterior cruciate ligament rupture in soccer players. A study with a minimum 20-year followup. *Am J Sports Med* 21:455-460

National Institutes of Health (2014) Quality assessment tool for observational cohort and cross-sectional studies. <https://www.nhlbi.nih.gov/health-pro/guidelines/in-develop/cardiovascular-risk-reduction/tools/cohort>, letzter Zugriff am 31.3.2023

Nilsson T, Östenberg AH, Alricsson M (2016) Injury profile among elite male youth soccer players in a Swedish first league. *J Exerc Rehabil* 12:83-89

Östenberg A, Roos H (2000) Injury risk factors in female European football. A prospective study of 123 players during one season. *Scand J Med Sci Sports* 10: 279-285.

Östenberg A (2001) Physical performance, injuries and osteoarthritis in female soccer. Thesis, University of Lund, 2001, ISBN 91-628-4912-3.

Parekh SM, Fernandes GW, Moses JP, Fuller CW, Scammell BE, Batt ME, Zhang W, Doherty M (2021) Risk factors for knee osteoarthritis in retired professional footballers: a cross-sectional study. *Clin J Sport Med* 31: 281-288

Paxinos O, Karavasili A, Delimpasis G, Stathi A (2016) Prevalence of knee osteoarthritis in 100 athletically active veteran soccer players compared with a matched group of 100 military personnel. *Am J Sports Med* 44:1447-1454

Petrillo S, Papalia R, Maffulli N, Volpi P, Denaro V (2018). Osteoarthritis of the hip and knee in former male professional soccer players. *Br Med Bull* 2018, 125: 121-130.

Prien A, Prinz B, Dvorak J, Junge A (2017) Health problems in former elite female football players: Prevalence and risk factors. *Scand J Med Sci Sports* 27: 1404-1410

Prien A, Boudabous S, Junge A, Verhagen E, Delattre BMA, Tscholl PM (2020) Every second retired elite female football player has MRI evidence of knee osteoarthritis before age 50 years: a cross-sectional study of clinical and MRI outcomes. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 28: 353-362

Richmond SA, Fukuchi RK, Ezzat A, Schneider K, Schneider G, Emery CA (2013) Are joint injury, sport activity, physical activity, obesity, or occupational activities predictors for osteoarthritis? A systematic review. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy* 43: 515-524

Robles-Palazón FJ, López-Valenciano A, De Ste Croix M, Oliver JL, García-Gómez A, de Baranda PS, Ayala F (2022) Epidemiology of injuries in male and female youth football players: A systematic review and meta-analysis. *J Sport Health Sci* 6:681-695

Roemer FW, Jarraya M, Niu J, Silva JR, Frobell R, Guermazi A (2015) Increased risk for radiographic osteoarthritis features in young active athletes: a cross-sectional matched case-control study. *Osteoarthritis Cartilage* 23: 239-243

Roos H, Lindberg H, Gärdsell P, Lohmander LS, Wingstrand H (1994) The prevalence of gonarthrosis and its relation to meniscectomy in former soccer players. *Am J Sports Med* 22: 219-222

Salzmann GM, Preiss S, Zenobi-Wong M, Harder LP, Maier D, Dvorak J (2017) Osteoarthritis in football with special focus on knee joint degeneration. *Cartilage* 8: 162-172

Sandmark H, Vingård E (1999) Sports and risk for severe osteoarthritis of the knee. *Scand J Med Sci Sports*. 9: 279-284

Saxby DF, Modenese L, Bryant AI, Gerus P, Killen B, Fortin K, Wrigley TGV, Bennell KI, Cicuttini FM, Lloyd DG (2016) Tibiofemoral contact forces during walking, running and sidestepping. *Gait & Posture* 49: 78-85

Schenk H, Simon D, Waldenmeier L, Evers C, Janka R, Welsch GH, Pachowsky L (2020) Regions at risk in the knee joint of young professional soccer players: longitudinal evaluation of early cartilage degeneration by quantitative T2 mapping in 3 T MRI. *Cartilage* epub ahead of print, DOI: 10.1177/1947603520924773

Shea BJ, Grimshaw JM, Wells GA, Boers M, Andersson N, Hael C, Porter AC, Tugwell P, Moher D, Bouter LMI (2007) Development of Amstar: A measurement tool to assess the methodological quality of systematic reviews. *BMC Med Res Methodol* 7: 10.

Shea BJ, Hamel C, Wells GA, Bouter LM, Kristjansson E, Grimshaw J, Henry DA, Boers M (2009) Amstar is a reliable and valid measurement tool to assess the methodological quality of systematic reviews. *J Clin Epidemiol* 62: 1013-1020.

Shea BJ, Reeves BC, Wells G, Thuku M, Hamel C, Moran J, Moher D, Tugwell P, Welch V, Kristjansson E (2017) Amstar 2: A critical appraisal tool for systematic reviews that include randomised or non-randomised studies of healthcare interventions or both. *BMJ* 358: j4008.

Simpson KJ, Jameson EG, Odum S (1996) Estimated patellofemoral compressive forces and contact pressures during dance landings. *J Appl Biomech* 12: 1-14

Solonen KA (1966) The joints of the lower extremities of football players. *Ann Chir Gynaecol Fenn* 55: 176-180

Spahn G, Grosser V, Schiltewolf M, Schröter F, Grifka J (2014) Fachliche Expertise zur Berufskrankheitenreife im Sinne von Ziffer 9 Abs. 2 SGB VII von Gonarthrosen bei Profi-Fußballern im Auftrag der Verwaltungs-Berufsgenossenschaft

Spahn G, Grosser V, Schiltewolf M, Schröter F, Grifka J (2015) Fußballsport als Risikofaktor für nicht unfallbedingte Gonarthrose – Ergebnisse eines systematischen Review mit Metaanalyse. *Sportverletz Sportschaden* 29: 27-39.

Stubbe JH, van Beijsterveldt AM, van der Knaap S, Stege J, Verhagen EA, van Mechelen W, Backx FJG (2015) Injuries in professional male soccer players in the Netherlands: a prospective cohort study. *J Athl Train* 50: 211-216

Svendson SW, Dalbøge A, Andersen JH, Thomsen JF, Frost P (2013) Risk of surgery for subacromial impingement syndrome in relation to neck/shoulder complaints and occupational biomechanical exposures: a longitudinal study. *Scand J Work Environ Health* 39: 568-577.

Thelin N, Holmberg S, Thelin A (2006) Knee injuries account for the sports-related increased risk of knee osteoarthritis. *Scand J Med Sci Sports*. 16: 329-333

Thomas C, Dos'Santos T, Comfort P, Jones PA (2020) Male and female soccer players exhibit different knee joint mechanics during pre-planned change of direction. *Sports Biomech* Epub ahead of print, DOI: 10.1080/14763141.2020.1830160

Tran G, Smith T, Grice A, Kingsbury SR, McCrory P, Conaghan PG (2016) Does sports participation (including level of performance and previous injury) increase risk of osteoarthritis? A systematic review and meta-analysis. *Br J Sports Med* 50: 1459-1466

Turner AP, Barlow JH, Heathcote-Elliott C (2000) Long term health impact of playing professional football in the United Kingdom. *Br J Sports Med* 34: 332-336

Tveit M, Rosengren BE, Nilsson JA, Karlsson MK (2012) Former male elite athletes have a higher prevalence of osteoarthritis and arthroplasty in the hip and knee than expected. *Am J Sports Med* 40: 527-533.

Vannatta CN, Kerozek TW (2015) Patellofemoral joint stress during running with alterations in foot strike pattern. *Med Sci Sports Exerc* 47: 1001-1008

Vallotton, JA, Meuli, RA, Leyvraz, PF, Landry M (1995) Comparison between magnetic resonance imaging and arthroscopy in the diagnosis of patellar cartilage lesions: a prospective study. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 3: 157-162.

Verbeek J, Fishta A, Nold A, Euler U, Van den Heuvel S (2014) PEROSH Clearinghouse of Systematic Reviews: METHODS .  
<https://perosh.eu/wp-content/uploads/2018/12/Method-paper-OSH-Evidence-2014.pdf>, Zugriff: 7.3.2023

Vigh-Larsen JF, Dalgas U, Andersen TB (2017) Position-specific acceleration and deceleration profiles in elite youth and senior soccer players. *J Strength Cond Res* 32: 1114-1122

Vignon E, Valat JP, Rossignol M, Avouac B, Rozenberg S, Thoumie P, Avouac J, Nordin M, Hilliquin P (2006) Osteoarthritis of the knee and hip and activity: a systematic international review and synthesis (OASIS). *Joint Bone Spine* 73: 442-455

Volpi P, Quaglia A, Carimati G, Petrill S, Bisciotti GN (2019) High incidence of hip and knee arthroplasty in former professional, male football players. *J Sports Med Phys Fitness* 59: 1558-1563

Von Porat A, Roos EM, Roos H (2004) High prevalence of osteoarthritis 14 years after an anterior cruciate ligament tear in male soccer players: a study of radiographic and patient relevant outcomes. *Ann Rheum Dis* 63: 269-273

Vrezas I, Elsner G, Bolm-Audorff U, Abulmaali N, Seidler A (2010) Case-control study of knee osteoarthritis and lifestyle factors considering their interaction with physical workload. *Int Arch Occup Environ Health* 83: 291-300

Walden M, Hägglund M, Ekstrand J (2007) Football injuries during European Championships 2004-2005. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 15: 1155-1162

Wehbe GM, Hartwig TB, Duncan CS (2014) Movement analysis of Australian national league soccer players using global positioning system technology. *J Strength Cond Res* 28: 834-842

Wells GA, Shea B, O'Connell D, Peterson J, Welch V, Losos M, Tugwell P (2014) The Newcastle-Ottawa Scale (NOS) for assessing the quality of nonrandomised studies in meta-analyses.  
[http://www.ohri.ca/programs/clinical\\_epidemiology/oxford.asp](http://www.ohri.ca/programs/clinical_epidemiology/oxford.asp), Zugriff am 31.3.2023

Welsch A, Behr M, Frosch KH, Tahir E, Pachowsky M, Henes FO, Adam G, Maas KJ, Warncke ML (2022) Semi-quantitative magnetic resonance imaging scoring of the knee detects previous injuries in professional soccer players. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 30: 1161-1168

Wikipedia: Australian Football, [https://de.wikipedia.org/wiki/Australian\\_Football](https://de.wikipedia.org/wiki/Australian_Football),  
Zugriff am 31.3.2023

Willson JD, Sharpee R, Meardon SA, Kernozek TW (2014) Effects of step length on patellofemoral joint stress in female runners. *Clin Biomech (Bristol, Avon)* 29: 243-247

Willy RW, Halsey L, Hayek A, Johnson H, Willson JD (2016) Patellofemoral joint and achilles tendon loads during overground and treadmill running. *J Orthop Sports Phys Ther* 46: 664-672

Woodruff TJ, Sutton P (2014) The Navigation guide systematic review methodology: a rigorous and transparent method for translating environmental health science into better health outcomes. *Environ Health Perspect* 122:1007-14.