

Aus dem Institut für Rechtsmedizin  
der Ludwig-Maximilians-Universität München  
Vorstand: Prof. Dr. med. M. Graw

## **Todesfälle im Zusammenhang mit Sport –**

eine rechtsmedizinische Analyse auf der Basis von mikro- und  
makromorphologischen, toxikologischen sowie Alkoholuntersuchungen



Dissertation

zum Erwerb des Doktorgrades der Medizin  
an der Medizinischen Fakultät der  
Ludwig-Maximilians-Universität zu München

vorgelegt von

Torsten Landwehr

aus

Ankum

2016

Mit Genehmigung der Medizinischen Fakultät  
der Universität München

Berichterstatter: Prof. Dr. med. Matthias Graw

Mitberichterstatterin: PD Dr. med. Viktoria Bogner-Flatz

Mitbetreuung durch die  
promovierte Mitarbeiterin: PD Dr. med. Inga Sinicina

Dekan Prof. Dr. med. dent. Reinhard Hickel

Tag der mündlichen Prüfung: 08.12.2016

Meinen Eltern

# Inhaltsverzeichnis

<b>Abbildungsverzeichnis .....</b>	<b>III</b>
<b>Tabellenverzeichnis .....</b>	<b>IV</b>
<b>Abkürzungsverzeichnis .....</b>	<b>V</b>
<b>1 Einleitung.....</b>	<b>1</b>
1.1 Definition von Sport.....	5
1.2 Definition der körperlichen Aktivität.....	8
1.3 Der Sporttodesfall aufgrund natürlicher Ursache.....	8
1.4 Der Sporttodesfall aufgrund nicht-natürlicher Ursache .....	9
1.5 Ziel der Studie .....	9
<b>2 Material.....</b>	<b>11</b>
2.1 Studiendesign .....	11
2.2 Histologische Präpariertechnik und Auswertung.....	14
2.3 Blutalkoholbestimmung (BAK-Bestimmung) .....	15
2.4 Chemisch-toxikologische Analyse.....	16
<b>3 Ergebnisse.....</b>	<b>17</b>
3.1 Anteil der Obduktionen der im Zusammenhang mit Sport Verstorbenen an der Gesamtzahl der durchgeführten Obduktionen.....	17
3.2 Verteilung nach Staatsanwaltschaften.....	19
3.3 Verteilung nach Überlebensdauer .....	20
3.4 Verteilung nach Bedingungen der sportlichen Betätigung.....	20
3.5 Verteilung nach Geschlecht und Alter .....	21
3.6 Verteilung nach Sportarten mit Berücksichtigung des Geschlechts und Alters .....	22
3.7 Verteilung nach <i>Body-Mass-Index</i> .....	25
3.8 Verteilung nach Herzgewicht.....	25
3.9 Verteilung nach Jahreszeiten.....	26
3.10 Auswertung der Todesursachen nach traumatisch und nicht-traumatisch .....	27
3.10.1 Wassersport - Schwimmen.....	27
3.10.2 Wassersport - Tauchen .....	28
3.10.3 Wassersport - andere .....	28
3.10.4 Bergsport .....	29
3.10.5 Flugsport .....	29
3.10.6 Wintersport.....	30
3.10.7 Ballsport .....	30
3.10.8 Laufsport .....	30
3.10.9 Andere .....	31
3.10.10 Zusammenfassung.....	31
3.11 Indirekt-traumatische Todesursachen.....	33

3.12	Toxikologische und Alkoholuntersuchungen.....	35
3.13	Ausgesuchte Fallbeispiele .....	36
3.13.1	Tod zweier Bergläufer durch Hypothermie .....	36
3.13.2	Tod aus ungeklärter Ursache beim Schwimmen.....	39
3.13.3	Tod aus ungeklärter Ursache beim Triathlon.....	41
3.13.4	Tod beim Klettern durch Polytrauma.....	43
<b>4</b>	<b>Diskussion .....</b>	<b>45</b>
4.1	Methodisches Vorgehen .....	45
4.2	Diskussion der Ergebnisse.....	47
4.2.1	Anteil der Obduktionen der im Zusammenhang mit Sport Verstorbenen an der Gesamtzahl der durchgeführten Obduktionen .....	48
4.2.2	Verteilung nach Überlebensdauer .....	52
4.2.3	Verteilung nach Bedingungen der sportlichen Betätigung .....	53
4.2.4	Verteilung nach Geschlecht .....	54
4.2.5	Verteilung nach Alter .....	55
4.2.6	Verteilung nach Sportarten .....	57
4.2.7	Verteilung nach <i>Body-Mass-Index</i> .....	60
4.2.8	Verteilung nach Herzgewicht.....	60
4.2.9	Verteilung nach Jahreszeiten.....	62
4.2.10	Auswertung der Todesursachen nach traumatisch und nicht- traumatisch .....	63
4.2.11	Todesursachen.....	65
4.2.12	Hypertrophe Kardiomyopathie.....	68
4.2.13	Alkohol- und toxikologische Untersuchungen.....	70
<b>5</b>	<b>Diskussion der Fallbeispiele.....</b>	<b>72</b>
5.1	Tod zweier Bergläufer .....	72
5.2	Tod ungeklärter Ursache beim Schwimmen .....	74
5.3	Tod durch Polytrauma beim Klettern .....	76
<b>6</b>	<b>Diskussion der Gesamtergebnisse unter Berücksichtigung präventiver Aspekte.....</b>	<b>78</b>
<b>7</b>	<b>Zusammenfassung .....</b>	<b>82</b>
	<b>Literaturverzeichnis .....</b>	<b>84</b>
	<b>Danksagung.....</b>	<b>99</b>
	<b>Eidesstattliche Versicherung .....</b>	<b>100</b>

## Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1:	Anzahl der Obduktionen pro Jahr.....	17
Abbildung 2:	Entwicklung der Anzahl der Todesfälle im Zusammenhang mit Sport im untersuchten Zeitraum. ....	18
Abbildung 3:	Verteilung der Obduktionsaufträge (n) nach Staatsanwaltschaften. ....	19
Abbildung 4:	Verteilung der Überlebensdauer nach Fallzahl (n).....	20
Abbildung 5:	Altersverteilung unter Berücksichtigung des Geschlechts.....	22
Abbildung 6:	Verteilung nach BMI.....	25
Abbildung 7:	Verteilung nach Herzgewicht.....	26
Abbildung 8:	Verteilung der Todesfälle nach Monaten.....	27
Abbildung 9:	Akrozyanotischer Kälteschaden der Haut als häufiger Befund bei Tod durch Hypothermie: Fast flächige Rotverfärbung der Haut über den Knien.....	38
Abbildung 10:	Eher seltener Befund bei Tod durch Hypothermie: Einzelne zentrale Blutung des inneren Hüftmuskels (Musculus iliopsoas).....	39
Abbildung 11:	Massive Myokardfibrose und -hypertrophie (rötlich eingefärbte Strukturen, siehe Pfeile) in der Gieson-Färbung.....	41
Abbildung 12:	Lichtungseinengender Koronarthrombus der rechten Herzkranzschlagader des Triathleten in der Hämatoxylin-Eosin-Färbung (HE-Färbung).....	43
Abbildung 13:	Anteil der regelmäßig mindestens 2 h pro Woche sportlich Aktiven im Vergleich zwischen BGS98 (n ungewichtet=6929 und DEGS1 (n ungewichtet=7741) in Prozent (95%-Konfidenzintervall), differenziert nach Altersgruppen für Frauen und Männer (Krug et al., 2013).....	51
Abbildung 14:	Hämorrhagische Erosionen der Magenschleimhaut (sogenannte Wischnewsky-Flecken).....	74
Abbildung 15:	Vorsorgeuntersuchung zur Abschätzung des kardialen Risikos von Untrainierten.....	80
Abbildung 16:	Vorsorgeuntersuchung zur Abschätzung des kardialen Risikos von Trainierten.....	81

## Tabellenverzeichnis

Tabelle 1:	Auswirkungen von körperlicher Aktivität auf die Gesundheit.....	4
Tabelle 2:	Einteilung der BMI-Grenzen. ....	13
Tabelle 3:	Obduktionen nach Jahr und Geschlecht sowie Anteile der Obduktionen im Zusammenhang mit Sport an allen Obduktionen. ....	18
Tabelle 4:	Verteilung der Todesfälle nach Sportart (Gruppen und Untergruppen) und Altersdurchschnitt. ....	23
Tabelle 5:	Verteilung der Todesursachen nach Sportgruppen bzw. Sportart. ....	32
Tabelle 6:	Überblick über die wesentlichen erhobenen organpathologischen Befunde.....	34
Tabelle 7:	Verteilung der Alkoholbeeinflussungen.....	36
Tabelle 8:	Zusammenfassung der Ergebnisse der Toxikologie.....	36

## Abkürzungsverzeichnis

ADH	Alkoholdehydrogenase
BGS98	Bundes-Gesundheitssurvey 1998
BMI	Body-Mass-Index
DAV	Deutscher Alpenverein
EKG	Elektrokardiogramm
GC	Gaschromatographie
GEDA	Gesundheit in Deutschland aktuell
i. d. R.	in der Regel
KHK	Koronare Herzkrankheit
n. n. b.	nicht näher bezeichnet
WCT	Wind Chill Temperature



# 1 Einleitung

In Deutschland hat in den letzten Jahrzehnten ein umfangreicher Struktur- und Wertewandel im Sport stattgefunden. Persönliches Wohlbefinden als Ausdruck eines freizeitorientierten Lebensgefühls ist an die Stelle von Leistung und Konkurrenz gerückt. Als Zeichen der zunehmenden Individualisierung der Sportbewegung ist eine deutliche Entinstitutionalisierung im Sinne von abnehmenden Sportvereinszahlen wahrzunehmen. Kommerzielle Bewegungsangebote werden zahlreicher und zu einer Konkurrenz für öffentliche Sporteinrichtungen (Freizeit-Forschungsinstitut & Opaschowski, 2001).

„In einer Gesellschaft der Sicherheiten, Absicherungen und Versicherungen zwischen ‚Vollkasko‘-Angeboten und ‚Rundum-Sorglos‘-Paketen“ werden materielle Bedürfnisse umfassend befriedigt. Übrig bleiben Langeweile und der Reiz des Risikos. So „verlassen viele Arbeitnehmer das Betriebstor körperlich unausgelastet, erlebnishungrig, risikofreudig und angriffslustig“ und suchen nach einer Möglichkeit, dieses Defizit auszugleichen (Freizeit-Forschungsinstitut & Opaschowski, 2000).

Traditionelle Sportarten wie Leichtathletik, Tischtennis und Turnen können das Bedürfnis nach Abenteuer und dem sogenannten Thrill (Nervenkitzel) nicht mehr befriedigen. „Zu den Abenteuersportarten wie Autorennen, Segelfliegen und Fallschirmspringen gesellen sich Extremsportarten wie Triathlon und Marathonlauf, Tiefseetauchen und Überlebenstraining.“ Natursportarten wie Golf, Segeln, Radfahren und Reiten erfreuen sich zunehmend größerer Beliebtheit. Sport-„ing“-Wellen aus Übersee wie Bungee-Jumping, Free-Climbing, Mountainbiking, Paragliding, River-Rafting und Trekking breiten sich als Trendsportarten immer weiter aus. Sportarten, die Spaß machen, Herausforderungen und Erfolgserlebnisse bieten, einen hohen Materialverschleiß erwarten lassen und eine spezielle Ausrüstung erfordern, sind besonders gefragt. Die Industrie liefert für jede Sportart die passende Ausrüstung. Schienbein- und Ellenbogenschützer, Skischuhe und Sturzhelme, Bodys und Leggings gehören zu den unzähligen Ausrüstungsgegenständen, die der Markt für diverse Sportarten anbietet (Freizeit-Forschungsinstitut & Opaschowski, 2000).

*Schon die Römer kannten und liebten den Nervenkitzel. Der Dichter Lucius Livius (284-204 v. Chr.) sprach seinerzeit vom ‚kaum noch erträglichen Wahnsinn‘ der Gladiatorenkämpfe in der Arena. Was früher Sklaven zwangsweise ertragen und erdulden mussten, nehmen Extremsportler heute*

*gerne und freiwillig auf sich. Die Grenzen zwischen Sicherheit und Risiko, Sport und Kampf, Leichtsinn und Wahnsinn sind fließend geworden (Freizeit-Forschungsinstitut & Opaschowski, 2000).*

Die Zunahme des Erlebnischarakters und die wachsende Risikobereitschaft im Sport zeigt sich auch in den Berichten der lokalen Presse. Beispielsweise wird die schwimmende Durchquerung des Bodensees durch eine Eventagentur vermarktet. Seit 2012 haben elf Personen die Strecke Friedrichshafen-Romanshorn schwimmend bewältigt (Paul, 2015).

Weiterhin nimmt die Uneinsichtigkeit von Badenden und Bootfahrern zu. So ignorieren Badende die von der Deutschen Lebens-Rettungs-Gesellschaft (DLRG) für bestimmte Gewässer verhängten Badeverbote. Außerdem kommt es zu Bootsunfällen, obwohl vor dem Befahren des Flusses aufgrund unsichtbarer Hindernisse ausdrücklich gewarnt wurde (Mangfalltaler Blick - meine Wochenzeitung, 2014).

Laut der Unfallstatistik des Deutschen Alpenvereins (DAV) gab es 2013 1126 Einsätze und mehr Unfälle und Notfälle als je zuvor. Der DAV benennt zwei Hauptgründe für diese Entwicklung. Einerseits hat die Mitgliederzahl im DAV im Jahr 2013 erstmals die Millionengrenze überschritten. Andererseits stieg der Anteil der unverletzt geborgenen Bergsportler in den letzten zehn Jahren um 55%. Aufgrund fehlender ehrlicher Selbsteinschätzung und falscher Auswahl der Tourenziele kommen Bergsportler in Situationen, aus denen sie nicht mehr selbständig und nur noch mit der Hilfe der Bergrettung unverletzt herauskommen. 46% aller Meldungen machen solche „Blockierungen“ aus. Die Blockierungsquote ist in den vergangenen zehn Jahren um das Zehnfache angestiegen. Trotz dieser Entwicklung ist die Anzahl der Todesfälle von Bergsportlern des DAV in 2012 und 2013 mit 28 bzw. 36 Todesfällen seit Beginn der DAV-Statistik vor 61 Jahren generell rückläufig. Bei einer DAV-Mitgliederzahl von über 1 Million war in 2013 im Durchschnitt jedes 28.000-ste DAV-Mitglied von einem tödlichen Unfall betroffen. Das Risiko, als DAV-Mitglied im Bergsport tödlich zu verunglücken, ist im Vergleich zum Ausgangswert vor 61 Jahren nur noch 1/10 so groß. In die Unfallstatistik des DAV wurden nur Unfälle von DAV-Mitgliedern einbezogen (Deutscher Alpenverein, 2014).

Die jährliche Inzidenz eines traumatischen Todesfalls beim Sport wird in der Literatur mit 0,3/100.000 bei männlichen Vereinssportlern (Parzeller & Raschka, 1998;

Engelhardt, 2009; Schmidt et al., 2008) bis 0,6/100.000 Sportler angegeben (Gabbe et al., 2005; Schmidt et al., 2008).

Durch den Geburtenrückgang und die steigende Lebenserwartung steigt der Anteil der älteren Menschen in unserer Gesellschaft. Heute sind 21% der Bevölkerung 65 Jahre und älter, 1991 waren es nur ca. 15% (Nowossadeck, 2012; Statistisches Bundesamt, 2015). Nach der aktuellen koordinierten Bevölkerungsvorausberechnung des statistischen Bundesamtes (Variante 1: Kontinuität bei schwächerer Zuwanderung) werden bis zum Jahr 2060 etwa 33% der Bevölkerung 65 Jahre und älter sein (Statistisches Bundesamt, 2015). Analog hat die Anzahl älterer Sporttreibender zugenommen und wird weiter ansteigen (Krug et al., 2013; Schneider & Becker, 2006; Jekauc, 2009; Robert-Koch-Institut, 2014). Diese Entwicklung wird von einigen Autoren als eine „Versportlichung des Alters“ (Digel, 1990; Tischer & Hartmann-Tews, 2009; Hartmann-Tews, 2010) beschrieben. „Gesund sein und bleiben, vor allem im Alter - das wird [sic] künftig noch mehr die Haupt-Antriebsfeder für das Sport treiben sein“ (Deutscher Olympischer Sportbund, 2007).

Sport hat viele unterschiedliche Facetten. Sportfördernde Maßnahmen und Programme können die Morbidität und vorzeitige Mortalität in der Bevölkerung deutlich vermindern (Mensink et al., 1996; Samitz et al., 2011; Paffenbarger et al., 1994; Vatten et al., 2006; Nocon et al., 2008). Das Risiko für Diabetes mellitus, kardiovaskuläre Erkrankungen (Bluthochdruck, Koronare Herzkrankheit (KHK)), Darmkrebs, Beschwerden am Muskel- und Skelettsystem (Osteoporose) und Übergewicht wird verringert (US Department of Health and Human Services, 1996; Krug et al., 2013; Sofi et al., 2008; Hu et al., 2005; Lee et al., 2012; Warburton et al., 2006; Bauman, 2004). Sport schafft soziale Kontakte, verbessert darüber hinaus das psychische Wohlbefinden (u. a. Angst und Depressionen sowie das allgemeine Wohlbefinden) und damit personale Ressourcen und kann die allgemeine körperliche Fitness erhalten oder steigern (Krug et al., 2013; Teychenne et al., 2008; Rejeski & Mihalko, 2001; Heath et al., 2012). Nicht zuletzt können Sportaktivitäten zu einer sinnvollen Freizeitbeschäftigung beitragen. Tabelle 1 fasst die Auswirkungen von körperlicher Aktivität auf die Gesundheit zusammen.

Tabelle 1: Auswirkungen von körperlicher Aktivität auf die Gesundheit.

Auswirkungen von körperlicher Aktivität auf die Gesundheit	
Lebenserwartung	▲▲▲
Risiko von kardiovaskulären Erkrankungen	▼▼▼
Blutdruck	▼▼
Risiko an Darmkrebs zu erkranken	▼▼
Risiko an Diabetes mellitus Typ II zu erkranken	▼▼▼
Beschwerden durch Arthrose	▼
Knochendichte im Kindes- und Jugendalter	▲▲
Risiko altersbedingter Stürze	▼▼
Kompetenz zur Alltagsbewältigung im Alter	▲▲
Kontrolle des Körpergewichts	▲
Angst und Depressionen	▼
Allgemeines Wohlbefinden und Lebensqualität	▲▲

Erklärung: ▲ = Einige Hinweise, dass körperliche Aktivität die Variable steigert;  
 ▲▲ = moderate Hinweise, dass körperliche Aktivität die Variable steigert;  
 ▲▲▲ = starke Hinweise, dass körperliche Aktivität die Variable steigert;  
 ▼ = einige Hinweise, dass körperliche Aktivität die Variable senkt;  
 ▼▼ = moderate Hinweise, dass körperliche Aktivität die Variable senkt;  
 ▼▼▼ = starke Hinweise, dass körperliche Aktivität die Variable senkt.

Quelle: Robert Koch-Institut (Robert Koch-Institut, 2014).

Trotz des unbestritten positiven Effekts von Sport auf die Gesundheit, kann es beim Sporttreiben auch zu schweren bzw. tödlichen Zwischenfällen kommen. Im Gesamtbild zeigt sich Sport als „zweischneidiges Schwert“: Sport ist auch mit einem erhöhten Risiko, an einem plötzlichen Herztod zu versterben, assoziiert. Betroffen sind vor allem untrainierte Personen, die sich einer ungewohnten körperlichen Anstrengung aussetzen. Regelmäßige körperliche Aktivität beugt der Entwicklung und dem Fortschreiten einer KHK vor und vermindert damit das Risiko für einen Herzinfarkt bzw. plötzlichen Herztod. Meist fungiert Sport nicht als eine alleinige Ursache für eine erhöhte Mortalität, sondern als Trigger für einen plötzlichen Herzstillstand bei klinisch bis dato unauffälligen Herzerkrankungen wie Kardiomyopathien, KHK und angeborenen Koronaranomalien (Brukner & Brown, 2005; Borjesson et al., 2011; Corrado et al., 2006; Goodman et al., 2011; Keller, 2007).

Das Risiko eines plötzlichen Herztods beim Sport variiert in Abhängigkeit des Studiendesigns zwischen 1/917.000 und 1/3000 (Einheit in person-years) (Maron et al., 2001; Holst et al., 2010; Corrado et al., 2011; Harmon et al., 2014). Das Risiko eines plötzlichen Herztodes steigt mit dem Alter sowie der Intensität der körperlichen Belastung durch den Sport und ist bei Männern größer (Corrado et al., 2011; Goodman et al., 2011).

Zahlreiche Studien untersuchten plötzliche natürliche Todesfälle im Zusammenhang mit Sport (Quigley, 2000; Suárez-Mier et al., 2013; Bohm et al., 2015; Ragosta et al., 1984; Parzeller & Raschka, 1999; La Harpe & Margairaz, 1995; Raschka et al., 1999; Whittington & Banerjee, 1994; Chevalier et al., 2009; Marijon et al., 2015; Yanai et al., 2000; Fornes & Lecomte, 2003; Allouche et al., 2013; Desseigne et al., 1991; Fechner & Püschel, 1986; Riedel, 2008; Zedler et al., 2013; Bader, 1978). Traumatische Todesfälle im Zusammenhang mit Sport fanden in der Literatur bisher kein vergleichbares Interesse (Thomas et al., 2011; Gabbe et al., 2005; Schmidt et al., 2008; Fechner und Püschel, 1986; Riedel, 2008; Bader, 1978).

Umfassende rechtsmedizinische Studien, die sowohl natürliche als auch nicht-natürliche Todesfälle und damit alle obduzierten Todesfälle im Zusammenhang mit Sport innerhalb eines bestimmtem Zeitabschnittes und einer bestimmten Region analysieren, sind selten. Die wenigen vorhandenen Studien betreffen den deutschsprachigen Raum (Bader, 1978; Fechner und Püschel, 1986; Raschka et al., 1999, Riedel, 2008).

Körperliche Untersuchungen vor Beginn der sportlichen Betätigung können Vorerkrankungen nicht hundertprozentig ausschließen (Maron et al., 2015; Holst et al., 2010; Pelliccia, 2001; Pelliccia & Maron, 1995; Maron et al., 2001; Corrado et al., 2011; Brion, 2010; Corrado et al., 2012; Maron et al., 2005b; Bar-Cohen & Silka, 2012). In einigen Fällen wird die Todesursache erst durch die rechtsmedizinische Obduktion klar (Fornes & Lecomte, 2003; Suárez-Mier et al., 2013; Allouche et al., 2013; Yanai et al., 2000; Marijon et al., 2015; Ragosta et al., 1984). Auch durch Vorsorgeuntersuchungen, die richtige Einschätzung der körperlichen und mentalen Leistungsfähigkeit, eine ausreichende Erfahrung im Hinblick auf die gewählte Sportart und die richtige Ausrüstung für den Sport lassen sich Verletzungen und Todesfälle nicht gänzlich vermeiden.

## 1.1 Definition von Sport

Das Wort Sport kommt ursprünglich von dem lateinischen Wort „*deportare*“, was u. a. „sich vergnügen“ bedeutet (Duden, 2015). Eine einheitliche Definition des Begriffes „Sport“ gestaltet sich als schwierig. In dem Artikel des Philosophen Volker Schürmann „Ob Tütenkleben ein Sport ist: Zur Gegenstandsbestimmung von Sport“ „scheint sich die Frage, was eigentlich Sport ist (oder was nicht), gar nicht zu stellen. Sport wird

praktiziert oder auch nicht, seine Benennung und jeweilige Ausprägung ist eher eine Frage der Moden als der Definitionen“ (Schürmann, 2002).

Dennoch soll im Folgenden auf unterschiedliche Definitionen von Sport eingegangen werden, um den unterschiedlichen Charakter von Sport zu beschreiben. In einem sportwissenschaftlichen Lexikon wird die Problematik einer einheitlichen Definition wie folgt beschrieben:

*Da Sport ein umgangssprachlicher Begriff ist und in vielen Sprachen der Welt vorkommt, läßt sich eine präzise oder gar eindeutige begriffliche Abgrenzung nicht vornehmen. Was im allgemeinen unter Sport verstanden wird, ist weniger eine Frage wissenschaftlicher Dimensionsanalysen, sondern wird weit mehr vom alltagstheoretischen Gebrauch sowie von den historisch gewachsenen und tradierten Einbindungen in soziale, ökonomische, politische und rechtliche Gegebenheiten bestimmt. Darüber hinaus verändert, erweitert und differenziert das faktische Geschehen des Sporttreibens selbst das Begriffsverständnis von Sport (Röthig, 1992).*

Um Mitglied im deutschen olympischen Sportbund (DOSB) werden zu können, müssen die Sport- und Spitzenverbände folgende Voraussetzungen erfüllen:

*Die Ausübung der Sportart muss eine eigene, sportartbestimmende motorische Aktivität eines jeden zum Ziel haben, der sie betreibt. Diese eigenmotorische Aktivität liegt insbesondere nicht vor bei Denkspielen, Bastel- und Modellbautätigkeit, Zucht von Tieren, Dressur von Tieren ohne Einbeziehung der Bewegung des Menschen und Bewältigung technischen Gerätes ohne Einbeziehung der Bewegung des Menschen.*

*Die Ausübung der eigenmotorischen Aktivitäten muss Selbstzweck der Betätigung sein. Dieser Selbstzweck liegt insbesondere nicht vor bei Arbeits- und Alltagsverrichtungen und rein physiologischen Zustandsveränderungen des Menschen.*

*Die Sportart muss die Einhaltung ethischer Werte wie z.B. Fairplay, Chancengleichheit, Unverletzlichkeit der Person und Partnerschaft durch Regeln und/oder ein System von Wettkampf- und Klasseneinteilungen gewährleisten. Dies ist nicht gegeben insbesondere bei Konkurrenzhandlungen, die ausschließlich auf materiellen Gewinn abzielen oder die eine tatsächliche oder simulierte Körperverletzung bei Einhaltung der gesetzten Regeln beinhalten (Deutscher olympischer Sportbund, 2015).*

Deutlich wird, dass bei den Voraussetzungen besonderer Wert auf die sportartbestimmende motorische Aktivität gelegt wird.

Eine Definition eines Sportwissenschaftlers schließt viele in der Alltagssprache als Sport bezeichnete Tätigkeiten wie Baden, Fitnessstraining, Gymnastik und „Gesundheitssport“, Joggen und Wandern aus:

*"Sport" ist ein kulturelles Tätigkeitsfeld, in dem Menschen sich freiwillig in eine Beziehung zu anderen Menschen begeben mit der bewussten Absicht, ihre Fähigkeiten und Fertigkeiten insbesondere im Gebiet der Bewegungskunst zu entwickeln und sich mit diesen anderen Menschen auf Grundlage der gesellschaftlich akzeptierten ethischen Werte nach selbstgesetzten oder übernommenen Regeln zu vergleichen (Tiedemann, 2006).*

Um die oben genannten Sportarten mit einzuschließen, hat Tiedemann zusätzlich den Begriff der „Bewegungskultur“ definiert.

Daneben thematisieren verschiedene Definitionen auch die gesellschaftliche und wirtschaftliche bzw. kommerzielle Bedeutung des Sportes:

*Der Sport verkörpert darüber hinaus einen wesentlichen Bereich der individuellen sowie der gesellschaftlichen Bildung; er ist ebenso Aufgabe politischen Handelns (S.-Politik), ein Wirtschaftsfaktor und ein fester Bestandteil der Medienberichterstattung, aber auch ein Gegenstand wissenschaftlicher Forschung (Brockhaus, 1993).*

*„Sport wird inszeniert wie eine Seifenoper im Fernsehen, der Profisportler wird dabei zum gefeierten Popstar“ (Freizeit-Forschungsinstitut & Opaschowski, 2001).*

Der Sport unterliegt, wie bereits in der Einleitung angedeutet, ständigen Veränderungen, was eine allgemeingültige Begriffsdefinition kaum möglich macht. Vielmehr scheint es notwendig, die Definition von Sport offenzuhalten, um dem Begriff gerecht zu werden. Schuller lehnt eine „einmalige definatorische oder normative Festlegung“ ab. Schuller führt aus, „daß man dem Bedeutungswandel des Wortes Sport nicht gerecht werden kann, weil ein für allemal feste Grenzen für den Gebrauch dieses Wortes gezogen würden“ (Schuller, 1985). Somit lässt sich keine abschließende klare Antwort auf, was Sport exakt definiert, finden. Es wird im Auge des Betrachters bleiben, was Sport ist.

## 1.2 Definition der körperlichen Aktivität

Vom „Sport“ ist die „körperliche Aktivität“ abzugrenzen. Der Oberbegriff „Körperliche Aktivität“ (*physical activity*) umfasst alle durch die Skelettmuskulatur ausgeführten Bewegungen, die den Energieverbrauch des Körpers über den Grundumsatz ansteigen lassen (US Department of Health and Human Services, 1996; Gesundheitsberichterstattung des Bundes, 2005). Demnach ist körperliche Aktivität nicht immer Sport, aber Sport ist immer körperliche Aktivität.

Die Unterscheidung zwischen Sport und körperlicher Aktivität ist laut der Gesundheitsberichterstattung des Bundes wichtig, um die Inaktivität in der Bevölkerung zu messen und Ziele sowie Empfehlungen für Prävention und Gesundheitsförderung zu definieren (Gesundheitsberichterstattung des Bundes, 2005).

## 1.3 Der Sporttodesfall aufgrund natürlicher Ursache

Ein natürlicher Tod wird wie folgt definiert:

*„Natürlicher Tod ist ein Tod aus krankhafter Ursache, der völlig unabhängig von rechtlich bedeutsamen äußeren Faktoren eingetreten ist“ (Madea, 2003; Brinkmann & Madea, 2003).*

*Der Tod ist allein infolge von Krankheiten, Fehlbildungen oder biologisch bedingter Altersschwäche aus krankhafter innerer Ursache eingetreten. Anhaltspunkte für ein Fremdverschulden wie ärztliche Behandlungsfehler, aktive Sterbehilfe etc. liegen nicht vor (Engelhardt, 2009).*

Beim Sport können Todesfälle, die auf den ersten Blick aussehen wie ein traumatischer Todesfall, natürliche Ursachen haben. Das folgende Beispiel soll diesen Sachverhalt verdeutlichen: Ein Bergsportler stürzt ab und erleidet ein Polytrauma. Bei der Suche nach der Todesursache stellt sich die Frage, ob der Sportler beim Aufprall schon tot war, oder ob der Absturz durch eine vorübergehende Kreislaufstörung erfolgte, und das Polytrauma den Tod herbeigeführt hat. Wenn beispielsweise ein Herzinfarkt für den Tod und den nachfolgenden Bergabsturz verantwortlich ist, fehlen die Anzeichen einer Kreislauffähigkeit zum Aufprallzeitpunkt (Brinkmann & Madea, 2003).



## 1.4 Der Sporttodesfall aufgrund nicht-natürlicher Ursache

Nicht-natürliche Todesfälle werden wie folgt definiert: „Nichtnatürlich ist ein Todesfall, der auf ein von außen verursachtes, ausgelöstes oder beeinflusstes Geschehen zurückzuführen ist“ (Madea, 2003; Brinkmann & Madea, 2003). Der nicht-natürliche Tod kann „[...] durch Selbstmord, Unfall, durch eine rechtswidrige Tat i.S. des §11 Abs. 1 Nr. 5 Strafgesetzbuch (StGB) oder [...] durch Einwirkungen von außen [...]“ eingetreten sein. Tötungsdelikte, Vergiftungen und Behandlungsfehler sind weitere Beispiele für nicht-natürliche Todesfälle (Madea, 2003).

In diese Kategorie wurden Todesfälle eingeschlossen, bei denen eine innere Ursache (z. B. ein Herzinfarkt oder eine Koronarthrombose) für den tödlichen Unfall nicht nachgewiesen werden konnte (u. a. beim Berg- und Flugsport). „Es gibt kein zeitliches Intervall, das die Kausalität zwischen einem am Anfang der zum Tode führenden Kausalkette stehenden äußeren Ereignis und dem Todesereignis unterbricht“ (Madea, 2003). Dies bedeutet, dass ein Sportler, der beim Radfahren eine Unterschenkelfraktur erleidet und in der Folge aufgrund einer tödlichen Lungenthrombembolie auf dem Boden einer Unterschenkelvenenthrombose stirbt, als nicht-natürlicher Todesfall klassifiziert wird.

Indirekt-traumatische Todesursachen werden in der vorliegenden Arbeit gesondert berücksichtigt. Eine indirekt-traumatische Todesursache besteht aus einer natürlichen und einer nicht-natürlichen Komponente. Am Anfang der Kausalkette steht eine innere bzw. natürliche Ursache, die den Unfall direkt und den Tod indirekt herbeigeführt hat (Schmidt et al., 2008; Riedel, 2008). Bei dem Beispiel mit dem polytraumatisierten Bergsportler handelt es sich im Fall der vorübergehenden Kreislaufstörung um eine indirekt-traumatische Todesursache. Die Todesursache ist nicht-natürlich, aber der Auslöser für den Bergabsturz ist ein innerer natürlicher.

## 1.5 Ziel der Studie

Die Art der Todesfälle im Zusammenhang mit Sport ist regional verschieden. Lagecharakteristika des Untersuchungsortes (z. B. am Meer, in den Bergen) und lokal präferierte Sportarten in Abhängigkeit von ortsansässigen Vereinen sind mögliche Ursachen für diese Unterschiede. München liegt in einer Region mit Seen und Bergen und bietet da-

her vielseitige Sportmöglichkeiten. Im Obduktionsgut des Institutes für Rechtsmedizin München wurde der Tod beim Sport zuletzt Ende der 1970-er Jahre retrospektiv untersucht (Bader, 1978). Die letzte umfassende rechtsmedizinische Analyse von natürlichen und nicht-natürlichen Todesfällen im Sport unter Einbeziehung aller Sportarten erfolgte in Deutschland 2008 (Riedel, 2008).

Vor dem Hintergrund der beschriebenen gesellschaftlichen Entwicklung und der eingeschränkten Datenlage, vor allem im Hinblick auf die Untersuchung von traumatischen Todesfällen sollte im Rahmen der vorliegenden Studie eine umfassende, retrospektive Erhebung der epidemiologischen und medizinischen Daten der in den Jahren 2003 bis 2010 in der Rechtsmedizin München obduzierten Todesfälle im Zusammenhang mit Sport erfolgen. In die Erhebung sollten die Überlebensdauer, die Todesursache, das Alter, das Geschlecht, der *Body-Mass-Index* (BMI) und das Herzgewicht der Sportler sowie die Sportarten, die Anzahl der Todesfälle im In- und Ausland und die jahreszeitliche Verteilung der Todesfälle einfließen.

Der Fokus der Studie sollte die präzise Unterscheidung natürlicher und nicht-natürlicher Todesfälle sein. Im Gegensatz zu der vorangegangenen Studie des Institutes für Rechtsmedizin München wurden toxikologische und Alkoholuntersuchungen sowie im Besonderen histologische Untersuchungen in vielen Fällen ergänzt, um die Todesursache exakt zu bestimmen.

Nachfolgend sollte die Arbeit in einen gesamtwissenschaftlichen Kontext gestellt werden. Dazu werden folgende Fragestellungen thematisiert:

- Wie haben sich die Todesfälle in Zusammenhang mit Sport entwickelt und welche Erklärungsansätze können unter Berücksichtigung der gesellschaftlichen Entwicklung dafür gefunden werden?
- Wie können Todesfälle im Sport präventiv verhindert werden?
- Welchen Beitrag kann die Rechtsmedizin leisten, wenn es zu Todesfällen im Zusammenhang mit Sport gekommen ist?

## 2 Material

### 2.1 Studiendesign

Rückblickend wurden 116 durch das Institut für Rechtsmedizin in München obduzierte Todesfälle aus den Jahren 2003 bis 2010 erfasst, die im Zusammenhang mit Sport standen.

Dabei wurden alle Todesfälle ausgewertet, bei denen staatsanwaltschaftliche Todesermittlungsverfahren eingeleitet wurden. Die staatsanwaltschaftlichen Todesermittlungsverfahren wurden entsprechend des regionalen Einzugsgebietes des Instituts für Rechtsmedizin München von den Staatsanwaltschaften München, Deggendorf, Ingolstadt, Landshut, Kempten, Passau, Ravensburg, Rosenheim und Traunstein angeordnet. Im Rahmen der Untersuchungen wurden zusätzlich keine Ermittlungsakten von Polizei und Staatsanwaltschaft ausgewertet, einbezogen wurden doch alle Angaben von Angehörigen und Polizisten, die in die Obduktionsprotokolle aufgenommen wurden. Bloße Informationen aus Leichenschauen von verstorbenen Sportlern aus dem genannten Zeitraum wurden von der Auswertung ausgeschlossen.

Die meisten einbezogenen Todesfälle ereigneten sich beim Freizeit- und Breitensport, Fälle aus dem Umfeld des Leistungssports waren die Ausnahme. Todesfälle im Rahmen von körperlichen Aktivitäten im beruflichen Kontext wurden nicht in die Studie eingeschlossen.

Ein naher zeitlicher Zusammenhang zwischen der sportlichen Betätigung und dem Todesfall war keine Voraussetzung für die Aufnahme in die Studie. Entscheidend war, dass ein klarer Zusammenhang des Todesfalls mit der Ausübung des Sports zu erkennen war. Ein solcher Zusammenhang besteht beispielsweise, wenn sich ein Sportler eine Teiltraktur des Bandapparates eines Knöchels zuzieht und wenige Tage später nach einer tiefen Beinvenenthrombose eine Lungenembolie erleidet. Der Patient wird reanimiert und verbleibt über Jahre im Wachkoma. In solchen Fällen können zwischen der sportlichen Betätigung und dem Tod Jahre liegen. Trotzdem ist ein Zusammenhang des Todesfalls mit der Ausübung des Sports klar gegeben.

Die Erhebung zur Art der ausgeübten sportlichen Tätigkeit erfolgte anhand der Fallschilderung in den Obduktionsprotokollen. Teilweise wurde eine Zuordnung aufgrund

lückenhafter Informationen in den Obduktionsprotokollen auch nach eigenem Ermessen durchgeführt. Dies betrifft vor allem Personen, die leblos aufgefunden und bei denen die Vorgeschichte nicht dokumentiert wurde. Bei einer Person, die leblos im Wasser eines Sprungturmbeckens aufgefunden wurde, wurde angenommen, dass der Tod nach einem Sprung vom Sprungturm eingetreten ist. Bei einer weiteren Person, die in einer Klamm aufgefunden wurde, wurde Bergwandern als Sportart definiert. Eine Trennung von Baden und Schwimmen fand nicht statt. Nicht-Schwimmer wurden in die Analyse mit einbezogen und als „Todesfälle beim Baden“ klassifiziert. Beim Fliegen eines Motor- oder Segelflugzeugs, Motorradfahren und Angeln ist eine körperliche Betätigung nicht erkennbar. Dennoch wurden die Todesfälle bei diesen Freizeitaktivitäten im Sinne einer weiter gefassten Definition von Sport in die Analyse miteingeschlossen. Zudem wurden Personen erfasst, die als Beisitzer in Sportflugzeugen verstarben. Verkehrsunfälle, z. B. mit dem Fahrrad wurden nicht erfasst.

Die statistische Erhebung von Parametern wie Sportarten, makroskopische Todesursache, Alter, Geschlecht, Herzgewicht, BMI, Unfallzeitpunkt nach Jahreszeit und Überlebenszeit erfolgte auf der Basis der Angaben in den Obduktionsprotokollen. Ferner wurde unterschieden, ob die Todesfälle im In- oder Ausland vorkamen, und ob sie unter Wettkampf- und/oder Spielbedingungen oder im Rahmen von Freizeitaktivitäten und/oder Spielbedingungen eintraten. Weiter wurden die Todesfälle nach den die Obduktion anordnenden Staatsanwaltschaften klassifiziert. In den Fällen, in denen histologische, toxikologische und Alkoholuntersuchungen zur Verfügung standen, wurden diese ebenfalls ausgewertet.

Fehlte die histologische Untersuchung, wurde diese beim Vorhandensein von bei der Obduktion einbehaltenen Organteilen gemäß Votum der Ethikkommission ergänzt. Dies war bei 54 Todesfällen aus den Jahren 2007 bis 2010 möglich. Todesfälle aus den Jahren 2003 bis 2006 konnten nicht mit einbezogen werden, da das jeweils asservierte Organmaterial fehlte. Bei jeder Obduktion werden standardmäßig in Abhängigkeit vom Organzustand und makroskopischen Auffälligkeiten Gewebestücke aus Herz, Lunge, Leber, Niere, Milz, Pankreas sowie Klein- und Großhirn asserviert. Bestehen makroskopische pathologische Auffälligkeiten werden auch Gewebestücke aus anderen Organen bzw. Körperteilen entnommen. Diese Präparate werden für ca. drei Jahre aufgehoben und anschließend verworfen. Dementsprechend wurde in der Regel eine histologi-

sche Untersuchung von Herz, Lunge, Leber, Niere, Milz, Pankreas sowie Klein- und Großhirn durchgeführt.

Bei Verdacht auf eine Aufnahme von Drogen und/oder Medikamenten und/oder Alkohol wurden bei fehlender Diagnostik im Ermittlungsverfahren die entsprechenden Laboruntersuchungen ergänzt.

Die Einschätzung der Alkoholbeteiligung wurde nach einem institutseigenen Stufenschema vorgenommen. Bei einem Promillewert  $<0,15$  wurde kein Einfluss angenommen. Bei  $0,15$  und  $<0,8$  Promille galt der Einfluss als fraglich und zwischen  $0,8$  und  $<1,8$  Promille als wesentlich. Bei  $\geq 1,8$  Promille wurde von einer hochgradigen Beteiligung ausgegangen.

Bei der Beurteilung des Gewichtsstatus müssen im Alter von 8 bis 18 Jahren das Geschlecht und das Alter berücksichtigt werden. Bei der Klassifizierung nach BMI werden für diese Altersgruppe Perzentilenkurven verwendet. Bis zum Alter von sieben Jahren kann der BMI überhaupt nicht verwendet werden (Kromeyer-Hauschild, 2005). Daher wurde auf die Erhebung des BMI bei Kindern und Jugendlichen verzichtet. Die Einteilung der BMI-Grenzen gibt die Tabelle 2 wieder.

*Tabelle 2: Einteilung der BMI-Grenzen.*

Untergewicht	BMI $<18,5$ kg/m <sup>2</sup>
Normalgewicht	BMI zwischen $18,5$ und $24,9$ kg/m <sup>2</sup>
Übergewicht	BMI zwischen $25$ und $29,9$ kg/m <sup>2</sup>
Adipositas Grad I	BMI zwischen $30$ und $34,9$ kg/m <sup>2</sup>
Adipositas Grad II	BMI zwischen $35$ und $39,9$ kg/m <sup>2</sup>
Adipositas Grad III	BMI $>40$ kg/m <sup>2</sup>

*Quelle: Renz-Polster et al., 2008.*

Die Einordnung der Todesursache in traumatisch und nicht-traumatisch erfolgte unter Berücksichtigung aller gewonnenen Informationen aus den Obduktionsprotokollen und weiterführenden Untersuchungen.

## **2.2 Histologische Präpariertechnik und Auswertung**

Die im Weiteren beschriebene Entnahme sowie die Fixierung und Konservierung der Organproben erfolgten durch den Autor der vorliegenden Dissertation. Insgesamt wurden vom Autor über 1000 Organproben zugeschnitten. Die Gewebereinbettung, der Schnitt und die Färbung der Präparate wurden von einer Laborfachkraft vorgenommen. Die histologische Auswertung erfolgte gemeinsam mit der zuständigen Betreuerin.

### **Entnahme**

Aus jedem vorliegenden Organ wurde vom Autor der vorliegenden Dissertation mindestens eine Probe (ca. 1–2 cm x 1–2 cm) entnommen. Die Entnahme wurde mit einem scharfen Messer durchgeführt. Beim Herzen wurden die Schnitte so gewählt, dass die Probe Gewebe aus dem Epikard (Herzaußenhaut), Myokard (Herzmuskulatur) und Endokard (Herzinnenhaut) enthielt; die Lungenprobe umfasste die Pleura, die Leber-, Nieren- und Milzproben jeweils die Kapsel und die Klein- und Großhirnprobe die Pia Mater (weiche Hirnhaut). Anschließend wurden die Präparate in sogenannte „Förmchen“ verbracht.

### **Fixierung und Konservierung**

Um der Autolyse (Selbstaflösung), Fäulnis und Verwesung der Organproben entgegenzuwirken, wurden die Präparate unmittelbar in 3,7% Formalinlösung fixiert und unter Lichtschutz bei Raumtemperatur aufbewahrt.

### **Gewebereinbettung**

Zuerst wurden die Präparate im Einbettautomat mit Wasser abgewaschen. Nachfolgend wurde den Präparaten das Wasser in einer aufsteigenden Alkoholreihe (70-, 80-, 90-, und 100%-Alkohol) entzogen. Als Zwischenmedium wurde das organische Lösungsmittel Xylol verwendet, das den Alkohol aus dem Gewebe verdrängt und am Ende durch Paraffin ersetzt wird. Durch das Paraffin erhält das Präparat eine definierte Härte und Homogenität, die für gute Schnittqualität erforderlich ist.

### **Schnitt**

Die Schnittpräparate wurden mit einem Schlittenmikrotom mit einer Schnittdicke von 5 µm angefertigt. Danach wurde das Paraffin zunächst durch Xylol, dann durch eine ab-

steigende Alkoholreihe (100-, 96- und 70%-Alkohol) und abschließend durch destilliertes Wasser ersetzt.

## **Färbung**

Als Standard- und Übersichtsfärbung wurde die Hämatoxylin-Eosin-Färbung (H.E.-Färbung) verwendet. Zur Darstellung von Bindegewebe wurde die van Gieson-Färbung genutzt.

## **Histologische Auswertung**

Das Material wurde mit Hilfe eines Mikroskops der Marke Leitz Wetzlar untersucht. Dazu wurden nach Bedarf wechselnde Vergrößerungen (2-, 40- und 100-fach) benutzt und verschiedene Gesichtsfelder eingestellt.

### **2.3 Blutalkoholbestimmung (BAK-Bestimmung)**

Nach den Richtlinien des Bundesgesundheitsamtes ist die Durchführung von zwei unterschiedlichen Verfahren vorgeschrieben. In der forensischen Praxis wurden früher drei Methoden (das Widmark-, das Alkoholdehydrogenase-Verfahren (ADH-Verfahren) und die Gaschromatographie (GC)) angewandt. Das Widmark-Verfahren hat allerdings aufgrund einer unzureichenden Spezifität keine große Bedeutung mehr (Madea & Brinkmann, 2003; Madea, 2003; Dettmeyer et al., 2014).

Das ADH-Verfahren und die GC-Methode sind etablierte Standardverfahren im Institut für Rechtsmedizin in München. Die Blutalkoholbestimmung erfolgte durch eine Laborfachkraft. Bonnichsen und Theorell (Bonnichsen & Theorell, 1951) sowie Bücher und Redetzki entwickelten (Bücher & Redetzki, 1951) das ADH-Verfahren in Schweden bzw. Deutschland annähernd zeitgleich (Madea & Brinkmann, 2003). Machata bediente sich als erster der GC, um den Blutalkohol zu bestimmen (Machata, 1962; Madea & Brinkmann, 2003).

## 2.4 Chemisch-toxikologische Analyse

Die toxikologische Untersuchung wurde von einer Laborfachkraft auf der Basis zweier im Institut für Rechtsmedizin München etablierter Standardverfahren durchgeführt. Als Methode der Wahl hat sich die Kombination von einem GC mit einem Massenspektrometerdetektor (MS) (GC-MS) bewährt. Darüber hinaus wurde die Flüssigkeitschromatographie/Tandemmassenspektrometrie (LC-MS/MS) angewendet (Madea & Brinkmann, 2003). „[...] routinetaugliche Benchtopgeräte verschiedenster Konfigurationen und Hersteller sind heute Standard in der toxikologischen Analytik“ (Madea & Brinkmann, 2003).



### 3 Ergebnisse

#### 3.1 Anteil der Obduktionen der im Zusammenhang mit Sport Verstorbenen an der Gesamtzahl der durchgeführten Obduktionen

Von 2003 bis 2010 wurden im Institut für Rechtsmedizin München insgesamt 16.135 Obduktionen durchgeführt, davon wurden 116 Obduktionen nach einem Todesfall im Zusammenhang mit Sport vorgenommen. Das entspricht einem Anteil von 0,7%.

Abbildung 1 zeigt die Zahl der durchgeführten Obduktionen nach Jahren. In 2005 wurden mit 1824 Sektionen die wenigsten Obduktionen durchgeführt, in 2008 mit 2271 Obduktionen die meisten. Das arithmetische Mittel beträgt aufgerundet 2017 Obduktionen pro Jahr.

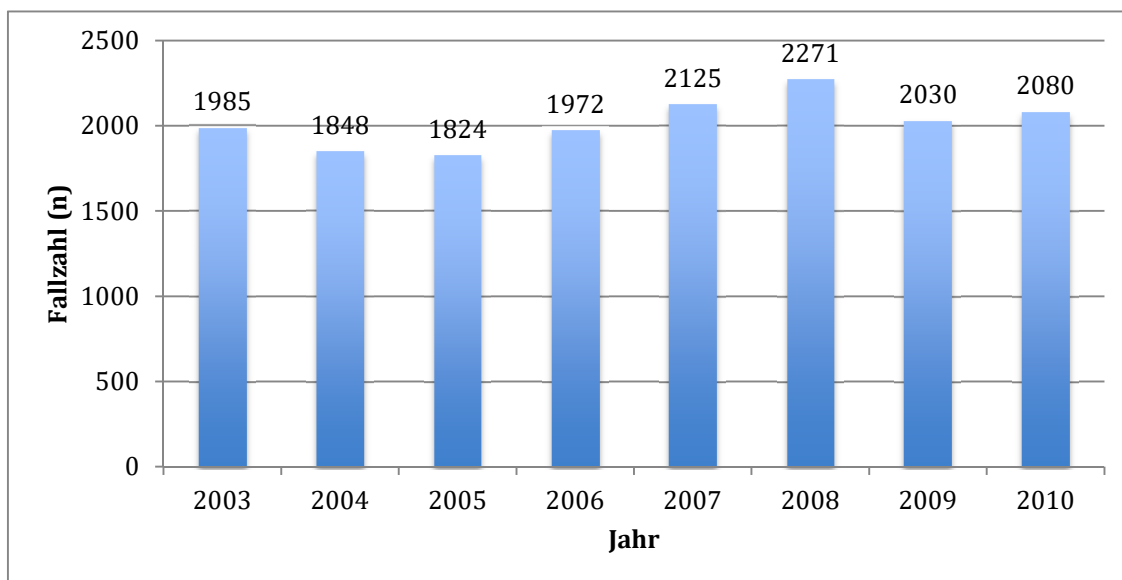


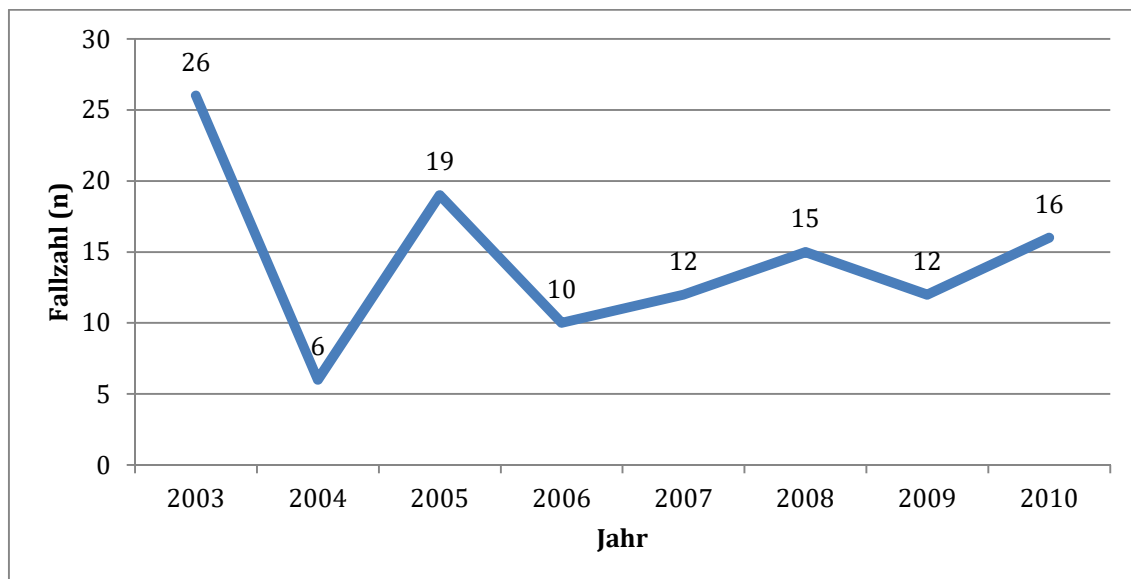
Abbildung 1: Anzahl der Obduktionen pro Jahr.

Die jährlichen Gesamtzahlen der obduzierten Todesfälle im Zusammenhang mit Sport bewegten sich zwischen sechs im Jahr 2004 (5 männliche und eine weibliche Person) und 26 im Jahr 2003 (18 männliche und 8 weibliche Personen) (siehe Tabelle 3 und Abbildung 2). Im Jahr 2004 war der Anteil der Obduktionen nach einem Todesfall im Zusammenhang mit Sport an den Gesamtsektionen dieses Jahres am geringsten (0,3%) und im Jahr 2003 mit 1,3% am höchsten. In allen Jahren des Untersuchungszeitraumes

wurden deutlich mehr Männer als Frauen als Todesfall im Zusammenhang mit Sport obduziert.

*Tabelle 3: Obduktionen nach Jahr und Geschlecht sowie Anteile der Obduktionen im Zusammenhang mit Sport an allen Obduktionen.*

	Anzahl Obduktionen im Zusammenhang mit Sport	Anzahl der männlichen Personen	Anzahl der weiblichen Personen	Anteil an den Gesamt-obduktionen
2003	26	18	8	1,3%
2004	6	5	1	0,3%
2005	19	17	2	1,0%
2006	10	7	3	0,5%
2007	12	11	1	0,6%
2008	15	13	2	0,7%
2009	12	10	2	0,6%
2010	16	12	4	0,8%
arithmetisches Mittel	14,5	11,6	2,9	0,7%



*Abbildung 2: Entwicklung der Anzahl der Todesfälle im Zusammenhang mit Sport im untersuchten Zeitraum.*

### 3.2 Verteilung nach Staatsanwaltschaften

Die Verteilung der 116 im Zusammenhang mit Sport im Zeitraum von 2003 bis 2010 in Auftrag gegebenen Obduktionen nach Staatsanwaltschaften ist in Abbildung 3 dargestellt. Die größten Anteile stammten mit 23% (27 Obduktionen) von der Staatsanwaltschaft München I, mit 24% (28 Obduktionen) von der Staatsanwaltschaft München II und mit 22% (25 Sektionen) von der Staatsanwaltschaft in Traunstein. Mit 55 beauftragten Obduktionen stellten die Staatsanwaltschaften aus München mit etwa 47% annähernd die Hälfte der Aufträge zur Obduktion.

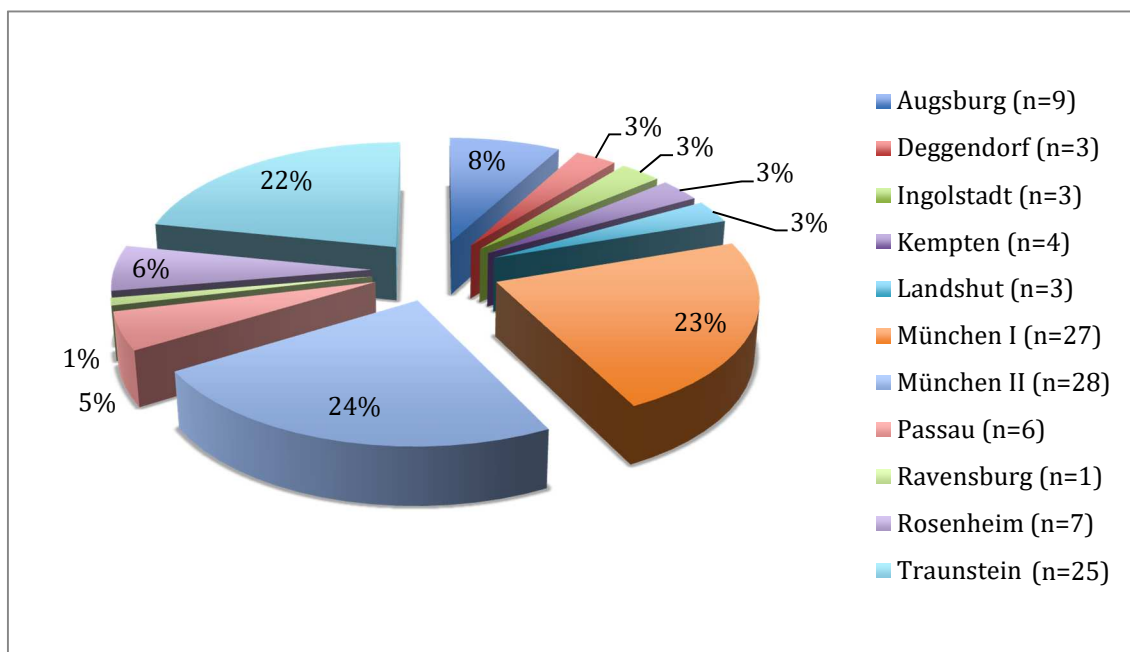


Abbildung 3: Verteilung der Obduktionsaufträge (n) nach Staatsanwaltschaften.

### 3.3 Verteilung nach Überlebensdauer

Der Soforttod konnte in 83 Fällen festgestellt werden. Bei 15 Todesfällen lagen das Ereignis beim Sport und der Todeszeitpunkt maximal einen Tag auseinander und bei zehn Todesfällen maximal eine Woche. Sieben Personen überlebten das Ereignis beim Sport länger als eine Woche, aber maximal ein Jahr. Länger als ein Jahr blieb nur eine Person nach dem Sportereignis am Leben (siehe Abbildung 4).

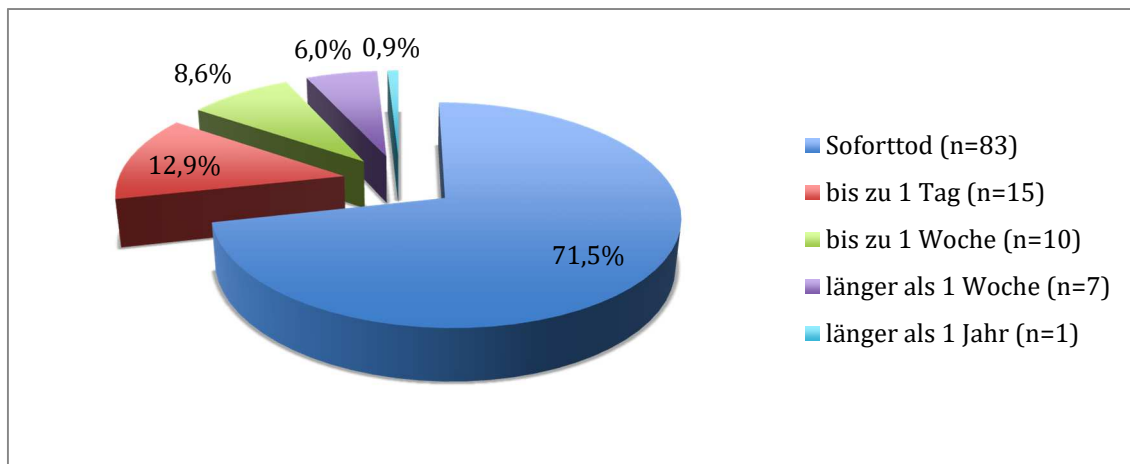


Abbildung 4: Verteilung der Überlebensdauer nach Fallzahl (n).

### 3.4 Verteilung nach Bedingungen der sportlichen Betätigung

#### Verteilung nach Charakter der sportlichen Betätigung

Laut Angaben der Obduktionsprotokolle fanden die den Tod auslösenden Ereignisse in fünf Fällen bei bzw. nach Sportausübung unter Wettkampfbedingungen statt. In zwei Fällen herrschten Spielbedingungen vor. Bei den anderen 109 Todesfällen war von einer Ausübung des Sports im Rahmen von Freizeitaktivitäten auszugehen. Es gab keinen expliziten Hinweis auf einen Todesfall im Zusammenhang mit Sport unter Trainingsbedingungen.

#### Verteilung nach In- und Ausland

102 der 116 Todesfälle im Zusammenhang mit Sport ereigneten sich im Inland. Betroffen waren davon 20 Frauen und 82 Männer. 14 Todesfälle im Zusammenhang mit Sport fanden im Ausland statt. In dieser Gruppe waren elf Personen männlich und drei weiblich.

Jeweils drei Menschen verstarben in Ägypten, Kroatien und Österreich. In Frankreich haben sich zwei Todesfälle im Zusammenhang mit Sport ereignet. In der Türkei, in Schweden und auf den Malediven hat sich jeweils ein Todesfall zugetragen.

Insgesamt konnte unter den im Ausland Verstorbenen keine besondere Häufung von Todesfällen bei bestimmten Sportarten festgestellt werden. Der Tod trat jeweils zweimal im Zusammenhang mit Schlauchbootfahren, Berglauf und Bergwandern auf. Nicht näher bezeichneter Schwimmsport, Tauchen, Fallschirmspringen, Frisbeespielen, Gleitschirmfliegen, Schnorcheln, Segeln und Skifahren kamen jeweils einmal vor.

### **3.5 Verteilung nach Geschlecht und Alter**

Im Zeitraum von 2003 bis 2010 verstarben insgesamt 23 Frauen (19,8%) und 93 Männer (80,2%) im Zusammenhang mit Sport. Der Anteil an weiblichen Verunfallten lag in allen Altersgruppen meist bei weniger als 30% (siehe Abbildung 5). Lediglich in der jüngsten Altersgruppe waren Mädchen häufiger betroffen als Jungen.

Das Alter der Betroffenen lag zwischen vier und 86 Jahren. Die am stärksten vertretenen Altersklassen waren die 30- bis 39-Jährigen, die 40- bis 49-Jährigen und die 50- bis 59-Jährigen. Diese Gruppen machten zusammen etwa 60% der Todesfälle im Zusammenhang mit Sport aus.

Mit 32 Todesfällen war die Anzahl bei den 40- bis 49-Jährigen am höchsten. Unter den 80- bis 89-Jährigen waren mit drei Ereignissen die wenigsten Todesfälle zu verzeichnen. 34 Personen der 116 Todesfälle waren 35 Jahre und jünger, 82 Personen waren älter als 35 Jahre.

Die Männer waren im Schnitt 45 Jahre und die Frauen 36,1 Jahre alt. Damit waren die Frauen etwa neun Jahre jünger als die Männer. Insgesamt lag der Altersdurchschnitt aller im Zusammenhang mit Sport Verstorbenen bei 43,2 Jahren.

Außerdem zeigte sich ein deutlicher Altersunterschied von 8,2 Jahren zwischen den im In- (42,2 Jahre) und Ausland (50,4 Jahre) Verstorbenen.

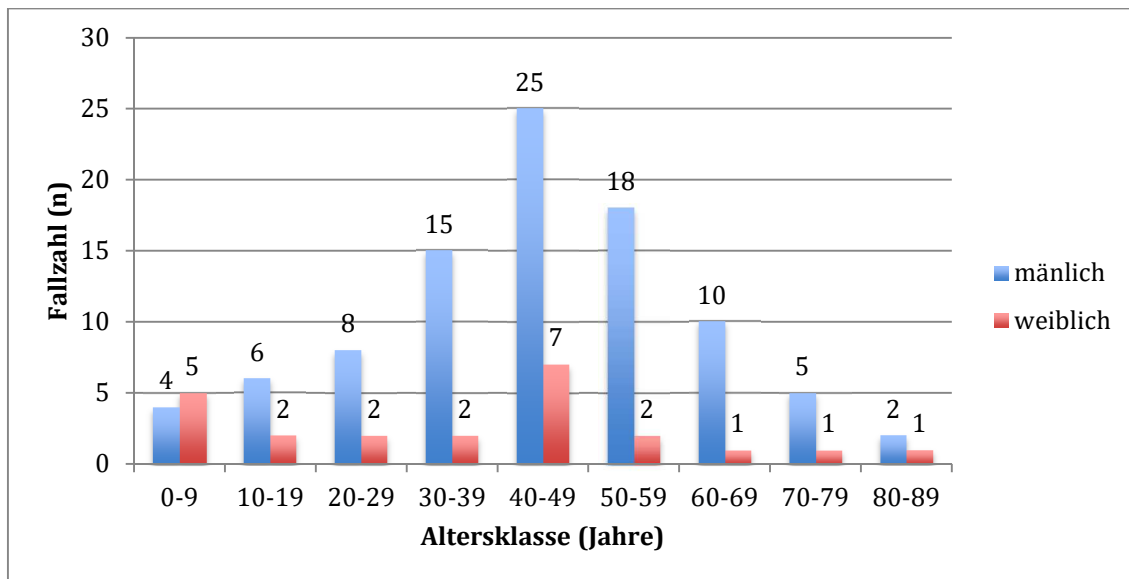


Abbildung 5: Altersverteilung unter Berücksichtigung des Geschlechts.

### 3.6 Verteilung nach Sportarten mit Berücksichtigung des Geschlechts und Alters

Zur Auswertung der Anzahl der Todesfälle nach Sportart wurden die einzelnen Sportarten zu Gruppen zusammengefasst (siehe Tabelle 4). Die meisten Todesfälle ereigneten sich beim Wassersport. 15 Frauen und 44 Männer kamen dabei ums Leben. Der Altersdurchschnitt lag in dieser Gruppe bei 44,2 Jahren.

Die beiden größten Untergruppen beim Wassersport waren das Schwimmen und Tauchen mit 32 (21 männlich, 11 weiblich) bzw. elf (9 männlich, 2 weiblich) Todesfällen und einem Altersdurchschnitt von 34 und 43,6 Jahren. Diese beiden Untergruppen waren zugleich die beiden größten Untergruppen der gesamten Auswertung.

Die zweitgrößte Gruppe war der Bergsport mit 20 Todesfällen (17 männlich, 3 weiblich). Bergwandern bildete hier die größte Untergruppe mit neun männlichen und zwei weiblichen Personen. Die zweitgrößte Untergruppe der Bergsportler war mit sieben Todesfällen (6 männlich, 1 weiblich) das Klettern. Der Altersdurchschnitt der Bergsportler lag bei 47,1 Jahren.

Im Zusammenhang mit Flugsport ereigneten sich 18 Todesfälle (15 männlich, 3 weiblich). Das größte Teilkollektiv bildeten die Segelflieger mit vier Todesfällen (3 männlich, 1 weiblich). Mit einem Durchschnittsalter von 51,4 hatten die Flugsportler den zweithöchsten Altersdurchschnitt.

Durch Wintersport kam es zu sieben Todesfällen. Alle Personen waren männlich. Die meisten Personen waren alpin unterwegs. Der Altersdurchschnitt dieser Gruppe lag bei 39,9 Jahren.

Beim Ball- und Laufsport kam es mit jeweils drei Todesfällen (5 männlich, 1 weiblich) am seltensten zu einem letalen Ereignis. Die Ballsport-Gruppe war mit einem Altersdurchschnitt von 38 Jahren die jüngste, der Laufsport mit 54 Jahren die älteste Gruppe im Obduktionsgut.

Die sportlichen Tätigkeiten Motorradfahren, Angeln, Bowling, Frisbeespielen und Reiten waren nicht den aufgeführten Gruppen zuzuordnen. Beim Reiten war die Person weiblich, in den anderen Fällen jeweils männlich.

*Tabelle 4: Verteilung der Todesfälle nach Sportart (Gruppen und Untergruppen) und Altersdurchschnitt.*

<b>Sportart</b>	<b>Untergruppe</b>	<b>Fallzahl (m/w)</b>	<b>Altersdurchschnitt (Jahre)</b>
<b>Wassersport</b>	Schwimmen	21/11	34
	Tauchen	9/2	43,6
	Schlauchboot	3/0	52
	Kanu	2/0	26,5
	Segeln	2/0	60
	Wellenreiten	2/0	39
	Boot n. n. b.	0/1	22
	Kajak	1/0	68
	Schnorcheln	1/0	50
	Triathlon (Schwimmen)	1/0	68
	Turmspringen	1/0	16
	Schwimmsport n. n. b.	0/1	48
	Wildwasserrafting	1/0	48
	<b>Gesamtzahl</b>	<b>44/15</b>	<b>44,2</b>
<b>Bergsport</b>	Bergwandern	9/2	56,2
	Klettern	6/1	42
	Berglauf	2/0	43
	<b>Gesamtzahl</b>	<b>17/3</b>	<b>47,1</b>
<b>Flugsport</b>	Segelflugzeug	3/1	37

Sportart	Untergruppe	Fallzahl (m/w)	Altersdurchschnitt (Jahre)
	Gleitschirm	3/0	52,3
	Ultraleichtflugzeug	2/1	41,7
	Fallschirmspringen	2/0	53
	Kleinflugzeug	1/1	67,5
	Leichtflugzeug	2/0	66,5
	Drachenfliegen	1/0	47
	Tragschrauber	1/0	46
	<b>Gesamtzahl</b>	<b>15/3</b>	<b>51,4</b>
<b>Wintersport</b>	Ski Alpin	4/0	32,3
	Ski Langlauf	2/0	40,5
	Wintersport n. n. b.	1/0	47
	<b>Gesamtzahl</b>	<b>7/0</b>	<b>39,9</b>
<b>Ballsport</b>	Fußball	2/0	38
	Badminton	1/0	38
	<b>Gesamtzahl</b>	<b>3/0</b>	<b>38</b>
<b>Laufsport</b>	Wandern	2/0	62
	Joggen	0/1	46
	<b>Gesamtzahl</b>	<b>2/1</b>	<b>54</b>
<b>Motorrad</b>		2/0	40,5
<b>Angeln</b>		1/0	64
<b>Bowling</b>		1/0	56
<b>Frisbee</b>		1/0	59
<b>Reiten</b>		0/1	19

Anmerkung: n. n. b. = nicht näher bezeichnet.



### 3.7 Verteilung nach *Body-Mass-Index*

Der minimale Wert des BMI bei den hier untersuchten Todesfällen lag bei 19,0 kg/m<sup>2</sup> und der maximale bei 41,3 kg/m<sup>2</sup>. Frauen zeigten mit 25,3 kg/m<sup>2</sup> einen niedrigeren BMI als Männer mit 26,2 kg/m<sup>2</sup>. Das arithmetische Mittel aller gemessenen BMI betrug 26,1 kg/m<sup>2</sup>. Die meisten Todesfälle wurden den Gruppen „Normal- und Übergewicht“ (83,5% (n=81)) zugeordnet. In den großen Gruppen war der weibliche Geschlechtsanteil kleiner als 30%.

Für die neun Kinder (acht Kinder waren jünger als 7 Jahre alt) und die fünf Jugendlichen wurde der BMI nicht berechnet. Bei fünf weiteren Personen konnte der BMI aufgrund fehlender Angaben in den Obduktionsprotokollen nicht berechnet werden.

Einen Überblick gibt Abbildung 6.

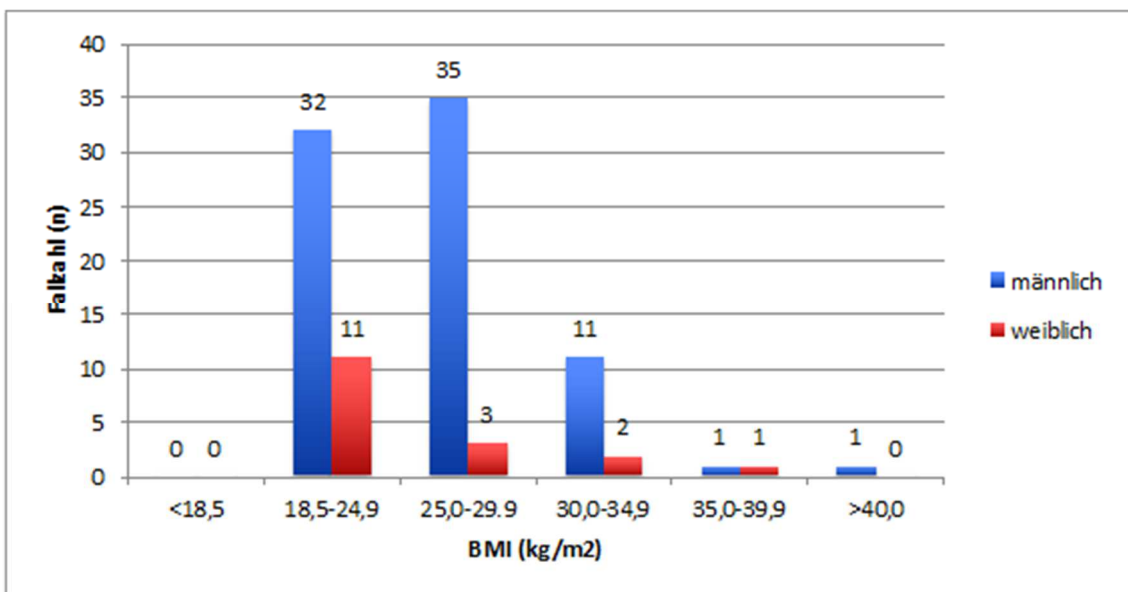


Abbildung 6: Verteilung nach BMI.

Anmerkung: Untergewicht = BMI <18,5 kg/m<sup>2</sup>; Normalgewicht = BMI 18,5-24,9 kg/m<sup>2</sup>; Übergewicht = BMI 25-29,9 kg/m<sup>2</sup>; Adipositas Grad I = BMI 30-34,9 kg/m<sup>2</sup>; Adipositas Grad II = BMI 35-39,9 kg/m<sup>2</sup>; Adipositas Grad III = BMI >40 kg/m<sup>2</sup>.

### 3.8 Verteilung nach Herzgewicht

Für die Darstellung der Verteilung der Herzgewichte wurde das Gewicht der Herzen in Gruppen klassiert (siehe Abbildung 7). Die Auswertung ergab eine Gaußsche Normalverteilung der Herzgrößen. Die beiden größten Gruppen bildeten mit 40 bzw. 37 Fällen die Herzgewichte „bis 399 g“ und „bis 499 g“. Am seltensten kamen Herzge-

wichte „bis 99 g“ und „bis 699 g“ vor (jeweils 2 Fälle). Die Fälle mit Herzgewichten „bis 99 g“ und „bis 199 g“ waren i. d. R. Kindern zuzuordnen. Lediglich eine erwachsene junge Frau hatte ein Herzgewicht von weniger als 200 g.

In elf Fällen (alle männlich) wurde das kritische Herzgewicht von 500 g überschritten. In vier Fällen konnte keine Aussage über das Herzgewicht getroffen werden. Alle Sportler mit einem Herzgewicht von mehr als 500 g waren übergewichtig (n=3) oder adipös (n=7 Grad I; n=1 Grad II). Sportler mit normwertigem BMI zeigten keine Erhöhung des Herzgewichtes.

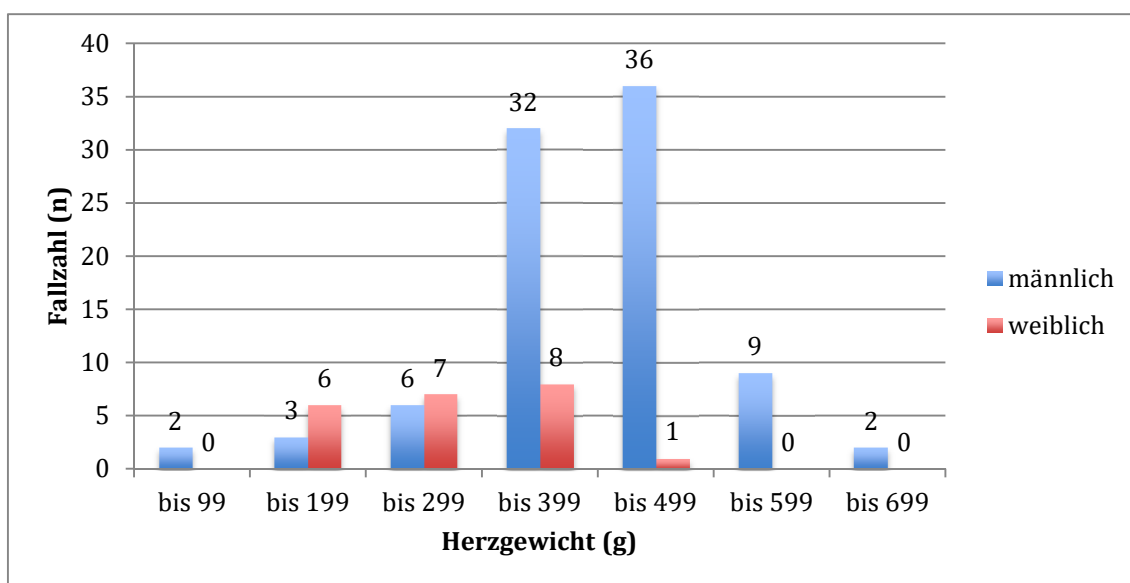


Abbildung 7: Verteilung nach Herzgewicht.

### 3.9 Verteilung nach Jahreszeiten

In den Sommermonaten Juni, Juli und August wurden mit 53 Todesfällen die meisten Todesfälle im Zusammenhang mit Sport verzeichnet (siehe Abbildung 8). Im Frühjahr (März bis Mai) und im Herbst (September bis November) kam es zu 30 bzw. 23 Todesfällen. In den Wintermonaten (Dezember bis Februar) traten nur fünf Todesfälle auf. In fünf Fällen konnte keine genaue Angabe über den Unfallzeitpunkt gemacht werden.

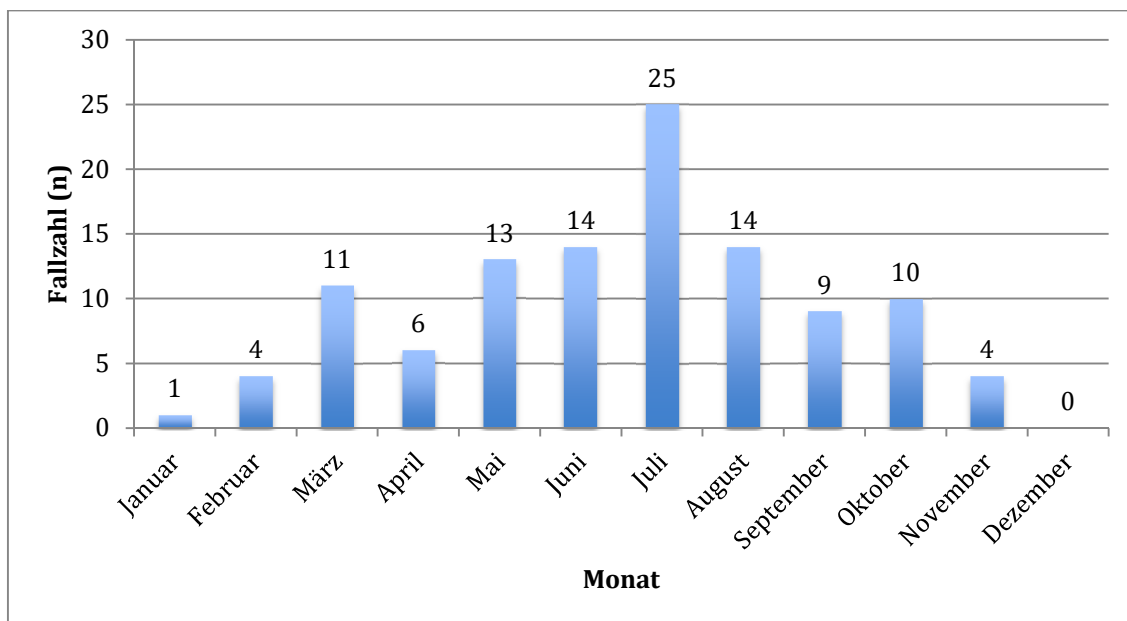


Abbildung 8: Verteilung der Todesfälle nach Monaten.

### 3.10 Auswertung der Todesursachen nach traumatisch und nicht-traumatisch

Für die Unterscheidung der Todesursachen in „traumatisch“ und „nicht-traumatisch“ wurden die Obduktionsbefunde und die Ergebnisse aus den histologischen, toxikologischen sowie Alkoholuntersuchungen verwendet. Die Auswertung erfolgte nach den in Kapitel 3.6 für die Sportarten gebildeten Gruppen.

#### 3.10.1 Wassersport - Schwimmen

Die Sportart mit der höchsten Zahl an Todesfällen war mit 32 Fällen das Schwimmen. In 30 Fällen war ein Ertrinken anzunehmen. In zwei dieser Fälle war es denkbar, dass dem Ertrinken ein Kreislaufversagen durch eine Hypothermie vorausgegangen war.

In zwei weiteren Fällen war neben einem finalen Ertrinken auch ein plötzlicher Tod im Wasser aufgrund einer natürlichen Ursache denkbar. Bei einer Person wurde eine Epilepsie als Vorerkrankung festgestellt und Carbamazepin im Blut nachgewiesen. Es wurde angenommen, dass dieses Medikament zur Verhinderung von epileptischen Anfällen eingenommen wurde. Die Medikamentenkonzentration befand sich nicht im therapeutischen Bereich, so dass unter Berücksichtigung der Obduktions- und histologischen Befunde ein plötzlicher Tod durch einen epileptischen Anfall möglich erschien. Bei der zweiten Person zeigte sich makroskopisch eine ausgeprägte beginnend exzentrische

Herzmuskelhypertrophie mit Überschreiten des kritischen Herzgewichts. Histologisch war zusätzlich eine massive Myokardfibrose nachweisbar. Aufgrund des histologischen Bildes war das Vorliegen einer Myokarditis bzw. einer Kardiomyopathie wahrscheinlich. Möglicherweise war ein plötzlicher Herztod im Zusammenhang mit der bestehenden Grunderkrankung für das Versinken im Wasser verantwortlich.

### **3.10.2 Wassersport - Tauchen**

Als zweitgrößtes Teilkollektiv innerhalb der Wassersport-Gruppe und innerhalb der Gesamtdatenbank konnte das Tauchen mit elf Todesfällen identifiziert werden. In acht Fällen wurde Ertrinken als Ursache für den Todeseintritt angenommen. In einem Fall kamen Ertrinken und eine Gasembolie als Todesursache in Frage, ohne die Reihenfolge dieser potentiellen Todesursachen bestimmen zu können. In einem Fall war eine Gasembolie ursächlich für den Tod. In einem weiteren Fall konnte die Todesursache nicht abschließend geklärt werden. Für die im Krankenhaus und bei der gerichtlichen Leichenöffnung diagnostizierte zerebrale Hypoxie steht trotz aller Untersuchungen eine Erklärung noch aus. Eine mögliche Ursache ist eine Herzrhythmusstörung aufgrund einer relativen Herzhypertrophie.

### **3.10.3 Wassersport - andere**

Bei den drei Schlauchbootfahrern war in zwei Fällen ein Ertrinken als Todesursache anzunehmen. Im dritten Fall wurde im Zusammenhang mit Schlauchbootfahren eine Lungenembolie als Folge einer Beinvenenthrombose bei einem Trauma (nach einem Trümmerbruch der rechten Kniescheibe) als Todesursache nachgewiesen.

Beim Kanufahren war bei beiden Todesfällen Ertrinken die Todesursache.

Bei den beim Segeln aufgetretenen Todesfällen konnte in einem Fall Ertrinken als Todesursache sicher festgestellt werden. In dem anderen Todesfall war die Todesursache nicht genau eruierbar. Der makroskopisch sichtbare, deutlich demarkierte Infarktbezirk mit einer frischen Wandeinblutung in einem Herzkranzschlagaderast könnte auch vor dem Sturz ins Wasser zum Tod geführt haben.

Die Todesfälle beim Wellenreiten (2 Fälle), beim Kajakfahren (1 Fall), beim Schnorcheln (1 Fall) und beim Wildwasserrafting (1 Fall) sowie beim nicht näher bezeichneten Bootfahren und Schwimmsport (jeweils 1 Fall) ereigneten sich durch Ertrinken.

Bei dem Triathleten und dem Turmspringer ergaben sich Hinweise auf nicht-traumatische Geschehnisse. Bei dem Triathleten wurde sowohl histologisch als auch makroskopisch ein wandständig organisiertes, lichtungseinengendes Blutgerinnsel in der rechten Koronararterie nachgewiesen. Möglicherweise hat dieses Gerinnsel durch Veränderungen der Herzrhythymie den Tod direkt herbeigeführt. Bei dem 16-Jährigen Turmspringer konnten eine rechts- und eine linksventrikuläre Herzhypertrophie sowie Verschmelzungen festgestellt werden, die als Todesursache in Frage kommen.

In der Gruppe der Wassersportler stellte sich bei fünf Verstorbenen die Frage nach einer rein natürlichen Todesursache. Die makroskopischen und histologischen Ergebnisse konnten eine natürliche Todesursache aber nicht zweifelsfrei belegen.

#### **3.10.4 Bergsport**

Bei den Bergwanderern war in zehn Fällen ein Polytrauma die Todesursache. In einem Fall konnte die Todesursache nicht abschließend geklärt werden. Es wurde bei der betreffenden Person ein Polytrauma festgestellt. Aufgrund der bei Sportausübung vorgelegenen Außentemperatur war auch eine Hypothermie als Todesursache möglich. Das Polytrauma und die Hypothermie ließen sich zeitlich nicht voneinander abgrenzen.

Die Todesursache bei den sieben Kletterern war ausnahmslos ein Polytrauma. In keinem Fall ergaben sich Hinweise auf ein natürliches Krankheitsgeschehen als Unfallauslöser. In einem Fall war eine genaue Beurteilung der Organe aufgrund des Zerstörungsgrades des Körpers nicht möglich.

Beim Berglauf kam es zu zwei Todesfällen. In beiden Fällen wurde von einer Hypothermie als Todesursache ausgegangen.

#### **3.10.5 Flugsport**

Alle 18 Fälle waren auf ein Polytrauma zurückzuführen.

### **3.10.6 Wintersport**

Ein Wintersportler verstarb aufgrund eines Polytraumas, ein weiterer aufgrund einer Lungenembolie nach einer Beinvenenthrombose und Tibiakopfbruch. Bei zwei weiteren alpinen Skifahrern wurde zum einen ein Tod durch Erstickten bei Verschüttung unter einer Lawine und zum anderen ein Tod in Folge der Aspiration von erbrochenem Speisebrei nach einem Sturz nachgewiesen.

In der Untergruppe der Langläufer waren die Todesursachen eine Hypothermie und eine Hypothermie bei einem Polytrauma.

Bei dem Verunfallten, dessen Sportausübung in den Bergen nicht näher geklärt werden konnte, kam es zum Erstickten bei einem Lawinenunglück.

### **3.10.7 Ballsport**

Beim Badminton kam es durch eine Teiltraktur des Bandapparates des linken Knöchels zu einem Sportunfall. Der Tod trat nach langjähriger Bettlägerigkeit infolge einer Lungenembolie nach einer Beinvenenthrombose durch eine Bronchopneumonie ein.

Die beim Fußballspielen aufgetretenen Todesfälle hatten ebenfalls eine traumatische Ursache. In einem Fall wurde ein Schädelhirntrauma festgestellt, in einem weiteren eine traumatische Verletzung der rechtsseitigen Carotis interna mit nachfolgender Thrombosierung und Schlaganfall.

### **3.10.8 Laufsport**

Die Todesfälle im Laufsport waren ausschließlich traumatisch bedingt.

Bei den Wanderern war die Todesursache in einem Fall ein Polytrauma und in dem anderen Fall eine Pneumonie mit nekrotisierender Fasziiitis und Sepsis infolge einer traumatischen Verletzung des Knies.

Daneben verunglückte eine Person beim Joggen durch Ertrinken.

### **3.10.9 Andere**

Auch bei den anderen Sportarten beruhten alle Todesfälle nicht auf natürlichen Ursachen.

Die beiden Todesfälle beim Motorradfahren ließen sich einerseits auf ein Schädelhirntrauma und andererseits auf ein Polytrauma zurückführen.

Der Angler verstarb durch Ertrinken.

Beim Bowling kam es zu einer Unterschenkelfraktur mit nachfolgender Beinvenenthrombose und Lungenembolie.

Beim Frisbeespielen und beim Reiten kam jeweils eine Person durch ein Schädelhirntrauma ums Leben.

### **3.10.10 Zusammenfassung**

Ertrinken (n=52) und Polytrauma (n=38) waren die häufigsten traumatischen Todesursachen und machten 77,6% (n=90) aller Sporttodesfälle aus (siehe Tabelle 5).

In fünf Fällen schien eine natürliche Ursache für den Eintritt des Todes möglich. Die durchgeführten Obduktionen und Histologien konnten eine natürliche Todesursache aber nicht zweifelsfrei nachweisen.

Tabelle 5: Verteilung der Todesursachen nach Sportgruppen bzw. Sportart.

Sportgruppe/ Sportart	Todesursache	Fallzahl n
<b>Wassersport</b>	Ertrinken	50
	Gasembolie	1
	Lungenembolie nach Trauma	1
	ungeklärt	7
<b>Bergsport</b>	Hypothermie	2
	Polytrauma	17
	ungeklärt	1
<b>Flugsport</b>	Polytrauma	18
<b>Wintersport</b>	Ersticken	3
	Hypothermie	1
	Hypothermie bei Polytrauma	1
	Lungenembolie nach Trauma	1
	Polytrauma	1
<b>Ballsport</b>	Bronchopneumonie nach Lungenembolie nach Trauma	1
	Schädelhirntrauma	1
	Thrombose der Carotis interna nach Trauma	1
<b>Laufsport</b>	Ertrinken	1
	Pneumonie bei Sepsis und nekrotisierender Faszitis nach Trauma	1
	Polytrauma	1
<b>Motorrad</b>	Polytrauma	1
	Schädelhirntrauma	1
<b>Angeln</b>	Ertrinken	1
<b>Bowling</b>	Lungenembolie nach Trauma	1
<b>Frisbee</b>	Schädelhirntrauma	1
<b>Reiten</b>	Schädelhirntrauma	1

Anmerkung: Unter den ungeklärten Todesursachen im Wassersport (n=7) wurden auch die Todesursachen subsumiert, bei denen eine rein innere Todesursache (n=5) vermutet wurde.



### 3.11 Indirekt-traumatische Todesursachen

Neben der Einteilung in traumatische und nicht-traumatische Todesursachen wurden die Todesfälle aufgrund einer indirekt-traumatischen Ursache getrennt analysiert. Wie in der Einleitung beschrieben, stellt diese Kategorie eine Art „Übergangsform“ zwischen nicht-traumatischer und traumatischer Todesursache dar.

Bei zehn Sportlern der vorliegenden Untersuchung konnte aufgrund der erhobenen Informationen von einer indirekt-traumatischen Todesursache ausgegangen werden.

Zwei Personen ertranken trotz regelrecht angelegter Schwimmweste beim Segeln bzw. Wildwasserrafting, was eine innere Ursache als Ursache wahrscheinlich macht. Bei beiden Personen kamen Herzrhythmusstörungen bei Überschreitung des kritischen Herzgewichts als „innere Unfallauslöser“ in Betracht. Bei dem Segler kam auch eine Kombination aus Herzrhythmusstörungen bei Überschreitung des kritischen Herzgewichts und einem epileptischen Anfall als möglicher Unfallauslöser in Betracht.

Bei einem Bergwanderer mit lumenverengender Koronarsklerose und feinfleckiger Verschwielung der Herzkammerscheidewand waren nach Angaben der Angehörigen Schwindelanfälle und ein nicht näher bezeichneter „Wirbelsäulenschaden im Nackenbereich“ bekannt. Daher schien es wahrscheinlich, dass die Veränderungen am Herzen oder im Nackenbereich zu einem Schwindelanfall und nachfolgend zum Absturz vom Berg führten.

Ein 23-jähriger Bergwanderer zeigte eine auffallend intensive, mäßig lumenverengende Koronaratheromatose und eine deutliche Atheromatose in den Halsschlagadern. Es wurde der Verdacht auf eine krankhafte Fettstoffwechselstörung gestellt. Dieser Befund könnte eine veränderte Herz-Kreislauffähigkeit bewirkt und indirekt den Absturz vom Berg herbeigeführt haben.

Bei der Joggerin war davon auszugehen, dass sie aufgrund eines epileptischen Anfalls in ein Gewässer stürzte und letztendlich ertrank. Toxikologisch wurde nachgewiesen, dass das zur medikamentösen Krampfanfallsprophylaxe verwendete Lamotrigin unterhalb des therapeutischen Bereiches lag.

Bei einer Schwimmerin wurde eine ausgeprägte fibrosierende Lungenerkrankung nachgewiesen. Aufgrund der vorliegenden Erkrankung könnte es zu einem Rechtsherzversagen gekommen sein, dass schließlich zum Ertrinken führte.

In vier Fällen könnte eine Kreislaufbelastung durch eine reichliche Magenfüllung als Ursache für das Ertrinken in Frage kommen, da andere Ursachen für den Unfall nicht gefunden wurden.

Die unten aufgeführte Tabelle 6 gibt einen Überblick über die wesentlichen erhobenen organpathologischen Befunde. Unter diesen Befunden befinden sich auch die Befunde, die für einen rein natürlichen Tod verantwortlich gemacht wurden.

*Tabelle 6: Überblick über die wesentlichen erhobenen organpathologischen Befunde.*

<b>Wesentliche histologische/makroskopische Befunde am Herzen</b>	<b>Fallzahl (n)</b>
<b>Herzhypertrophie (relativ)</b>	14 (1)
<b>Herzinfarkt</b>	3
- alt	2
- frisch	1
<b>Herzverfettung</b>	5
<b>Koronaratheromatose</b>	11
- mäßig	7
- mäßig, deutlich lumenverengend	1
- deutlich, beginnend lichtungseinengend	1
- mittelgradig	1
- intensiv, mäßig lumenverengend	1
<b>Koronarsklerose</b>	24
- mäßig	6
- mäßig mit höhergradiger Einengung	1
- mittelgradig/deutlich	11
- deutlich mit höhergradiger Einengung	1
- hochgradig	5
<b>Koronarthrombose</b>	1
<b>Myokardfibrose</b>	28
- gering (fokal)	8 (2)
- mäßig (fokal)	5 (0)
- deutlich (fokal)	6 (2)
- hochgradig (fokal)	1 (0)
- massiv (fokal)	1 (1)
- Fibrose n. n. b.	2 (0)
<b>Verdacht auf chronische Myokarditis/Kardiomyopathie n. n. b.</b>	1
<b>Myokardverschmelzung (fraglich)</b>	7 (1)
<b>Überschreitung kritisches Herzgewicht</b>	12

Wesentliche Befunde an der Leber	Fallzahl (n)
Leberverfettung (<50% der Leberepithelzellen)	14
Fettleber (>50% der Leberepithelzellen)	10
Leberfibrose	9
- beginnend/minimal	7
- gering/mäßig	2
Leberzirrhose	2
Chronische Stauung der Leber	2

Wesentliche Befunde an der Lunge	Fallzahl (n)
Ausgeprägte fibrosierende Lungenerkrankung	1

### 3.12 Toxikologische und Alkoholuntersuchungen

Beim Schwimmsport zeigte sich in acht Fällen eine hochgradige Beeinflussung durch Alkohol. In jeweils einem Fall lag gleichzeitig die Einnahme eines Antidepressivums (Citalopram) weit oberhalb des therapeutischen Bereichs und eines Benzodiazepins (Diazepam) entsprechend der regulären Dosierung vor. Ferner wurde bei einer Person ein Antihistaminikum (Diphenhydramin) deutlich oberhalb und ein Benzodiazepin (Lorazepam) im therapeutischen Bereich nachgewiesen. Bei einem weiteren Verstorbenen wurde ein regulär dosiertes Antidepressivum (Citalopram) nachgewiesen.

Bei einem Bergsportler ergab die Alkoholuntersuchung eine hochgradige Beeinflussung.

In den Untergruppen der Angler, Segler, Langläufer und Bergwanderer zeigte sich jeweils eine wesentliche Alkoholisierung.

Bei einem Schwimmer bzw. einer Joggerin lag die Konzentration der medikamentösen Krampfanfallsprophylaxe (Carbamazepin bzw. Lamotrigin) im untertherapeutischen Bereich.

Die nachstehenden Tabellen 7 und 8 geben einen Überblick über die nachgewiesenen Alkoholbeeinflussungen und Medikamente.

Tabelle 7: Verteilung der Alkoholbeeinflussungen.

Alkoholbeeinflussung	Fallzahl (n)
wesentlich (0,8 bis <1,8 Promille)	4
hochgradig (>=1,8 Promille)	9

Tabelle 8: Zusammenfassung der Ergebnisse der Toxikologie.

In der Toxikologie nachgewiesene Pharmaka (n)	Dosierung
Carbamazepin (n=1) Lamotrigin (n=1)	unterhalb des therapeutischen Fensters unterhalb des therapeutischen Fensters
Citalopram (n=2) Diazepam (n=1) Lorazepam* (n=1)	therapeutisch und oberhalb des therapeutischen Fensters therapeutisch therapeutisch
Diphenhydramin* (n=1)	oberhalb des therapeutischen Fensters

Anmerkung: Bei einer Person wurden zwei Medikamente nachgewiesen (mit einem \* gekennzeichnet).

### 3.13 Ausgesuchte Fallbeispiele

#### 3.13.1 Tod zweier Bergläufer durch Hypothermie

Zur Vorgeschichte war bekannt, dass im Juli 2008 ein Berglauf zur Zugspitze stattfand, der in Ehrwald in Tirol gestartet war. Die genaue Distanz in Kilometern war unbekannt. Bei dem Berglauf mussten 2500 Höhenmeter überwunden werden. Die Bergläufer waren passionierte Langstreckenläufer, beide nahmen zum ersten Mal am Zuspitzlauf teil. Die Außentemperatur beim Start lag bei ca. 15 °C, es regnete leicht. Der Regen dauerte über den Rest des Tages an. Gegen Mittag kam es zu einer Zunahme der Regenfälle in den höheren Lagen. Etwa 100 Meter unterhalb der Auffindungsstelle ging der Regen in Schnee über. An der Auffindungsstelle lagen Temperaturen um 0 °C vor. Beide Läufer trugen leichte Laufbekleidung. Der Bergläufer 1 (45 Jahre) wurde auf 2700 Metern Höhe, der Bergläufer 2 (41 Jahre) auf 2825 Metern Höhe aufgefunden. Die Position vom Bergläufer 2 lag ca. 300 Meter Laufstrecke und 100 Höhenmeter vom Ziel entfernt.

Bei beiden Sportlern lagen keine Erkenntnisse zu Vorerkrankungen vor. Der Bergläufer 1 war bei Auffindung noch ansprechbar, aber nicht mehr orientiert. Im weiteren Verlauf

verlor er das Bewusstsein, woraufhin eine Herz-Lungen-Wiederbelebung (30/2) durchgeführt wurde. Unter der Reanimation atmete der Bergläufer zeitweise wieder selbständig. Nach unbekannter Zeit kam es letztlich zum Kreislaufstillstand. Temperaturwerte wurden nicht erhoben. Der Bergläufer 2 war bei Auffindung nicht ansprechbar und ohne Bewusstsein. Nach Angaben der Ersthelfer war anfangs ein leichter Puls tastbar, die Reanimationsmaßnahmen (inkl. Defibrillation) waren erfolglos.

Wesentliche Details in der Zusammenfassung der Obduktionsbefunde: Bei dem Bergläufer 1 fanden sich eine fast flächige Rotverfärbung der Haut über den Knien, Schienbeinkanten (siehe Abbildung 9) und über den Ellenbogenkanten sowie eine hochgradige Ausweitung des rechten Herzvorhofes. Darüber hinaus traten keine Auffälligkeiten des Herzens auf. Insbesondere das Koronarsystem war unauffällig.

Bei dem Bergläufer 2 fanden sich eine fleckig-flächige Rotverfärbung ohne Unterblutung an den Knien und Schienbeinkanten und insbesondere an den Unterarmstreckseiten, gruppiert zusammenstehende Magenschleimhauterosionen, beidseits eine einzelne Psoasmuskelblutung zentral (siehe Abbildung 10) und eine massive Ausweitung des rechten Herzens mit fast durchscheinender Wand des rechten Herzohres. Sonstige Auffälligkeiten des Herzens wurden nicht detektiert. Das Koronarsystem war unauffällig.

Diagnose nach Obduktion: Nach dem Ergebnis der gerichtsmedizinischen Untersuchung der Leiche verstarb der Bergläufer 2 offensichtlich an einer Hypothermie auf nicht-natürliche Weise. Bei dem Bergläufer 1 war die Todesursache makroskopisch nicht eindeutig nachweisbar. Es ließ sich jedoch aufgrund der Gesamtbefunde und -umstände vermuten, dass der Bergläufer 1 ebenso an einer Hypothermie verstarb. Die bei beiden Bergläufern auffällige Ausweitung des rechten Herzens war wahrscheinlich situativ bedingt.

Die Bestimmung von Zuckerwerten im Herzblut, Liquor cranial, Herzbeutel und Femoralblut war bei beiden Bergläufern unauffällig. In der Begleitstoffanalyse beider Bergläufer zeigten sich niedrige Spiegel von Ketonen. Der Urintest auf Zucker und Ketone war bei beiden Bergläufern unauffällig.

Die Hämoglobin-(Hb)-Bestimmung aus dem Herzblut ergab Werte von 16,7 g/% bzw. 17,8 g/%.

Die nachgeholt histologische Untersuchung ergab als wesentliche Befunde bei dem Bergläufer 2 eine mäßige Koronararterienstenose sowie bei dem Bergläufer 1 eine deutliche Myokardfibrose des rechten Herzens.

Die chemisch-toxikologische Untersuchung erbrachte in beiden Fällen keinen Hinweis auf eine Einnahme von Arznei- oder Suchtstoffen. Auch der Nachweis von Dopingmitteln, insbesondere Erythropoetin (EPO) war negativ. Die Alkoholuntersuchung war unauffällig.

Alle erhobenen Befunde sprachen für die Richtigkeit der bei der Obduktion erhobenen Diagnose der Hypothermie bei beiden Bergläufern.



*Abbildung 9: Akrozyanotischer Kälteschaden der Haut als häufiger Befund bei Tod durch Hypothermie: Fast flächige Rotverfärbung der Haut über den Knien.  
Quelle: Institutseigenes Fotoarchiv.*

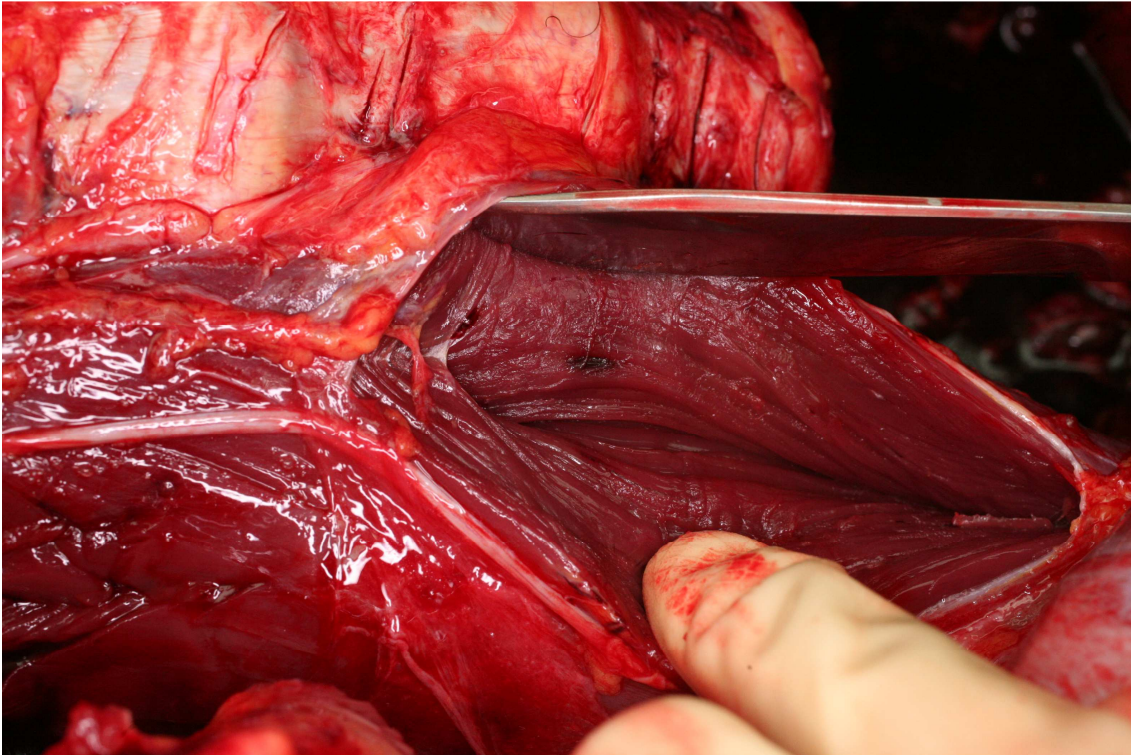


Abbildung 10: Eher seltener Befund bei Tod durch Hypothermie: Einzelne zentrale Blutung des inneren Hüftmuskels (*Musculus iliopsoas*).  
Quelle: Institutseigenes Fotoarchiv.

### 3.13.2 Tod aus ungeklärter Ursache beim Schwimmen

Als Vorgeschichte wurde übermittelt, dass der 43-jährige ledige Angestellte im August 2009 gegen 15 Uhr in einem Schwimmerbecken im Schwimmbad bewusstlos aufgefunden wurde. Er war reanimierbar und wurde ins Krankenhaus verbracht. Drei Tage später wurde der Betroffene im Krankenhaus für tot erklärt.

Vorerkrankungen waren nicht bekannt. Klinisch bescheinigte Todesursache war Multiorganversagen infolge eines Beinahe-Ertrinkens. Der Betroffene konnte schwimmen.

Wesentliche Details in der Zusammenfassung der Befunde: Die Obduktion ergab eine ausgeprägte beginnend exzentrische Herzhypertrophie mit einem Herzgewicht von 650 g. Die Kammerwandstärke wies links 20 mm und rechts gut 5 mm auf. Die Herzkranzschlagadern waren zart.

Diagnose nach Obduktion: Der Betroffene verstarb nach dem Ergebnis der gerichtsmedizinischen Untersuchung der Leiche an einer zentralen Lähmung aufgrund einer exzessiven Hirnvolumenvermehrung infolge eines offensichtlichen Sauerstoffmangelschadens des Gehirns auf möglicherweise nicht-natürliche Weise.

Ein aus der Vorgeschichte sich ergebender möglicher Ertrinkungsvorgang war nach dreitägiger intensivmedizinischer Behandlung nicht mehr sicher beurteilbar.

Der wesentlichste pathologische Befund der inneren Organe war eine exzessive Vergrößerung des Herzens, möglicherweise auf dem Boden einer längerfristig bestehenden Herzmuskelentzündung oder sonstigen Kardiomyopathie. Die Befunde passten ebenso zu einem plötzlichen Herzstillstand bei körperlicher Belastung wie auch zu einer plötzlichen Bewusstseinsstörung mit nachfolgendem Ertrinken.

In der chemisch-toxikologischen Untersuchung wurden Benzodiazepin-Derivate nachgewiesen, die aber chromatographisch nicht bestätigt wurden. Ursache war möglicherweise ein Abbau der Benzodiazepin-Derivate im Zeitraum zwischen dem Unfall und dem Tod (drei Tage).

Eine Alkoholuntersuchung fand aufgrund des längeren Aufenthaltes im Krankenhaus (drei Tage) nicht statt.

Die histologische Untersuchung ergab eine alle Schichten betreffende massive Myokardfibrose und Myokardhypertrophie (siehe Abbildung 11).

In der Zusammenschau aller Befunde erschien sowohl in Anlehnung an das Obduktionsprotokoll eine rein kardiale Ursache als auch die Kombination von einer kardialen Ursache mit Ertrinken für das Versterben des Betroffenen möglich. Die Ergebnisse der Histologie deuteten darüber hinaus eine Myokarditis an, die nicht durch mikrobiologische Untersuchungen verifiziert wurde. Aufgrund der toxikologischen Analyse war auch eine Bewusstseinsstörung durch vorangegangene Einnahme von Benzodiazepinen möglich.



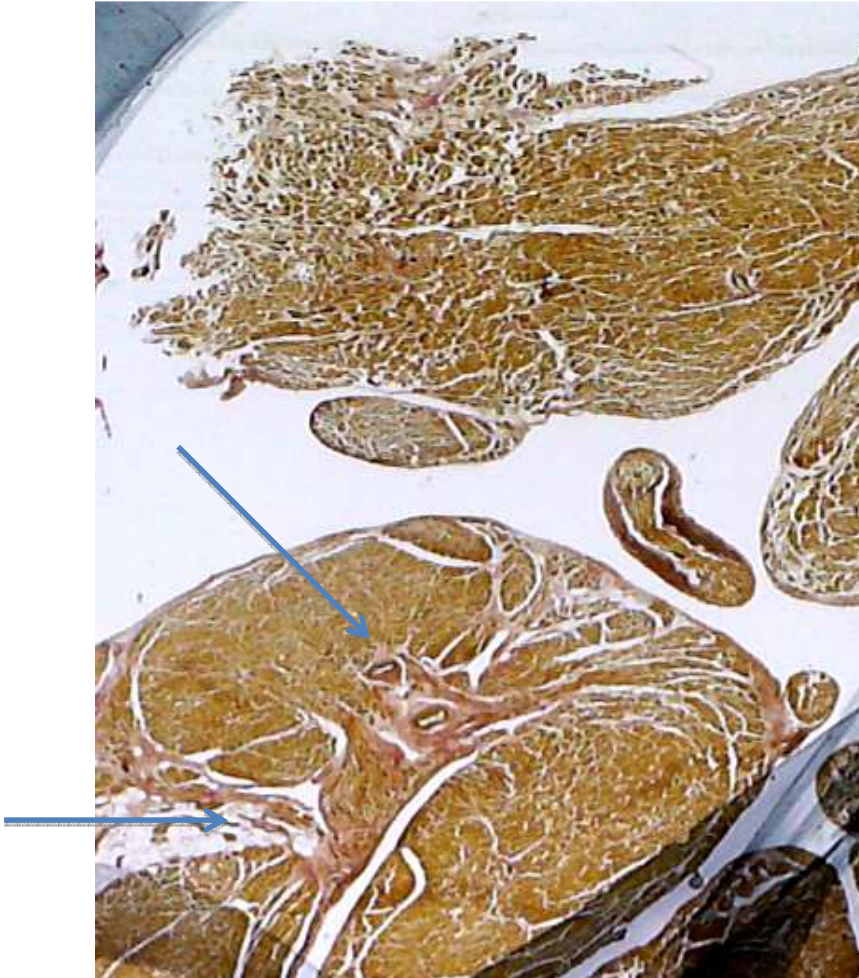


Abbildung 11: Massive Myokardfibrose und -hypertrophie (rötlich eingefärbte Strukturen, siehe Pfeile) in der Gieson-Färbung.

### 3.13.3 Tod aus ungeklärter Ursache beim Triathlon

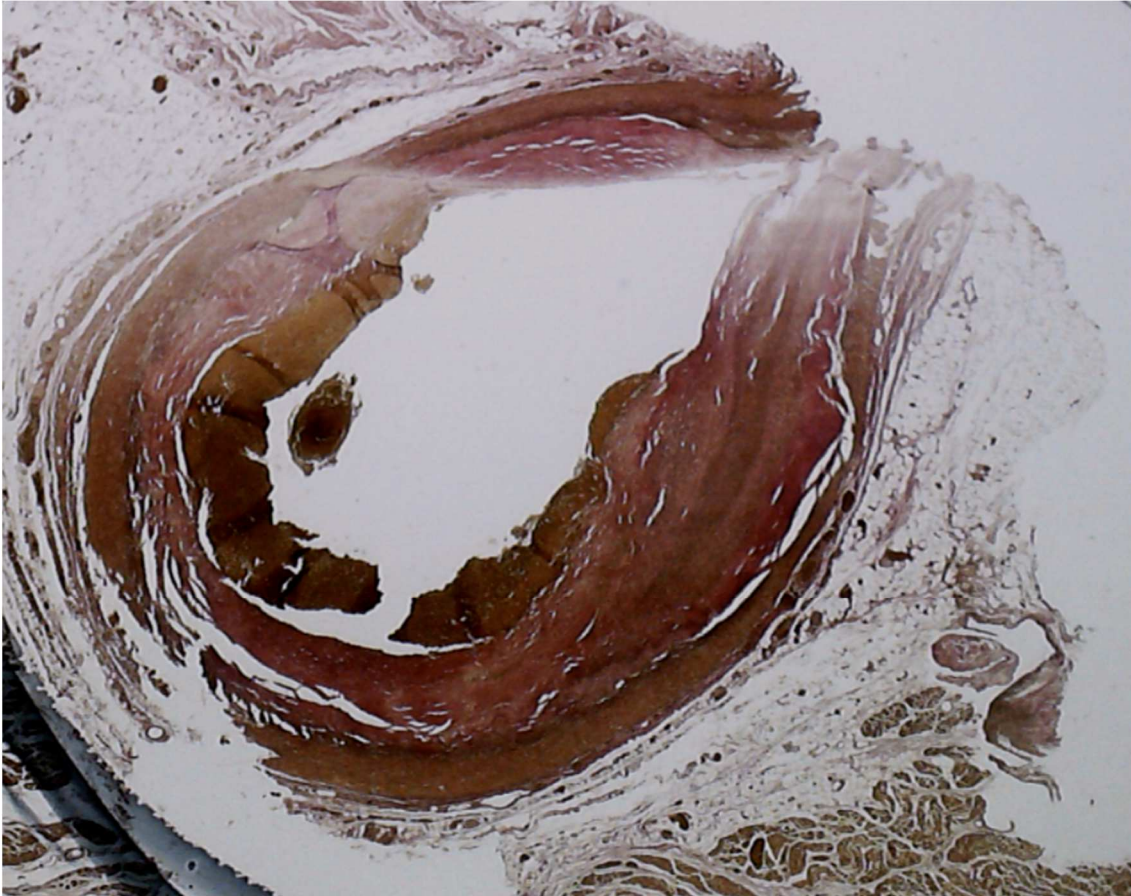
Der 68-jährige Betroffene nahm im Juni 2010 an einem Triathlon teil. Beim Schwimmwettbewerb wurde die Wasserwacht auf den Betroffenen aufmerksam, weil er hinter dem Hauptfeld zurückblieb. Genaue Beobachtungen zum weiteren Verlauf waren nicht bekannt. Der Betroffene wurde schließlich leblos aus dem Wasser geborgen, erfolgreich reanimiert und anschließend in ein Klinikum gebracht. Im weiteren klinischen Verlauf war der Betroffene immer bewusstlos. Nach drei Tagen wurde der Beatmungstubus entfernt, so dass der Betroffene wieder selbständig atmen konnte. Nach ca. 3,5 Tagen verstarb der Betroffene unter den Diagnosen Asphyxie, zunehmende Einklemmung und hypoxischer Hirnschaden. Eine Herzerkrankung wurde ausgeschlossen. Aus klinischer Sicht war die Ursache für die Bewusstlosigkeit unklar. Nach Angaben der Ehefrau des Betroffenen wurde der Betroffene vor ca. acht Jahren aufgrund eines Herzvorhofflimmerns behandelt. Aktuelle Erkrankungen waren nicht bekannt.

Wesentliche Befunde aus der Obduktion: Es zeigte sich ein wandständig organisiertes, relativ flaches Blutgerinnsel im peripheren Drittel der rechten weitlumigen Herzkranzschlagader. Darüber hinaus fielen eine Weitlumigkeit aller Herzkranzschlagaderäste und eine mäßige allgemeine Atheromatose der Blutgefäße auf. Außerdem war ein allgemein schlaffer, etwas vergrößerter Herzmuskel (451 g), die Herzspitze etwas ausgerundet, nachweisbar.

Diagnose nach Obduktion: Bei dem Betroffenen fanden sich am Hirn Befunde, die mit der klinischen Diagnose „Hirntod“ vereinbar waren. Unter Berücksichtigung der Vorgeschichte war als Ursache des Hirntodes ein Sauerstoffmangel in Betracht zu ziehen, der möglicherweise durch ein beginnendes Ertrinkungsgeschehen auf dem Boden einer Koronarthrombose ausgelöst wurde. Die Beschaffenheit des Blutgerinnsels wies auf einen Entstehungszeitraum von vier Tagen vor dem Todeseintritt hin.

Die Histologie bestätigte das makroskopische Bild eines lichtungseinengenden Koronarthrombus (siehe Abbildung 12). Auf Alkohol- und chemisch-toxikologische Untersuchungen wurde aufgrund des langen Krankenhausaufenthaltes bis zum Versterben (3,5 Tage) verzichtet.

Insgesamt ergaben sich passend zum Obduktionsbefund zwei Möglichkeiten der Todesursache. Entweder war die Koronarthrombose mittelbar die Ursache für das Ertrinkungsgeschehen (auch wenn die ertrinkungstypischen Befunde durch die intensivmedizinische Behandlung nicht mehr nachweisbar waren), oder die Koronarthrombose führte über Herzrhythmusstörungen zu einem plötzlichen Herztod.



*Abbildung 12: Lichtungseinengender Koronarthrombus der rechten Herzkranzschlagader des Triathleten in der Hämatoxylin-Eosin-Färbung (HE-Färbung).*

#### **3.13.4 Tod beim Klettern durch Polytrauma**

Im März 2008 stürzte ein neun Jahre altes Mädchen in einem Indoor-Kletterpark ab. Das Mädchen hatte zuvor eine Kletterwand mit dem Schwierigkeitsgrad 4 mit ca. 30 Metern Höhe erklommen. Auf einer geschätzten Höhe von 15 bis 18 Metern löste sich das Sicherungsseil, und das Mädchen fiel ungebremst auf den Hallenboden. Die Ursache des Absturzes war möglicherweise ein falsch verknottetes Sicherungsseil, das durch den Karabinerhaken frei durchlaufen konnte.

Das Mädchen wurde unmittelbar nach dem Sturz reanimiert und in die Kinderklinik gebracht. Dort verstarb das Mädchen am selben Tag. In der Todesbescheinigung wurde ein Schädelhirntrauma als Todesursache eingetragen.

Wesentliche Details aus der Obduktion: Es waren eindeutige Befunde eines Polytraumas sichtbar. Insbesondere kam es zu einem schweren Schädeltrümmerbruch mit ausgedehnten Hirnprellungen, so dass sich eine erhebliche Hirnschwellung ausbildete. Weiterhin waren ein stumpfes Brustkorbtrauma, geschlossene Brüche beider Ober-

schenkel und Beckenbrüche nachweisbar. Das Herz und die anderen inneren Organe waren ohne pathologischen Befund.

Diagnose nach Obduktion: Das Mädchen verstarb infolge eines schwersten Polytraumas auf nicht-natürliche Weise.

Auf chemisch-toxikologische und Alkoholuntersuchungen wurde in Anbetracht der Gesamtumstände verzichtet. Die Histologie bestätigte den unauffälligen makroskopischen Befund der inneren Organe.

In der Zusammenschau der Befunde bestätigte sich die Diagnose eines Polytraumas nach Obduktion.

## 4 Diskussion

### 4.1 Methodisches Vorgehen

Aufgrund des retrospektiven Charakters dieser Studie waren Lücken bei den aus den Obduktionsprotokollen zu entnehmenden Informationen unvermeidbar. Auch lagen Informationen aus histologischen, Alkohol- und chemisch-toxikologischen Untersuchungen nicht immer vor bzw. konnten nicht immer ergänzt werden. Als Material für histologische Nachuntersuchungen standen ausschließlich asservierte Gewebestücke zur Verfügung.

Das Hauptziel der vorliegenden Dissertation war die Unterscheidung der Todesfälle im Zusammenhang mit Sport nach natürlichen und nicht-natürlichen Todesursachen. Die Einordnung der Todesfälle war jedoch anhand der Informationen aus den Obduktionsprotokollen und nach Durchführung der histologischen, toxikologischen und Alkoholuntersuchungen nicht in allen Fällen eindeutig möglich.

Die Obduktionsprotokolle waren bezüglich der Angaben zur Einschätzung der Todesursache von unterschiedlicher Ausführlichkeit und Qualität. In einigen Fällen bestätigte das Obduktionsergebnis lediglich die im Krankenhaus vergebene klinische Diagnose. Trotz todesursächlicher Mono- oder Polytraumatisierung wurde z. B. „Hirntod“ oder „cerebrale Hypoxie“ als Todesursache in den Obduktionsprotokollen angegeben. In diesen Fällen erfolgte entsprechend der Befunde der Obduktionsprotokolle eine nachträgliche Einordnung der Todesursache als Mono- oder Polytrauma. Betroffen waren hiervon vor allem Bergsportler.

Die histologische Untersuchung konnte bei pathologischen Befunden nicht in allen Fällen eine konkrete Organerkrankung ausschließen. Beispielsweise wurden deutliche Myokardfibrosen, Myokardverschwielungen sowie Herzvergrößerungen mit Überschreitung des kritischen Herzgewichts nachgewiesen, ohne eine weitere Aussage über eine konkrete Organerkrankung treffen zu können. Organpathologien, i. d. R. am Herzkreislaufsystem können darüber hinaus Auslöser für einen tödlichen Sportunfall sein, ohne selbst direkt verantwortlich für den nachfolgenden Tod des Sportlers zu sein. Beispielsweise kann eine hochgradig einengende Koronarsklerose zu einer kurzfristigen Herzkreislaufstörung mit Bewusstseinstäubung und nachfolgend zum Ertrinken im hilflosen

Zustand oder zum Absturz des Flugzeuges führen. Ob dieser organpathologische Befund im Einzelfall als Auslöser für den Unfall in Frage kommt, ließ sich nicht abschließend klären. Die in der Obduktion und Histologie erhobenen Befunde rechtfertigten in solchen Fällen die Annahme einer nicht-natürlichen Todesursache.

Auch gab es in einer Vielzahl von Fällen keine Kenntnisse über Vorerkrankungen, Prognose und Risikofaktoren. Im Krankenhaus verstarben fast ausschließlich Sportler mit einer traumatischen Todesursache. Weiterführende Angaben von Privatpersonen wie Angehörigen waren nur selten vorhanden. Informationen aus Akten der Staatsanwaltschaft und der Krankenhäuser wurden nicht in die Auswertung mit einbezogen. Die angeführten Informationsquellen wären besonders in den Fällen hilfreich gewesen, bei denen die Todesursache auch nach Obduktion unklar war und bei denen sowohl Hinweise auf eine traumatische als auch auf eine nicht-traumatische Todesursache auftraten. Bei Kenntnis vorhandener Risikofaktoren könnte auf die Prävention von Todesfällen im Zusammenhang mit Sport spezieller eingegangen werden.

In der Regel wurden mehrere Proben aus den asservierten Teilchen des Herzens und anderer Organe entnommen. Wurde das Herz vollständig asserviert, konnten alle anatomischen Strukturen des Herzens bei der histologischen Untersuchung mit einbezogen werden. Zu berücksichtigen ist, dass bevorzugt makroskopisch auffällige Organteile vom Obduzenten zurückbehalten wurden. Es ist theoretisch möglich, dass makroskopisch unauffällige Teile des Herzens und anderer Organe, die nach Durchführung der histologischen Untersuchung einen Aufschluss über die Todesursache gegeben hätten, nicht asserviert wurden. Ebenso ist es denkbar, dass trotz Asservierung aussagekräftiger Organproben die Todesursache histologisch nicht erfasst wurde. Davon zu trennen sind funktionelle Erkrankungen, bei denen morphologisch ohnehin keine Veränderungen nachweisbar sind. Außerdem kann es im Einzelfall zu klinisch nachweisbaren Herzrhythmusstörungen gekommen sein, ohne dass diese weiterführenden Untersuchungen nach dem Tod zugänglich sind.

Weiterhin waren in den Obduktionsprotokollen die Angaben zur Jahreszeit des Todesfalles sowie zur Herzgröße, Körpergröße und Gewicht der verstorbenen Person nicht immer vollständig. Bei kompletter Zerstörung des Körpers nach einem Sturz aus großer Höhe fehlten beispielsweise Angaben zur Größe und zum Gewicht, so dass der BMI nicht berechnet werden konnte. Diese fehlenden Angaben machten allerdings nur einen

geringen Teil der gesamten Datenmenge aus, so dass die Auswertung des Datenmaterials nur geringfügig eingeschränkt wurde.

Fehlende Angaben zum Sportverhalten der verstorbenen Person in den Obduktionsprotokollen erschwerten eine klare Unterscheidung zwischen Freizeit- und Leistungssportlern. Der zeitliche Umfang und die Intention der sportlichen Betätigung ließen sich nicht bei allen Sportlern genau feststellen. Bei einem Bergläufer, der an einem Wettkampf mit einem höheren Schwierigkeitsgrad (Zugspitzlauf) teilnahm, waren ein regelmäßiges Training und eine Wettkampfabsicht anzunehmen. Solche Sportler wurden der Gruppe der Leistungssportler zugeordnet. Die Abgrenzung zwischen Freizeit- und Leistungssport musste nur in wenigen Fällen vorgenommen werden. Damit hatte diese Problematik für die Auswertung nur eine geringe Bedeutung.

## **4.2 Diskussion der Ergebnisse**

Bei der Einordnung der Ergebnisse der vorliegenden Arbeit in einen internationalen gesamtwissenschaftlichen Zusammenhang wurden bevorzugt Studien berücksichtigt, die natürliche und nicht-natürliche Todesfälle im Zusammenhang mit Sport gemeinsam analysierten (Bader, 1978; Fechner und Püschel, 1986; Raschka et al., 1999; Riedel, 2008). Die vorliegende Dissertation soll im Besonderen mit drei deutschen Studien verglichen werden (Bader, 1978; Schmidt et al., 2008; Riedel, 2008).

Die genannten Studien basieren auf Daten aus unterschiedlichen Zeiträumen. Daher kann im Rahmen der vorliegenden Dissertation auf die Entwicklung der Todesfälle im Zusammenhang mit Sport eingegangen werden. Weiterhin wird versucht, Erklärungen für die Entwicklung zu finden und mögliche Präventionsstrategien zur Verhinderung von Todesfällen im Zusammenhang mit Sport aufzuzeigen.

Die älteste Vergleichsstudie basiert auf dem Obduktionsgut des Instituts für Rechtsmedizin der Universität München der Jahre 1968 bis 1977 (Bader, 1978). Die Dissertation umfasst sowohl nicht-natürliche als auch natürliche Todesfälle, wobei die nicht-natürlichen Todesfälle überwiegen. Die zweite Vergleichsstudie zu tödlichen Sportunfällen (Schmidt et al., 2008) untersuchte das Obduktionsgut des Instituts für Rechtsmedizin der Johann Wolfgang Goethe-Universität Frankfurt der Jahre 1994 bis 2007. Die dritte Studie stammt aus der Rechtsmedizin des Universitätsklinikums Hamburg-

Eppendorf. In die Auswertung gingen sowohl natürliche als auch nicht-natürliche Todesfälle im Zusammenhang mit Sport aus den Jahren 1997 bis 2006 ein. In dieser Studie überwiegen die natürlichen Todesfälle, wobei nur bei circa einem Drittel der Fälle eine Obduktion stattfand. Diese Analyse war Thema einer Dissertation (Riedel, 2008) und wurde später publiziert (Turk et al., 2008).

In der vorliegenden Arbeit ist der Anteil der Todesfälle im Zusammenhang mit Sport aufgrund einer traumatischen Ursache deutlich größer als in vergleichbaren Studien (Fechner und Püschel, 1986; Raschka et al., 1999; Riedel, 2008). Da die Arbeiten aus München und Frankfurt eine ähnliche Verteilung der Todesfälle zugunsten traumatischer Todesursachen zeigen, ist ein Vergleich mit diesen Arbeiten besonders interessant.

#### **4.2.1 Anteil der Obduktionen der im Zusammenhang mit Sport**

##### **Verstorbenen an der Gesamtzahl der durchgeführten Obduktionen**

Nach Angaben von Bader (1978) wurden im Obduktionsgut des Instituts für Rechtsmedizin in München der Jahre 1968 bis 1977 insgesamt 72 Todesfälle im Zusammenhang mit Sport aufgeführt. 60 Todesfälle waren traumatischer, zwölf natürlicher Genese. Bei einer Gesamtzahl von 9553 Obduktionen im genannten Zeitraum liegt der Anteil der Todesfälle im Zusammenhang mit Sport bei 0,8%. In einem Zeitraum von zehn Jahren konnten im Durchschnitt 6 Todesfälle jährlich auf ein sportbedingtes Trauma bzw. 1,2 Todesfälle auf eine beim Sport aufgetretene natürliche Ursache zurückgeführt werden. In der aktuellen Studie wurden jährlich durchschnittlich 14,5 Sektionen aufgrund eines tödlichen Ereignisses im Zusammenhang mit Sport durchgeführt. Damit ist die Zahl der jährlichen Sektionen circa doppelt so hoch wie in der Vergleichsstudie. In fünf Fällen (durchschnittlich 0,6 Fälle pro Jahr) erschien auch eine nicht-traumatische Todesursache möglich, so dass sicher von durchschnittlich 13,9 Todesfällen traumatischer Genese pro Jahr ausgegangen werden kann. Der Anteil der obduzierten Todesfälle im Zusammenhang mit Sport an den Gesamtabduktionen mit 16135 Obduktionen liegt mit 0,7% vergleichbar niedrig wie in der Münchner Vorgängerstudie.

In der Studie von Schmidt et al. (2008) wurden 67 Todesfälle in Verbindung mit Sport (alle traumatische Todesursache) in einem Zeitraum von 14 Jahren dokumentiert (4,8 Todesfälle pro Jahr). Da die Anzahl der Gesamtabduktionen nicht angegeben wurde,



war eine Berechnung des Anteils der tödlichen Sportunfälle an den Gesamtabduktionen nicht möglich.

Auffällig ist, dass die Obduktionsquote von Todesfällen im Zusammenhang mit Sport im Institut für Rechtsmedizin in München etwa konstant geblieben ist. Das heißt, die Anzahl der Sektionen im Zusammenhang mit Sport ist proportional zur Anzahl der Obduktionen insgesamt gestiegen. Die Zahl der Sektionsfälle pro Jahr mit traumatischer Genese (13,8 Fälle) liegt im Vergleich zu den Daten aus Frankfurt und Hamburg (4,8 bzw. 1,6 Sektionsfälle) und den Ergebnissen aus München aus früheren Jahren (6,0 traumatische Todesfälle pro Jahr) deutlich höher.

Eine mögliche Erklärung für die höhere Anzahl an Obduktionen von im Zusammenhang mit Sport Verstorbenen in München gegenüber Frankfurt und Hamburg sind die unterschiedlichen Einzugsgebiete der rechtsmedizinischen Institute. Aufgrund der Nähe zu den Alpen und der Vielzahl an Seen ist das Angebot an Freizeitaktivitäten mit potentiellem Verletzungsrisiko in München groß. Todesfälle im Zusammenhang mit Flug-, Berg- und Wintersport sind häufiger einer traumatischen Todesursache geschuldet und ziehen daher häufiger weitere rechtsmedizinische Untersuchungen nach sich als natürliche Todesfälle beim Fußball, Joggen und Tennis (Ambach et al., 1992; McIntosh et al., 2007; Knott, 2011; Windsor et al., 2009; Schöffl et al., 2012; Wolf & Harding, 2008; Ruedl et al., 2011; Boyd et al., 2009; Hohlrieder et al., 2007). Riedel (2008) berichtet in seiner Dissertation von 37 Todesfällen beim Fußball, Joggen und Tennis. Lediglich zwei Todesfälle konnten auf eine traumatische Ursache zurückgeführt werden. Die Todesfälle beim Fallschirmspringen, Bergsteigen, Segelfliegen und Skifahren in der genannten Studie waren hingegen allesamt traumatischen Ursprungs. Liegt kein Hinweis auf eine nicht-natürliche Todesursache vor, braucht keine weitere Untersuchung in der Rechtsmedizin erfolgen (Brinkmann & Madea, 2003).

In der Umgebung von Frankfurt und Hamburg sind Berg- und Wintersport nur eingeschränkt bzw. gar nicht möglich. Die Anzahl obduzierter Berg- und Wintersportler ist in der vorliegenden Studie mit 27 Fällen daher deutlich größer als in der Studie aus Frankfurt (jeweils 1 Todesfall beim Berg- und Wintersport). Lediglich die Zahl der Todesfälle im Zusammenhang mit Flugsport ist dort größer (28 Todesfälle verglichen mit 18 Todesfällen in der vorliegenden Arbeit) (Schmidt et al., 2008). Diese kompensieren jedoch nicht den höheren Anteil der Berg- und Wintersportler in der vorliegenden Ausarbei-

tung. Nach Riedels Auswertung trugen sich fünf Todesfälle beim Bergsteigen und ein Todesfall beim Skifahren zu. Die Todesfälle ereigneten sich ausschließlich im Ausland und waren allesamt traumatisch (Riedel, 2008).

In München gibt es seit 1995 einen ärztlichen Leichenschauendienst mit einer 24 Stunden-Bereitschaft. Die die Leichenschauen durchführenden Ärzte werden durch Mitarbeiter des Institutes für Rechtsmedizin in München hinreichend ausgebildet und regelmäßig supervidiert (Fieseler et al., 2009). Es ist anzunehmen, dass durch dieses Vorgehen nicht-natürliche Todesfälle eher erkannt werden und damit die Zahl der durchgeführten Obduktionen erhöht. Eine fachkundige Leichenschau (vgl. Leitlinien der Deutschen Gesellschaft für Rechtsmedizin, Regeln zur Durchführung der ärztlichen Leichenschau (AWMF online, 2012)) entscheidet über die weitere Beurteilung des Verstorbenen durch Anordnung einer Obduktion seitens der Staatsanwaltschaft (Brinkmann & Madea, 2003). Fehlerhafte Leichenschauen werden immer wieder beklagt (Schenk, 2012).

Der Anstieg der Obduktionen in München (Vergleich Studie Bader (1978) und vorliegende Studie) ist vermutlich auch Ausdruck eines Anstiegs der Anzahl von Sporttreibenden. Studien belegen diesen Trend (Krug et al., 2013; Schneider & Becker, 2006; Jekauc, 2009, Robert-Koch-Institut, 2014). Ein Bericht des Robert Koch-Instituts zu Gesundheitstrends in Deutschland zwischen 2003 und 2012 (basierend auf der GEDA- (Gesundheit in Deutschland aktuell)-Studie) ergab, dass der Anteil der Sporttreibenden von 59% (Frauen) bzw. 61% (Männer) in 2003 auf 66% (beide Geschlechter) in 2012 gestiegen ist (Robert Koch-Institut 2014). Eine ähnliche Entwicklung beschreibt die ebenfalls vom Robert Koch-Institut von 2008 bis 2011 durchgeführte DEGS1-(Studie zur Gesundheit Erwachsener in Deutschland – Welle 1)-Studie (Krug et al., 2013). Die Abbildung 13 gibt einen Überblick über die Entwicklung des Anteils sportlich Aktiver an der Gesamtbevölkerung zwischen 1998 und 2011.

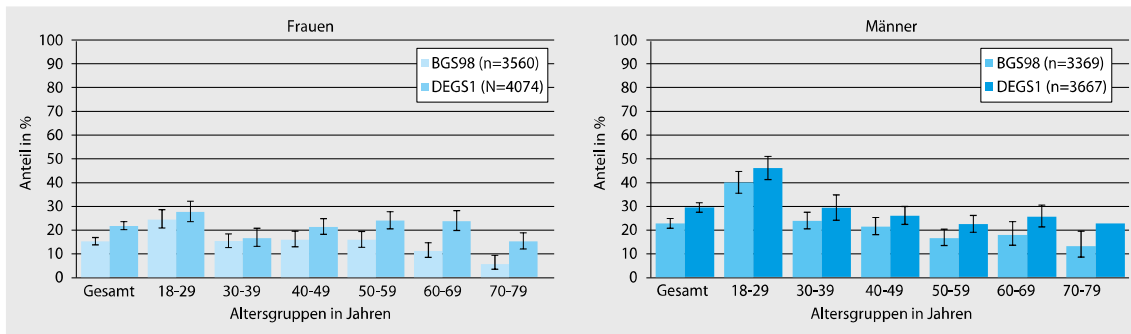


Abbildung 13: Anteil der regelmäßig mindestens 2 h pro Woche sportlich Aktiven im Vergleich zwischen BGS98 (n ungewichtet=6929 und DEGS1 (n ungewichtet=7741) in Prozent (95%-Konfidenzintervall), differenziert nach Altersgruppen für Frauen und Männer (Krug et al., 2013).

Der BGS98 (Bundes-Gesundheitssurvey 1998) war die erste vom Robert Koch-Institut von 1997 bis 1999 durchgeführte repräsentative bundesweite Erhebung zum Gesundheitszustand von Erwachsenen (Thefeld et al., 1999). Die Abbildung wurde aus dem Bundesgesundheitsblatt 2013 entnommen (Krug et al., 2013).

Bergsportarten erleben aktuell einen ganz besonderen Boom. Die Mitgliederzahl des DAV stieg im Jahr 2011 um 46188 Mitglieder. Dieser Zuwachs ist der größte in der Geschichte des DAV (Deutscher Alpenverein, 2012). 2013 hat die Mitgliederzahl im DAV die Millionengrenze überschritten (Deutscher Alpenverein, 2014).

Eine Studie zu den Häufigkeitstrends von ernsthaften Verletzungen und traumatischen Todesfällen beim Sport und bei Freizeitaktivitäten im Zeitraum von 2001 bis 2007 beschrieb einen Anstieg der Rate an ernsthaften Verletzungen (inkl. Todesfällen) um durchschnittlich 10% pro Jahr (Andrew et al., 2012). Eine der besonders betroffenen Sportarten war das Schwimmen. Auch in der vorliegenden Untersuchung waren Todesfälle im Zusammenhang mit Schwimmen am häufigsten.

Eine weitere mögliche Ursache für den Anstieg der Obduktionszahlen von Todesfällen im Zusammenhang mit Sport ist ein verringertes Risikobewusstsein der sporttreibenden Bevölkerung.

Riedel (2008) thematisiert in seiner Ausarbeitung einen Abwärtstrend bei den Obduktionszahlen und Anteilen der aus natürlicher Ursache Verstorbenen. Als Grund gibt der Autor eine verbesserte medizinische Versorgung, u. a. durch den Einsatz von automatischen Defibrillatoren (Christ et al., 2012; Engelhardt, 2009) und die Entwicklung von neuen Kommunikationsmitteln wie Mobiltelefonen an. Somit wird die Entwicklung der Zahl der Obduktionen von im Zusammenhang mit Sport Verstorbenen durch zwei ge-

genläufige Trends bestimmt. Die Anzahl von Obduktionen von natürlichen Todesfällen beim Sport fällt, die der nicht-natürlichen Todesfälle ist in der Tendenz steigend.

#### 4.2.2 Verteilung nach Überlebensdauer

Hinsichtlich der Überlebensdauer der Sportler kommen die Studie von Bader (1978) und die vorliegende Studie zu ähnlichen Ergebnissen. Bei Bader macht der Anteil der Sportler, die bei dem Unfall oder kurz danach verstarben, etwa 75% (n=55) aus. In der vorliegenden Studie betrug dieser Anteil 71,5% (n=83). Bei der Zahl der Überlebenden in den Kategorien „bis zu einem Tag“ und „bis zu einer Woche“ liegen die Ergebnisse von Bader mit acht Todesfällen (11%) und fünf Todesfällen (7%) nur unwesentlich unter den Berechnungen der aktuellen Studie mit 12,9% und 8,6%. Länger als eine Woche überlebten in der vorliegenden Studie sieben Sportler (6,0%) und in der Studie von Bader fünf Sportler (7%). Zusätzlich wurde in dieser Arbeit die Kategorie „länger als ein Jahr“ eröffnet, die in der Ausarbeitung von Bader fehlt. Vermutlich beruht diese Übereinstimmung bei der Überlebensdauer darauf, dass in beiden Studien die traumatischen Todesfälle überwiegen. Bei Abstürzen im Flug- oder Bergsport ist in der Regel ein unmittelbar tödliches Polytrauma die Folge.

In der Studie von Schmidt et al. (2008) werden zwei Kategorien hinsichtlich der Überlebensdauer der Schwimmer unterschieden: Soforttod mit allenfalls kurzer Reanimation am Unfallort und längeres Überleben. Die vorliegende Studie zeigt, verglichen mit der Studie von Schmidt et al. (2008), bei den Schwimmern eine Verteilung zu Gunsten der protrahierten Verläufe: Soforttod 65,6% (n=21), protrahierte Verläufe 34,4% (n=11). In der Studie von Schmidt et al. (2008) betrugen die Anteile „Soforttod“ und „protrahierte Verläufe“ 76% (n=19) bzw. 24% (n=6). Auch bei Ausschluss der Fälle mit einer natürlichen Todesursache in unserer Studie bleibt das Verhältnis mit 66,7% Soforttod (n=20) und 33,3% protrahierter Verlauf (n=10) annähernd konstant.

Aufgrund der geringen Gesamtzahlen ist eine endgültige Schlussfolgerung nicht möglich. Dennoch lassen sich mögliche Ursachen für die Verteilung der Überlebensdauern zugunsten der protrahierten Verläufe in unserer Studie im Vergleich zu der Studie von Schmidt et al. (2008) ableiten. Unter Berücksichtigung der unterschiedlichen Erhebungszeiträume der Studien ist eine verbesserte medizinische Versorgung als Grund für die unterschiedlichen Ergebnisse denkbar. Hier spielen ähnlich wie beim Trend zu ge-

ringeren Obduktionszahlen bei Todesfällen im Zusammenhang mit Sport aufgrund natürlicher Ursache (Riedel, 2008) vermutlich höhere Standards bei der Erstrettung, eine schnellere Verfügbarkeit von Rettungshelfern durch ein geographisch engmaschigeres Rettungssystem sowie verbesserte Kommunikationsmittel wie Mobiltelefone und Handynetze eine Rolle.

### **4.2.3 Verteilung nach Bedingungen der sportlichen Betätigung**

#### **Verteilung nach Charakter der sportlichen Betätigung**

Zedler et al. (2013) differenzierten in einer Follow-up-Studie über natürliche Todesfälle beim Sport, ob sich die Todesfälle unter Wettkampf-, Trainings- oder Spielbedingungen ereignet haben. In 95 Fällen trat der Tod während des Trainings (73,1%), in 17 Fällen bei Wettkämpfen oder Spielen ein (13,1%). In 18 Fällen fehlten die Angaben (13,8%) (Zedler et al., 2010). In der vorliegenden Studie ereigneten sich 4,3% der Todesfälle (n=5) unter Wettkampfbedingungen. In 1,7% der Fälle (n=2) kam es unter Spielbedingungen zu einer traumatischen Verletzung. Bei den übrigen 109 Todesfällen (94%) enthielten die Obduktionsprotokolle keine Hinweise zu den Bedingungen der sportlichen Betätigung. Letztlich ist es eine Frage der Definition, ob eine sportliche Betätigung unter Trainingsbedingungen stattfindet. Fasst man den Begriff weit, ist jeder Sport, auch wenn dieser nicht bewusst zu Trainingszwecken und bei Wettkämpfen ausgeübt wird, ein Training.

In der Studie von Zedler et al. (2013) wurden nicht nur Angaben aus Obduktionsprotokollen, sondern auch, soweit vorhanden, Polizeiakten ausgewertet. Für die vorliegende Auswertung standen nur Obduktionsprotokolle zur Verfügung, was die fehlenden Angaben über die Bedingungen der körperlichen Betätigung erklärt. Zudem unterscheidet sich das führende Sportartenspektrum zwischen den Studien. Bei Zedler et al. (2013) bildeten Fußballspieler, Jogger, Schwimmer und Radsportler die größten Gruppen. Die gezielte Verbesserung der körperlichen Leistungsfähigkeit und Technik durch Training steht bei den in der vorliegenden Arbeit häufig vertretenen Sportarten wie Tauchen, Flugsport im Allgemeinen und manchen Bootsaktivitäten nicht im Vordergrund. Auch Wettkämpfe sind bei einigen der hier dominierenden Sportarten (wie Bergwandern und einige Flugsport-Disziplinen) nicht üblich.

## **Verteilung nach In- und Ausland**

Sowohl Riedel (2008) als auch Schmidt et al. (2008) untersuchten die Verteilung der Todesfälle auf das In- und Ausland. Von den 148 Todesfällen in der Studie von Riedel (2008) ereigneten sich 19 Todesfälle (12,8%) im Ausland. Bei Schmidt et al. (2008) trugen sich sechs von 67 Todesfällen (9%) im Ausland zu. Der Anteil der sich im Ausland ereigneten Todesfälle betrug in der vorliegenden Studie 12,1%. Somit zeigen alle Studien, die diese Fragestellung thematisierten, vergleichbare Ergebnisse.

### **4.2.4 Verteilung nach Geschlecht**

In die vorliegende Studie wurden 23 weibliche (19,8%) bzw. 93 männliche Sportler (80,2%) eingeschlossen. Bei Riedel (2008) betrug der Männeranteil 84% (125 Männern) und der Frauenanteil 16% (23 Frauen). In der älteren Studie aus München (Bader 1978) lag der Anteil der weiblichen und männlichen Sportler bei 13,7% bzw. 86,3%. Das Obduktionsgut des Instituts für Rechtsmedizin der Universität Hamburg der Jahre 1976 bis 1984 wies Anteile von 5% (Frauen) bzw. 95% (Männer) auf (Fechner & Püschel, 1986).

Der Vergleich mit den Literaturdaten zeigt, dass der Anteil der Frauen in der vorliegenden Studie am höchsten ist. Vermutlich ist dies zum einen durch den wachsenden Anteil von Frauen an den Sporttreibenden und zum andern durch die unterschiedliche Sportartenverteilung in den verschiedenen Studien bedingt.

Wie bereits erwähnt, stieg laut der GEDA-Studie der Anteil der sportlich aktiven Frauen von 2003 bis 2012 stärker als der der Männer. Es ist davon auszugehen, dass sich der beschriebene Trend weiter fortsetzt (Klein, 2009; Jekauc, 2009; Schneider & Becker, 2006, Robert-Kochinstitut, 2014). Die Ergebnisse des BGS98 belegen, dass Frauen bis dahin einen eher inaktiven Lebensstil pflegten (Gesundheitsberichterstattung des Bundes, 2003).

In der Studie von Riedel (2008) war Fußball eine der häufigsten Sportarten. Alle obduzierten Fußballsportler waren männlich. Allgemein wird Fußball mehrheitlich von Männern gespielt. Männer spielen viermal häufiger Fußball (30%) als Tennis (7%). Frauen bevorzugen dagegen Schwimmen (25%) und Gymnastik/Aerobic (32%) (Freizeit-Forschungsinstitut & Opaschowski, 2001). In den Studien, in denen die Fuß-

ballspieler die größte Gruppe bilden, ist daher der Anteil der Frauen entsprechend gering (Fechner & Püschel, 1986: 5%; Zedler et al., 2013: 6,5%; Raschka et al., 1999: 9,3%). Auch in der internationalen Literatur dominiert das männliche Geschlecht hinsichtlich des Anteils an den im Zusammenhang mit Sport aufgetretenen Todesfällen, unabhängig davon ob der Schwerpunkt der Studien auf nicht-natürlichen (Gabbe et al., 2005; 19% - in die Studie wurden auch Sportler mit ernsthaften Verletzungen ohne Todesfolge einbezogen) oder natürlichen Todesfällen (Quigley, 2000; Fornes & Lecomte, 2003; Suárez-Mier et al., 2013; Whittington & Banerjee, 1994; alle < 10%) liegt.

#### **4.2.5 Verteilung nach Alter**

Das Durchschnittsalter aller untersuchten Fälle lag in der vorliegenden Arbeit bei 43,2 Jahren. In der Analyse von Schmidt et al. (2008) waren die untersuchten Sportler mit durchschnittlich 38,7 Jahren (Frauen: 35,9 Jahre; Männer 39,1 Jahre) etwas jünger. Der Altersunterschied zwischen Frauen und Männern betrug bei Schmidt et al. (2008) 4,8 Jahre. In der vorliegenden Studie waren die Frauen im Schnitt um neun Jahre jünger als die Männer (36,1 Jahre vs. 45 Jahre).

Die anderen Vergleichsstudien geben das Durchschnittsalter der Sportler nicht explizit an. Der Anteil der über 40-Jährigen lag bei Bader (1978) bei 23,6% und bei Schmidt et al. (2008) bei 49,3%. In der vorliegenden Studie waren 62,1% der Sportler über 40 Jahre alt.

Analog zur demographischen Entwicklung belegen die Studien eine Anhebung des Altersdurchschnittes der Sporttreibenden sowie eine zunehmende Anzahl an Todesfällen bei über 40-Jährigen. Im Vergleich zu 1985 treiben heute deutlich mehr Menschen im Alter zwischen 40 und 65 Jahren Sport. Die Zunahme an sportlich Aktiven ist in diesem Altersbereich ausgeprägter als bei Jugendlichen und jungen Erwachsenen (DIW Berlin, 2007; Lampert et al., 2005; Hartmann-Tews, 2010; Robert Koch-Institut, 2014). Der Anteil der 55- bis 64-jährigen männlichen Sporttreibenden hat sich von 1985 bis 2005 mehr als verdoppelt (von 13,4 auf 27,3%) (DIW Berlin, 2007; Tischer & Hartmann-Tews, 2009). „Entsprechend zeigen die aktuellen Daten eine deutliche Abschwächung des vorhandenen signifikanten negativen Zusammenhangs von Altersgruppen und Sportaktivität“ (Hartmann-Tews, 2010). Die bei dem Vergleich der Studien festgestell-

te Zunahme der Todesfälle im Zusammenhang mit Sport bei den älteren Sporttreibenden reflektiert damit die Zunahme der Aktiven in dieser Altersgruppe.

Die im Ausland Verstorbenen waren sowohl in der vorliegenden Studie als auch in der Studie von Riedel (2008) älter als die im Inland Verstorbenen (vorliegende Studie 12 Jahre, bei Riedel 4,2 Jahre bei nicht-traumatischer bzw. 10 Jahre bei traumatischer Todesursache).

In diesem Zusammenhang ergibt sich die Frage nach der angemessenen Einschätzung der eigenen körperlichen Leistungsfähigkeit. Geht man davon aus, dass sich die im Ausland Verstorbenen mehrheitlich im Urlaub befanden, ist anzunehmen, dass die „Urlaubsstimmung“ die Risikobereitschaft der Sportler erhöht (Opaschowski, 1997). Deutsche unterschätzen allgemein das Risiko von Sportverletzungen und schätzen Gefahren nicht adäquat ein. „80 Prozent von ihnen [den Gelegenheitssportlern] glauben, sie hätten einen risikoarmen Alltag, weil sie nur selten Sport treiben. Sie vergessen dabei, dass sich gerade Untrainierte häufiger verletzen, wenn sie denn einmal loslegen“ (Basler Versicherungen, 2014). Möglicherweise versuchen ältere Urlauber noch einmal mit den „Jungen“ mitzuhalten. Zu diesem Thema schreibt Opaschowski, ein bekannter Zukunftsforscher: „Der Urlaub ist unerbittlich: Er verlangt nach immer neuen Aufregungen. In jedem Urlaub ein neuer Nervenkitzel“ (Freizeit-Forschungsinstitut & Opaschowski, 2001).

Gerade untrainierte Personen mit einer KHK sind bei ungewohnten körperlichen Herausforderungen besonders gefordert und gefährdet. Bei der Wahl der richtigen Sportart ist es daher umso wichtiger, den eigenen körperlichen Zustand (Alter, Fitness-Level, eventuell vorhandene kardiovaskuläre Erkrankungen) zu berücksichtigen (Borjesson et al., 2011; Corrado et al., 2006; Cousteau, 1989). Untersuchungen von Todesfällen im Zusammenhang mit Sport haben jedoch gezeigt, dass den Sporttreibenden ihre körperlichen Grunderkrankungen, die zum plötzlichen Herztod führen können, oft nicht bekannt sind (Suárez-Mier & Aguilera, 2002; Fornes & Lecomte, 2003). In diesem Kontext ist der Aspekt von Vorsorgeuntersuchungen von großer Bedeutung (siehe unten).

In der Studie von Riedel und in der aktuellen Arbeit kam es zu einer Häufung der Todesfälle in einem mittleren Altersbereich (glockenförmige Verteilung). In der vorliegenden Arbeit gehörten 59,4% aller Todesfälle (n=58) in die Gruppe der 30- bis 59-



Jährigen. In der Studie von Riedel (2008) lag der Altersgipfel mit 61% (n=90) bei den 40- bis 69-Jährigen.

In den beiden anderen Vergleichsstudien zeigt sich ein anderes Verteilungsmuster der Todesfälle nach Altersklasse. Die Altersklassen waren bei Bader (1978) bis zu den 40-Jährigen weitgehend homogen besetzt (18 bis 19 Todesfälle je Altersklasse) - danach sank die Zahl der Todesfälle (8 bzw. 9 Todesfälle). Bei Schmidt et al. (2008) waren alle Altersklassen bis zu den 70-Jährigen etwa gleichmäßig vertreten (7 bis 11 Todesfälle je Altersklasse). Bei den über 70-Jährigen gab es drei Todesfälle.

Die Altersgruppe der „bis 20-Jährigen“ war tendenziell umso stärker vertreten, je geringer der Anteil natürlicher Todesfälle in der Studie war. Bei Schmidt et al. (2008) gehörten 25,4%, bei Bader (1978) 25%, bei Riedel (2008) 6,8% und in der vorliegenden Studie 14,7% in diese Altersgruppe. Die Haupttodesursache bei Riedel (2008) war die Koronarinsuffizienz (Myokardinfarkt, Koronarsklerose und Koronarthrombose). Da eine Koronarinsuffizienz meist jenseits des 35. bis 40. Lebensjahres (Sheppard, 2012; Urhausen & Kindermann, 1998) auftritt, ist die Unterrepräsentation jüngerer Sporttreiber in dieser Studie verständlich. Während der natürliche Tod beim Sport eher bei älteren Sportlern vorkommt, sind jüngere Sportler eher durch einen traumatischen Tod gefährdet. Im höheren Alter werden zudem eher gemäßigte Sportformen wie Wandern oder Spazierengehen, Radfahren oder Gymnastik gewählt, die sich gut in die Alltagskultur integrieren lassen und ein geringeres Verletzungsrisiko aufweisen (Denk et al., 2003; Hartmann-Tews, 2010). Das niedrigste Durchschnittsalter aller Sportarten zeigten mit 38 und 39,9 Jahren dynamische Sportarten wie der Ball- und der Wintersport. Die Flugsportler haben mit 51,4 Jahren das zweithöchste Durchschnittsalter.

#### **4.2.6 Verteilung nach Sportarten**

Die Auswertung der Studien nach der Häufigkeit der Todesfälle nach Sportarten ergab ein deutliches Muster. In Abhängigkeit von der Verteilung von traumatischen und nicht-traumatischen Todesfällen zeigten die Studien verschiedene führende Sportarten. In der Studie von Schmidt et al. (2008), Bader (1978) und in der aktuellen Arbeit, die ausschließlich bzw. hauptsächlich traumatische Todesfälle einschlossen, war die Verteilung ähnlich. Bei Schmidt et al. (2008) waren Schwimmen (n=25), Motorflugzeugsport (n=22), Radsport (n=5), Bootssport (n=4) und Tauchen (n=3) die häufigsten Sportarten.

Bei Bader waren dies Schwimmen (n=26), Motorflugzeugsport (n=9), Tauchen und Skisport (n=7) sowie Bergsteigen (n=4). Bei der vorliegenden Analyse waren die führenden Sportarten Schwimmen (n=32), Bergwandern (n=11) und Tauchen (n=11), Klettern (n=7) sowie Segelflugzeugsport und Ski alpin (n=4).

Die Untergruppe „Motorflugzeugsport“ wurde in der vorliegenden Auswertung nicht getrennt ausgewertet. Unter Berücksichtigung aller Todesfälle im Zusammenhang mit motorisiertem Flugsport wurden in dieser Untergruppe sieben Todesfälle detektiert. Damit gehörte die Gruppe auch hier zu den häufigsten Sportarten. Das Gleiche gilt für den Bootssport, der in der vorliegenden Studie ebenfalls nicht zusätzlich ausgewiesen wurde. Jedoch kam es bei den unterschiedlichen Bootssportdisziplinen (wie Kajak-, Kanufahren, Wildwasserrafting, Segeln, u. a.) zu insgesamt zehn Todesfällen.

In allen drei Studien lagen die Häufigkeitsschwerpunkte auf dem Schwimm- und Flugsport sowie Bergsport, mit Schwimmen an der Spitze. Die Präferenzen für verschiedene Sportgruppen scheinen daher über den durch die Studien abgedeckten Zeitraum konstant geblieben zu sein.

In der Studie von Riedel (2008) mit dem Schwerpunkt auf natürliche Todesfälle wurden Schwimmen (n=28), Radfahren (n=17), Joggen (n=13) und Fußball sowie Tennis (beide n=12) - und damit andere Sportarten als bei Schmidt et al. (2008), bei Bader (1978) und in der vorliegenden Studie - als führend gelistet. Bei Fechner und Püschel (1986) traten die häufigsten Todesfälle beim Fußball (n=10), Tennis (n=7), Joggen (n=7) und Schwimmen (n=5) auf. Die Analyse von Zedler et al. (2013) ergab eine ähnliche Reihenfolge: Fußball (n=25), Joggen (n=20), Schwimmen (n=20) und Radsport (n=18).

In der internationalen Literatur werden Fußball, Joggen, Radsport und Schwimmen als Sportarten diskutiert, bei denen gehäuft natürliche Todesfälle auftreten. Eine amerikanische Studie zu Todesfällen bei Fußballspielern ergab, dass nicht-traumatische Todesursachen etwa doppelt so häufig vorkommen wie traumatische (Boden et al., 2013). Radfahren, Fußball, Joggen und Schwimmen sind die Sportarten, bei denen plötzliche natürliche Todesfälle am häufigsten auftreten (Suárez-Mier et al., 2013; Chevalier et al., 2009).

In der vorliegenden Arbeit spielten Fußball (n=2) und Joggen (n=1) nur eine geringe Rolle. Todesfälle im Zusammenhang mit Tennis und Radsport kamen nicht vor. Als

Ursache für die unterschiedlichen Ergebnisse wird ein Selektionsbias angenommen. Todesfälle im Zusammenhang mit Sport ohne Hinweis auf ein Fremdverschulden werden durch die Staatsanwaltschaft nicht weiterverfolgt, so dass vom Leichenbeschauer als natürlich dokumentierte Todesfälle i. d. R. keinen Eingang in die Rechtsmedizin finden (Brinkmann & Madea, 2003). Fahrradunfälle im Straßenverkehr wurden per definitionem exkludiert.

Im internationalen Vergleich zeigen sich hinsichtlich der Häufigkeit der Todesfälle beim Sport (natürliche oder nicht-natürliche) in Abhängigkeit von der Sportart große Unterschiede. Die Zahlen spiegeln dabei regionale Sportvorlieben bzw. Sportangebote wieder. In drei Studien auf Rhode Island, in Birmingham und Irland war Golf neben anderen Sportarten führend (Quigley, 2000; Ragosta et al., 1984; Whittington & Banerjee, 1994). Demgegenüber war in einer australischen Studie Motorsport der Sport mit der höchsten Anzahl an Verletzungen und Todesfällen (Gabbe et al., 2005). Eine US-amerikanische Langzeitbeobachtung (>30 Jahre) identifizierte Fußball als die Sportart, bei der es am häufigsten zu traumabedingten Todesfällen kommt (Thomas et al., 2011).

Damit lässt sich aus unserer Studie kein auf die einzelnen Sportarten bezogenes Risiko ableiten. Die Anzahl der Todesfälle im Rahmen von sportlichen Aktivitäten wird weit aus höher angenommen. Obduktionen werden regelhaft nur zum Ausschluss eines Fremdverschuldens von der Staatsanwaltschaft angeordnet, so dass Untersuchungen, die auf Obduktionsbefunden basieren, keine realistischen Zahlen zur Häufigkeit von Todesfällen in Abhängigkeit von einer Sportart liefern (Bux et al., 2004).

In der vorliegenden Arbeit wurden 34 verschiedene Sportarten aufgelistet. Bei zwei Todesfällen war die Sportart nicht näher bezeichnet. In der Arbeit von Riedel (2008) kam es bei 31 Sportarten zu Todesfällen. Die älteren Arbeiten von Bader (1978) sowie Fechner und Püschel (1986) listeten 15 bzw. 20 verschiedene Sportarten auf. Diese Befunde spiegeln die zunehmenden sportlichen Möglichkeiten wider, die dem Trend der Zeit und dem Bedürfnis der Menschen nach immer neuen Herausforderungen Rechnung tragen (Freizeit-Forschungsinstitut & Opaschowski, 2000; Freizeit-Forschungsinstitut & Opaschowski, 2001).

Schmidt et al. (2008) gaben nur neun verschiedene Sportarten an, weil eine andere Gruppeneinteilung benutzt wurde. Gruppen wie „Motorflugzeugsport“ und „Bootsport“ wurden nicht weiter differenziert nach der Art des Flugzeuges bzw. Bootes.

#### **4.2.7 Verteilung nach *Body-Mass-Index***

Die Verteilung des BMI bei den in der vorliegenden Studie untersuchten Sportlern hat große Ähnlichkeit mit dem BMI-Spektrum der Deutschen (Bundesministerium für Gesundheit, 2013). Der BMI aller Sportler lag im Schnitt bei  $26,1 \text{ kg/m}^2$ . Frauen zeigten mit  $25,3 \text{ kg/m}^2$  einen niedrigeren BMI als Männer mit  $26,2 \text{ kg/m}^2$ . Der BMI aller Deutschen betrug im Jahr 2009 nach Angaben des Bundesministeriums für Gesundheit (2013) im Durchschnitt  $25,7 \text{ kg/m}^2$  (Frauen  $24,9 \text{ kg/m}^2$ ; Männer  $26,3 \text{ kg/m}^2$ ) und lag damit nur unwesentlicher niedriger als in der vorliegenden Studie.

In der Studie von Zedler et al. (2013) waren 39,8% ( $n=45$ ) der Fälle normalgewichtig und 49,6% ( $n=56$ ) übergewichtig. In der vorliegenden Studie betragen die Anteile 44,3% ( $n=43$ ) bzw. 39,2% ( $n=38$ ). Keiner der untersuchten Sportler war in der vorliegenden Studie untergewichtig. Bei Zedler et al. war lediglich eine Person untergewichtig (0,9% ( $n=1$ )).

#### **4.2.8 Verteilung nach Herzgewicht**

In Übereinstimmung mit den Befunden von Zedler et al. (2013) befand sich die Mehrzahl der Herzgewichte innerhalb der Kategorien „bis 399“, „bis 499“ und „bis 599“.

Das normale Herzgewicht für Frauen liegt zwischen 250 und 300 g und für Männer zwischen 300 und 350 g (Riede, 2009). Ab 500 g aufwärts gilt das Herzgewicht als kritisch überschritten (Linzbach, 1948). Bei Überschreitung des kritischen Herzgewichts steigt die Gefahr eines plötzlichen Herztodes durch Herzrhythmusstörungen (Franz et al., 2013; Dickhuth et al., 1985; Roskamm et al., 2004).

Allerdings trifft diese „Formel“ nicht auf alle Menschen zu. Bei einem Ausdauersportler ist ein Herzgewicht von mehr als 500 g nicht zwingend pathologisch (Roskamm et al., 2004). In sofern ist die Berechnung des relativen kritischen Herzgewichts in Abhängigkeit vom Körpergewicht sinnvoller. Das relative kritische Herzgewicht wird bei Trai-

nierten mit 7–7,5 g pro kg Körpergewicht angesetzt. Demnach beträgt das relative kritische Herzgewicht eines 90 kg schweren Ausdauersportlers etwa 650 g (Dickhuth et al., 1985; Weineck, 2004; Scharhag et al., 2013).

In der vorliegenden Studie waren alle Sportler mit einem Herzgewicht von mehr als 500 g übergewichtig oder adipös. Zwischen Herz- und Körpergewicht besteht eine starke Korrelation (Wirth & Hauner, 2013; Meyer et al., 1963). Je höher das Körpergewicht, desto höher ist auch das relative Herzgewicht. Zwei ausgewählte Studien aus unterschiedlichen Zeiträumen thematisieren neben dem Zusammenhang zwischen Herz- und Körpergewicht auch die kardiovaskulären Folgen von Übergewichtigkeit.

Die Framingham-Studie ergab, dass präadipöse ( $\text{BMI} >26 < 30 \text{ kg/m}^2$ ) und adipöse Menschen ( $\text{BMI} >30 \text{ kg/m}^2$ ) sechsmal bzw. 16-mal häufiger als Schlanke von einer linksventrikulären Hypertrophie betroffen sind (Lauer et al., 1991). Die linksventrikuläre Hypertrophie kann langfristig über eine systolische und diastolische Dysfunktion zur Herzinsuffizienz und zu Rhythmusstörungen mit nachfolgendem kardiovaskulären Tod führen (Wirth & Hauner, 2013; Empana et al., 2004). Eine französische Studie, die den direkten Zusammenhang zwischen BMI und plötzlichem Herztod beim Sport untersuchte, fand Hinweise darauf, dass fettleibige Menschen ein höheres Risiko für einen plötzlichen Tod bei sportlicher Betätigung tragen (Charlier et al., 2010).

In der vorliegenden Studie wurde nur in einem Fall bei Überschreitung des absoluten kritischen Herzgewichts der Verdacht auf eine natürliche Todesursache (chronische Myokarditis bzw. Kardiomyopathie n. n. b.) geäußert. Nebenbefundlich bestand eine Adipositas Grad I. In weiteren zehn Fällen war das Herzgewicht kritisch überschritten. Betroffen waren in der Hauptsache Wassersportler ( $n=7$ ). In wieweit eine plötzliche Bewusstlosigkeit aufgrund von Herzrhythmusstörungen bei Überschreitung des kritischen Herzgewichts zum Unfall geführt hat, konnte gleichwohl nicht beurteilt werden. Unter Berücksichtigung der Obduktionsergebnisse sowie der histologischen, toxikologischen und Alkoholuntersuchungen war in diesen Fällen von einer nicht-natürlichen Todesursache auszugehen.

Auch diese Befunde verdeutlichen, wie wichtig es ist, sportliche Aktivitäten und Trainingsprogramme der körperlichen Fitness anzupassen und ggf. Vorsorgeuntersuchungen durchführen zu lassen. Charlier et al. (2010) regen eine Adaption der sportlichen Aktivität an den BMI an.

#### 4.2.9 Verteilung nach Jahreszeiten

Die jahreszeitliche Verteilung der Todesfälle in der vorliegenden Studie stimmt überwiegend mit den Angaben der Literatur überein (Koch, 2002). Bei Schmidt et al. (2008) und Riedel (2008) ereigneten sich die meisten Todesfälle in den Sommermonaten (Juni bis August) (40,3 % (n=27) bzw. 42,6 % (n=63)). Die Mehrzahl der Todesfälle in der vorliegenden Studie fand ebenfalls in den Sommermonaten statt (36,7% (n=43)). Auch eine Studie zur Verletzungshäufigkeit von Rugby-Spielern ermittelte ein erhöhtes Risiko in den Sommermonaten (Hodgson et al., 2006).

In den Monaten März bis Mai ereigneten sich sowohl in der vorliegenden Studie als auch in der Studie von Schmidt et al. (2008) die zweitmeisten Todesfälle (27,0% (n=30) bzw. 32,8% (n=22)).

Hinsichtlich des Anteils der Todesfälle in den Wintermonaten gibt es zwischen den Studien die größten Unterschiede. Während bei Riedel (2008) 24% der Todesfälle in den Wintermonaten eintraten (Rang 2), ereigneten sich in der vorliegenden Studie nur 4,5% der Todesfälle (n=5) und bei Schmidt et al. (2008) nur 16,4% (n=11) der Todesfälle in diesem Quartal. Viele der genannten Sportarten in der Studie von Schmidt et al. (2008) und in der vorliegenden Studie sind nur im Freien bei angemessenen Temperaturen durchführbar und werden daher vermehrt in den Sommer- und kaum in den Wintermonaten betrieben. Dies betrifft im Besonderen den Flug- und den Bergsport ohne den Wintersport sowie Teile des Schwimmsports. Die erhöhte Anzahl an Todesfällen im Winter bei Riedel (2008) wird auf Sportarten zurückgeführt, die in überdachten Sportanlagen oder im Ausland betrieben wurden. In den Wintermonaten verbringen Menschen ihren Urlaub häufig in Ländern mit wärmerem Klima. Schmidt et al. (2008) verweisen darauf, dass sich sechs der Todesfälle von Oktober bis Dezember in Ländern mit wärmerem Klima zugetragen haben.

Die Entscheidung, körperlich aktiv zu sein, wird nicht nur von äußeren Faktoren beeinflusst (Reilly & Peiser, 2012). Auch ein endogener, von äußeren Faktoren wie Licht beeinflusster Rhythmus (Reilly & Peiser, 2012; Shephard & Aoyagi, 2009; Atkinson & Drust, 2005) bestimmt unsere körperliche Aktivität. Dieser Rhythmus wirkt sich wiederum indirekt auf die saisonale Verteilung der Todesfälle im Zusammenhang mit Sport aus.

#### **4.2.10 Auswertung der Todesursachen nach traumatisch und nicht-traumatisch**

In der vorliegenden Studie lag bei 4,3% der Fälle (n=5 von n=116) der Verdacht auf eine rein natürliche Todesursache nahe. In einigen weiteren Fällen wurden zwar deutliche organpathologische Befunde wie eine Vergrößerung des Herzens oder eine hochgradige Koronarsklerose erhoben, die aber keinen Verdacht auf eine natürliche Todesursache rechtfertigten. In vielen Fällen blieb offen, ob die organpathologischen Befunde am Herzen über Herzrhythmusstörungen zu einer Bewusstseinsintrübung geführt und so mittelbar zum Unfall beigetragen hatten. Die Zahl der Todesfälle aufgrund indirekt-traumatischer Todesursachen kann nicht exakt benannt werden. Prinzipiell kommen nicht nur hochgradige, sondern auch leicht- oder mäßiggradige Koronarsklerosen sowie Herzhypertrophien ohne Überschreitung des kritischen (relativen) Herzgewichtes als Auslöser für eine Herzkreislaufstörung in Betracht.

Auffällig war der im Vergleich zu der Ausarbeitung von Riedel (2008) und in geringerem Ausmaß auch zu der Studie von Bader (1978) geringere Anteil an Todesfällen mit natürlicher Ursache (61% der Fälle (n=91) bzw. 16,7% (n=12)).

Die Verteilung zwischen traumatischen und nicht-traumatischen Todesfällen ist in den Studien zu dieser Thematik sehr unterschiedlich. Der Anteil der nicht-traumatischen Fälle reicht von 13,4% bis 86,6% (Fechner & Püschel, 1986; Chao, 1983; Klös & Weiler, 1989; Raschka et al., 1999; Maron et al., 2009a).

Obduktionen werden in der Regel auf Anfragen der Staatsanwaltschaft angeordnet, um ein Fremdverschulden auszuschließen (§87 Abs. 1 StPO) (Brinkmann & Madea, 2003). Viele der Todesfälle im Zusammenhang mit Sport werden damit nach Abschluss der Leichenschau nicht weiter geklärt. Meist haben auch die Angehörigen nach Ausschluss eines Fremdverschuldens kein weiteres Interesse, die genaue Todesursache zu erfahren. Daher hängt es weitgehend von der Entscheidung des Leichenbeschauers ab, ob einer Todesursache im Einzelfall nachgegangen wird. Ergeben sich für den Leichenbeschauer Anhaltspunkte für eine nicht-natürliche Todesursache durch Fremdverschulden, so wird der Leichenbeschauer den Fall an die Polizei abgeben, und die Staatsanwaltschaft wird weitere Untersuchungen einleiten.

Darüber hinaus können Versicherungen, u. a. auch die gesetzliche Unfallversicherung die Zurückbehaltung von Proben anordnen (Penning, 2011).

Bei dem Vergleich der Studiendaten sollte berücksichtigt werden, dass in der Studie von Riedel (2008) bei 100 von 148 Todesfällen keine Obduktion veranlasst wurde. Die notwendigen Informationen erhielt der Autor aus Polizeiakten oder von äußeren Leichenschauen. In der vorliegenden Studie wurden ausschließlich obduzierte Todesfälle im Zusammenhang mit Sport ausgewertet. Es ist davon auszugehen, dass bei Einbeziehung von Todesfällen im Zusammenhang mit Sport, bei denen keine Obduktion angeordnet wurde, die Anzahl natürlicher Todesfälle in der Studie deutlich höher gelegen hätte. Auch die Sichtung von Polizei- und Krankenhausakten hätte unter Umständen einen zusätzlichen Informationsgewinn gebracht und ggf. zur Korrektur der Todesursache geführt.

Möglicherweise ist die unterschiedliche Häufigkeit traumabedingter und nicht-traumabedingter Todesfälle auch auf unterschiedliche Erfahrungen der Obduzenten und diagnostische Standards zurückzuführen. Beispielsweise gibt es zur Beurteilung von Stenosegraden der Koronararterien nach wie vor keine einheitlichen Standards (Bux et al., 2004; Bux et al., 2008). Drei Obduktionsstudien aus Frankreich (Fornes & Lecomte, 2003), Spanien (Suárez-Mier et al., 2013) und England (Whittington & Banerjee, 1994) zu Todesfällen im Zusammenhang mit sportlicher Aktivität zeigten eine extrem unterschiedliche Häufigkeit der KHK als Todesursache (29,0 % vs. 50,5 vs. 82,7%). Eine derart unterschiedliche Verteilung der KHK innerhalb von Europa ist nicht bekannt (Bux et al., 2004).

Eine Studie belegt die untersucherabhängige Variabilität bei der Beurteilung von Herzbiopsien von Patienten mit dilatativer Kardiomyopathie (Shanes et al., 1987; Bux et al., 2004). Eine Herzfibrose wurde in 25 bis 69%, eine Herzhypertrophie in 19 bis 88% aller Fälle festgestellt. Demnach ist es vorstellbar, dass in Abhängigkeit der individuellen Kenntnisse und Fähigkeiten des Obduzenten die Häufigkeit bestimmter Todesursachen von Studie zu Studie variiert.

Darüber hinaus stellt sich die Frage nach der Dunkelziffer von natürlichen Todesfällen in der vorliegenden Untersuchung. Diese Frage betrifft vor allem Todesfälle beim Schwimmen. In vielen Fällen konnte keine organpathologische Todesursache nachgewiesen werden. Auch toxikologische und Alkoholuntersuchungen sowie Angaben in



Obduktionsprotokollen gaben keinen Hinweis auf die Ursache für den Ertrinkungsvorgang.

Bei einer natürlichen Ursache für den Ertrinkungsvorgang wird von einem mittelbaren oder auch atypischen Ertrinken gesprochen. Nach Ponsold (1967) werden drei Gruppen des mittelbaren Ertrinkens unterschieden: Mittelbares Ertrinken nach nervösem Schock, mittelbares Ertrinken nach Kreislaufkollaps (Badetod) und mittelbares Ertrinken bei natürlichem Tod, z. B. nach Herzinfarkt oder Schlaganfall. Ertrinkungsbefunde können bei einem mittelbaren Ertrinken rudimentär oder auch deutlich ausgeprägt sein (Brinkmann & Madea, 2003). Zu den nervösen Schockzuständen gehören der sogenannte Kehlkopfschock, der Schmerz- und der Kälteschock (Ponsold, 1967). Ursächlich für den Badetod können unterschiedliche Reflexe wie der Ebbecke-Reflex, der Aschner-Bulbusreflex und der Hering'sche Nasenschleimhautreflex sein (Prokop & Göhler, 1976). „Der klassische Badetod tritt nach der Definition dann ein, wenn bedingt durch [eine] vorhergehende umfangreiche Mahlzeit ein Teil des Blutes in den Intestinaltrakt umverteilt wurde und daher bei einer weiteren Kreislaufbelastung durch vagale Reflexe fehlt“ (Brinkmann & Madea, 2003). Bei der vorliegenden Untersuchung zeigten zwei Schwimmer eine reichliche Magenfüllung. Weitere Befunde, die ein Ertrinken hätten erklären können, fehlten.

Die Ursachen für das mittelbare Ertrinken sind vielseitig und mit Ausnahme von einigen wenigen detektierbaren natürlichen Erkrankungen kaum nachzuweisen. Der Nachweis ertrinkungstypischer Befunde kann nicht als Beweis für ein „klassisches“ Ertrinken gewertet werden. Umgekehrt können nicht nachweisbare Befunde zum Ertrinken beigetragen haben. Der Anteil verstorbener Sportler einschließlich der Wassersportler ohne nachweisbare Todesursache wird in der Literatur mit bis zu 30% angegeben (Maron, 2003; Maron & Pelliccia, 2006; Maron et al., 2013; Suárez-Mier et al., 2013).

#### **4.2.11 Todesursachen**

Nachfolgend soll die vorliegende Studie hinsichtlich der genauen Todesursachen mit Daten der Literatur verglichen werden. Bei den traumabedingten Todesfällen wurden Ertrinken (n=52, 44,8%) und Polytrauma (n=38, 32,8%) aufgrund stumpfer Gewalt als die häufigsten Todesursachen nachgewiesen. Poly- und Schädelhirntraumata aufgrund stumpfer Gewalt machten etwa 36,2% (n=42) aller Todesursachen aus. Ertrinken sowie

Poly- und Schädelhirntraumata aufgrund stumpfer Gewalt machten zusammen 80% (n=94) aller Todesfälle aus.

Die beschriebene Verteilung zeigt eine große Ähnlichkeit zu der Verteilung in der Studie von Schmidt et al. (2008), wo 31 Todesfälle durch Ertrinken (46,3%) und 32 Todesfälle durch stumpfe Gewalt (47,8%) angegeben wurden. Die Folgen der stumpfen Gewalt wurden wie folgt untergliedert: Polytrauma (n=27), Schädel-Hirn-Trauma (n=3), Wirbelsäulenverletzung (n=1), Brustkorbtrauma (n=1). Ertrinken und stumpfe Gewalt zeigten sich damit in 94,1% der Fälle (n=63) für den Tod verantwortlich.

Der Anteil der Flug- und Wassersportler war bei Schmidt et al. (2008) mit 89,6% noch einmal deutlich höher als in der vorliegenden Studie (66,4%). Entsprechend traten Ertrinken und Polytraumata in der Todesursachenstatistik noch häufiger auf. Aus Abstürzen im Berg- oder Flugsport resultiert in der Regel ein Polytrauma.

In der Studie von Bader (1978) werden keine exakten Angaben zur Verteilung der Todesursachen gemacht. Nach eigenen Schätzungen machen Ertrinken und Verletzungen durch stumpfe Gewalt etwa jeweils 40% der Fälle aus. Danach haben sich die Haupttodesursachen 30 Jahre nach Abschluss der Studie von Bader trotz eines aktuell größeren Angebots an Sportarten erwartungsgemäß kaum verändert. Viele der neuen Sportarten sind dem Wasser-, Berg- und Flugsport zuzuordnen, so dass auch hier Ertrinken und Verletzungen durch stumpfe Gewalt führend sind.

Auch in den Vergleichsstudien von Riedel (2008) sowie Fechner und Püschel (1989) sind Ertrinken (38,6% bzw. 62,5%) und Tod durch stumpfe Gewalt (49,1% bzw. 37,5%) die führenden Todesursachen.

Internationale Literatur, die natürliche und nicht-natürliche Todesfälle im Zusammenhang mit Sport analysiert, ist rar. Entweder werden lediglich natürliche Todesfälle beim Sport untersucht, oder aber die Analysen beschränken sich auf traumatische Todesfälle bei einer Sportart.

Eine Autopsiestudie, die Todesfälle im Zusammenhang mit Sport in Deutschland, Österreich und der Schweiz retrospektiv erfasst hat, ergab bei etwa einem Drittel der Fälle eine traumatische Todesursache. Bei fast drei Viertel (71,9%) der traumatisch verstorbenen Sportler war ein stumpfes Trauma (Polytrauma, Schädelhirntrauma) die Todesursache. In drei der traumatisch bedingten Todesfälle (9,4%) war Ertrinken ursächlich für

den Eintritt des Todes. Annähernd die Hälfte der Todesfälle durch Trauma (43,8%) war dem Flugsport zuzuordnen (Motor-, Segelflug, Fallschirmspringer) (Raschka et al., 1999).

In einer australischen Studie, die ernsthafte Verletzungen inklusive traumatischer Todesfälle im Zusammenhang mit Sport untersucht hat, wurden 69% der Todesfälle durch Ertrinken verursacht. Ein stumpfes Trauma war die zweithäufigste Todesursache (Gabbe et al., 2005).

Wie bereits erörtert, gibt es regionale Unterschiede hinsichtlich der Beliebtheit verschiedener Sportarten. Die Beliebtheit einer Sportart beeinflusst - je nach Häufigkeit der Ausübung der Sportart und dem für die jeweilige Sportart typischen Verletzungsmuster - indirekt auch die Verteilung der Todesursachen in Studien über Todesfälle im Zusammenhang mit Sport. Je nach Herkunft der Studie können die Todesursachen daher sehr unterschiedlich sein. Eine US-amerikanische Studie mit jungen Wettkampfsportlern wies im Basketball und Fußball die meisten Todesfälle nach. Das stumpfe Trauma war neben kardiovaskulären Erkrankungen die zweithäufigste Ursache für einen plötzlichen Tod im Sport (Maron et al., 2009a).

Analog zu den Befunden von Riedel (2008), Fechner und Püschel (1986) sowie Zedler et al. (2013) waren in der vorliegenden Auswertung vor allem kardiovaskuläre Ursachen verantwortlich für einen natürlichen Tod im Zusammenhang mit Sport. In vier von fünf Fällen wurde eine kardiovaskuläre Todesursache vermutet: Es bestand der Verdacht auf eine chronische Myokarditis bzw. Kardiomyopathie. Außerdem wurden ein Herzinfarkt, eine links- und rechtsventrikuläre Herzhypertrophie und eine Koronarthrombose nachgewiesen. Drei der betroffenen Personen waren über 40 Jahre alt. Eine KHK mit dem Vorliegen mindestens einer hochgradigen Sklerose in einem Koronargefäß trat in fünf Fällen auf. Die KHK wurde allerdings nicht als eigenständige Todesursache gewertet.

In der Studie von Bader (1978) verstarben 12 Sportler (16,7%) aufgrund einer natürlichen Todesursache. Erkrankungen des Herz-Kreislaufsystems (Herzhypertrophien, Myokardinfarkte, Koronarthrombose) machten ca. 50% der natürlichen Todesursachen aus. In der Studie von Riedel (2008) litten 31 der 32 aufgrund einer inneren Ursache Verstorbenen und Obduzierten (97%) unter einer kardialen Grunderkrankung. Bei Fechner und Püschel (1986) sowie Zedler et al. (2013) betragen die Anteile 96,2 bzw. 95%.

Die Verteilung der kardialen Todesursachen ist in den Studien von Riedel (2008), Fechner und Püschel (1986) und Zedler et al. (2013) ähnlich. In diesen Studien wurden der Myokardinfarkt (zwischen 34 und 50%) und die KHK (von 22 bis 32,4% reichend) als die häufigsten kardialen Todesursachen angegeben. Da nicht bekannt ist, dass die KHK häufiger bei Sportlern vorkommt, stellt sich die Frage, in wie weit das Ausmaß der sportlichen Betätigung der individuellen Leistungsfähigkeit angepasst wurde (Bux et al., 2004). Fraglich ist außerdem, inwiefern die Sportler vor der Ausübung des Sports Vorsorgeuntersuchungen zur Detektion kardiovaskulärer Auffälligkeiten in Anspruch genommen haben.

Zahlreiche europäische Studien belegen, dass bei Sportlern über 35 Jahre die KHK die häufigste Todesursache bei Todesfällen im Zusammenhang mit Sport ist (Suárez-Mier et al., 2013; Fornes & Lecomte, 2003; Allouche et al., 2013; Quigley, 2000; Whittington & Banerjee, 1994). Die Anteile der KHK an allen natürlichen Todesursachen liegen in den genannten Studien zwischen 28,1 und 82,7%. Auch in amerikanischen Studien war die KHK die häufigste Todesursache bei den über 35-Jährigen (Maron et al., 1986; Maron, 1996; Maron & Pelliccia, 2006).

Bei den unter 35-Jährigen ist die Datenlage nicht so eindeutig. Studien aus den USA benennen die hypertrophe Kardiomyopathie als häufigste Todesursache in dieser Altersgruppe (Maron et al., 2014; Maron et al., 2013; Maron et al., 2003) und eine italienische Studie (Corrado et al., 2006) die arrhythmogene rechtsventrikuläre Kardiomyopathie. In der vorliegenden Studie wurde dagegen keine histologisch gesicherte hypertrophe bzw. arrhythmogene rechtsventrikuläre Kardiomyopathie detektiert.

#### **4.2.12 Hypertrophe Kardiomyopathie**

In der vorliegenden Studie war der Herzbefund eines dunkelhäutigen 16-jährigen Jugendlichen, der bewusstlos im Becken eines Sprungturms gefunden wurde, auffällig. Makroskopisch waren eine links- und rechtsventrikuläre Hypertrophie sowie Verschwielungen auszumachen. Die histologische Untersuchung ergab, dass der junge Mann entweder an einem plötzlichen Herztod oder an einer Kombination von einer Herzfunktionsstörung und Ertrinken gestorben war. Angaben zu familiären Vorbelastungen sowie Vorerkrankungen und Prodromi der verstorbenen Person standen nicht zur

Verfügung. Die Myokardstärke im Bereich der linken Ausflussbahn betrug 2,5 cm, im Bereich der rechten Ausflussbahn 6-7 mm.

*Gemäss der World Health Organization (WHO) ist die hypertrophe Kardiomyopathie definiert als links- und/oder rechtsventrikuläre Hypertrophie, die sich normalerweise asymmetrisch manifestiert und das interventrikuläre Septum involviert. [...] Arrhythmien und plötzlicher Herztod [...] sind häufige klinische Manifestationen. Die familiäre hypertrophe Kardiomyopathie (FHC) umfasst eine Gruppe der hypertrophen Kardiomyopathie mit nicht erklärbarer linksventrikulärer Hypertrophie in Abwesenheit einer anderen kardialen oder systemischen Erkrankung (Keller et al., 2005; Richardson et al., 1996).*

In der Literatur wird zudem beschrieben, dass hypertrophe Kardiomyopathien gehäuft bei dunkelhäutigen jungen Männern vorkommen (Maron et al., 2014; Maron et al., 2003; Maron & Pelliccia, 2006).

In Zusammenschau der vorliegenden Befunde und unter Berücksichtigung der genannten Literatur wurde bei dem Fall in der vorliegenden Studie mit dem Auftreten eines plötzlichen Herztodes möglicherweise eine unbekannte und auch im Nachhinein nicht diagnostizierte hypertrophe Kardiomyopathie auffällig.

Wie weiter oben beschrieben wurde, sind vielen Sporttreibenden ihre körperlichen Grunderkrankungen wie Herzerkrankungen oft nicht bekannt (Ragosta et al., 1984; Suárez-Mier & Aguilera, 2002; Fornes & Lecomte, 2003). Weiteren Studien zufolge hatten in vielen Fällen sogar Untersuchungen zur Detektion kardiovaskulärer Erkrankungen vor der Teilnahme am Sport stattgefunden, ohne dass eine Herzerkrankung nachgewiesen wurde. Der Anteil der vor der Partizipation am Sport identifizierten, todesursächlichen kardiovaskulären Erkrankungen hat sich in 30 Jahren kaum verändert (25% versus 31% entdeckte kardiovaskuläre Erkrankungen bei am plötzlichen Herztod verstorbenen Sportlern) (Maron et al., 1983; Maron et al., 2013). Diese Befunde betonen die Notwendigkeit von Vorsorgeuntersuchungen vor der Teilnahme am Sport und von rechtsmedizinischen, einschliesslich histologischen Untersuchungen nach dem Tod, um auf Dauer die Häufigkeit plötzlicher Herztode senken zu können.

### 4.2.13 Alkohol- und toxikologische Untersuchungen

In Verbindung mit einer wesentlichen bzw. hochgradigen Alkoholbeeinflussung kamen in der vorliegenden Untersuchung 13 Personen (11,2%) zu Tode. In neun Fällen wurde eine hochgradige und in vier Fällen eine wesentliche Alkoholbeeinflussung nachgewiesen. Bei der Mehrzahl der durch Alkohol beeinflussten Sporttreibenden handelte es sich um Schwimmer (Wassersportler; n=8; 72,7%). Damit waren ein Viertel aller Schwimmer hochgradig alkoholisiert.

Bei den drei Fällen von Alkoholbeeinflussung (3,74, 2,11 und 2,47 Promille) bei Riedel (2008) war Ertrinken die Todesursache. Insgesamt waren von zehn Ertrinkungsopfern drei alkoholisiert (33,3%). Eine Zuordnung zu den Sportarten ist bei den vorliegenden Daten nicht möglich.

Zahlreiche Studien aus unterschiedlichen Ländern belegen, dass Ertrinkungsunfälle im Allgemeinen häufig mit vorangegangenem Alkoholkonsum assoziiert sind (Ahlm et al., 2013; Franklin et al., 2010; Donson & Van Niekerk, 2013). Die Häufigkeit von Alkoholenuss im Zusammenhang mit Ertrinkungsunfällen variiert je nach Region von 21,6% bis 41,5%.

Das Durchschnittsalter der alkoholisiert Ertrunkenen lag in der vorliegenden Studie bei 45,4 Jahren (26 bis 64 Jahre). Ertrinkungsunfälle mit Alkoholisierung treten bevorzugt bei Personen mittleren Alters auf (Ahlm et al., 2013; Hakucho et al., 2014).

Unter jungen Sportlern ist der Konsum von Alkohol allerdings ein nicht seltenes Phänomen (Tamminen et al., 2012; Diehl et al., 2012; Mays et al., 2010). Studien zufolge ist der Alkoholkonsum in der jungen sporttreibenden Bevölkerung höher als in der nicht-sporttreibenden Bevölkerung (Sønderlund et al., 2014).

Zwei Beispiele von alkoholisierten Schwimmerinnen sollen getrennt diskutiert werden. In diesen Fällen konnte ein Suizidversuch nicht klar ausgeschlossen werden. Beide Personen waren bei der Sportausübung hochgradig alkoholisiert und hatten in größerem Ausmaß Medikamente eingenommen.

Bei einer Frau wurde die Einnahme von einem Benzodiazepin nachgewiesen. Durch die toxikologische Untersuchung konnte nicht geklärt werden, ob die Frau das Medikament einmalig in höherer Dosierung oder regelmäßig eingenommen hatte. In dem anderen

Fall hatte eine Frau ein Antidepressivum in einer übertherapeutischen Dosis eingenommen. In beiden Fällen war damit ein Suizidversuch durch Ertrinken und selbst herbeigeführter Intoxikation möglich.

Laut einer schwedischen Studie ist der Anteil an Suiziden bei ertrunkenen Frauen (55%) größer als der bei ertrunkenen Männern (21%). Alkohol war in der Studie bei 38% und Drogen bei 40% (häufig Benzodiazepine, 21%) aller getesteten Ertrunkenen nachweisbar. Bei den Suiziden waren Drogen bei 69% der getesteten Personen nachweisbar (Ahlm et al., 2013). Vor diesem Hintergrund scheint es nicht unwahrscheinlich, dass auch die beiden Ertrinkungsunfälle in der vorliegenden Studie im Rahmen eines Suizids stattfanden. Angaben von Angehörigen oder der Polizei im Hinblick auf etwaige gemachte Suizidankündigungen der beiden Schwimmerinnen standen nicht zur Verfügung.

## 5 Diskussion der Fallbeispiele

### 5.1 Tod zweier Bergläufer

Hämorrhagische Erosionen der Magenschleimhaut (sogenannte Wischnewsky-Flecken) in Kombination mit sogenannten Kälteerythemen an den Knien, Schienbeinen, Ellenbogen oder Handrücken als Vitalitätszeichen gelten als beweisend für einen Tod durch Hypothermie (Brinkmann & Madea, 2003; Keil, 2009). Eine Autopsie-Studie zu Todesfällen durch Hypothermie in den Bergen konnte in allen 42 Fällen Magenschleimhauterosionen nachweisen (Tributsch et al., 1992). In einem Fall wurde eine Iliopsoas-Blutung nachgewiesen. Auch in der vorliegenden Untersuchung wurden bei dem Bergläufer 2 sowohl die Kälteerytheme und die Magenschleimhauterosionen (siehe Abbildung 14) als auch eine beidseitige Iliopsoas-Blutung nachgewiesen. Bei dem Bergläufer 1 wurden lediglich Kälteerytheme festgestellt.

Veränderte Wetterbedingungen in Kombination mit unzureichend gegen Kälte schützende Kleidung - wie in den beiden vorliegenden Fällen -, Verschüttungen unter einer Lawine (Hohlrieder et al., 2007), Unfälle und eine Beschädigung des Equipments mit nachfolgend längerem Aufenthalt in der Kälte können zu unerwarteten Hypothermien führen (Windsor et al., 2009).

Bei einem Marathon-Lauf in Boston mussten 75 Sportler wegen Hypothermie behandelt werden, obwohl der Lauf bei 76 Grad Fahrenheit (entspricht 24,4°C) und sonnigem Wetter stattfand. Kältererscheinungen können zu allen Jahreszeiten auftreten, wenn die Außentemperatur unter der Kernkörpertemperatur liegt (Kruse, 1995). Eine retrospektive Studie zu medizinischen Behandlungen am Mount McKinley, dem höchsten nordamerikanischen Berg in Nordamerika, identifizierte Erfrierungen als häufigste Diagnose (18,1%) (McIntosh et al., 2012).

Vor diesem Hintergrund ist die Prävention ein wichtiges Mittel zur Reduktion von kältebedingten Unfällen.

Das amerikanische College of Sports Medicine empfiehlt, dass Sportler, Trainer und das medizinische Personal über Symptome und Risikofaktoren der Hypothermie und Erfrierungen informiert werden sollten. Sie sollten für Kälteerscheinungen anfällige Personen identifizieren können und sich vor dem Training oder Wettbewerb über die Wetterbin-



dungen informieren. Weiter sollte die Kleidung nach individuellen Bedürfnissen ausgewählt und auf standardisierte Kleidung für ganze Gruppen verzichtet werden. Um das relative Risiko von Erfrierungen abzuschätzen, sollte der WCTI (*Wind Chill Temperature Index*) (Castellani et al., 2006) benutzt werden. Bei einer WCT unter  $-27^{\circ}\text{C}$  sollten die Sportler vermehrt überwacht werden. Sportler mit Asthma und kardiovaskulären Erkrankungen sollten grundsätzlich einer engmaschigen Kontrolle unterzogen werden (Armstrong et al., 1996; Castellani et al., 2006).

Die WCT misst im Vergleich zu der tatsächlich gemessenen Lufttemperatur die „gefühlte Temperatur“. Die WCT misst den kühlenden Effekt der Umwelt in Abhängigkeit von der Windgeschwindigkeit und der Lufttemperatur (Castellani et al., 2006).

Bei den vorliegenden Fällen stellt sich die Frage, warum der Berglauf bei zunehmend schwierigen Witterungsverhältnissen mit immer stärkeren Regenfällen mit Übergang in Schneefall sowie einem deutlichen Temperaturrückgang von  $15^{\circ}\text{C}$  auf  $0^{\circ}\text{C}$  nicht abgebrochen wurde. Es ist anzunehmen, dass sich bei den Teilnehmern der persönliche Ehrgeiz durchgesetzt hat und die möglichen Konsequenzen durch die sich verschlechternden Wetterbedingungen ausgeblendet wurden. Inwiefern Veranstalter und Trainer für die Vorfälle verantwortlich waren, wurde vor Gericht geklärt. Der Vorwurf war, der Veranstalter hätte unangemessen angezogene Sportler vom Rennen ausschließen und den Zieleinlauf weiter nach unten verlegen müssen. Der Veranstalter wurde letztendlich freigesprochen. Der Veranstalter hatte die Bergläufer vor dem gefährlichen Wetter gewarnt. Dennoch liefen viele Bergläufer in Eigenverantwortung weiter, was die oben genannten Vermutungen zur Intention der Sportler unterstreicht (Süddeutsche Zeitung, 2010a; Süddeutsche Zeitung 2010b).

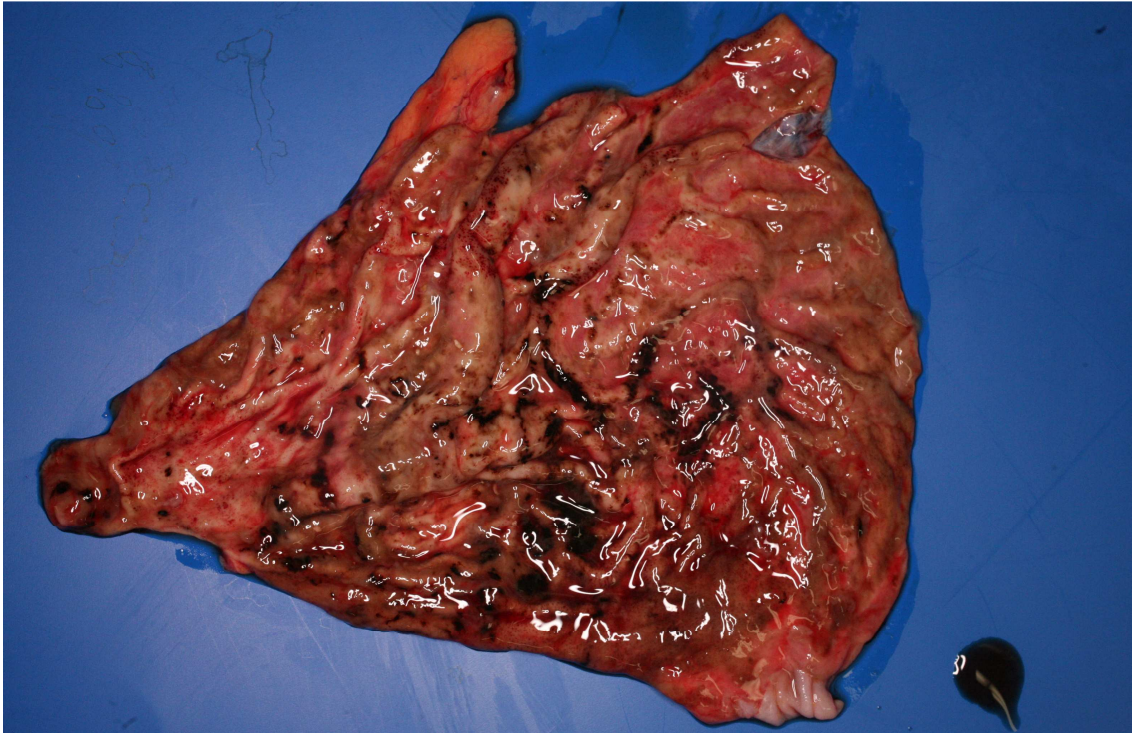


Abbildung 14: Hämorrhagische Erosionen der Magenschleimhaut (sogenannte Wischnewsky-Flecken).

Quelle: Institutseigenes Fotoarchiv.

## 5.2 Tod ungeklärter Ursache beim Schwimmen

Nach dem Ergebnis der gerichtsmedizinischen Untersuchung der Leiche verstarb der Betroffene an einer zentralen Lähmung aufgrund einer exzessiven Hirnvolumenvermehrung infolge eines Sauerstoffmangelschadens des Gehirns. Histologisch wurden eine alle Schichten betreffende massive Herzfibrose und Herzhypertrophie nachgewiesen. Die histologische Untersuchung bestärkt den Verdacht des Obduzenten auf eine chronische Myokarditis oder eine nach vorangegangener Myokarditis entstandene dilatative Kardiomyopathie (DCM) (Longo et al., 2012; Kindermann et al., 2012). Eine mikrobiologische Untersuchung (Longo et al., 2012; Renz-Polster et al., 2008) erfolgte nicht.

Ob der Betroffene nun durch Herzrhythmusstörungen auf dem Boden einer längerfristig bestehenden Myokarditis oder Kardiomyopathie oder final bei einer bestehenden Bewusstseinsstörung aufgrund der genannten Befundkonstellation ertrunken ist, ließ sich nicht konkretisieren. 25% der Patienten mit einer Kardiomyopathie erliegen einem plötzlichen Herztod (Longo et al., 2012; Renz-Polster et al., 2008), der vermehrt unter körperlicher Belastung eintritt.

Wie sich im Folgenden zeigt, ist die Diagnose einer Myokarditis und die Abgrenzung einer chronischen Myokarditis von einer Kardiomyopathie ein bekanntes diffiziles Problem.

In den meisten Fällen verläuft die Myokarditis klinisch inapparent und schleichend (Longo et al., 2012; Renz-Polster et al., 2008; Schultheiss & Kühl, 2011; Kandolf, 2011; Maron et al., 2005a). Die ersten Symptome sind wenig spezifisch und reichen von Müdigkeit und Schwäche bis hin zu Palpitationen und Herzrasen. Bei schweren Verläufen können Herzinsuffizienz und akutes Herzversagen auftreten (Longo et al., 2012; Renz-Polster et al., 2008). Informationen über das Obduktionsprotokoll und die erfolgten Untersuchungen hinaus über Vorerkrankungen oder im Vorfeld wahrgenommene Symptome des Betroffenen standen nicht zur Verfügung.

Ein Lymphozyteninfiltrat mit Myozytennekrose in der Endomyokardbiopsie und eine klassische Klinik liegen nur in 10 bis 20% der Fälle vor (Longo et al., 2012). Die Myokardbiopsie ist der Goldstandard zur Abklärung eines Verdachts auf Myokarditis, wobei auch zunehmend die Magnetresonanztomographie zur Diagnosestellung eingesetzt wird (Longo et al., 2012; Renz-Polster et al., 2008).

Die Abgrenzung einer chronischen Myokarditis von einer dilatativen Kardiomyopathie stellt eine große Herausforderung dar. Bei dieser Unterscheidung treten untersucherbedingte Variabilitäten zwischen 0 und 64% auf (Kübler, 1996).

Die Schwierigkeit der histopathologischen Einordnung wurde bereits in der Diskussion der Auswertung der Todesursachen nach traumatisch und nicht-traumatisch thematisiert. Laut der Studie mit 16 Herzbiopsien von Patienten mit dilatativer Kardiomyopathie, die von sieben Pathologen beurteilt wurden, wurde das Vorliegen einer Myokarditis neben dem Auftreten einer Herzfibrose und Herzhypertrophie (in 25 bis 69% bzw. 19 bis 88% aller Fälle) unterschiedlich bewertet (Shanes et al., 1987; Bux et al., 2004).

Die Inzidenz der Myokarditis ist in sofern, als dass die Erkrankung aufgrund der vielschichtigen Symptomatik häufig unbemerkt bleibt, unbekannt (Friman et al., 1995a; Friman et al., 1995b). Autopsiestudien mit nicht vorselektioniertem Patientengut belegen eine Prävalenz der Myokarditis von 1 bis 10% (Mangin et al., 2006; Friman et al., 1995b; Gravanis & Sternby, 1991). Bei an plötzlichem Herztod Verstorbenen steigt die Prävalenz auf bis zu 22% (Mangin et al., 2006). In rechtsmedizinischen Studien zu To-

desfällen im Sport zeigt sich ein ähnlich uneinheitliches Bild hinsichtlich der Auftretens einer Myokarditis. Rechtsmedizinische Studien identifizierten in 3,5% (Suárez-Mier et al., 2013), 6,9% (Fornes & Lecomte, 2001) und 2% der Fälle (Quigley, 2000) eine Myokarditis. Whittington und Banerjee (1994) geben keine Todesfälle aufgrund einer Myokarditis an.

Bei Berücksichtigung aller Informationen ist davon auszugehen, dass das Opfer in dem vorliegenden Beispiel nichts von seiner Herzerkrankung wusste. Die Einhaltung im Folgenden beschriebener Verhaltensmaßnahmen bei grippalen Infektionen oder bei einer Herzerkrankung im Sinne einer Myokarditis ist darüber hinaus wichtig, um langfristigen Schäden vorzubeugen.

Bei einer grippalen Infektion sollte eine Sportabstinenz von etwa einem Monat eingehalten werden (Roberts, 1986). Bei einer Myokarditis-Diagnose sollte die Sportpause ein halbes Jahr betragen. Vor der Wiederaufnahme der sportlichen Tätigkeit sollte eine klinische Untersuchung, ggf. mit einer Kontrollbiopsie erfolgen, um die kardiale Funktion zu überprüfen (Chimenti et al., 2006; Frick et al., 2009). Außerdem sollten keine Herzrhythmusstörungen mehr nachweisbar sein (Brennan et al., 2003). Maron et al. (2005a) halten vor der Wiederaufnahme des Sports die Messung von Entzündungs- und Herzinsuffizienzparametern und ein Elektrokardiogramm (EKG) für notwendig.

### **5.3 Tod durch Polytrauma beim Klettern**

Anhand der Beschreibung des Unfallhergangs im Obduktionsprotokoll ist davon auszugehen, dass sich der Kletterunfall beim Ablassen zugetragen hat. Nach Auswertung der Unfallstatistik des DAV passieren nur 12% der Unfälle beim Indoorklettern beim Ablassen. In der Mehrzahl der Fälle (78%) ereignen sich die Unfälle beim Vorstieg. Die Auswertung der Unfallstatistik belegt eindeutig, dass Sicherungsfehler der Hauptgrund für Unfälle beim Klettern sind und damit in vielen Fällen vermeidbar wären (Deutscher Alpenverein, 2014). Von einem Sicherungsfehler wird auch im vorliegenden Beispiel ausgegangen.

Erfahrung, Können und Wissen sind wichtige Voraussetzungen zur Vermeidung von Unfällen im Bergsport. Daher ist es wichtig, sich ausreichend auf etwaige Klettervorhaben vorzubereiten. Zum Erlernen der adäquaten Sicherungstechnik bieten sich Kletter-

kurse an, in denen das Stürzen, das Sichern und das kontrollierte Ablassen gezielt unter Anleitung geübt werden (Deutscher Alpenverein, 2014).

Eine große repräsentative deutsche Studie zu Verletzungen beim Indoor-Klettern ergab ein niedriges Verletzungsrisiko. Die generelle Verletzungswahrscheinlichkeit liegt laut Angaben der Studie bei 0,02 Verletzungen in 1000 Stunden Klettern. Bei über 500.000 Besuchern kam es im Zeitraum von fünf Jahren zu keinem Todesfall (Schöffl et al., 2013).

## **6 Diskussion der Gesamtergebnisse unter Berücksichtigung präventiver Aspekte**

Präventionsmaßnahmen zur Verhinderung traumatischer Todesfälle sind häufig einfach durchzuführen. Kinder sollten beim Schwimmen beaufsichtigt werden und bei Schwimmsicherheit Schwimmflügel tragen. Schwimmwesten bieten sich bei fast jeder Art von Schwimmsport, insbesondere beim Segeln, Kajak- und Kanufahren sowie beim Wildwasserrafting an. Eine ausführliche Tourenplanung unter Berücksichtigung des eigenen Könnens und der Kräfte ist beim Klettern und Bergwandern wichtig, um die eingangs beschriebenen „Blockierungen“ zu vermeiden. Eine an die Witterung angepasste, funktionelle atmungsaktive Sport- bzw. Schutzbekleidung empfiehlt sich im Besonderen für das Bergwandern und Klettern sowie beim Skisport.

Im Skisport haben sich inzwischen Helm, Brillen und Rückenprotektoren etabliert. Allgemeine Verhaltensregeln wie die Vermeidung von Alkohol und Drogen vor dem Sport sollten hinreichend bekannt sein. Warnungen der örtlichen Behörden bzw. Betreiber - beispielsweise an Gewässern, die nicht zum Schwimmen oder Befahren geeignet sind, oder vor Lawinengefahren in Skigebieten - sollten ernst genommen werden. Die realistische Einschätzung der eigenen körperlichen Leistungsfähigkeit und des Könnens insbesondere beim Schwimmen, Bergwandern und Klettern sowie Skifahren ist unverzichtbar. Daneben sollte auf eine ausreichende Nahrungs- und Flüssigkeitszufuhr, auf regelmäßige Pausen sowie bei längeren Touren bzw. bei größerer Leistung auf einen gezielten Muskelaufbau und Ausdauertraining Wert gelegt werden. Diese allgemeinen und eindeutigen Empfehlungen sollten in der Allgemeinbevölkerung bekannt sein.

Medizinische Vorsorgeuntersuchungen vor dem Sporttreiben sind dagegen weniger etabliert und werden auch in der Fachwelt kontrovers diskutiert. Dabei geht es im Wesentlichen darum, welche diagnostischen Verfahren für welche Gruppe von Sportlern (Sportart, Leistungsniveau, Alter der Sportler) angewendet werden sollen. Ziel der Vorsorgeuntersuchung ist in erster Linie die Verhinderung des plötzlichen Herztodes (Maron et al., 2015; Holst et al., 2010; Pelliccia & Maron, 1995; Maron et al., 2009b; Maron, 2010; Maron & Friedman, 2014; Brion, 2010; Corrado et al., 2012; Bar-Cohen & Silka, 2012; Maron, 2009; Pelliccia, 2001; Maron et al., 2001; Corrado et al., 2011; Maron et al., 2005b).

Eine dänische Studie zur Inzidenz und Ätiologie von sportbezogenen plötzlichen Herztodesfällen belegt, dass die Inzidenz des plötzlichen Herztodes beim Sport geringer ist als die Inzidenz des plötzlichen Herztodes in der Allgemeinbevölkerung. Die Autoren schlussfolgern aus diesem Befund, dass ein Screening vor der Sportausübung wenig Sinn macht (Holst et al., 2010).

In Italien wird im Rahmen eines nationalen Programms routinemäßig ein jährliches Screening (Anamnese, körperliche Untersuchung, Ruhe-EKG) von Leistungssportlern durchgeführt (Maron et al., 2009b; Maron, 2010; Corrado et al., 2012; Corrado et al., 2011; Maron et al., 2005b; Maron et al., 2001; Pelliccia, 2001). In den USA besteht ein entsprechendes Screening-Programm lediglich aus der Erhebung der Anamnese und einer körperlichen Untersuchung (Maron et al., 2009b; Maron, 2010; Bar-Cohen & Silka, 2012; Maron, 2009; Pelliccia, 2001; Maron et al., 2001; Maron et al., 2005b). Ob die regelhafte Durchführung eines EKG sinnvoll ist, wird kontrovers diskutiert (Drezner et al., 2014; Maron et al., 2009b; Maron, 2010; Maron & Friedman, 2014; Maron et al., 2005b; Bar-Cohen & Silka, 2012; Maron, 2009). Das Kosten-Nutzen-Verhältnis, die Praktikabilität sowie die Sensibilität der diagnostischen Testverfahren und die juristischen Auswirkungen spielen in der Diskussion eine Rolle (Pelliccia, 2001). In Deutschland wird für alle Leistungssportler ein Screening mit Anamneseerhebung, körperlicher Untersuchung sowie Durchführung eines EKGs, einer Echokardiographie und eines Belastungs-EKGs gefordert (Corrado et al., 2011).

Die Empfehlungen der europäischen Gesellschaft für Kardiologie unterscheiden zwischen Leistungs- und Freizeitsportlern. Bei Freizeitsportlern mittleren und höheren Alters soll in Abhängigkeit vom gewohnten Aktivitätslevel und des persönlichen Risikoprofils sowie eventuell durch eine ärztliche Untersuchung die Eignung für die Intensität der beabsichtigten körperlichen Aktivität geprüft werden. Es erfolgt zunächst eine Selbsteinschätzung des gewohnten Aktivitätslevels und des persönlichen Risikos durch strukturierte Fragebögen wie den „*American Heart Association (AHA) Pre-participation Questionnaire*“ oder den „*Physical Activity Readiness Questionnaire*“. Bestandteile der ärztlichen Untersuchung sind die Erhebung der Anamnese, die Durchführung einer körperlichen Untersuchung und eines EKGs, die weitere Beurteilung des Risikoprofils anhand des „*Systematic Coronary Risk Evaluation (SCORE)*“-Fragebogens der *European Society of Cardiology (ESC)* und gegebenenfalls die Durchführung eines Belastungs-EKGs. Es bleibt aller-

dings nach Angaben des Autors offen, wie verfahren werden soll, wenn die Fragen zur Selbsteinschätzung des persönlichen Risikos nicht alle mit „ja“ oder „nein“ beantwortet werden (Corrado et al., 2011; Maron et al., 2001).

Das Schaubild in Abbildung 15 verdeutlicht das beschriebene Procedere für „Nicht-Trainierte“. In Abbildung 16 ist das Vorgehen bei bereits „trainierten“ Personen dargestellt.

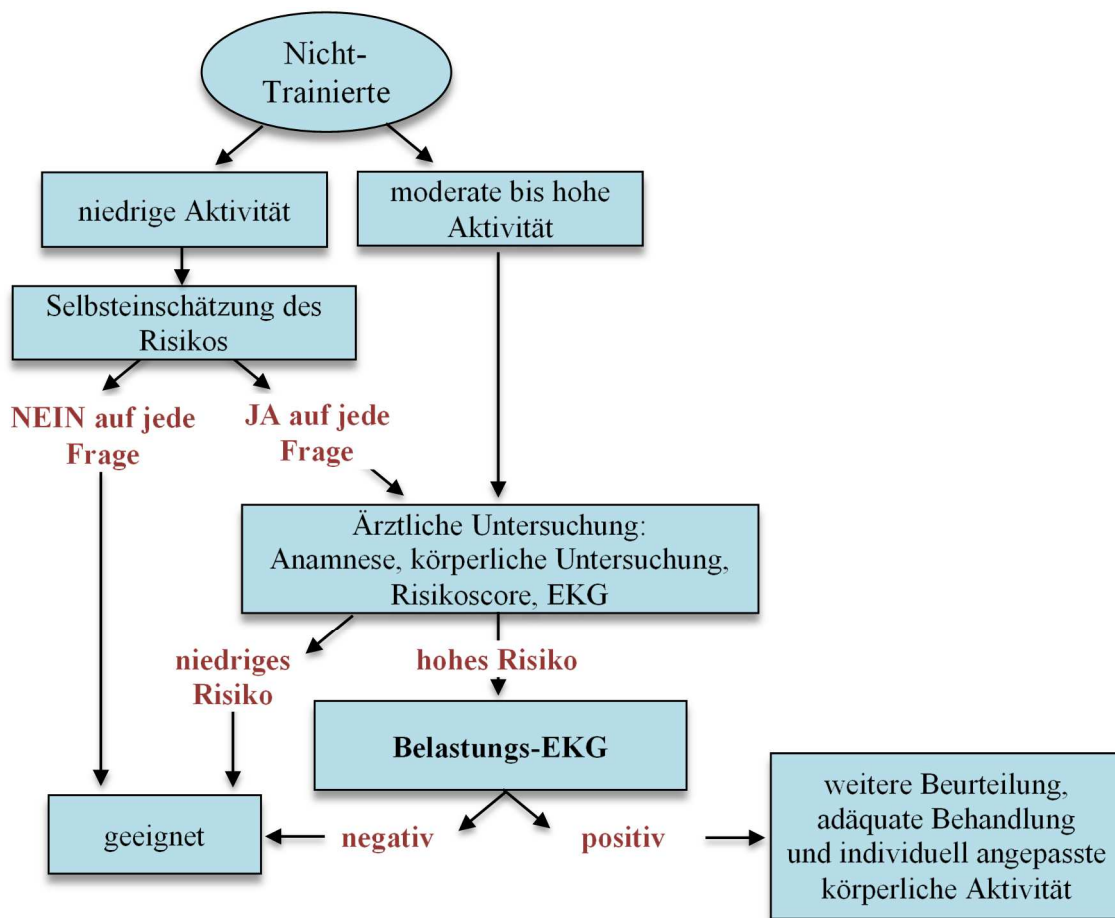


Abbildung 15: Vorsorgeuntersuchung zur Abschätzung des kardialen Risikos von Untrainierten. Die Klassifikation der „Nicht-Trainierten“ und der „Trainierten“ sowie der Intensität der beabsichtigten körperlichen Aktivität erfolgten nach dem Metabolischen Äquivalent (Metabolic Equivalent of Task = MET). „Nicht-Trainierte“ sind nach einem Gesamtenergieaufwand bei körperlicher Betätigung von <2 MET-h pro Woche definiert. Die beabsichtigten Aktivitätslevel sind definiert wie folgt: Niedrige Aktivität: 1,8-2,9 MET; moderate Aktivität: 3-6 METS; hohe Aktivität: >6 METS.

Quelle: Verändert nach einer Abbildung im European Heart Journal (Corrado et al., 2011).



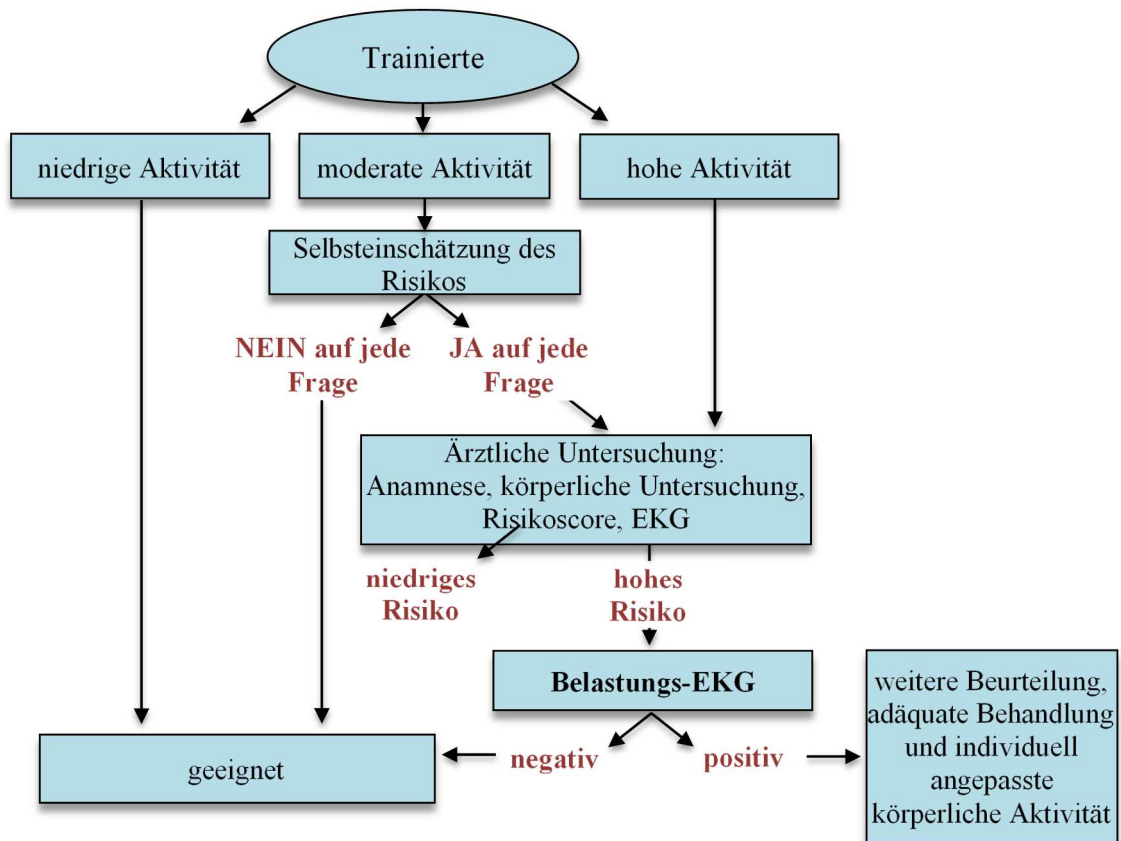


Abbildung 16: Vorsorgeuntersuchung zur Abschätzung des kardialen Risikos von Trainierten. „Trainierte“ zeigten einen Gesamtenergieaufwand bei körperlicher Betätigung von  $\geq 2$  MET-h pro Woche. Die Klassifikation der Intensität der beabsichtigten körperlichen Aktivität erfolgte analog zur Abbildung 15. Quelle: Verändert nach einer Abbildung im *European Heart Journal* (Corrado et al., 2011).

## 7 Zusammenfassung

Die Anzahl der Sporttreibenden ist in den letzten Jahren stetig angestiegen. Die Erhaltung der Gesundheit spielt bei einer steigenden Lebenserwartung eine immer größere Rolle. Trend- und Risikosportarten werden bei zunehmender Individualisierung des Sports und bei steigender Risikobereitschaft der Sportler immer beliebter. Trotz des unbestrittenen positiven Effekts von Sport auf die Gesundheit kommt es immer wieder zu tödlichen Zwischenfällen.

Das Ziel dieser Untersuchung war die Erhebung und Analyse epidemiologischer und medizinischer Daten über im Institut für Rechtsmedizin der Ludwig-Maximilians-Universität München von 2003 bis 2010 obduzierte Todesfälle im Zusammenhang mit Sport. Dazu wurden retrospektiv 116 Todesfälle im Zusammenhang mit Sport untersucht. Berücksichtigt wurden Daten wie Todesursachen, Sportarten, Überlebensdauer, Ort (In- und Ausland) und Zeitpunkt (Jahreszeit) des Todes sowie Alter, Geschlecht, Herzgewicht und *Body-Mass-Index* (BMI) der Sportler. Zur Klärung der Todesursache wurden in 54 Fällen histologische Untersuchungen ergänzt. In der Folge wurden über 1000 Organproben aus Herz, Lunge, Niere, Leber, Milz, Pankreas, Groß- und Kleinhirn, Schilddrüse und Nebennieren zugeschnitten und histologisch untersucht.

Anders als in den meisten Vergleichsstudien überwogen in der aktuellen Analyse die traumatischen Todesursachen (95,7%, n=111). Lediglich in 4,3% der Fälle (n=5) bestand der Verdacht auf eine natürliche Todesursache. Als potentielle Ursachen für das abweichende Ergebnis werden eine Vorselektion der Todesfälle durch die individuelle Entscheidung des Leichenbeschauers zur Weitergabe des Falles an die Staatsanwaltschaft, unterschiedliche Erfahrungen der Obduzenten und diagnostische Standards sowie nicht nachweisbare Todesursachen diskutiert. Analog zur demographischen Entwicklung waren die Betroffenen älter als in früheren Arbeiten zu derselben Thematik. Außerdem zeigte sich ein vergleichsweise höherer Anteil an weiblichen Opfern (19,8%, n=23), der u. a. auf einen zunehmenden Anteil von Frauen unter den Sporttreibenden zurückzuführen ist. Hinweise auf eine erhöhte Risikobereitschaft wurden bevorzugt bei Sportlern detektiert, die im Ausland zu Tode kamen. Die gegenüber früheren Studien angestiegene Sektionsrate bei traumatischen Todesfällen im Zusammenhang mit Sport (durchschnittlich 13,8 Todesfälle pro Jahr) war nicht zuletzt auf einen Anstieg der Anzahl Sporttreibender zurückzuführen. Verglichen mit älteren Arbeiten konnte parallel

zum Trend der Individualisierung des Sports eine Diversifizierung der Sportarten (n=34) festgestellt werden. Die Todesfälle traten am häufigsten beim Schwimmen (27,6%, n=32), Tauchen (9,5%, n=11) und Bergwandern (9,5%, n=11) auf, die dominierenden Todesursachen waren Ertrinken (44,8%, n=52) und Polytrauma (32,8%, n=38).

Internistische Untersuchungen vor dem Beginn der sportlichen Betätigung stellen körperliche Vorerkrankungen nicht immer zuverlässig fest. Das Risiko, beim Sport zu versterben, kann trotz aller Vorbeugemaßnahmen nie vollständig ausgeschlossen werden. Die eigene körperliche Leistungsfähigkeit und den Gesundheitszustand kritisch zu hinterfragen, kann natürlichen und nicht-natürlichen Todesfällen im Zusammenhang mit Sport vorbeugen.

Zur Verifizierung der Todesursache ist bei Todesfällen im Zusammenhang mit Sport eine engere Zusammenarbeit der Krankenhäuser, der Staatsanwaltschaft, der Polizei und der Angehörigen erforderlich. Obduktionsprotokolle reichen nicht in allen Fällen aus, die Todesursache ex post eindeutig zu bestimmen. Erst die Zusammenschau der Daten aus möglichst vielen Informationsquellen erlaubt eine fundierte Aussage über die mögliche Todesursache. Eine genaue Analyse der Todesursachen im Zusammenhang mit Sport unter Zuhilfenahme rechtsmedizinischer Untersuchungsmethoden ist für die Konzeption differenzierter Präventivmaßnahmen unerlässlich.

## Literaturverzeichnis

- Ahlm, K., Saveman, BI. & Björnstig, U. 2013. *Drowning deaths in Sweden with emphasis on the presence of alcohol and drugs - a retrospective study, 1992-2009*. BMC Public Health. 13: 216.
- Allouche, M., Boudriga, N., Ahmed, HB., Banasr, Al, Shimi, M., Gloulou, F., Zhioua, M., Bouhija, B., Baccar, H. & Hamdoun, M. 2013. *Sudden death during sport activity in Tunisia: autopsy study in 32 cases*. Ann Cardiol Angéiol (Paris). 62: 82–88.
- Ambach, E., Tributsch, W. & Henn, R. 1992. *Epidemiology of fatalities in Alpine skiing--(1987-1990)*. Beitr Gerichtl Med. 50: 333–336.
- Andrew, NE., Gabbe, BJ., Wolfe, R. & Cameron, PA. 2012. *Trends in sport and active recreation injuries resulting in major trauma or death in adults in Victoria, Australia, 2001-2007*. Injury 43: 1527–1533.
- Armstrong, LE., Epstein, Y., Greenleaf, JE., Haymes EM., Hubbard, RW., Roberts, WO. & Thompson PD. 1996. *American College of Sports Medicine position stand. Heat and cold illnesses during distance running*. Med Sci Sports Exerc. 28: i–x.
- Atkinson, G. & Drust, B. 2005. *Seasonal rhythms and exercise*. Clin Sports Med 24: e25–34, xii–xiii.
- AWMF online 2012. *Leitlinien der Deutschen Gesellschaft für Rechtsmedizin. Regeln zur Durchführung der ärztlichen Leichenschau*. URL: [http://www.awmf.org/uploads/tx\\_szleitlinien/054-002l\\_S1\\_Leichenschau\\_2013-01.pdf](http://www.awmf.org/uploads/tx_szleitlinien/054-002l_S1_Leichenschau_2013-01.pdf). Zugegriffen am 04.06.2015.
- Bader, G. 1978. *Der Tod beim Sport im Obduktionsgut des Institutes für Rechtsmedizin der Universität München in den Jahren 1968-1977 und in der Literatur*. Dissertation, Universität München.
- Bar-Cohen, Y. & Silka, MJ. 2012. *The pre-sports cardiovascular evaluation: should it depend on the level of competition, the sport, or the state?* Pediatr Cardiol. 33: 417–427.
- Basler Versicherungen 2014. *Unfälle – Deutsche unterschätzen Risiko von Sportverletzungen*. URL: <https://www.basler.de/ueber-uns/presse/pressemitteilungen/2014/2014-11-03.html>. Zugegriffen am 13.06.2015.
- Bauman, AE. 2004. *Updating the evidence that physical activity is good for health: an epidemiological review 2000–2003*. J Sci Med Sport. 7: 6–19.

- Boden, BP., Breit, I., Beachler, JA., Williams, A. & Mueller, FO. 2013. *Fatalities in high school and college football players*. Am J Sports Med. 41: 1108–1116.
- Bohm, P., Scharhag, J. & Meyer, T. 2015. *Data from a nationwide registry on sports-related sudden cardiac deaths in Germany*. Eur J Prev Cardiol. pii. 2047487315594087.
- Bonnichsen, RK. & Theorell, H. 1951. *An enzymatic method for the microdetermination of ethanol*. Scand J Clin Invest. 3: 58-62.
- Borjesson, M., Urhausen, A., Kouidi, E., Dugmore, D., Sharma, S., Halle, M., Heidbüchel, H., Björnstad, HH., Gielen, S., Mezzani, A., Corrado, D., Pelliccia, A & Vanhees, L. 2011. *Cardiovascular evaluation of middle-aged/ senior individuals engaged in leisure-time sport activities: position stand from the sections of exercise physiology and sports cardiology of the European Association of Cardiovascular Prevention and Rehabilitation*. Eur J Cardiovasc Prev Rehabil. 18: 446–458.
- Boyd, J., Haegeli, P., Abu-Laban, RB., Shuster, M. & Butt, JC. 2009. *Patterns of death among avalanche fatalities: a 21-year review*. CMAJ. 180: 507–512.
- Brennan, FH., Stenzler, B. & Oriscello, R. 2003. *Diagnosis and management of myocarditis in athletes*. Curr Sports Med Rep. 2: 65–71.
- Brinkmann, B. & Madea, B. 2003. *Handbuch gerichtliche Medizin Band 1*. Berlin: Springer.
- Brion, R. 2010. *Sport-related sudden death and its prevention*. Bull Acad Natl Med. 194: 1237–1245; discussion 1245–1247.
- Brockhaus 1993. *Brockhaus Enzyklopädie, 24 Bde. m. Erg.-Bdn., Hld, Bd. 20*. 19. Auflage Sci - Sq. Mannheim: FA. Brockhaus GmbH.
- Brukner, PD. & Brown, WJ. 2005. *Is exercise good for you?* Med J Aust. 183: 538–541.
- Bücher, T. & Redetzki, H. 1951. *Eine spezifische photometrische Bestimmung von Äthylalkohol auf fermentativem Wege*. Klin Wochenschr. 29: 615.
- Bundesministerium für Gesundheit 2013. *Daten des Gesundheitswesens 2013*. URL: [https://www.bundesgesundheitsministerium.de/fileadmin/dateien/Publikationen/Gesundheit/Broschueren/Daten\\_des\\_Gesundheitswesens\\_2013.pdf](https://www.bundesgesundheitsministerium.de/fileadmin/dateien/Publikationen/Gesundheit/Broschueren/Daten_des_Gesundheitswesens_2013.pdf). Zugegriffen am 14.06.2015.
- Bux, R., Parzeller, M., Raschka, C. & Bratzke, H. 2004. *Early symptoms and causes of sudden death related to sports activities*. Dtsch Med Wochenschr. 129: 997–1001.
- Bux, R. Zedler, B., Schmidt, M. & Parzeller, M. 2008. *Plötzlicher natürlicher Tod beim Sport*. Rechtsmedizin 18: 155–160.

- Castellani, JW., Young, AJ., Ducharme, MB., Giesbrecht, GG., Glickman, E. & Sallis RE. 2006. *American College of Sports Medicine position stand: prevention of cold injuries during exercise*. Med Sci Sports Exerc. 38: 2012–2029.
- Chao, TC. 1983. *Death in sports and recreation*. Ann Acad Med Singapore. 12: 400–404.
- Charlier, P, Naneix, AL. & de la Grandmaison GL. 2010. *High-BMI: A possible risk factor for sport-related sudden death?* Med Hypotheses. 75: 683–684.
- Chevalier, L., Hajjar, M., Douard, H., Cherief, A., Dindard, JM., Sedze, F., Ricard, R., Vincent, MP., Corneloup, L., Gencel, L. & Carre, F. 2009. *Sports-related acute cardiovascular events in a general population: a French prospective study*. Eur J Cardiovasc Prev Rehabil. 16: 365–370.
- Chimenti, C., Pieroni, M. & Frustaci, A. 2006. *Myocarditis: when to suspect and how to diagnose it in athletes*. J Cardiovasc Med (Hagerstown). 7: 301–306.
- Christ, M., van Bracht, M., Prull, MW. & Trappe, HJ. 2012. *Influences of medical education on first aid and AED knowledge among laypersons*. Dtsch Med Wochenschr. 137: 2251–2255.
- Corrado, D., Basso, C., Schiavon, M. & Thiene, G. 2006. *Does sports activity enhance the risk of sudden cardiac death?* J Cardiovasc Med (Hagerstown). 7: 228–233.
- Corrado, D., Schmied, C., Basso, C., Borjesson, M., Schiavon, M., Pelliccia, A., Vanhees, L. & Thiene, G. 2011. *Risk of sports: do we need a pre-participation screening for competitive and leisure athletes?* Eur Heart J. 32: 934–944.
- Corrado, D., Basso, C. & Thiene, G. 2012. *Sudden cardiac death in athletes: what is the role of screening?* Curr Opin Cardiol. 27: 41–48.
- Cousteau, JP. 1989. *Which sports after 50 years of age?* Ann Cardiol Angeiol (Paris). 38: 623–625.
- Denk, H., Pache, D. & Schaller, HJ. 2003. *Handbuch Alterssport: Grundlagen - Analysen - Perspektiven*. 1. Auflage. Schorndorf: Hofmann.
- Desseigne, P., Tabib, A. & Loire, R. 1991. *Sudden death of the sportsman. Apropos of 23 cases with autopsy*. Ann Cardiol Angeiol (Paris). 40: 175–179.
- Dettmeyer, R., Schütz, HF. & Verhoff, MA. 2014. *Rechtsmedizin*. 2. aktualisierte Auflage. Berlin: Springer. S. 178.
- Deutscher Alpenverein 2012. *Pressemitteilung: Rekordzuwachs: DAV zählt 939.063 Mitglieder*. URL: [http://www.alpenverein.de/chameleon/public/fe0ad24c-f7f8-204e-ff1a-fc2f3e74fccf/0119-Mitgliederentwicklung\\_20782.pdf](http://www.alpenverein.de/chameleon/public/fe0ad24c-f7f8-204e-ff1a-fc2f3e74fccf/0119-Mitgliederentwicklung_20782.pdf). Zugegriffen am 04.06.2015.

- Deutscher Alpenverein 2014. *DAV-Bergunfallstatistik 2012/2013 liegt jetzt vor. Viele Unfälle und Notfälle sind vermeidbar*. URL: [http://www.alpenverein.de/presse/bergunfallstatistik-2012-13\\_aid\\_14442.html](http://www.alpenverein.de/presse/bergunfallstatistik-2012-13_aid_14442.html).  
Zugegriffen am 04.06.2015.
- Deutscher Olympischer Sportbund 2007. *Demographische Entwicklung in Deutschland: Herausforderung für die Sportentwicklung. Materialien, Analysen, Positionen*. URL: [http://www.dosb.de/fileadmin/fm-dosb/arbeitsfelder/Breitensport/demographischer\\_wandel/Demographischer\\_Wandel\\_Internet.pdf](http://www.dosb.de/fileadmin/fm-dosb/arbeitsfelder/Breitensport/demographischer_wandel/Demographischer_Wandel_Internet.pdf).  
Zugegriffen am 06.08.2015.
- Deutscher Olympischer Sportbund 2015. *Definition „Sport“*. URL: <http://www.dosb.de/de/organisation/was-ist-sport/sportdefinition/>.  
Zugegriffen am 07.07.2015.
- Dickhuth, HH., Jakob, E., Wink, K., Bonzel, T., Keul, J. & Just, H. 1985. *Lässt sich aus der maximalen physiologischen Herzhypertrophie ein absolutes kritisches Herzgewicht ableiten?* In Franz, IW., Mellerowicz, H. & Noack W. *Training und Sport zur Prävention und Rehabilitation in der technisierten Umwelt / Training and Sport for Prevention and Rehabilitation in the Technicized Environment*. Berlin: Springer. S. 722–727.
- Diehl, K. Thiel, A., Zipfel, S., Mayer, J., Litaker, DG. & Schneider, S. 2012. *How Healthy is the Behavior of Young Athletes? A Systematic Literature Review and Meta-Analyses*. *J Sports Sci Med*. 11: 201–220.
- Digel, H. 1990. *Die Versportlichung unserer Kultur und deren Folgen für den Sport – ein Beitrag zur Uneigentlichkeit des Sports*. In: Gabler, H. & Göhner, U. *Für einen besseren Sport. Themen, Entwicklungen und Perspektiven aus Sport und Sportwissenschaft*. Schorndorf: Hofmann. S. 73-96.
- DIW Berlin 2007. *Das Sozio-ökonomische Panel*. URL: <http://www.diw.de/de/soep>  
Zugegriffen am 29.08.2015.
- Donson, H. & Van Niekerk, A. 2013. *Unintentional drowning in urban South Africa: a retrospective investigation, 2001-2005*. *Int J Inj Contr Saf Promot*. 20: 218–226.
- Drezner, J., Harmon, K. & Toresdahl, B. 2014. *Reply to the Editor—Incidence of sudden cardiac death in high school athletes: Implications for cardiovascular screening*. *Heart Rhythm*. 11: e200–e201.
- Duden 2015. *Definition Sport*. URL: <http://www.duden.de/rechtschreibung/Sport>  
Zugegriffen am 22.08.2015.
- Empana, JP., Ducimetiere, P., Charles, MA. & Jouven, X. 2004. *Sagittal abdominal diameter and risk of sudden death in asymptomatic middle-aged men: the Paris Prospective Study I*. *Circulation*. 110: 2781–2785.

- Engelhardt, M. 2009. *Sportverletzungen – GOTS-Manual: Diagnose, Management und Begleitmaßnahmen - mit Zugang zum Elsevier Portal*. München-Jena: Urban & Fischer in Elsevier.
- Fechner G. & Püschel K. 1986. Pathologisch-anatomische Untersuchungsbefunde von Todesfällen beim Sport. *Dtsch Z Sportmed.* 37: 36-40.
- Fieseler, S., Kunz, S., Graw, M. & Peschel, O. 2009. *Ärztliche Leichenschau im Großraum München*. *Rechtsmedizin* 19: 418–423.
- Fornes, P. & Lecomte, D. 2001. *Sudden death and physical activity and sports*. *Rev Prat.* 51: S31–S35.
- Fornes, P. & Lecomte, D. 2003. *Pathology of sudden death during recreational sports activity: an autopsy study of 31 cases*. *Am J Forensic Med Pathol.* 24: 9–16.
- Franklin, RC., Scarr, JP. & Pearn, JH. 2010. *Reducing drowning deaths: the continued challenge of immersion fatalities in Australia*. *Med J Aust.* 192: 123–126.
- Franz, IW., Mellerowicz, H. & Noack, W. 2013. *Training und Sport zur Prävention und Rehabilitation in der technisierten Umwelt / Training and Sport for Prevention and Rehabilitation in the Technicized Environment: Deutscher Sportärztekongreß Berlin, 27.–29. September 1984*. Berlin-Heidelberg-New York: Springer-Verlag.
- Freizeit-Forschungsinstitut, BAT & Opaschowski, HW. 2001. *Deutschland 2010: Wie wir morgen arbeiten und leben - Voraussagen der Wissenschaft zur Zukunft unserer Gesellschaft*. Veränderte Auflage Hamburg: Germa-Press.
- Freizeit-Forschungsinstitut, BAT & Opaschowski, HW. 2000. *Xtrem: Der kalkulierte Wahnsinn. Extremsport als Zeitphänomen*. Hamburg: Germa-Press.
- Frick, M., Pachinger, O. & Pözl, G. 2009. *Myocarditis and sudden cardiac death in athletes. Diagnosis, treatment, and prevention*. *Herz.* 34: 299–304.
- Friman, G., Wesslén, L., Fohlman, J., Karjalainen, J. & Rolf, C. 1995a. *The epidemiology of infectious myocarditis, lymphocytic myocarditis and dilated cardiomyopathy*. *Eur Heart J.* 16: 36–41.
- Friman, G., Wesslén, L., Karjalainen, J. & Rolf, C. 1995b. *Infectious and lymphocytic myocarditis: epidemiology and factors relevant to sports medicine*. *Scand J Med Sci Sports* 5: 269–278.
- Gabbe, BJ., Finch, CF., Cameron, PA. & Williamson, OD. 2005. *Incidence of serious injury and death during sport and recreation activities in Victoria, Australia*. *Br J Sports Med.* 39: 573–577.



- Gesundheitsberichterstattung des Bundes 2003. *Beiträge zu Gesundheitsberichterstattung des Bundes. Bundes-Gesundheitssurvey: Körperliche Aktivität*. URL: [https://www.gbe-bund.de/pdf/koerperliche\\_aktivitaet.pdf](https://www.gbe-bund.de/pdf/koerperliche_aktivitaet.pdf). Zugegriffen am 07.09.2015.
- Gesundheitsberichterstattung des Bundes 2005. *Körperliche Aktivität*. URL: [https://www.gbe-bund.de/pdf/Heft26\\_und\\_Wertetabellen.pdf](https://www.gbe-bund.de/pdf/Heft26_und_Wertetabellen.pdf). Zugegriffen am 06.08.2015.
- Goodman, JM., Thomas, SG. & Burr, J. 2011. *Evidence-based risk assessment and recommendations for exercise testing and physical activity clearance in apparently healthy individuals*. *Appl Physiol Nutr Metab*. 36: S14–S32.
- Gravanis, MB. & Sternby, NH. 1991. *Incidence of myocarditis. A 10-year autopsy study from*. *Arch Pathol Lab Med*. 115: 390–392
- Hakucho, A., Kawamura, H., Liu, J., Liu, X., Takase I. & Fujimiya T. 2014. *[Relationship between alcohol consumption and external causes of death based on the forensic autopsy cases in Yamaguchi]*. *Nihon Arukōru Yakubutsu Igakkai Zasshi*. 49: 177–187.
- Harmon, KG., Drezner, JA., Wilson, MG. & Sharma, S. 2014. *Incidence of sudden cardiac death in athletes: a state-of-the-art review*. *Heart*. 100: 1227–1234.
- La Harpe, R. & Margairaz, C. 1995. *Forensic medicine aspects of sudden death in sports*. *Arch Kriminol*. 195: 159–165.
- Hartmann-Tews, I. 2010. *Altern und Geschlecht im Kontext von Sport und Bewegung*. In: Degele, N., Schmitz, S. & Mangelsdorf, M. *Gendered bodies in motion*. Opladen: Budrich UniPress. S. 85–100.
- Heath, GW., Parra, DC., Sarmiento, OL., Andersen, LB., Owen, N., Goenka, S., Montes, F. & Brownson, RC. 2012. *Evidence-based intervention in physical activity: lessons from around the world*. *Lancet* 380: 272–281.
- Hodgson, L., Standen, PJ. & Batt, ME. 2006. *An analysis of injury rates after the seasonal change in rugby league*. *Clin J Sport Med*. 16: 305–310.
- Hohliedler, M., Brugger, H., Schubert, HM., Pavlic, M., Ellerton, J. & Mair P. 2007. *Pattern and severity of injury in avalanche victims*. *High Alt Med Biol*. 8: 56–61.
- Holst, AG., Winkel, BG., Theilade, J., Kristensen, IB., Thomsen, JL., Ottesen, GL., Svendsen, JH., Haunsø, S., Prescott, E. & Tfelt-Hansen J. 2010. *Incidence and etiology of sports-related sudden cardiac death in Denmark—Implications for preparticipation screening*. *Heart Rhythm* 7: 1365–1371.

- Hu, G., Tuomilehto, J., Silventoinen, K., Barengo, NC., Peltonen, M. & Jousilahti, P. 2005. *The effects of physical activity and body mass index on cardiovascular, cancer and all-cause mortality among 47 212 middle-aged Finnish men and women*. Int J Obes. 29: 894–902.
- Jekauc, D. 2009. *Entwicklung und Stabilität der körperlich-sportlichen Aktivität im mittleren Erwachsenenalter: eine prospektive Längsschnittstudie*. Berlin: Logos Verlag.
- Kandolf, R. 2011. *Diagnosis of myocarditis*. Dtsch Med Wochenschr. 136: 829–835.
- Keil, W. 2009. *BASICS Rechtsmedizin*. München: Urban & Fischer Verlag/Elsevier GmbH.
- Keller, DI. 2007. *Heart and sports: when can it be dangerous?* Praxis 96: 2041–2046.
- Keller, D., Linka, A., Buser, P. & Osswald, S. 2005. Familiäre hypertrophe Kardiomyopathie – eine komplexe, heterogene Erkrankung. Schweiz Med Forum. 5: 75-79.
- Kindermann, I., Barth, C., Mahfoud, F., Ukena, C., Lenski, M., Yilmaz, A., Klingel, K., Kandolf, R., Sechtem, U., Cooper, LT. & Böhm, M. 2012. *Update on myocarditis*. J Am Coll Cardiol. 59: 779–792.
- Klein, T. 2009. *Determinanten der Sportaktivität und der Sportart im Lebenslauf*. KZfSS Kölner Zeitschrift für Soziologie und Sozialpsychologie. 61: 1–32.
- Klös, G. & Weiler, G. 1989. *Injuries and traumatic fatalities in sports with special reference to criminal responsibility*. Beitr Gericht Med. 47, 337–339.
- Knott, JW. 2011. *Causes of injuries in the mountains: a review of worldwide reports into accidents in mountaineering*. J Roy Army Med Corps. 157: 92–99.
- Koch, HJ. 2002. *Saisonale Schwankungen plötzlicher Todesfälle im Vereinssport*. Versicherungsmedizin. 54: 176.
- Kromeyer-Hauschild, K. 2005. *Definition, Anthropometric und deutsche Referenzwerte für BMI*. In: Wabitsch, M., Hebebrand, J., Kiess, W. & Zwiauer, K. Adipositas bei Kindern und Jugendlichen. Berlin-Heidelberg: Springer. S. 3–15.
- Krug, S., Jordan, S., Mensink, GBM., Müters, S., Finger, JD. & Lampert, T. 2013. *Körperliche Aktivität. Ergebnisse der Studie zur Gesundheit Erwachsener in Deutschland (DEGS1)*. Bundesgesundheitsbl. 56: 765–771.
- Kruse, RJ. 1995. *Cold injuries*. Sports Med Arthrosc Rev. 3: 280–284.
- Kübler, W. 1996. *Dilatative Kardiomyopathie – chronische Myokarditis: Definition, Diagnose und Therapie*. Dt Arztebl. 93: A-1841-1843.

- Lampert, T., Mensink, GBM. & Ziese, T. 2005. *Sport und Gesundheit bei Erwachsenen in Deutschland*. Bundesgesundheitsbl. 48: 1357–1364.
- Lauer MS., Anderson, KM., Kannel, WB & Levy, D. 1991. *The impact of obesity on left ventricular mass and geometry: The framingham heart study*. JAMA. 266: 231–236.
- Lee, IM., Shiroma, EJ., Lobelo, F., Puska, P., Blair, SN. & Katzmarzyk, PT. (2012) *Effect of physical inactivity on major non-communicable diseases worldwide: an analysis of burden of disease and life expectancy*. Lancet. 380: 219–229.
- Linzbach, AJ. 1948. Herzhypertrophie und Kritisches Herzgewicht. Klin Wochenschr. 26: 459-463.
- Longo, DL., Fauci, SA., Kasper, DL., Hauser, SL., Jameson, JL. & Loscalzo, J. 2012. *Harrison's Principles of Internal Medicine - Volume 2*. 18th Edition, New York: The McGraw-Hill Companies Inc.
- Machata, G. 1962. *Die Routineuntersuchung der Blutalkoholkonzentration mit dem Gaschromatographen*. Mikrochem Acta. 4: 691.
- Madea, B. 2003. *Praxis Rechtsmedizin: Befunderhebung, Rekonstruktion, Begutachtung*. Berlin: Springer.
- Madea, B. & Brinkmann, B. 2003. *Handbuch gerichtliche Medizin Band 2*. Berlin: Springer.
- Mangfalltaler Blick - meine Wochenzeitung 2014. Zahl der Freizeitunfälle steigt! Selbstüberschätzung oder Leichtsin? 33: 1-2.
- Mangin, M., Mahrholdt, H. & Sechtem, U. 2006. *Diagnosis of myocarditis: description and assessment of available methods*. Dtsch Med Wochenschr. 131: 1228–1234.
- Marijon, E., Uy-Evanado, A., Reinier, K., Teodorescu, C., Narayanan, K., Jouven, X., Gunson, K., Jui, J. & Chugh, SS. 2015. *Sudden cardiac arrest during sports activity in middle age*. Circulation. 131: 1384–1391.
- Maron, BJ., Epstein, SE. & Roberts, WC. 1983. *Hypertrophic cardiomyopathy: a common cause of sudden death in the young competitive athlete*. Eur Heart J. 4 Suppl F, 135–144.
- Maron, BJ., Epstein, SE. & Roberts, WC. 1986. *Causes of sudden death in competitive athletes*. J Am Coll Cardiol. 7: 204–214.
- Maron, BJ. 1996. *Triggers for sudden cardiac death in the athlete*. Cardiol Clin. 14: 195–210.

- Maron, BJ., Araújo, CG., Thompson, PD., Fletcher, GF., de Luna, AB., Fleg, JL., Pelliccia, A., Balady, GJ., Furlanello, F., Van Camp, SP., Elosua, R., Chaitman, BR. & Bazzarre TL. 2001. *Recommendations for preparticipation screening and the assessment of cardiovascular disease in masters athletes: An advisory for healthcare professionals from the working groups of the World Heart Federation, the International Federation of Sports Medicine, and the American Heart Association Committee on Exercise, Cardiac Rehabilitation, and Prevention*. *Circulation* 103: 327–334.
- Maron, BJ. 2003. *Sudden death in young athletes*. *N Engl J Med*. 349: 1064–1075.
- Maron, BJ., Carney, KP., Lever, HM., Lewis, JF., Barac, I., Casey, SA. & Sherrid, MV. 2003. *Relationship of race to sudden cardiac death in competitive athletes with hypertrophic cardiomyopathy*. *J Am Coll Cardiol*. 41: 974–980.
- Maron, BJ., Ackerman, MJ., Nishimura, RA., Pyeritz, RE., Towbin, JA. & Udelson, JE. 2005a. *Task Force 4: HCM and other cardiomyopathies, mitral valve prolapse, myocarditis, and Marfan syndrome*. *J Am Coll Cardiol*. 45: 1340–1345.
- Maron, BJ., Douglas, PS., Graham, TP., Nishimura, RA. & Thompson, PD. 2005b. *Task Force 1: Preparticipation screening and diagnosis of cardiovascular disease in athletes*. *J Am Coll Cardiol*. 45: 1322–1326.
- Maron, BJ. & Pelliccia, A. 2006. *The heart of trained athletes cardiac remodeling and the risks of sports, including sudden death*. *Circulation*. 114: 1633–1644.
- Maron, BJ. 2009. *Distinguishing hypertrophic cardiomyopathy from athlete's heart physiological remodelling: clinical significance, diagnostic strategies and implications for preparticipation screening*. *Br J Sports Med*. 43: 649–656.
- Maron, BJ., Doerer, JJ., Haas, TS., Tierney, DM & Mueller, FO. 2009a. *Sudden deaths in young competitive athletes: analysis of 1866 deaths in the United States, 1980-2006*. *Circulation*. 119: 1085–1092.
- Maron, BJ., Haas, TS., Doerer, JJ., Thompson, PD. & Hodges, JS. 2009b. *Comparison of U.S. and Italian experiences with sudden cardiac deaths in young competitive athletes and implications for preparticipation screening strategies*. *Am J Cardiol*. 104: 276–280.
- Maron, BJ. 2010. *Diversity of views from Europe on national preparticipation screening for competitive athletes*. *Heart Rhythm* 7: 1372–1373.
- Maron, BJ., Haas, TS., Ahluwalia, A. & Rutten-Ramos. 2013. *Incidence of cardiovascular sudden deaths in Minnesota high school athletes*. *Heart Rhythm*. 10: 374–377.

- Maron, BJ., Haas, TS., Murphy, CJ., Ahluwalia, A. & Rutten-Ramos. 2014. *Incidence and causes of sudden death in U.S. college athletes*. J Am Coll Cardiol. 63: 1636–1643.
- Maron, BJ. & Friedman, R. 2014. *To the Editor—Participation screening for athletes*. Heart Rhythm. 11: e199–e200.
- Maron, BJ., Friedman, RA. & Caplan, A. 2015. *Ethics of preparticipation cardiovascular screening for athletes*. Nat Rev Cardiol. 12: 375–378
- Mays, D., Depadilla, L., Thompson, NJ., Kushner, HI. & Windle, M. 2010. *Sports participation and problem alcohol use: A multi-wave national sample of adolescents*. Am J Prev Med. 38: 491–498.
- McIntosh, SE., Campbell A., Weber, D., Dow, J., Joy, E. & Grisson, CK. 2012. *Mountaineering medical events and trauma on Denali, 1992-2011*. High Alt Med Biol. 13: 275-280.
- McIntosh, SE., Grissom, CK., Olivares, CR., Kim, HS. & Tremper, B. 2007. *Cause of death in avalanche fatalities*. Wilderness Environ Med. 18: 293–297.
- Mensink, GB., Deketh, M., Mul, MD., Schuit, AJ. & Hoffmeister H. 1996. *Physical activity and its association with cardiovascular risk factors and mortality*. Epidemiology. 7: 391–397.
- Meyer, WW., Peter, B. & Solth, K. 1963. *Die Organgewichte in den höheren Altersstufen (70–92 Jahre) in ihrer Beziehung zum Alter und Körpergewicht*. Virch Arch Path Anat Physiol Klin Med. 337: 17–32.
- Nocon, M., Hiemann, T., Müller-Riemenschneider, F., Thalau, F., Roll, S. & Willich SN. 2008. *Association of physical activity with all-cause and cardiovascular mortality: a systematic review and meta-analysis*. Eur J Cardiovasc Prev Rehabil. 15: 239–246.
- Nowossadeck E. 2012. Demografische Alterung und Folgen für das Gesundheitswesen. GBE kompakt 3: 1-8.
- Opaschowski, HW. 1997. *Gesundheitsgefährdung*. In: Opaschowski, HW. Einführung in die Freizeitwissenschaft. Freizeit- und Tourismusstudien. Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften, S. 240–254.
- Paffenbarger, RS. Kampert, JB., Lee, IM., Hyde, RT., Leung, RW. & Wing, AL. 1994. *Changes in physical activity and other lifeway patterns influencing longevity*. Med Sci Sports Exerc. 26: 857–865.
- Parzeller, M. & Raschka, C. 1998. *Der traumatische Tod bei der Sportausübung: Ursachen, Inzidenzen und präventive Ansätze*. Dtsch Z Sportmed. 49: 285–289.

- Parzeller, M. & Raschka, C. 1999. *Sudden and unexpected death in athletic club sports in federal Berlin and Brandenburg districts (January 1992-April 1997)*. Versicherungsmedizin. 51: 157–160.
- Paul, C. 2015. *Einmal quer durch den Bodensee*. Schwäbische Zeitung. Vom 21.04.2015. S. 23.
- Pelliccia, A. & Maron, BJ. 1995. *Preparticipation cardiovascular evaluation of the competitive athlete: perspectives from the 30-year Italian experience*. Am J Cardiol. 75: 827–829.
- Pelliccia, A. 2001. *Myokardiale Erkrankungen als Risiko eines plötzlichen Herztodes beim Sportler-Die Notwendigkeit kardialer Vorsorgeuntersuchungen*. Deutsche Zeitschrift für Sportmedizin. 52: 197–204.
- Penning, R. 2011. *Alkohol, Drogen und Verkehrssicherheit*. 4. Auflage. UNI-MED Verlag AG. Bremen-London-Boston. S. 22.
- Ponsold, A. 1967. *Lehrbuch der gerichtlichen Medizin*. 3. neubearbeitete Auflage Stuttgart: Thieme.
- Prokop, O. & Göhler, W. 1976. *Forensische Medizin*. 3. Auflage. Stuttgart-New York: Gustav Fischer Verlag.
- Quigley, F. 2000. *A survey of the causes of sudden death in sport in the Republic of Ireland*. Br J Sports Med. 34: 258–261.
- Ragosta, M., Crabtree, J., Sturner, WQ. & Thompson, PD. 1984. *Death during recreational exercise in the State of Rhode Island*. Med Sci Sports Exerc. 16: 339–342.
- Raschka, C., Parzeller, M. & Kind, M. 1999. *Organ pathology causing sudden death in athletes. International study of autopsies (Germany, Austria, Switzerland)*. Med Klinik. (Munich) 94: 473–477.
- Reilly, T. & Peiser, B. 2012. *Seasonal Variations in Health-Related Human Physical Activity*. Sports Med. 36: 473–485.
- Rejeski, WJ. & Mihalko, SL. 2001. *Physical activity and quality of life in older adults*. J Gerontol A Biol Sci Med Sci. 56: 23–35.
- Renz-Polster, H., Krautzig, S. & Braun, J. 2008. *Basislehrbuch Innere Medizin mit StudentConsult-Zugang: kompakt-greifbar-verständlich*. 4. Auflage. München: Urban & Fischer Verlag/Elsevier GmbH.

- Richardson, P., McKenna, W., Bristow, M., Maisch, B., Mautner, B., O'Connell, J., Olsen, E., Thiene, G., Goodwin, J., Gyarsfas, I., Martin, I. & Nordet, P. 1996. *Report of the 1995 World Health Organization/International Society and Federation of Cardiology task force on the definition and classification of cardiomyopathies*. *Circulation*. 93: 841-842.
- Riede, UN. 2009. *Kardiales Adaptationsmuster*. Basiswissen Allgemeine und Spezielle Pathologie. S. 225–231.
- Riedel, A. 2008. *Todesfälle beim Sport (Hamburg, 1997 bis 2006)*. Dissertation, Universität Hamburg.
- Robert Koch-Institut 2014. Beiträge zur Gesundheitsberichterstattung des Bundes. Daten und Fakten: Ergebnisse der Studie „Gesundheit in Deutschland aktuell 2012“. URL: [http://www.rki.de/DE/Content/Gesundheitsmonitoring/Gesundheitsberichterstattung/GBEDownloadsB/GEDA2012/kapitel\\_gesundheitstrends.pdf?\\_\\_blob=publicationFile](http://www.rki.de/DE/Content/Gesundheitsmonitoring/Gesundheitsberichterstattung/GBEDownloadsB/GEDA2012/kapitel_gesundheitstrends.pdf?__blob=publicationFile). Zugegriffen am 04.06.2015.
- Roberts, JA. 1986. *Viral illnesses and sports performance*. *Sports Med*. 3: 298–303.
- Roskamm, H., Neumann, FJ., Kalusche, D. & Bestehorn, HP. 2004. *Herzkrankheiten: Pathophysiologie Diagnostik Therapie*. 5. Auflage. Berlin: Springer-Verlag.
- Röthig, P. 1992. *Sportwissenschaftliches Lexikon*. Schorndorf: Hofmann.
- Ruedl, G. Bilek, H., Ebner, H., Gabl, K., Kopp, M. & Burtscher, M. 2011. *Fatalities on Austrian ski slopes during a 5-year period*. *Wilderness Environ Med*. 22: 326–328.
- Samitz, G., Egger, M. & Zwahlen, M. 2011. *Domains of physical activity and all-cause mortality: systematic review and dose-response meta-analysis of cohort studies*. *Int J Epidemiol*. 40: 1382–1400.
- Scharhag, J., Löllgen, H. & Kindermann, W. 2013. *Competitive sports and heart: benefit or risk?* *Dtsch Arztebl Int*. 110: 14–24.
- Schenk, M. 2012. *External examination of the corpse*. *Dtsch Med Wochenschr*. 137: p19.
- Schmidt, P. Zedler, B., Raschka, C. & Parzeller, M. 2008. *Tödliche Sportunfälle*. *Rechtsmedizin*. 18: 161–166.
- Schneider, S & Becker, S 2006. *Sportaktivität in Deutschland im 10-Jahres-Vergleich – Konstante Sportlerquoten trotz langfristiger Präventionskampagnen*. *Gesundheitswesen*. 68: 488.
- Schöffl, V., Morrison, A., Schöffl, I. & Küpper, T. 2012. *The epidemiology of injury in mountaineering, rock and ice climbing*. *Med Sport Sci*. 58: 17–43.

- Schöffl, VR., Hoffmann, G. & Küpper, T. 2013. *Acute injury risk and severity in indoor climbing-a prospective analysis of 515,337 indoor climbing wall visits in 5 years*. Wilderness Environ Med. 24: 187–194.
- Schürmann, V. 2002. *Ob Tütenkleben ein Sport ist. Zur Gegenstandsbestimmung von Sport*. Forum Wissenschaft. 19: 6-9.
- Schuller, A. 1985. *Probleme bei der Festlegung des Begriffs "Sport"*. Sportwissenschaft. 15: 423-429.
- Schultheiss, HP. & Kühl, U. 2011. *Why is diagnosis of infectious myocarditis such a challenge?* Expert Rev Anti Infect Ther. 9: 1093–1095.
- Shanes, JG., Ghali, J., Billingham, ME., Ferrans, VJ., Fenoglio, JJ., Edwards, WD., Tsai, CC., Saffitz, JE., Isner, J., Furner S., et al. 1987. *Interobserver variability in the pathologic interpretation of endomyocardial biopsy results*. Circulation. 75: 401–405.
- Shephard, RJ. & Aoyagi, Y. 2009. *Seasonal variations in physical activity and implications for human health*. Eur J Appl Physiol 107: 251–271.
- Sheppard, MN. 2012. *Aetiology of sudden cardiac death in sport: a histopathologist's perspective*. Br J Sports Med. 46: i15–i21.
- Sofi, F., Capalbo, A., Cesari, F., Abbate, R. & Gensini, GF. 2008. *Physical activity during leisure time and primary prevention of coronary heart disease: an updated meta-analysis of cohort studies*. Eur J Cardiovasc Prev Rehabil. 15: 247–257.
- Sønderlund, AL., O'Brien, K., Kremer, P., Rowland, B., De Groot, F., Staiger, P., Zinkiewicz, L. & Miller, PG. 2014. *The association between sports participation, alcohol use and aggression and violence: a systematic review*. J Sci Med Sport. 17: 2–7.
- Statistisches Bundesamt 2015. *Bevölkerung Deutschlands bis 2060. 13. koordinierte Bevölkerungsvorausberechnung*.  
URL: [https://www.destatis.de/DE/Publikationen/Thematisch/Bevoelkerung/VorausberechnungBevoelkerung/BevoelkerungDeutschland2060Presse5124204159004.pdf?\\_\\_blob=publicationFile](https://www.destatis.de/DE/Publikationen/Thematisch/Bevoelkerung/VorausberechnungBevoelkerung/BevoelkerungDeutschland2060Presse5124204159004.pdf?__blob=publicationFile).  
Zugegriffen am 05.08.2015.
- Suárez-Mier, MP. & Aguilera, B. 2002. *Causes of sudden death during sports activities in Spain*. Rev Esp Cardiol. 55: 347–358.
- Suárez-Mier, MP., Aguilera, B., Mosquera, RM. & Sánchez-de-Léon, MS. 2013. *Pathology of sudden death during recreational sports in Spain*. Forensic Sci Int. 226: 188–196.



- Süddeutsche Zeitung 2010a. *Freispruch für den Veranstalter*.  
URL: <http://www.sueddeutsche.de/bayern/zwei-tote-beim-zugspitzlauf-freispruch-fuer-den-veranstalter-1.132898>  
Zugegriffen am 07.09.2015
- Süddeutsche Zeitung 2010b. *Zugspitzlauf kommt vor Gericht*.  
URL: <http://www.sueddeutsche.de/bayern/toedlicher-berglauf-zugspitzlauf-kommt-vor-gericht-1.109008>  
Zugegriffen am 07.09.2015.
- Tamminen, KA., Holt, NL. & Crocker, PR. 2012. *Adolescent athletes: psychosocial challenges and clinical concerns*. *Curr Opin Psychiatry*. 25: 293–300.
- Teychenne, M., Ball, K. & Salmon, J. 2008. *Physical activity and likelihood of depression in adults: a review*. *Prev Med*. 46: 397–411.
- Thefeld, W., Stolzenberg, H. & Bellach, B.-M. 1999: *Bundes-Gesundheitssurvey: Response, Zusammensetzung der Teilnehmer und Non-Responder-Analyse*. *Gesundheitswesen* 61 (2): 57-61.
- Thomas, M., Haas, TS., Doerer, JJ., Hodges, JS., Aicher, BO., Garberich, RF., Mueller, FO., Cantu, RC. & Maron BJ. 2011. *Epidemiology of sudden death in young, competitive athletes due to blunt trauma*. *Pediatrics* 128: e1–e8.
- Tiedemann, C. 2006. „Sport“ - Vorschlag einer Definition. Aufsatz zum Thema Sport.  
URL: <http://www.sportwissenschaft.uni-hamburg.de/tiedemann/documents/sportdefinition.html>  
Zugegriffen am 29.10.2015.
- Tischer, U. & Hartmann-Tews, I. 2009. *Die Sportaktivität älterer Männer aus soziologischer Perspektive*. *Blickpunkt der Mann* 7: 20–25.
- Tributsch, W., Ambach, E. & Henn, R. 1992. *Forensic medicine aspects of death caused by hypothermia in high altitude*. *Beitr Gerichtl Med*. 50: 337–341.
- Turk, EE., Riedel, A. & Püeschel, K. 2008. *Natural and traumatic sports-related fatalities: a 10-year retrospective study*. *Br J Sports Med*. 42: 604–608; discussion 608.
- Urhausen, A. & Kindermann, W. 1998. *Sudden cardiac death in sports*. *Ther Umsch*. 55: 229–234.
- US Department of Health and Human Services 1996. *Physical activity and health: a report of the Surgeon General*. *Centers of Disease Control and Prevention*. CDC, Atlanta. URL: <http://www.cdc.gov/nccdphp/sgr/pdf/sgrfull.pdf>.  
Zugegriffen am 29.10.2015

- Vatten, LJ, Nilsen, TI., Romundstad, PR., Droyvold, WB. & Holmen J. 2006. *Adiposity and physical activity as predictors of cardiovascular mortality*. Eur J Cardiovasc Prev Rehabil. 13: 909–915.
- Warburton, DE., Nicol, CW. & Bredin, SS. 2006. *Health benefits of physical activity: the evidence*. CMAJ. 174: 801–809.
- Weineck, J. 2004. *Sportbiologie*. Balingen: Spitta Verlag GmbH & Co. KG.
- Whittington, RM. & Banerjee, A. 1994. *Sport-related sudden natural death in the City of Birmingham*. J R Soc Med. 87: 18–21.
- Windsor, JS., Firth, PG., Grocott, MP. Rodway GW. & Montgomery HE. 2009. *Mountain mortality: a review of deaths that occur during recreational activities in the mountains*. Postgrad Med J. 85: 316–321.
- Wirth, A. & Hauner H. 2013. *Adipositas: Epidemiologie . Ätiologie . Folgekrankheiten . Therapie*. 4. Auflage. Berlin: Springer-Verlag.
- Wolf, BC. & Harding, BE. 2008. *Investigative and autopsy findings in sport aircraft-related deaths in southwest Florida*. Am J Forensic Med Pathol. 29: 214–218.
- Yanai, O., Phillips, ED. & Hiss, J. 2000. *Sudden cardiac death during sport and recreational activities in Israel*. J Clin Forensic Med. 7: 88–91.
- Zedler, B., Bratzke, H. & Parzeller, M. 2013. P43: Der Tod beim Sport aus natürlicher Ursache – Ergebnisse einer Follow-up-Mortalitätsstudie von 1972-2012. Rechtsmedizin. 23: 339.
- Zedler, B., Flaig, B., Bux, R., Bratzke, H. & Parzeller, M. 2010. *Todesfälle beim Sport aus natürlicher Ursache – Ergebnisse einer Follow-up-Mortalitätsstudie*. URL: <http://rmif.de/images/content/Kongressbeitrag2.pdf>. Zugegriffen am 04.06.2015.

## Danksagung

Ich möchte mich bei allen Personen bedanken, die mich bei der Fertigstellung der vorliegenden Arbeit unterstützt haben.

Prof. Dr. Matthias Graw möchte ich ganz besonders für die Überlassung des interessanten Themas, seine fachkundige und geduldige Unterstützung bei der Fertigstellung der Arbeit danken.

PD Dr. Inga Sinicina möchte ich für die kompetente Unterstützung bei der Auswertung der histologischen Untersuchungen, für die zahlreichen Anregungen und die Aufgeschlossenheit gegenüber kurzfristigen Terminvereinbarungen besonderen Dank aussprechen.

Weiterhin gilt mein besonderer Dank Susanne Ring, die die Gewebeeinbettung, den Schnitt und die Färbung der zahlreichen Präparate vorgenommen hat. Unzählige eigene Stunden im Labor wurden durch ihre Anwesenheit aufgelockert.

Nicht zu vergessen sind die Mitarbeiter in der Sektion (Fabian Kriner, Laura Rössel, Michael Wiczorek), die mir jederzeit bei dem Heraussuchen der asservierten Organteile behilflich waren. Stephanie Spicker und Birgit Övgüer möchte ich als Mitarbeiter der Toxikologie für die kollegiale Zusammenarbeit und die freundliche Beantwortung meiner Fragen danken.

Meiner Familie danke ich nicht zuletzt besonders für die motivierende Unterstützung und für das mir entgegengebrachte Vertrauen in meine Person.

## Eidesstattliche Versicherung

Landwehr, Torsten

---

Name, Vorname

Ich erkläre hiermit an Eides statt,

dass ich die vorliegende Dissertation mit dem Thema

„Todesfälle im Zusammenhang mit Sport – eine rechtsmedizinische Analyse auf der Basis von mikro- und makromorphologischen, toxikologischen sowie Alkoholuntersuchungen“

selbständig verfasst, mich außer der angegebenen keiner weiteren Hilfsmittel bedient und alle Erkenntnisse, die aus dem Schrifttum ganz oder annähernd übernommen sind, als solche kenntlich gemacht und nach ihrer Herkunft unter Bezeichnung der Fundstelle einzeln nachgewiesen habe.

Ich erkläre des Weiteren, dass die hier vorgelegte Dissertation nicht in gleicher oder in ähnlicher Form bei einer anderen Stelle zur Erlangung eines akademischen Grades eingereicht wurde.

München, 10.05.2016

---

Ort, Datum

Torsten Landwehr

---

Unterschrift Doktorandin/Doktorand