

Verhaltensbiologische Untersuchung
funktionsmorphologischer Größeneffekte in Kommentkämpfen
bei Säugetieren und Sportlern

Dissertation
zur Erlangung des Doktorgrades am Institut für Biologie und ihre Didaktik
der Universität Flensburg

vorgelegt von
Sebastian Ziehm

Flensburg, 2011

Inhaltsverzeichnis

1 Einleitung	7
1.1 Größeneffekte in der Zoologie und im Sport.....	7
1.2 Ziele der Arbeit.....	9
2 Grundlagen	10
2.1 Funktionsmorphologische Grundlagen.....	10
2.2 Das allometrische Grundproblem	15
2.3 Körpergrößenbedingte Anpassungen von Wirbeltieren.....	17
2.3.1 Veränderung der Hebelverhältnisse	17
2.3.2 Lokomotionsarten verschieden großer Vertebraten	19
2.3.3 Dickenzunahme kraftaufnehmender Strukturen	23
2.4 Allometrien bei Sportlern.....	26
3. Verhaltensbiologische Grundlagen	31
3.1 Kämpfe bei Säugetieren	32
3.1.1 Kommentkämpfe	32
3.1.2 Evolutionäre Modelle zu aggressionsbegrenzenden Kampfstrategien.....	33
3.1.3 Abläufe von Kommentkämpfen.....	35
3.1.4 Asymetrische Kampfbedingungen	36
3.2 Physische Merkmale	38
3.2.1 Adaptionen an Kommentkämpfe	40
3.2.2 Kosten von Körperwaffen	40
3.3. Körpergröße und Fortpflanzungserfolge.....	41
3.4 Resümee.....	42
4 Humanethologische Grundlagen	43
4.1 Evolution und Aggression.....	43
4.2 Kultur und Kampf	44
4.3 Zweikämpfe	45
5 Hypothesenbildung	47
5.1 Hypothesen zur Kommentkampfanalyse bei Wirbeltieren.....	47
5.2 Hypothesen zu Größeneffekten im Kampfsport	51
5.3 Zusammenfassung aller Hypothesen	52
6 Methoden der zoologischen Untersuchung	53
6.1 Methodische Vorüberlegungen zu Kampfbewegungen	53

6.2 Vorbereitung der Untersuchung	54
6.2.1 Planung der Datenaufnahme	55
6.2.2 Erstellung der Videodatenbank	56
6.2.3 Videorecherche.....	56
6.3 Funktionsmorphologische Quantifizierung der Verhaltensabläufe	59
6.3.1 Definition Kommentkampf	59
6.3.2 Kategorisierung des Kampfverhaltens	60
6.4 Datenauswertung und Darstellung.....	64
6.4.1 Verwendete Software	64
6.4.2 Kommentkampfszene identifizieren	70
6.4.3 Kampfkategorie bestimmen.....	70
6.4.4 Zeitmessung der Kategorien	70
6.4.5 Spezifikation des Lageenergieumsatzes	72
6.4.6 Datendarstellung	73
6.5 Statistische Methoden	73
7 Methoden der anthropologischen Untersuchung.....	74
7.1 Planung der Datenaufnahme	74
7.2 Material	76
7.2 Quantifizierung der Verhaltensabläufe im Kampfsport.....	77
7.2.1 Methoden der Basisuntersuchung.....	78
7.2.2 Methoden der Technikanalyse	81
7.2.3 Verhaltenskategorien innerhalb der Technikanalyse	82
7.3 Statistische Methoden	91
8. Ergebnisse der zoologischen Untersuchung	92
8.1 Einsatz von Lageenergie	92
8.2 Einsatz von Schubenergie	100
8.3 Impulsübertragung.....	107
8.4 Nebenkategorien.....	114
8.4.2 Teilkörperkraft.....	117
8.5 Zusammenfassung der zoologischen Untersuchung.....	119
9. Ergebnisse der anthropologischen Untersuchung.....	122
9.1 Ergebnisse der Basisuntersuchung für Judokämpfe.....	122
9.1.1 Prozentualer Anteil der Bodenphasen	122
9.1.2 Anzahl der Bodenphasen.....	124
9.1.3 Durchschnittliche Gesamtzeit	126

9.2 Ergebnisse der Basisuntersuchung für Ringkämpfe	127
9.2.1 Prozentualer Anteil der Bodenphasen	127
9.2.2 Anzahl der Bodenphasen.....	129
9.2.3 Durchschnittliche Gesamtzeit	130
9.3 Zusammenfassung der Basisuntersuchung	132
9.4 Ergebnisse der Technikanalyse	133
9.5 Ergebnisse der Technikanalyse Judo	133
9.5.1 Schwerpunktsenkung.....	134
9.5.2 Kreisblockade	139
9.5.3 Unterlaufen	144
9.5.4 Beinrad.....	148
9.5.5 Heber.....	153
9.5.6 Fußfeger.....	158
9.5.7 Sichel	162
9.5.8 Frontalblockade	167
9.5.9 Haken.....	171
9.5.10 Nackendruck.....	176
9.5.11 Beinklammer	180
9.5.12 Fußfallwurf	184
9.6 Ergebnisse der Technikanalyse Ringen	189
9.6.1 Schwerpunktsenkung.....	189
9.6.2 Kreisblockade	194
9.6.3 Unterlaufen	198
10 Diskussionen.....	204
10.1 Diskussion der zoologischen Untersuchung	204
10.1.1 Hypothese HZ1.....	205
10.1.2 Hypothese HZ2 und HZ3	211
10.1.3 Hypothese HZ4.....	213
10.1.4 Hypothese HZ5.....	216
10.1.5 Schlussbetrachtung der zoologischen Untersuchung	218
10.2 Diskussion der anthropologischen Untersuchung.....	220
10.2.1 Diskussion zu den Basisuntersuchungen	221
10.2.2 Technikanalyse Judo.....	224
10.2.3 Technikanalyse Ringen	230
11 Zusammenfassung	233

12 Ausblick	235
13 Literatur	236
Danksagung	242

1 Einleitung

1.1 Größeneffekte in der Zoologie und im Sport

In populärwissenschaftlicher Literatur und TV-Formaten finden sich regelmäßig Beiträge, in denen über die unglaubliche Körperkraft von Ameisen (*Formicidae*) berichtet wird. Für eine Ameise sei es nahezu kein Problem das Vielfache ihres eigenen Körpergewichtes zu tragen. Weitere in solchen Zusammenhängen erwähnte Tiere sind Flöhe (*Siphonaptera*), deren Vertreter sich scheinbar problemlos um ein Vielfaches ihrer Körperlänge in die Höhe schnellen lassen können. In der Regel werden die oben erwähnten Tiere und deren Leistungen direkt mit den Ergebnissen eines gut trainierten Menschen verglichen. Diese Vergleiche von Insekten und Vertebraten suggerieren, dass der Grundbauplan von Insekten prinzipiell demjenigen der Wirbeltiere mechanisch überlegen ist (CHRISTIAN 2000, KARDONG 2002). Auch im Vergleich verschiedener Vertebraten werden einfache Größeneffekte bewusst.

„Ein kaum mehr als mausgroßes Löwenäffchen vermag so behände durch das Geäst zu klettern, dass man seinen Bewegungen kaum mit dem Blick folgen kann.[...] und Tiere von der Masse eines ausgewachsenen Elefanten oder Nashorns kann man sich schwer kletternd vorstellen.“ (CHRISTIAN 2000)

Bezogen auf eine allgemeine arboreale Lebensweise brachte die Evolution bei Wirbeltieren vor allem kleine bis mittelgroße Baumbewohner hervor (PREUSCHOFT ET AL. 1998, DEMES & GÜNTHER 1989). Die Überwindung von Steigungen und das Klettern im Geäst scheint prinzipiell von kleinen Tieren eleganter und gleichzeitig auch mit weniger Mühe zu bewerkstelligen zu sein (GANZLOBER & NIEMITZ 1999). Steile Hänge können für große *Artiodactyla*, wie beispielsweise Giraffen, ein erhebliches Hindernis bedeuten, werden von Mäusen oder kleinen Eidechsen jedoch ohne Mühe überwunden. Solche Erkenntnisse finden unter anderem praktische Anwendung in der Gehegegestaltung von Zoos, bei der Elefanten von den Besuchern schon durch einen Graben getrennt bleiben, der für leichtere Raubkatzen problemlos zu überwinden wäre.

Die eingangs erwähnten Flöhe zeigen ihren „Größenvorteil“ in ihrer scheinbar beachtlichen Leistung im Sprung. Der Vorteil der geringen Körpergröße kombiniert mit morphologischen Adaptionen, der zu bemerkenswerten Sprungleistungen führen kann, findet sich auch bei Wirbeltieren. CHRISTIAN (2000) verdeutlicht diesem Zusammenhang anhand der Leistungen von Zwerggalagos (*Galaogo demidoff*):

„So kann ein Zwerggalago von gut einem Dezimeter Kopf-Rump-Länge horizontale Sprungweiten von drei bis vier Meter erzielen, also mehr als das dreißigfache seiner Körperlänge ohne Schwanz.“ (CHRISTIAN 2000)

Setzt man diese Werte den Proportionen eines Pferdes gleich, würde das bedeuten, dass das Pferd quer über einen Fußballplatz springen könnte. Den gesamten Platz der Länge nach würde unter Relation zu Körperlänge dann ein Elefant überspringen können. Tatsächlich sind Elefanten überhaupt nicht in der Lage zu Springen (CHRISTIAN 2000).

Bereits im gewöhnlich engen Bereich der adulten Körpergröße einzelner Arten können Größeneffekte deutlich werden. Das zeigt sich besonders deutlich in den Leistungen menschlicher Sportler. In vielen Sportarten reicht offensichtlich die natürliche Spanne des Gewichtes adulter Athleten aus, um Sportlern in einem bestimmten Gewichtsbereich einen Vorteil zu verschaffen. Leistungsstarke Turner auf Weltniveau weisen eine beachtliche, morphologische Ähnlichkeit in Körperproportionen und Körpergewicht auf.

Sowohl in der Zoologie als auch bei der Betrachtung menschlichen Leistungssports scheint das Prinzip vorzuherrschen, dass auf ihre Körpermasse bezogen kleine Tiere und Athleten mehr leisten können als große.

Wie begründet sich diese biologische Selbstverständlichkeit und welche morphologischen Prinzipien stehen dahinter? Kapitel 2 gibt eine grundlegende Einleitung zur Beantwortung dieser Frage.

1.2 Ziele der Arbeit

Das Ziel dieser Arbeit ist verhaltensbiologische Methoden zu nutzen, um Kommentkämpfe funktionsmorphologisch zu untersuchen. Dazu sollen Verhaltenskategorien, die auf der Grundlage funktionsmorphologischer Zusammenhänge gebildet wurden, genutzt werden, um ritualisierte Kämpfe bei Säugetieren zu dokumentieren. Diese ethologischen Dokumentationen sollen Aufschluss darüber geben, inwieweit Größeneffekte bei Säugetieren das Kampfverhalten bzw. die Kampfbewegungen beeinflussen.

Ferner sollen Kategorien gebildet werden, um die Bewegungen in Ringkämpfen bei Menschen zu dokumentieren. Diese humanethologischen Dokumentationen sollen Aufschluss darüber geben, inwieweit das Körpergewicht beim Judo und Freistilringen Einfluss auf die Kampfbewegungen nimmt.

2 Grundlagen

2.1 Funktionsmorphologische Grundlagen

Der Körper von Wirbeltieren unterliegt grundlegend folgenden biomechanischen Beanspruchungen:

- Zugkräften
- Druckkräften
- Scherkräften
- Biegebelastungen
- Torsionen

Die Beanspruchungsformen, denen der Tierkörper ausgesetzt ist, greifen vor allem an den Knochen an. Alle Beanspruchungen sind direkt von der Masse des Tieres abhängig und verändern sich mit der Körpergröße (ALEXANDER 1989, PREUSCHOFT ET AL 1994, CHRISTIAN 2001, HILDEBRAND & GASLOW 2004).

Äußere Kräfte: Zug und Druck

Auf Knochen wirken hauptsächlich zwei Arten von Kräften, Zugkräfte und Druckkräfte. Wirken die Kräfte parallel zur Schaftachse (Abbildung 2-1b und c), findet nach ALEXANDER (1989) eine gleichmäßig Verteilung der Kräfte im Knochen statt. Zug- und Druckkräfte (F_{Zug} , F_{Druck}) führen zu Spannungen im Knochen, die durch die Querschnittsfläche (A) des Knochens gegeben sind.

$$\text{Zugspannung} = F_{\text{Zug}}/A \quad (\text{Gl. 2.1})$$

$$\text{Druckspannung} = F_{\text{Druck}}/A \quad (\text{Gl. 2.2})$$

Die Grenzbelastung für Säugetierknochen liegen bei 160N/mm^2 für Zugbelastung und bei 270N/mm^2 für Druckbelastung (ALEXANDER 1989). Das gängige Modell geht davon aus, dass in der Realität die Kräfte nicht gleichmäßig im Knochen verteilt sind. Von entscheidender Bedeutung sind dabei die Kräfte, die seitlich zum Knochenschaft ansetzen. Sie bewirken sowohl Zug-, als auch Druckbelastung im Knochen (Abbildung 2-1 d). Neuere Untersuchungsergebnisse (SVERDLOVA & WITZEL 2010) geben hinreichend Gründe diese Vorstellung anzuzweifeln. Die Theorie der ungleichmäßig verteilten Zug- und Druckkräfte entwickelte sich nach SVERDLOVA & WITZEL (2010) aus Artefakten, die durch eine invasive Messmethodik hervorgerufen wurden. Nach SVERDLOVA & WITZEL (2010) sind die Kräfte in den Knochen gleich verteilt. Muskeln reagieren auf äußere Kräfte und führen zu einer Gleichverteilung der Kräfte im Knochen lebendiger Tiere. Das bisher verwendete Modell zur Zug- und Druckspannung kann dennoch genutzt werden, um die äußeren, angreifenden Kräfte zu verdeutlichen. Diese Kräfte führen jedoch nicht wie bisher angenommen zu ungleichförmigen Spannungen im Knochen, da sie aktiv durch die Muskulatur neutral gehalten werden.

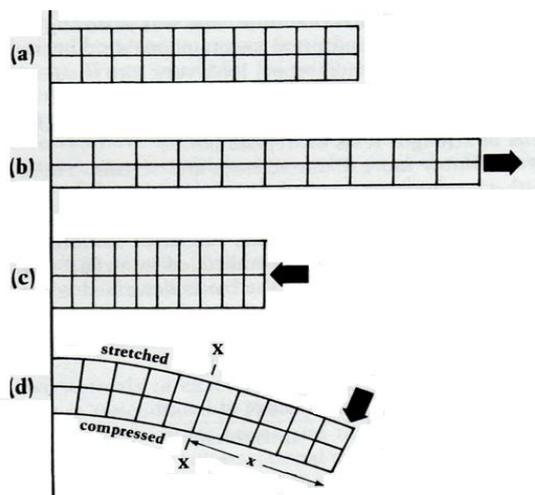


Abbildung 2-1: Auftretende Kräfte im Knochen nach Alexander. a: Normalzustand ohne Kräfteinwirkung, b: Zugkraft, c: Druckkraft, d: Biegebelastung führt im oberen Bereich zu Zugbelastung und im unteren Bereich zu Druck. Nach ALEXANDER 1989.

In Abbildung 2-1 treten die höchsten Belastungen am Fixpunkt auf, also an der äußersten linken Seite. Generell gilt: Auf die Querschnittsfläche XX wirkt die Kraft F im Abstand x und erzeugt dadurch ein Drehmoment. In Abbildung 2-1 ist XX nicht als Fläche sondern zweidimensional dargestellt (X). Die angreifende Kraft F ist in Abbildung 2-1 als Vektor gekennzeichnet. Das Drehmoment (Fx) wird, dem Hebelgesetz entsprechend, entweder durch eine

stärker werdende Kraft (F) oder durch einen längeren Lastarm (x) erhöht. Z stellt das Widerstandsmoment dar und beschreibt den Widerstand, den ein Körper mit gegebenem Querschnitt einer bestimmten Belastung entgegenbringt. Die Geometrie des Querschnitts ist dabei maßgeblich für das Widerstandsmoment Z , wobei die Geometrie sowohl Größe als auch Form der Querschnittsfläche einschließt. Die auftretende Zugkraft in Abbildung 2-1d beträgt im oberen Bereich $+Fx/Z$. Die Druckkraft im unteren Bereich beträgt $-Fx/Z$. Um ein Drehmoment zu erzeugen, muss sich der Tierkörper nicht zwangsweise in einer dynamischen Situation befinden. Bereits im Stehen ist der Tierkörper Biegebelastungen ausgesetzt, die vor allem von seiner Masseverteilung und vom Masseabstand mitbestimmt werden (PREUSCHOFT & CHRISTIAN 1999).

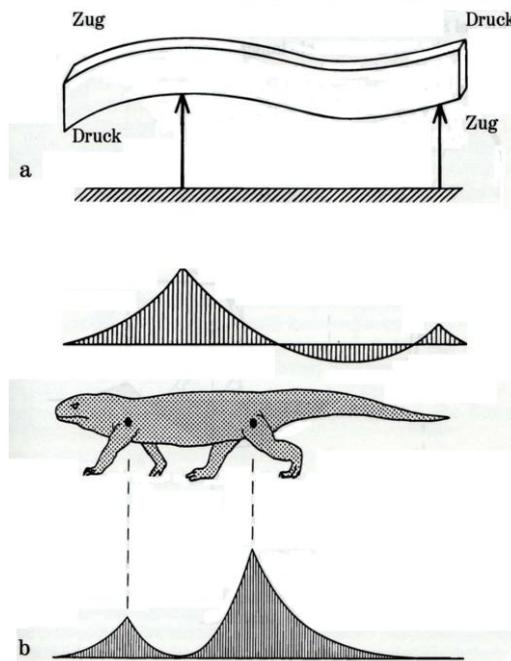


Abbildung 2-2: a) Ein Balken verformt sich unter dem Einfluss seines Gewichtes an der linken Unterstützung folgendermaßen: am oberen Rand kommt es zu einer Dehnung, am unteren zu einer Kompression. Zwischen den Unterstützungen findet oben eine Kompression und unten eine Dehnung statt. Die einzelnen Biegemomente im Balken finden sich darunter dargestellt. b) Biegemomente entlang der Körperachse an einem Waran. An Schulter und Becken treten positive Momente auf und wölben den Körper nach oben. Zwischen den Gliedmaßen tendiert der Körper nach unten durchzuhängen, ohne dass negative Werte auftreten. (verändert nach PREUSCHOFT & CHRISTIAN 1999).

Die Gewichtskraft des Tierkörpers führt zu Biegemomenten zwischen den einzelnen Wirbelkörpern und somit zur Verbiegung des Rumpfes (Abbildungen 2-2b und Abbildung 2-3). Die-

sen Biegemomenten wird durch nuchale und abdominale Muskulatur, sowie durch Ligamente entgegengewirkt, so dass ein Momentengleichgewicht erreicht und der Körper stabilisiert wird.

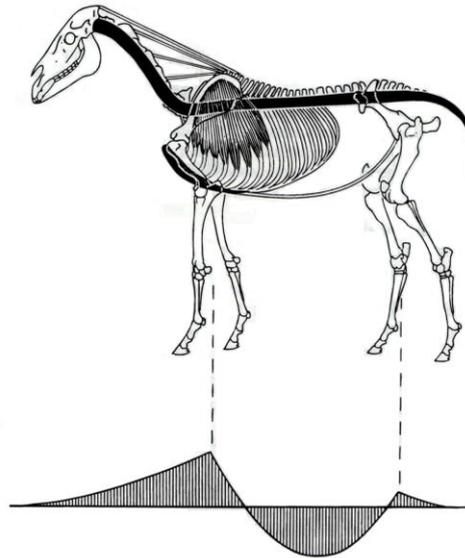


Abbildung 2-3.: Biegemomente entlang der Körperachse des Pferdes. Das Gewicht des Kopfes erhält durch die Länge des Halses einen langen Hebelarm und führt zu hohen Biegemomenten in Schulterhöhe. Diesen wird durch druckfestes Gewebe entgegengewirkt (aus PREUSCHOFT & CHRISTIAN 1999) .

Das Gewicht eines Tieres wirkt nicht nur auf den Boden, sondern ebenfalls vom Boden zurück auf den Tierkörper.

„Die (Gewichts-)Kraft, die von einem Tierkörper gegen die Unterlage ausgeübt wird, ruft am Substrat als Reaktion Druck gegen die Extremitäten hervor. Dazu kommen begrenzte oberflächenparallele Kraftkomponenten (vor- und rückwärts, seitwärts), die mittels «Reibung» auf den Tierkörper übertragen werden.“ (PREUSCHOFT ET AL 1994)

Die angreifende Kraft ist vom Gewicht abhängig. Große Landwirbeltiere, die im Verhältnis weniger Kraft zu Verfügung haben ihr eigenes Gewicht zu halten (vgl. Kapitel 2.2), zeigen vermehrt eine gestreckte Extremitätenhaltung. Hierdurch werden die Lastarme gering gehalten (BIEWENER 2005). ALEXANDER (1989) zeigt, welche Kräfte an Autopodium und Zygopodium (hier Fuß und Tibia) während eines Laufes auftreten können (siehe Abbildung 1-4) und ergänzt die oben geschilderten Grundüberlegungen zur Statik um dynamische Komponenten.

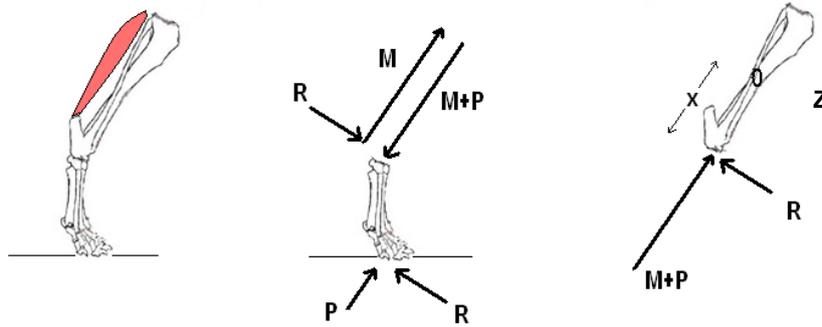


Abbildung 2- 4. a) Schematische Darstellung des Autopodiums und Zygopodiums eines Hundes. Rot eingezeichnet ist der Musculus gastrocnemius. b) Auf den Fuß einwirkende Kräfte: P und R sind Komponenten der Bodenreaktionskraft, wobei P parallel zur Tibia wirkt und R im rechten Winkel zu dieser. M ist die Muskelkraft. Da P und M parallel der Tibia nach oben wirken, übt die Tibia selbst eine Gegenkraft M+P aus. Um die nach hinten gerichtete Kraft R auszugleichen, geht von der Tibia eine entgegengerichtete Kraft R aus. c) Kräfte, die in der Tibia im Abstand x an der Querschnittsfläche auftreten (verändert nach ALEXANDER 1989).

Abbildung 2-4 demonstriert eine Momentaufnahme. Die auftretenden Kräfte können je nach Zeitpunkt und abhängig von positiver oder negativer Beschleunigung unterschiedlich sein. Die auftretende Bodenreaktionskraft bewirkt eine Rotation des Fußes gegen den Uhrzeigersinn, wenn nicht durch Muskelkraft ein Momentengleichgewicht hergestellt wird. Die Bodenreaktionskraft kann in zwei Teilkomponenten (R und P) zerlegt werden, wobei R im rechten Winkel und P parallel zur Tibia verläuft. Beide Kräfte wirken auf die Sohle, die entgegengewirkende Muskelkraft M greift am Fersengelenk an. Somit wirken M und P parallel aufwärts der Tibia und R im rechten Winkel in caudaler Richtung (ALEXANDER 1989).

Alle drei Kräfte rufen in der Tibia wiederum Gegenkräfte hervor. Der Querschnitt A besitzt das Widerstandsmoment Z im Abstand x. Das Widerstandsmoment Z ist abhängig von der Geometrie des Querschnittes im Abstand x. Die Kräfte (M + P) alleine bewirken die Druckkraft:

$$-(M+P)/A$$

Kraft R alleine bewirkt das Drehmoment Rx und führt zur Belastung $-Rx/Z$ bis $+ Rx/Z$. Die Gesamtbelastung innerhalb der Tibia ist $-(M + P)/A + Rx /Z$ auf der einen Seite bis $-(M + P)/A - Rx/Z$ auf der anderen Seite (ALEXANDER 1989).

2.2 Das allometrische Grundproblem

Die Kraft, die ein Muskel, eine Sehne, ein Ligament oder ein Knochen maximal erzeugen bzw. aushalten kann, hängt nicht von der Länge des jeweiligen Elements ab, sondern von dessen physiologischem Querschnitt (BIEWENER 1983, ALEXANDER 2003, HILDEBRANDT & GOSSLOW 2004).

Um die biomechanischen Konsequenzen großer Tierkörper zu verstehen, bedarf es eines einfachen Gedankenexperiments (nach CHRISTIAN 2000). Man stelle sich zwei Tiere vor, die sich im inneren Aufbau und auch in ihrer äußeren Erscheinungsform exakt gleichen, bis auf den Unterschied, dass eines der beiden Tiere genau doppelt so lang ist wie das andere. Solch ein Tier besäße alle Muskeln, Knochen etc. von doppelter Länge und Dicke. Trotz der unterschiedlichen Längendimension befinden sich die Tiere in geometrischer Ähnlichkeit (vgl. ALEXANDER 2002, KARDONG 2002, HILDEBRAND & GOSLOW 2004)

Die Elemente zur Krafterzeugen bzw. -übertragung oder zum Kraftwiderstand hängen, wie eingangs erwähnt, vom Querschnitt der jeweiligen Struktur ab. Die Querschnittsflächen sind bei dem großen Tier um das Vierfache größer. Das Tier ist in der Lage, viermal so große Zug- und Druckkräfte zu erzeugen. Das Gewicht eines Körpers hängt von dessen Volumen ab, und dieses wächst mit der dritten Potenz seiner Länge. Das doppelt so lange Tier ist demnach achtmal so schwer wie sein halb so großes Pendant.

Das biomechanische Problem großer Tierkörper wird an dieser Stelle evident, denn die Körperkraft steigt mit zunehmender Größe langsamer als die Gewichtskraft, bzw. als die Masse des Tieres.

Das bedeutet, ein geometrisch ähnliches Tier doppelter Größe ist, bezogen auf sein Körpergewicht, nur halb so stark. Das allometrische Grundproblem wird im Laufe dieser Arbeit

mehrfach aufgegriffen werden. Die Formeln zur steigenden Gewichtskraft und Muskelkraft werden daher noch einmal gesondert hervorgehoben.

Der Muskel- bzw. Knochenquerschnitt (**A**) ändert sich mit dem Quadrat der Länge.

$$A = K_1 \times L^2 \text{ bzw. } \emptyset \sim L^2 \quad (\text{Gl. 2.3})$$

Das Volumen (**V**) eines Körpers ändert sich mit der dritten Potenz seiner Länge.

$$V = K_2 \times L^3 \text{ bzw. } V \sim L^3 \quad (\text{Gl. 2.4})$$

Tiere müssen permanent mit ihrem eigenen Körpergewicht umgehen, sei es in statischen Situationen oder in dynamischen Bewegungen. Die Kräfte, die auf den Körper einwirken, werden in entscheidendem Maße durch die eigene Körpermasse mitbestimmt. Das allometrische Grundproblem, dem jedes Tier ab einer bestimmten Masse begegnet, ist, dass die zur Verfügung stehende Muskelkraft um das eigene Körpergewicht zu tragen langsamer ansteigt als das zu tragende Körpergewicht.

Folglich bedeutet ein hohes Körpergewicht durch isometrische Skalierung, dass schwere Tiere Probleme bekommen, ihr eigenes Gewicht zu tragen bzw. mit den hervorgerufenen Kräften umzugehen. Hohe Körpermassen müssen sich sowohl anatomisch als auch verhaltensbiologisch bemerkbar machen.

Möglichkeiten der Tiere Größeneffekte zu kompensieren

Die geschilderten Kraftprobleme, die bei geometrisch ähnlicher Skalierung auftreten, erklären weshalb unterschiedlich große Tiere in der Natur tatsächlich nicht geometrisch ähnlich sind. BIEWENER (1983) sowie PREUSCHOFT & CHRISTIAN (1999) weisen darauf hin, dass das mit zunehmender Größe eintretende Kraftproblem in der Natur mehrfach gelöst wurde. Folgende Möglichkeiten finden sich oft auch in Kombination (vgl. hierzu CHRISTIAN 2000):

1. Die Hebelverhältnisse zwischen Muskelhebeln (Innere Hebel) und zu äußeren Kräften gehörenden Hebeln an den jeweiligen Gelenken verschieben sich mit zunehmender Körpergröße zugunsten der Muskelhebel.
2. Große Tiere nutzen kraftsparendere Bewegungsweisen als kleinere Tiere.

3. Große Tiere besitzen auf ihre Körperlänge bezogen dickere Muskeln, Sehnen, Bänder und Knochen als kleinere Tiere.

2.3 Körpergrößenbedingte Anpassungen von Wirbeltieren

Bei der Betrachtung der tatsächlich zu findenden Lösungen im Umgang mit dem allometrischen Problem, zeigt sich, dass alle beschriebene Möglichkeiten (vgl. Kapitel 2.2) genutzt werden. Aufschlussreich ist neben Säugetieren auch die Betrachtung schwerer Reptilien. Für Säugetiere finden sich vor allem die folgenden beiden Möglichkeiten umgesetzt:

- a) Hebelarme werden dahingehend verändert Drehmomente zu reduzieren (siehe 2.3.1)
- b) Weniger kraftaufwendige Gangarten werden genutzt (siehe 2.3.2)

Bei Reptilien finden sich erkennbar dickere Extremitäten bei steigender Körpermasse. Diese deuten bis an eine Massegrenze von ca. 23 kg (*Varanus komodoensis*) auf die Umsetzung der letzten Möglichkeit hin (vgl. hierzu CHRISTAN 2000):

- c) Die Muskelmasse nimmt zu, um mit der Gewichtskraft umzugehen (siehe 2.3.3)

2.3.1 Veränderung der Hebelverhältnisse

Prinzipiell existieren zwei Möglichkeiten Hebelverhältnisse anatomisch zu verändern (BIEWENER 1983). Zunächst können die Hebelarme der Muskelkräfte vergrößert werden. Dafür müssen sich breitere Gelenkfläche entwickeln, die mit einer Vergrößerung des Knochen durchmessers korrelieren können. Zusätzlich kann die Knochenmorphologie adaptiert werden und zur Bildung von *Tuberculae* (Knochenvorsprünge) führen, um die Sehnen eines Muskels über einen weiteren Abstand zum Gelenk laufen zu lassen.

Eine zweite Möglichkeit ist es die Hebelarme derjenigen Kräfte, die von außen auf den Tierkörper einwirken, zu minimieren. Von großer Bedeutung sind dabei vor allem die Bodenreaktionskräfte (BRK), die mit dem Untergrund ausgetauscht werden sobald eine Extremität aufgesetzt wird. Durch eine Streckung der Extremitäten ist es möglich, die Hebelarme der äußere-

ren Kräfte an den Gelenken zu reduzieren. Die Bodenreaktionskräfte verlaufen dadurch dichter entlang der Gelenke. Die Tendenz bei höherem Gewicht bzw. bei zunehmender Körpergröße die Extremitäten zu strecken ist in der gesamten Zoologie nachweisbar.

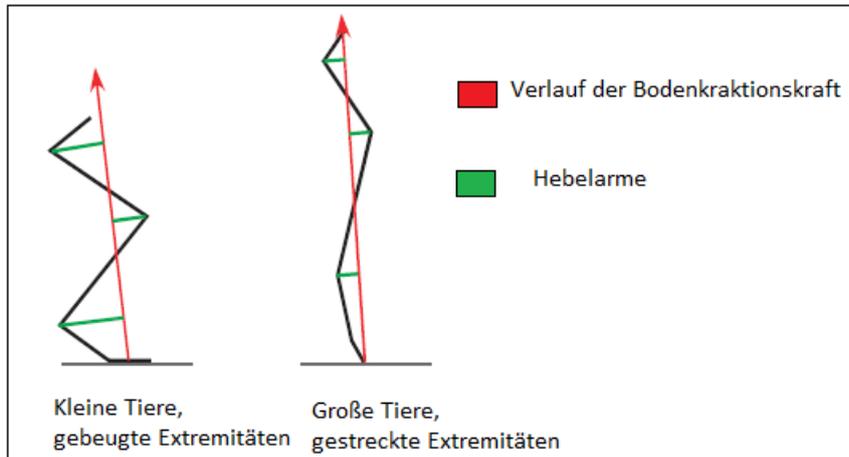


Abbildung 2-5. Durch Streckung der Extremitäten erreichen große Tiere verhältnismäßig kleinere, äußere Hebel (grün) über welche die BRK (rot) an den Gelenken angreift (verändert nach BIEWENER 2005).

Die Extremitätenknochen kleiner *Rododentia* stehen meist in spitzen Winkeln zueinander (vgl. hierzu auch FISCHER ET AL. 2002, WITTE ET AL. 2002). Im Gegensatz dazu finden sich bei großen Tieren, wie Giraffen (*Giraffa camelopardis*) fast gestreckte Extremitäten. Die Extremitätenknochen der *Elephantidae* liegen nahezu senkrecht übereinander. In der Natur findet sich so gut wie immer eine Kombination beider Möglichkeiten die Hebelverhältnisse zu Gunsten der Muskelhebel zu verlagern. Die Körperhaltung ist demnach als Anpassung an die BRK zu verstehen (WILLIAMS ET AL. 2009). Äußere Kräfte sind an der Haltung und dementsprechend an den Bewegungen eines Tieres zu erkennen. Nach BIEWENER (2005) finden ab einer Gewichtsgrenze von 300 kg neben der Gliedmaßenstreckung zusätzliche Anpassungen, in Form einer ausgeprägteren Skelettallometrie und reduzierter Lokomotionsfähigkeit statt.

Anatomische Anpassungen an Belastungen abhängig von Gewicht und Bewegungsform lassen sich funktionsmorphologisch aber auch stammesgeschichtlich nachvollziehen. Der strukturelle Vergleich des Schultergürtels und des Beckens der Taxa *Reptilia* und *Mammalia* zeigt dies deutlich und gibt Hinweise darauf, wie sehr sich die Körpergröße und Bewegungsform auf den jeweiligen Organismus auswirken (siehe Kapitel 2.3.3).

2.3.2 Lokomotionsarten verschieden großer Vertebraten

Neben einer Querschnittsvergrößerung kraftaufnehmender Strukturen und der Streckung der Extremitäten, um äußere Hebel zu reduzieren, findet sich eine weitere Anpassung großer Tiere an auftretende äußere Kräfte. Die dritte Möglichkeit für große Tiere mit zunehmendem Gewicht umzugehen ist kraftaufwändige Lokomotionsarten zu vermeiden.

Flugphasen und Auslenkwinkel

Kleine Tiere können sich Lokomotionsformen mit ausgeprägten Flugphasen während eines Bewegungszyklusses erlauben (PREUSCHOFT ET AL. 1994, PREUSCHOFT & CHRISTIAN 1999, HILDEBRAND & GOSLOW 2004). Diese Flugphasen führen zu hohen Fortbewegungsgeschwindigkeiten. Die auftretenden Spitzen der Bodenreaktionskräfte werden durch stark gewinkelte Extremitäten reduziert, ähnlich einem Gummiball, der durch seine Elastizität sanft abgebremst wird. Die relative Stützzeit eines Fußes, also der Zeitanteil während dessen der Fuß im Verlaufe eines Zykluses den Boden berührt, kann somit erhöht werden.

Erst bei sehr schneller Fortbewegung sind die relativen Stützzeiten und die damit verbundenen Bodenreaktionskräfte deutlich höher als bei großen Läufern. Selbst bei kleinen Tieren erfordert eine solche Gangart vergleichsweise hohe Muskelkräfte (CHRISTIAN 2000). Gangarten mit langen Flugphasen sind prinzipiell kraftaufwändiger, da über die Zeit das Integral der Bodenkräfte gleich dem Körpergewicht des Tieres sein muss (CHRISTIAN 1993, 1994). Große Tiere halten daher ihre Flugphasen kurz und erreichen bei Elefanten eine Häufigkeit von Null. Elefanten halten während der Fortbewegung permanent Kontakt zum Boden, eine Gangart wie *Galopp* kommt bei ihnen nicht vor. BIEWENER (1983) beschreibt eine generelle Reduktion der Spitzenkräfte durch eine quadrupede verlängerte Unterstützungsphase.

Weitere Adaptionen der Bewegung, die während der Lokomotion großer Tiere auftreten, sind die Verminderung der Auslenkwinkel ihrer Beine, um die Hebelarme zu reduzieren sowie die Verminderung des Grades der Biegung der *Columna vertebralis* (HILDEBRAND & GOSLOW 2004, PREUSCHOFT & CHRISTIAN 1999). Beide Maßnahmen tragen zu einer Reduktion der Spitzenbelastungen des Stütz- und Bewegungsapparates bei. CHRISTIAN (2000) vermutet, dass große Dinosaurier wie Vertreter der *Sauropoda* nur zu Gangarten in der Lage waren, bei denen immer zwei eventuell sogar drei Füße zeitgleich den Untergrund berührten.

Diese Einschränkungen während der Lokomotion, denen große Tiere unterworfen sind, führen insgesamt zu einem Abfallen der maximalen Fortbewegungsgeschwindigkeit bei großen Tieren. Tabelle 2-1 zeigt diesen Zusammenhang.

Tabelle 2-1: *Höchstgeschwindigkeiten verschiedener Säugetiere nach GARLAND (1983)*

Tier	Körpermasse (kg)	Höchstgeschwindigkeit (km/h)
Hausmaus	0,016	13,1
Kängururatte	0,035	32
Eichhörnchen	0,4	20
Grauhörnchen	0,5	30
Zieselmaus	0,6	36
Europäisches Wildkaninchen	1,5	56
Europäische Feldhase	4,0	72
Fuchs	6,0	72
Afrikanischer Wildhund	20	70
Thomsongazelle	20	81
Springbock	34	97
Hirschziegenantilope	37	100
Gepard	55	110
Damhirsch	80	65
Ren	120	80
Tiger	230	56
Rothirsch	300	72
Kaffembüffel	750	52
Giraffe	1000	60
Spitzmaulnashorn	1400	45
Breitmaulnashorn	3000	25
Asiatischer Elefant	4000	26
Afrikanischer Elefant	6000	35

Ausgehend von den kleinsten aufgeführten Tieren steigt die maximale Sprintgeschwindigkeit zunächst mit der Körpergröße an. Kleine *Mammalia*, aber auch nicht in Tabelle 1-2 enthaltene schnelle Echte Eidechsen (*Lacertidae*) von einigen 10 Gramm, erreichen Geschwindigkeiten von 10 bis 30 km/h. Hasen (*Leporidae*) erreichen bereits Geschwindigkeiten von 70 km/h. Tiere von einigen 10 kg, wie beispielsweise der Gepard (*Acinonyx jubatus*) und Antilopen, erreichen Spitzenwerte von bis zu 100 km/h und liegen mit ihrem Gewicht offenbar im Optimum.

Die Gründe für die höheren erreichbaren Geschwindigkeit liegen vermutlich biomechanisch an der Länge der Beine, die längere Hebel für die Fortbewegung nutzbar machen. Noch grö-

Bere Tiere weisen dann wiederum niedrigere Maximalgeschwindigkeiten auf. IRIARTE-DIAZ (2002) zeigt, dass der Zusammenhang zwischen lokomotorischer Leistung, gemessen als relative Maximalgeschwindigkeit und Körpermasse nicht linear sondern allometrisch ist. Dabei findet sich vor allem ab einer Masse von 30 kg ein signifikanter Bruch in den ermittelten Exponenten (IRIARTE-DIAZ 2002). Pferde (*Equidae*) erreichen nach GARLAND (1983) maximale Geschwindigkeiten, die denen von Hasen (*Leporidae*) entsprechen. Der Vorteil zunehmender Beinlänge wird beim Überschreiten der optimalen Gewichtskategorie durch die Körpermasse und die damit verbundenen Einschränkungen in den Gangarten und der Beweglichkeit überlagert. Der Sauropode *Brachiosaurus* wird vermutlich aufgrund seiner Masse von 30 t trotz einer Schulterhöhe von 6,1 Metern höchstens eine Maximalgeschwindigkeit 20 km/h erreicht haben (CHRISTIAN 2000).

Beschleunigung

Die kleinen Säugetiere, denen eine geduckte Körperhaltung energetisch und biomechanisch keine Probleme bereitet, nutzen eine solche Haltung der Extremitäten um ein hohes Beschleunigungspotential aufzubauen (PREUSCHOFT & CHRISTIAN 1999, WALTER & CARRIER 2007). Zudem erlaubt eine geduckte Haltung eine hohe Geländegängigkeit, da der Körperschwerpunkt leichter in der Unterstützungsfläche gehalten werden kann, so dass das Tier sein Gleichgewicht halten kann. Für den Untersuchungsgegenstand dieser Arbeit interessant, ist die Vermutung von WALTER & CARRIER (2009), dass die Beschleunigung ein wichtiges Element innerhalb von Kämpfen sein muss.

Die gestreckten Extremitäten großer Tiere limitieren die lokomotorische Leistungsfähigkeit gegenüber kleineren Tieren und machen das Tier für instabile Positionen anfälliger, da der Körperschwerpunkt leichter aus der eigenen Unterstützungsfläche kippt.

Die gestreckten Extremitäten ergänzt um die ungünstigen Kraftverhältnisse münden darin, dass große Tiere ihre Gangarten weniger frei wählen können als kleinere Formen. Das oben erwähnte Beschleunigungspotential kleiner Tiere geht den großen dadurch verloren, dass sich mit der Streckung einer Extremität die zur Verfügung stehende Beschleunigungsstrecke reduziert. Dies führt zu Problemen beim Springen, dessen Grundlage Beschleunigung ist. Zudem würden gestreckte Extremitäten bei einer anschließenden Landung durch die auftretenden hohen Kräfte zu Schädigungen der Gelenke führen.

Zu erzielende Sprunghöhen und- weiten hängen von dem Verhältnis zwischen der Energie, welche ein Tier seinem Körper beim Absprung mitgeben kann, und seiner Körpermasse ab (HILDEBRAND & GOSLOW 2004). Diese Energie wird von der Muskulatur aufgebracht und in Bewegungsenergie umgewandelt. Sie ist proportional zur Muskelmasse.

Diese Proportionalität zeigt, dass der Anteil an Muskelmasse, die für einen Sprung aktiviert werden kann, unabhängig von der Größe des Tieres gleich ist. Es darf anhand dieser Energiebetrachtungen erwartet werden, dass die Leistungen gemessen in absoluten Sprungweiten und -höhen bei unterschiedlich schweren Tieren ähnlich sind. Werte über Sprungweiten und -höhen von Tieren unterschiedlichen Gewichtes finden sich bei HILDEBRAND & GOSLOW (2004) und unterstützen diese Vermutung. Die Windreibung ist erst bei sehr kleinen Tieren von typischer Insektengröße hinderlich.

PREUSCHOFT ET AL. (1996) weisen darauf hin, dass tatsächlich die größten horizontalen Sprungweiten ganz verschieden großer Primaten in der Regel in dem selben Bereich von drei bis fünf Metern liegen. Auch andere Tiergruppen beispielsweise Anura lassen keinen deutlichen Zusammenhang zwischen Körpergröße und Sprungweite erkennen. Es gilt jedoch zu beachten, dass sich bei einem Gesamtvergleich zwischen an landlebenden Vertebraten vom kleinsten *Anura*-Vertreter bis hin zu den größten *Mammalia* eine Gewichtsklasse hervorhebt. Unter den sprunggewaltigsten Tieren finden sich vor allem mittelgroße bis große Tiere, wie beispielsweise Antilopen oder Raubkatzen.

Um die benötigte Beschleunigungsstrecke der Gliedmaßen zu erhöhen, finden sich bei Sprungspezialisten unter den kleineren Tieren vor allem solche mit relativ langen Beinen. Die Strecke, die sich durch Summieren der einzelnen zu streckenden Abschnitte einer Extremität ergibt, stellt die Beschleunigungsstrecke der jeweiligen Extremität dar und kann durch Bewegung im *Pars lumbalis* zusätzlich verlängert werden. Theoretisch findet sich bei großen Tieren und ihren langen Beinen eine vorhandene Strecke zur Beschleunigung. Diese kann jedoch aufgrund des oben geschilderten Kraftproblems nicht effektiv genutzt werden. PREUSCHOFT weist darauf hin, dass die Sprungweiten eher aufgrund eines Kraft- und Leistungsproblems limitiert werden (PREUSCHOFT ET AL. 1994, PREUSCHOFT & CHRISTIAN 1999). Ein optimaler Bereich für das Springen liegt zwischen dem Limit kurzer Beine und dem Kraftlimit bei großen Tieren und erklärt weshalb hier vor allem mittelgroße bis große Tiere auffallende Leistungen erbringen.

Die funktionsmorphologischen Untersuchungen der letzten Jahrzehnte ermöglichen mittlerweile funktionsfähige Modelle von Bewegungen (vgl. hierzu BLICKHAN 1988), die über die Grundlagenforschung hinaus auch Einsatz in der Robotik und anderen angewandten Forschungsfeldern finden. Diese Modelle beziehen sich jedoch auf gleichförmige Bewegungen und lassen sich bislang nicht auf chaotische Bewegungsformen wie beispielsweise Zweikämpfe übertragen.

2.3.3 Dickenzunahme kraftaufnehmender Strukturen

Dass bei großen Tieren die krafterzeugenden bzw. kraftaufnehmenden Strukturen eine Dickenzunahme aufweisen, ist zwar messbar, jedoch selten deutlich zu erkennen. Ein deutlicher Effekt ist erst bei einem direkten Vergleich der Langknochen (*Ossa longa*), wie Humerus oder Femur, bei erheblichen Größenunterschieden zu erkennen. CHRISTIAN (2000) vermutet, dass dieser kaum merkliche Effekt der Dickenzunahme gering bleibt, weil eine Dickenzunahme bei Knochen ein gleichzeitiges Anwachsen der Körpermasse bedeuten würde. In gewissem Maße würde dies zu einer Situation führen, die ihrem eigenen Nutzen entgegenwirken würde. GARCIA & DA SILVA (2004) stellen ein Modell vor, das Skalierungszusammenhänge zwischen Knochenquerschnitt und -länge zu Axial- und Transversalkomponenten der auf sie einwirkenden Kraft, beschreibt. Im gleichen Jahr fand eine Verfeinerung dieses Modells durch HUTCHINSON (2004) statt.

Evolute Schritte in der Anatomie des Schultergürtels und des Beckens von Reptilien zu Säugetieren

Komodowarane besitzen relativ zu ihrer Körpermasse dickere Extremitäten als leichte Reptilien. Das Körpergewicht eines Komodowarans kann bei einer durchschnittlichen Körpermasse von 23 kg noch durch eine Zunahme an Muskelmasse kompensiert werden. Reptilien, die schwerer als Komodowarane sind, können den für Reptilien typischen Spreizgang nicht mehr aufrecht erhalten, da eine Dickenzunahme der Muskeln das Gewicht nicht mehr auszugleichen vermag. Innerhalb der Evolution zeigt sich dies zum einen in der Umstrukturierung des Schulter- und Beckengürtels beim Übergang von Reptilien zu Säugetieren und bei dem Verschwinden des Spreizganges bei Dinosauriern.

Im Laufe der Evolution haben sich vor allem die Anatomie des Schultergürtels sowie die des Beckens verändert, um auftretenden Kräften durch Gewichtszunahme zu begegnen. Der Schultergürtel der primitiven *Tetrapoden* findet bis zu den Reptilien kaum eine merkliche Veränderung (STARCK 1979). Beginnend mit den *Archosauriern*, und vor allem bei den Säugetieren, finden sich allerdings Adaptionen, die in enger Verbindung mit dem höherem Körpergewicht stehen.

Bei den meisten Reptilien finden sich Oberschenkel und Oberarm in einem rechten Winkel zur Körperlängsachse stehend. Die Belastung der Extremitäten durch die Gewichtskraft des Tierkörpers ist bestrebt den Rumpf Richtung Boden zu drücken. Dieser Tendenz folgend würde der Winkel zwischen Streckseite des *Stylopodiums* und dorsaler Körperwand verkleinert und würde effektiv zum Durchhängen des Rumpfes führen (vgl. PREUSCHOFT & CHRISTIAN 1999).

„Bei Reptilia spannt sich zwischen Procoracoid und *Proc. lateralis humeri* der *M. supracoracoideus* aus. Er adduziert den Humerus und verhindert ein Absinken des Rumpfes bei Spreizstellung der Gliedmaßen. Der entscheidende Evolutionsschritt, der von Reptil-Zuständen zu den Verhältnissen bei Säugetieren führt, ist in der Stellungsänderung der Extremitäten zu sehen.“ (STRACK 1979)

Einer Belastung durch die eigene Gewichtskraft wirken Muskelverspannungen entgegen. Bei den Reptilia findet sich der *M. supracoracoideus*, der sich zwischen *Procoracoid* und *Proc. lateralis humeri* spannt. Nach STARCK (1979) bedeutet die typische Säugerstellung der Extremitäten, dass im Laufe der Evolution die Gliedmaßen unter den Rumpf gedreht wurden. Hierdurch ändert sich die Form der Belastung entscheidend (vgl. Kapitel 1.4.2).

„Die Rumpflast ist jetzt bestrebt, das Schultergelenk in der Weise einzuknicken, daß der nach hinten offene Winkel zwischen Humerus und Scapula verkleinert wird [...].“ (STARCK 1979)

Es wird dementsprechend eine Verspannung vor der Schulter benötigt, die als kräftiger Protractor für den Humerus dient. Bei einer säugerähnlichen Extremitätenstellung verliert eine ventrale Verspannung um die Gewichtskraft des eigenen Körpers zu halten durch *M. supracoracoideus* offenbar an Relevanz. Tatsächlich löst sich bei Säugern der Muskel von der Coracoidplatte (STARCK 1979).

„Der Muskel löst sich bei Säugetieren von der Coracoidplatte und schiebt sich mit seinem Ursprung auf die Außenfläche der Scapula vor und wird nun als *M. infraspinatus* bezeichnet.“ (STARCK 1979)

Diese Umstellung, welche durch Stellungsänderung der Extremitäten notwendig wurde, ist offensichtlich der Grund für die Rückbildung der ganzen Coracoidplatte. Der eigentliche Protraktor *M. supraspinatus* differenziert sich erst sekundär als zweiter Muskel aus dem einheitlichen Blastem. *M. supraspinatus* benötigt eine Ursprungsfläche, weshalb sich die craniale Randpartie der alten Scapulaplatte verbreitert hat (STARCK 1979).

Auch am Becken der Reptilia finden sich spreizgangspezifische, anatomisch notwendige Strukturen. Der bei Reptilien kräftig ausgebildete *M. iliofemoralis* besitzt eine hohe Relevanz als Abduktionsmuskel, um die Hüft stabil zu halten. Er zieht von der Platte des *Iliums* direkt über das Hüftgelenk nach lateral zum *Femur*. Seine zusätzliche Bedeutung neben der Hüfthalterung für die Lokomotion beschreibt STARCK (1979).

„Die caudalen Anteile des Muskels entspringt postacetabulär, so daß der Muskel den Oberschenkel auch nach hinten ziehen kann. Er hat daher auch eine beträchtliche Wirkkomponente beim Vorwärtsschieben des Rumpfes. (STARCK 1979)“

Ähnlich wie beim Schultergürtel ist eine Veränderung der Beckenkonstruktion beim evolutionären Schritt vom Spreizgang hin zur Extremitätenhaltung der Säuger zu erwarten. Durch die Drehung der Beine unter den Rumpf wird der Oberschenkel nun fortwährend in parasagitaler Ebene um die quere durch den Hüftkopf verlaufende Achse bewegt (STARCK 1979). Im Zusammenhang damit tritt auch hier eine Umlagerung der Muskulatur und eine damit verbundene Funktionsumstellung ein (STARCK 1979).

Aus dem *M. iliofemoralis* [der Reptilia] geht [bei den Mammalia] die Gruppe der *Mm. glutei* hervor. Diese entspringen präacetabulär von der Dorsalseite des *Iliums*. Ihr Ansatz konzentriert sich im proximalen Drittel des *Femurs* und kann hier als Trochanter[...] deutlich markiert sein. (STARCK 1979)“

Die *Mm. glutei* stellen vor allem bei quadrupeden Säugern wichtige Streckmuskeln des Hüftgelenks dar. Sie verlaufen bei den Säugern schließlich von rostral-dorsal nach caudal zum *Femur* und ziehen das proximale Femurende nach dorsal-cranial, das distale Femurende jedoch nach ventral und caudal (STARCK 1979). Die wichtige Rückwärtsführung des *Femurs*

zieht die gesamte Gliedmaße nach sich. Aufgrund der großen Kräfte, welche die *Mm. glutei* entfalten können, kommt ihnen eine große Bedeutung bei der Vorwärtsbewegung des Säugerrumpfes zu (STARCK 1979).

Die Betrachtung der anatomischen Unterschiede der Taxa Reptilia und Mammalia in Bezug auf ihre differenten Lokomotionsarten zeigen wie sehr Körpergröße, Körperkonstruktion und Fortbewegung einander bedingen. Genaue anatomische Betrachtungen zeigen, durch welche Entwicklungsschritte Anpassungen bei Säugetieren bezüglich des Umgangs mit hohem Körpergewicht ermöglicht wurden. Die entwicklungsgeschichtlichen Unterschiede zwischen nahe verwandten Taxa wie *Reptilia* und *Mammalia* sind für eine funktionsmorphologisches Verständnis der Adaptionen ebenso wichtig wie der anatomische Vergleich verschieden schwerer Arten innerhalb eines Taxons.

2.4 Allometrien bei Sportlern

Verglichen mit der großen Spannweite an Körpermassen innerhalb der Säugetiertaxons ist der Bereich, in dem das Körpergewicht menschlicher Sportler variiert, sehr eng. Die Betrachtung menschlichen Leistungsports zeigt, dass auch in engen Bereichen adulter Körpergrößen einzelner Arten Größeneffekte sichtbar werden.

Hinweise auf Größeneffekte zeichnen sich vor allem darin ab, dass Spitzenleistungen in einzelnen Sportarten häufig von Athleten erreicht werden, die sich morphologisch sehr ähnlich sind auch in ihrer Körpermasse (vergleiche hierzu Tabelle 2-2). Dieser Bereich ist von der jeweiligen Sportart abhängig und ist immer durch die Körperproportionen mitbestimmt. Einen fragwürdigen Höhepunkt eines Trends zum geringeren Gewicht, welches zu mehr sportlichem Erfolg führte, war das verbreitete Untergewicht bei Skispringern (vergleiche Tabelle 2-3). Die Öffentlichkeit erfuhr durch die Presse von Verdachtsfällen der Magersucht bei mehreren Skispringern. 2004 wurde diesem Trend durch die offizielle Einführung der „*BMI-Regel*“ (Bodymassindex-Regel) durch den internationalen Verband FIS entgegengewirkt. Andere Sportarten bei denen ein geringeres Gewicht direkt mit Spitzenleistungen korreliert, sind unter anderem Marathon und Hochspringen. Grundsätzlich darf ein geringes Gewicht nicht automatisch mit einer Pathologie in Zusammenhang gebracht werden. Die Daten der nachfolgenden Tabellen 2-2 und 2-3 stammen von den Homepages der Athleten oder sind die offizi-

ellen Angaben aus den Statistiken der nationalen (DLV) oder internationalen Verbände (IAAF).

Tabelle 2-2 Spitzenleistungen menschlicher Sportler und ihr BMI

Name	Leistungen	Größe in m	Gewicht in kg	BMI
Paula Radcliffe	Marathonweltrekordlerin, Weltmeisterin	1,73	54	18,0
Ingrid Kristiansen	Marathonweltrekordlerin, Weltmeisterin 80er	1,68	58	20,5
Grete Waitz	9x New York Siegerin, Weltmeisterin Marathon	1,69	49	17,2
Meseret Defar	Weltrekordlerin 3000m, Olympiasiegerin 5000m	1,55	45	18,7
Tirunesh Dibaba	Weltrekordlerin und Weltmeisterin 5000m	1,55	44	18,3
Deena Kastor	Weltjahresbeste Marathon 06, Olympia Silber	1,63	48	18,1
Liz McColgan	Weltmeisterin 10.000m 199, New York Siegerin	1,68	45	15,9
Paul Tergat	Marathonweltrekordler, vielfacher Weltmeister	1,82	62	18,7
Jaouad Gharib	Doppel Weltmeister Marathon	1,76	66	21,3
Haile Gebrselassie	Olympiasieger 5.000m, 10.000m, Weltrekordler	1,65	56	20,6
Robert de Castella	Marathonweltmeister	1,80	65	20,1
Daniel Kipchirchir Komen	Kenias Top 1500m Läufer, WM Silber Halle	1,75	50	16,3
Wilfred Bungei	4x Weltjahresbester 800m, WM Silber	1,78	64	20,2
Emil Zatopek	Lauflegende, mehrfacher Olympiasieger	1,74	70	23,1
Kipchoge Keino	Olympiasieger 1500m und 3000m Hindernis	1,75	66	21,6
Dieter Baumann	Olympiasieger 5000m	1,78	64	20,2
Carsten Eich	Deutscher 2:10 Marathonläufer	1,90	65	18,0
Yelena Yelesina	Olympiasiegerin Hochsprung	1,84	56	16,5
Blanca Vlasic	2x Junioren Weltmeisterin, Vize Weltmeisterin	1,93	75	20,0
Tia Hellebaut	Europameisterin Hochsprung	1,82	62	18,7
Venelina Veneva	Vize Europameisterin, Hochsprung	1,79	61	19,0
Kajsa Berquist	3x Weltmeisterin, Hochsprung	1,75	58	18,9
Stefka Kostadinova	Olympiasiegerin und Weltrekordlerin, Hochsprung	1,80	60	18,5
Yelena Slesarenko	Olympiasiegerin Hochsprung	1,79	54	16,9

Tabelle 2-3 Top-Skispringer und ihr BMI

Name	Leistungen	Größe in m	Gewicht in kg	BMI
Sven Hannawald	Vierschanzentournee Sieger, Einzelweltmeister	1,84	61	18,0
Martin Schmitt	Weltmeister Skispringen	1,79	63	19,7
Michael Uhrmann	Team Weltmeister, Olympiasieger Skispringen	1,81	63	19,2
Janne Ahonen	Weltmeister Skispringen	1,84	66	19,5
Andi Goldberger	Weltmeister Skispringen	1,72	56	18,9
Simon Ammann	Doppel-Olympiasieger	1,72	55	18,6
Andreas Küttel	mehrfacher Weltcup Sieger	1,80	60	18,5
Michael Uhrmann	Team Weltmeister, Olympiasieger Skispringen	1,81	63	19,3

In diversen Sportarten finden sich Hinweise, dass bei offenen oder fehlenden Gewichtsklassen die Spitzenleistungen von morphologisch ähnlichen Athleten erzielt werden. Tabelle 2-2 und 2-3 bestätigen diese Tendenzen. In Varianten herkömmlicher Kampfsportarten, die gewöhnlicher Weise in Gewichtsklassen unterteilt werden, finden sich die oben erwähnten Tendenzen.

Das *Schweizer Schwingen* ist eine Variante des Ringens, bei dem es keine Gewichtsklassen gibt. Über den Eidgenössischen Schwingerverband lassen sich Datenbanken der Schwinger einsehen, von denen ausgewählte Daten von 22 Schwinger in Tabelle 2-4 zu finden sind. Selbst bei nicht vorhandenen Gewichtsklassen zeigt sich ein enger Bereich (zwischen 87 kg und 120 kg), in dem sich die Variation der Körpermassen der Athleten bewegt, Streubreite = 33 kg.

Tabelle 2-4 Schweizer Schwinger: Körpergewicht und Turniersiege.

Gewicht in kg	Körpergröße in cm	Anzahl Turniersiege
120	188	81
110	181	35
110	189	42
125	193	38
102	180	58
100	184	26
100	176	16
98	185	13
115	194	94
104	190	62
120	187	22
96	182	45
121	186	9
113	199	17
106	186	50
114	185	55
115	196	47
104	184	23
105	191	60
105	193	51
87	180	10
103	190	22

Bemerkenswert ist, dass die Schwinger mit einer hohen Siegesquote auch ein vergleichbar hohes Gewicht erzielen (gelb hervorgehoben). Ebenso scheinen weniger Siege von denjenigen Schwingern erreicht worden zu sein, die verhältnismäßig leicht sind (blau hervorgehoben). Generell scheint es so zu sein, dass ein Körpergewicht von mehr als 100 kg die Erfolgsaussichten deutlich erhöht, und erfolgreiche leichte Athleten eher die Ausnahme bilden. Eine Erklärung für die obere Gewichtsgrenze von 120 kg kann nur Spekulation bleiben. Vermut-

lich wird oberhalb von 120 kg ein athletisches Vermögen überschritten, das neben der Gewichtskraft im Zweikampf eine Rolle spielt. Da es sich um eine Kampfsportart ohne Gewichtsbegrenzung handelt, scheint sich innerhalb des Reglement ein generell vorteilhafter Gewichtsbereich von 90 bis 120 kg eingestellt zu haben. Unterhalb von 90 kg scheint das eigene Körpergewicht keinen Kampfvorteil zu bringen, oberhalb von 120 kg scheint es hinderlich zu werden.

Andere Sportarten erhalten die Chancengleichheit unterschiedlich schwerer Athleten durch die Definitionen bestimmter Gewichtsklassen. Die in Kampfsportarten für selbstverständlich erachteten Gewichtsklassen allein reichen schon aus, Größeneffekte im Sport zu dokumentieren. In einem Boxkampf ohne Gewichtsklasse, in dem ein Athlet aus dem Superfliegengewicht gegen einen Schwergewichtsboxer antreten würde, würden die wenigsten auf den leichteren Athleten wetten. Aber auch der subjektive Eindruck der Zuschauer die Leichtgewichtskämpfe seien „zackiger“ dafür der Schwergewichtskampf aber spektakulärer, wenn denn mal richtig getroffen werde, zeigen, dass Größeneffekte in einem engen Gewichtsbereich wahrgenommen werden können.

Allometrien im olympischen Kampfsport

Untersuchungen im Bereich Kampfsport, an dieser Stelle fokussiert auf Judoka und Ringer, konzentrieren sich überwiegend auf einzelne Parameter, wie dem Körperfettanteil oder die Biometrie einzelner Muskelumfänge. NAZAR ALI ET AL. (2010) zeigen, dass sich ein zu hoher Körperfettanteil bei weiblichen Judoka negativ auswirkt, allerdings durch Techniktraining hinreichend ausgeglichen werden kann. FRANCHINI ET AL. (2005) beschreiben die negativen Auswirkungen eines zu hohen Körperfettanteils, der sich vor allem in schlechterer Balance und Flexibilität bei College-Judoka äußert. In einer weiteren Studie zeigt sich eine negative Korrelationen zwischen erhöhtem Körperfettanteil und ausführbaren Wurfaktivitäten über die Zeit im männlichen Team der brasilianischen Judomannschaft (FRANCHINI ET AL. 2007). Neben dem Einfluss des Körperfettes auf Kampfsportler widmen sich aktuelle Untersuchungen der Ausprägung und Leistung einzelner Muskelgruppen von Judoka und Ringern (vgl. WLADYSLAW ET AL. 2007, DRID ET AL. 2009). Neben morphologischen und morphometrischen Parametern finden sich Ergebnisse zu einzelnen Technikprinzipien. Das dynamische Gleichgewichtsbrechen (*Kuzushi*) im Judo wurde von WICK ET AL. (2009) systematisch untersucht.

Die Untersuchung von WICK ET AL.(2009) stellt jedoch keinen Bezug zu der Körpermasse der untersuchten Athleten her. Allen Untersuchungen gemeinsam ist, dass sie unter kontrollierten Bedingungen stattfanden.

Keine der Untersuchungen wurde in direkten Kampfsituationen durchgeführt. Demgegenüber stehen Untersuchungen, die zwar anhand echter Wettkämpfe erhoben wurden, morphologische Parameter wie die Körpermasse jedoch nicht mit einbeziehen. Hierzu zählen die Untersuchungen von GLAHN (1977/1978), der im Judo Taktiktypen identifizierte, oder von STARCK (2002), aus dessen Veröffentlichung hervorgeht, dass ein kontrolliertes Bedrängen des Gegners eine Grundvoraussetzung für einen Erfolg ist. In einer aktuellen Publikation von HEINISCH (2008) wurden deutsche Judoka in internationalen Wettkämpfen vor allem in Hinblick auf ihre Aktivität im Kampf analysiert. Auch hier findet sich kein Bezug zu den Körpermassen der untersuchten Athleten.

Ein allgemeiner Überblick über Sportleistungen und Gewicht der Athleten verdeutlicht, dass funktionsmorphologische Prinzipien im menschlichen Sport ebenso vorhanden sind wie bei allen anderen Wirbeltieren. In aktuellen Untersuchungen zum Judo und Ringen werden diese bisher wenig berücksichtigt.

3. Verhaltensbiologische Grundlagen

Kämpfe stellen eine der faszinierendsten Verhaltensweisen im Tierreich dar. Eine allgemeine Definition von Verhalten stellt die Wissenschaft immer wieder vor Probleme. Für den Zweck dieser Arbeit wird die Definition von KAPPELER (2009) als funktionell erachtet.

„Verhalten ist die Kontrolle und Ausübung von Bewegungen oder Signalen mit denen der Organismus mit Artgenossen oder anderen Komponenten seiner belebten und unbelebten Umwelt interagiert.“ (KAPPELER 2009).

Die Untersuchung von Verhaltensweisen kann auf vier verschiedenen Ebenen stattfinden, die erstmals von TINBERGEN (1963) benannt wurden.

1. Proximate Ursachen

Auf dieser Ebene werden die internen und externen Faktoren untersucht, die eine Verhaltensweise kontrollieren.

2. Entwicklung

Auf dieser Ebene werden Faktoren untersucht, die während der Ontogenese das Entstehen von Verhaltensweisen bestimmen.

3. Ultimate Funktion

Auf dieser Ebene wird untersucht, welche Folgen sich für das Überleben und die Fortpflanzung des Individuums ergeben, und welche Bedeutung die Adaption einer bestimmten Verhaltensweise hat.

4. Phylogenetischer Ursprung

Auf dieser Ebene wird untersucht, wie das Verhalten im Laufe der Stammesgeschichte entstanden ist.

Für die Untersuchungen in dieser Arbeit wurde vor allem der Schwerpunkt auf die Analyse des Gewichtes als proximate Ursache von Kampfbewegungen gelegt.

3.1 Kämpfe bei Säugetieren

3.1.1 Kommentkämpfe

Eine besondere Form von Kämpfen stellen *Kommentkämpfe* dar. Diese Kämpfe zeichnen sich dadurch aus, dass gefährlich Kampfbewegungen vermieden werden (FRANK 1997), obwohl es sich in der Regel um ernsthafte Auseinandersetzungen handelt. Kommentkämpfe sind daher vor allem durch ihren Zweck vom *Spielen* abzugrenzen.

„Kommentkämpfe führen nicht zur physischen Ausschaltung des Gegners, sondern nur zu seiner Unterwerfung (Frank 1997)“

Die Kampfhandlung soll in erster Linie zur Unterwerfung des Gegners führen. Diese ist bei vielen Tieren in Form von Beschwichtigungsverhalten zu erkennen. Die Kampfhandlung ist daher als ein reines Kräftemessen zu verstehen, das über Privilegien wie beispielsweise ein Paarungsrecht (EIBL-EIBESFELDT 2004, KAPPELER 2009) nach dem Kampf entscheidet bzw. zur Unterstützung durch den Unterlegenen führt, wenn es zu einem weiteren Kampf um Positionen innerhalb der Rangordnung geht (FRANK 1997).

Grundsätzlich können Kommentkämpfe teilweise oder vollständig durch Drohhandlungen ersetzt werden. Die Konstruktionsprinzipien solcher Drohhandlungen beinhalten entweder das Darbieten der Angriffswaffen oder eine optische Vergrößerung (zum Beispiel Fell sträuben), oft auch eine Kombination von beidem (FRANK 1997, KAPPELER 2009).

DARWIN (1899) beschreibt solche Drohhandlungen, die im Laufe der Evolution ritualisiert worden sind und eine Kommunikationfunktion erfüllen, mit dem *Prinzip der Antithese*. Dieses besagt, dass gegenläufige Mimik oft auch gegenläufige Signale sendet. Die Funktion solcher Drohhandlungen ist eine ritualisierte Intentionbewegung. Die Intentionbewegung beschreibt eine unvollständig ausgeführte Verhaltensweise, welche partielle Informationen über eine mögliche Anschlusshandlung beinhaltet (EIBL-EIBESFELDT 2004).

Da Aggressionen einer gewissen Motivation bedürfen, jedoch nicht isoliert betrachtet werden können, postuliert EIBL-EIBESFELDT (2004), dass ein Konflikt zwischen verschiedenen Motivationen einen möglichen Ausgangspunkt für die Ritualisierung von Verhaltensweisen darstellen könnte. Unterschiedliche Motivation könnten dabei sein den Gegner zu besiegen, in

dem ihm Verletzungen zugefügt werden, gleichzeitig aber als Mitglied einer Gemeinschaft diese zu schützen und soziale Verbundenheit zu fördern. Eine alleinige Umsetzung der ersten Motivation würde im Widerspruch zur zweiten stehen. Die Ritualisierung des Kampfes trägt dazu bei solche Widersprüche aufzuheben. Modernen Kampfsportarten sind als eine Variante dieser ritualisierten Kämpfe zu verstehen.

3.1.2 Evolutionäre Modelle zu aggressionsbegrenzenden Kampfstrategien

Die Frage, weshalb sich im Laufe der Evolution überhaupt Kampfformen entwickelt haben, die trotz eines elementar wichtigen Anlasses (z.B. Paarungsvorrecht) nicht mit der Tötung des unterlegenen Kontrahenten enden, erschließt sich mithilfe mathematischer Modelle. Im Gegensatz zu *Optimierungsmodellen*, die bei Nahrungserwerbsstrategien zur Voraussage des Erfolges genutzt werden können, hängt in Kampfsituationen der Erfolg einer Strategie davon ab, welche Strategie die übrigen Individuen einer Population anwenden. In solchen Fällen ist die mathematische Spieltheorie geeigneter, um realistische Modelle zu entwickeln, die zu Voraussage von Kommentkämpfen dienen können (FRANK 1997).

Das *Dove-Hawk-Modell* (MAYNARD SMITH 1982) verdeutlicht dabei eine mögliche Vorgehensweise zur Strategierklärung, dient allerdings aufgrund seiner Einfachheit nicht zur realen Voraussage. MAYNARD SMITH entwickelte dieses spieltheoretische Modell, um die Vorteile aggressionsbegrenzender Strategien für Individuen einer Population zu erklären. Taube (engl. Dove) und Falke (engl. Hawk) beschreiben dabei Kampfstrategien in einer Population und nicht Tierarten. Ein Tier nutzt in diesem Modell entweder die Taubenstrategie oder die Falkenstrategie. Diese Strategien sind folgendermaßen definiert:

Tauben: Drohen einander lange, bis ein Kontrahent weggeht.

Falken : Kämpfen bis zur Verletzung des Gegners. Ein verletztes Tier bricht den Kampf ab.

Trifft eine Taube auf einen Falken, flüchtet die Taube um ernsthaften Verletzungen zu entgehen. Treffen zwei Falken aufeinander, so wird der Kampf erst beendet, wenn eines der Tiere schwer verletzt oder getötet wird. Trifft eine Taube auf eine andere Taube wird kein Tier ver-

letzt. Sie tragen ritualisierte Kämpfe aus, bis sich ein Tier entschließt aus dem Kampf zurückzuziehen. Im Dove-Hawk-Modell ist es üblich möglichen Kampfenden Punktzahlen zuzuordnen. Diese werden festgelegt, so dass beispielsweise ein Sieg 50 Punkte erbringt, eine Niederlage 0 Punkte, -10 für eine Zeitverschwendung ohne nennenswertes Ergebnis und -100 für eine ernsthafte Verletzung.

Trifft nun eine Taube auf eine zweite Taube und gewinnt dieses lange Ritual, so erhält sie 50 Punkte für den Sieg, gleichzeitig allerdings -10 für die lange Zeitinvestition. Netto erhält sie mit ihrer Strategie in dieser Situation 40 Punkte. Die durchschnittlichen Punkte dieser Strategie sind in dieser Situation das Mittel aus $-10 + 40$, also 15 Punkte. Ein Falke, der auf einen anderen Falken trifft, hat eine 50%ige Chance zu gewinnen und 50 Punkte zu erhalten. Gleichzeitig liegt die Chance ebenfalls bei 50%, dass er verliert und -100 Punkte erhält. In einer solchen Situation liegt die durchschnittliche Prämie bei -25 Punkten. Sie ergeben sich als Mittel der zwei Falken aus $-100 + 50$ Punkten. Insgesamt ergeben sich folgende Prämien für die einzelnen Strategie (vgl. hierzu auch KAPPELER 2009).

		VERTEIDIGER	
		Falke	Taube
ANGREIFER	Falke	(-25, -25)	(50, 0)
	Taube	(0, 50)	(15, 15)

Das Dove-Hawk-Modell zeigt, dass eine reine Taubenstrategie keine **Evolutionstable Strategie (ESS)** darstellt. Einzelne Falken-Mutanten hätten einen Selektionsvorteil in einer reinen Tauben-Population. Dieser Selektionsvorteil würde zu einer Ausbreitung der Falken führen und über die Zeit das Risiko erhöhen, dass ein Falke auf einen anderen Falken trifft (FRANK 1997). In einer reinen Falken-Population hätten Tauben-Mutanten einen Vorteil und würden sich ausbreiten, da sie durchschnittlich mehr Punkte ansammeln (sie erhalten weniger Minuspunkte). Anders ausgedrückt: Die Zunahme des Verletzungsrisikos bei vielen Falken würde zu einem Vorteil der Taubenstrategie führen. Schließlich würde sich ein stabiles Gleichgewicht beider Strategien einpendeln. Evolutionär stabil wäre demnach nur eine Mischstrategie.

Wie zuvor erwähnt eignet sich dieses spieltheoretische Modell nicht zu realistischen Voraussage, da sich reale Tiere nicht alternativ als Tauben oder Falken verhalten. Das *Dove-Hawk-Modell* erklärt allerdings, welche (vereinfachten Prinzipien) im Laufe der Evolution zu agg-

ressionsbegrenzenden Strategien geführt haben können. Die ESS stellt in diesem Fall den Kommentkampf dar, der über das reine Drohen hinausgeht allerdings ernsthafte Verletzungen versucht zu vermeiden.

3.2.2. Abläufe von Kommentkämpfen

FRANK (1997) beschreibt den Ablauf einer aggressiven Auseinandersetzung. Der erste Schritt ist in der Regel die Durchführung energiesparender Drohhandlungen. Diese Drohhandlungen eskalieren schrittweise, indem immer aufwendigere Verhaltensweisen ausgeführt werden. Die Kämpfe der Rothirsche im Herbst demonstrieren diese schrittweise Eskalation.

Der Beginn ist das gegenseitige Anröhren (Drohen) des Platzhirsches und seines Herausforderers. Kann der Herausforderer beim Röhren die Frequenz des Platzhirsches halten, findet als nächster Schritt eine komplexere Handlung statt. Die Kontrahenten paradieren nebeneinander her. Vermutlich dient dieses minutenlang andauernde Verhalten der Einschätzung der Kampfstärke des Gegners. Gibt der Herausforderer auch an dieser Stelle nicht auf, kommt es zur Eskalation, indem beide Hirsche mit gesenktem Kopf die Geweihe ineinander verschränken und beginnen zu kämpfen.

Eine innerartliche Tötungshemmung gilt mittlerweile als widerlegt. Bei Kommentkämpfen von Moschusochsen um Weibchenbesitz sterben 5- 10% der Tiere an den Folgen der Kämpfe. 25% der Rothirsche tragen im Laufe ihres Lebens bleibende Verletzungen durch Kämpfe davon. Die geringe Verletzungsgefahr eines einzelnen Kampfes kann leicht darüber hinwegtäuschen, da auf 107 Kämpfe lediglich 2 Verletzungen gezählt werden (FRANK 1997, vergleiche hierzu auch CURREY ET AL. 2009). Ein weiteres Beispiel fehlender innerartlicher Tötungshemmung beschreibt GOODALL (1991) in Dokumentationen über Schimpansenpopulationen, in denen über zwei Jahre hinweg die Männchen einer Splittergruppe gezielt getötet und vertrieben wurden.

Die Eskalation der Kämpfe hängt davon ab, welche Informationen die Kontrahenten jeweils von ihrem Gegner erhalten. Der Informationstransfer spielt für den Verlauf eines Kampfes eine entscheidende Rolle (FRANK 1997).

Mithilfe mathematischer Spieltheorien wurden *Assessment-Modelle* entwickelt, die davon ausgehen, dass Kontrahenten anfangs noch wenige Informationen über die Kampfkraft des Gegners haben. Die möglichen Fehler in der wechselseitigen Einschätzung verringern sich im Verlaufe des Kampfes kontinuierlich, bis sich für das voraussichtlich schwächere Tier eine Fortsetzung des Kampfes nicht mehr lohnt.

Die Modelle fortgeschrittener Spieltheorien ermöglichen mittlerweile Voraussagen für Kämpfe, die sich empirisch überprüfen lassen. Voraussagen in diesem Sinne sind:

- In frühen Kampfphasen sollte sich das Verhalten zukünftiger Gewinner und Verlierer nicht unterscheiden.
- Im weiteren Verlauf sollten sich die Kontrahenten bemühen Stärke zu demonstrieren. Auch hier sind die Unterschiede minimal.
- Im Verlauf sollten die Unterschiede zunehmen.
- Über den Ausgang des Kampfes sollten erst unmittelbar vor dem Ende verlässliche Aussagen möglich sein.

Die Spieltheoretischen Modelle liefern nur begrenzte Voraussagemöglichkeiten. Untersuchungen des Grünen Schwertträgers (*Xiphophorus hellerii*) konnten, trotz großer Stichprobe, zu keinem Zeitpunkt eine Voraussage mit mehr als 67% Treffsicherheit ermöglichen.

3.1.4 Asymmetrische Kampfbedingungen

FRANK (1997) beschreibt weshalb die Gewinnchancen zweier Gegner nicht gleichmäßig verteilt sind.

„Die Gewinnchancen zweier Gegner sind aus verschiedenen Gründen in aller Regel unterschiedlich, d.h. asymmetrisch verteilt. In fortgeschrittenen spieltheoretischen Modellen werden drei Arten von Asymmetrien zwischen kämpfenden Tieren angenommen (FRANCK 1997)“

1. **Kampfkraft-Asymmetrien:**

Die Kontrahenten unterscheiden sich in ihrer Kampfkraft. Diese hängt von Körpergröße, Alter, Energiereserven, Motivation und Vorerfahrung ab.

2. Ressourcen-Asymmetrien:

Der Gewinn zahlt sich für beide Seiten unterschiedlich aus, weil die Ressource für beide Gegner unterschiedlich wichtig ist. Die Kosten-Nutzen-Relation ist entscheidend und wird als Quotient

$$\frac{\text{Ressourcenwert } V}{\text{Kampfkosten } R} \text{ in reproduktiver Fitness gemessen}$$

V kann sich dabei auf die Anwesenheit potentieller Fortpflanzungspartner beziehen oder auf Nachkommen, in die bereits investiert wurde. **R** beschreibt den Energieaufwand und das Verletzungsrisiko.

3. **Unkorrelierte Asymmetrien:** Kampfscheidend ist eine reine Konvention, nach dem Prinzip: „wer zuerst da ist, gewinnt den Kampf“. Diese unkorrelierten Asymmetrien sind zwar denkbar, empirisch allerdings unbewiesen (FRANK 1997).

Die Körpergröße stellt in vielen Kämpfen den entscheidenden Faktor für die Gewinnchance dar. Bei Hirschen gelingt es zunächst nur den größten Männchen, sich zu behaupten. Die sich einstellende Erschöpfung sorgt jedoch nach einigen Wochen dafür, dass sich die Chancen der kleineren Tiere erhöhen (FRANK 1997). Auswirkungen der Körpergröße auf die Gewinnchance sind nicht nur von Landwirbeltieren bekannt.

„Bei Fischen genügen oft schon 5% Unterschied in Körperlänge oder im Gewicht“ (FRANK 1997).

Nach KAPPELER (2009) kommt der Körpergröße an sich schon eine Funktion als Ornament im Kampf zu. Ornamente dienen im Kampf vornehmlich der Einschätzung der gegnerischen Kampfkraft. Die optische Vergrößerung eines Tieres, beispielsweise durch das Sträuben des Fells, trägt dazu bei, das Ornament Körpergröße künstlich zu vergrößern.

Die Energiereserven spielen in den Körperkraft-Asymmetrien ebenfalls eine wichtige Rolle. Bei Libellen konnte nachgewiesen werden, dass Tiere mit höherer Fettreserve die Kämpfe für sich entscheiden.

Der *Prior-Residence-Effekt* ist ein Beispiel dafür, welche entscheidende Bedeutung die Kosten-Nutzen-Asymmetrien haben. Der *Prior-Residence-Effect* beschreibt, dass der Besitzer eines

Reviere fast jeden Kampf gegen einen Eindringling gewinnt, es sei denn dieser ist signifikant größer. Der Verteidiger hat sein Gebiet bereits mehrmals gegen Eindringlinge verteidigt also schon oft investiert. Würde er nun unterliegen, wären seine Investitionen verloren. Ein Eindringling muss nach Kampfgewinn erst beginnen in dieses Gebiet zu investieren. Er wird daher eher bereit sein, den Kampf abzubrechen. Bereits vorhandener Nachwuchs würde das Gebiet noch wertvoller für den Verteidiger machen.

3.2 Physische Merkmale

Die Körpergröße, und die mit ihr verbundene Stärke, stellt zumeist die wichtigste Grundlage der Konkurrenzfähigkeit eines Tieres dar (KAPPELER 2009). Damit verbunden sind oft auch die physiologischen Grundlagen von Ausdauer und Schnelligkeit. Weitere wichtige Anpassungen sind kurze Extremitäten und Muskeln, die hohe Kräfte erzeugen. Nach KEMP ET AL. (2005) sind die physikalischen Voraussetzung zwischen „schnell rennen“ und „kämpfen“ verschieden. Eine evolutionär-optimale Anpassung in beiden Bereichen wird dadurch behindert und ist auch aus anderen Untersuchungen wie zur Manövrierfähigkeit bekannt (VANHOODYDONCK 2006). Im Knochenvergleich von Windhunden und Pitbulls zeigt sich, dass Windhundknochen ein um 60% höheres Elastizitätsmodul aufweisen. Zur Zertrümmerung eines Pitbullknochens wird jedoch 57% mehr Arbeit notwendig (KEMP ET AL. 2005). Abbildung 3-1 zeigt die Querschnitte aus der Veröffentlichung von KEMP und verdeutlicht die Unterschiede. Kämpfe im Verhaltensrepertoire scheinen also, wenn auch nicht vorrangig, an morphologischen Entwicklungen beteiligt zu sein. Genauere Untersuchungen hierzu fehlen bisher. Neben der morphologischen Erscheinung spielt der Hormonhaushalt eine entscheidende Rolle. Es besteht eine bekannte Korrelation zwischen einem hohen Testosteronspiegel und erhöhter Aggressivität.

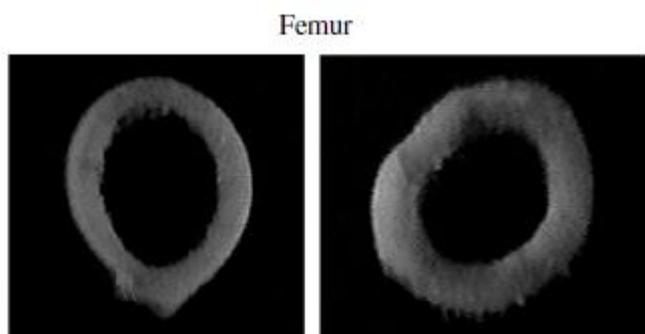


Abbildung 3-1: Knochenquerschnitte des Femurs (*Ossa femoralis*): links Windhund (ein Läufer), rechts Pitbull (ein Kämpfer) (aus KEMP 2005).

Verschiedene Taxa des Tierreichs haben Körperwaffen entwickelt, die bei Kommentkämpfen zum Einsatz kommen. Dabei ist die Größe der Waffe konditionsabhängig. Die „effektivsten“ Waffen sind deswegen bei großen Tieren im höheren Alter zu finden, in dem noch keine altersbedingter Konditionsverlust zu vermerken ist.

Es existiert ein positiver Zusammenhang zwischen Körpergröße, Waffengröße und Intensität der Konkurrenz. Ein großer Hirsch trägt in der Regel ein verhältnismäßig großes Geweih und verteidigt einen Großen Harem gegen Konkurrenten.

Die Ausbildung von Waffen kommt bei einigen Arten auch bei den Weibchen vor. Bei 1/3 der Bovidenarten haben weibliche Tiere Hörner ausgebildet, die sich in ihrer Länge nicht von den männlichen unterscheiden. PACKER (1983) jedoch zeigt, dass die Hörner der männlichen Tiere ca. doppelt so dickwandig sind wie die der Weibchen. PACKER (1983) beschreibt dies als Anpassung an die Art zu kämpfen. Eine allgemeine Zunahme der Wandstärke von an Kämpfen beteiligten Strukturen, weisen KEMP ET AL. (2005) auch an Knochenquerschnitten von Hunden nach (Abbildung 3-1).

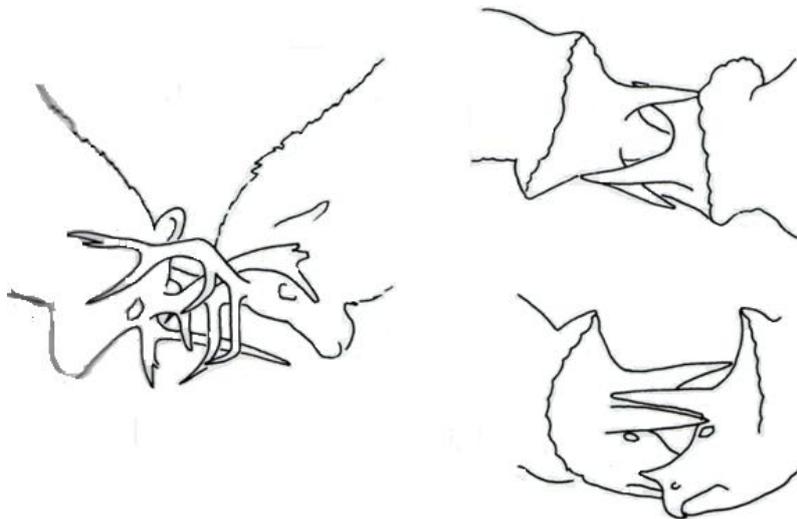


Abbildung 3-2: Übliche Darstellungen zu Kommentkämpfen. Hauptcharakteristiken werden graphisch dargestellt, funktionsmorphologische Prinzipien beschränken sich meist auf die Beschreibung von Körperwaffen (aus ALEXANDER 1989)

3.2.1 Adaptionen an Kommentkämpfe

Anpassungen an die jeweilige Art zu kämpfen finden sich vor allem als Verteidigungsadaptionen. Kommentkämpfe bringen trotz abgeschwächter Form immer ein Verletzungsrisiko mit sich ebenso wie ein Infektionsrisiko durch Wunden. Es ist eine Evolution korrespondierender Schutzmechanismen festzustellen. JARMAN (1989) beschreibt die Hautdickenvariationen verschiedener Arten und verweist auf Hautschilder, die fast ausschließlich bei Männchen zu finden sind (JARMAN 1989, KAPPELER 2009).

Das Große Rote Känguru (*Macropus rufus*) führt seine Kommentkämpfe durch Boxenbewegungen im Stehen aus. Als Anpassung finden sich Hautschilder daher vermehrt an Bauch und Hals. Wildschweine (*Sus scrofa*) schieben mit ihren Flanken, um gegebenenfalls mit den Keilern in die Seite zu stoßen. Die körperseitlichen Hautstellen sind daher bei Wildschweinen besonders dick. Anpassungen an mit Hörnern kämpfenden Boviden sind Verdickungen an Bauch- und Schulterregion (KAPPELER 2009).

Hinweise, dass diese Anpassungen tatsächlich mit der Art zu Kämpfen korrespondieren, liefern zum Beispiel Gnus (Gattung *Connochaetes*), bei denen ebenfalls eine Verdickung an der Halsunterseite festzustellen ist. Gnus führen eine Besonderheit im Kampf aus, indem sie versuchen durch aktives in die Knie Gehen unter den Gegner zu kommen. Eine Anpassung an Hornstöße aus tiefer Position ist es den Hals vor Verletzungen besonders zu schützen.

3.2.2 Kosten von Körperwaffen

Die Waffenproduktion kann energetisch teuer sein, insbesondere wenn die Waffen wie bei Hirschen abgeworfen werden und jährlich wieder komplett neu aufgebaut werden. Mit zunehmendem Körpergewicht steigt der absolute Energiebedarf des Tieres. Wenn das Futter knapp wird, verhungern Männchen daher besonders oft (CLUTTON-BROCK ET AL 1997).

Die Akkumulation von hoher Körpermasse und das Waffenwachstum beanspruchen viel Energie. Diese Produktionskosten treffen schon heranwachsende Männchen, deren Wachstumsrate schon juvenilen Tieren eine höhere Mortalitätswahrscheinlichkeit als den Weibchen verleiht. Hinzu kommt, dass eine effektive Beteiligung am Fortpflanzungswettbewerb den „Halbstarken“ trotz ihrer Geschlechtsreife zunächst versagt bleibt. Es findet also zusätzlich

ein verlängertes Investment statt, das sich ebenfalls positiv auf die Mortalitätswahrscheinlichkeit der Männchen auswirkt.

Es gibt Hinweise darauf, dass Waffen die Funktionalität anderer Organe negativ beeinflussen können. Untersuchungen an hunderten Mistkäferarten (*Onthophagus sp.*), die Hörner an unterschiedlichen Körperdepartimenten ausbilden, haben ergeben, dass benachbarte Organe um bis zu 25% in ihrer Größe reduziert sein können. Selbst Ornamente (nicht mehr funktionsfähige Anhänge wie "Schmuck") führen zu erhöhten Kosten in Zeit und Energie (vgl. hierzu FRANK 1997).

3.3. Körpergröße und Fortpflanzungserfolge

See-Elefanten (*Mirounga spp*) pflanzen sich einmal im Jahr fort. Die Kämpfe der Männchen führen dazu, dass am Ende 4% der Männchen 85% aller Paarungen ausgeführt haben (LEBOUF 1974).

Die Verteidigung eines Harems führt bei Platzhirschen dazu, dass sie aufgrund der damit verbundenen Aktivitäten (Röhren, Kämpfen, Vertreiben, viele Kopulationen) viel Energie verbrauchen und kaum Zeit zum Fressen haben. Dies führt über die Brunftzeit bei Hirschen zu einem Körpergewichtsverlust von ca. 20% (CLUTTON-BROCK ET AL. 1982). Die sekundären Geschlechtsmerkmale müssen in einem Kosten-Nutzen-Verhältnis stehen, das sich für das Tier lohnt. Der Paarungserfolg hängt nicht von der absolute Größe des Merkmales ab, sondern von dessen relativem Wert in der Population.

Die Körpergröße selbst kann durchaus als Ornament interpretiert werden (KAPPELER 2009). Kombiniert mit Scheinangriffen, Aufplustern und weiterem Imponierverhalten, können Ornamente durchaus der Einschätzung der Kampfkraft des Gegenübers dienen. Körperliche Ornamente führen also durchaus kombiniert mit akustischen Ornamenten dazu, bei großem Risiko kämpfe zu vermeiden.

3.4 Resümee

Kommentkämpfe haben sich im Laufe der Evolution bei Säugetieren als evolutionär stabile Strategie entwickelt. Physische Merkmale spielen in Kommentkämpfen eine entscheidende Rolle und zeigen sich in kampfentscheidenden Adaptionen wie beispielsweise Hautschildern, Knochendicken und Waffen. Die Investition in die Produktion von Waffen bei Säugetieren birgt Risiken, wird von vielen Arten im Kampf um Ressourcen (z.B. das Paarungsrecht) jedoch getätigt. Selbst Ornamente und die mit ihnen verbundenen Energiekosten werden häufig beibehalten. Nach KAPPELER (2009) kann die Körpergröße selbst als Ornament im Kommentkampf aufgefasst werden. Es kann jedoch zu Recht davon ausgegangen werden, dass die Körpergröße nicht nur als Ornament verstanden werden kann, sondern durchaus als einzusetzende Waffe innerhalb eines Kampfes.

4 Humanethologische Grundlagen

4.1 Evolution und Aggression

Die genetische Ausstattung des Menschen ist das Ergebnis natürlicher Selektion. Es darf berechtigterweise davon ausgegangen werden, dass die Entwicklung heutiger Verhaltensweisen im Laufe der Evolution zu einem höheren Fortpflanzungserfolg geführt hat

Der Mensch (*Homo sapiens sapiens*) gehört zum Taxon der Menschenaffen (Familie *Hominidae*). Die ihm nächsten Verwandten innerhalb dieses Taxons sind der Reihe nach Schimpansen (Gattung *Pan*), Gorillas (Gattung *Gorilla*) sowie Orang Utans (Gattung *Pongo*). Die Menschenaffen werden in vier Triben unterteilt. Innerhalb der Menschenaffen findet sich pro Tribus eine Gattung, wohingegen dem Tribus Hominini drei Gattungen (*Homo*, *Australopithecus*, *Paranthropus*) zugewiesen werden. (GEISSMANN 2003, GRUPE ET AL 2004, BENTON 2007).

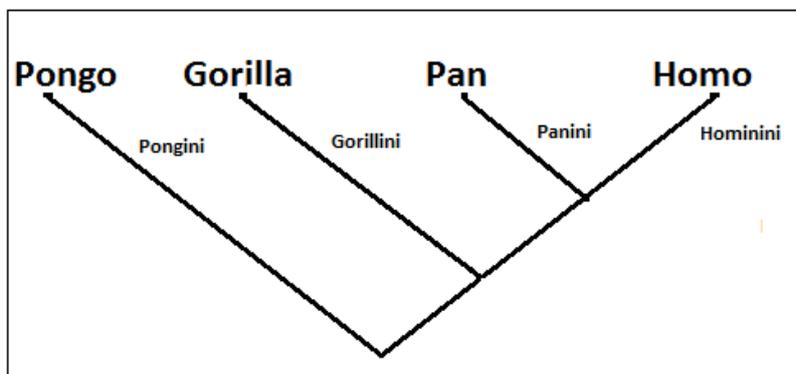


Diagramm 4-1: Kladogramm rezenten Menschenaffen (Hominidae). Kleingedruckt sind die vier Triben, groß die rezenten Gattungen.

Innerhalb der biologischen Anthropologie finden sich zu Kommentkämpfen analoge Verhaltensweisen. Eine sowohl in der zoologischen als auch humanwissenschaftlichen Verhaltensforschung zu findende Größe ist dabei die Aggression oder Aggressionsbereitschaft.

Aggressives Verhalten, das nicht automatisch mit destruktivem Verhalten gleichzusetzen ist, findet beim Menschen unterschiedliche Formen. Als Beispiele seien *umadressierte Aggression*, *aggressive soziale Exploration* (explorative Aggression) aber auch Kriege genannt (EIBL-EIBESFELDT 2004). Annahmen aggressives Verhalten sei ein rein kulturelles Phänomen können aus Sicht der Biologie laut EIBL-EIBESFELDT (2004) nicht bestätigt werden. Wäre dies so, müssten genetisch analoge Verhaltensweisen bei nicht menschlichen Primaten auf evolutionärem Wege zum Menschen verschwunden sein. Für eine derartige Annahme finden sich jedoch keinerlei Hinweise (EIBL-EIBESFELD 2004). Der Frühmensch lebte nach heutigem Stand der Wissenschaft in einem Lebensraum mit verhältnismäßig wenig Nahrungsangebot. Eine derartige Lebenssituation erhöht einen Selektionsdruck zugunsten aggressiven Verhaltens. Gemäß *Ockhams Sparsamkeitsprinzip* ist also davon auszugehen, dass Aggressionen auch beim Menschen eine evolutionär erworbene Disposition darstellen.

4.2 Kultur und Kampf

Aufgrund seiner komplexen Kultur ist der Mensch nicht im Sinne einer Humanzoologie zu begreifen (GRUPPE ET AL 2004). Das im Vergleich zu *Australopithecus* dreimal höhere Gehirnvolumen von *Homo sapiens* ermöglichte es viele global verteilte Kulturen zu entwickeln.

Eine *kulturelle Evolution* ist dabei vom Menschen selbst bestimmt und nicht durch eine natürliche Selektion. Sowohl natürliche als auch kulturelle Evolution führen zu Verhaltensanpassungen.

Eine Form analogen Verhaltens, die von Aggressionsbereitschaft mitbestimmt wird, ist das Kämpfen. Sowohl beim Menschen als auch bei anderen Wirbeltieren spielen die Katecholamine *Dopamin*, *Noradrenalin* und *Adrenalin* bei der Erhöhung der Aggressionsbereitschaft eine entscheidende Rolle (EIBL-EIBESFELDT 2004).

„Die Katecholamine Dopamin, Norepinephrin (Noradrenalin) und Epinephrin (Adrenalin) bewirken neben einer Reihe von physiologischen Reaktionen auch Änderungen der Aggressionsbereitschaft. Bei Reduktion des Noradrenalinspiegels verlieren Rhesus-Affen ihre vorherige Rangstellung.“ (EIBL-EIBESFELDT 2004)

Männer erscheinen oft ohne erkennbaren äußeren Anlass aggressiv motiviert und suchen sogar gelegentlich aktiv aggressive Auseinandersetzungen. Weiterhin beschreibt EIBL-EIBESFLEDT (2004), dass Männer ihre aggressive Appetenz bewusst erleben und beschrieben können (was selbstverständlich nicht ausschließt, dass Frauen dies ebenso können). Die aktive aufgesuchten Auseinandersetzungen sind dabei nicht die einzigen Möglichkeiten Aggressionsstaus abzubauen. Laut EIBL-EIBESFELDT (2004) finden sich gerade in friedlichen Kulturen eine Vielzahl von Ventilritten, anhand derer Aggressionen ausgelebt werden können.

4.3 Zweikämpfe

In menschlichen Kulturen stellen Zweikämpfe eine geregelte Form ernsthafter oder sportlicher Auseinandersetzungen dar. Sie finden häufiger bei Männern statt, nicht aber ausschließlich. In Australien regeln Frauen der *Walbiri* ihre Streitigkeiten häufig durch eine Form, in der versucht wird die Kontrahentin mit einem Grabstock zu treffen (EIBL-EIBESFELD 2004). Männer messen ihre Kräfte häufiger in Zweikämpfen. Diese unterliegen besonderen Regeln, die wie die Kommentkämpfe dazu dienen, tödliche Verletzungen zu vermeiden.

„Die ritualisierten Zweikämpfe lehren, daß offenbar ein starker Selektionsdruck auf Entwicklungen drängt, die beschädigende Auseinandersetzungen (Beschädigungskämpfe) verhindern[...]. In diesem Sinne sind die Turnierkämpfe der Tiere durchaus den kulturell ritualisierten Zweikämpfen des Menschen vergleichbar (EIBEL-EIBESFELDT 2004).“

Der tatsächliche Tod würde unter Umständen innerhalb komplexer menschlicher Kulturen und Gesellschaften durch Racheakte zur Eskalation des Konfliktes führen, der weit mehr Menschen beträfe als die beiden ursprünglichen Kontrahenten.

Das Ziel einer der Kampfsportarten (das Freistilringen), die in dieser Arbeit untersucht wurden, ist den Gegner auf den Rücken zu zwingen. Hierbei spielt der Einsatz des Körpergewichtes eine wesentliche Rolle. Gezwungen zu sein auf dem Rücken zu liegen, zeigt die Unterlegenheit eines Kämpfers und kann im menschlichen Verhalten als Universalie verstanden werden, die bis in moderne Kampfsportarten bestand hat. EIBL-EIBESFELD (2004) weist diese

Verhaltensweise kulturübergreifend innerhalb von Auseinandersetzungen nach. Die Nähe von Elementen moderner Kampfsportarten und dem universellen Verhalten in Kommentkämpfen innerhalb anderer Kulturen zeigen die Fotodokumentationen von EIBL-EIBESFELDT (2004) auf denen deutlich der Gewichtseinsatz zu erkennen ist.

Der Einsatz des Körpergewichtes ist auch in Zweikämpfen bei Menschen ein wesentliches Element, das überwiegend dazu genutzt wird, um den Kontrahenten zu immobilisieren. Auch in Gewichtsbereichen von Menschen kann der Einsatz des Körpergewichtes zu Verletzungen führen. Der Einsatz des Körpergewichtes findet sich kulturübergreifend. EIBL-EIBESFELDT (2004) dokumentiert kämpfende *Ko*-Männer, bei denen zu sehen ist, dass einer der Kämpfer von seinem Gegner auf den Rücken gezwungen wurde. Der Einsatz des Körpergewichtes in Auseinandersetzungen bei Menschen konnte als kämpferische Verhaltensweise in unterschiedlichen Kulturen dokumentiert werden. Schon Kinder zeigen diese Verhaltensweise. Auch hier finden sich Fotodokumentationen bei EIBL-EIBESFELDT (2004), auf denen ein *Himba*-Junge zu sehen ist, seinen Gegner greift und diesen rückwärts auf den Boden zwingt.

5 Hypothesenbildung

Die im Folgenden hergeleiteten Hypothesen beziehen sich in ihrer Gesamtheit auf die zoologische Untersuchung dieser Arbeit. Die sich in den Hypothesen ergebenden erwarteten Effekte werden grundsätzlich auch in der anthropologischen Untersuchung dieser Arbeit erwartet. Aufgrund der geringeren Spannweite der Körpermassen werden die Effekten in der anthropologischen Untersuchung in geringerem Maße erwartet. Aus diesem Grund wurden für die anthropologische Untersuchung die Hypothesen modifiziert, um sie humanethologisch erfassen zu können. Zur besseren Orientierung werden die Hypothesen, die sich auf die zoologische Untersuchung beziehen, mit HZ (Hypothese, Zoologie) und einer Laufnummer gekennzeichnet, diejenigen der anthropologischen Untersuchung mit einem HA (Hypothese, Anthropologie) und einer Laufnummer.

5.1 Hypothesen zur Kommentkampfanalyse bei Wirbeltieren

Kommentkämpfe sind Verhaltensweisen, die in Bewegungen ihren Ausdruck finden. Die grundlegenden biomechanischen Ergebnisse der Funktionsmorphologie zeigen, dass die Größe bzw. das Körpergewicht eines Tieres direkten Einfluss auf seine Bewegungen hat und diesen physikalische und physiologische Grenzen setzt. Die Grundlegende Hypothese, die sich im folgenden in weiteren Hypothesen differenziert, lautet:

Das Gewicht eines Tieres wirkt sich auf seine Bewegungen in Kampfabläufen aus.

Ein Tier setzt sowohl seine Körperkraft (chemische Energie) als auch seine Gewichtskraft (Lageenergie) im Kampf ein. Die Muskelkraft hängt vom physiologischen Querschnitt des Muskels (vgl. Kapitel 2) die Gewichtskraft vom Volumen (dritte Potenz der Länge) ab. Die Schlussfolgerung aus diesen Erkenntnissen ist, dass ein großes Tier relativ zu seinem eigenen

Körpergewicht schwächer ist, als ein kleineres. Aus dem allometrischen Grundproblem lässt sich die erste Hypothese dieser Arbeit herleiten.

HZ1. Mit steigendem Körpergewicht verliert die Körperkraft für den Kampf an Bedeutung, da die Gewichtskraft kampfentscheidender wird.

Hieraus folgt, dass in den Kämpfen Bewegungen erkennbar sein müssen, die darauf hindeuten, dass die Gewichtskraft bei steigendem Körpergewicht zunehmend kampfentscheidend eingesetzt wird.

Das von ALEXANDER (1989) beschriebene Stärkemaß S zeigt die Belastungsgrenze eines Knochens. Diese Belastungen treten durch äußere Kräfte und durch gegenlenkende Muskelkräfte auf. Das Biegemoment der äußeren Kräfte hängt von der angreifenden Masse (Masse des Tierkörpers oder Teilmassen von diesem) und der Länge des Lastarmes ab. Das Widerstandsmoment Z ist eine wichtige Variable für den Wert S und in seiner geometrischen Eigenschaft von der Form des Querschnittes des Knochens abhängig.

Knochenbrüche in Kommentkämpfen vor allem im Thoraxbereich, würden unter Umständen zu lebensbedrohlichen Verletzungen führen, die in der Regel in Kommentkämpfen vermieden werden. Die biomechanischen Konsequenzen aus Querschnitt zu Volumen (siehe 1.2.1.) und die Annahme, dass das Stärkemaß nicht nur für Knochen der Extremitäten sondern auch auf thorakale Knochen anzuwenden ist, führen zur zweiten Hypothese.

HZ2. Der kampfentscheidende Vorteil der Gewichtskraft relativiert sich bei schweren Tieren aufgrund der Verletzungsgefahr.

Die Gefahr das Stärkemaß S zu überschreiten ist im Kampf nicht nur durch das Gewicht des aufliegenden Gegners gegeben, sondern wie bei Lokotionsbewegungen mit hohen Geschwindigkeiten auch bei der eigenen Bewegung. Kraftaufwändige Bewegungen bzw. athletische Bewegungen im Kampf stellen eine Gefahr für schwere Tiere da, weil zum einen das Stärkemaß überschritten werden kann, zum anderen weil die Drehmomente in den Gelenken zu groß werden. Eine unnötige Dynamik wäre demzufolge eine Selbstgefährdung. Zusätzlich ergibt sich bei großen Tieren ein energetisches Problem. Wird der Körper in Folge oder zum Zweck einer Schwerpunktänderung gehoben, bedeutet dies bei großen Tieren relativ mehr

Arbeit als bei kleinen. Die Lageenergie E_{Lage} ergibt sich aus dem Produkt von Masse (m), der Erdbeschleunigung (g) und der Höhe (h).

$$\Delta E_{Lage} = m \cdot g \cdot h \quad (\text{Gl. 5-1})$$

Die Masse steigt proportional zur dritten Dimension der Länge ($m \sim l^3$), die Höhe proportional zur Länge ($h \sim l$). Die Lageenergie steigt mit der vierten Dimension der Länge, wohingegen die Muskelmasse, die zum Aufbringen der Hubarbeit notwendig ist nur proportional zur dritten Dimension der Länge steigt.

$$\Delta E_{Lage} \sim l^4 \quad (\text{Gl. 5-2})$$

$$\Delta m_{Muskel} \sim l^3 \quad (\text{Gl. 5-3})$$

Sowohl das Verletzungsrisiko als auch das energetische Problem, welche mit einer Schwerpunktänderungen verbunden sind, führen zu Hypothese drei:

HZ3. Schwerpunktschwankungen sollten mit zunehmendem Gewicht abnehmen.

Tiere erreichen unterschiedliche Maximalgeschwindigkeiten aufgrund ihrer unterschiedlichen morphologischen Konstruktion und ihrer verschiedenen Körpermassen. Eine Kombination aus beidem nämlich einer vorteilhaften Morphologie (vgl. PREUSCHOFT & CHRISTAIN 1999, HILDEBRAND & GOSLOW 2004) und einem Massebereich von 30 bis 60 Kg (siehe hierzu GARLAND 1983 und Tabelle 1-1) führt zu Spitzenleistungen im Tierreich bezüglich der Maximalgeschwindigkeit.

Um die Ruhemasse eines Körpers zu überwinden und ihn in Bewegung zu setzen, bedarf es Energie. Ohne ausreichende Beschleunigung erreichen terrestrische Tiere keine hohen Relativgeschwindigkeiten. Eine hinreichende Beschleunigung bedarf einer gewissen Strecke. Leichte Tiere haben weniger Masse zu überwinden als große, weshalb sie eine kürzere Beschleunigungsstrecke nutzen können. Zu kleine Tiere erreichen ebenso wenig wie zu große die gemessenen Maximalgeschwindigkeiten. Vereinfacht begründet ist dies bei kleinen Tieren in ihrer Morphologie (zu kurze Extremitäten) und bei den Großen in der zu beschleunigenden Masse.

Beschleunigungen spielen im Kampf eine Rolle, wenn ein Tier einen Kontrahenten umrennt oder umspringt. In diesen Fällen findet eine Impulsübertragung statt, die wiederum von der kinetischen Energie des Tierkörpers abhängt.

Die kinetische Energie definiert sich folgendermaßen:

$$E_{KIN} = 1/2 m \cdot v^2 \quad (\text{Gl. 5-4})$$

Da kinetische Energie ein Produkt aus Geschwindigkeit zum Quadrat und halber Masse ist, können diese beiden Faktoren als limitierende Faktoren für Impulsübertragung aufgefasst werden.

Große Tiere bräuchten eine lange Beschleunigungsstrecke und würden ebenso wie beim schnellen Laufen aufgrund ihrer Masse auf ein Beschleunigungslimit stoßen. Diejenigen großen Tierarten, denen die eigene Beschleunigung weniger Probleme bereitet, müssen jedoch bei einer Impulsübertragung aufgrund des oben erwähnten Stärkemaßes und dessen Überschreitung mit Verletzungen rechnen. Kleine Tiere würden eine hohe Beschleunigung erreichen, aufgrund ihrer geringen Masse jedoch wenige kinetische Energie bei einer Impulsübertragung umsetzen. Aus diesen Überlegungen leitet sich die vierte Hypothese ab.

HZA. Eine vermehrte Impulsübertragung in Kämpfen ist in den Gewichtsbereichen zu erwarten, die im Tierreich Maximalgeschwindigkeiten erreichen.

Die oben genannten Hypothesen beziehen sich auf das gesamte Tier. Die genannten Grenzen, die sich aus dem Gesamtgewicht des Tieres ergeben, sollten nicht zwangsweise für den separaten Einsatz der Extremitäten in Kämpfen gelten. Extremitäten mit ihrer eigenen Masse und ihrem eigenem Teilkörperschwerpunkt können sich mehr oder minder frei bewegen und unterliegen daher nicht den Grenzen des gesamten Tierkörpers.

Der Einsatz von beschleunigten Extremitäten (Schlagen, Treten) sollte ein Mindestmaß an Teilmasse aufweisen, ähnlich wie Tiere ein Mindestmaß an Masse aufweisen sollten, um beim Impuls eine ausreichende kinetische Energie zu erreichen.

Teilkörperkraft durch separate Nutzung der Extremitäten findet Einsatz im Ringen und im Beißen. Speziell beim Ringen ist die Anatomie zu berücksichtigen und wie viele Freiheitsgra-

de die Gelenke zulassen. In beiden Fällen ist die Anatomie und Morphologie der Extremität von höherer Bedeutung als die Körpermasse des Tieres insgesamt.

Es ergibt sich die letzte Hypothese:

HZ5. Der Einsatz von Extremitäten durch Teilkörperimpuls und Teilkörperkraft korreliert nicht mit dem Gewicht des Tieres.

5.2 Hypothesen zu Größeneffekten im Kampfsport

In menschliche Ringkämpfen bewegen sich die Kämpfer gewöhnlich in einem Größenbereich von ca. 50 bis 120 kg. Innerhalb dieser Spanne sollten sich das Körpergewicht wie bei anderen Säugetieren auf die Bewegungen im Kampf auswirken. In geringem Ausmaß ist zu erwarten, dass das Körpergewicht zunehmend kampfscheidender wird, während die Körperkraft an Bedeutung verliert. Für die folgenden Hypothesen bezieht sich der Begriff Ringkämpfe sowohl auf Freistilringkämpfe als auch auf Judokämpfe.

HA1. Sportler setzen ihr Gewicht in Ringkämpfen im Bodenkampf zunehmend effektiv ein, so dass eine zunehmende Bodenkampfzeit mit steigendem Gewicht zu erwarten ist.

Es ist zu erwarten, dass sich das allometrische Grundproblem in den Bewegungen der Kampfsportler bemerkbar macht. Techniken bei denen der Athlet gegen die Gewichtskraft des Gegners arbeitet, müssten zu weniger Erfolgen führen wenn die Gewichtsklassen ansteigen.

HA2. Techniken, die gegen die Gewichtskraft des Gegners arbeiten, sollten in höheren Gewichtsklassen weniger erfolgreich eingesetzt werden.

Umgekehrt ist zu erwarten, dass Techniken bei denen der Athlet seine eigene Gewichtskraft unterstützend einbringen kann, zu mehr Erfolgen in höheren Gewichtsklassen führen als in niedrigeren.

HA3. Techniken, die durch die eigene Gewichtskraft unterstützt werden, sollten in höheren Gewichtsklassen erfolgreicher eingesetzt werden.

5.3 Zusammenfassung aller Hypothesen

Hypothesen der zoologischen Untersuchung

- HZ1. Mit steigendem Körpergewicht verliert die Körperkraft für den Kampf an Bedeutung, da die Gewichtskraft kampfscheidender wird.*
- HZ2. Die Relevanz der Gewichtskraft relativiert sich bei schweren Tieren aufgrund der Verletzungsgefahr.*
- HZ3. Schwerpunktschwankungen sollten mit zunehmendem Körpergewicht abnehmen.*
- HZ4. Eine vermehrte Impulsübertragung in Kämpfen ist in den Gewichtsbereichen zu erwarten, die im Tierreich Maximalgeschwindigkeiten erreichen.*
- HZ.5 Der Einsatz von Extremitäten durch Teilkörperimpuls und Teilkörperkraft korreliert nicht mit dem Gewicht des Tieres.*

Hypothesen der anthropologischen Untersuchung

- HA1. Sportler setzen ihr Gewicht in Ringkämpfen im Bodenkampf zunehmend effektiv ein, so dass eine zunehmende Bodenkampfzeit mit steigendem Gewicht zu erwarten ist.*
- HA2. Techniken, die gegen die Gewichtskraft des Gegners arbeiten, sollten in höheren Gewichtsklassen weniger erfolgreich eingesetzt werden.*
- HA3. Techniken, die durch die eigene Gewichtskraft unterstützt werden, sollten in höheren Gewichtsklassen erfolgreicher eingesetzt werden.*

6 Methoden der zoologischen Untersuchung

6.1 Methodische Vorüberlegungen zu Kampfbewegungen

Eine Analyse von Größeneffekten innerhalb von Kommentkämpfen erweist sich als problematisch insbesondere in der Datenerhebung. Die Problematik liegt zum einen darin, dass dem Parameter Körpergröße bzw. Körpergewicht kein zweiter Parameter gegenübersteht, der einen Größeneffekt im Kampf repräsentiert. Die Stoffwechselintensität beispielsweise lässt sich in Bezug auf die Größe im O₂-Verbrauch messen. Einen definierten Kampfparameter gibt es nicht.

Die zweite Problematik liegt in der Form der Bewegungen, welche innerhalb von Kommentkämpfen auftreten. Eine Erhebung von Standardwerten wie beispielsweise die Kraftmessung mittels Kraftplatten ist in Kommentkämpfen nicht durchzuführen. Kampfbewegungen weisen keine Linearität oder gleichmäßigen Bewegungsabläufe bzw. Zyklen auf. Vielmehr kann man sie als komplexe bis chaotische Bewegungsabläufe betrachten, die als Objekt der Untersuchung komplexen Systemen ähneln und oben erwähnte Standardmessungen ausschließen.

Die Ausführung der einzelnen Bewegungen innerhalb eines Kampfes hängt von einer Vielzahl von Variablen ab wie beispielsweise der eigenen Position (aufgerichtet oder geduckt), der gegnerischen Position, der eigenen vorausgegangenen Bewegung und der des Gegners, der Neigung des Bodens und der direkten Umgebung (dichter Baumbestand oder freie Fläche). Jeder Kontrahent reagiert auf sein Gegenüber und ruft wiederum eine durch viele Variablen beeinflusste Reaktion hervor. In der obigen Aufzählung sind etliche Variablen nicht erwähnt, denn natürlich spielen Konstitution, Verletzungen und „psychische“ Parameter (Erfahrung, kognitives Leistungsvermögen) ebenso eine wichtige Rolle für den Kampf und somit auch für die darin enthaltenen Bewegungen. Verglichen mit Eigenschaften komplexer Systeme, findet sich eine bemerkenswerte Häufigkeit an Parallelen zu Kämpfen. Tabelle 6-1 gibt einen Überblick über ausgewählte Eigenschaften komplexer Systeme und verdeutlicht die Nähe zu Strukturen von Kämpfen.

Tabelle 6-1 Beispielhafte Eigenschaften Komplexer Systeme

Eigenschaft	Erklärung bzw. Parallele zu Kommentkämpfen
Agentenbasis	Einzelne Teile des Systems stehen in Wechselwirkung
Nichtlinearität	Die Systemkomponenten wirken nichtlinear miteinander
Emergenz	Eigenschaften lassen sich nicht aus Einzelkomponenten erklären
Selbstorganisation	Stabile Strukturen können durch Informationsverarbeitung erreicht werden
Pfadabhängigkeit	Zeitliches Verhalten des Systems ist abhängig von Vorgeschichte

Ebenso wie komplexe Systeme lassen sich Kämpfe in ihrem Verlauf kaum vorhersagen. Allenfalls spieltheoretischen Modelle (vgl. Kapitel 3.2.2) lassen vage Vorhersagen zu. Komplexe Systeme können nicht uneingeschränkt berechnet werden. Kämpfe sind bisher nicht als komplexe Systeme im Sinne der Systemtheorie untersucht, die Verdeutlichung der Parallelen diente jedoch im Vorfeld der Einordnung des Untersuchungsgegenstands „Zweikampf“. Hierdurch wurden Methoden ausgeschlossen, die lineare Bewegungen messen können, erwartungsgemäß jedoch keine chaotischen Bewegungen hinreichend erfassen. Ein Kampf kann als komplexe Bewegungsform aufgefasst werden, dessen chaotischen Strukturen klassische Messungen via Kraftplatten, EMGs oder Laufbandanalysen schwierig machen. Deshalb war es nötig methodisch die Kämpfe vor allem phänomenologisch zu erfassen. Der erste Schritt bestand darin, die aufgestellten Hypothesen zu operationalisieren. Dabei ging es darum die theoretischen Begriffe, die in den Hypothesen enthalten sind, in messbare Merkmale zu transferieren.

6.2 Vorbereitung der Untersuchung

Die Durchführung einer funktionsmorphologischen Untersuchung von Kommentkampfbewegungen erweist sich aufgrund der komplexen und nichtlinearen Bewegungsformen als problematisch (vgl. Kapitel 6.1). Aus diesem Grund wurden verhaltensbiologische Methoden gewählt, die es erlauben funktionsmorphologische Rückschlüsse zu ziehen. Ein wichtiger Schritt dieser Arbeit war es verhaltensbiologische Methoden soweit zu modifizieren, dass sich wirkliche Aussagen über morphologische Einflüsse auf Kampfbewe-

gungen machen lassen. Um dies zu erreichen wurden Vorbereitungen getroffen, die für diese Arbeit elementar sind. Sie werden in den folgenden Unterkapiteln zunächst ausführlich beschrieben, um die anschließend erläuterte Durchführung der Untersuchung besser verstehen zu können. In der Vorbereitung ging es um die folgenden drei Punkte:

- Planung der Datenaufnahme
- Funktionsmorphologische Quantifizierung von Verhaltensabläufen
- Datenauswertung

6.2.1 Planung der Datenaufnahme

Die Untersuchungen zu Größen- bzw. Gewichtseffekten bei Kommentkämpfen erfolgte mithilfe von Videokonserven. Hierdurch wurden es möglich Bewegungen durch Zeitlupen, Standbilder und Reproduktionen exakt zu erfassen.

Das Vorhaben eine große Spannweite von Säugetieren unterschiedlicher Körpermassen zu erhalten, die im Kommentkampf eine Verhaltensweise zeigen, welche im Vergleich zu anderen Verhaltensweisen selten und unter Umständen nur sehr kurz auftritt, machten es erforderlich zur Videobeschaffung auch populäre Informations- und Videoportale im Internet zu nutzen.

Eigene Videoerhebungen waren aufgrund der oben aufgeführten Problematik (zeitlich schwer festzuhaltende Verhaltensweise) im Rahmen des Untersuchungszeitraumes nicht möglich. Ausgewiesene Experten zu speziellen Tierarten, beispielsweise Primatologen wie KAI PERRET (*Zoo Magdeburg*) und FRANS DE WAAL (*Yerkes National Primate Research Center*) konnten kein Videomaterial zu den Verhaltensweisen der geplanten Untersuchung beitragen. Laut mündlichen Mitteilungen existieren in den jeweiligen Einrichtungen keine Videodokumentationen zu Kommentkämpfen.

Auf eine verhältnismäßig geringe Ergänzung der erstellten Videodatenbank (siehe 5.2.2) durch eigene Videos wurde vor allem aus Tierschutzgründen verzichtet. Laut Tierschutzgesetz heißt es:

„ §1 [...]Niemand darf einem Tier ohne Vernünftigen Grund Schmerzen, Leid oder Schäden zufügen. (TierSchG) “

Ein Mehrwert für die Untersuchungsergebnisse aufgrund der geringen Anzahl möglicher eigener Videos würde das Gesamtergebnis statistisch nicht relevant beeinflussen. Ein vernünftiger Grund liegt unter diesen Bedingungen nicht vor. Anfängliche Versuche „natürliche Kommentkämpfe“ im *Zoo Dortmund* zu filmen wurden abgebrochen, da sie zu keinem verwertbaren Bildmaterial führten. Eine künstliche Provokation von Kommentkämpfen schied ebenfalls aus Tierschutzgründen aus. Für das zu untersuchende Tier würde ein künstlich provoziertes Kommentkampf zu unnötigem Stress führen. Leid, Schmerzen oder Verletzungen können dabei nicht ausgeschlossen werden. Um Tieren Stress zu ersparen, wurde in dieser Arbeit auf Tierversuche verzichtet und sich auf die Auswertung von Videos beschränkt, die zum Zeitpunkt der Arbeit zur Verfügung standen.

Die analysierten Videoaufnahmen beschränken sich ausschließlich auf Aufnahmen von Kämpfen im Freiland und in Zoos. Laborversuche zählten nicht zu den ausgewerteten Videos. Nach NAGUIB (2006) können bestimmte Verhaltensweisen in Labor- und Freilandsituationen unterschiedliche Bedeutungen zugesprochen werden. Es wurde versucht homogene Untersuchungssituationen zu nutzen, wobei der Verzicht auf Videos aus Zoos zu einer geringen Anzahl an Videos geführt hätte.

6.2.2 Erstellung der Videodatenbank

Der eigentlichen Videorecherche ging zunächst die Erstellung einer Artenliste voraus, welche Tiere auf mögliche Größeneffekte innerhalb ihres Kampfverhaltens untersucht werden sollten. Dabei wurde im Wesentlichen auf zwei Punkte Wert gelegt:

1. Trägt die Art zu einer hohen Variabilität in der Gesamtuntersuchung bei?
2. Ist die Art populär genug, um mehrfach in Videoplattformen aufzutauchen (Exotenvermeidung) ?

6.2.3 Videorecherche

Nach der Erstellung einer Artenliste, der möglichst zu untersuchenden Säugetiere, wurde zu dieser in drei Videoportalen recherchiert. Diese Portale waren <http://www.youtube.com/?gl=DE&hl=de>, <http://video.google.de/> und <http://www.myvideo.de>.

Dabei wurde sowohl nach den deutschen Artbezeichnungen als auch nach der wissenschaftlichen Nomenklatur recherchiert.

Die Videosuche fand in der Zeit von März bis zum April 2008 statt. Eine ergänzende zweite Suche wurde im Zeitraum Juni/Juli 2008 durchgeführt. Eine dritte Recherche wurde sechs Wochen nach der zweiten durchgeführt, brachte jedoch keine neuen Ergebnisse. Die Videos wurden mit der Software *SuperVideo-8* aus dem Netz geladen und auf einer lokalen Festplatte als Flashvideo-Dateien gespeichert.

Die Tierarten wurden anschließend anhand der Videos gegenbestimmt, um falsche Artenbezeichnung der Videoersteller auszuschließen. Filme, die aufgrund schlechter Qualität entweder Bewegungen oder Tierarten nicht erkennen bzw. bestimmen ließen, wurden von der Untersuchung ausgeschlossen. Ebenso wurden Videos, die erkennbar eine Urheberrechtsverletzung darstellten, nicht in die Untersuchung aufgenommen. Tabelle 6-2 beinhaltet den sich ergebenden Dreiklang zur Artüberprüfung.

Tabelle 6-2 Schritte zur Artüberprüfung in der Videorecherche

Schritt	Erklärung
1 Suche	Gezielte Artensuche nach erstellter Liste
2 Suchergebnis	Antwort auf die Suchanfrage (ungeprüft)
3 Gegenbestimmung	Überprüfung der Antwort der Software anhand von Bestimmungsliteratur

Die verwertbaren digitalen Videos wurden der Artenliste entsprechend katalogisiert. Parallel hierzu wurde eine Datenbank erstellt, in der vorhandene Arten mit den aus der Literatur benannten Gewichtsangaben eingetragen wurden. Die erstellte Videodatenbank stellte die Basis für die weitere Auswertung dar. Tabelle 6-3 gibt eine Übersicht über die Tierarten bzw. Gattungen, die innerhalb dieser Arbeit untersucht wurden.

Tabelle 6-3: Untersuchte Tierarten bzw. Gattungen und ihre durchschnittliche Masse

Deutsche Artbezeichnung	Wissenschaftliche Artbezeichnung	Anzahl der Tiere (& Kämpfe)	Körpergewicht (kg)
Maus	<i>Mus musculus</i>	2 (10)	0,04
Eichhörnchen	<i>Sciurus vulgaris</i>	2 (5)	0,3
Ratte	<i>Rattus norvegicus</i>	4 (5)	0,4
Gewöhnlicher Totenkopffaffe	<i>Saimiri sciureus</i>	2 (2)	0,9
Hausmeerschweinchen	<i>Cavia porcellus</i>	3 (5)	1,0
Frettchen	<i>Mustela putorius furo</i>	6 (21)	1,3
Katta	<i>Lemur catta</i>	8 (4)	2,8
Kapuziner	<i>Cebus capucinus</i>	2 (1)	3,3
Schwarzweißer Vari	<i>Varecia variegata</i>	4 (2)	3,5
Waschbär	<i>Procyon lotor</i>	2 (3)	6,3
Schopf-Gibbon	<i>Nomascus spec.</i>	2 (1)	7
Klammeraffe	<i>Ateles spec.</i>	8 (4)	8
Tasmanischer Teufel	<i>Sacrophilus harrisii</i>	2 (1)	8
Berberaffe	<i>Macaca sylvanus</i>	4 (2)	9
Mantelpavian	<i>Papio hamadryas</i>	8 (4)	17
Gelada	<i>Theropithecus gelada</i>	4 (2)	18
Wolf	<i>Canis lupus</i>	6 (3)	50
Schimpanse	<i>Pan troglodytes</i>	14 (7)	52
Leopard	<i>Panthera pardus</i>	6 (3)	65
Hirsch	<i>Cervus elaphus</i>	6 (4)	130
Gorilla	<i>Gorilla spec.</i>	18 (9)	145
Wildschwein	<i>Sus scrofa</i>	4 (2)	220
Löwe	<i>Panthera leo</i>	12 (6)	225
Tiger	<i>Panthera tigris</i>	14 (7)	250
Braunbär	<i>Ursus arctos</i>	2 (5)	250
Pferd	<i>Equus spec.</i>	4 (2)	300
Eisbär	<i>Ursus maritimus</i>	6 (3)	460
Kamel	<i>Camelus ferus</i>	2 (2)	500
Elch	<i>Alces alces</i>	10 (5)	800
Hausrind (Zuchtbulle)	<i>Bos primigenius taurus</i>	4 (2)	900
Giraffe	<i>Giraffa camelopardalis</i>	12 (6)	1300
Nashorn	<i>Ceratotherium simum</i>	8 (4)	2450
Flusspferd	<i>Hippopotamus amphibius</i>	2 (1)	2500
Afrikanischer Elefant	<i>Loxodonta africana</i>	14 (7)	5000

6.3 Funktionsmorphologische Quantifizierung der Verhaltensabläufe

Die Analyse der Kommentkämpfe unterschiedlicher Säugetierarten beinhaltet eine Vielzahl von Bewegungen. Dabei entscheidet zum einen die Anatomie der jeweiligen Tierart zum anderen auch das Individuum selbst (bzw. seine Reflexe) welche Bewegungen ausgeführt werden und wie diese im Rahmen der anatomischen Möglichkeiten umgesetzt werden. Um die Vielzahl möglicher auftretender Bewegungen vergleichbar zu machen, wurden zunächst spezifische Kampfbewegungen definiert und anschließend kategorisiert.

6.3.1 Definition Kommentkampf

Nicht immer ist es klar erkennbar ob eine Verhaltensweise einen Kommentkampf darstellt oder ob es sich um Spielverhalten bzw. um einen ernsthaften Beschädigungskampf handelt. Fehlen im Rahmen von Videoaufnahmen Informationen über die Geschehnisse vor der Kampfhandlung, wird eine Identifikation der Verhaltensweise erschwert. Die Verhaltensweisen „Spielen“ und „Beschädigungskampf“ dienten als Ausschlusskriterien. Wurden sie identifiziert, zählte die Verhaltensweise nicht zum Untersuchungsgegenstand. Zu diesem Zweck wurden sowohl Spielverhalten als auch Beschädigungskämpfe definiert. Traten in den Videos Spielkämpfe bzw. ernsthafte Kämpfe nach den hier aufgestellten Definition auf, wurden die Kampfszenen nicht mit in die Untersuchung aufgenommen.

Spielkämpfe: Die kämpferischen Bewegungen werden häufig von abrupten Abbruch des Kampfes durchflochten und gehen schnell in ruhige, soziale Bewegungen über und wieder zurück.

Beschädigungskämpfe: Die Bewegungen führen zu Verletzungen, die durch Wunden offensichtlich werden und nicht als Kollateralschäden aufgefasst werden können, weil das verletzte bzw. kampfunfähige Tier weiterhin attackiert wird.

Mithilfe der Ausschlusskriterien ergab sich für diese Arbeit eine Definition für Kommentkämpfe, die aufgrund der Möglichkeit, dass innerhalb eines Videos der zeitlich-soziale Kontext nicht nachvollziehbar ist, von Definitionen der Fachliteratur geringfügig abweicht. Die Abweichung bezieht sich dabei vor allem auf das Ziel von Kommentkämpfen, die zur Unterwerfung eines der Kontrahenten führen

„Kommentkämpfe führen nicht zur physischen Ausschaltung des Gegners, sondern nur zu seiner Unterwerfung“ (FRANK 1997).

Die Überprüfung des üblichen Zieles der Kommentkämpfe war im Rahmen vieler Videokonserven nicht möglich. Aus diesem Grund hat im Rahmen dieser Arbeit folgende Definition Geltung:

Kommentkampf: Ein körperlicher Zweikampf zwischen zwei Individuen einer Art, bei der gefährliche Kampfmethoden vermieden werden, und bei dem ein Spielkampf abgeschlossen werden kann.

Sowohl bei möglichen Spielkämpfen als auch bei möglichen ernsthaften Auseinandersetzungen, wurde die jeweilige Bewegungen mit vergleichbaren Kämpfen der gleichen Tierart abgeglichen. Eine eindeutige Abgrenzung der Verhaltensweisen ist jedoch nicht möglich und kann daher nicht gewährleistet werden.

6.3.2 Kategorisierung des Kampfverhaltens

Um Bewegungen innerhalb von Kommentkämpfen funktionsmorphologisch analysieren zu können, wurden Kategorien von Bewegungsformen gebildet. Dies diente in erster Linie dazu, Kämpfe zu systematisieren, um den Einsatz bzw. die Relevanz des Körpergewichtes in diesen Kategorien zu isolieren.

Bei der Erstellung der Kategorien der Kampfbewegung wurden solche entwickelt, die einen funktionsmorphologischen Bezug zum Körpergewicht ermöglichen. Dabei wurde im wesentlichen dahingehend kategorisiert, ob das eigene Körpergewicht oder das des Kontrahenten

überwunden werden muss, bzw. ob das eigene Körpergewicht als Werkzeug eingesetzt wird. Die folgenden drei Grundkategorien wurden für folgende Untersuchung gebildet:

Es wurden drei Hauptkategorien und zwei Nebenkategorien definiert. Die drei Hauptkategorien beziehen sich dabei auf den Tierkörper als Gesamtes, während die Nebenkategorien sich auf den Einsatz von Extremitäten, des Gebisses oder spezieller Körperstrukturen beziehen.

Die Bezeichnungen der Kategorien dienen der möglichst unkomplizierten Identifizierung und Zuordnungen von Bewegungen innerhalb der Kämpfe. Dabei sind die Bezeichnungen nicht immer nach physikalischen Maßstäben korrekt. Dennoch wurde sich für die unten aufgeführten Kategoriebezeichnungen innerhalb dieser Untersuchung entschieden, da die Assoziation zur Begrifflichkeit „Schubenergie“ das enthaltene funktionsmorphologische Prinzip verdeutlicht. Der unkomplizierten Zuordnung wurde in dieser Arbeit Priorität gegeben. Tabelle 6-4 gibt einen Überblick über die drei Hauptkategorien.

Tabelle 6-4 Funktionsmorphologische Verhaltenskategorien - Hauptkategorien

Kategorie	Hauptmerkmal	Funktionsmorphologisches Prinzip
Einsatz von Lageenergie	Auf den Kontrahenten legen	Eigene Lageenergie wird eingesetzt
Einsatz von Schubenergie	Der Gegner wird in Laufrichtung weggeschoben	Eigene Muskelkraft wird gegen die gegnerische Muskel- und Gewichtskraft eingesetzt.
Übertragung von Impulsenergie	Impuls des beschleunigten Körpers wird auf Gegner übertragen	Muskelkraft muss die eigene träge Masse überwinden. Anschließend wird der Impuls übertragen.

Die drei Hauptkategorien wurden in Bezug zu der Bewegungstendenz des gesamten Tierkörpers gebildet.

Einsatz von Lageenergie

Lageenergie ist die potentielle Energie, die ein Tierkörper innerhalb eines Gravitationsfeldes aufgrund seiner Lage besitzt. Ein Tierkörper besitzt gegenüber einem anderen Körper potentielle Energie, wenn er im Gravitationsfeld entgegen der Gravitationskraft eine höhere Position besitzt. In Kommentkämpfen findet die häufigste Umsetzung, bzw. Nutzung der Lageenergie

statt, indem sich ein Tier auf an anderes legt. Dabei findet eine Übertragung der Lageenergie auf den unten liegenden Tierkörper statt. Dabei gilt:

$$E_{Lage} = m \cdot g \cdot h \quad (\text{Gl. 6.1})$$

(m Masse des Körper, g Erdbeschleunigung, h Höhe über dem Boden)

Einsatz von Schubenergie

Der Begriff „Schubenergie“ ist ein für diese Arbeit verwendeter Kunstbegriff. Physikalisch korrekt bezeichnet der Schub die Antriebskraft von Triebwerken. In dieser Arbeit ist mit dem Begriff Schubenergie der Einsatz der eigenen Muskelkraft gemeint, um den Gegner aus einem bestehenden Kontakt heraus wegzuschieben. Für die eindeutige Identifikation dieser Kategorie ist der bereits bestehende Kontakt vor dem Manipulationsversuch des gegnerischen Körpers. Die eingesetzte Muskelkraft kann dabei von der eigenen Gewichtskraft unterstützt werden, beispielsweise durch hinein Lehnen in die Bewegung. Der Schub ist im Rahmen dieser Arbeit also hauptsächlich eine Beschleunigung gegen einen Widerstand, der durch die Gewichtskraft und Muskelkraft des Gegners entsteht. Die eigentliche Energie ist dabei chemische und Bewegungsenergie. Aus der Umsetzung dieser Energie zum Zweck den Gegner zu schieben, wurde für diese Arbeit der verwendete Kunstbegriff geschaffen.

Übertragung von Impulsenergie

Als Übertragung von Impulsenergie wird in dieser Arbeit das Zusammenstoßen des eigenen, zuvor beschleunigten, Körpers mit dem des Gegners verstanden. Im Gegensatz zu Schubenergie wird der Körper ohne vorherigen Körperkontakt beschleunigt. Bildlich bedeutet die Übertragung von Impulsenergie in Kommentkämpfen meist das Anspringen des Gegners oder das An- bzw. Überrennen. Physikalisch drückt sich die Impulsübertragung aus:

$$\Delta p = m(v - u) \quad (\text{Gl. 6.2})$$

(m Masse des Körpers, v Geschwindigkeit vor dem Stoß, u Geschwindigkeit nach dem Stoß)

Nebenkategorien

Zusätzlich zu den drei Hauptkategorien, die sich auf den Einsatz bzw. den Umgang mit dem Gesamtkörpergewicht beziehen, wurden zwei Nebenkategorien gebildet. Durch diese Kategorien wurden die Bewegungen und der Einsatz der Extremitäten, des Gebisses oder besonderer Körperstrukturen differenziert betrachtet. Im Folgenden wird aus Gründen der Lesbarkeit nur von Extremitäten gesprochen. Grundsätzlich sind dabei immer auch andere Körperstrukturen eingeschlossen, die die Bewegungen der Nebenkategorien ausführen können. Zu diesen Körperstrukturen zählen:

- Extremitäten und ihre Endstrukturen (Pranken, Hufe, Hände)
- Gebisse
- Lange Häle
- Rüssel (*Proboscis*)
- Kopf mit Hörnern oder Geweihen

Die Extremitäten können abhängig von der Anatomie und Morphologie schlagend oder ringend-haltend eingesetzt werden. Aus diesen Beobachtungen ergaben sich die beiden Zusatzkategorien für den Einsatz der Extremitäten:

Tabelle 6-5: Funktionsmorphologische Verhaltenskategorien - Nebenkategorien

Kategorie	Hauptelement	Funktionsmorphologisches Prinzip
Teilkörperimpuls	Extremität schlägt (z.B. Prankenhieb)	Impulsübertragung der beschleunigten Extremität
Teilkörperkraft	Extremität führt eine haltende, klemmende Bewegung aus	Körperkraft der Extremität wird gegen den Gegner eingesetzt

Teilkörperimpuls

Die Kategorie beschreibt den Einsatz der Extremitäten, in dem eine Impulsübertragung durch einen Teil des Körpers geschieht. Dabei muss der Gesamttierkörper theoretisch keine Bewegungsenergie umsetzen. Das Schlagen mit den Hälsen bei Giraffenbullen oder ein Prankenhieb einer Großkatze sind typische Beispiele für die Kategorie Teilkörperimpuls.

Teilkörperkraft

Diese Kategorie beschreibt im Gegensatz zum Teilkörperimpuls eine meist kontinuierlich ausgeführte Kraftübertragung auf den Gegner. Diese Kraftübertragung geht dabei von einzelnen Extremitäten oder Körperstrukturen aus und ist hauptsächlich von der Kraft der beteiligten Muskulatur abhängig. Beispiele für einen Einsatz von Teilkörperkraft ist das Verbeißen im Gegner oder seltener ein Einklemmen des Gegners mit den Armen, zum Beispiel bei Bären.

6.4 Datenauswertung und Darstellung

Nachdem die Kategorien für das Kampfverhalten (siehe 6.3.2) definiert waren, wurde auf die erstellte Videodatenbank (siehe 6.3.1) zugegriffen. Die grundlegenden Arbeitsschritte, die nachfolgend genauer erläutert werden, waren im Rahmen der Datenauswertung folgende:

Tabelle 6-6: Schritte zur Artüberprüfung in der Videorecherche

Schritt	Erklärung
1. Kommentkampfszene identifizieren	Verhaltensweise mit Definition „Kommentkampf“ abgleichen
2. Kampfkategorie zuordnen	Bewegungen mit Haupt- und Nebenkategorien abgleichen
3. Zeit der jeweilige Kategorie messen	Dauer der bestimmte Kategorie in Sekunden messen

6.4.1 Verwendete Software

Zur Betrachtung und Auswertung der Videos wurde die Software *VLC-Player*, *Virtual DubMod*, sowie *Videograph* verwendet. Jede der drei Programme bot unterschiedliche Funktionen, die folgendermaßen genutzt wurde:

Tabelle 6-7: Verwendete Software und ihr Einsatz in der Datenauswertung

Software	Funktion	Einsatz
VLC-Player	Wiedergabe, Zeitlupe, Zeitraffer	zeitsparender Überblick über den Inhalt der Videos Zeitlupe bei wichtigen Abschnitten
VirtualDubMod	Aufruf einzelner Frames (0,04 Sekunden) Parallele Bildschirdarstellung mit der Möglichkeit einen zu Vergrößern	Aufschlüsselung flinker Bewegungen bei kleinen Tieren
Video graph	Erstellung von Arbeitsoberflächen, die mehrere Kategorien innerhalb eines Videos als Balken-/Zeitleiste anzeigen	Erstellung einer graphischen Gesamtübersicht zu den einzelnen Videos

VLC-Player

Die frei zugängliche Software wurde genutzt, um die ersten Sichtungen der Videos durchzuführen. Die Zeitrafferfunktion ermöglicht es die Videos mit unterschiedlichen Geschwindigkeiten abzuspielen. Zur Sichtung wurden die Videos mit 1,5- bis 2-facher Geschwindigkeit betrachtet. Die Zeitlupenfunktion wurde genutzt, um Bewegungen detaillierter zu betrachten.

Der VLC-Player bot die Möglichkeit gespeicherte Videos im Flashformat ohne vorherige Konvertierung direkt zu betrachten und zu sichten.



Abbildung 6-1: Die frei zugängliche Software VLC-Player bietet eine einfache Möglichkeit Videos in unterschiedlichen Geschwindigkeiten zu betrachten.

Videograph

Das Programm *Videograph* ermöglicht eine Auswertung von vorher definierten Kategorien innerhalb eines Videos bei gleichzeitiger Dokumentation und graphischer Darstellung in Form von Zeitbalken. Für die Untersuchung wurden die eigens für diese Arbeit entwickelten Kategorien für Kampfverhalten genutzt, um durch *Videograph* dokumentiert zu werden.

Die Kategorien werden in *Videograph* als solche festgelegt. Das per VLC-Player vorgesehene Video wurde in *Videograph* geladen. Die erstellten Kategorien wurden im Menü neben der Videowiedergabe zu dem Zeitpunkt mittels Mausklick aktiviert, an denen sie zu erkennen waren und somit innerhalb des Programmes markiert. Die so entstandenen Balken unterhalb des Videofensters und des Kodiermenüs wurden anschließend in einer eigenen Datenbank abgespeichert. Innerhalb von *Videograph* wurden die Balken über die Funktion „Diagramm“ angezeigt.

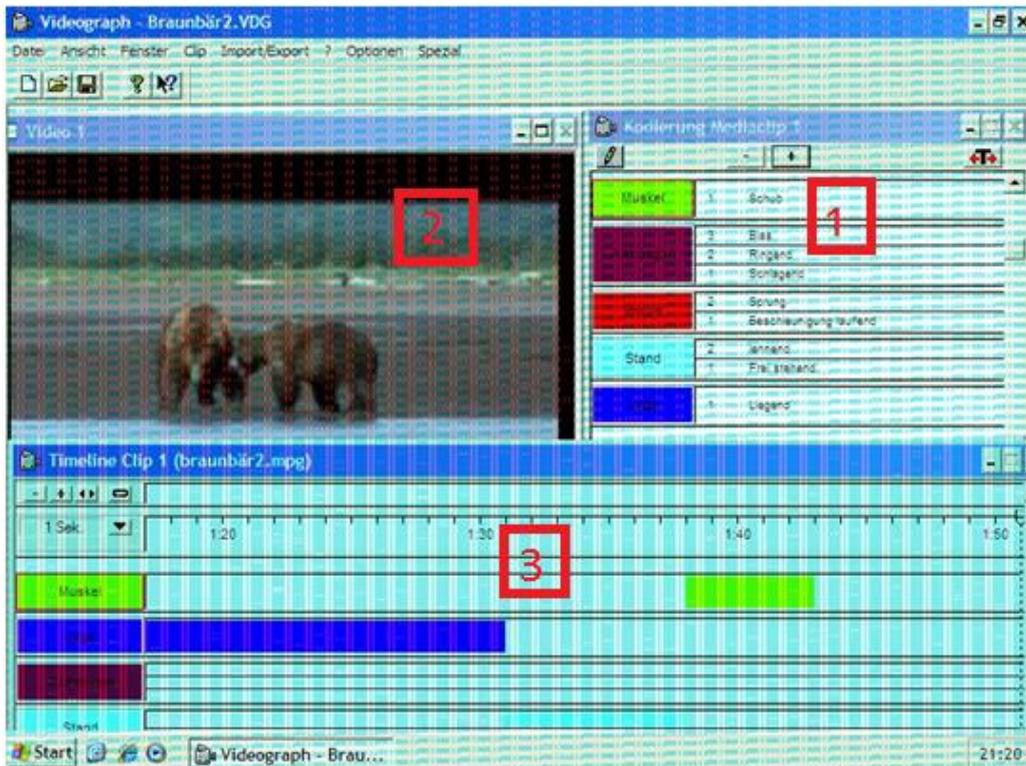


Abbildung 6-2: Benutzeroberfläche von *Videograph*. Im Kodierungsmenü (1) können die Kategorien definiert werden. Werden im betrachteten Video (2) einzelne Kategorien identifiziert, werden sie durch Aktivieren im Kodierungs-menü im Zeitmenü (3) graphisch dargestellt.

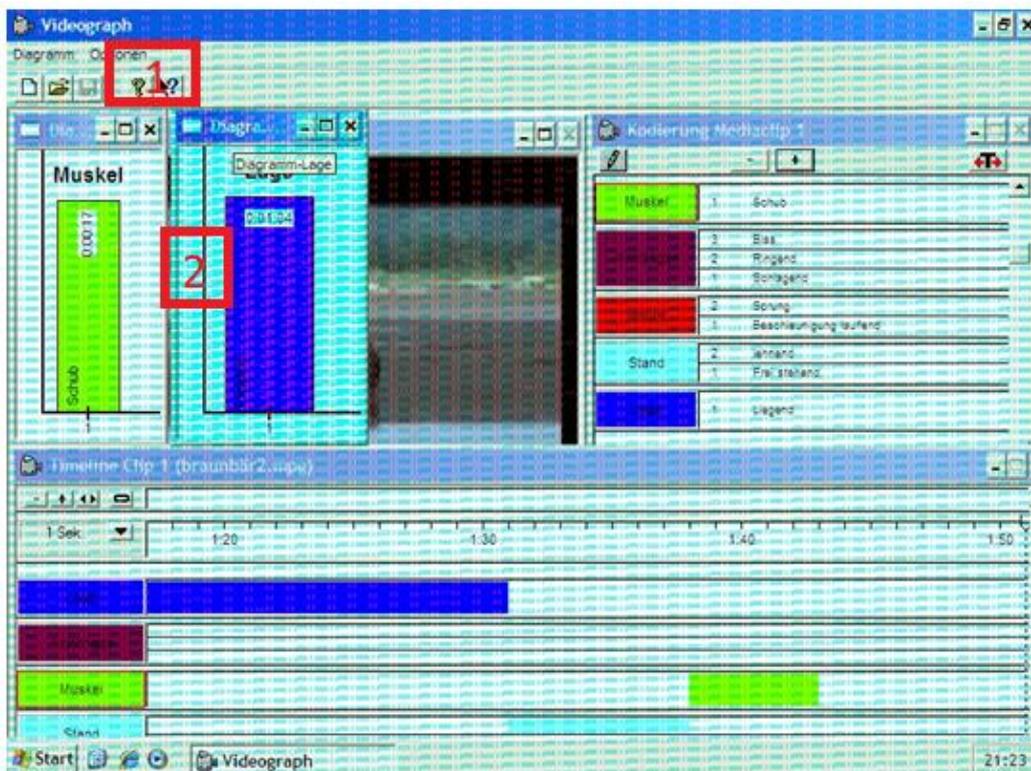


Abbildung 6-3: Über das Menü (1) werden markierten Abschnitte pro Kategorie aus dem Zeitbalken direkt als Balkendiagramm dargestellt (2).

Die so angezeigten Zeiten wurden zunächst in einer Dokumentationstabelle gelistet. Tabelle 6-7 zeigt einen Ausschnitt dieser Tabelle und Einträge zum Tasmanischen Teufel. Anschließend wurden die gemessenen Sekunden anhand der Gesamtzeit des Kampfes in prozentuale Kampfanteile (vgl. 6.4.4) umgerechnet und in einer weiteren Exceltabelle (*Microsoft Excel 2007*) dokumentiert. Tabelle 6-7 zeigt den entsprechenden Ausschnitt zum Tasmanischen Teufel.

.Tabelle 6-7: Ausschnitt der Dokumentationstabelle Zeit pro Kategorie
(hier Tasmanischer Teufel)

<i>Sacrophilus harrisii</i>		Masse: 8 kg		
Kampf	A	B	C	D
Kategorien				
t in sec. Lageenergie	0	0	0	0
t in sec. Schubenergie	1	0	0	0
t in sec. Impulsübertragung	11	12	0	5
t in sec. Teilkörperimpuls	0	0	2	0
t in sec. Teilkörperkraft	8	0	2	0
Summe	20	12	4	5

Tabelle 6-8 : Ausschnitt der Umrechnungstabelle
„Sekunden in Prozentualen Kampfanteil“

<i>Sacrophilus harrisii</i>		Masse: 8 kg		
Kampf	A	B	C	D
Kategorien in Sekunden				
t in sec. Lageenergie	0%	0%	0%	0%
t in sec. Schubenergie	5%	0%	0%	0%
t in sec. Impulsübertragung	55%	100%	0%	100%
t in sec. Teilkörperimpuls	0%	0%	50%	0%
t in sec. Teilkörperkraft	40%	0%	50%	0%

VirtualDubMod

Die frei zugängliche Software *VirtualDubMod* ermöglicht zwei Betrachtungsmöglichkeiten, die in dieser Arbeit vor allem bei der Analyse der Kampfbewegungen kleiner Tiere Einsatz fanden. Kleine Tiere führen häufig flinke Bewegungen aus, die über den *VCL-Player* und auch über *Videograph* nicht zu erfassen sind.

VirtualDubMod stellt das ausgewählte Video in zwei parallel liegenden Fenstern dar, deren Größe individuell verändert werden kann. Für diese Arbeit wurden häufig Videos mit *VirtualDubMod* betrachtet um Details zu betrachten. Zu diesem Zweck wurde eines der Fenster vergrößert. Der damit verbundene Schärfeverlust wurde durch das zweite Fenster in Originalgröße stetig abgeglichen, um so zu einer detaillierteren Information zu gelangen. Die zweite technische Möglichkeit des Programmes, nämlich das Video per Cursertasten Frame für Frame zu betrachten, wurde ebenfalls zur Auswertung besonders flinker Bewegungen genutzt, für die der *VLC-Player* und *Videograph* nicht in Frage kamen.

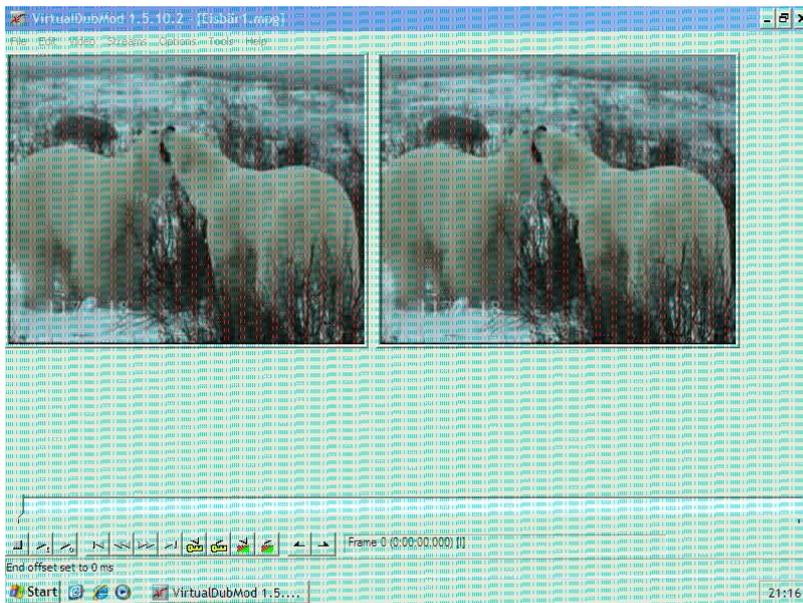


Abbildung 6-3: *VirtualDubMod* Bedienungs Oberfläche. Mit Hilfe der Maus oder Cursertasten können einzelne Frames nacheinander betrachtet werden.

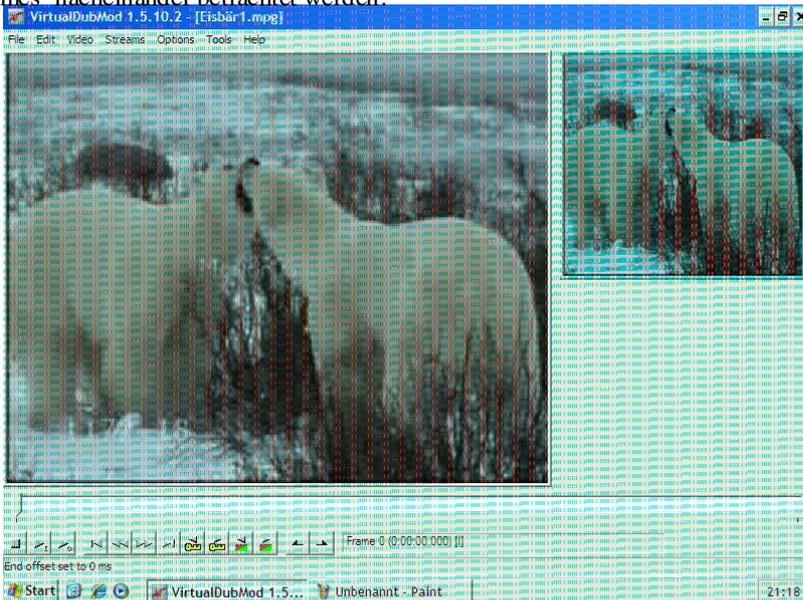


Abbildung 6-4: *VirtualDubMod* ermöglicht die gleichzeitige Betrachtung des Videos in Originalgröße, sowie in einer individuell vergrößerten Darstellung.

6.4.2 Kommentkampfszene identifizieren

Mit Hilfe des *VLC-Players* und der nutzbaren Zeitlupen- bzw. Zeitrafferfunktion wurde zunächst das zu analysierende Video auf Kampfszenen gesichtet. Wurde eine mögliche Kampfszene entsprechend der Definition (siehe 6.2.3) als Kommentkampf gewertet, wurde die Startsekunde notiert und im nächsten Schritt die Kampfkategorie bestimmt.

6.4.3 Kampfkategorie bestimmen

Zur Bestimmung der Kampfkategorie wurde die Kampfszene wiederholt in Zeitlupe und Normaltempo betrachtet, um sie anhand der Kategoriebeschreibungen zu bestimmen. Das mehrmalige Betrachten in den unterschiedlichen Tempi war erforderlich, da sich bestimmte Kategorien, wie beispielsweise das Schieben des Gegners, bei einer Videoverlangsamung nicht mehr identifizieren lassen. Ebenso kann eine Impulsübertragung bei starker Verlangsamung wie das Schieben des Kontrahenten erscheinen.

Während des Identifikationsschrittes wurde darüber entschieden mit welchem Programm die Bewegung im Folgeschritt genau zu analysieren sein wird. Bei flinken Bewegungen kleiner Tiere wurde *VirtualDubMod* genutzt und die Bewegungen in einer separaten Exceltabelle festgehalten. Große Tiere, deren Bewegungsänderungen nicht im Sekundenbereich lagen, wurden mit *Videograph* ausgewertet. Der Vorteil bei *Videograph* lag vor allem darin, dass eine Datenbank gleich mit der Videosoftware erstellt werden konnte.

6.4.4 Zeitmessung der Kategorien

Mit Hilfe der gewählten Software für die genauere Analyse wurde die Länge der identifizierten Kampfszene gemessen. Die jeweilige Zeit wurde in einer separaten Excelliste (siehe Tabelle 6-7 und Tabelle 6-8) eingetragen, wobei Frames zuvor in Sekunden umgerechnet und dokumentiert wurden.

Tabelle 6-9: Beispieldokumentation :

Umrechnung Frames in Sekunden (hier beim Frettchen)

<i>Mustela putorius furo</i>	<i>Lageenergieumsatz</i>
Frames	Umrechnung in sec.
336-360	0,96
402-439	1,48
622-721	3,96
987-1202	8,6
1321-1401	3,2
1447-1487	1,6
1746-1791	1,8
1850-1895	1,8
1997-2050	2,12
2078-2122	1,76

Anschließend wurden die gemessenen Zeiten der jeweiligen Kategorie, die in einem Kampf auftraten, prozentual umgerechnet (vgl. Tabellen 6-7 und 6-8). Dabei stellten 100% die Gesamtzeit eines Kampfes dar. Dieser Kampf kann auch Zeiten ohne körperliche Auseinandersetzung (Anstarren, Drohen) beinhalten, weshalb die aufsummierten Prozente der Kategorie selten 100% ergeben. Erst das Abwenden eines Tieres vom Gegner ohne nachfolgenden Angriff wurde bei der Situation "Blickkontakt/Anstarren" als Beendigung einer Kampfsequenz gewertet. Erhoben wurden die prozentuale Kategorie pro Kampf, nicht pro Tier.

Alle untersuchten Kämpfe wurden als Einheiten ausgewertet. Hierbei wurde nicht zwischen den Einzeltieren unterschieden, sondern die Zeit der jeweiligen Kategorie insgesamt im Kampf gemessen. Dies ist im Folgenden wichtig zu bedenken, da zeitgleich auftretende Kategorien nicht doppelt gezählt wurden. Ein Gegeneinanderdrücken von sechs Sekunden bei dem beide Tiere der Kategorie „Schubenergie“ zuzuordnen wären, wurde nicht als 12 Sekunden sondern als sechs Sekunden dokumentiert. Von jeder der untersuchten Tiergruppen wurde der Durchschnittswert als arithmetisches Mittel für jede Kategorie ermittelt.

Im letzten Schritt wurden die arithmetischen Mittel der jeweiligen Kategorien für jede Tierart in einer Exceltabelle notiert. Dabei wurde jeweils eine Tabelle pro Kampfkategorie bzw. pro Nebenkategorie entworfen. Die ermittelten arithmetischen Mittel wurden nach der durchschnittlichen Körpermasse der Tiere aufsteigend angeordnet.

6.4.5 Spezifikation des Lageenergieumsatzes

Mit Hilfe des Programmes *Virtual Dub Mod* wurden die Phasen der Kämpfe, in denen per Definition (siehe 6.3.2 Lageenergie) das eigene Körpergewicht eingesetzt wurde, detailliert ausgewertet. Dazu wurden die einzelnen Frames der jeweiligen Phase mithilfe der Software auf die folgende Frage hin untersucht:

Wird der Körper aufgelegt, um den Kontrahenten zu fixieren oder findet lediglich eine Körperschwerpunktsenkung statt?

Innerhalb der einzelnen Frames wurde geprüft, ob der komplette Körper aufgelegt wird. Der Körper kann auch abgesenkt werden, ohne dass dadurch der Gegner ernsthaft behindert wird. Typisch für solche Bewegungen ist, dass über Extremitäten Kontakt zum Gegner herrscht. Zusätzlich wird dann der Körperschwerpunkt gesenkt, allerdings führt das nicht dazu, dass das Körpergewicht auf den Gegner wirkt. Analog zu solch einer Bewegung kann man sich einen Menschen beim Liegestütz vorstellen. Die Hände berühren dabei den Gegner, die eigentliche Schwerpunktsenkung wirkt sich jedoch nicht auf den Gegner aus. Solch eine Bewegung dient in erster Linie dazu, den eigenen Körper neu zu positionieren, nicht jedoch um den Gegner zu behindern.

Bei einem Lageenergieumsatz während der Schwerpunktsenkung wird mit dem Absenken des Körperschwerpunktes der Körper auch tatsächlich auf den gegnerischen Körper gelegt. Bei einer Neupositionierung geschieht dies nur partiell. Für jede Tierart, bei der ein Lageenergieumsatz verzeichnet wurde, fand eine Auszählung der Anteile der Schwerpunktsenkung zur Neupositionierung und zum kompletten Lageenergieumsatz statt.

Ein Verhältnis $> 0,5$ zugunsten der Schwerpunktsenkung bei der tatsächlich Lageenergie umgesetzt wird, bedeutet im Rahmen dieser Arbeit, dass die entsprechende Tierart hauptsächlich ihren Schwerpunkt im Kampf verändert, um Lageenergie auf den Gegner zu übertragen. Das wiederum bedeutet, dass dies Tiere ihr Körpergewicht hauptsächlich als Werkzeug einsetzen. Dieser Einsatz geschieht in mehr als der Hälfte aller Kämpfe, wenn das Verhältnis über 0,5 liegt. Ein Verhältnis von $< 0,5$ bedeutet, dass die Schwerpunktveränderung primär der Neupositionierung dient, um eine stabilere Position einzunehmen. Diese Stabilität wird dadurch erreicht, dass der Körperschwerpunkt näher an die Unterstützungsfläche des Tierkörpers geführt wird.

6.4.6 Datendarstellung

Die erhobenen Daten wurden durch *Microsoft Excel 2007* als halblogarithmische Streudiagramme dargestellt. Dabei wurde die Massen logarithmisch auf der Abszisse angeordnet, während die arithmetischen Mittel des prozentualen Zeitanteils der gemessenen Kategorie linear auf der Ordinate notiert wurden.

Neben der Darstellung der drei Haupt- und zwei Nebenkategorien wurden aus den vorhandenen Daten Tiergruppen separiert und gesondert dargestellt. Isolierte Datendarstellungen fanden für jede Kategorie einmal für die Gruppe Primaten (*Primates*) und für die Huftiere (*Ungulata*) statt.

Neben der gesonderten Darstellung der beiden Tiergruppen, wurden zu jeder Kategorie die Spitzenwerte herausgenommen und in einem Streudiagramm mit interpolierten Linien dargestellt.

6.5 Statistische Methoden

Zur Prüfung der Signifikanz der Daten wurde der *Rangkorrelationstest nach Spearman* verwendet. Der *Spearman-Rangkorrelationstest* eignet sich, da die Daten der Ergebnisse nicht gleichverteilt sind und zudem viele Nullwerte enthalten. Aufgrund der vielen Nullwerte ist die bivariable Verteilung der Daten ungewiss. Der Spearman-Rangkorrelationstest ist robust gegen nicht symmetrische Datenverteilungen. Die Daten der zoologischen Untersuchung sind ordinalskaliert und können somit im Rangkorrelationstest nach Spearman verwendet werden (vgl. hierzu LAMPRECHT 1999, KÖHLER ET AL. 2007).

Zur Durchführung des statistischen Tests wurde ein Programm genutzt, das am *Institut für Biologie und ihre Didaktik der Universität Flensburg* verfügbar ist. Das Programm wurde von A. CHRISTIAN erstellt und für die Bestimmung der folgenden Maßzahlen genutzt:

- den Rangkorrelationskoeffizient : $(r_s) = 1 - \frac{6 \cdot \sum d_i^2}{n \cdot (n^2 - 1)}$ (KÖHLER ET AL. 2007)
- das Bestimmtheitsmaß: r_s^2
- die Prüfgröße t: $t(N > 10)$
- die Wahrscheinlichkeit (p ,) einseitig und zweiseitig getestet.

7 Methoden der anthropologischen Untersuchung

Für die Durchführung der Analyse von Größen- und Gewichtseffekten in menschlichen Zweikämpfen galten in der Vorbereitung die gleichen Überlegungen wie in der zoologischen Untersuchung dieser Arbeit. Auch für die anthropologische Untersuchung mussten die folgenden drei Punkte auf die Problematik hin geplant werden, eine nichtlineare Bewegungsform funktionsmorphologisch auswertbar zu machen:

- Planung der Datenaufnahme
- Funktionsmorphologische Quantifizierung von Verhaltensabläufen
- Datenauswertung

Die Untersuchung von Größen- und Gewichtseffekten in menschlichen Zweikämpfen birgt zusätzlich eine ethische Problematik. Um eine hinreichende Validität über die Effekte im Zweikampf zu erreichen, muss sichergestellt werden, dass Kampfbewegungen unter vollem Krafteinsatz und mit einer hohen Motivation ausgeführt werden.

Ein derartiger Krafteinsatz ist bei ernsthaften, nicht spielerischen Auseinandersetzungen zu vermuten, birgt jedoch ein hohes Verletzungsrisiko. Eine systematische Untersuchung der Gewichtseffekte war ethisch und rechtlich an realen Auseinandersetzungen nicht durchzuführen. Aus diesem Grund wurde sich dafür entschieden die Untersuchung menschlicher Zweikämpfe an Kampfsportlern durchzuführen.

7.1 Planung der Datenaufnahme

Für die Analyse menschlicher Zweikämpfe wurde sich ebenfalls wie bei der zoologischen Untersuchung für die Verwendung von Videokonserven entschieden. Dies geschah vor allem deshalb, weil trotz unterschiedlicher Untersuchungsobjekte und -bedingungen die beiden Untersuchungen dieser Arbeit eine methodische Ähnlichkeit beibehalten sollten. Trotz unterschiedlicher Rahmenbedingungen stellt die humanbiologische Untersuchung in gewissem

Maße eine differenzierte, vertiefende Studie einer einzelnen Spezies dar, in der es darum geht in einem sehr engen Gewichtsbereich Größeneffekte nachzuweisen. Die Verwendung von Videokonserven erlaubt die bereits beschriebenen Vorteile (siehe 6.2.1) Bewegungen detailliert und wiederholbar betrachten zu können. Die Motivation von Kampfsportlern auf internationalen Wettkämpfen wurde als hoch eingestuft, so dass ähnlich wie bei ernsthaften Auseinandersetzungen mit maximalem Krafteinsatz zu rechnen ist.

International und national existiert eine Vielzahl an Kampfsportarten und Kampfkünsten. Dabei sind die technischen Prinzipien, vor allem in den kampfsportlichen Varianten, zum Teil erheblich. Für die Untersuchung wurden Kampfsportarten nach folgenden Kriterien zw. Überlegungen ausgewählt:

1. Wird in der Kampfsportart bevorzugt mit dem Gewicht bzw. gegen das des Gegners gekämpft?
2. Finden die ausgeführten Techniken unter vollem Krafteinsatz (Fullcontact) statt?

Dabei wurden in Deutschland vertretene Kampfsportarten zunächst auf diese Kriterien hin untersucht und bewertet. Tabelle 7-1 gibt einen Überblick über die populären Kampfsportarten und ihre bevorzugten Techniken, die im Vorfeld der Untersuchung geprüft wurden.

Tabelle 7-1: Populäre Kampfsportarten und ihr bevorzugten Techniken

Kampfsportart	Bevorzugte Technik um zu punkten	Kontaktart
Tae Kwon Do	Fußtritte	Vollkontakt
Karate (diverse Stile)	Fauststöße	Hauptsächlich Halbkontakt
Judo	Würfe, Haltegriffe	Vollkontakt
Amateurboxen	Faustschläge	Vollkontakt
Profiboxen	Faustschläge	Vollkontakt
Muay Thai	Fußtritte, Faustschläge, Ellenbogenschläge	Vollkontakt
Ringens (griechisch-römisch)	Würfe, Haltegriffe	Vollkontakt
Ringens (Freistil)	Würfe, Haltegriffe	Vollkontakt
Brazilian Jiu Jitsu	Haltegriffe, Hebel	Vollkontakt

Ein Gewichtseinsatz des gesamten Körpers findet sich vor allem bei ringenden Kampfsportarten, bei denen Würfe („Take Downs“) und Haltegriffe am Boden vorkommen. Das Körpergewicht spielt auch in schlagenden oder tretenden Kampfsportarten eine Rolle, diese ist jedoch partiell. Die Auswirkung bzw. die Überwindung des gesamten Körpergewichtes ist für die ringenden Kampfsportarten elementar.

Für die folgenden Untersuchungen wurden die Sportarten Judo und griechisch-römisches Ringen ausgewählt. Brasilianisches Jiu Jitsu erfüllt ebenfalls beide Bedingungen für eine systematische Untersuchung von Größen- und Gewichtseffekten. Aufgrund eines fehlenden Dachverbandes und wegen der geringen Professionalisierung innerhalb Deutschlands wurde Brasilianisches Jiu Jitsu jedoch nicht in dieser Untersuchung berücksichtigt.

Bei den im Deutschen Ringerbund vertretenen Ringstilen wurde ausschließlich die Variante *Freistilringen* untersucht, da bei dieser der ganze Körper als Angriffsfläche genutzt werden darf.

7.2 Material

Für die humanbiologische Untersuchung konnten im Gegensatz zur zoologischen Untersuchung Videos genutzt werden, die bereits zuvor professionell durch das *Institut für angewandte Trainingswissenschaften der Universität Leipzig (IAT)* genutzt wurden.

Im Rahmen der Untersuchung dieser Arbeit wurde ausschließlich Videomaterial von Judo- und Ringwettkämpfen professioneller Athleten verwendet und ausgewertet. Alle Wettkämpfe fanden auf internationalem Niveau statt. Die Eingrenzung in der Wettkampfauswahl sorgt dafür, dass bei einer Analyse der Kämpfe davon ausgegangen werden kann, dass alle Athleten über ein ähnliches Technikrepertoire und -niveau verfügen.

Durch diese Limitierung wird annähernd gewährleistet, dass kein Wettkämpfer allein aufgrund eines Trainings- oder Erfahrungsrückstandes unterliegt oder auf eine ihm unbekannte Technik erstmalig reagieren muss. Eine verhältnismäßig homogene Wettkampfsituation bezogen auf Technikwissen, Leistungsstand und professionelle Vorbereitung sind für eine Vergleichbarkeit der Gewichtseffekte innerhalb einer Spezies grundlegend.

Verwendetes Videomaterial

Für die humanbiologische Untersuchung wurden in den Disziplinen Judo und Freistilringen Welt- und Europameisterschaftswettkämpfe sowie Wettkämpfe der Olympischen Spiele aus Peking ausgewählt. Die für die Studie verwendeten Videomittschnitte der Meisterschaftswettkämpfe wurden alle vom *IAT-Leipzig* zur Verfügung gestellt. Die zur Verfügung gestellten Videos sind diejenigen Mitschnitte, die für die deutschen Nationalmannschaften der Judoka und Ringermannschaften auf den jeweiligen Wettkämpfen gefilmt wurden. Enthalten sind alle Kämpfe der jeweiligen Meisterschaft, nicht nur die der deutschen Mannschaften.

Von den Wettkämpfen der männlichen Ringer konnte kein Videomaterial zur Verfügung gestellt werden. Dementsprechend wurden männliche Ringer in dieser Untersuchung nicht berücksichtigt. Tabelle 7-2 gibt einen Überblick, über die durch das IAT zur Verfügung gestellten Videos und der jeweiligen Gewichtsklassen. Insgesamt wurden 271 Einzelkämpfe mit ca. 47.000 reinen Kampfsekunden ausgewertet.

Tabelle 7-2: Überblick über die Verwendeten Videos und deren Gewichtsklassen

Judo	Ringin
<48 Kg (Frauen)	48 Kg (Frauen)
60 Kg (Männer)	55 Kg (Frauen)
>78 Kg (Frauen)	59 Kg (Frauen)
81 Kg (Männer)	63 Kg (Frauen)
>100 Kg (Männer)	67 Kg (Frauen)
	72 Kg (Frauen)

7.2 Quantifizierung der Verhaltensabläufe im Kampfsport

Die humanbiologische Untersuchung dieser Arbeit besteht aus zwei Teilen. Im ersten Teil, der Basisuntersuchung, wurde der zeitliche Anteil und die Häufigkeit des Gewichtseinsatz im

Kampf gemessen. Hierbei ging es vor allem darum den quantitativen Anteil des Gewichtseinsatzes zu erfassen.

Im zweiten Teil, der Technikanalyse, wurden Technikkategorien in Bezug auf das Körpergewicht gebildet und auf Erfolg und Misserfolg hin untersucht. In der Technikanalyse ging es darum, definierte Verhaltensweisen zu quantifizieren. Die quantifizierten Verhaltensweisen stellen dabei Kampftechniken dar, die trotz ihrer Analogie nicht exakt mit den klassischen Judo- oder Ringtechniken gleichzusetzen sind. Der Grund für diese Abweichung liegt daran, dass in dieser Arbeit keine sportwissenschaftliche Untersuchung durchgeführt wird, sondern die humanbiologische Untersuchung eine Seitenstudie darstellt. Die Seitenstudie verfolgt dabei grundsätzlich das übergeordnete Ziel der gesamten Arbeit, nämlich generelle Größeneffekte in ritualisierten Turnier- bzw. Kommentkämpfen zu dokumentieren

7.2.1 Methoden der Basisuntersuchung

Die vom IAT zur Verfügung gestellten, digitalisierten Videos wurden auf einem PC, mithilfe des Freewareprogrammes *VLC-Player* (Entwickler Video-LAN-Team), sowie der Software *Windows-Media.Player* gesichtet.

In der Basisuntersuchung ging es darum, den quantitativen Anteil des Körpergewichteinsatzes innerhalb der Kämpfe zu erfassen. Zu diesem Zweck wurde eine der zoologischen Untersuchung dieser Arbeit analoge Methode gewählt, die zunächst die Definition einer messbaren Verhaltensweise verlangte. Für eine quantitative Erfassung wurde eine Verhaltensweise definiert, die prinzipiell derjenigen ähnelt, die in der zoologischen Untersuchung als „Einsatz von Lageenergie“ (siehe 6.3.2) beschrieben wurde. Es wurde für die humanbiologische Untersuchung der Bodenkampf als solcher gemessen und als zu untersuchende Verhaltensweise definiert, da in ihm prinzipiell die gleichen funktionsmorphologischen Prinzipien ihren Einsatz finden, wie in ihrem Pendant innerhalb der zoologischen Datenerhebung. Diese grundsätzlichen Prinzipien sind vor allem der Umsatz der potentiellen Energie desjenigen Athleten, der auf seinem Kontrahenten liegt. Innerhalb eines kampfssportlichen Kontextes kommt es im Gegensatz zur reinen Umsetzung von Lageenergie immer auch zur Umsetzung chemischer Energie in Form von Muskelkraft. Der Umsatz potentieller Energie geht im Kampfsport fast ausnahmslos mit dem Festhalten und Fixieren des Gegners einher. Dabei wurde der Bodenkampf als quantifizierbare Verhaltensweise folgendermaßen definiert:

Bodenkampf: Eine Bodenphase beginnt, sobald ein Athlet (Kämpfer A) entweder ein Knie auf dem Boden hat, oder sich mit einer Hand auf dem Boden abstützt und der Kontrahent (Kämpfer B) dadurch aus einer Position unmittelbar agiert, in der automatisch seine Gewichtskraft auf Kämpfer A einwirkt. Wirkt keine gegnerische Gewichtskraft mehr und wird keine Muskelkraft in Bodenlage mehr ausgeübt, gilt die Bodenphase als beendet.

Für die quantitative Erfassung der Daten wurden neben der zeitlichen Erfassung des Bodenkampfes, auch die Sekunden dokumentiert, die der Kampf insgesamt dauerte. Dazu zählten neben den Bodenkampfphasen vor allem der Standkampf. Dabei wurden nur die reinen Kampfssekunden erfasst. Als reine Kampfssekunden zählen im Rahmen dieser Arbeit diejenigen Sekunden, in denen die Kämpfer offensiv agieren. Offensives Agieren wurde im Vorfeld definiert und anhand von folgenden Handlungen identifiziert:

- Nach Kampfrichtersignal aktives, sich aufeinander zubewegen der Athleten
- Wachsame Kampfstellung ohne Kontakt (gilt auch am Boden)
- Körperkontakt im Standkampf
- Körperkontakt am Boden

Konnte nach dem ertönen des Schlusssignals, oder außerhalb der Kampffläche noch ein visuell eingestuftes Muskeltonus wahrgenommen werden, zählte dies im Rahmen der Untersuchung ebenfalls noch als reine Kampfssekunden. Dies führte bei einigen Kämpfen dazu, dass eine längere Zeit, als die offizielle Kampfzeit, gemessen wurde.

Innerhalb der Basisuntersuchung wurde davon ausgegangen, dass grundsätzlich, bis auf wenige zu vernachlässigende Sekunden, das Körpergewicht beim Bodenkampf eine Rolle spielt. Die Begründung dieser Annahme ist, dass während eines Bodenkampfes in der Regel ein Kontrahent auf dem anderen liegt. In welcher Form dies geschieht, also welche konkrete Technik dabei ausgeführt wird, ist für die Datenerhebung der Basisuntersuchung irrelevant, solange der Bodenkampf als solcher eindeutig identifiziert werden konnte. Die durchgeführten Messungen, um die quantitativen Anteile des Gewichtseinsatzes zu dokumentieren, werden in Tabelle 7-3 zur Übersicht dargestellt.

Erläuterung zu Tabelle 7-4:

In Tabelle 7-4 ist zunächst links die laufende Kampfnummer der jeweiligen Gewichtsklasse zu erkennen. Es folgen die zu jedem Kampf dieser Gewichtsklasse ermittelten Daten. t -*gesamt* bezeichnet die Zeit in Sekunden des gesamten Kampfes, t -*Stand* diejenigen der gesamten Standzeit und t -*Boden* die Sekunden der gesamten Bodenzeit. Daraus errechnet sich $\%$ -*Boden*, welches den prozentualen Zeitanteil des Bodenkampfes am Gesamtkampf beschreibt. Die rechten beiden Spalten $\#$ *Stand* und $\#$ *Boden* beschreiben die Anzahl der jeweiligen Stand- bzw. Bodenphasen. Für die Erfassung des quantitativen Anteils des Gewichtseinsatzes waren vor allem $\%$ *Boden* und $\#$ *Boden* (grün hervorgehoben) wichtige ermittelte Kenngrößen.

Anschließend wurde für jede Gewichtsklasse das arithmetische Mittel und der Median berechnet,

$$\bar{x}_{\text{arithm}} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i = \frac{x_1 + x_2 + \dots + x_n}{n}$$

$$\bar{x}_{\text{med}} = \begin{cases} x_{(\frac{n+1}{2})}, & n \text{ ungerade,} \\ \frac{1}{2} (x_{(\frac{n}{2})} + x_{(\frac{n}{2}+1)}), & n \text{ gerade.} \end{cases}$$

7.2.2 Methoden der Technikanalyse

Um Bewegungen innerhalb von Zweikämpfen auch im Kampfsport funktionsmorphologisch analysieren zu können, wurden ebenso wie in der zoologischen Untersuchung Kategorien von Bewegungsformen gebildet. Die Untersuchung menschlicher Sportler bietet prinzipiell methodische Möglichkeiten, die bei der Untersuchung von Tierkämpfen nicht oder nur schwer umzusetzen wären. Auf zusätzliche beispielsweise morphometrische Untersuchungen wurde verzichtet, um zum einen ein Mindestmaß an Vergleichbarkeit zwischen zoologischer und humanbiologischer Untersuchung zu gewährleisten. Zusätzliche Untersuchungen wären zum anderen nur in geringerem Umfang (an einzelnen Mitgliedern der deutschen Nationalmannschaften) im Vergleich zur untersuchten Datenmenge (Kämpfe aller Nationen der jeweiligen Meisterschaften) möglich. Sie würden keinen Mehrwert für diese Arbeit bedeuten.

Auch innerhalb der humanbiologischen Untersuchung diente die Erstellung quantifizierbarer Verhaltensabläufe in erster Linie dazu Kämpfe zu systematisieren, um den Einsatz bzw. die Relevanz des Körpergewichtes in diesen Kategorien zu isolieren.

Bei der Erstellung der Kategorien wurden solche entwickelt, die einen funktionsmorphologischen Bezug zum Körpergewicht ermöglichen. Die Kategorien sind dabei, trotz optischer und funktionaler Ähnlichkeiten keine Sporttechniken. Die Ähnlichkeit zwischen beidem ist evident, denn die Sportler führen ihnen bekannte Sporttechniken aus, während für die Datenerhebung zwar Kategorien neu definiert wurden, die auf Video festgehaltene Bewegung dennoch eine Sporttechnik bleibt.

Im Wesentlichen wurden Kategorien erstellt anhand derer überprüft wird, ob das eigene Körpergewicht oder das des Kontrahenten überwunden werden muss, bzw. ob das eigene Körpergewicht als Werkzeug eingesetzt wird. Im Unterschied zur zoologischen Untersuchung fand innerhalb der anthropologischen Studie auch eine Auswertung dahingehend statt, wie erfolgreich die jeweiligen Kategorien in Abhängigkeit vom Gewicht eingesetzt wurden.

Im folgenden werden zunächst die Verhaltenskategorien und ihre Herleitung beschrieben, nachfolgend werden die Parameter erklärt, auf die hin die jeweiligen Kategorien geprüft wurden.

7.2.3 Verhaltenskategorien innerhalb der Technikanalyse

Die digitalisierten Videos vom IAT wurden auf einem PC mithilfe *VLC-Player* sowie der Software *Windows-Media-Player* gesichtet.

Während der Sichtung wurden sich wiederholende Techniken katalogisiert und mit funktionsmorphologisch begründeten Bewegungsprinzipien abgeglichen. Die Bewegungsprinzipien wurden dahingehend untersucht, in welcher Form mit dem eigenen Gewicht oder mit dem des Gegners umgegangen wird. Prinzipiell kann das Gewicht als Werkzeug mittels der eigenen Gewichtskraft eingesetzt werden, oder das Gewicht mittels Körperkraft überwunden werden. Die folgenden Bewegungsprinzipien wurden für diese Untersuchung herausgearbeitet, aus denen sich im Folgeschritt die Kategorien herleiteten.

Tabelle 7- 5: Funktionsmorphologisch begründete Bewegungsprinzipien nach Sichtung der Kämpfe

Kürzel	Beschreibung
A	Einsatz des eigenen Körpergewichtes zur Immobilisierung des Gegners
B	Einsatz des eigenen Körpergewichtes zur Mobilisierung des Gegners
C	Einsatz der eigenen Muskelkraft zur Immobilisierung des Gegners
D	Einsatz der eigenen Muskelkraft zur Mobilisierung des Gegners
E	Überwinden des gegnerischen Körpergewichtes (Heben des Gegners)
F	Überwinden des eigenen Körpergewichtes (Beschleunigung des eigenen Körpers)

In Ergänzung zu den oben aufgeführten Prinzipien konnten vor allem zwei Kombinationen einzelner Prinzipien während der Sichtung registriert werden.

1. Ein mobilisierter Gegner (B oder D) erfährt häufig eine Blockade seiner beschleunigten Bewegung.
2. Ein in vertikaler Richtung aufwärts mobilisierter Gegner in die Höhe erfährt häufig ein Kippen seines Körperschwerpunktes aus seiner Unterstützungsfläche heraus.

Ziel dieser beiden Bewegungsergänzungen ist es, den Gegner instabil zu machen. Nachdem einzelne Bewegungsprinzipien anhand der Videosichtung herausgearbeitet wurden, fand anhand dieser die Bildung von Bewegungskategorien statt. Im Gegensatz zu den Kommentkämpfen kann in der anthropologischen Untersuchung davon ausgegangen werden, dass die Bewegungen häufig ausgeführt werden, um konkret ein Ziel im Sinne des jeweiligen Regelwerks zu erreichen. Neben unbewusst ausgeführten Techniken darf davon ausgegangen werden, dass eine Bewegung gezielt ausgeführt wird, um den Gegner :

- einer regeltechnisch relevanten Art zu Boden zu bringen
- in einer regeltechnisch relevanten Art am Boden zu halten.

Damit lässt sich ein wichtiger Unterschied zu den untersuchten Kommentkämpfen feststellen, die zwar ebenfalls ein Ziel verfolgen, der Grad des bewussten Technikeinsatzes im Sinne des Kampfziels kann jedoch nur in der humanbiologischen Untersuchung als Einflussgröße berücksichtigt werden.

Unterschiedliche Techniken, die einem ähnlichen Bewegungsprinzip folgen, wurden in einer Kategorie zusammengefasst. In dieser Arbeit wurden in den beiden untersuchten Kampfsportarten Kategorien definiert, die sich in beiden Sportarten wiederfinden. Aufgrund unterschiedlicher Regeln und unterschiedlicher Kampfkleidung finden sich im zusätzlich Judo Kategorien, die im Ringen nicht auftreten. Tabelle 7-6 gibt zunächst einen Überblick über die erstellten Technikkategorien. Eine genau Beschreibung der jeweiligen Kategorie erfolgt im fortlaufenden Text.

Tabelle 7-6: Überblick der erstellten Kategorien und ihrer Prinzipien
(Nach Tabelle 7-5)

Gemeinsame Technikkategorien Judo & Ringen	Technikkategorien Judo
Schwerpunktsenkung (B)	Beinrad (E)
Kreisblockade (D)	Heber (E)
Unterlaufen (D & F)	Fußfeger (D)
	Sichel (D)
	Frontalblockade (D)
	Haken (D)
	Nackendruck (D & B)
	Beinklammer (B)
	Fußfallwurf (B & C)

Anmerkung zu Tabelle 7-6: Die hier dargestellten Bewegungen dienen dazu den Gegner zu Boden zu bringen. Das Bewegungsprinzip A aus Tabelle 7-5 findet sich hier nicht, da es zwar am Boden umgesetzt wird, nicht aber in den Technikkategorien, die einen Gegner zu Boden bringen.

Beschreibungen der Kategorien

Schwerpunktsenkung

Die Ausführung der Techniken dieser Kategorien beinhaltet als ersten Schritt das feste Zugreifen in die gegnerische Gi-Jacke (Brustbereich, Revers und/oder Ärmel). Nun dreht sich der Angreifer ein ohne den Kontakt zu lösen und steht schließlich mit dem Rücken eng zum Gegner gewandt. Im letzten Schritt lässt sich der Angreifer unter ständigem Erhalt des Kontaktes auf die Knie fallen (Schwerpunktabsenkung). Hierdurch wird der Gegner in eine Position gezwungen, in der sein Schwerpunkt nach ventral aus seiner Unterstützungsfläche kippt. Da der Angreifer sich vor den Gegnerischen Füßen befindet, kann dieser nicht nachträglich vortreten um das Ungleichgewicht zu kompensieren. Alle Schritte werden in einer fließende Bewegung ausgeführt.

Kreisblockade

Das Bewegungsprinzip dieser Technikkategorie besteht darin, den gegnerischen Körper zirkulär zu beschleunigen (ihn in einem Bogen zu ziehen) und dann dessen Bewegung meist mit dem eigenen Fuß zu blockieren. Die plötzliche Blockade führt durch die Trägheit der Masse des gegnerischen Körpers zum Herauskippen dessen Körperschwerpunktes aus seiner Unterstützungsfläche. Der gegnerische Körper ist damit instabil. Dies führt in der Regel zum Sturz.

Unterlaufen

Die Technikkategorie „Unterlaufen“ beinhaltet das Absenken des eigenen Körperschwerpunktes (z.B. in die Knie gehen) und aus dieser tiefen Position den eigenen Körper auf den Gegner zu beschleunigen. Das Ergreifen der gegnerischen Wade, des gegnerischen Knies oder des Oberschenkels ist dabei der nächste Schritt. Auf das ergriffene Bein wird über den eigenen Oberkörper Druck bei gleichzeitigem Festhalten des Beines ausgeübt. Dies und der durch die Beschleunigung übertragene Impuls führt zu einem Herauskippen des gegnerischen

Körperschwerpunkt aus dessen Unterstützungsfläche. Der Gegner gerät dadurch in einen statisch instabilen Zustand und stürzt.

Die typische Konterbewegung ist ein rechtzeitiges Zurückziehen bzw. Zurückwerfen der eigenen Beine bei gleichzeitigem sich fallen lassen, so dass man auf dem Rücken des Angreifers landet. Hier findet sich Bewegungsprinzip A (vgl. Tabelle 7-5), welches innerhalb der Bodenkämpfe der Basisuntersuchung (vgl. Kapitele 7.2.1 und Kapitel 9.1) ausgewertet wird.

Beinrad

In die Technikkategorie „Beinrad“ wurden Bewegungsabfolgen ausgewertet, bei der dem Gegner zunächst bei gleichzeitigem Festhalten der Rücken zugewendet wird. Anschließend wird ein Bein nach dorsal geführt. Dieses Bein schwingt zwischen den Standbeinen des Gegners hindurch und hebt diesen vom Boden. Gleichzeitig wird während des Zuges der eigene Oberkörper nach ventral bewegt. Das Ziehen bewirkt das Kippen bzw. das Fallen des Gegners vom Schwungbein.

Heber

Bei der Kategorie Heber handelt es um eine Bewegungsabfolge, bei der der Gegner ventral oder von dorsal an der Hüfte umfasst wird. Anschließend wird der Gegner durch eine leichte Überstreckung des eigenen Rückens vom Boden gehoben. Das Kippen des Gegners nach lateral und sein anschließendes Fallen lassen führt dann zum Sturz des Gegners.

Fußfeger

Die Technikkategorie „Fußfeger“ beinhaltet in dieser Untersuchung sämtliche Bewegungen, bei denen mit dem eigenen Fuß bzw. Unterschenkel ein bzw. beide Standbeine des Gegners in einer schnellen Bewegung weggeschlagen, weggeschoben oder weggehoben werden.

Sichel

Bei den Techniken dieser Kategorie handelt es sich um Bewegungen, bei denen das Gleichgewicht des Gegners dadurch gebrochen wird, dass bei gleichzeitigem Druck auf dessen Oberkörper (Druckrichtung dorsal) ein Ausgleichen des Gleichgewichtes dadurch verhindert wird, dass das eigene Bein hinter eines der beiden gegnerischen gebracht wird. Der Effekt kann verstärkt werden, indem das eigene Bein eine Sichelförmige Bewegung durchführt. In der Untersuchung wird nicht zwischen den Judotechniken *große* und *kleine*, *Innen-* und *Außensichel* differenziert, da die Kategorie funktionsmorphologisch die Prinzipien aller Sicheltechniken umfasst

Frontalblockade

Der Gegner wird mit beiden Händen an der Gi-Jacke erfasst und frontal kräftig gezogen. Durch diesen Zug wird der Gegner in Bewegung versetzt, die dann dadurch blockiert wird, dass der eigene Körper so eingedreht wird, dass das eigene gestreckte Bein diese Bewegung blockiert und zu einem Verlust des gegnerischen Gleichgewichtes führt.



Abbildung 7-1: Veranschaulichung des Bewegungsprinzips der Kategorie *Frontalblockade*

Haken

Zur Ausführung dieser Technikkategorie wird der Gegner von ventral umfasst und sein Rücken durch Vorbeugen nach dorsal überstreckt. Ein Ausgleichen des Gleichgewichtes wird dadurch verhindert, dass das eigene Bein um eines des Gegners „gehakt“ wird.

Nackendruck

Diese Kategorie wird überwiegend dann ausgeführt, wenn der Gegner in eine Position kommt, in der sein Oberkörper verhältnismäßig weit nach vorne gelehnt ist. Zur Durchführung erfassen beide Hände den Nackenbereich des Gegners. Durch kräftiges Ziehen, oft auch unterstützt durch die eigene Körpermasse (Absenkung des Körperschwerpunktes), wird durch eine ruckartige Bewegung versucht den gegnerischen Schwerpunkt aus dessen Unterstützungsfläche zu bringen.

Beinklammer

Zur Ausführung einer Beinklammer wird die *Gi-Jacke* (die Judojacke) des Gegners fest ergriffen und sich rückwärts auf den Boden fallen gelassen. Durch diesen Selbststurz wird des Gleichgewicht des Gegners gebrochen und dieser zwischen den eigenen Oberschenkeln eingeklammert.

Fußfallwurf

Die Kategorie Fußfallwurf wird genau wie die Beinklammer (s.o.) durch einen Selbststurz nach dorsal eingeleitet. Der Gegner wird nicht geklammert, sondern während des Falles bzw. des Zuges wird ein Fuß in das Abdomen des Gegners gestemmt. Die Bewegungsrichtung des Gegners wird hierdurch weitergeleitet und führt zu einem Wurf des Gegners nach cranial, über den eigenen Kopf hinweg.

7.2.4 Parameter der Technikanalyse

Für die weiterführende Technikanalyse wurden Parameter ermittelt, die als Indikatoren dienen die entwickelten Technikkategorien differenziert untersuchen zu können. Tabelle 6-6 fasst die drei Parameter zusammen. Nach der Katalogisierung und Kategorisierung wurden die Videos erneut auf die erstellten Kategorien hin gesichtet und auf die erstellten Parameter hin untersucht. Die gemessenen Parameter wurden in einer Exceltabelle dokumentiert und mit der gleichen Software graphisch als Histogramme dargestellt.

Tabelle 7-6: Parameter der Technikanalyse

Bezeichnung	Berechnung
Häufigkeit	\sum aller an- und eingesetzten Techniken
Prozentualer Erfolg und Misserfolg	Verhältnis von erfolgreichen und nicht erfolgreichen Techniken zur Gesamtzahl der Techniken
Erfolgsindex	= Erfolgreiche Techniken/ Misserfolge

Häufigkeit

Gemessen wurde die Anzahl der eingesetzten Techniken (inklusive der angesetzten Techniken) pro Kampf. Von jeder Gewichtsklasse wurde aus allen Kämpfen anschließend der Durchschnitt als arithmetisches Mittel gebildet.

Prozentualer Erfolg und Misserfolg

Gemessen wurden Erfolge, Misserfolge und neutralen Ausgänge jeder Technikkategorie pro Gewichtsklasse. Dabei führten Erfolge dazu, dass der Gegner in eine für ihn nachteilige Position gezwungen wurde (meist ein Wurf des Gegners). Misserfolge führten meist durch eine Konterbewegung dazu, dass der ausführende Athlet in eine für ihn nachteilige Position gelangt. Neutrale Ausgänge bedeuten, dass die ausgeführte Technik weder zu einem Vorteil noch zu einem Nachteil führte.

Die gemessene Anzahl von Erfolgen, Misserfolgen und neutralen Ausgängen wurde prozentual umgerechnet und graphisch nebeneinander gestellt. Dabei bilden 100% alle gewerteten Techniken (Erfolge, Misserfolge und neutrale Ausgänge) der jeweiligen Technikkategorie innerhalb einer Gewichtsklasse.

Erfolgsindex

Der *Erfolgsindex (EI)* spiegelt den Erfolg einer Technik in direktem Kontrast zu seinem Misserfolg. Für seine Berechnung werden neutrale Ausgänge ausgeklammert.

Gemessen wurden in den jeweiligen Gewichtsklassen wie häufig eine Technikkategorie zu einem Erfolg oder zu einem Misserfolg (s.o. prozentualer Erfolg) führt. Der *EI* wurde dabei als Quotient von Erfolg pro Misserfolg innerhalb einer Gewichtsklasse ermittelt. Wurden für eine Technikkategorie nur Erfolge gezählt, wurde für die EI-Berechnung von mindestens einem potentiellen Misserfolg ausgegangen, da $\frac{x}{0}$ nicht definiert ist.

Ein *EI-Wert* von >1 bedeutet, dass eine Technikkategorie häufiger zu einem Erfolg führt als zu Misserfolgen. Der EI gibt nur eine Aussage über den Erfolg einer Technik im Verhältnis zur Gefahr des Misserfolges. Um eine reliable Aussage über den tatsächlichen Erfolg einer Technikkategorie zu erhalten, wird der Parameter prozentualer Erfolg (s.o.) herangezogen.

Tabelle 7-7: Ausschnitt der Dokumentation der Technikerfolge zur EI-Berechnung,

hier Judo, weiblich 48 Kg

Kategorie	Erfolg	Misserfolg	Neutral	EI
Kreisblockade	3	15	2	0,2
TSP	4	30	3	0,13
Unterlaufen	18	41	8	0,43
Beinrad	4	13	3	0,30
Heber	4	1	0	4
Fußfeger	4	0	0	4
Sichel	5	4	0	1,25
Frontalblockade	0	0	0	0
Haken	1	1	0	1
Nackendruck	2	0	0	2
Beinklammer	0	0	2	0
Fußwurf	3	0	7	3

7.3 Statistische Methoden

Zur Prüfung der Signifikanz der anthropologischen Daten wurde der *Rangkorrelationstest nach Spearman* verwendet. Der *Spearman-Rangkorrelationstest* eignet sich, da die bivariablen Daten der Ergebnisse nicht gleichverteilt sind. Der Spearman-Rangkorrelationstest erscheint für die Auswertung der Daten hinreichend robust. Die Daten der anthropologischen Untersuchung sind ordinalskaliert und können somit im Rangkorrelationstest nach Spearman verwendet werden (vgl. hierzu LAMPRECHT 1999, KÖHLER ET AL. 2007).

Zur Durchführung des statistischen Tests wurde ein Programm genutzt, das am *Institut für Biologie und ihre Didaktik der Universität Flensburg* verfügbar ist. Das Programm wurde von A. CHRISTIAN erstellt und für die Bestimmung der folgenden Maßzahlen genutzt:

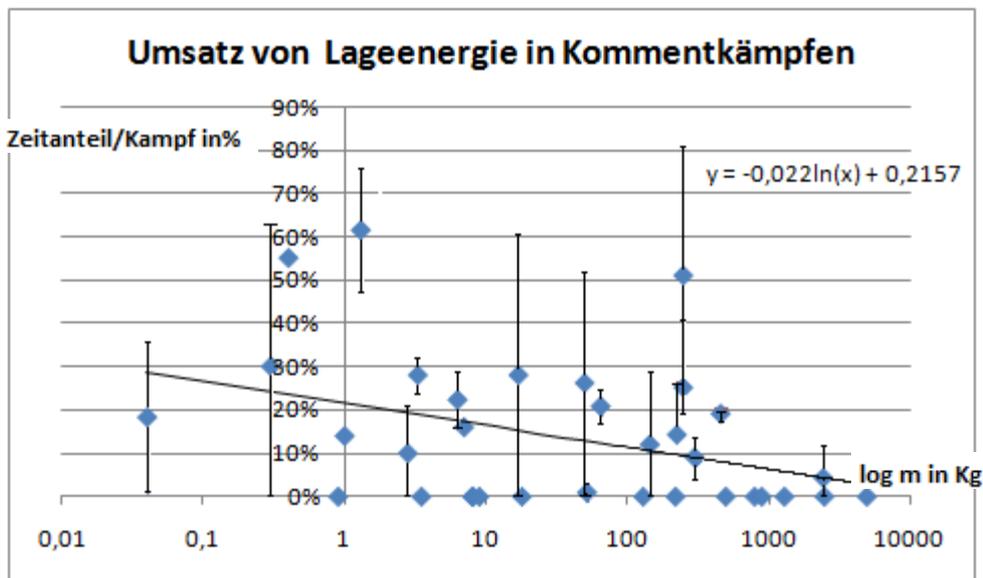
- den Rangkorrelationskoeffizient : $(r_s) = 1 - \frac{6 \cdot \sum d_i^2}{n \cdot (n^2 - 1)}$ (KÖHLER ET AL. 2007)
- das Bestimmtheitsmaß: r_s^2
- die Prüfgröße t: $t(N > 10)$
- die Wahrscheinlichkeit (p ,) einseitig und zweiseitig getestet.

Zwei Ergebnisse bei den Ringerinnen zeigen einzelne Gewichtsklassen, die durch ihre verhältnismäßig hohen Werte auffallen (vgl. 9.6.1 *Unterlaufen* und 9.6.3 *Kreisblockade*). Zusätzlich weichen diese Werte von den Tendenzen ab, welche die restlichen Gewichtsklassen in diesen Fällen zeigen. In beiden Fällen wurde anhand der Ergebnisse zum „Erfolg und Misserfolg“ in einem *Chi-Quadrat-Test* die schwerste Gewichtsklasse gegen den Rest getestet. Hierzu wurde ebenfalls ein Programm des Biologieinstituts der Universität Flensburg (siehe oben) verwendet.

8. Ergebnisse der zoologischen Untersuchung

8.1 Einsatz von Lageenergie

Diagramm 8-1 gibt den ermittelten prozentualen Anteil der umgesetzten Lageenergie aller untersuchten Tierarten wieder. Der prozentuale Zeitanteil ist diejenige Zeit, welche die Tiere damit verbringen im Kampf Lageenergie umzusetzen. Für jede Tierart wurde der Mittelwert aus allen untersuchten Kämpfen ermittelt. Aus Gründen der Übersichtlichkeit sind die Messpunkte in Diagramm 8-1 nicht mit den Artbezeichnungen versehen. Die einzelnen Tierarten, die Anzahl der Kämpfe, die Anzahl der untersuchten Tiere sowie die durchschnittliche Körpermasse der jeweiligen Tierart sind in Tabelle 8-1 dargestellt.



$$r_s = -0,40 \quad r_{s^2} = 0,16 \quad t(N > 10) = 2,47 \quad p(\text{zweiseitig}) \leq 0,02 \quad p(\text{einseitig}) \leq 0,01$$

Diagramm 8-1: Umsatz von Lageenergie in Kommentkämpfen. Jeder Datenpunkt steht für den Mittelwert einer Tierart. Auf der Ordinate liegt der prozentuale Zeitanteil, den der Lageenergieumsatz pro Kampf ausmacht. Auf der Abszisse ist die Körpermasse logarithmisch aufgetragen. Eine Streuung ist nicht für jeden Datenpunkt vorhanden oder aufgrund geringer Datenmenge nicht ermittelbar. Als statistischer Test wurde der Spearman-Rangkorrelationstest genutzt, um die Signifikanz der Daten zu prüfen. Die Ergebnisse des Tests finden sich unterhalb des Diagramms.

Tabelle 8-1 Prozentualer Umsatz von Lageenergie pro Kampf

	<i>Mus musculus</i>	<i>Sciurus vulgaris</i>	<i>Rattus norvegicus</i>	<i>Saimiri sciureus</i>	<i>Cavia porcellus</i>	<i>Mustela putorius furo</i>	<i>Lemur catta</i>	<i>Cebus capucinus</i>	<i>Varecia variegata</i>	<i>Procyon lotor</i>	<i>Nonascus spec</i>
Gewicht (Kg)	0,04	0,3	0,4	0,9	1	1,3	2,8	3,3	3,5	6,3	7
Wert	18%	30%	55%	0%	14%	61%	10%	28%	0%	22%	16%
Anzahl der Kämpfe (N=150)	10	5	5	2	5	21	4	1	2	3	1
Beobachtete Tiere (N=207)	2	2	4	2	3	6	8	2	4	2	2

Tabelle 8-1 Fortsetzung Prozentualer Umsatz von Lageenergie pro Kampf

	<i>Sacophilus harrisi</i>	<i>Ateles spec</i>	<i>Macaca sylvanus</i>	<i>Papio hamadryas</i>	<i>Theropithecus gelada</i>	<i>Canis lupus</i>	<i>Pan troglodytes</i>	<i>Panthera pardus</i>	<i>Cervus elaphus</i>	<i>Gorilla spec</i>	<i>Sus scrofa</i>	<i>Panthera leo</i>	<i>Panthera tigris</i>
8	8,1	9	17	18	50	52	65	130	145	220	225	250	
0%	0%	0%	28%	0%	26%	1%	21%	0%	12%	0%	14%	25%	
4	1	2	4	2	3	7	3	4	9	2	6	7	
8	2	4	8	4	6	14	6	6	18	4	12	14	

Tabelle 8-1 Fortsetzung

	<i>Ursus arctos</i>	<i>Equus spec</i>	<i>Ursus maritimus</i>	<i>Camelus ferus</i>	<i>Alces alces</i>	<i>Bos primigenius taurus</i>	<i>Giarffa camelopardalis</i>	<i>Ceratotherium simum</i>	<i>Hippopotamus amphibius</i>	<i>Loxodonta africana</i>
250	300	460	500	800	900	1300	2450	2500	5000	
51%	9%	19%	0%	0%	0%	0%	4%	0%	0%	
5	2	3	2	5	2	6	4	1	7	
2	4	6	2	10	4	12	8	2	14	

Die Ergebnisse der Untersuchung zur Lageenergie zeigen, dass bei Kommentkämpfen von Säugetieren eine schwache Tendenz vorhanden ist, mit zunehmendem Körpergewicht die Lageenergie des eigenen Körpers seltener gegen Kontrahenten einzusetzen.

Verhältnismäßig hohe Anteile eingesetzter Lageenergie finden sich bis auf eine Ausnahme bei Tierarten bis zu 10 kg. Tiere in diesem Massebereich erreichen prozentuale Zeitanteile von 30% - 60%, in denen im Kampf Lageenergie umgesetzt wird. Das bedeutet, durchschnittlich $\frac{1}{3}$ bis $\frac{2}{3}$ der Bewegungen innerhalb eines Kampfes unter 10 kg sind solche, bei denen Lageenergie umgesetzt wird. Dies geschieht in aller Regel durch das Auflegen auf den Kontrahenten.

Eine verhältnismäßig hohe Datendichte zeigt sich bei einem Anteil umgesetzter Lageenergie von 9% bis 30%. Von 34 untersuchten Tierarten bewegen sich 14 innerhalb dieses Messbereiches. Diese 14 Arten liegen alle in einem Gewichtsbereich von 1 kg bis 500 kg und sind im Einzelnen: Frettchen, Katta, Kapuzineraffe, Waschbär, Schopfgibbon, Mantelpavian, Wolf, Leopard, Gorilla, Löwe, Tiger, Braunbär, Pferd und Eisbär. In Kommentkämpfen findet ab einer Grenze von 500 kg nahezu kein Einsatz von Lageenergie bzw. des Körpergewichtes mehr statt.

Ab einem erreichten Durchschnittsgewicht von 500 kg (Eisbär) bis zu dem Maximum dieser Untersuchung von 5t (Afrikanischer Elefant) finden sich ausschließlich Arten bzw. Tiergruppen, die keine Lageenergie im Kampf umsetzen. Einzige Ausnahme bildet hier das Breitmaulnashorn mit einem ermittelten Wert von 4%. Der Zusammenhang zwischen ansteigendem Körpergewicht und der Abnahme des prozentualen Zeitanteils in dem Lageenergie umgesetzt wird, kann als statistisch bedeutsam angesehen werden ($r_s = -0,40$, $r_{s^2} = 0,16$, $t(N > 10) = 2,47$, $p(\text{zweiseitig}) \leq 0,02$, $p(\text{einseitig}) \leq 0,01$).

Diagramm 8-2 zeigt die graphischen Ergebnisse der ausschließlich maximal gemessenen Lageenergieanteile in Form einer Oberkurve.

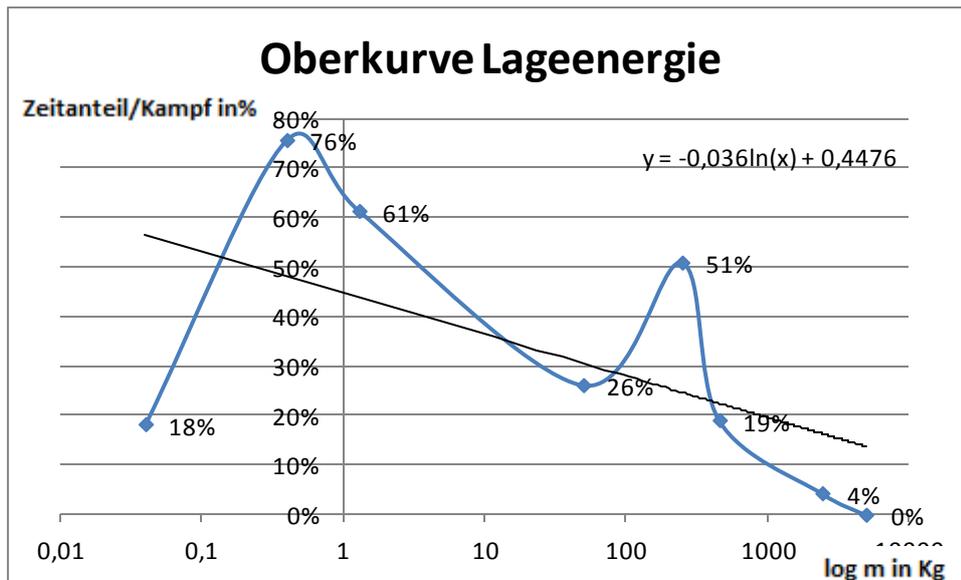


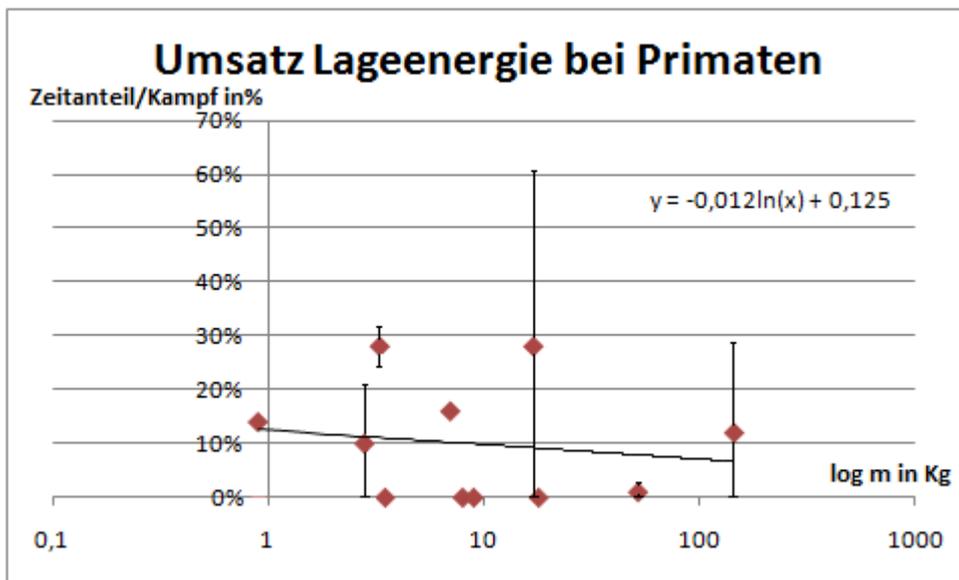
Abbildung 8-2: Oberkurve der Spitzenwerte beim Umsatz von Lageenergie. Anfangs- und Endpunkt der Oberkurve bilden die leichteste und schwerste Tierart. Die höchsten gemessenen Werte zwischen Anfangs- und Endpunkt wurden aus Diagramm 8-1 über eine interpolierte Linie verbunden. Der Korrelationskoeffizient r (0,64) wurde zwischen den Merkmalen Körpermasse und dem Wert des prozentualen Zeitanteils erhoben, um einen möglichen Zusammenhang von Körpermasse und gemessenen Werten in der Kurve zu beschreiben. Er ist nicht mit dem Spearman-Rangkorrelationskoeffizienten des statistischen Tests der Gesamtuntersuchung zu verwechseln.

Innerhalb der separierten Maxima zeigt sich eine Tendenz, dass mit zunehmendem Körpergewicht dieses im Kampf weniger eingesetzt wird. Die Ausnahme bildet hierbei der Braunbär mit einem Wert von 51%. Die Tiergruppen, die über den gesamten Massebereich die Oberkurve bilden, sind Hausmaus, Wanderratte, Frettchen, Wolf, Braunbär, Eisbär, Breitmaulnasenhorn und Afrikanischer Elefant. Die Oberkurve zeigt insgesamt, dass Lageenergie bei großen Tieren kaum eine Bedeutung im Kampf zu haben scheint, ebenso wie bei sehr kleinen. Die Bedeutung des Körpergewichtes in Form von Lageenergieeinsatz wurde separat bestimmt (siehe hierzu Seite 98 „Spezifikation des Lageenergieumsatzes“). Dabei wurde ermittelt, ob das Gewicht aktiv gegen den Gegner eingesetzt wird oder ob lediglich eine Schwerpunktveränderung stattfand.

Einzelne Tiergruppen wurden in einem weiteren Schritt aus der Gesamtwertung herausgenommen, um Tendenzen, die von anatomischen Besonderheiten (große Bewegungsfreiheit im Schultergelenk, Greifhände) bzw. vom kognitiven Leistungsvermögen (mögliche Taktikentwicklung durch Elaboration) beeinflusst sein können, erkenntlich zu machen. Die beiden isolierten Tiergruppen, die im folgenden separat dargestellt werden, sind Primaten (*Primates*) und Huftiere (*Ungulata*), zu denen aufgrund der morphologischen Ähnlichkeit auch die Elefanten gerechnet wurden..

Primaten

Die Gruppe der Primaten zeichnet sich in möglichen Kampfbewegungen durch ihre besondere Anatomie - ausgebildete Greif- und Klammerhände sowie ihre frontale Augenstellung für ein verbessertes räumliches Sehen (GEISSMANN 2003) - aus. Beides können Faktoren sein, die das Bewegungsverhalten im Kampf mit beeinflussen. Die Gruppe der Primaten umfasst in sich ein morphologisch weites Spektrum an Körpergewichten, die in dieser Untersuchung von 0,9 kg (Gemeiner Totenkopffaffe) bis 145 kg (Gattung Gorilla) reichen.



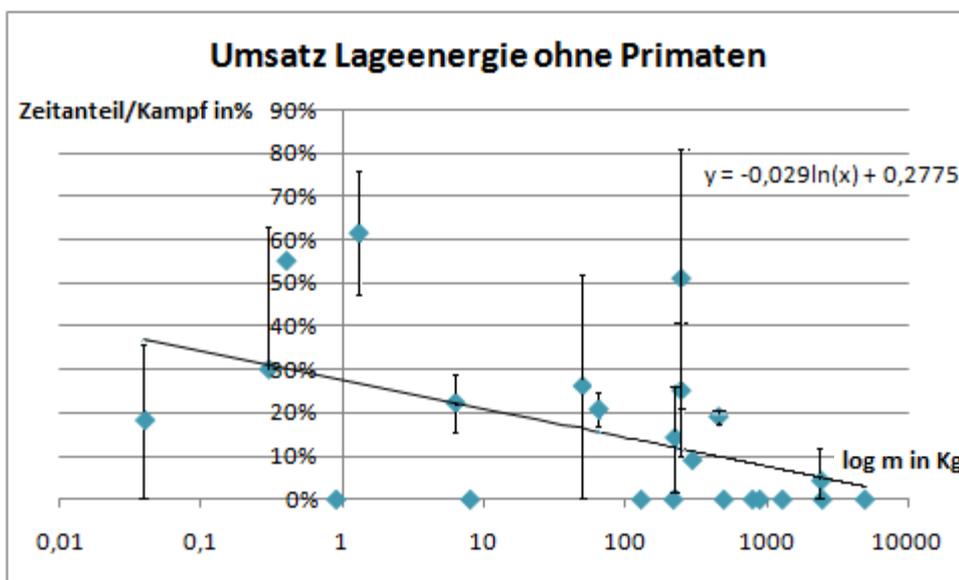
$$r_s = 0,07 \quad r_{s^2} = 0,005 \quad t(N > 10) = 0,216 \quad p(\text{zweiseitig und eineitig}) \text{ n.s.}$$

Diagramm 8-3: Umsatz von Lageenergie in Kommentkämpfen bei Primaten. Jeder Datenpunkt steht für den Mittelwert einer Tierart. Auf der Ordinate liegt der prozentuale Zeitanteil, den der Lageenergieumsatz pro Kampf ausmacht. Auf der Abszisse ist die Körpermasse logarithmisch aufgetragen. Eine Streuung ist nicht für jeden Datenpunkt vorhanden oder aufgrund geringer Datenmenge nicht ermittelbar. Als statistischer Test wurde der Spearman-Rangkorrelationstest genutzt, um die Signifikanz der Daten zu prüfen. Die Ergebnisse des Tests finden sich unterhalb des Diagramms (n.s. = nicht signifikant).

Tabelle 8-2: Lageenergieumsatz der Primaten (Kämpfe N=35, Tiere N= 68)

	Saimiri sciureus	Lemur catta	Cebus capucinus	Varecia variegata	Normascus spec.	Ateles spec.	Macaca sylvanus	Papio hamadryas	Theropithecus gelada	Pan troglodytes	Gorilla spec.
Kg	0,9	2,8	3,3	3,5	7	8	9	17	18	52	145
Wert	0%	10%	28%	0%	16%	0%	0%	28%	0%	1%	12%

Innerhalb der Primaten lässt sich zwar ein ähnlicher Trend wie in der Gesamtgruppe wahrnehmen, allerdings ist dieser äußerst schwach. Die prozentualen Zeitanteile an Kämpfen, bei denen Lageenergie umgesetzt wird, bewegen sich zwischen 10% und 30% (Kattas, Kapuzineraffen, Schwarzkopfgibbons, Mantelpaviane und Gorillas). Die restlichen Primaten setzten keine Lageenergie um. Eine Sonderstellung nehmen mit einem Wert von 1% die Schimpansen ein. Eine Tendenz, mit zunehmender Körpermasse das eigene Körpergewicht seltener im Kampf einzusetzen, ist allenfalls schwach ausgeprägt. Ein Zusammenhang zwischen steigendem Körpergewicht und abfallendem Einsatz des Körpergewichtes im Kampf ist innerhalb der Primatengruppe statistisch nicht bedeutsam ($r_s = 0,07$, $r_{s^2} = 0,005$, $t(N > 10) = 0,216$, $p = n. s$).



$$r_s = -0,61 \quad r_{s^2} = 0,38 \quad t(N > 10) = -3,57 \quad p(\text{zweiseitig}) \leq 0,01 \quad p(\text{einseitig}) \leq 0,01$$

Diagramm 8-4: Umsatz von Lageenergie in Kommentkämpfen ohne Primaten. Jeder Datenpunkt steht für den Mittelwert einer Tierart. Auf der Ordinate liegt der prozentuale Zeitanteil, den der Lageenergieumsatz pro Kampf ausmacht. Auf der Abszisse ist die Körpermasse logarithmisch aufgetragen. Eine Streuung ist nicht für jeden Datenpunkt vorhanden oder aufgrund geringer Datenmenge nicht ermittelbar. Als statistischer Test wurde der Spearman-Rangkorrelationstest genutzt, um die Signifikanz der Daten zu prüfen. Die Ergebnisse des Tests finden sich unterhalb des Diagramms.

Die Trendlinie der Säugetiere ohne die Primaten fällt im Vergleich zur Gesamtauswertung ab (Regressionsgerade $y = 0,029 \ln(x) + 2,775$). Ohne Primaten zeigen die Daten zweiseitig getestet statistisch eine höhere Signifikanz ($r_s = -0,61$, $r_{s^2} = 0,38$, $t(N > 10) = -3,57$, $p(\text{zweiseitig}) \leq 0,01$, $p(\text{einseitig}) \leq 0,01$) zwischen steigender Körpermasse und dem seltener eingesetzten Körpergewicht.

Huftiere und Elefanten

Die Gruppe der Huftiere (*Ungulata*) wurde separat untersucht. Dies geschah deshalb, weil sich ähnlich wie bei der Primatenuntersuchung, die Huftiere durch anatomische Besonderheiten von anderen Tieren abheben. Das Vorhandensein von Hufen (sowohl unpaarig als auch paarig) machen ein Ergreifen und Festhalten des Kontrahenten nicht möglich. Weiterhin zeigen Huftiere im Vergleich zu anderen Säugetieren einen eingeschränkten Bewegungsradius im Acetabulum und Schultergelenk. Die Gruppe umfasst die folgenden Tierarten dieser Untersuchung: Rothirsche, Wildschweine, Kamele, Pferde, Elche, Hausrinder, Giraffen, Breitmaulnashörner, Flusspferde. Aufgrund morphologischer Ähnlichkeiten wurde der nicht dem Taxon zugehörige Afrikanische Elefant mit einbezogen. Tabelle 8-3 fasst die Einzeldaten der Huftiere zusammen.

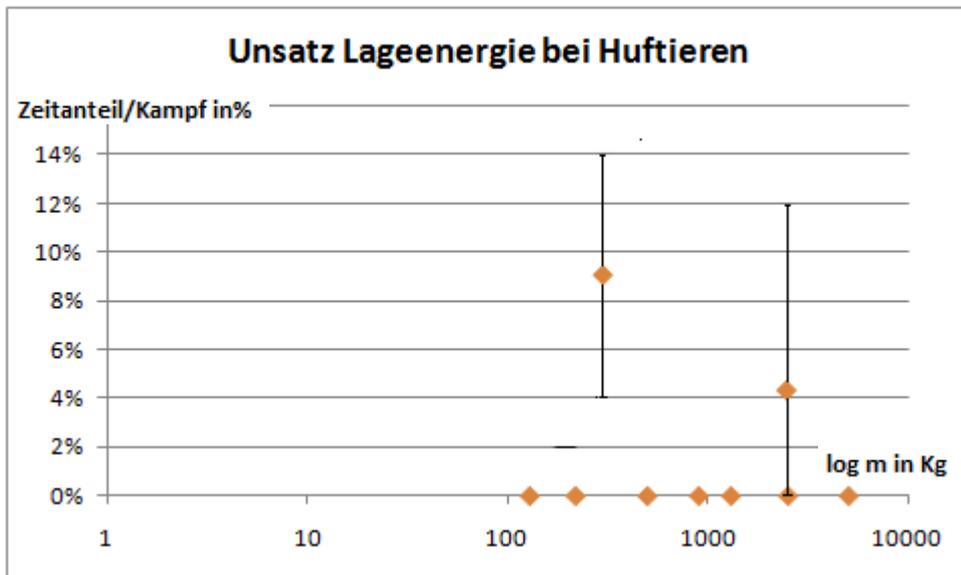


Diagramm 8-5: Umsatz von Lageenergie in Kommentkämpfen bei Huftieren und Elefnaten. Jeder Datenpunkt steht für den Mittelwert einer Tierart. Auf der Ordinate liegt der prozentuale Zeitanteil, den der Lageenergieumsatz pro Kampf ausmacht. Auf der Abszisse ist die Körpermasse logarithmisch aufgetragen. Eine Streuung ist nicht für jeden Datenpunkt vorhanden oder aufgrund geringer Datenmenge nicht ermittelbar.

Tabelle 8-3: Lageenergieumsatz der Ungulata (Kämpfe N=35, Tiere N=66)

	<i>Cervus elaphus</i>	<i>Sus scrofa</i>	<i>Equus spec</i>	<i>Camelus ferus</i>	<i>Alces alces</i>	<i>Bos primigenius taurus</i>	<i>Giraffa camelopardalis</i>	<i>Ceratotherium simum</i>	<i>Hippopotamus amphibius</i>	<i>Loxodonta africana</i>
Gewicht (Kg)	130	220	300	500	800	900	1300	2450	2500	5000
Wert	0%	0%	9%	0%	0%	0%	0%	4%	0%	0%

Lediglich zwei Arten bzw. Gattungen (Pferd und Breitmaulnashorn) von neun Arten dieser Gruppe setzen Lageenergie um. Sie weisen einen prozentualen Zeitanteil von 4% und 9% Lageenergieumsatz in Kämpfen auf. Insgesamt lässt sich feststellen, dass die hier erfassten Huftiere kaum ein Kampfverhalten zeigen, bei dem sie ihre Körpermasse im Kampf gegen den Gegner einsetzen, in dem sich auf diesen gelegt wird. Innerhalb der Ungulaten lässt sich keine eindeutige Tendenz erkennen, der eine Aussage über zu- oder abnehmendem des Körpergewichtes bei steigender Körpermasse zulässt.

Spezifikation des Lageenergieumsatzes

Tabelle 8-6 zeigt, dass eine Grenze bei 100 kg zu finden ist, ab der bei dem Einsatz der Lageenergie hauptsächlich der gesamte Körper aufgelegt wird. Gemessen wurde wie viel Prozent des Lageenergieumsatzes der gesamte Tierkörper auf dem Kontrahenten lag. Ab 50% wurde der Umsatz von Lageenergie dahingehend gewertet, dass die Gewichtskraft aktiv gegen den Kontrahenten eingesetzt wird. Unterhalb von 50% dient die Bewegung hauptsächlich der eigenen Schwerpunktverlagerung. Ermittelt wurde der Durchschnitt der in Tabelle 8-6 aufgeführten Gewichtsklassen.

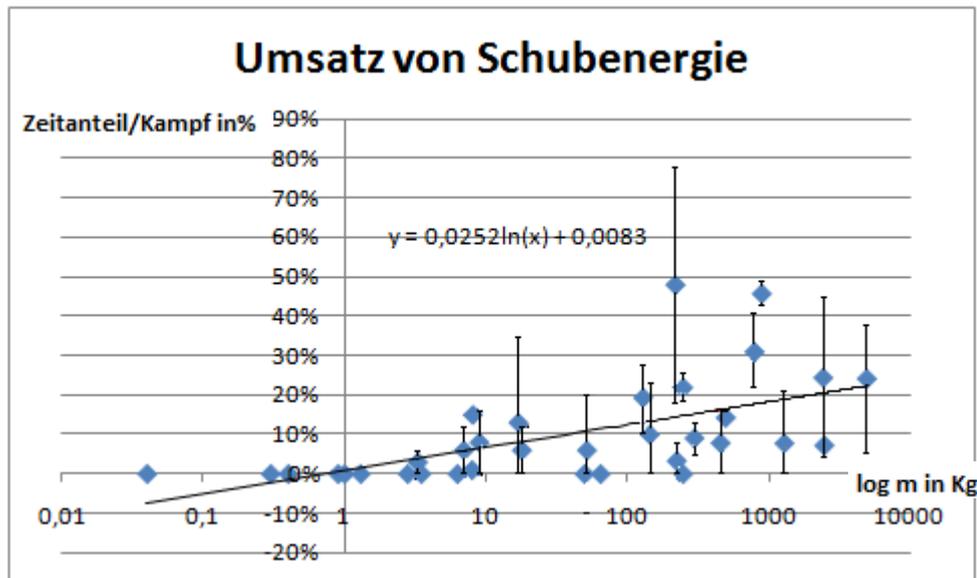
Tabelle 8-6 Zweck des Lageenergieumsatzes in Kommentkämpfen

Masse in kg	0,01-0,1	0,1-1	1-10	10-100	100- 1000	>1000
Lageenergieeinsatz gegen den gegnerischen Körper						
Schwerpunktsenkung						

Ab der 100 kg-Grenze wird die eigene Körpermasse aktive als Werkzeug eingesetzt, um auf den gegnerischen Körper zu wirken. Unterhalb von 100 kg findet ein Umsatz von Lageenergie statt, allerdings dient dieser Einsatz primär dazu die Position zu stabilisieren. Dies geschieht dadurch, dass der eigene Körperschwerpunkt durch den Umsatz von Lageenergie (Schwerpunktsenkung) näher an die eigene Unterstütsungsfläche gebracht wird. Oberhalb von 100 kg wird einer Schwerpunktsenkung hauptsächlich ausgeführt, um die eigene Gewichtskraft gegen den gegnerischen Körper einzusetzen. Unterhalb von 100 kg dient sie selten diesem Zweck, sondern wird hauptsächlich zur Neupositionierung und Stabilisierung genutzt.

8.2 Einsatz von Schubenergie

Die Ergebnisse zum Einsatz der Körperkraft in Form von Schubenergie zeigen, dass es eine allgemeine Tendenz gibt, mit zunehmender Körpermasse vermehrt Körperkraft als Schub einzusetzen.



$$r_s = 0,72 \quad r_s^2 = 0,52 \quad t(N > 10) = 5,86 \quad p(\text{zweiseitig}) \leq 0,001 \quad p(\text{einseitig}) \leq 0,001$$

Diagramm 8-6: Umsatz von *Schubenergie* in Kommentkämpfen. Jeder Datenpunkt steht für den Mittelwert einer Tierart. Auf der Ordinate liegt der prozentuale Zeitanteil, den der Schubenergieumsatz pro Kampf ausmacht. Auf der Abszisse ist die Körpermasse logarithmisch aufgetragen. Eine Streuung ist nicht für jeden Datenpunkt vorhanden oder aufgrund geringer Datenmenge nicht ermittelbar. Als statistischer Test wurde der Spearman-Rangkorrelationstest genutzt, um die Signifikanz der Daten zu prüfen. Die Ergebnisse des Tests finden sich unterhalb des Diagramms.

Tabelle 8-7: Prozentualer Schubenergieeinsatz pro Kampf

	<i>Mus musculus</i>	<i>Sciurus vulgaris</i>	<i>Rattus norvegicus</i>	<i>Saimiri sciureus</i>	<i>Cavia porcellus</i>	<i>Mustela putorius furo</i>	<i>Lemur catta</i>	<i>Cebus capucinus</i>	<i>Varecia variegata</i>	<i>Procyon lotor</i>	<i>Normascus spec</i>
Gewicht (Kg)	0,04	0,3	0,4	0,9	1	1,3	2,8	3,3	3,5	6,3	7
Wert	0%	0%	0%	0%	0%	0%	3%	0%	0%	6%	
Anzahl der Kämpfe (N=150)	10	5	5	2	5	21	4	1	2	3	1
Beobachtete Tiere (N=207)	2	2	4	2	3	6	8	2	4	2	2

Tabelle 8-7 Fortsetzung: Prozentualer Schubenergieeinsatz pro Kampf

	<i>Sacrophilus harrisi</i>	<i>Ateles spec</i>	<i>Macaca sylvanus</i>	<i>Papio hamadryas</i>	<i>Theropithecus gelada</i>	<i>Canis lupus</i>	<i>Pan troglodytes</i>	<i>Panthera pardus</i>	<i>Cervus elaphus</i>	<i>Goilla spec</i>	<i>Sus scrofa</i>	<i>Panthera leo</i>	<i>Panthera tigris</i>	<i>Ursus arctos</i>
	8	8,1	9	17	18	50	52	65	130	145	220	225	250	250
	1%	15%	8%	13%	6%	0%	6%	0%	19%	10%	48%	3%	0%	22%
	4	1	2	4	2	3	7	3	4	9	2	6	7	5
	8	2	4	8	4	6	14	6	6	18	4	12	14	2

Tabelle 8-7 Fortsetzung: Prozentualer Schubenergieeinsatz pro Kampf

	<i>Equus spec</i>	<i>Ursus maritimus</i>	<i>Camelus ferus</i>	<i>Alces alces</i>	<i>Bos primigenius taurus</i>	<i>Giarffa camelopardalis</i>	<i>Ceratotherium simum</i>	<i>Hippopotamus amphibius</i>	<i>Loxodonta africana</i>
	300	460	500	800	900	1300	2450	2500	5000
	9%	8%	14%	31%	46%	8%	24%	7%	24%
	2	3	2	5	2	6	4	1	7
	4	6	2	10	4	12	8	2	14

Ab einem Körpergewicht von ca. 10 kg zeigt sich ein Grenzbereich, ab dem ein Muskelkraft-einsatz in Form von Schubenergieeinsatz zu verzeichnen ist. Unter diesem Massebereich liegt kaum ein diesbezüglicher Muskeleinsatz vor.

Ab ca. 8 kg liegen die prozentualen Anteile zwischen 0 und 20% und steigen ab einem Massebereich von 100 kg auf Maximalwerte von gemessenen 48% (Wildschwein). Die schwerste der untersuchten Arten (Afrikanischer Elefant) mit einem Durchschnittsgewicht von 5000 kg weist einen ermitteltet Wert von 23 % auf.

Innerhalb der Kategorie „Schub“ lassen sich zwei Gewichtsbereiche feststellen mit deutlich zunehmenden Maximalwerten (<10 kg und >10 kg). Oberhalb von 10 kg deuten sich weitere Differenzierungen an, können jedoch aufgrund der großen Streuung der Daten nicht verifiziert werden. Diese Massebereiche sind in Tabelle 8-8 dargestellt.

Tabelle 8-8: Massebereiche der Kategorie Schubenergieumsatz

Massebereich in kg	Minimum in%	Maximum in%	Korrelationskoeffizient
A Bis ca. 10	0	6	0,6
B 10 bis 100	0	19	-0,6
(C) 100 bis 1000	0	48	0,4
(D) 1000 bis 5000	7	24	0,7

Erklärung zu Tabelle 8-8: Der Korrelationskoeffizient wurde zwischen Körpermasse und dem jeweiligen Wert für Schubenergie errechnet. Er darf nicht mit den Werten des statistischen Test verwechselt werden und dient in diesem Fall der Analyse der Tendenzen der einzelnen Massebereiche.

Ogleich nicht verifiziert, deutet sich an, dass trotz ansteigender Maximalwerte innerhalb der ersten drei Bereiche (bis 1000 kg) die Korrelation der Werte von Körpermasse und ermittelten Wert zur Schubenergie im Bereich 10 kg bis 100 kg negativ ist. In einem Massebereich zwischen 10 kg und 100 kg nimmt der Einsatz an Körperkraft im Durchschnitt ab (Korrelationskoeffizient -0,6, vergl. hierzu Tabelle 8-8). Ab 100 kg findet dann wieder eine positive Korrelation von Muskelkräfteeinsatz (Schubenergie) im Verhältnis zur Körpermasse statt. Die Datenlage erlaubt jedoch nicht diese Ergebnisse als eindeutig zu betrachten, sondern gibt lediglich Hinweise auf einen möglicherweise komplexeren Zusammenhang, der hier jedoch nicht erfasst werden konnte.

Die graphische Herausarbeitung der Oberkurve (siehe Diagramm 8-7) verdeutlicht den Trend der Gesamtgruppe.

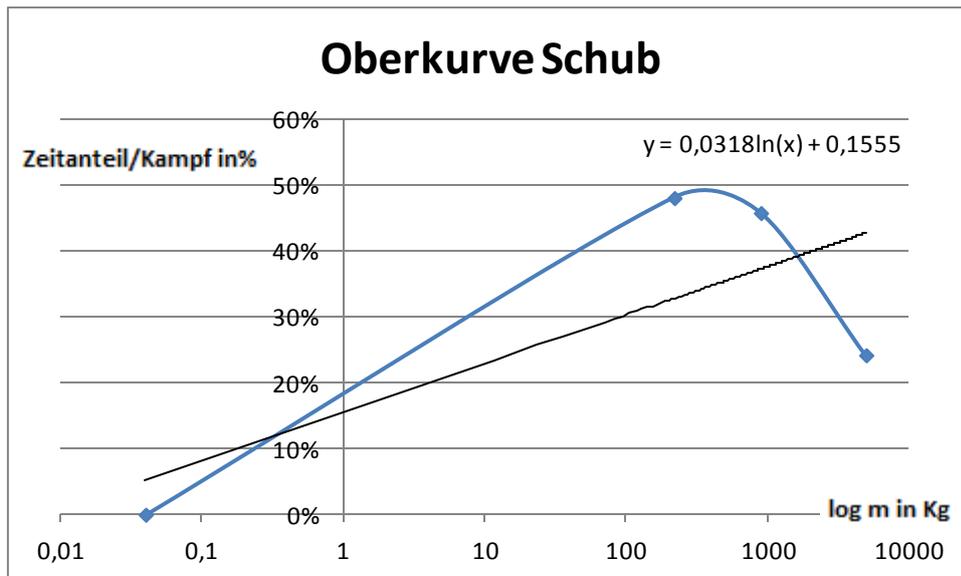
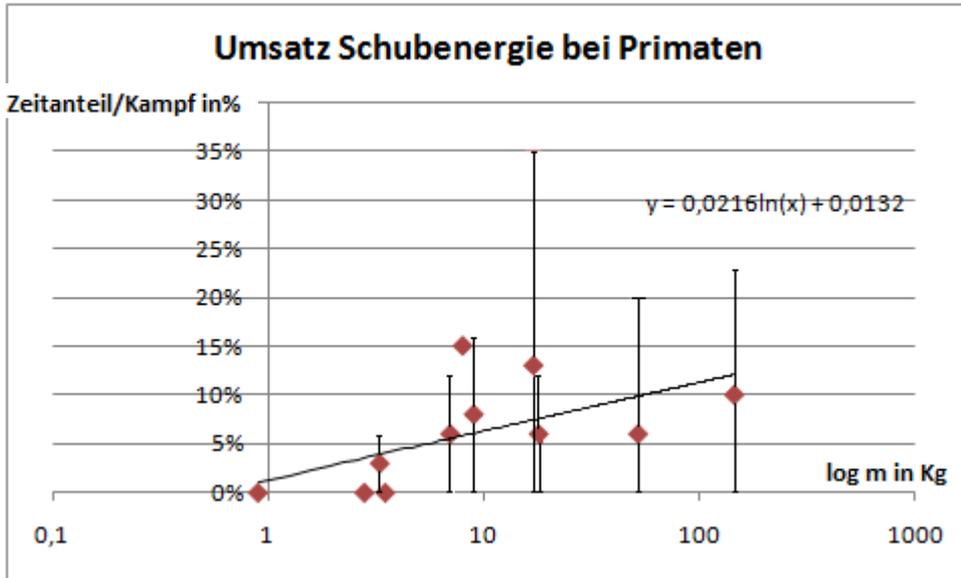


Diagramm 8-7: Oberkurve der Spitzenwerte beim *Schubenergieumsatz*. Anfangs- und Endpunkt der Oberkurve bilden die leichteste und schwerste Tierart. Die höchsten gemessenen Werte zwischen Anfangs- und Endpunkt wurden aus Diagramm 8-6 über eine interpolierte Linie verbunden..

Insgesamt zeigt die Untersuchung zum Schubenergieeinsatz der Gesamtgruppe, dass ein Trend zu finden ist, mit steigender Körpermasse zunehmend Schubenergie im Kampf einzusetzen. Die Daten sind diesbezüglich hochsignifikant ($r_s = 0,72$, $r_{s^2} = 0,52$, $t(N > 10) = 5,86$, $p(\text{zweiseitig}) \leq 0,001$, $p(\text{einseitig}) \leq 0,001$). Eine verhältnismäßig hohe Effektstärke ($r_{s^2} = 0,52$) zeigt, dass der Körpergröße ein hoher Anteil am Zustandekommen der gemessenen Werte zugesprochen werden kann.

Primaten

Innerhalb der Kategorie *Schubenergie* wurden ebenfalls die bei den Tiergruppen Primaten und Huftiere separiert und gesondert ausgewertet. Die Ergebnisse der Primatendaten zum Schubenergieeinsatz finden sich in Diagramm 8-8 und Tabelle 8-9.



$r_s = 0,69$ $r_{s^2} = 0,48$ $t(N > 10) = 2,90$ $p(\text{zweiseitig}) \leq 0,02$ $p(\text{einseitig}) \leq 0,01$

Diagramm 8-8: : Umsatz von *Schubenergie* in Kommentkämpfen bei Primaten. Jeder Datenpunkt steht für den Mittelwert einer Tierart. Auf der Ordinate liegt der prozentuale Zeitanteil, den der Schubenergieeinsatz pro Kampf ausmacht. Auf der Abszisse ist die Körpermasse logarithmisch aufgetragen. Eine Streuung ist nicht für jeden Datenpunkt vorhanden oder aufgrund geringer Datenmenge nicht ermittelbar. Als statistischer Test wurde der Spearman-Rangkorrelationstest genutzt, um die Signifikanz der Daten zu prüfen. Die Ergebnisse des Tests finden sich unterhalb des Diagramms.

Tabelle 8-9 Schubenergieeinsatz bei Primaten (Kämpfe N=35, Tiere N= 68)

	<i>Saimiri sciureus</i>	<i>Lemur catta</i>	<i>Cebus capucinus</i>	<i>Varecia variegata</i>	<i>Nomascus spec</i>	<i>Ateles spec</i>	<i>Macaca sylvanus</i>	<i>Papio hamadryas</i>	<i>Theropithecus gelada</i>	<i>Pan troglodytes</i>	<i>Gorilla spec</i>
Gewicht (Kg)	0,9	2,8	3,3	3,5	7	8,1	9	17	18	52	145
Wert	0%	0%	3%	0%	6%	15%	8%	13%	6%	6%	10%

Insgesamt lässt sich feststellen, dass Primaten unter 8Kg ebenfalls keine Muskelkraft in Form von Schubenergie einsetzen oder nur zu einem sehr geringen Anteil (Kapuzineraffe 3%). Unterhalb von 8 kg erreicht der Schopfgibbon (*Nomascus spec.*) mit 6% das Maximum, wobei die durchschnittliche Masse von 7 kg dem Massebereich B (>10 kg) schon sehr nahe kommt.

Im Gegensatz zur Gesamtheit der untersuchten Wirbeltiere finden sich die absoluten Maxima in Massebereich B zwischen 10 kg und 100 kg. Der Höchstwert von 15% (Klammeraffen)

liegt ebenfalls eng am Übergang zwischen Massebereich A und B. Die Gattung *Gorilla* ist die einzige Primatengruppe, die über 100 kg liegt. Innerhalb der Primatengruppe lässt sich die gleiche Tendenz wie in der Gesamtgruppe erkennen, mit steigender Körpermasse vermehrt Schubenergie umzusetzen. Die Daten der Primaten sind ebenfalls statistisch bedeutsam ($r_s = 0,69$, $r_{s^2} = 0,48$, $t(N > 10) = 2,90$, $p(\text{zweiseitig}) \leq 0,02$, $p(\text{einseitig}) \leq 0,01$). Eine verhältnismäßig hohe Effektstärke ($r_{s^2} = 0,48$) zeigt auch hier, dass der Körpergröße ein hoher Anteil am Zustandekommen Messwerte zugesprochen werden kann.

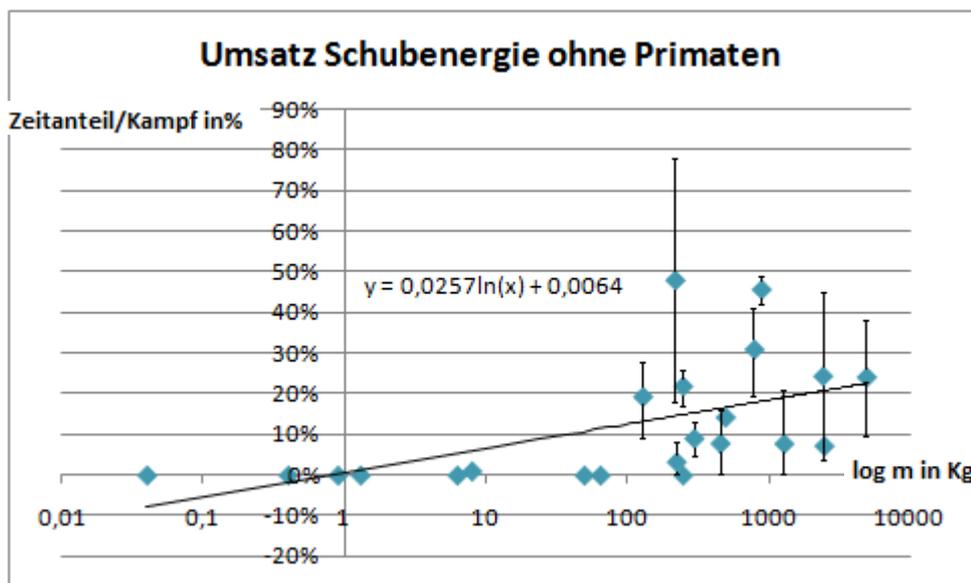
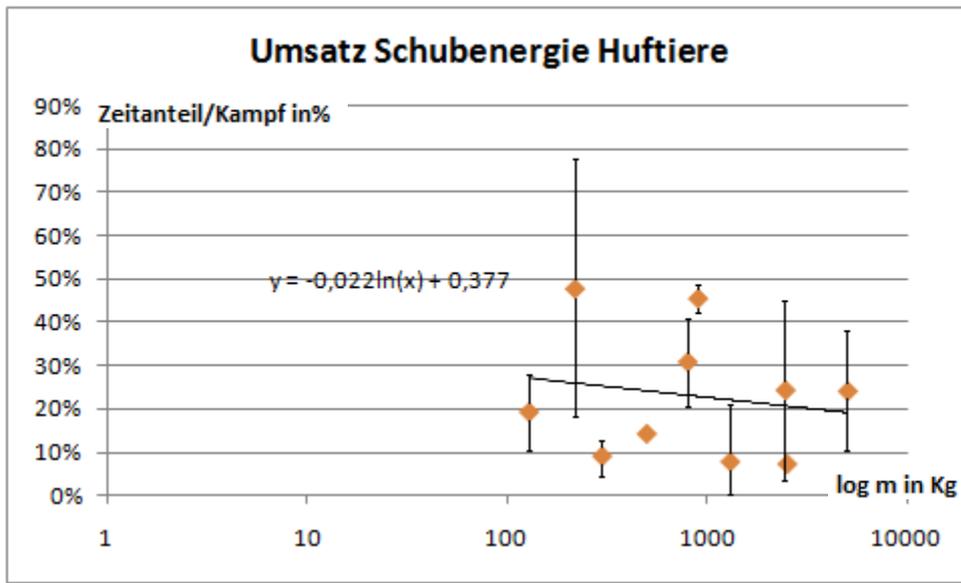


Diagramm 8-9: Umsatz von *Schubenergie* in Kommentkämpfen ohne Primaten. Jeder Datenpunkt steht für den Mittelwert einer Tierart. Auf der Ordinate liegt der prozentuale Zeitanteil, den der Schubenergieumsatz pro Kampf ausmacht. Auf der Abszisse ist die Körpermasse logarithmisch aufgetragen.

Der Trend aller verbleibenden Säugetiere (Diagramm 8-9) wird durch das Ausklammern der Primaten nicht merklich beeinflusst. Auffallend ist hier, dass sämtliche Werte bis 100 kg, die einen Wert von > 1% aufweisen, ausschließlich in der Gruppe der Primaten zu finden sind.

Huftiere und Elefanten

Die isolierte Betrachtung der Ungulaten und Elefanten (vgl. hierzu Seite 98) zeigt, dass alle untersuchten Tiere dieser Gruppe Muskelkraft in Form von Schubenergie einsetzen. Die höchsten erzielten Werte der Gesamtuntersuchung finden sich in der Gruppe der Huftiere: Wildschweine mit 48% und Hausrinder mit 46%.



$r_s = -0,22$ $r_{s^2} = 0,05$ $p(\text{zweiseitig}) \text{ n.s.}$ $p(\text{einseitig}) \text{ n.s.}$

Diagramm 8-10: : Umsatz von *Schubenergie* in Kommentkämpfen bei Huftieren. Jeder Datenpunkt steht für den Mittelwert einer Tierart. Auf der Ordinate liegt der prozentuale Zeitanteil, den der Schubenergieeinsatz pro Kampf ausmacht. Auf der Abszisse ist die Körpermasse logarithmisch aufgetragen. Eine Streuung ist nicht für jeden Datenpunkt vorhanden oder aufgrund geringer Datenmenge nicht ermittelbar. Als statistischer Test wurde der Spearman-Rangkorrelationstest genutzt, um die Signifikanz der Daten zu prüfen. Die Ergebnisse des Tests finden sich unterhalb des Diagramms (n.s. = nichtsignifikant).

Innerhalb der zehn Huftierarten dieser Untersuchung, zeigen sich die drei höchsten Werte innerhalb des Gewichtsbereiches 100 kg bis 1000 kg. Huftiere aus Gewichtsbereichen < 100 kg sind in dieser Untersuchung nicht berücksichtigt.

Tabelle 8-9: Schubenergieeinsatz bei Huftieren (Kämpfe N=35, Tiere N=66)

	<i>Cervus elaphus</i>	<i>Sus scrofa</i>	<i>Equus spec</i>	<i>Camelus ferus</i>	<i>Alces alces</i>	<i>Bos primigenius taurus</i>	<i>Giarfia camelopardalis</i>	<i>Ceratotherium simum</i>	<i>Hippopotamus amphibius</i>	<i>Loxodonta africana</i>
Gewicht (Kg)	130	220	300	500	800	900	1300	2450	2500	5000
Wert	19%	48%	9%	14%	31%	46%	8%	24%	7%	24%

Die gesonderte Betrachtung der Huftiere in der Kategorie *Schubenergie* zeigt ein im Vergleich zur Gesamtgruppe gegenläufiges Ergebnis. Die Huftiere dieser Untersuchung (hier zwischen 100 kg und 5t) zeigen, dass innerhalb ihrer Gruppe mit zunehmendem Gewicht der Einsatz der Muskelkraft zum Schieben abnimmt. Ein völliger Verzicht auf diesen Körpereinsatz ist bei keiner der untersuchten Huftierarten festzustellen. Alle gemessenen Werte liegen zwischen 8% und 49%. Ein bedeutsamer statistischer Zusammenhang zwischen steigender Körpermasse und abnehmendem Einsatz von Schubenergie kann innerhalb der Ungulaten nicht nachgewiesen werden ($r_s = -0,22$, $r_{s^2} = 0,05$, $p(\text{zweiseitig}) \text{ n.s.}$, $p(\text{einseitig}) \text{ n.s.}$).

Als Gesamtergebnis kann an dieser Stelle festgehalten werden, dass der Einsatz der Muskelkraft mit zunehmender Körpermasse zunimmt. Diese Tendenz zeigt sich durch zunehmendem (sprunghaftem) Einsatz von Schubenergie ab einer Grenze von 10 kg und ist statistisch signifikant. Eine weitere Grenze kann ab 100 kg vermutet, anhand der Ergebnisse jedoch nicht eindeutig belegt werden. Die Gruppe der Primaten hat einen hohen Anteil an dem sprunghaften Anstieg in der Klasse 10 kg bis 100 kg. Erst ab einer Grenze von über 1000 kg nimmt der Einsatz der Körperkraft ab, bleibt jedoch im Vergleich zur Klasse bis 10 kg auf einem hohen Durchschnittsniveau (<10 kg= 0%, >1t=15%).

8.3 Impulsübertragung

Als dritte Hauptkategorie wurde die Bewegungsform „Impulsübertragung“ definiert und ausgewertet. Alle Tierarten bis 1kg, bei denen zwischen Schieben und Impulsübertragung keine scharfe biomechanische Grenze existiert, wurden dieser Kategorie zugeordnet. Für diese Zuordnung wurde sich entschieden, da alle Bewegungen, die ein Schieben zur Folge hatten, alle definierten Kennzeichen der Kategorie Impulsübertragung aufwiesen. Umgekehrt gab es Impulsübertragungen, die nicht der Bewegungsdefinition „Schub“ unterlagen. Bei Tieren unter 1Kg traten bei Schubenergieumsatz und Impulsübertragung die folgenden Parallelen auf:

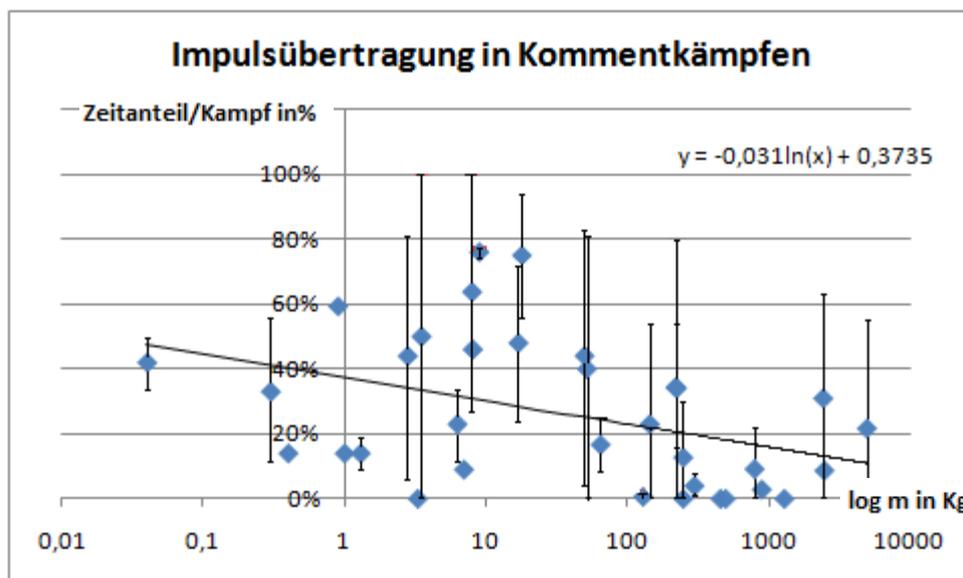
- Die Bewegung wurde durch eine lange Beschleunigungsstrecke eingeleitet (Sprung bzw. Lauf/Sprint).
- Die Bewegung führte zu einem kurzzeitigen Zusammenstoß.
- Die Bewegung begann nicht mit einem Körperkontakt, der anschließend durch Muskelkraft ergänzt wurde (bei Schubenergieeinsatz sonst üblich, vgl. 6.3.2).

Das Schieben bei den Kleintieren blieb also per Definition aus, da die Körperkraft nicht nach Kontaktaufnahme (zum eigentlichen Schieben) eingesetzt wurde, sondern vorher zum Beschleunigen des eigenen Körpers, dessen Resultat dann der Körperkontakt ist.

Tabelle 8-10: Unterschiede zwischen Schub und Impuls

Kategorie	Schritt 1	Schritt 2
Schubenergie	Körperkontakt herstellen	Körperkraft einsetzen
Impulsübertragung	Körperkraft einsetzen (Beschleunigung)	Körperkontakt herstellen

Die Ergebnisse der Kategorie *Impuls* zeigen innerhalb der Gesamtuntersuchung einen abfallenden Trend. Mit zunehmendem Körpergewicht nimmt die durchschnittliche Impulsübertragung im Kommentkampf ab. Tabelle 8-11 gibt die gemessenen Werte aller Tierarten wieder.



$$r_s = -0,45 \quad r_{s^2} = 0,21 \quad t(N > 10) = -2,89 \quad p(\text{zweiseitig}) \leq 0,01 \quad p(\text{einseitig}) \leq 0,01$$

Diagramm 8-11: Impulsübertragungen in Kommentkämpfen. Jeder Datenpunkt steht für den Mittelwert einer Tierart. Auf der Ordinate liegt der prozentuale Zeitanteil, den die Verhaltenskategorie pro Kampf ausmacht. Auf der Abszisse ist die Körpermasse logarithmisch aufgetragen. Eine Streuung ist nicht für jeden Datenpunkt vorhanden oder aufgrund geringer Datenmenge nicht ermittelbar. Als statistischer Test wurde der Spearman-Rangkorrelationstest genutzt, um die Signifikanz der Daten zu prüfen. Die Ergebnisse des Tests finden sich unterhalb des Diagramms.

Tabelle 8-11: Prozentualer Umsatz von Impulsübertragung pro Kampf

	<i>Mus musculus</i>	<i>Sciurus vulgaris</i>	<i>Rattus norvegicus</i>	<i>Saimiri sciureus</i>	<i>Cavia porcellus</i>	<i>Mustela putorius furo</i>	<i>Lemur catta</i>	<i>Cebus capucinus</i>	<i>Varecia variegata</i>	<i>Procyon lotor</i>	<i>Nomascus spec</i>
Gewicht (Kg)	0,04	0,3	0,4	0,9	1	1,3	2,8	3,3	3,5	6,3	7
Wert	42%	33%	14%	59%	14%	14%	44%	0%	50%	23%	9%
Anzahl der Kämpfe (N=150)	10	5	5	2	5	21	4	1	2	3	1
Beobachtete Tiere (N=207)	2	2	4	2	3	6	8	2	4	2	2

Tabelle Fortsetzung 8-11: Prozentualer Umsatz von Impulsübertragung pro Kampf

	<i>Sacophilus harrisi</i>	<i>Apeles spec</i>	<i>Macaca sylvanus</i>	<i>Papio hamadryas</i>	<i>Theropithecus gelada</i>	<i>Canis lupus</i>	<i>Pan troglodytes</i>	<i>Panthera pardus</i>	<i>Cervus elaphus</i>	<i>Goilla spec</i>	<i>Sus scrofa</i>	<i>Panthera leo</i>	<i>Panthera tigris</i>	<i>Ursus arctos</i>
	8	8,1	9	17	18	50	52	65	130	145	220	225	250	250
	64%	46%	76%	48%	75%	44%	40%	17%	1%	23%	34%	34%	13%	0%
	4	1	2	4	2	3	7	3	4	9	2	6	7	5
	8	2	4	8	4	6	14	6	6	18	4	12	14	2

Tabelle 8-11 Fortsetzung Prozentualer Umsatz von Impulsübertragung

	<i>Equus spec</i>	<i>Ursus maritimus</i>	<i>Carrellus ferus</i>	<i>Alces alces</i>	<i>Bos primigenius taurus</i>	<i>Giarffa camelopardalis</i>	<i>Ceratotherium simum</i>	<i>Hippopotamus amphibius</i>	<i>Loxodonta africana</i>
	300	460	500	800	900	1300	2450	2500	5000
	0%	0%	0%	9%	3%	0%	31%	9%	22%
	2	3	2	5	2	6	4	1	7
	4	6	2	10	4	12	8	2	14

Die leichtesten Tiere bis 5 kg zeigen eine große Spannweite von Impulsübertragungen im Kampf mit einem Anteil zwischen 12% und 60%. Keine der untersuchten Tierarten innerhalb dieses Massebereiches verzichtet vollkommen auf eine Impulsübertragung. Die höchsten Werte aller untersuchten Tierarten werden mit 76% und 75% bei den Berberaffen (9 kg) und Geladas (18 kg) gemessen. Hohe Werte finden sich vor allem in Massebereich B (>10 kg, vgl. Massebereiche Tabelle 8-8) und am Übergang von Massebereich A zu B. Bis auf Leoparden zeigen alle Tierarten des Massebereiches B Werte von mindestens 40%. Die Ergebnisse zeigen, dass Tiere höheren Gewichtes weniger Impulsübertragungen im Kampf zeigen. Ein statistischer Zusammenhang zwischen zunehmender Masse und abnehmender Impulsübertragung pro Kampf ($r_s = -0,45$, $r_{s^2} = 0,21$, $t(N > 10) = -2,89$, $p(\text{zweiseitig}) \leq 0,01$, $p(\text{einseitig}) \leq 0,01$) lässt sich nachweisen. Eine allgemeine Tendenz kann diesbezüglich in der Gesamtgruppe nachgewiesen werden. Grundsätzlich lässt sich ein hohes Aufkommen von Impulsübertragungen in den Bereichen von 5 kg bis 100 kg erkennen. Über die Hälfte der Werte dieses Bereiches finden sich bei einem zeitlichen, prozentualen Anteil pro Kampf zwischen 40% und 86%. Ab einer Grenze von 100 kg fällt diese Tendenz deutlich und erreicht in diesem Massebereich einen vergleichsweise geringen Höchstwert von 38% bei Wildschweinen und Löwen. Bis auf eine Ausnahme (Kapuzineraffe) liegen sämtliche Nullwerte, also der komplette Verzicht von Impulsübertragung, im Massebereich von 100 kg bis 1000 kg.

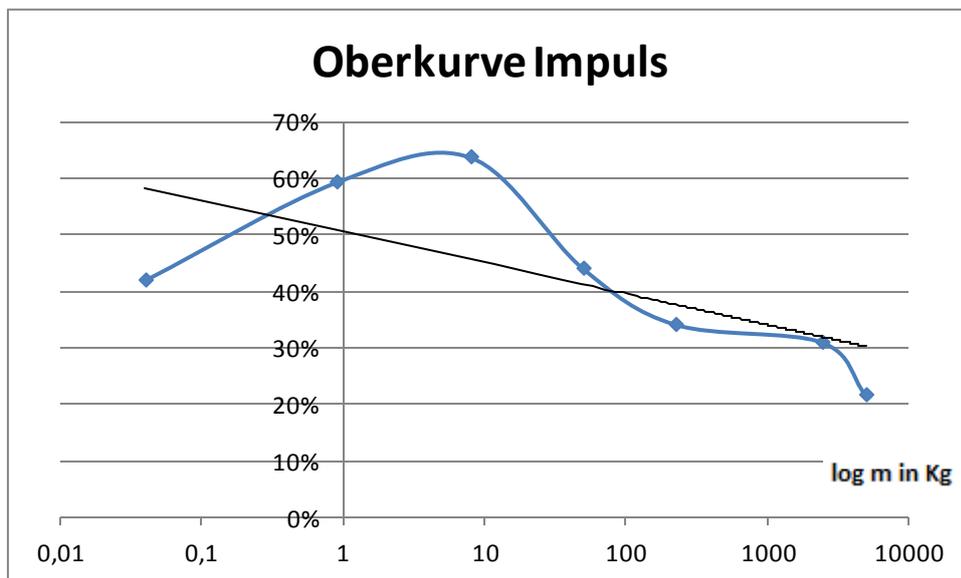
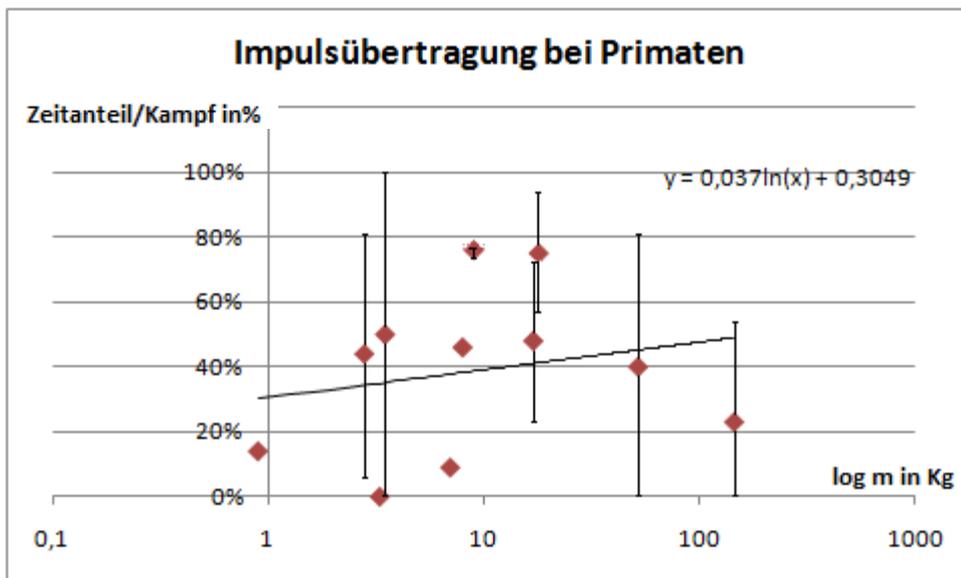


Diagramm 8-12: Oberkurve der Spitzenwerte bei Impulsübertragungen. Anfangs- und Endpunkt der Oberkurve bilden die leichteste und schwerste Tierart. Die höchsten gemessenen Werte zwischen Anfangs- und Endpunkt wurden aus Diagramm 8-11 über eine interpolierte Linie verbunden. Der Korrelationskoeffizient r (-0,8) wurde zwischen den Merkmalen Körpermasse und dem Wert des prozentualen Zeitanteils erhoben, um einen möglichen Zusammenhang von Körpermasse und gemessenen Werten in der Kurve zu beschreiben. Er ist nicht mit dem Spearman-Rangkorrelationskoeffizienten des statistischen Tests der Gesamtuntersuchung zu verwechseln.

Die Oberkurve für die Gesamtuntersuchung verdeutlicht, dass unter denjenigen Tieren, die häufig Impulsübertragungen im Kampf nutzen, diese Verhaltensweise mit zunehmendem Körpergewicht abnimmt. Ein Korrelationskoeffizient von -0,8 zeigt einen Zusammenhang dieser beiden Größen innerhalb dieser Tiergruppen.

Primaten

Wie bei den beiden vorigen Auswertungen wurde auch in der Verhaltenskategorie „Impulsübertragung“ die Tiergruppen der Primaten und Huftiere separat ausgewertet.



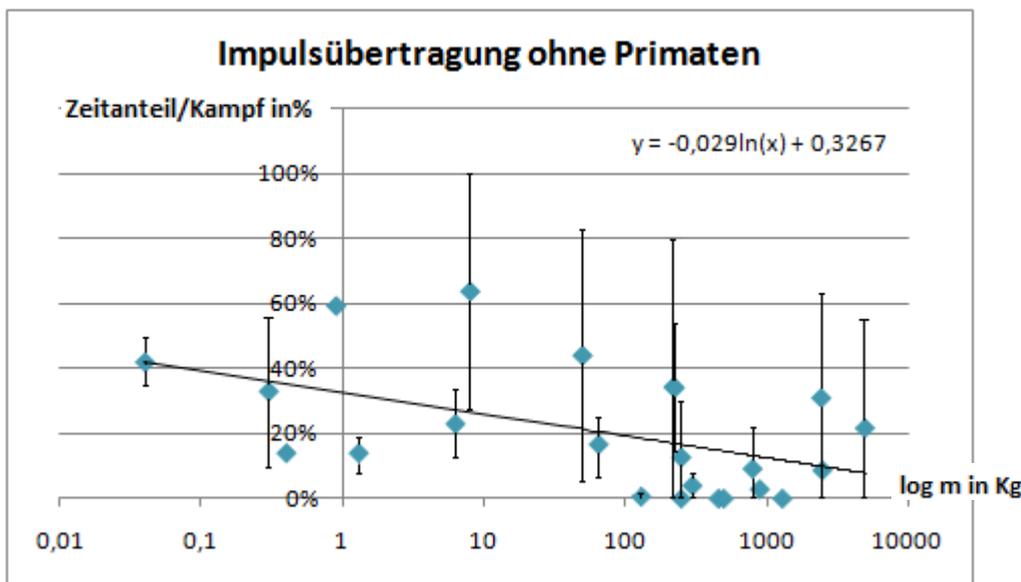
$$r_s = 0 \quad r_{s^2} = 0$$

Diagramm 8-13: Impulsübertragungen in Kommentkämpfen bei Primaten. Jeder Datenpunkt steht für den Mittelwert einer Tierart. Auf der Ordinate liegt der prozentuale Zeitanteil, den die Verhaltenskategorie pro Kampf ausmacht. Auf der Abszisse ist die Körpermasse logarithmisch aufgetragen. Eine Streuung ist nicht für jeden Datenpunkt vorhanden oder aufgrund geringer Datenmenge nicht ermittelbar. Als statistischer Test wurde der Spearman-Rangkorrelationstest genutzt, um die Signifikanz der Daten zu prüfen. Die Ergebnisse des Tests finden sich unterhalb des Diagramms.

Tabelle 8-12: Impulsübertragung bei Primaten (Kämpfe N=35, Tiere N= 68)

	<i>Saimiri sciureus</i>	<i>Lemur catta</i>	<i>Cebus capucinus</i>	<i>Varecia variegata</i>	<i>Nomascus spec</i>	<i>Ateles spec</i>	<i>Macaca sylvanus</i>	<i>Papio hamadryas</i>	<i>Theropithecus gelada</i>	<i>Pan troglodytes</i>	<i>Gorilla spec</i>
Gewicht (Kg)	0,9	2,8	3,3	3,5	7	8,1	9	17	18	52	145
Wert	59%	44%	0%	50%	9%	46%	76%	48%	75%	40%	23%

Die Ergebnisse der isolierten Primatendaten zeigen, dass diese Gruppe den Ergebnissen der Gesamtuntersuchung folgt. Hohe Werte werden in der Gesamtgruppe im Massebereich 100 kg bis 1000 kg erreicht, innerhalb der separierten Primatengruppe allerdings auch in Massebereich 10 kg bis 100 kg. Ausschließlich in Massebereich B (>10 kg) werden Werte über 70% erreicht, die bedeuten, dass über $\frac{2}{3}$ der Kampfzeit Impulsübertragungen sind. Ein statistischer Zusammenhang ($r_s = 0, r_{s^2} = 0$) zwischen ansteigender Körpermasse und vermindertem Einsatz von Impulsübertragungen ist nicht festzustellen, eine schwache Tendenz diesbezüglich jedoch erkennbar.

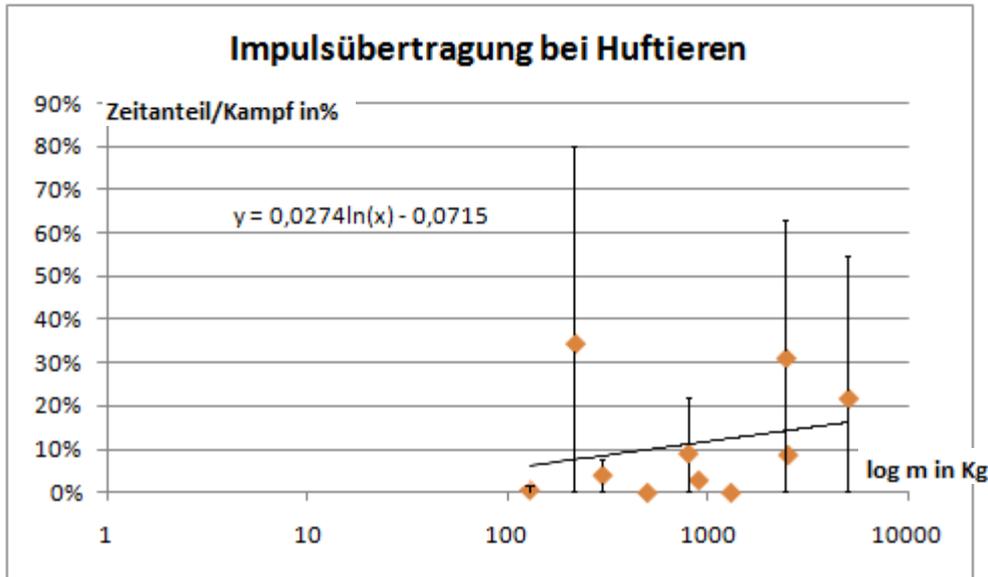


$$r_s = -0,49 \quad r_{s^2} = 0,34 \quad t(N > 10) = -2,55 \quad p(\text{zweiseitig}) \leq 0,02 \quad p(\text{einseitig}) \leq 0,01$$

Diagramm 8-14: Impulsübertragungen in Kommentkämpfen ohne Primaten. Jeder Datenpunkt steht für den Mittelwert einer Tierart. Auf der Ordinate liegt der prozentuale Zeitanteil, den die Verhaltenskategorie pro Kampf ausmacht. Auf der Abszisse ist die Körpermasse logarithmisch aufgetragen. Eine Streuung ist nicht für jeden Datenpunkt vorhanden oder aufgrund geringer Datenmenge nicht ermittelbar. Als statistischer Test wurde der Spearman-Rangkorrelationstest genutzt, um die Signifikanz der Daten zu prüfen. Die Ergebnisse des Tests finden sich unterhalb des Diagramms.

Die Datenauswertung ohne die Primaten zeigt keine nennenswerten Unterschiede zu den Ergebnissen der Gesamtgruppe. Sowohl die festzustellende Tendenz mit steigendem Körpergewicht seltener Impulsübertragungen zu nutzen als auch die statistische Bedeutung dieses Zusammenhangs ($r_s = -0,49, r_{s^2} = 0,34, t(N > 10) = -2,55, p(\text{zweiseitig}) \leq 0,02, p(\text{einseitig}) \leq 0,01$) zeigen keine merklichen Unterschiede zur Gesamtgruppe.

Huftiere und Elefanten



$r_s = 0,28$ $r_{s^2} = 0,08$ $p(\text{zweiseitig}) n.s.$ $p(\text{einseitig}) n.s.$

Diagramm 8-15: Impulsübertragungen in Kommentkämpfen bei Huftieren. Jeder Datenpunkt steht für den Mittelwert einer Tierart. Auf der Ordinate liegt der prozentuale Zeitanteil, den die Verhaltenskategorie pro Kampf ausmacht. Auf der Abszisse ist die Körpermasse logarithmisch aufgetragen. Eine Streuung ist nicht für jeden Datenpunkt vorhanden oder aufgrund geringer Datenmenge nicht ermittelbar. Als statistischer Test wurde der Spearman-Rangkorrelationstest genutzt, um die Signifikanz der Daten zu prüfen. Die Ergebnisse des Tests finden sich unterhalb des Diagramms (n.s. = nicht signifikant).

Tabelle 8-13: Impulsübertragung bei Huftieren (Kämpfe N=35, Tiere N=66)

	<i>Cervus elaphus</i>	<i>Sus scrofa</i>	<i>Equus spec</i>	<i>Camelus ferus</i>	<i>Alces alces</i>	<i>Bos primigenius taurus</i>	<i>Giarffa camelopardalis</i>	<i>Ceratotherium simum</i>	<i>Hippopotamus amphibius</i>	<i>Loxodonta africana</i>
Gewicht (Kg)	130	220	300	500	800	900	1300	2450	2500	5000
Wert	1%	34%	0%	0%	9%	3%	0%	31%	9%	22%

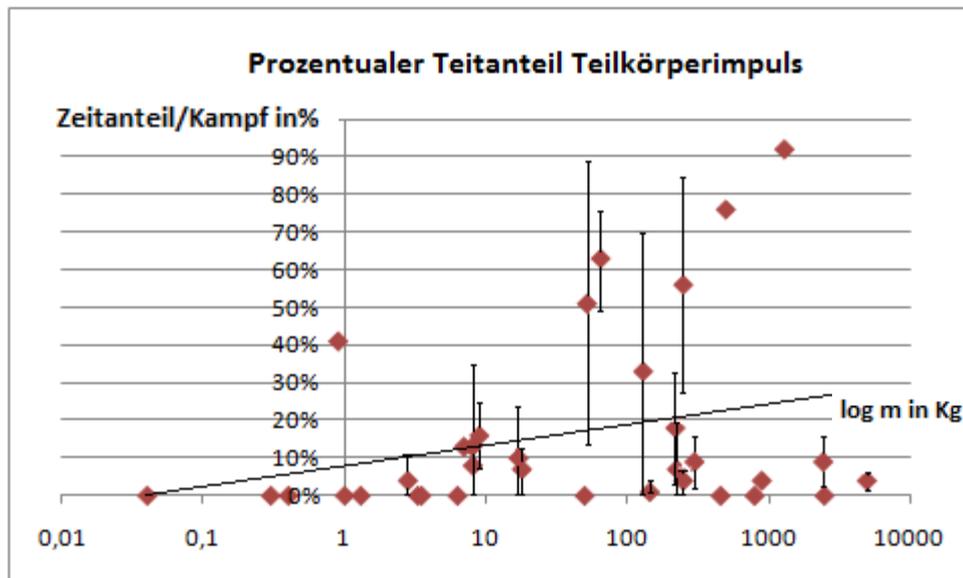
Die gemessenen Werte der „Huftiere“ (vgl. Seite 98) liegen zwischen 0% und 34% (Wildschwein). Bis auf Wildschweine mit einer durchschnittlichen Körpermasse von 220 kg liegen alle nennenswerten Impulsübertragungen bei Ungulaten in einem Massebereich über 800 kg. Eine klare Tendenz ist bei den Ungulaten nicht nachweisbar, ebenso wenig wie ein statistisch relevanter Zusammenhang der Daten ($r_s = 0,28$, $r_{s^2} = 0,08$, $p(\text{zweiseitig}) n.s.$, $p(\text{einseitig}) n.s.$).

8.4 Nebenkategorien

Ergänzend zu den drei Hauptkategorien wurden zwei weitere Kategorien definiert und ausgewertet. Diese beziehen sich auf den Einsatz der Extremitäten und des Halses sowie in einigen Fällen auf den Einsatz des Gebisses. Der Einsatz der Extremitäten wurde methodisch genau so gemessen wie die drei Hauptkategorien und anschließend in Relation zum durchschnittlichen Körpergewicht bzw. zur Körpermasse gesetzt.

8.4.1 Teilkörperimpuls

Die Verhaltenskategorie beinhaltet den Einsatz der Extremitäten, die zum Zweck einer Impulsübertragung vom Tier beschleunigt werden. In der Regel führt dies zu einem Schlag mit einer Extremität (z.B. ein Prankenhieb), zu einem Schlag mit dem Hals (z.B. Halsschläge der Giraffenbullen) oder zu einem Stoß mit der Extremität (z.B. das Ausschlagen der Pferde).



$$r_s = 0,33 \quad r_s^2 = 0,11 \quad t(N > 10) = 1,997 \quad p(\text{zweiseitig}) \leq 0,1 \quad p(\text{einseitig}) \leq 0,05$$

Diagramm 8-16: Prozentualer Anteil von Teilkörperimpulsen in Kommentkämpfen. Jeder Datenpunkt steht für den Mittelwert einer Tierart. Auf der Ordinate liegt der prozentuale Zeitanteil, den die Verhaltenskategorie pro Kampf ausmacht. Auf der Abszisse ist die Körpermasse logarithmisch aufgetragen. Eine Streuung ist nicht für jeden Datenpunkt vorhanden oder aufgrund geringer Datenmenge nicht ermittelbar. Als statistischer Test wurde der Spearman-Rangkorrelationstest genutzt, um die Signifikanz der Daten zu prüfen. Die Ergebnisse des Tests finden sich unterhalb des Diagramms.

Bei einem Schlag trifft die Kraft über einen Hebelarm, der durch eine mehr oder weniger gestreckte Extremität zustande kommt, auf das Ziel. Analog kann man sich die Nutzung eines Baseballschlägers vorstellen. Ein Stoß findet am stirnseitigen Ende der Extremität statt. Die Beschleunigung kommt vor allem durch die Streckbewegung zu Stande. Analog wäre die Bewegung vergleichbar mit dem Stoß eines Billiardkös.

Tabelle 8-14: Prozentualer Anteil Teilkörperimpuls pro Kampf

	<i>Mus musculus</i>	<i>Sciurus vulgaris</i>	<i>Rattus norvegicus</i>	<i>Saimiri sciureus</i>	<i>Cavia porcellus</i>	<i>Mustela putorius furo</i>	<i>Lemur catta</i>	<i>Cebus capucinus</i>	<i>Varecia variegata</i>	<i>Procyon lotor</i>	<i>Nomascus spec</i>	<i>Sacrophilus harrisi</i>
Gewicht (Kg)	0,04	0,3	0,4	0,9	1	1,3	2,8	3,3	3,5	6,3	7	8
Wert	0%	0%	0%	41%	0%	0%	4%	0%	0%	0%	13%	3%

Tabelle 8-14 Fortsetzung Prozentualer Anteil Teilkörperimpuls pro Kampf

	<i>Sacrophilus harrisi</i>	<i>Ateles spec</i>	<i>Macaca sylvanus</i>	<i>Papio hamadryas</i>	<i>Theropithecus gelada</i>	<i>Canis lupus</i>	<i>Pan troglodytes</i>	<i>Panthera pardus</i>	<i>Cervus elaphus</i>	<i>Gorilla spec</i>	<i>Sus scrofa</i>	<i>Panthera leo</i>	<i>Panthera tigris</i>	<i>Ursus arctos</i>
	8	8,1	9	17	18	50	52	65	130	145	220	225	250	250
	3%	8%	16%	10%	7%	0%	51%	63%	33%	1%	18%	7%	56%	3%

Tabelle 8-14 Fortsetzung: Prozentualer Anteil Teilkörperimpuls pro Kampf

	<i>Equus spec</i>	<i>Ursus maritimus</i>	<i>Camelus ferus</i>	<i>Alces alces</i>	<i>Bos primigenius taurus</i>	<i>Giarffa camelopardalis</i>	<i>Ceratopithecium simum</i>	<i>Hippopotamus amphibius</i>	<i>Loxodonta africana</i>
Gewicht (Kg)	300	460	500	800	900	1300	2450	2500	5000
Wert	9%	0%	76%	0%	4%	92%	9%	0%	4%

Die Ergebnisse der Gesamtgruppe zeigen, dass Teilkörperimpulse überwiegend von Tieren oberhalb einer Massegrenze von 100 kg eingesetzt werden. Die Höchstwerte werden von Kamelen (76%, 500 kg) und Giraffen (92%, 1300 kg) erreicht. Tiere, die Teilkörperimpulse nutzen, kommen in allen Massenbereichen vor. Auffällig ist, dass Teilkörperimpulse überwiegend von Primaten und Großkatzen (*Pantherinae*) genutzt werden. Ein Zusammenhang zwischen dem Einsatz von Teilkörperimpulsen und ansteigender Körpermasse kann tendenziell erkannt werden. Die Tendenz wird durch die Signifikanz der Daten ($r_s = 0,33$, $r_{s^2} = 0,11$, $t(N > 10) = 1,997$, $p(\text{zweiseitig}) \leq 0,1$, $p(\text{einseitig}) \leq 0,05$) untermauert.

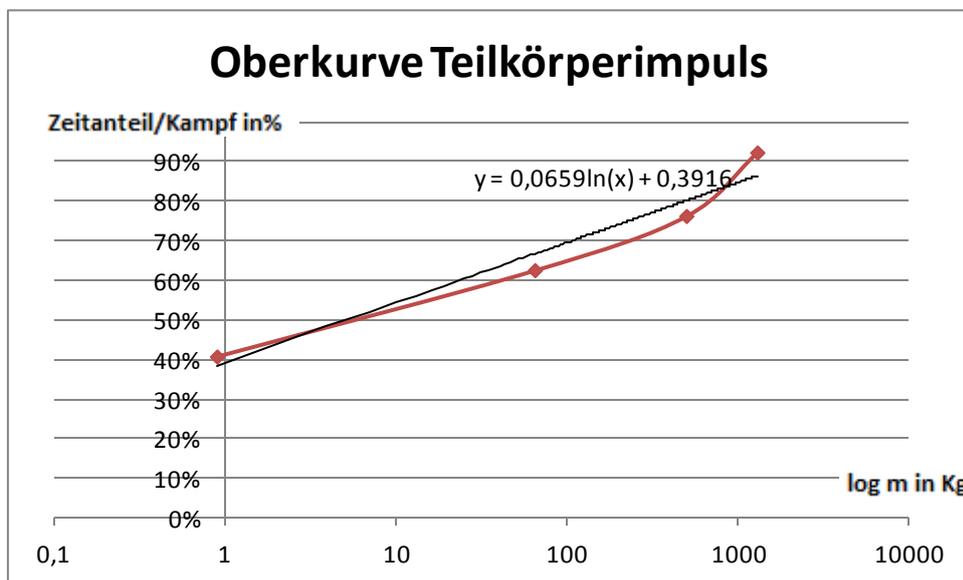
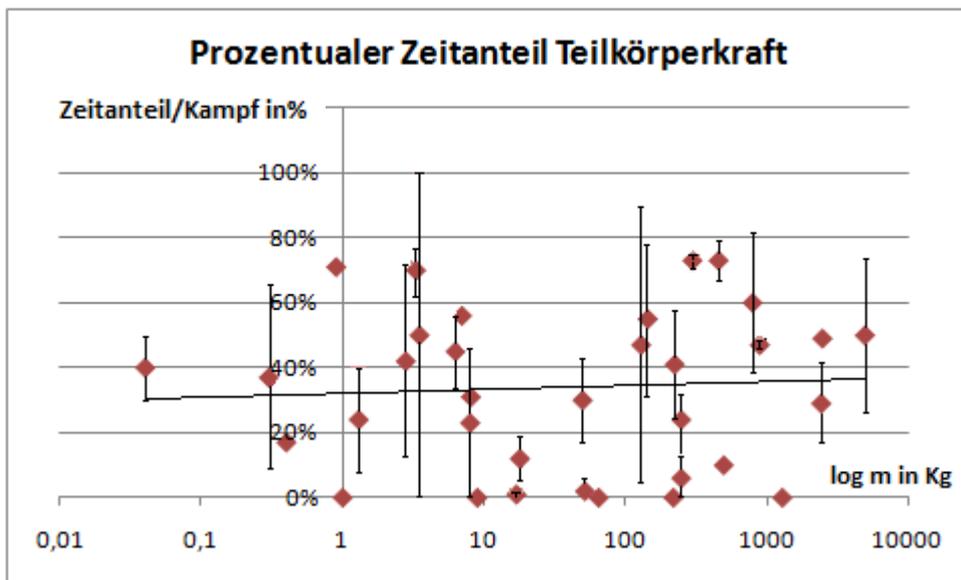


Diagramm 8-17: Oberkurve der Spitzenwerte der Teilkörperimpulse in Kommentkämpfen. Anfangs- und Endpunkt der Oberkurve bilden die leichteste und schwerste Tierart. Die höchsten gemessenen Werte zwischen Anfangs- und Endpunkt wurden aus Diagramm 8-16 über eine interpolierte Linie verbunden. Der Korrelationskoeffizient r (0,9) wurde zwischen den Merkmalen Körpermasse und dem Wert des prozentualen Zeitanteiles erhoben.

Die gemessenen Spitzenwerte, verbunden durch eine interpolierte Linie, ergab die Oberkurve für diese Technikkategorie. Die Trendlinie der Spitzenwerte verdeutlicht den Zusammenhang innerhalb der Tiergruppen zwischen vermehrtem Einsatz von Teilkörperimpulsen und zunehmender Körpermasse.

8.4.2 Teilkörperkraft

Die Kategorie Teilkörperkraft beinhaltet den Extremitäten- oder Gebisseinsatz, bei dem kontinuierlich Kraft auf einen Teil des gegnerischen Körpers ausgeübt wird. Typische Bewegungen dieser Kategorien sind das Verbeißen in Haut und Fell. Extremitäten führen dabei ringende Bewegungsformen aus, bei denen Teile des gegnerischen Körpers eingeklemmt werden und anschließend über günstigere Hebelverhältnisse auf diese Kraft übertragen wird. Dies führt häufig zu einer Bewegungsmanipulation des gesamten gegnerischen Körpers.



$r_s = 0,06$ $r_{s^2} = 0,004$ $t(N > 10) = 0,34$ $p(\text{zweiseitig und einseitig}) n.s.$

Diagramm 8-18: Prozentualer Anteil von Teilkörperkraft in Kommentkämpfen. Jeder Datenpunkt steht für den Mittelwert einer Tierart. Auf der Ordinate liegt der prozentuale Zeitanteil, den die Verhaltenskategorie pro Kampf ausmacht. Auf der Abszisse ist die Körpermasse logarithmisch aufgetragen. Eine Streuung ist nicht für jeden Datenpunkt vorhanden oder aufgrund geringer Datenmenge nicht ermittelbar. Als statistischer Test wurde der Spearman-Rangkorrelationstest genutzt, um die Signifikanz der Daten zu prüfen. Die Ergebnisse des Tests finden sich unterhalb des Diagramms (n.s. = nicht signifikant).

Tabelle 8-15: Prozentualer Anteil Teilkörperkraft pro Kampf

	<i>Mus musculus</i>	<i>Sciurus vulgaris</i>	<i>Rattus norvegicus</i>	<i>Saimiri sciureus</i>	<i>Cavia porcellus</i>	<i>Mustela putorius furo</i>	<i>Lemur catta</i>	<i>Cebus capucinus</i>	<i>Varecia variegata</i>	<i>Procyon lotor</i>	<i>Nomascus spec</i>
Gewicht (Kg)	0,04	0,3	0,4	0,9	1	1,3	2,8	3,3	3,5	6,3	7
Wert	40%	37%	17%	71%	0%	24%	42%	70%	50%	45%	56%

Tabelle 8-15 Fortsetzung Prozentualer Anteil Teilkörperkraft pro Kampf

<i>Sacophilus hartsii</i>	<i>Ateles spec</i>	<i>Macaca sylvanus</i>	<i>Papio hamadryas</i>	<i>Theropithecus gelada</i>	<i>Canis lupus</i>	<i>Pan troglodytes</i>	<i>Panthera pardus</i>	<i>Cervus elaphus</i>	<i>Goilla spec</i>	<i>Sus scrofa</i>	<i>Panthera leo</i>	<i>Panthera tigris</i>	<i>Ursus arctos</i>
8	8,1	9	17	18	50	52	65	130	145	220	225	250	250
23%	31%	0%	1%	12%	30%	2%	0%	47%	55%	0%	41%	6%	24%

Tabelle 8-15 Fortsetzung: Prozentualer Anteil Teilkörperkraft pro Kampf

<i>Equus spec</i>	<i>Ursus maritimus</i>	<i>Camelus ferus</i>	<i>Alces alces</i>	<i>Bos primigenius taurus</i>	<i>Giraffa camelopardalis</i>	<i>Ceratotherium simum</i>	<i>Hippopotamus amphibius</i>	<i>Loxodonta africana</i>
300	460	500	800	900	1300	2450	2500	5000
73%	73%	10%	60%	47%	0%	29%	49%	50%

Die Ergebnisse der Untersuchung zum prozentualen Teilkörperkrafteinsatz zeigen, dass die Muskelkraft der Extremitäten bzw. die Kau- und Nackenmuskulatur über alle zwei Massebereiche eingesetzt werden..

Bei fünf Tierarten konnte kein Einsatz von Muskelkraft in Form einer Teilkörperkraft gemessen werden. Diese fünf Tierarten sind Meerschweinchen (*Cavia porcellus*), Berberaffen (*Macaca sylvanus*), Leoparden (*Panthera pardus*), Wildschweine (*Sus scrofa*) und Giraffen (*Giraffa camelopardis*).

Es setzen 88% der untersuchten Tierarten Teilkörperkraft in Kommentkämpfen ein, ohne dass ein statistischer Zusammenhang zwischen dem Einsatz und der Körpermasse festgestellt werden kann ($r_s = 0,06, r_{s^2} = 0,004, t(N > 10) = 0,34, p(\text{zweiseitig und einseitig})$ beide nicht signifikant). Der durchschnittliche Einsatz bewegt sich bei den meisten Tierarten (23 von 34) zwischen 20% und 50%. Spitzenwerte werden bis ca. 10 kg und zwischen 100 kg bis 1000 kg erreicht und finden sich bei Totenkopffaffen (*Saimiri sciureus*) mit 73%, Kapuzineraffen (*Cebus capucinus*) mit 70%, Pferden (Gattung *Equus*) mit 73% und Eisbären (*Ursus maritimus*) mit

73%. Die Oberkurve der Maximalwerte zeigt ebenfalls, dass hohe Werte über den gesamten Massebereich verteilt auftreten.

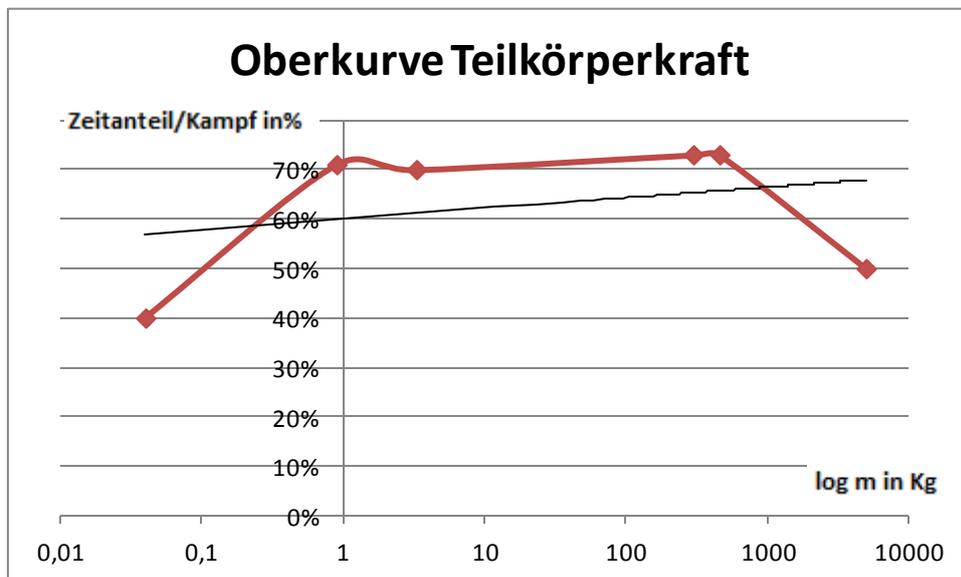


Diagramm 8-19: Oberkurve der Spitzenwerte der Teilkörperkraft in Kommentkämpfen. Anfangs- und Endpunkt der Oberkurve bilden die leichteste und schwerste Tierart. Die höchsten gemessenen Werte zwischen Anfangs- und Endpunkt wurden aus Diagramm 8-18 über eine interpolierte Linie verbunden. Der Korrelationskoeffizient r (-0,4) wurde zwischen den Merkmalen Körpermasse und dem Wert des prozentualen Zeitanteiles erhoben.

8.5 Zusammenfassung der zoologischen Untersuchung

Die Ergebnisse der zoologischen Untersuchung dieser Arbeit zeigen, dass grundsätzlich Größeneffekte in den Kampfbewegungen bei Kommentkämpfen zu verzeichnen sind. Diese Effekte lassen sich durch Definitionen von Bewegungskategorien mit Methoden der Verhaltensbiologie dokumentieren.

Größeneffekte lassen sich durch diese Methodik in Form von Tendenzen aufzeigen, mit steigendem Körpergewicht Verhaltenskategorien (Lageenergieumsatz, Schubenergieeinsatz, Impulsübertragung, Teilkörperimpuls) vermehrt oder vermindert einzusetzen (Ausnahme Teilkörperkraft, ohne festgestellte Tendenz). Dabei wurde mithilfe des Spearman-Rangkorrelationstest die Signifikanz der Daten erhoben. Der Zusammenhang zwischen steigendem Körpergewicht und zu- bzw. abfallenden Einsatztendenzen sind in den Verhaltenska-

tegorien Lageenergieumsatz, Schubenergieeinsatz, Impulsübertragung, Teilkörperimpuls statistisch signifikant. Ergebnisse lassen sich selten über die Gesamtheit der untersuchten Tiermassen finden, sondern innerhalb einzelner Massebereiche. Im Rahmen dieser Arbeit wurden zwei Massebereiche gefunden, die sich unterschiedlich auf definierte Verhaltenskategorien auswirken. Diese beiden Massebereiche sind A: <10 kg und B: >100 kg. Es kann vermutet werden, dass sich Massebereich B weiterhin unterteilen lässt. Eine weitere Unterteilung kann aufgrund der breiten Streuung der Daten nicht verifiziert werden.

Tabelle 8-16: Kampfrelevante Gewichtsbereiche bei Säugetieren

Massebereich in kg	
A < 10	
B > 100	(10-100)
	(100 bis 1000)
	(1000 bis 5000)

Erklärung zu Tabelle 8-16: Massebereich A und B können durch die Ergebnisse dieser Arbeit voneinander getrennt werden. Die Werte in Klammern stellen Vermutungen weiterer möglicher Differenzierung von Massebereich B dar, die jedoch nicht eindeutig durch die Ergebnisse der Arbeit verifiziert werden können

In allen untersuchten Verhaltenskategorien finden sich abhängig von der jeweiligen Kategorie in den Massebereichen Häufigkeiten, die generelle Größeneffekte aufzeigen.

Grundsätzlich ist bei der Interpretation der Ergebnisse zu berücksichtigen, dass individuelle Anatomie, Physiologie sowie weitere nicht ermittelte Parameter, wie Motivation und Pathologien der Tiere, einen erheblichen Einfluss auf die ausgeführte Bewegung der Tiere haben. Die hier ermittelten Häufigkeiten bevorzugter Bewegungen innerhalb bestimmter Massebereiche sowie die erkennbaren Trends, die innerhalb der Kategorien auftreten, zeigen, dass es allgemeine Größeneffekte in den Kommentkampfbewegungen gibt. Tabelle 8-17 gibt eine Übersicht über die vier Massebereiche und die in ihnen bevorzugten Verhaltenskategorien.

Tabelle 8-17: Häufigkeiten der Hauptkategorien innerhalb der zwei Massebereiche

Massebereich	Lageenergie	Schubenergie	Impulsenergie	Teilkörperimpuls	Teilkörperkraft
A					
B1					
B2					
B3					

Erläuterung: Stark bevorzugt Mäßig bevorzugt Nicht bevorzugt

Die Ergebnisse der zoologischen Untersuchung zeigen keine eindeutigen, linearen Zusammenhänge zwischen steigendem Körpergewicht und den untersuchten Verhaltenskategorien. Prinzipiell lassen sich jedoch Tendenzen feststellen, die signifikante (z.T. hochsignifikante) Zusammenhänge zwischen steigendem Körpergewicht und zu- bzw. abnehmendem Einsatz bestimmter Verhaltenskategorien aufzeigen. Zunehmende durchschnittliche Körpermasse bei Säugetieren bedeutet diesbezüglich:

1. Je höher das Körpergewicht, desto seltener wird dieses als Werkzeug zur Umsetzung von Lageenergie eingesetzt. Allerdings ist auch bei kleinen Tieren (<1 kg) ein deutlicher Verzicht des Körpergewichts als Werkzeug zu verzeichnen. Am häufigsten findet sich der Einsatz des Körpergewichtes um gegen den gegnerischen Körper eingesetzt zu werden zwischen 100 kg und 500 kg.
2. Je höher das Körpergewicht, desto häufiger wird die Körperkraft eingesetzt, um den Gegner zu schieben. Ein deutliche Grenze findet sich hier bei 10 kg. Unterhalb von 10Kg wird kaum Schubenergie umgesetzt. Zwischen 10 kg und 100 kg wird Schubenergie überwiegend durch Primaten umgesetzt. Andere Tiergruppen setzen Schubenergie vermehrt ab einer Grenze von 100 kg ein.
3. Je höher das Körpergewicht, desto seltener wird das eigene Körpergewicht zwecks Körperbeschleunigung bzw. der daraus resultierenden Impulsübertragung überwunden. Die Spitzenwerte finden sich zwischen 10 kg und 145 kg. Die Höchstwerte werden von Primaten erreicht.

Die beiden Nebenkategorien, die den Einsatz der Extremitäten in Bezug zum Gewicht setzen, lassen einen Zusammenhang zwischen steigender Körpermasse und Teilkörperimpuls erkennen. Für beide Nebenkategorien sind bevorzugte Massebereiche zu erkennen.

9. Ergebnisse der anthropologischen Untersuchung

Für die Analyse der Bewegungen im menschlichen Kampfsport wurden, ähnlich wie bei der zoologischen Untersuchung auch, Kategorien definiert, von denen aus auf die Relevanz des Körpergewichtes in den Kampfbewegungen geschlossen werden kann. Aufgrund einer höheren möglichen Technikvielfalt, bedingt durch die Griffmöglichkeiten am Judogi, ergaben sich für den Judoport im Vergleich zum Freistilringen mehr definierte Kategorien. Ein direkter Vergleich beider Kampfsportarten ist aufgrund der unterschiedlichen Reglements nicht möglich bzw. nicht aufschlussreich.

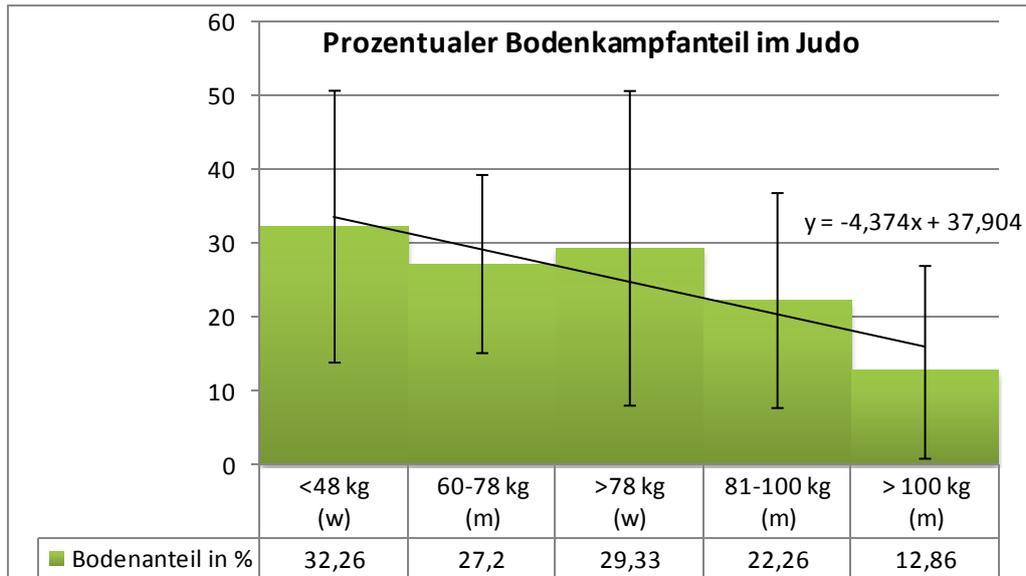
9.1 Ergebnisse der Basisuntersuchung für Judokämpfe

Die untersuchten Gewichtsklassen im Judo setzen sich aus zwei Frauengewichtsklassen (<48Kg, >78 Kg) und drei männlichen Gewichtsklassen (60-72Kg, 81-100Kg, >100Kg) zusammen.

9.1.1 Prozentualer Anteil der Bodenphasen

Der prozentuale Anteil an Bodenkampfzeit stellt das Verhältnis der Zeitanteile dar, wie lange im Vergleich zur Gesamtdauer eines Kampfes am Boden gekämpft wurde. Für jede Gewichtsklasse wurde aus allen analysierten Kämpfen der Durchschnittswert ermittelt.

Die Ergebnisse zeigen, dass sich innerhalb der Judokämpfe eine Tendenz erkennen lässt, mit zunehmendem Körpergewicht die anteilige Bodenkampfzeit zu verringern. Lediglich die weibliche Gewichtsklasse >78 kg weicht leicht von diesem allgemeinen Trend ab. Insgesamt ist die Tendenz, dass mit steigender Gewichtsklasse der prozentuale Bodenkampfanteil abnimmt, nicht durch die Geschlechtsunterschiede beeinflusst.



$r_s = -0,9$ $r_{s^2} = 0,81$ $p(\text{zweiseitig}) \leq 0,05$ $p(\text{einseitig}) \leq 0,01$

Diagramm 9-1: Prozentualer Bodenkampfanteil pro Kampf im Judo. Ermittelt wurde der Zeitanteil des Bodenkampfes an der Gesamtkampfzeit. Pro Gewichtsklasse wurde der Mittelwert erhoben. Als statistischer Test wurde der Spearman-Rangkorrelationstest genutzt, um die Signifikanz der Daten zu prüfen. Die Ergebnisse des Tests finden sich unterhalb des Diagramms.

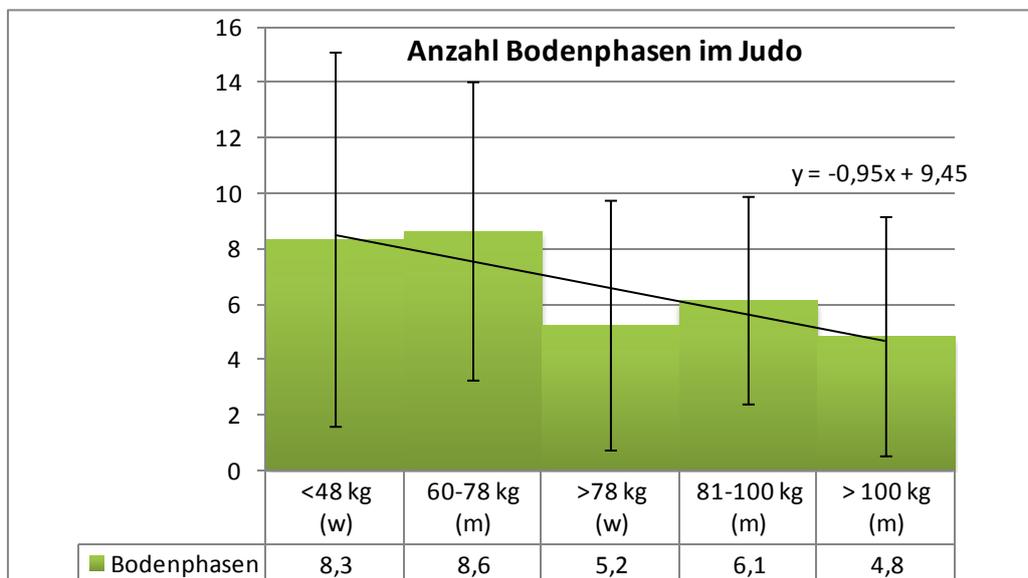
Während bei den leichtesten Athleten der durchschnittliche Bodenkampfanteil mehr als 30% erreicht, liegt er bei den schwersten Kämpfern, mit über 100 kg Körpermasse, bei nahezu 12%. In allen der untersuchten Gewichtsklassen herrscht eine hohe Streuung um den ermittelten Mittelwert. Die genauen Daten sind in Tabelle 9-1 zusammengefasst. Die Streuung fällt bei den Frauen (rot hervorgehoben) größer aus als bei den männlichen Wettkämpfern. Insgesamt zeigt die Untersuchung, dass ein Trend zu finden ist, mit steigender Gewichtsklasse die anteilige Zeit am Boden zu reduzieren. Die Daten sind diesbezüglich signifikant ($r_s = -0,9$, $r_{s^2} = 0,81$, $p(\text{zweiseitig}) \leq 0,05$, $p(\text{einseitig}) \leq 0,01$). Eine hohe Effektstärke ($r_{s^2} = 0,81$) zeigt, dass der Körpergröße ein hoher Anteil am Zustandekommen der gemessenen Werte zugesprochen werden kann.

Tabelle 9-1: Prozentualer Bodenanteil am Kampf pro Gewichtsklasse im Judo

Gewichtsklasse in kg	<48 (w)	60-78 (m)	>78 (w)	81-100 (m)	>100 (m)
Bodenanteil in %	32,26	27,2	29,33	22,26	12,86
Streuung	18,4	12	21,3	14,5	14
Anzahl der Kämpfe	28	31	35	30	30

9.1.2 Anzahl der Bodenphasen

Die Ergebnisse der Zählung der Bodenphasen zeigen einen Trend, der dem des prozentualen Bodenkampfanteils ähnelt. Diese Ähnlichkeit ist nicht evident, denn zwischen beiden Parametern bestehen wichtige Unterschiede. Die Ergebnisse der Bodenphasen beschreiben wie häufig die Kämpfer in einem Kampf vom Stand auf den Boden wechselten. Der prozentuale Bodenkampfanteil (vgl. 9.1.1) beschreibt den Anteil der verbrachten Zeit am Boden in Relation zur Gesamtkampfzeit. Theoretisch kann mit nur einer einzigen Bodenphase pro Kampf ein annähernd 100%iger Bodenkampfanteil erreicht werden. Der prozentuale Bodenanteil kann andererseits selbst bei vielen Bodenphasen gering ausfallen, wenn diese Phasen sehr kurze Zeiten beanspruchen.



$$r_s = -0,8 \quad r_{s^2} = 0,64 \quad p(\text{zweiseitig}) \leq 0,1 \quad p(\text{einseitig}) \leq 0,05$$

Diagramm 9-2: Anzahl der Bodenphasen pro Kampf im Judo. Pro Gewichtsklasse wurde der Mittelwert erhoben. Als statistischer Test wurde der Spearman-Rangkorrelationstest genutzt, um die Signifikanz der Daten zu prüfen. Die Ergebnisse des Tests finden sich unterhalb des Diagramms.

Ermittelt wurde der Durchschnitt der gezählten Bodenkampfphasen pro Gewichtsklasse. Es zeigt, dass mit zunehmendem Körpergewicht die Anzahl an Bodenkampfphasen abnimmt. Die Gewichtsklasse *männlich 60-7 k8g* steigt, trotz des allgemein zu messenden Trends, im Vergleich zum Durchschnitt der vorangehenden Gewichtsklasse geringfügig an. Dabei gilt jedoch zu beachten, dass beide vorangehenden Gewichtsklassen die beiden weiblichen Gewichtsklassen sind.

Nach Geschlechtern aufgeteilt bestätigt sich der allgemeine Trend.

- a) Ø Bodenphasen männlich, mit steigendem Gewicht abfallend: 8,6 6,1 4,8
- b) Ø Bodenphasen weiblich, mit steigendem Gewicht abfallend: 8,3 5,2

Die ermittelten Daten sind in Tabelle 9-2 zusammengefasst.

Eine auffallende Grenze wird ab gemessenen 78 kg erkennbar. Während die Klassen unter 78 kg durchschnittliche Bodenphasen von über 8 pro Kampf zeigen, sinken diese über 78 kg auf zwischen 4 und 6 Phasen pro Kampf. Ebenfalls zeigt sich bei den Gewichtsklassen unter 78 kg eine größere Streuung.

Bei der leichtesten Gewichtsklasse mit einem Durchschnitt von 8 Bodenphasen pro Kampf wurden dennoch Kämpfe mit nur einer und auch Kämpfe mit 15 Phasen gemessen. Bei über 100 kg zeigt sich bei einem Durchschnitt von 4,8 eine Streuung von 1 bis maximal 9 Bodenphasen um den ermittelten Mittelwert.

Die Streuung um den Mittelwert der durchschnittlichen Bodenphasen folgt dem gemessenen Trend innerhalb dieser Kategorie. Mit zunehmender Körpermasse bzw. in höheren Gewichtsklassen werden Phasen, in denen ein Bodenkampf stattfindet, reduziert. Insgesamt ist die Tendenz, dass mit steigender Gewichtsklasse die durchschnittlichen Bodenkampfphasen abnehmen, nicht durch die Geschlechtsunterschiede beeinflusst.

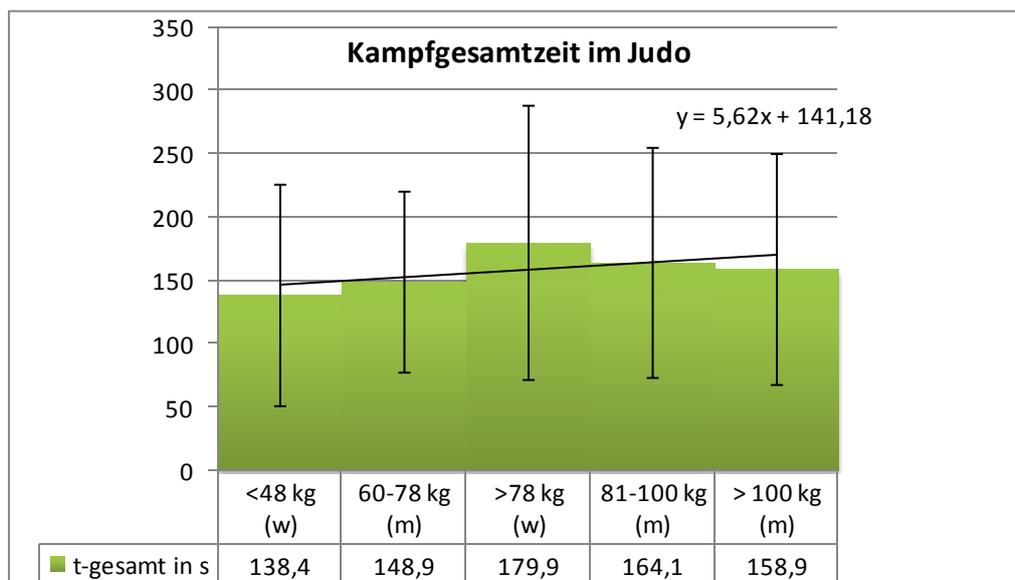
Tabelle 9-2 Durchschnittliche Anzahl der Bodenphasen pro Kampf

Gewichtsklasse in kg	<48 (w)	60-78 (m)	>78 (w)	81-100 (m)	>100 (m)
Mittlere Anzahl an Bodenphasen	8,3	8,6	5,2	6,1	4,8
Streuung	6,8	5,4	4,5	3,7	4,3
Anzahl der Kämpfe	28	31	35	30	30

Insgesamt zeigt die Untersuchung, dass eine Tendenz zu erkennen ist, mit steigender Gewichtsklasse die Bodenphase im Kampf zu reduzieren. Die Daten sind diesbezüglich signifikant ($r_s = -0,8$, $r_{s^2} = 0,64$, $p(\text{zweiseitig}) \leq 0,1$, $p(\text{einseitig}) \leq 0,05$). Eine verhältnismäßig hohe Effektstärke ($r_{s^2} = 0,64$) zeigt, dass der Körpermasse ein hoher Anteil am Zustandekommen der gemessenen Werte zugesprochen werden kann. Einseitig findet sich eine Irrtumswahrscheinlichkeit von unter 5%.

9.1.3 Durchschnittliche Gesamtzeit

Die ermittelte Gesamtzeit stellt die Summe aus der durchschnittlichen Dauer des Bodenkampfes und des Standkampfes gemessen in Sekunden dar.



$r_s = 0,6$ $r_{s^2} = 0,36$ $p(\text{zweiseitig}) n.s.$ $p(\text{einseitig}) n.s.$

Diagramm 9-3: Gesamtzeit pro Kampf im Judo gemessen in Sekunden. Pro Gewichtsklasse wurde der Mittelwert erhoben. Als statistischer Test wurde der Spearman-Rangkorrelationstest genutzt, um die Signifikanz der Daten zu prüfen. Die Ergebnisse des Tests finden sich unterhalb des Diagramms (n.s. = nicht signifikant).

Bezogen auf die durchschnittliche Gesamtzeit (= Summe der Zeit von Stand und Bodenphasen) die ein Kampf dauerte, zeigen die Ergebnisse, dass mit zunehmendem Gewicht die Kampfdauer leicht ansteigt. Tabelle 9-3 beinhaltet die ermittelten Messwerte.

Die Gewichtsklassen *weiblich* >78 kg fällt deutlich aus dem gemessenen Trend. In dieser Gewichtsklasse dauern die Kämpfe verhältnismäßig lange. Ebenfalls vom Trend abweichend ist die Gewichtsklasse *männlich* >100 kg, welche diesbezüglich im Vergleich zur Vorklasse, leicht abfällt. Ein statistischer Zusammenhang zwischen Körpergewicht und Gesamtkampfzeit kann nicht festgestellt werden ($r_s = 0,6$, $r_{s^2} = 0,36$, $p(\text{zweiseitig}) n.s., p(\text{einseitig}) n.$)

Tabelle 9-3 Durchschnittliche Gesamtzeit pro Kampf im Judo

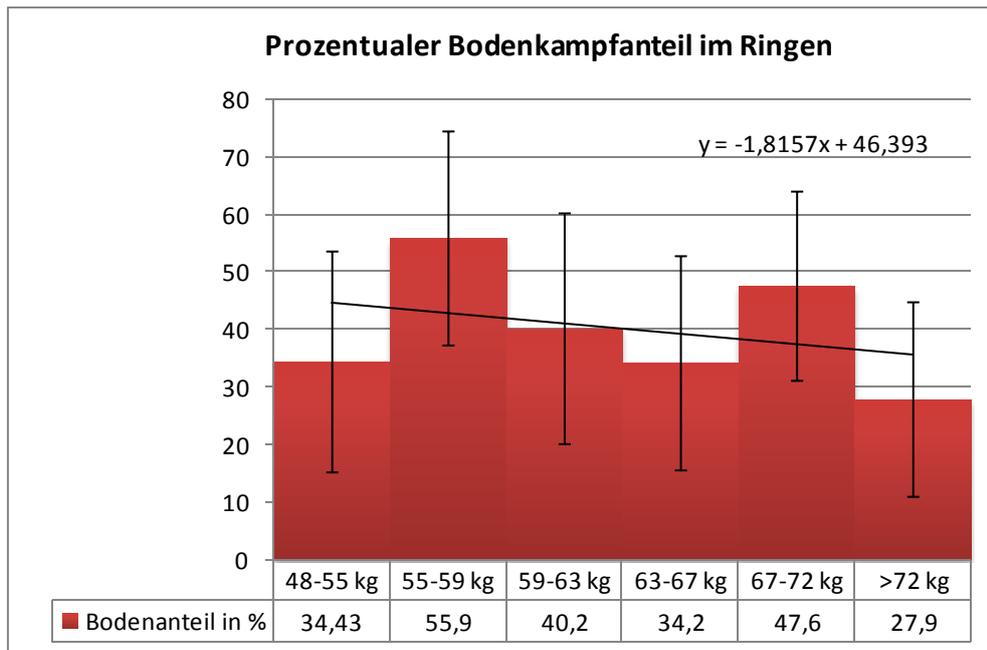
Gewichtsklasse in kg	<48 (w)	60-78 (m)	>78 (w)	81-100 (m)	>100 (m)
Gesamtzeit in s	138,4	148,9	179,9	164,1	158,9
Streuung	87,4	71,4	108,2	90,8	91,2
Anzahl der Kämpfe	28	31	35	30	30

9.2 Ergebnisse der Basisuntersuchung für Ringkämpfe

Die ausgewerteten Kämpfe und Gewichtsklassen beziehen sich alle auf Athletinnen im Freistilringen. Material zu männlichen Athleten stand für diese Arbeit nicht zur Verfügung.

9.2.1 Prozentualer Anteil der Bodenphasen

Der prozentuale Zeitanteil der Bodenkampfzeit pro Kampf wurde für jede Gewichtsklasse als Durchschnittswert ermittelt. Die Ergebnisse zeigen, dass sich insgesamt bei den Ringerinnen feststellen lässt, dass mit zunehmendem Gewicht die anteilige Bodenkampfzeit abnimmt.



$$r_s = -0,43 \quad r_{s^2} = 0,18 \quad p(\text{zweiseitig}) \text{ n.s.} \quad p(\text{einseitig}) \text{ n.s.}$$

Diagramm 9-4: Prozentualer Bodenkampfanteil pro Kampf im Ringen. Ermittelt wurde der Zeitanteil des Bodenkampfes an der Gesamtkampfzeit. Pro Gewichtsklasse wurde der Mittelwert erhoben. Als statistischer Test wurde der Spearman-Rangkorrelationstest genutzt, um die Signifikanz der Daten zu prüfen. Die Ergebnisse des Tests finden sich unterhalb des Diagramms (n.s. = nicht signifikant).

Diese Tendenz ist zwar erkennbar, ein signifikanter Zusammenhang zwischen Körpergewicht und dem Zeitanteil der Bodenkämpfe an der Gesamtzeit ist nicht vorhanden ($r_s = -0,43$, $r_{s^2} = 0,18$, $p(\text{zweiseitig}) \text{ n.s.}$, $p(\text{einseitig}) \text{ n.s.}$). Im Vergleich zu den Judoergebnissen zeigt sich, dass von diesem allgemeinen Trend zwei Gewichtsklassen abweichen. Die leichteste Gewichtsklasse 48–55 kg weicht deutlich mit einem Wert von 34,4% von der nachfolgenden Klasse 55–59 kg ab, die mit 55,9% den abfallenden Trend einleitet.

Die zweite Gewichtsklasse der Ringerinnen, die von dem allgemein festzustellenden Trend abweicht, ist die Klasse 67–72 kg, bei der sich mit einem Wert von 47,6% eine zweite Spitze zeigt.

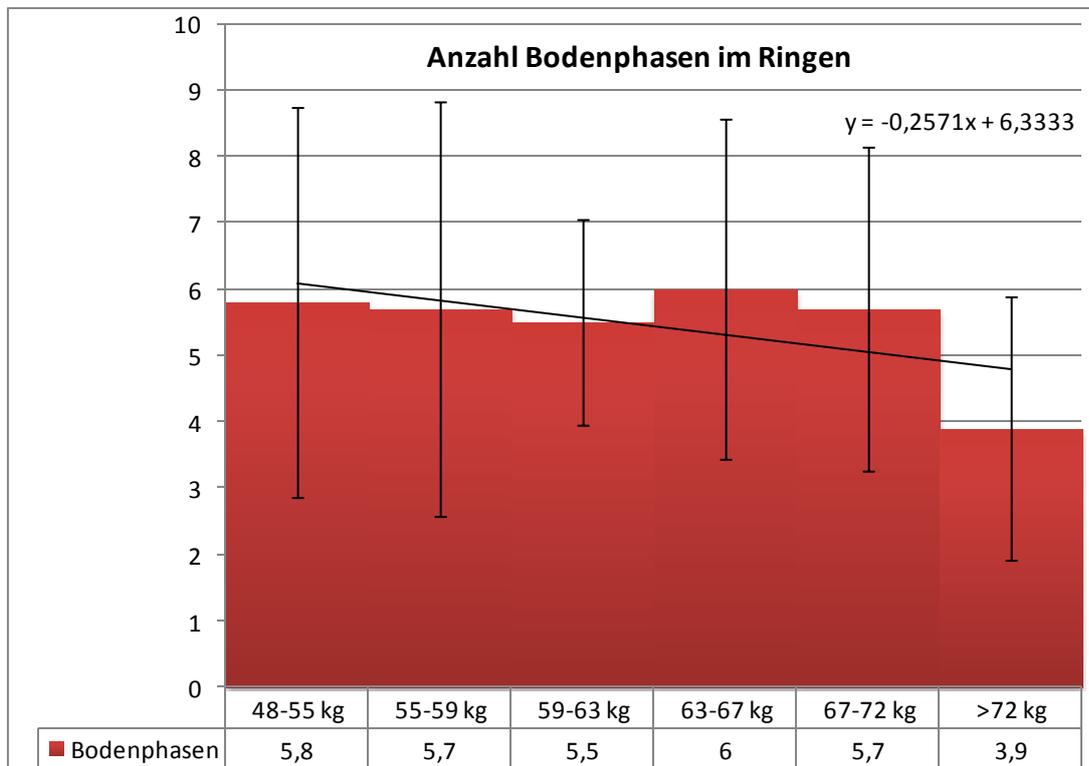
Die einzelnen Werte sind in Tabelle 9-4 zur Übersicht dargestellt. Die Streuung um die erhobenen Mittelwerte, liegt bei durchschnittlich 18,3 und liegt damit insgesamt nahe der durchschnittlichen Streuung der Judowerte (16,04) dieser Kategorie.

Tabelle 9-4: Prozentualer Bodenanteil pro Kampf im Ringen

Gewichtsklasse in kg	48-55	55-59	59-63	63-67	67-72	72
Bodenanteil in %	34,43	55,9	40,2	34,2	47,6	27,9
Streuung	19,2	18,6	20,1	18,6	16,4	16,9
Anzahl der Kämpfe	29	22	13	28	10	24

Der allgemein festzustellende Trend, den durchschnittlichen prozentualen Bodenkampfanteile bei ansteigendem Körpergewicht zu senken, findet sich in ähnlicher Art und Weise auch innerhalb der Judoergebnisse (vgl. 9.2.1).

9.2.2 Anzahl der Bodenphasen



$$r_s = -0,64 \quad r_{s^2} = 0,41 \quad p(\text{zweiseitig}) \text{ n.s.} \quad p(\text{einseitig}) \leq 0,1$$

Diagramm 9-5: Anzahl der Bodenphasen pro Kampf im Ringen. Gesamtkampfzeit. Pro Gewichtsklasse wurde der Mittelwert erhoben. Als statistischer Test wurde der Spearman-Rangkorrelationstest genutzt, um die Signifikanz der Daten zu prüfen. Die Ergebnisse des Tests finden sich unterhalb des Diagramms (n.s. = nicht signifikant).

Mit zunehmendem Körpergewicht bzw. in schwereren Gewichtsklassen nimmt die durchschnittliche Anzahl an Bodenphasen pro Kampf im Freistilringen geringfügig ab. Eine Zusammenfassung aller Werte findet sich in Tabelle 9-5.

Die Gewichtsklassen 63–67 kg und 67-72 kg weichen durch Werte 6 und 5,7 vom allgemeinen Trend ab, folgen in sich jedoch wiederum dem Verlauf Bodenphasen pro Kampf bei zunehmendem Körpergewicht zu reduzieren.

Ein auffälliger Bereich ist die Gewichtsklasse >72 kg, die einen deutlichen Abfall der durchschnittlichen Bodenphasen zeigt. Während alle anderen Gewichtsklassen einen Mittelwert zwischen 5 und 6 zeigen, fällt dieser Wert bei >72 kg auf 3,9. Die beiden leichtesten Gewichtsklassen (48-55 kg und 55-59 kg) zeigen die größte Streuung um ihren Mittelwert, die drittschwerste Gewichtsklasse (59-63 kg) die geringste.

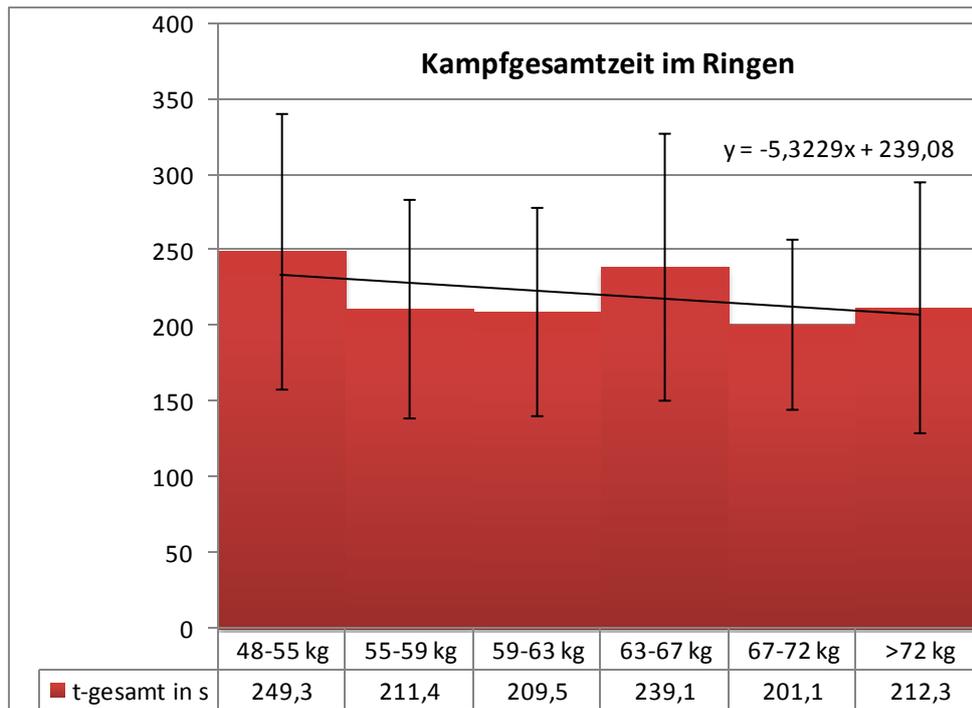
Tabelle 9-5: Durchschnittliche Anzahl der Bodenphasen pro Kampf im Ringen

Gewichtsklasse in kg	48-55	55-59	59-63	63-67	67-72	72
Anzahl Bodenphasen Ø	5,8	5,7	5,5	6	5,7	3,9
Streuung	2,9	3,1	1,5	2,6	2,4	2
Anzahl der Kämpfe	29	22	13	28	10	24

Insgesamt zeigt die Untersuchung, dass eine Tendenz zu finden ist, mit steigender Gewichtsklasse die Anzahl der Bodenphasen zu reduzieren. Die Daten sind diesbezüglich nicht signifikant ($r_s = -0,64$, $r_{s^2} = 0,41$, $p(\text{zweiseitig})n.s.$, $p(\text{einseitig}) \leq 0,1$), bewegen sich jedoch einseitig getestet mit $p \leq 0,1$ knapp an der Signifikanzgrenze.

9.2.3 Durchschnittliche Gesamtzeit

Die Ergebnisse zur durchschnittlichen Kampfdauer zeigen im Gegensatz zu den Ergebnissen der Judoka (siehe 9.2.3), dass die durchschnittliche Gesamtdauer eines Kampfes mit zunehmendem Gewicht abnimmt.



$r_s = 0,37$ $r_{s^2} = 0,14$ $p(\text{zweiseitig}) \text{ n.s.}$ $p(\text{einseitig}) \text{ n.s.}$

Diagramm 9-6: Gesamtdauer pro Kampf im Ringen gemessen in Sekunden. Pro Gewichtsklasse wurde der Mittelwert erhoben. Als statistischer Test wurde der Spearman-Rangkorrelationstest genutzt, um die Signifikanz der Daten zu prüfen. Die Ergebnisse des Tests finden sich unterhalb des Diagramms (n.s. = nicht signifikant).

Die Tendenz ist äußerst schwach ausgeprägt, zwei Gewichtsklassen weichen von ihr ab. Die Gewichtsklasse 63–67 kg sticht mit durchschnittlich 239,1 Sekunden deutlich aus dem abfallenden Trend hervor. Der Durchschnittswert der schwersten Gewichtsklasse (>72 kg) steigt, entgegen dem Trend, mit durchschnittlich 212,3 Sekunden erneut an. Deutlich ist ein Abfallen der durchschnittlichen Kampfplängen nach der leichtesten Gewichtsklasse (48–55 kg) mit 249,3 Sekunden auf 211,4 Sekunden bei der Nachfolgenden (55–59 kg) zu erkennen. Insgesamt kann kein statistisch bedeutsamer Zusammenhang ($r_s = 0,37$, $r_{s^2} = 0,14$, $p(\text{zweiseitig}) \text{ n.s.}$, $p(\text{einseitig}) \text{ n.s.}$) zwischen Körpergewicht und der Gesamtzeit der Kämpfe festgestellt werden.

Tabelle 9-6: Durchschnittliche Gesamtzeit pro Kampf im Ringen

Gewichtsklasse in kg	48-55	55-59	59-63	63-67	67-72	>72
Gesamtzeit in s	249,3	211,4	209,5	239,1	201,1	212,3
Streuung	91,	72,2	68,8	88,2	56,2	82,9
Anzahl der Kämpfe	29	22	13	28	10	24

9.3 Zusammenfassung der Basisuntersuchung

Die Untersuchung der beiden Kampfsportarten zeigen sowohl deutliche Parallelen in der Auswirkung zunehmendem Körpergewichtes, als auch einen Unterschied.

Der prozentuale Bodenzeitanteil pro Kampf sinkt sowohl beim Judo als auch beim Ringen mit zunehmendem Körpergewicht. In beiden Kampfsportarten verbringen schwere Athleten weniger Zeit pro Kampf am Boden als leichte. Der prozentuale Anteil liegt bei den Judoka zwischen 12,8% und 32,3%, bei den Ringerinnen deutlich höher zwischen 27,9% und 55,9%. Im Judo kann ein signifikanter Zusammenhang zwischen Körpergewicht und prozentualem Bodenzeitanteil nachgewiesen werden.

Die durchschnittliche Anzahl der Bodenphasen zeigt ebenfalls in beiden Sportarten, dass diese mit zunehmendem Körpergewicht reduziert werden. Sowohl beim Judo als auch beim Ringen gehen schwere Athleten seltener pro Kampf in eine Bodenkampf über als leichtere. Bei den Judoka liegen diese insgesamt zwischen 4,8 und 8,6 Bodenphasen pro Kampf, bei den Ringerinnen etwas niedriger zwischen 3,9 und 6. Im Judo kann ein signifikanter Zusammenhang zwischen Körpergewicht und der Anzahl der Bodenphasen nachgewiesen werden. Die Ergebnisse der Ringer sind statistisch nicht bedeutsam, erreichen jedoch knapp die Signifikanzgrenze.

Der Vergleich der durchschnittlichen Gesamtlänge eines Kampfes zeigt unterschiedliche Trends in den beiden untersuchten Kampfsportarten. Während beim Judo schwere Athleten im Vergleich zu leichteren länger kämpfen, zeigt sich bei den Ringerinnen eine umgekehrter Trend. Hier kämpfen die leichteren Athletinnen durchschnittlich länger als die schwereren. Die durchschnittlichen Zeiten liegen beim Judo zwischen 138 und 179 Sekunden, beim Ringen zwischen 201 und 249 Sekunden. Weder die Judoergebnisse noch die der Ringerinnen zeigen einen statistisch bedeutsamen Zusammenhang zwischen Körpergewicht und der Länge eines Kampfes.

9.4 Ergebnisse der Technikanalyse

Die Ergebnisse der Technikanalyse zeigen die ausgewerteten Parameter *Häufigkeit einer Technikkategorie*, *Erfolgsindex (EI)* und *prozentualer Erfolg bzw. Misserfolg*. Die Judo- und Ringenergebnisse werden aufgrund ihrer fehlenden Vergleichbarkeit in getrennten Kapiteln beschrieben. Grundsätzlich zeigt sich in der Technikanalyse, dass Unterschiede aber auch bemerkenswerte Parallelen in den Ergebnissen beider Kampfsportarten auftreten.

9.5 Ergebnisse der Technikanalyse Judo

Zur Analyse der Judotechniken wurden die folgenden Technikkategorien definiert, die zusammenfassend in Tabelle 9-7 dargestellt sind. Eine ausführliche Beschreibung der Kategorien findet sich in Kapitel 7.2.3.

Tabelle 9-7: Überblick der erstellten Kategorien

Gemeinsame Technikkategorien Judo

Schwerpunktsenkung
Kreisblockade
Unterlaufen
Beinrad
Heber
Fußfeger
Sichel
Frontalblockade
Haken
Nackendruck
Beinklammer
Fußfallwurf

9.5.1 Schwerpunktsenkung

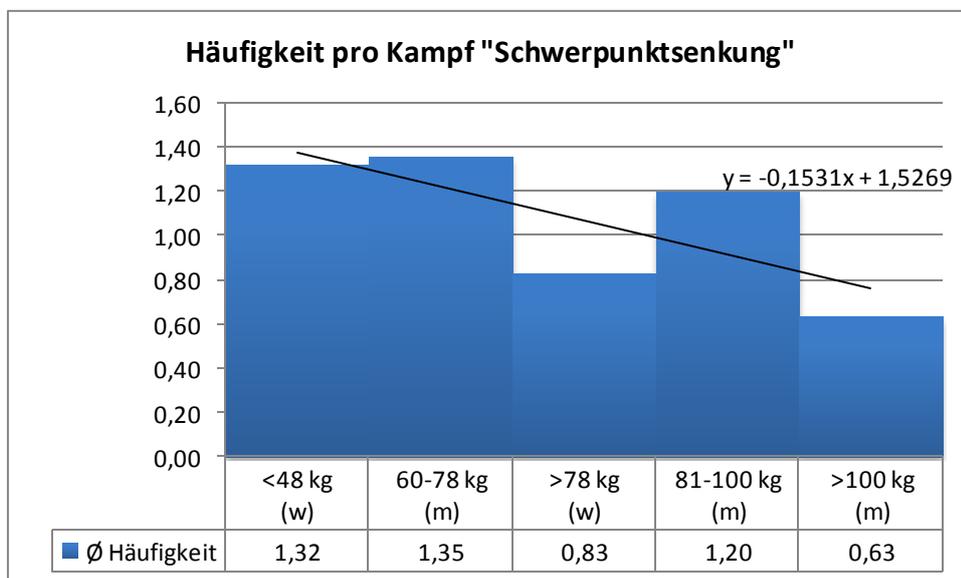
Eine genaue Beschreibung der Technikkategorie *Schwerpunktsenkung* findet sich im Methodenteil zur anthropologischen Untersuchung (siehe Kapitel 7.2.3).

Häufigkeit

Gemessen wurde die Häufigkeit der eingesetzten Techniken pro Kampf. Die Durchschnittliche Häufigkeit wurde dabei folgendermaßen gebildet:

$$\frac{\text{Anzahl der gemessenen Techniken pro Gewichtsklasse}}{\text{Anzahl Kämpfe der Gewichtsklasse}} \quad (\text{Gl. 9-1})$$

Tabelle 9-8 gibt einen Überblick über die ermittelten Werte.



$$r_s = -0,8 \quad r_{s^2} = 0,64 \quad p(\text{zweiseitig}) \leq 0,1 \quad p(\text{einseitig}) \leq 0,05$$

Diagramm 9-7: Häufigkeit der Technikkategorie Schwerpunktsenkung gemessen als Techniken pro Kampf. Die Häufigkeit wurde erhoben, indem die gezählten Techniken innerhalb einer Gewichtsklasse auf die Anzahl der Kämpfe der jeweiligen Gewichtsklasse verteilt wurden. Als statistischer Test wurde der Spearman-Rangkorrelationstest genutzt, um die Signifikanz der Daten zu prüfen. Die Ergebnisse des Tests finden sich unterhalb des Diagramms

Die Analyse der Häufigkeit mit der eine Technik der Kategorie „Schwerpunktsenkung“ eingesetzt wird zeigt, dass die Einsatzhäufigkeit mit zunehmendem Körpergewicht abnimmt. Abweichungen hiervon finden sich in den Gewichtsklassen *männlich 60-78 kg* – leichter Anstieg von 1,32 auf 1,35 *Schwerpunktsenkungen* (im Sinne der Technikkategorie) pro Kampf - und bei *männlich 81-100 kg* – starker Anstieg von 0,83 auf 1,2 Techniken pro Kampf.

Die geringste Häufigkeit findet sich entsprechend des allgemein festzustellenden Trends in der schwersten Gewichtsklasse (*männlich >100 kg*) mit einem Wert von 0,63 Techniken pro Kampf. Spitzenwerte werden mit 1,35 und 1,32 *Schwerpunktsenkungen* pro Kampf in den leichtesten Gewichtsklassen erreicht. Insgesamt kann ausgeschlossen werden, dass die Tendenz mit zunehmendem Gewicht die Technikkategorie *Schwerpunktsenkung* seltener einzusetzen nur aufgrund der Geschlechtsunterschiede zustande kommt.

Tabelle 9-8: Häufigkeit der Kategorie Schwerpunktsenkung

Gewichtsklasse in kg	Techniken (N)	Kämpfe (N)	Häufigkeit
<48 (w)	37	28	1,32
60- 78 (m)	42	31	1,35
>78 (w)	29	35	0,83
81-100 (m)	36	30	1,20
>100 (m)	19	30	0,63

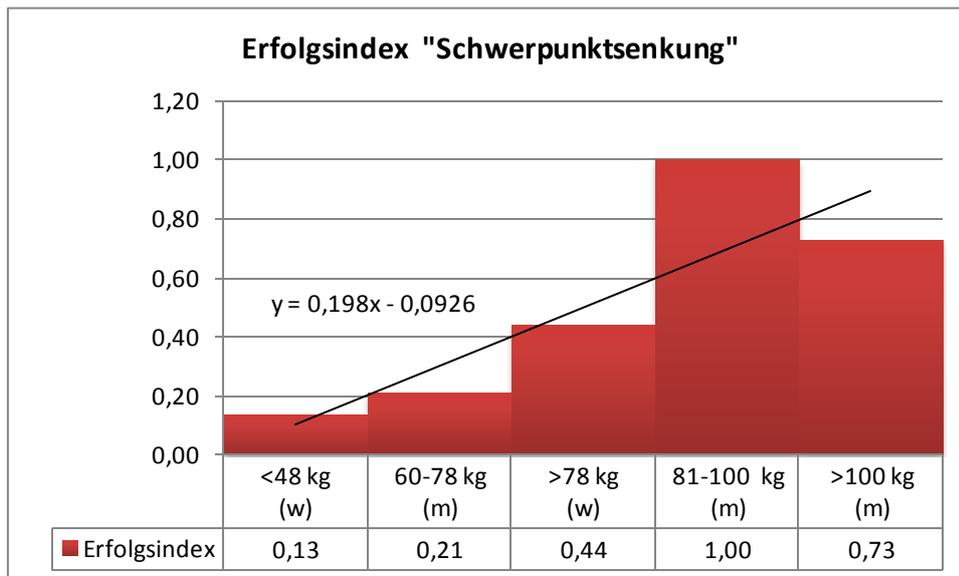
Anmerkung zu Tabelle 9-8: Die Häufigkeit errechnet sich aus der Anzahl der Techniken geteilt durch die Anzahl der Kämpfe.

Insgesamt zeigen die Ergebnisse eine Tendenz mit steigender Gewichtsklasse die Technikkategorie *Schwerpunktsenkung* seltener einzusetzen. Ein statistisch bedeutsamer Zusammenhang ($r_s = -0,8$, $r_{s^2} = 0,64$, $p(\text{zweiseitig}) \leq 0,1$, $p(\text{einseitig}) \leq 0,05$) zwischen dem Körpergewicht und der abnehmenden Häufigkeit der Technikkategorie ist vorhanden. Insbesondere einseitig getestet ergibt sich eine diesbezüglich Irrtumswahrscheinlichkeit von $\leq 5\%$.

Erfolgsindex

Die Untersuchung zu den Techniken, bei denen der eigene Körperschwerpunkt abgesenkt wird, um den gegnerischen Körper bzw. dessen Schwerpunkt durch gleichzeitiges Fassen des Körpers aus dessen Unterstützungsfläche zu kippen, zeigt, dass mit zunehmendem Körperge-

wicht dieses Prinzip vermehrt erfolgreich eingesetzt wird (vgl. Diagramm 9-8). Insgesamt kann ausgeschlossen werden, dass die Tendenz mit zunehmendem Gewicht die Technikkategorie *Schwerpunktsenkung* erfolgreicher einzusetzen nur aufgrund der Geschlechtsunterschiede zustande kommt.



$$r_s = -0,9 \quad r_{s^2} = 0,81 \quad p(\text{zweiseitig}) \leq 0,05 \quad p(\text{einseitig}) \leq 0,01$$

Diagramm 9-8: Erfolgsindex der Technikkategorie Schwerpunktsenkung. Der Erfolgsindex wurde erhoben, indem die erfolgreich eingesetzten Techniken innerhalb einer Gewichtsklasse auf durch die Anzahl misslungener Techniken dividiert wurde. Als statistischer Test wurde der Spearman-Rangkorrelationstest genutzt, um die Signifikanz der Daten zu prüfen. Die Ergebnisse des Tests finden sich unterhalb des Diagramms

Bei der Analyse des *EI* findet sich der Spitzenwert (Wert: 1,0) in der Gewichtsklassen *männlich 81-100 kg*. Über 100 kg sinkt der Erfolgsindex wieder (Wert 0,73), liegt damit allerdings immer noch über den gemessenen Werten der drei leichtesten Gewichtsklassen *weiblich <48 kg: 0,13/ männlich 60-78 kg: 0,21 / weiblich 78 kg: 0,44*). Keiner der gemessenen *EI* ist >1. Insgesamt führt diese Technikkategorie daher in keiner der untersuchten Gewichtsklassen zu mehr Erfolgen als Misserfolgen.

Die Ergebnisse zeigen eine Tendenz mit steigender Gewichtsklasse die Technikkategorie *Schwerpunktsenkung* erfolgreicher einzusetzen. Ein statistisch bedeutsamer Zusammenhang ($r_s = -0,9$, $r_{s^2} = 0,81$, $p(\text{zweiseitig}) \leq 0,05$, $p(\text{einseitig}) \leq 0,01$) zwischen dem Körpergewicht und

dem zunehmenden Erfolg der Technikkategorie ist signifikant. Insbesondere einseitig getestet ergibt sich eine diesbezüglich Irrtumswahrscheinlichkeit von $\leq 1\%$.

Prozentualer Erfolg und Misserfolg

Gemessen wurde, wie häufig Techniken zu einem Erfolg, zu einem Misserfolg und zu einem neutralen Ausgang führten. Diese absoluten Zahlen wurden in Prozente umgerechnet, wobei 100% die Gesamtzahl der gemessenen „Schwerpunktsenkungs-Techniken“ ist. Bei der Gegenüberstellung von prozentualem Erfolg und Misserfolg wurden nicht diejenigen Techniken aufgeführt, die weder zum einen noch zum anderen führten (neutrale Ausgänge).

Tabelle 9-9: Schwerpunktsenkung - Erfolg pro Misserfolg

Gewichtsklasse in kg	Erfolg	Misserfolg	Index
<48 (w)	4	30	0,13
60- 78 (m)	5	24	0,21
>78 (w)	7	16	0,44
81-100 (m)	14	14	1,00
>100 (m)	8	11	0,73

Anmerkungen zu Tabelle 9-9: Gezählt wurden die Techniken, die zu einem Erfolg bzw. Misserfolg führten. Der Index errechnet sich aus Erfolg pro Misserfolg.

Bei der Gegenüberstellung von prozentualem Erfolg und Misserfolg der Kategorie *Schwerpunktsenkung* zeigt sich, dass mit zunehmendem Körpergewicht prinzipiell auch die Erfolge ansteigen. Zunächst fällt mit zunehmendem Erfolg auch der prozentual Misserfolg. Bei den schweren Gewichtsklassen (*männlich 81-100 kg*) halten sich Erfolg und Misserfolg in Wage. Bei *männlich >100 kg* nimmt trotz ansteigender Erfolge auch der Misserfolg zu, bzw. wird hier der Erfolg weiterhin vom Misserfolg übertroffen.

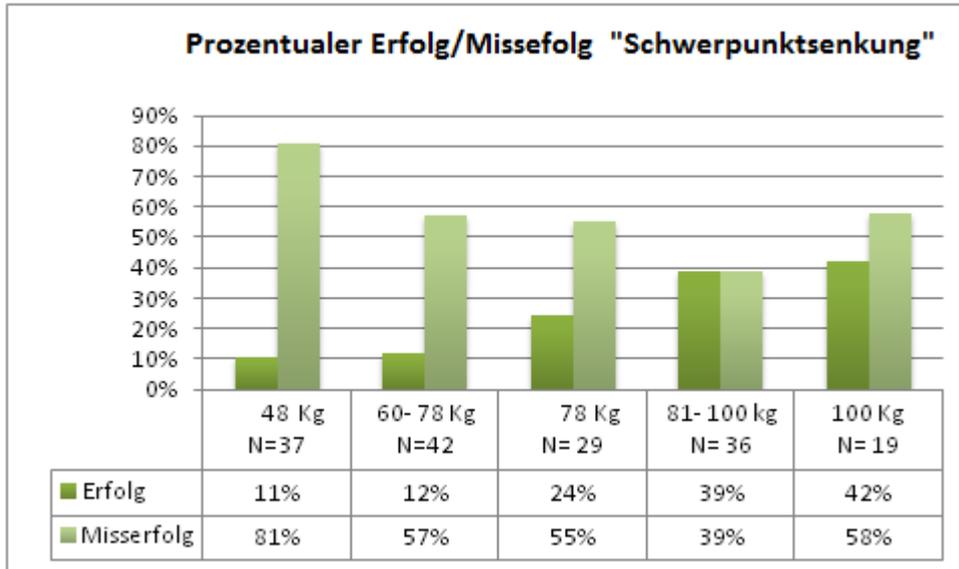


Diagramm 9-9: Gegenüberstellung des prozentualen Erfolges und des prozentualen Misserfolges der Technikategorie Schwerpunktsenkung im Judo.

Insgesamt lässt sich feststellen, dass trotz der ansteigenden Erfolgchance bei zunehmendem Körpergewicht Techniken der Kategorie *Schwerpunktsenkung* von schweren Athleten seltener eingesetzt werden als von leichteren (vgl. Diagramm 9-10).

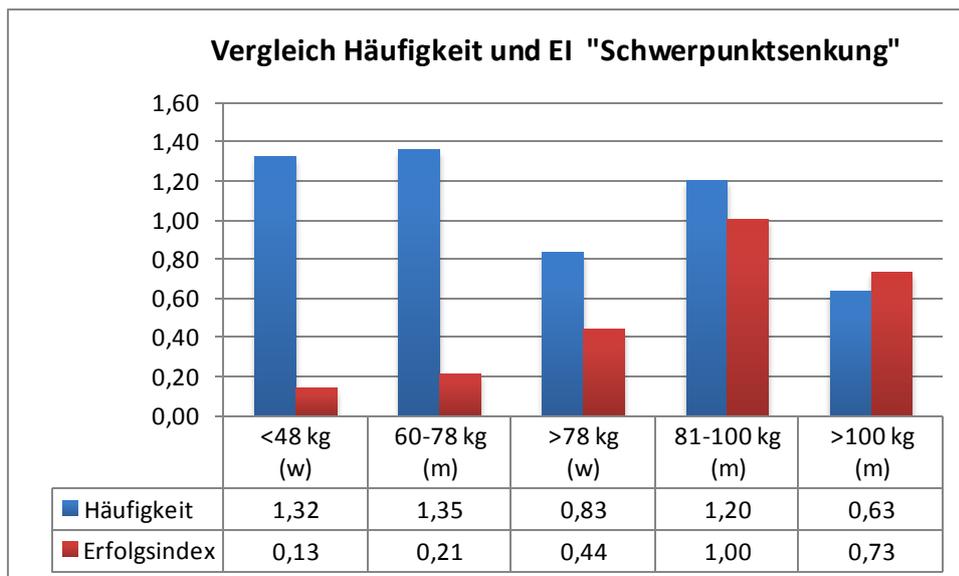


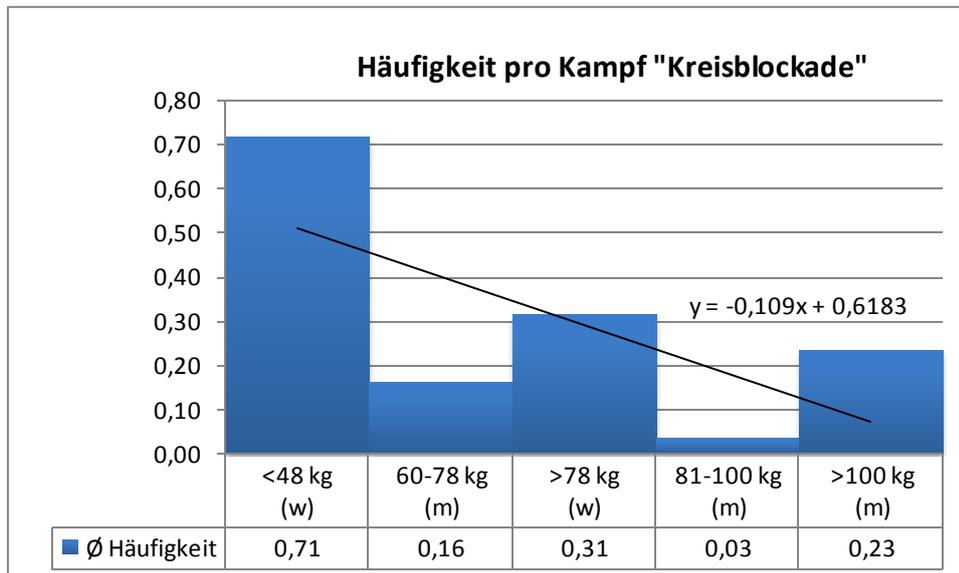
Diagramm 9-10: Gegenüberstellung der Häufigkeit und des EI der Technikategorie *Schwerpunktsenkung* im Judo.

9.5.2 Kreisblockade

Eine genaue Beschreibung der Technikkategorie *Kreisblockade* findet sich im Methodenteil zur anthropologischen Untersuchung (siehe Kapitel 7.2.3).

Häufigkeit

Die Analyse der Häufigkeiten der eingesetzten Techniken der Kategorie *Kreisblockade* zeigt eine unregelmäßig wirkende Verteilung.



$$r_s = -0,5 \quad r_{s^2} = 0,25 \quad p(\text{zweiseitig}) \text{ n.s.} \quad p(\text{einseitig}) \text{ n.s.}$$

Diagramm 9-11: Häufigkeit pro Kampf der Kategorie *Kreisblockade* im Judo. Die Häufigkeit wurde erhoben, indem die gezählten Techniken innerhalb einer Gewichtsklasse auf die Anzahl der Kämpfe der jeweiligen Gewichtsklasse verteilt wurden. Als statistischer Test wurde der Spearman-Rangkorrelationstest genutzt, um die Signifikanz der Daten zu prüfen. Die Ergebnisse des Tests finden sich unterhalb des Diagramms (n.s. = nicht signifikant).

Insgesamt kann anhand von Diagramm 9-11 abgelesen werden, dass mit zunehmendem Körpergewicht Techniken aus der Kategorie *Kreisblockade* zunehmend seltener eingesetzt werden. Von dem allgemeinen abfallenden Trend weichen ansteigend die Gewichtsklassen *weiblich* >78 kg (von 0,16 auf 0,31) und *männlich* <100 kg (von 0,03 auf 0,23) ab. Stark abfallend zeigt sich der Unterschied in den Werten von Gewichtsklasse *weiblich* <48 kg nach *männlich*

60-78 kg, bei dem die Häufigkeit von 0,71 auf 0,16 fällt. Insgesamt kann ausgeschlossen werden, dass die Tendenz mit zunehmendem Gewicht die Technikategorie *Kreisblockade* seltener einzusetzen, nur aufgrund der Geschlechtsunterschiede zustande kommt.

Tabelle 9-10: Häufigkeit der Kategorie Kreisblockade

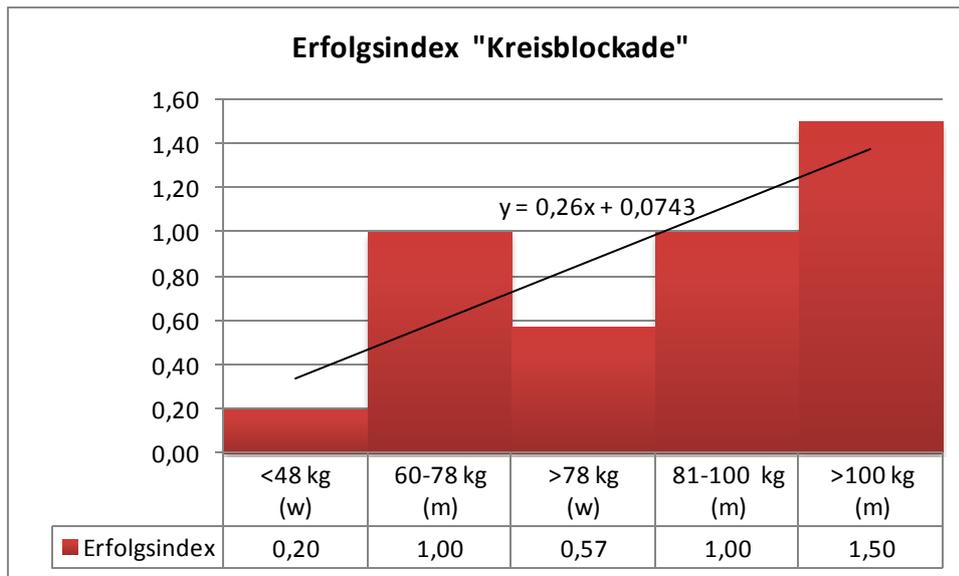
Gewichtsklasse in kg	N Techniken	N Kämpfe	Häufigkeit
<48 (w)	20	28	0,71
60- 78 (m)	5	31	0,16
>78 (w)	11	35	0,31
81-100 (m)	1	30	0,03
>100 (m)	7	30	0,23

Anmerkung zu Tabelle 9-10: Die Häufigkeit errechnet sich aus der Anzahl der Techniken geteilt durch die Anzahl der Kämpfe.

Ein Zusammenhang zwischen Körpergewicht und fallender Häufigkeit ist statistisch nicht bedeutsam ($r_s = -0,5$, $r_{s^2} = 0,25$, $p(\text{zweiseitig}) n.s.$, $p(\text{einseitig}) ns.$). Eine Tendenz kann diesbezüglich jedoch erkannt werden.

Erfolgsindex

Bei der Gegenüberstellung der prozentualen Erfolge und Misserfolge der Techniken der Kategorie *Kreisblockade* zeigt sich, dass mit steigendem Körpergewicht der Erfolgsindex ansteigt.



$$r_s = 0,82 \quad r_{s^2} = 0,67 \quad p(\text{zweiseitig}) \leq 0,1 \quad p(\text{einseitig}) \leq 0,05$$

Diagramm 9-12: Erfolgsindex der Technikategorie Kreisblockade im Judo. Der Erfolgsindex wurde erhoben, indem die erfolgreich eingesetzten Techniken innerhalb einer Gewichtsklasse auf durch die Anzahl misslungener Techniken dividiert wurde. Als statistischer Test wurde der Spearman-Rangkorrelationstest genutzt, um die Signifikanz der Daten zu prüfen. Die Ergebnisse des Tests finden sich unterhalb des Diagramms

Bei der Betrachtung der Ergebnisse zum EI ist -um Fehlinterpretationen zu vermeiden- das Hinzufügen der prozentualen Erfolge und Misserfolge notwendig (vgl. Diagramm 9-17). Dies ist wesentlich bei der Unterscheidung der EI-Werte von *männlich 81-100 kg* (1,0) und *männlich >100 kg* (1,5). Der geringere EI bei *männlich 81-100 kg* kommt dadurch zustande, dass innerhalb des EI ein Misserfolg von 0 als 1 definiert wurde. Insgesamt kann ausgeschlossen werden, dass die Tendenz mit zunehmendem Gewicht die Technikategorie *Schwerpunktsenkung* erfolgreicher einzusetzen nur aufgrund der Geschlechtsunterschiede zustande kommt.

Tabelle 9-11: Kreisblockade - Erfolg pro Misserfolg

Gewichtsklasse in kg	Erfolg	Misserfolg	Index
<48 (w)	3	15	0,20
60- 78 (m)	2	2	1,00
>78 (w)	4	7	0,57
81-100 (m)	1	1	1,00
>100 (m)	3	2	1,50

Anmerkungen zu Tabelle 9-11: Gezählt wurden die Techniken, die zu einem Erfolg bzw. Misserfolg führten. Der Index errechnet sich aus Erfolg pro Misserfolg.

Die Ergebnisse zeigen eine Tendenz, mit steigender Gewichtsklasse die Technikkategorie *Kreisblockade* erfolgreicher einzusetzen. Ein statistisch bedeutsamem Zusammenhang ($r_s = 0,82$, $r_{s^2} = 0,67$, $p(\text{zweiseitig}) \leq 0,1$, $p(\text{einseitig}) \leq 0,05$) zwischen dem Körpergewicht und dem zunehmenden Erfolg der Technikkategorie ist signifikant. Insbesondere einseitig getestet ergibt sich eine diesbezüglich Irrtumswahrscheinlichkeit von $\leq 5\%$.

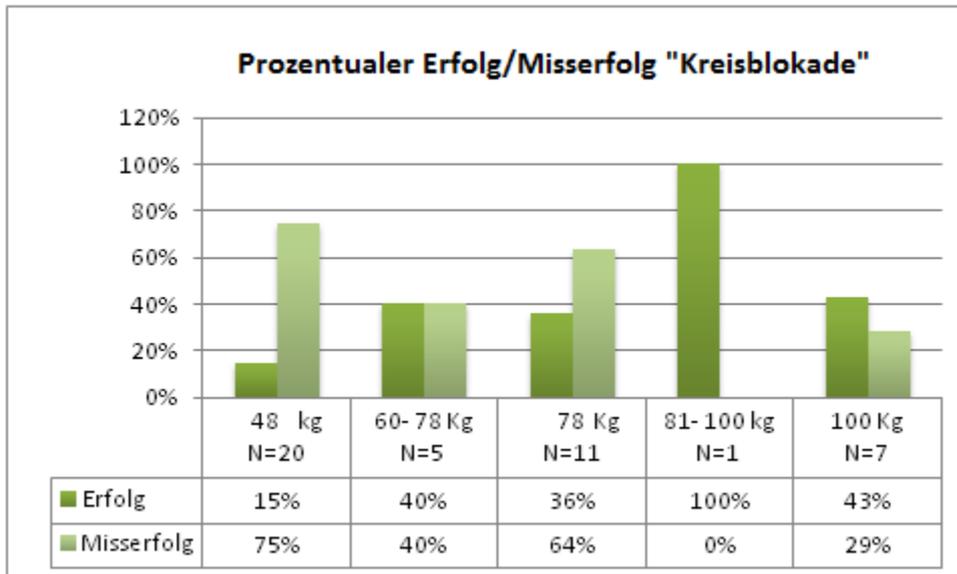


Diagramm 9-13: Gegenüberstellung von prozentualem Erfolg und Misserfolg der Technikkategorie *Kreisblockade* im Judo.

Prozentualer Erfolg/ Misserfolg

Ebenso wie die Untersuchung der Technikkategorie *Schwerpunktsenkung* zeigt sich auch bei der Analyse zur *Kreisblockade*, dass sich die Trends zur Häufigkeit und zur Erfolgswahrscheinlichkeit bzw. zum Erfolgsindex entgegensetzen.

Mit zunehmendem Körpergewicht nimmt die Erfolgchance gemessen als EI zu. Gleichzeitig setzen schwere Athleten im Judo die Techniken der Kategorien *Kreisblockade* seltener ein als leichte.

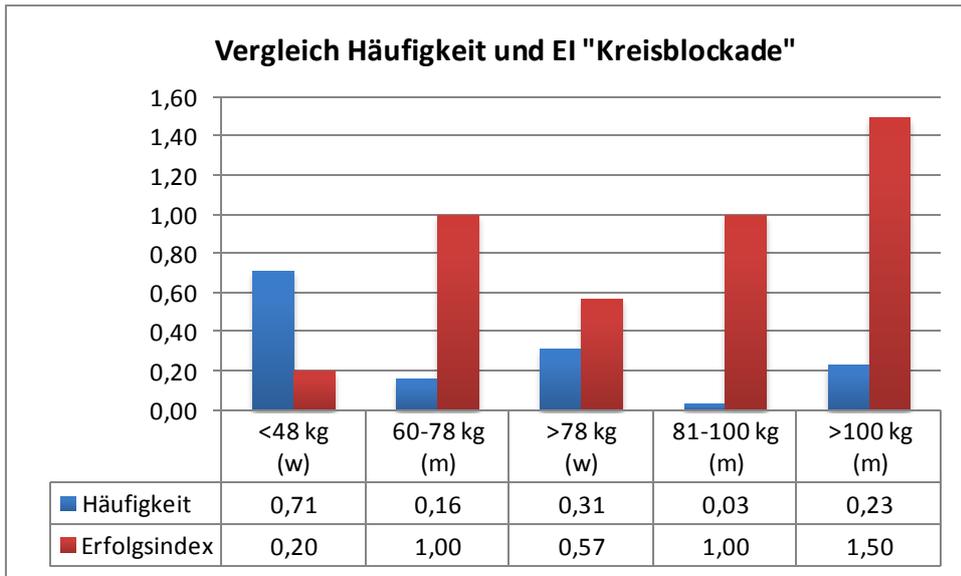
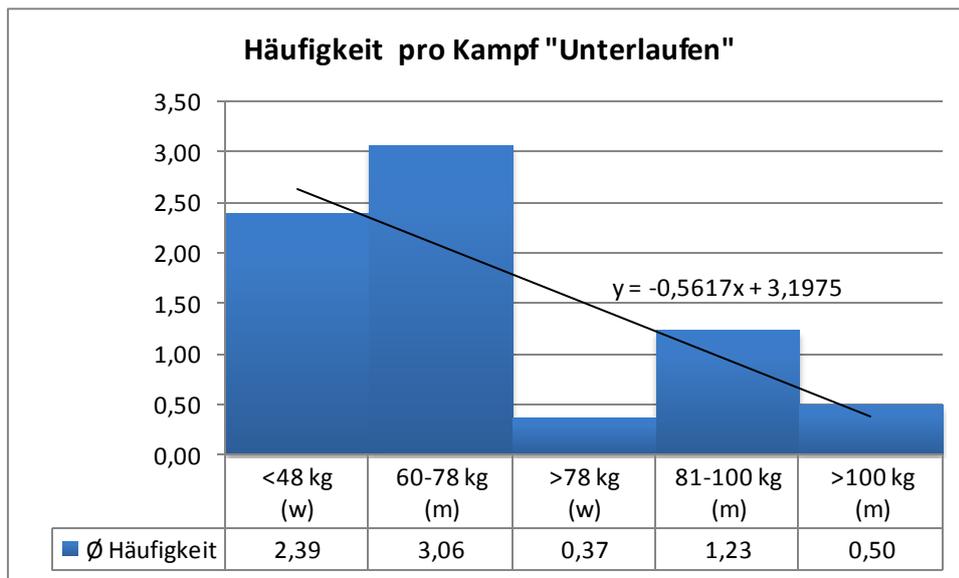


Diagramm 9-14: Gegenüberstellung der Häufigkeit und des EI innerhalb der Technikategorie *Kreisblockade* im Judo.

9.5.3 Unterlaufen

Eine genaue Beschreibung der Technikkategorie *Unterlaufen* findet sich im Methodenteil zur anthropologischen Untersuchung (siehe Kapitel 7.2.3).

Häufigkeit



$$r_s = -0,6 \quad r_s^2 = 0,36 \quad p(\text{zweiseitig}) \text{ n.s.} \quad p(\text{einseitig}) \text{ n.s.}$$

Diagramm 9-15: Häufigkeit der Technikkategorie *Unterlaufen* im Judo, gemessen als durchschnittliche Anwendung pro Kampf. Die Häufigkeit wurde erhoben, indem die gezählten Techniken innerhalb einer Gewichtsklasse auf die Anzahl der Kämpfe der jeweiligen Gewichtsklasse verteilt wurden. Als statistischer Test wurde der Spearman-Rangkorrelationstest genutzt, um die Signifikanz der Daten zu prüfen. Die Ergebnisse des Tests finden sich unterhalb des Diagramms (n.s. = nicht signifikant).

Die Häufigkeit gemessen als durchschnittlicher Einsatz dieser Technikkategorie pro Kampf zeigt, dass mit zunehmendem Körpergewicht der Einsatz im Kampf sinkt. Der allgemein festzustellende Trend wird von den Gewichtsklassen *männlich 60-78 kg* und *männlich 81-100 kg* durchbrochen. Diese Klassen zeigen im Vergleich zur jeweiligen vorangehenden Klasse einen häufigeren Einsatz der Technikkategorie.

Männlich 60-78 kg von 2,39 auf 3,06 Einsätze/ Kampf

Männlich 81-100 kg von 0,37 auf 1,23 Einsätze/ Kampf

Deutlich erkennbar ist der unterdurchschnittliche Einsatz innerhalb der Gewichtsklasse weiblich >78 kg mit einem Wert von 0,37. Die schwersten Gewichtsklassen beider Geschlechter weisen die geringsten Häufigkeiten auf und bleiben beide bei Werten < 1.

weiblich >78 kg: 0,37 Einsätze/ Kampf

männlich >100 kg : 0,5 Einsätze/ Kampf

Der Spitzenwert wird in der Gewichtsklasse *männlich 60-78 kg* mit 3,06 erreicht. Insgesamt kann ausgeschlossen werden, dass die Tendenz mit zunehmendem Gewicht die Technikkategorie *Unterlaufen* seltener einzusetzen einzig aufgrund der Geschlechtsunterschiede zustande kommt, obwohl der Trend innerhalb der Geschlechter ungebrochen und eindeutig ist.

Tabelle 9-12: Häufigkeit der Kategorie Unterlaufen

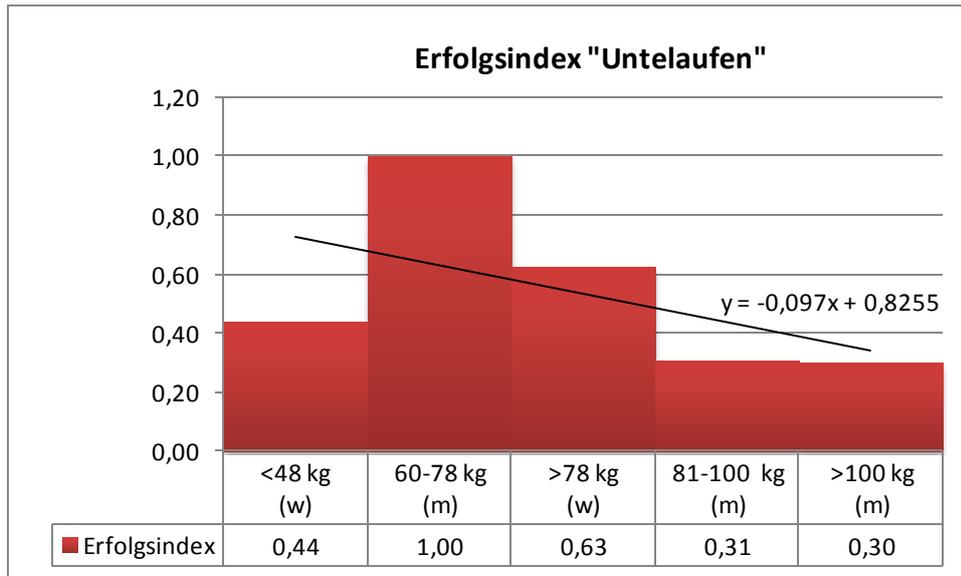
Gewichtsklasse in kg	N Techniken	N Kämpfe	Häufigkeit
<48 (w)	67	28	2,39
60- 78 (m)	95	31	3,06
>78 (w)	13	35	0,37
81-100 (m)	37	30	1,23
>100 (m)	15	30	0,50

Anmerkung zu Tabelle 9-12: Die Häufigkeit errechnet sich aus der Anzahl der Techniken geteilt durch die Anzahl der Kämpfe.

Die Daten zeigen keinen statistisch bedeutsamen Zusammenhang zwischen dem Körpergewicht und der Häufigkeit, mit der die Technikkategorie *Unterlaufen* eingesetzt wird ($r_s = -0,6$, $r_{s^2} = 0,36$, $p(\text{zweiseitig}) n.s.$, $p(\text{einseitig}) n.s.$). Eine Tendenz, mit steigendem Körpergewicht die Technikkategorie seltener einzusetzen, ist aus den Daten dennoch erkennbar.

Erfolgsindex

Im Gegensatz zu den Technikkategorien *Schwerpunktsenkung* und *Kreisblockade* folgt die Trendlinie des Erfolgsindex bei der Kategorie *Unterlaufen* derjenigen der Häufigkeit.



$r_s = 0,7$ $r_{s^2} = 0,49$ $p(\text{zweiseitig}) \text{ n.s.}$ $p(\text{einseitig}) \leq 0,1$

Diagramm 9-16: Erfolgsindex der Technikategorie *Unterlaufen* im Judo. Der Erfolgsindex wurde erhoben, indem die erfolgreich eingesetzten Techniken innerhalb einer Gewichtsklasse auf durch die Anzahl misslungener Techniken dividiert wurde. Als statistischer Test wurde der Spearman-Rangkorrelationstest genutzt, um die Signifikanz der Daten zu prüfen. Die Ergebnisse des Tests finden sich unterhalb des Diagramms

Tabelle 9-13: Erfolgsindex Unterlaufen

Gewichtsklasse in kg	Erfolg	Misserfolg	Index
<48 (w)	18	41	0,44
60- 78 (m)	35	35	1
>78 (w)	5	8	0,63
81-100 (m)	8	26	0,30
>100 (m)	3	10	0,30

Anmerkungen zu Tabelle 9-13: Gezählt wurden die Techniken, die zu einem Erfolg bzw. Misserfolg führten. Der Index errechnet sich aus Erfolg pro Misserfolg.

Die Gewichtsklasse *männlich 60-78 kg* ist die einzige, die einen Wert von 1 erreicht. Die verbleibenden Gewichtsklassen erreichen alle Werte <1 und zeigen, dass die Technik im Durchschnitt häufiger scheitert bzw. dass der Athlet durch den Einsatz häufiger in eine nachteiligere Position gerät, als er einen Erfolg erzielt.

Bis auf den Sprung zur leichtesten Gewichtsklasse (*weiblich <48 kg*) folgen die anderen dem Trend, dass mit zunehmendem Körpergewicht ein erfolgreicher Einsatz dieser Techniken ab-

nimmt. Ein Unterschied zwischen den beiden schwersten Gewichtsklassen (*männlich 81-100 kg* und *männlich >100 kg*) ist nicht erkennbar.

Beide Geschlechter für sich genommen zeigen gegenläufige Trends. Die weiblichen Athleten zeigen eine Tendenz mit zunehmendem Körpergewicht die Technikategorie *Unterlaufen* erfolgreicher einzusetzen, während die männlichen Athleten dem Trend der Gesamtgruppe folgen bzw. maßgeblich an diesem beteiligt sind.

Insgesamt zeigen die Ergebnisse eine Tendenz, mit steigendem Körpergewicht die Technikategorie *Unterlaufen* weniger erfolgreich einzusetzen. Es ist kein signifikanter Zusammenhang ($r_s = 0,7$, $r_s^2 = 0,81$, $p(\text{zweiseitig}) n.s.$, $p(\text{einseitig}) \leq 0,1$) zwischen dem Körpergewicht und dem sinkenden Erfolgsindex der Technikategorie festzustellen. Einseitig getestet wird die Signifikanzgrenze knapp erreicht.

Prozentualer Erfolg/ Misserfolg

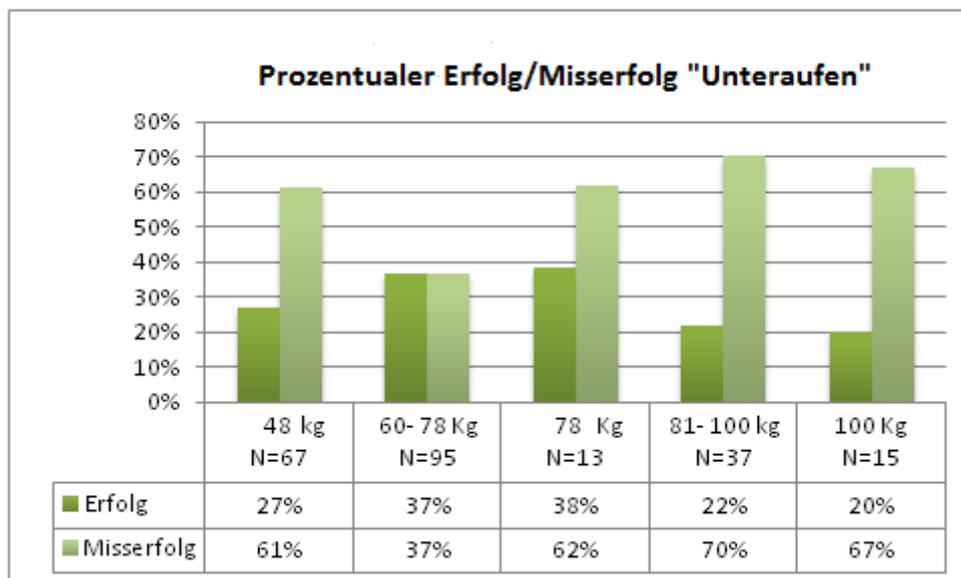


Diagramm 9-17: Gegenüberstellung prozentualen Erfolges und Misserfolges der Technikategorie *Unterlaufen* im Judo.

Der direkte Vergleich von prozentualem Erfolg und Misserfolg zeigt, dass bei den beiden schwersten Gewichtsklassen, selbst bei niedrigem Erfolg, der Misserfolg dreimal so hoch ist. Bei den Klassen *weiblich <48 kg* und *weiblich >78 kg* zeigt sich ein Faktor von ca. 1,5 bis 2 von Erfolg zu Misserfolg.

Insgesamt zeigt sich, dass mit zunehmendem Körpergewicht sowohl die Häufigkeit als auch die Erfolgsaussicht der eingesetzten Technik der Kategorie *Unterlaufen* bei den Judoka abnimmt. Zudem findet sich bei der geringen Erfolgschance in den beiden schwersten Gewichtsklassen gleichzeitig die verhältnismäßig größte Chance (Faktor 3) einen Misserfolg zu erzielen.

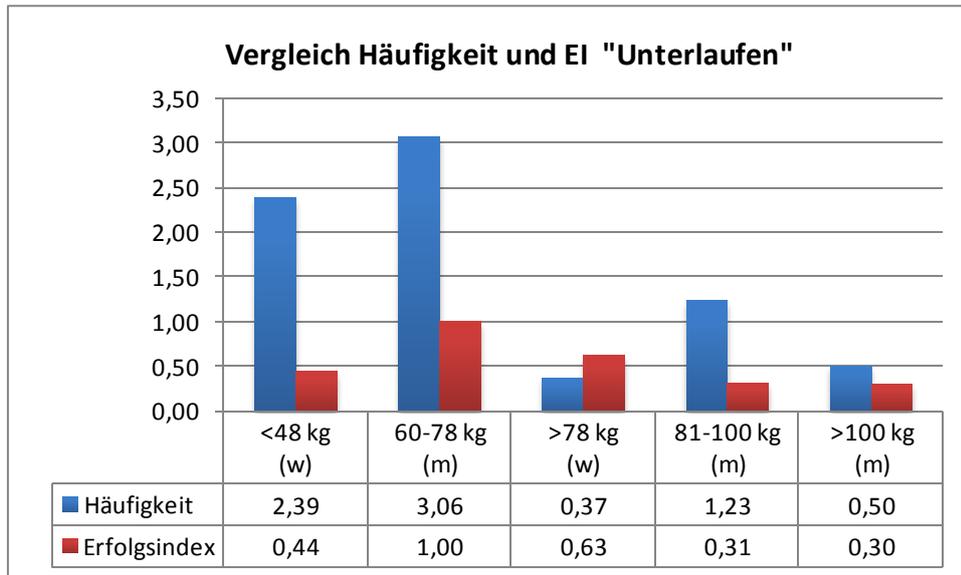


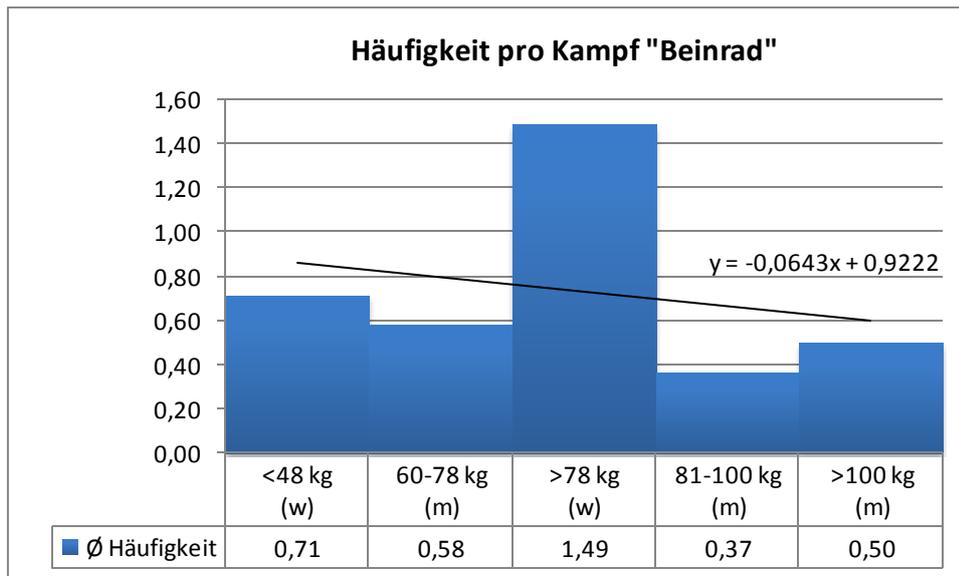
Diagramm 9-18: Gegenüberstellung der Häufigkeit und des EI innerhalb der Technikkategorie *Unterlaufen* im Judo.

9.5.4 Beinrad

Eine genaue Beschreibung der Technikkategorie *Beinrad* findet sich im Methodenteil zur anthropologischen Untersuchung (siehe Kapitel 7.2.3).

Häufigkeit

Die Untersuchung zur Häufigkeit zeigt, dass mit zunehmendem Körpergewicht die Techniken dieser Kategorie seltener eingesetzt werden. Auffällige Abweichung von diesem Trend zeigt sich bei der Gewichtsklasse *weiblich >78 kg*, die mit einem Wert von 1,49 die einzige Klasse ist, die durchschnittlich mehr als einen Technikeinsatz pro Kampf aufweist.



$$r_s = -0,6 \quad r_{s^2} = 0,36 \quad p(\text{zweiseitig})n.s. \quad p(\text{einseitig})n.s.$$

Diagramm 9-19: Häufigkeit der Technikkategorie *Beinrad* im Judo, gemessen als durchschnittliche Anwendung pro Kampf. Die Häufigkeit wurde erhoben, indem die gezählten Techniken innerhalb einer Gewichtsklasse auf die Anzahl der Kämpfe der jeweiligen Gewichtsklasse verteilt wurden. Als statistischer Test wurde der Spearman-Rangkorrelationstest genutzt, um die Signifikanz der Daten zu prüfen. Die Ergebnisse des Tests finden sich unterhalb des Diagramms

Im direkten Vergleich zur vorangehenden Gewichtsklasse (*männlich 81-100 kg*) steigt bei der schwersten Gewichtsklasse (*männlich >100 kg*) die Häufigkeit von 0,37 auf 0,5. Insgesamt zeichnen sich bei der Technikkategorie *Beinrad* drei Gruppen in der Häufigkeitsanalyse ab:

1. Zwischen 0,5 und 1 (48 – 78 kg): Die beiden unteren Gewichtsklassen
2. zwischen 0 und 0,5 (> 81 kg) : Die schwerste Gewichtsklasse
3. zwischen 1 und 1,5 (> 78 kg): Die schwerste weibliche Gewichtsklasse

Insgesamt lässt sich feststellen, dass die beiden Geschlechter für sich genommen gegenläufige Trends aufweisen. Die weiblichen Athletinnen zeigen eine Tendenz mit zunehmendem Körpergewicht die Technikkategorie *Beinrad* häufiger einzusetzen, während die männlichen Athleten mit zunehmendem Körpergewicht die Technikkategorie seltener einsetzen.

Tabelle 9-14: Häufigkeit der Kategorie Beinrad

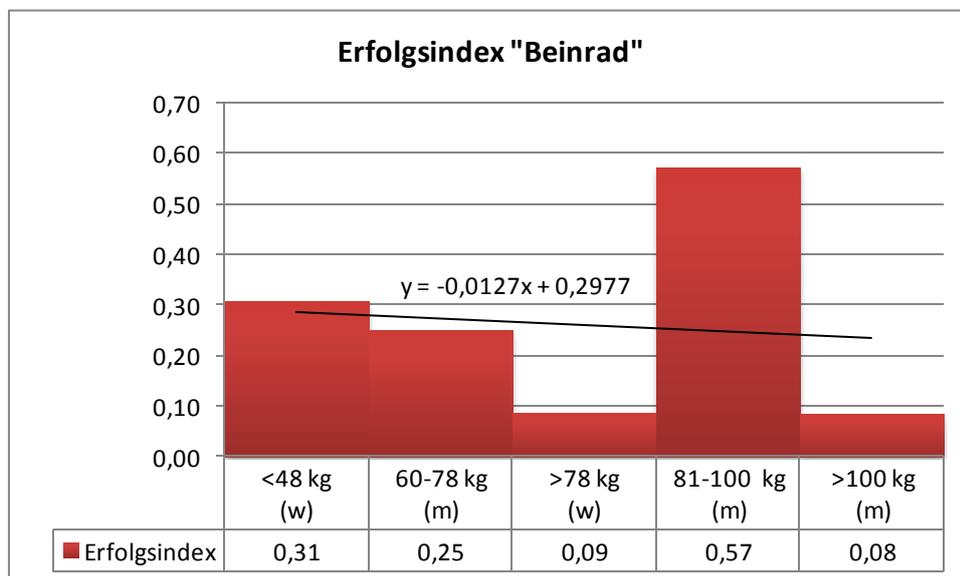
Gewichtsklasse in kg	N Techniken	N Kämpfe	Häufigkeit
<48 (w)	20	28	0,71
60- 78 (m)	18	31	0,58
>78 (w)	52	35	1,49
81-100 (m)	11	30	0,37
>100 (m)	15	30	0,50

Anmerkung zu Tabelle 9-14: Die Häufigkeit errechnet sich aus der Anzahl der Techniken geteilt durch die Anzahl der Kämpfe.

Die Ergebnisse zeigen eine Tendenz, mit steigender Gewichtsklasse die Technikkategorie *Beinrad* seltener einzusetzen. Ein signifikanter Zusammenhang zwischen dem Körpergewicht und Häufigkeit der Technikkategorie kann nicht nachgewiesen werden ($r_s = -0,6$, $r_{s^2} = 0,36$, $p(\text{zweiseitig})n.s.$, $p(\text{einseitig})n.s.$).

Erfolgsindex

Die Analyse des ermittelten Erfolgsindex zeigt einen leichten Trend, demzufolge mit zunehmendem Körpergewicht der erfolgreiche Einsatz der Technik abnimmt.



$r_s = -0,4$ $r_{s^2} = 0,16$ $p(\text{zweiseitig}) n.s.$ $p(\text{einseitig}) n.s.$

Diagramm 9-20: Erfolgsindex der Technikkategorie *Beinrad* im Judo, gemessen als Erfolg pro Misserfolg. Der Erfolgsindex wurde erhoben, indem die erfolgreich eingesetzten Techniken innerhalb einer Gewichtsklasse auf durch die Anzahl misslungener Techniken dividiert wurde. Als statistischer Test wurde der Spearman-Rangkorrelationstest genutzt, um die Signifikanz der Daten zu prüfen. Die Ergebnisse des Tests finden sich unterhalb des Diagramms.

Der allgemeine Trend des Erfolgsindex der Technikkategorie *Beinrad* folgt dem allgemeinen Trend zur Häufigkeit dieser Technikkategorie. Bei der Betrachtung des Erfolgsindex weicht eine Gewichtsklasse (*männlich 81-100 kg*) mit einem Wert von 0,57 deutlich vom allgemeinen Trend nach oben ab und ist damit nicht mit der abweichenden Gewichtsklasse in der Häufigkeitsanalyse identisch (dort ist es die Gewichtsklasse *weiblich >78 kg*).

Innerhalb der Erfolgsindexanalyse erreichen die schwersten Gewichtsklassen beider Geschlechter (*weiblich >78 kg, männlich 81-100 kg*) die deutlich geringsten Werte.

Die beiden leichtesten Gewichtsklassen (*weiblich <48 kg, männlich 60-78 kg*) liegen der allgemeinen Trendlinie folgend bei mittleren Werten (0,3 und 0,25). Insgesamt fallen die Werte aller Gewichtsklassen sehr gering aus.

Tabelle 9-15: Erfolgsindex Beinrad

Gewichtsklasse in kg	Erfolg	Misserfolg	Index
<48	4	13	0,30
60- 78	3	12	0,25
>78	4	47	0,09
81- 100	4	7	0,6
>100	1	12	0,08

Anmerkungen zu Tabelle 9-15: Gezählt wurden die Techniken, die zu einem Erfolg bzw. Misserfolg führten. Der Index errechnet sich aus Erfolg pro Misserfolg.

Die Ergebnisse zeigen eine Tendenz, mit steigender Gewichtsklasse die Technikkategorie *Beinrad* seltener erfolgreich einzusetzen. Ein signifikanter Zusammenhang zwischen dem Körpergewicht und dem Erfolgsindex der Technikkategorie kann nicht nachgewiesen werden ($r_s = -0,4$, $r_{s^2} = 0,16$, $p(\text{zweiseitig})n.s.$, $p(\text{einseitig})n.s.$).

Prozentualer Erfolg/ Misserfolg

Der direkte Vergleich von prozentualem Erfolg und Misserfolg zeigt, dass in keiner Gewichtsklasse Techniken aus der Kategorie *Beinrad* häufiger erfolgreich eingesetzt werden als sie zu nachteiligeren Positionen führen. Die geringen Werte zum EI werden hierdurch offensichtlich.

Die Klasse *männlich 81-100 kg*, in welcher diese Techniken am erfolgreichsten eingesetzt werden, zeigt immer noch einen prozentualen Misserfolg (64%), der nahezu doppelt so häufig eintritt wie ein Erfolg. Bei den schwersten Klassen beider Geschlechter liegt dieser Faktor sogar bei > 10 .

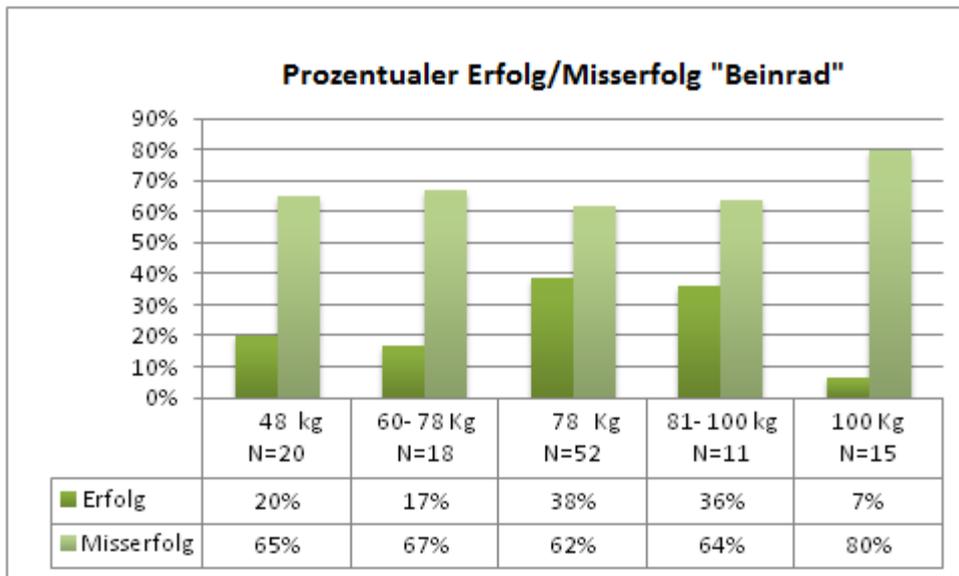


Diagramm 9-21: Gegenüberstellung von prozentualem Erfolg und Misserfolg der Technikategorie *Beinrad* im Judo.

Insgesamt zeigt sich in der Kategorie *Beinrad*, dass Techniken dieser Kategorie mit zunehmendem Körpergewicht seltener eingesetzt werden und zudem auch seltener zum Erfolg führen. Bemerkenswerte Ausnahmen bilden die Klassen *weiblich >78 kg* und *männlich 81-100 kg*.

Die Klasse *weiblich >78 kg* zeigt mit einem Häufigkeitswert von 1,49 einen überdurchschnittlichen Einsatz bei gleichzeitig niedrigstem Erfolgsindex (0,8). Bei einem zehnfach größeren Misserfolg als Erfolg ist die hohe Einsatzhäufigkeit bemerkenswert.

Bei der Klasse *männlich 81-100 kg* zeigt sich die umgekehrte Situation. Der Häufigkeitswert von 0,37 ist der geringste gemessene, führt jedoch bei einem Erfolgsindex von 0,57 zu einem überdurchschnittlich erfolgreichen Einsatz dieser Technik.

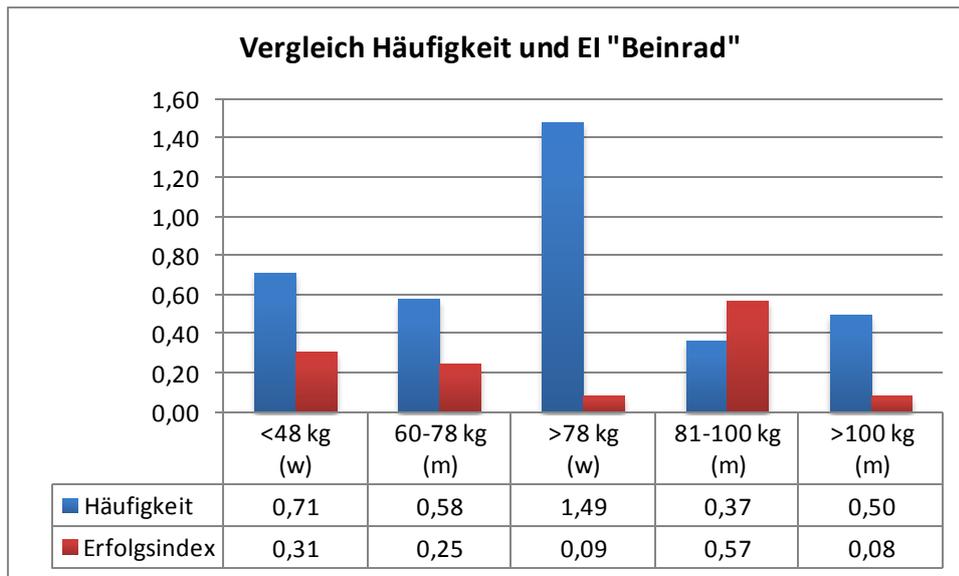


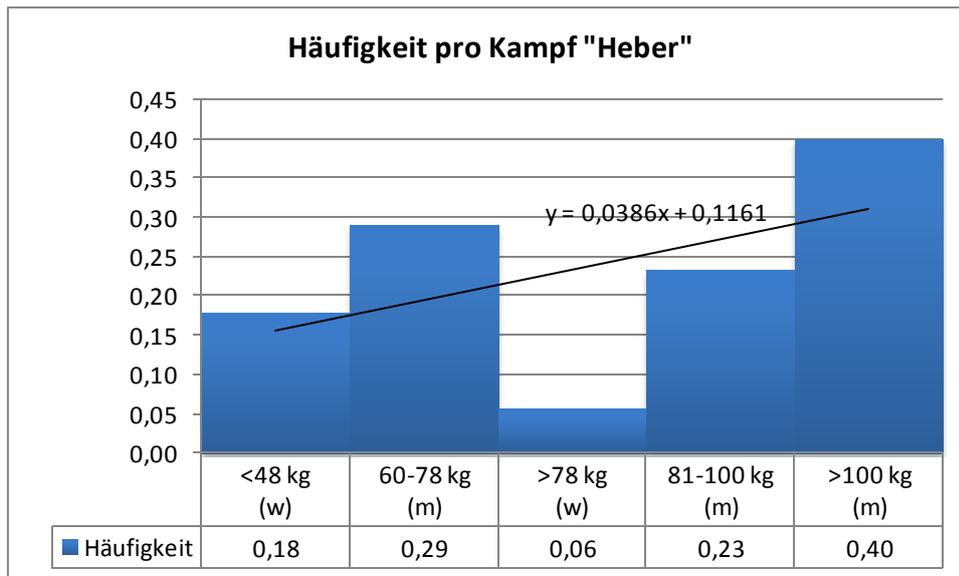
Diagramm 9-22: Gegenüberstellung von Häufigkeit und EI der Technikkategorie *Beinrad* im Judo

9.5.5 Heber

Eine genaue Beschreibung der Technikkategorie *Heber* findet sich im Methodenteil zur anthropologischen Untersuchung (siehe Kapitel 7.2.3).

Häufigkeit

Die Auswertung zur Häufigkeit zeigt, dass mit zunehmendem Körpergewicht die Anwendung pro Kampf ansteigt. Insgesamt finden sich trotz des Trends geringe Werte. Die durchschnittliche Anwendung pro Kampf liegt zwischen 0,06 und 0,4 Techniken (zum Vergleich: Schwerpunktsenkung 0,6 bis 1,35, Unterlaufen 0,37 bis 3,06).



$$r_s = 0,5 \quad r_{s^2} = 0,25 \quad p(\text{zweiseitig}) \text{ n.s.} \quad p(\text{einseitig}) \text{ n.s.}$$

Diagramm 9-23: Häufigkeit der Technikategorie *Heber* im Judo, gemessen als durchschnittliche Anwendung pro Kampf. Die Häufigkeit wurde erhoben, indem die gezählten Techniken innerhalb einer Gewichtsklasse auf die Anzahl der Kämpfe der jeweiligen Gewichtsklasse verteilt wurden. Als statistischer Test wurde der Spearman-Rangkorrelationstest genutzt, um die Signifikanz der Daten zu prüfen. Die Ergebnisse des Tests finden sich unterhalb des Diagramms

Eine deutliche Abweichung von dem allgemein Trend findet sich in der Gewichtsklasse *weiblich >78 kg*, deren Wert 0,06 vom vorangehenden Wert (0,29) und dem nachfolgenden (0,23) weit abweicht. Die Gewichtsklasse *männlich 60-78 kg* liegt mit einem Wert von 0,29 am zweit höchsten und weicht hierdurch ebenfalls vom allgemeinen Trend ab.

Insgesamt lässt sich feststellen, dass die beiden Geschlechter für sich genommen gegenläufige Trends aufweisen. Die weiblichen Athleten zeigen eine Tendenz mit zunehmendem Körpergewicht die Technikategorie *Heber* seltener einzusetzen, während die männlichen Athleten dem Trend der Gesamtgruppe (Ausnahme *männlich 81-100 kg*) folgen.

Die Ergebnisse zeigen eine Tendenz, mit steigender Gewichtsklasse die Technikategorie *Heber* häufiger einzusetzen. Ein signifikanter Zusammenhang zwischen dem Körpergewicht und Häufigkeit der Technikategorie kann nicht nachgewiesen werden ($r_s = 0,5$, $r_{s^2} = 0,25$, $p(\text{zweiseitig}) \text{ n.s.}$, $p(\text{einseitig}) \text{ n.s.}$).

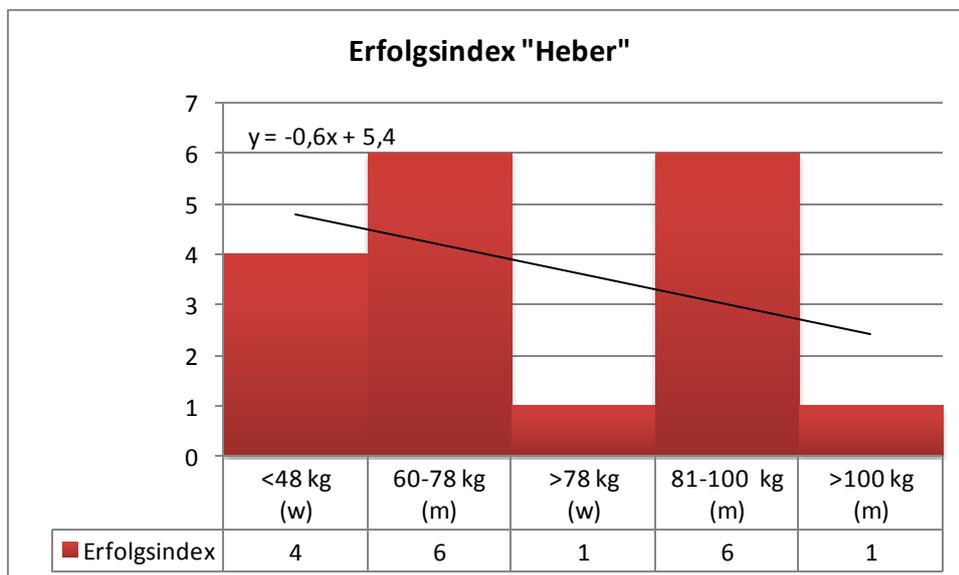
Tabelle 9-16: Häufigkeit der Kategorie Heber

Gewichtsklasse in kg	N Techniken	N Kämpfe	Häufigkeit
<48 (w)	5	28	0,18
60- 78 (m)	9	31	0,29
>78 (w)	2	35	0,06
81-100 (m)	7	30	0,23
>100 (m)	12	30	0,40

Anmerkung zu Tabelle 9-16: Die Häufigkeit errechnet sich aus der Anzahl der Techniken geteilt durch die Anzahl der Techniken.

Erfolgsindex

Entgegen dem allgemeine Trend zur Häufigkeit des *Hebers* verläuft die Trendlinie zu dessen Erfolgsindex abfallend. Mit zunehmendem Körpergewicht sinkt der erfolgreiche Einsatz der Technik im Vergleich zu leichteren Athleten.



$r_s = -0,31$ $r_{s^2} = 0,1$ $p(\text{zweiseitig}) \text{ n.s.}$ $p(\text{einseitig}) \text{ n.s.}$

Diagramm 9-24: Erfolgsindex der Technikategorie *Heber* im Judo, gemessen Erfolg pro Misserfolg. Der Erfolgsindex wurde erhoben, indem die erfolgreich eingesetzten Techniken innerhalb einer Gewichtsklasse auf durch die Anzahl misslungener Techniken dividiert wurde. Als statistischer Test wurde der Spearman-Rangkorrelationstest genutzt, um die Signifikanz der Daten zu prüfen. Die Ergebnisse des Tests finden sich unterhalb des Diagramms

Sowohl die schwerste Klasse der Frauen (*weiblich* >78 kg) als auch diejenige der Männer (*männlich* >100 kg) erreichen die geringsten Werte jeweils von 1. Dieser Wert bedeutet in diesem Zusammenhang, dass auf einen Erfolg ein Misserfolg zu zählen ist.

Die beiden verbleibenden männlichen Gewichtsklassen, *männlich* 60-78 kg und *männlich* 81-100 kg, erreichen beide den Höchstwert von 6. Die leichtesten Athleten (*weiblich* <48 kg) erreichen einen Wert von 4. Insgesamt kann ausgeschlossen werden, dass die Tendenz mit zunehmendem Gewicht die Technikkategorie *Heber* seltener erfolgreich einzusetzen durch die Geschlechtsunterschiede beeinflusst ist. Allerdings muss hierbei die deutliche Abweichung der Klasse *männlich* 81-100 kg berücksichtigt werden, die für eine schwere Gewichtsklasse einen verhältnismäßig hohen Wert aufweist.

Tabelle 9-17: Erfolgsindex Heber

Gewichtsklasse in kg	Erfolg	Misserfolg	Index
<48 (w)	4	1	4
60- 78 (m)	6	1	6
>78 (w)	1	1	1
81-100 (m)	6	0	6
>100 (m)	6	6	1

Anmerkungen zu Tabelle 9-17: Gezählt wurden die Techniken, die zu einem Erfolg bzw. Misserfolg führten. Der Index errechnet sich aus Erfolg pro Misserfolg.

Die Ergebnisse zeigen einen Trend, mit steigendem Körpergewicht die Technikkategorie *Heber* seltener erfolgreich einzusetzen. Ein signifikanter Zusammenhang zwischen dem Körpergewicht und dem Erfolgsindex der Technikkategorie kann nicht nachgewiesen werden ($r_s = -0,31$, $r_{s^2} = 0,1$, $p(\text{zweiseitig})n.s.$, $p(\text{einseitig})n.s.$).

Prozentualer Erfolg/ Misserfolg

Der Vergleich von prozentualem Erfolg und Misserfolg zeigt in keiner der untersuchten Gewichtsklassen einen überwiegenden Misserfolg. Während in den beiden schwersten Klassen ein Verhältnis von 50% zu 50% vorherrscht, überwiegt bei allen übrigen Gewichtsklassen der Erfolg:

weiblich <48 kg : 80%

männlich 60-78 kg : 67%

männlich 81-100 kg : 86%

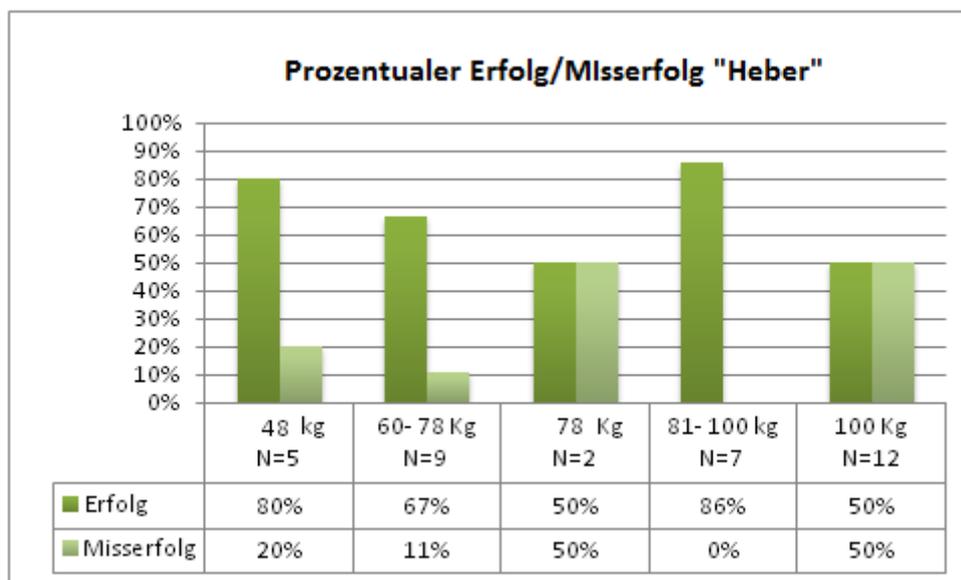


Diagramm 9-25: Gegenüberstellung von prozentualem Erfolg und Misserfolg der Technikategorie *Heber* im Judo.

Die Kategorie *Heber* erreicht im Vergleich eine hohe Erfolgsquote bei gleichzeitig geringer Häufigkeit. Der graphische Vergleich von Häufigkeit und EI verdeutlicht dieses Verhältnis:

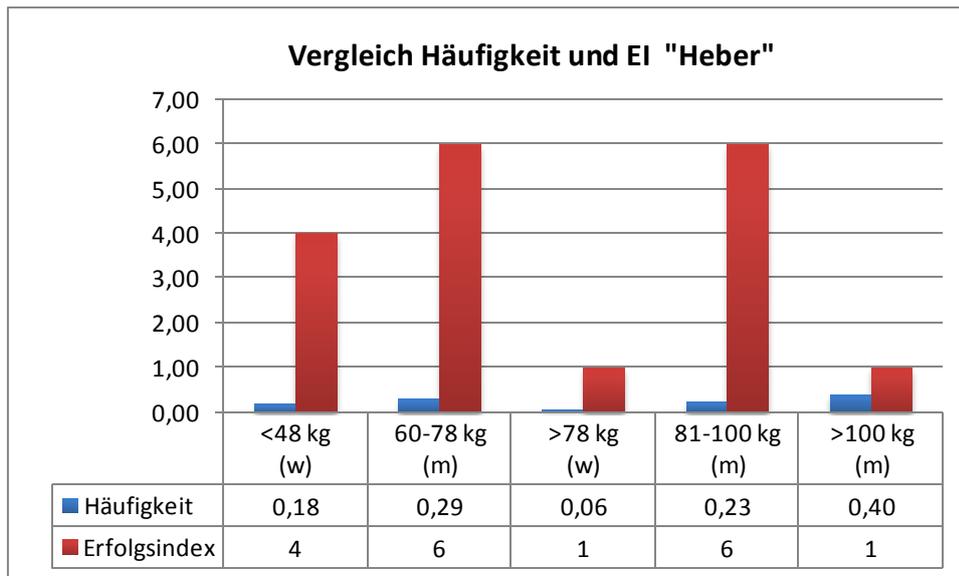


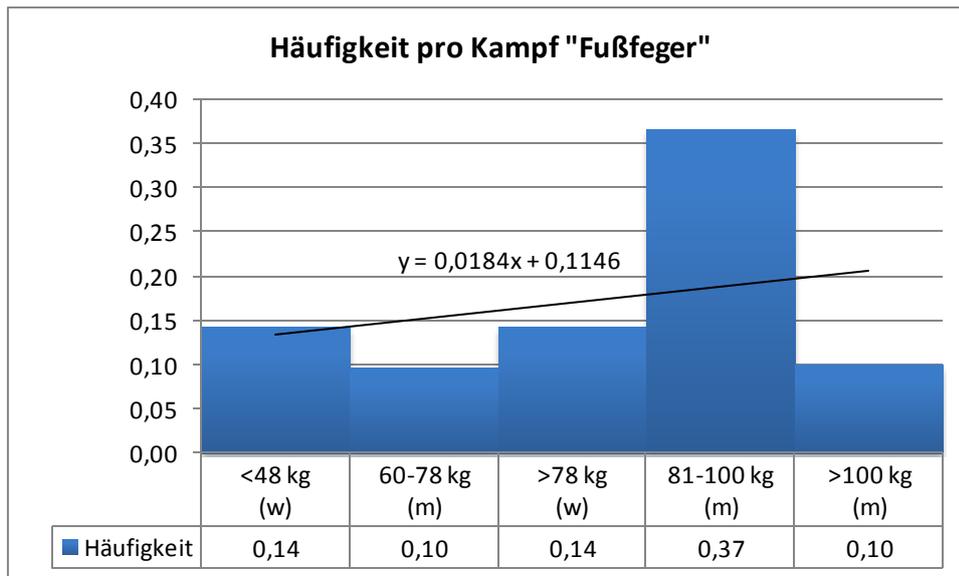
Diagramm 9-26: Gegenüberstellung von Häufigkeit und EI der Technikkategorie *Heber* im Judo.

9.5.6 Fußfeger

Eine genaue Beschreibung der Technikkategorie *Fußfeger* findet sich im Methodenteil zur anthropologischen Untersuchung (siehe Kapitel 7.2.3).

Häufigkeit

Die Betrachtung zur Häufigkeit zeigt relativ ähnliche Werte in allen Gewichtsklassen. Lediglich die Klasse *männlich 81-10 kg* zeigt einen überdurchschnittlichen Wert (0,37). Durch diesen hohen Wert wirkt es, als ergebe sich ein allgemeiner Trend, dass mit zunehmendem Körpergewicht Fußfegetechniken häufiger eingesetzt werden (allerdings $r_s < 0$).



$r_s = -0,05$ $r_{s^2} = 0,003$ $p(\text{zweiseitig})n.s.$ $p(\text{einseitig}) n.s.$

Diagramm 9-27: Häufigkeit der Technikkategorie *Fußfeger* im Judo, gemessen als durchschnittliche Anwendung pro Kampf. Die Häufigkeit wurde erhoben, indem die gezählten Techniken innerhalb einer Gewichtsklasse auf die Anzahl der Kämpfe der jeweiligen Gewichtsklasse verteilt wurden. Als statistischer Test wurde der Spearman-Rangkorrelationstest genutzt, um die Signifikanz der Daten zu prüfen. Die Ergebnisse des Tests finden sich unterhalb des Diagramms

Die Werte der übrigen Gewichtsklassen liegen entweder bei 0,10 (*männlich 60-78 kg, männlich >100 kg*) oder bei 0,14 (*weiblich <48 kg, weiblich >78 kg*) ohne erkennbaren Bezug zum Körpergewicht.

Tabelle 9-18: Häufigkeit der Kategorie Fußfeger

Gewichtsklasse in kg	N Techniken	N Kämpfe	Häufigkeit
<48 (w)	4	28	0,14
60- 78 (m)	3	31	0,10
>78 (w)	5	35	0,14
81-100 (m)	11	30	0,37
>100 (m)	3	30	0,10

Anmerkung zu Tabelle 9-18: Die Häufigkeit errechnet sich aus der Anzahl der Techniken geteilt durch die Anzahl der Kämpfe.

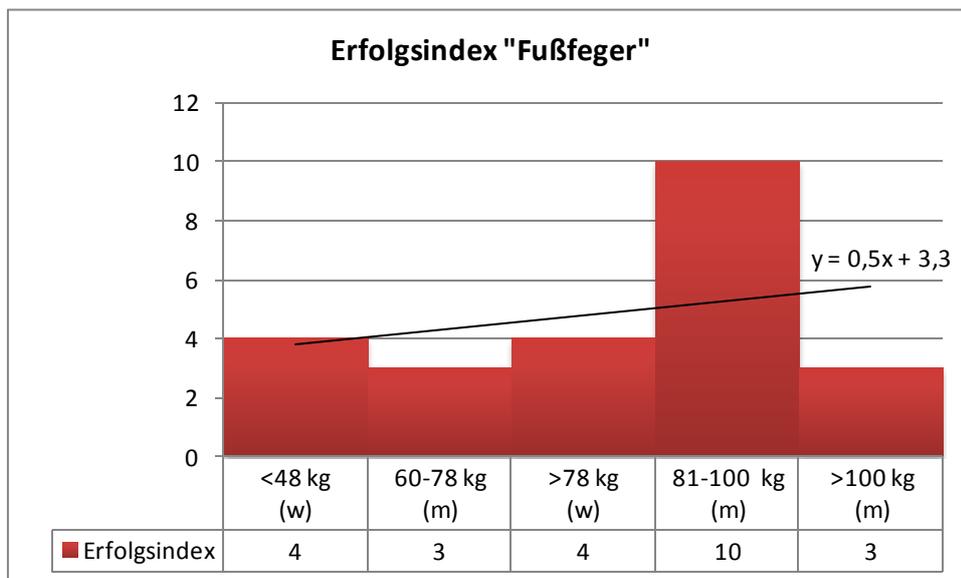
Die Ergebnisse zeigen keinen erkennbaren Trend. Ein signifikanter Zusammenhang zwischen dem Körpergewicht und der Häufigkeit der Technikkategorie *Fußfeger* kann nicht nachgewiesen werden ($r_s = -0,05$, $r_{s^2} = 0,003$, $p(\text{zweiseitig})n.s.$, $p(\text{einseitig})n.s.$).

Erfolgsindex

Der Erfolgsindex der Technikkategorie *Fußfeger* spiegelt exakt die Häufigkeiten dieser Kategorie wieder. Die Klasse *männlich 81-100 kg* erreicht mit einem Wert von 10 den höchsten gemessenen Erfolgsindex und ist für den ansteigenden Trend verantwortlich. Auf die übrigen Gewichtsklassen verteilen sich die Werte 3 und 4 entsprechend der Häufigkeiten:

Männlich 60-78 kg, männlich >100 kg: 3

weiblich <48 kg, weiblich >78kg : 4



$r_s = -0,05$ $r_{s^2} = 0,003$ $p(\text{zweiseitig}) n.s.$ $p(\text{einseitig}) n.s.$

Diagramm 9-28: Erfolgsindex der Technikkategorie *Fußfeger* im Judo, gemessen Erfolg pro Misserfolg. Der Erfolgsindex wurde erhoben, indem die erfolgreich eingesetzten Techniken innerhalb einer Gewichtsklasse auf durch die Anzahl misslungener Techniken dividiert wurde. Als statistischer Test wurde der Spearman-Rangkorrelationstest genutzt, um die Signifikanz der Daten zu prüfen. Die Ergebnisse des Tests finden sich unterhalb des Diagramms.

Tabelle 9-19: Erfolgsindex Fußfeger

Gewichtsklasse in kg	Erfolg	Misserfolg	Index
<48 (w)	4	0	4
60- 78 (m)	3	0	3
>78 (w)	4	0	4
81-100 (m)	10	1	10
>100 (m)	3	0	3

Anmerkungen zu Tabelle 9-9: Gezählt wurden die Techniken, die zu einem Erfolg bzw. Misserfolg führten. Der Index errechnet sich aus Erfolg pro Misserfolg.

Die Ergebnisse zeigen keinen erkennbaren Trend. Ein signifikanter Zusammenhang zwischen dem Körpergewicht und dem Erfolgsindex der Technikategorie *Fußfeger* kann nicht nachgewiesen werden ($r_s = -0,05$, $r_{s^2} = 0,003$, $p(\text{zweiseitig})n.s.$, $p(\text{einseitig})n.s.$).

Prozentualer Erfolg/ Misserfolg

Die Kompatibilität der Werte von Häufigkeit und Erfolgsindex erklären sich aus dem direkten Vergleich von prozentualem Erfolg und Misserfolg der Technik. Nahezu jede angesetzte Technik führte zu einem Erfolg (100%). Die Ausnahme bildet hier die Klasse *männlich 81-100 kg* bei der 9% der Techniken zu einem Misserfolg führten, wobei diese 9% nur eine einzige Technik sind.

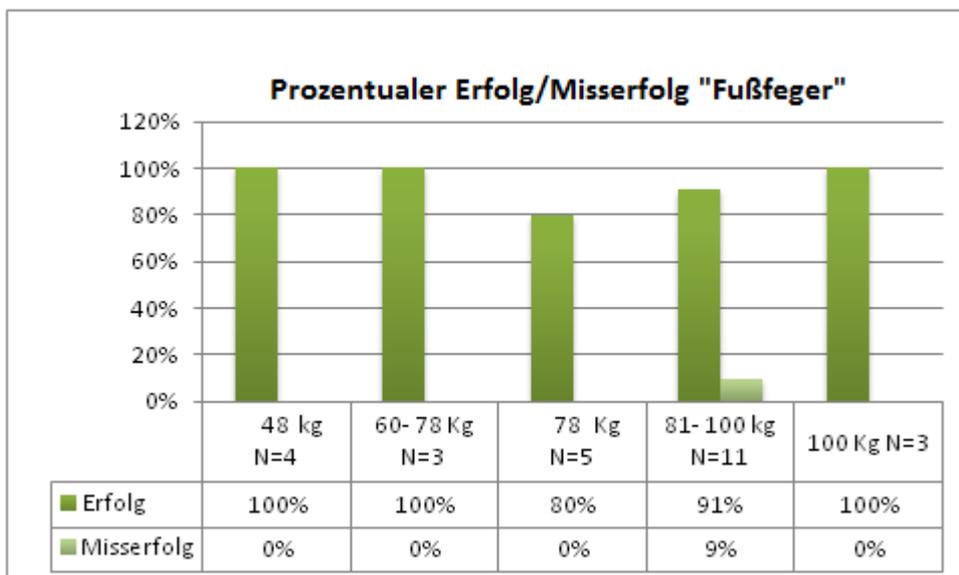


Diagramm 9-29: Gegenüberstellung von prozentualem Erfolg und Misserfolg der Technikategorie *Fußfeger* im Judo.

Insgesamt zeigt sich für die Kategorie *Fußfeger* ein ähnliches Bild wie bei der Kategorie *Heber* (vgl. 9.5.5). Die Technik wird äußerst selten eingesetzt (Häufigkeit: 0,1 bis 0,37 Anwendungen pro Kampf) führt jedoch zu einem überdurchschnittlich hohem Erfolgswert (EI: 3 bis 10).

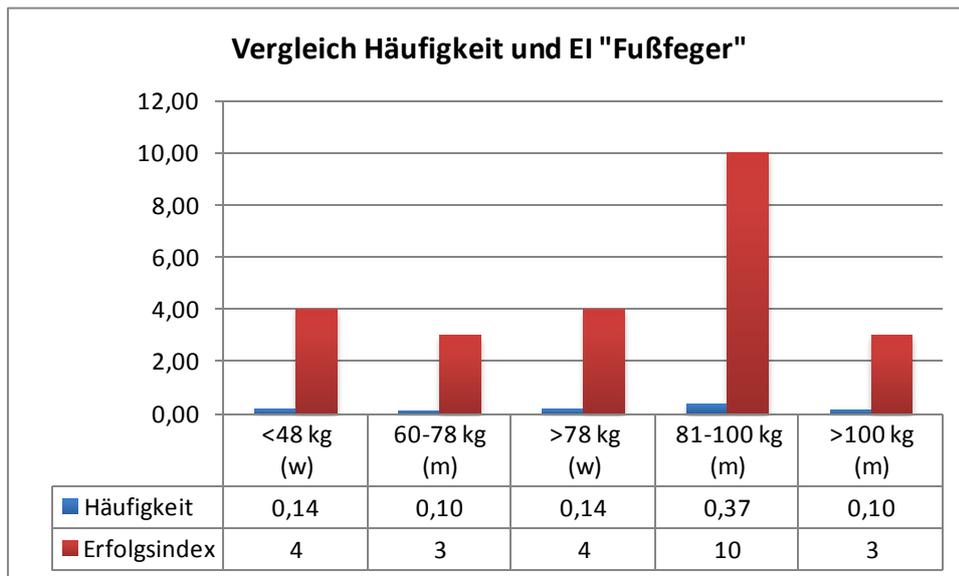


Diagramm 9-30: Gegenüberstellung von Häufigkeit und EI der Technikkategorie *Fußfeger* Judo.

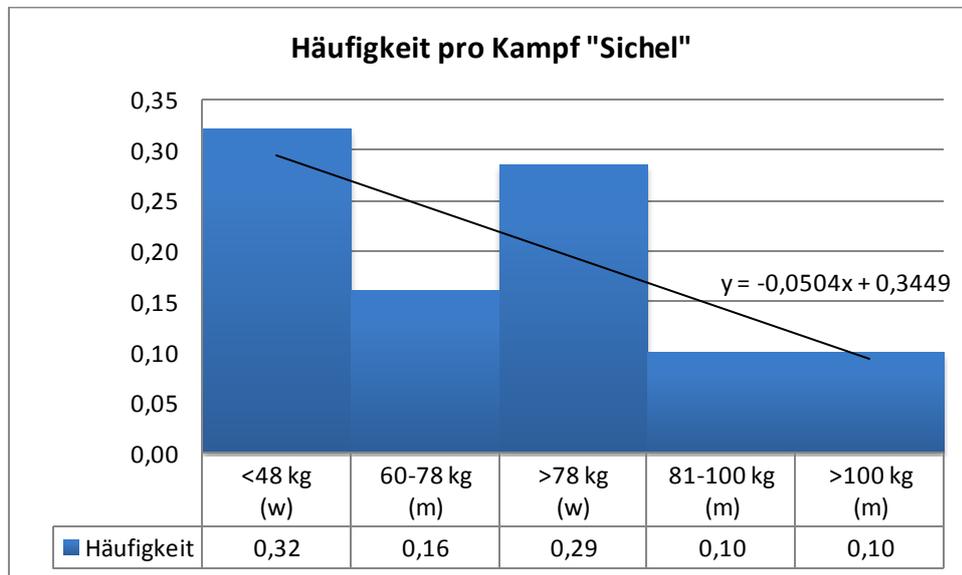
9.5.7 Sichel

Eine genaue Beschreibung der Technikkategorie *Sichel* findet sich im Methodenteil zur anthropologischen Untersuchung (siehe Kapitel 7.2.3).

Häufigkeit

Die Analyse der Sichelbewegungen zeigt, dass die Häufigkeit diese Techniken einzusetzen mit zunehmendem Körpergewicht abnimmt.

Insgesamt findet sich durch alle Gewichtsklassen eine geringe Häufigkeit, die mit einem Wert von durchschnittlich 0,32 Anwendungen pro Kampf in der leichtesten Gewichtsklasse (*weiblich* < 48 kg), den diesbezüglichen Spitzenwert erreicht.



$$r_s = -0,87 \quad r_{s^2} = 0,76 \quad p(\text{zweiseitig}) \leq 0,1 \quad p(\text{einseitig}) \leq 0,05$$

Diagramm 9-31: Häufigkeit der Technikategorie *Sichel* im Judo, gemessen als durchschnittliche Anwendung pro Kampf. Die Häufigkeit wurde erhoben, indem die gezählten Techniken innerhalb einer Gewichtsklasse auf die Anzahl der Kämpfe der jeweiligen Gewichtsklasse verteilt wurden. Als statistischer Test wurde der Spearman-Rangkorrelationstest genutzt, um die Signifikanz der Daten zu prüfen. Die Ergebnisse des Tests finden sich unterhalb des Diagramms

Auffällig vom Trend abweichend ist die Gewichtsklasse *weiblich* > 78 kg, bei der mit 0,28 der zweithöchste Wert erreicht wird. Die übrigen drei Gewichtsklassen liegen mit Werten von 0,16 (*männlich* 60-78 kg) bzw. 0,1 Anwendungen pro Kampf (*männlich* 81-100 kg, *männlich* > 100 kg) deutlich unter den beiden anderen Gewichtsklassen. Insgesamt kann ausgeschlossen werden, dass die Tendenz mit zunehmendem Gewicht die Technikategorie *Sichel* seltener einzusetzen aufgrund der Geschlechtsunterschiede zustande kommt.

Tabelle 9-20: Häufigkeit der Kategorie *Sichel*

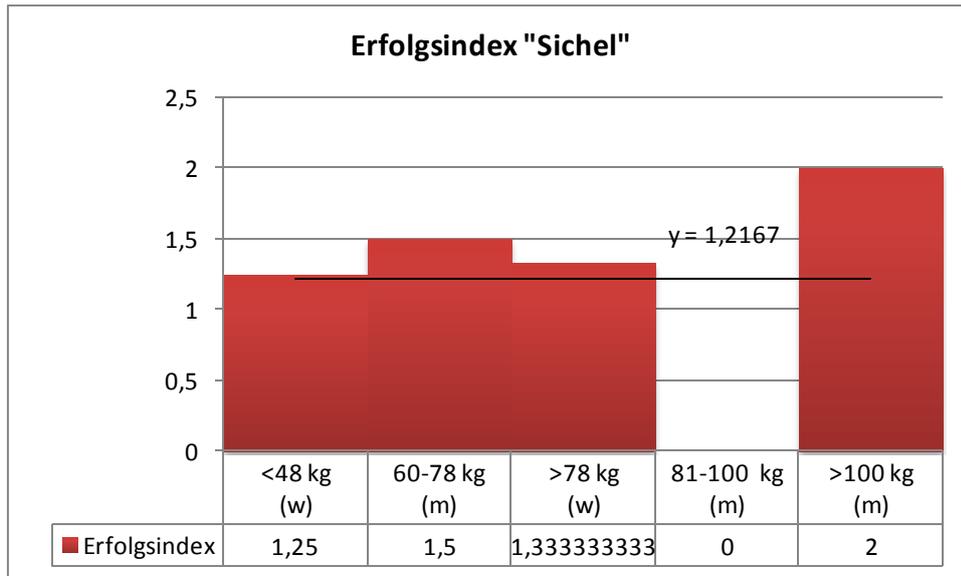
Gewichtsklasse in kg	N Techniken	N Kämpfe	Häufigkeit
<48 (w)	9	28	0,32
60- 78 (m)	5	31	0,16
>78 (w)	10	35	0,29
81-100 (m)	3	30	0,10
>100 (m)	3	30	0,10

Anmerkung zu Tabelle 9-20: Die Häufigkeit errechnet sich aus der Anzahl der Techniken geteilt durch die Anzahl der Techniken.

Die Ergebnisse zeigen eine Tendenz, mit steigender Gewichtsklasse die Technikkategorie *Sichel* seltener einzusetzen. Ein statistisch bedeutsamem Zusammenhang ($r_s = -0,87$, $r_{s^2} = 0,76$, $p(\text{zweiseitig}) \leq 0,1$, $p(\text{einseitig}) \leq 0,05$) zwischen dem Körpergewicht und der Häufigkeit der Technikkategorie ist signifikant. Insbesondere einseitig getestet ergibt sich eine diesbezügliche Irrtumswahrscheinlichkeit von $\leq 5\%$. Die Effektstärke ($r_{s^2} = 0,76$,) beschreibt einen hohen Anteil des Körpergewichtes beim Zustandekommen der Häufigkeitswerte.

Erfolgsindex

Der Erfolgsindex der Technikkategorie *Sichel* bleibt unabhängig vom Gewicht relativ konstant. Zwei Auffälligkeiten ergeben sich in der Auswertung des Indexes. Zum einen konnte keine erfolgreiche Ausführung einer Sicheltechnik in der Gewichtsklasse *männlich 81-100 kg* vermerkt werden, zum anderen finden sich trotz eines konstanten Trends die höchsten Erfolge in der schwerste Gewichtsklasse (*männlich >100 kg*). Alle gemessenen EI-Werte der Kategorie *Sichel* liegen über 1, bedeuten also überwiegend erfolgreiche Einsätze dieser Technik.



$r_s = 0,3$ $r_{s^2} = 0,09$ $p(\text{zweiseitig}) \text{ n.s.}$ $p(\text{einseitig}) \text{ n.s.}$

Diagramm 9-32: Erfolgsindex der Technikategorie *Sichel* im Judo, gemessen als Erfolg pro Misserfolg. Der Erfolgsindex wurde erhoben, indem die erfolgreich eingesetzten Techniken innerhalb einer Gewichtsklasse auf durch die Anzahl misslungener Techniken dividiert wurde. Als statistischer Test wurde der Spearman-Rangkorrelationstest genutzt, um die Signifikanz der Daten zu prüfen. Die Ergebnisse des Tests finden sich unterhalb des Diagramms

Tabelle 9-21: Erfolgsindex Sichel

Gewichtsklasse in kg	Erfolg	Misserfolg	Index
<48 (w)	5	4	1,25
60- 78 (m)	3	2	1,50
>78 (w)	4	3	1,33
81-100 (m)	0	1	0
>100 (m)	2	1	2,00

Anmerkungen zu Tabelle 9-21: Gezählt wurden die Techniken, die zu einem Erfolg bzw. Misserfolg führten. Der Index errechnet sich aus Erfolg pro Misserfolg.

Es kann kein Trend festgestellt werden, der die Auswirkung steigenden Körpergewichtes auf den Erfolgsindex der Technikategorie *Sichel* beschreibt. Ein statistischer Zusammenhang zwischen Körpergewicht und Erfolgsindex kann ebenfalls nicht nachgewiesen werden ($r_s = 0,3$ $r_s^2 = 0,09$ $p(\text{zweiseitig}) \text{ n.s.}$ $p(\text{einseitig}) \text{ n.s.}$).

Prozentualer Erfolg/ Misserfolg

Der direkte Vergleich von erfolgreicher und misslungener Anwendung zeigt, dass trotz der geringen Anwendung die Kategorie *Sichel* verhältnismäßig häufig zu Erfolgen führt. In allen Gewichtsklassen übertrifft der Anteil der erfolgreichen Anwendungen den der misslungenen. Einzige Ausnahme hiervon bildet die Gewichtsklasse *männlich 81- 100 kg*, in der keine erfolgreiche Anwendung gemessen werden konnte.

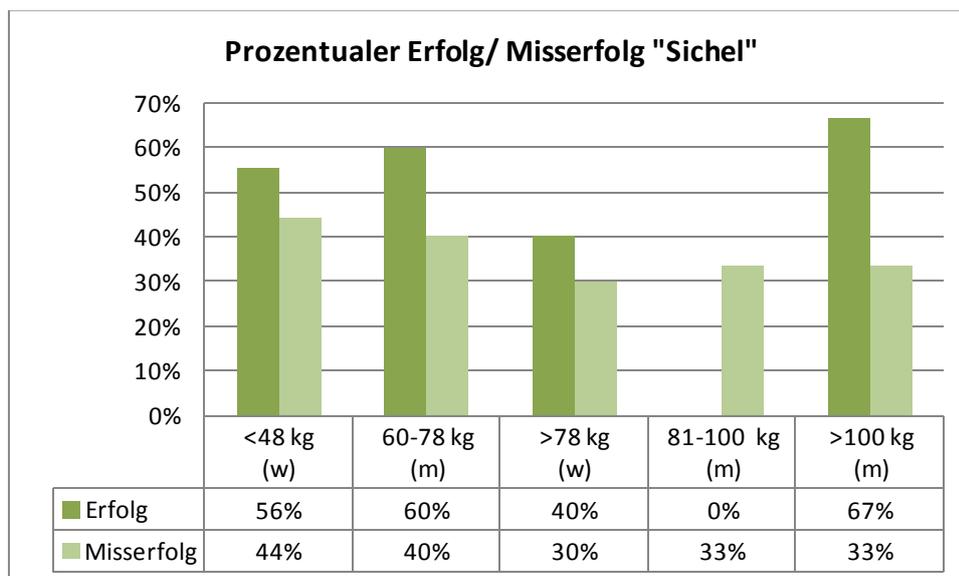


Diagramm 9-33: Gegenüberstellung von prozentualem Erfolg und Misserfolg der Technikategorie *Sichel* im Judo.

Die Gegenüberstellung der Häufigkeit pro Kampf und des Erfolgsindex zeigt, dass die Gewichtsklassen mit dem höchsten Erfolgsindex (*männlich 60–78 kg und männlich >100 kg*) gleichzeitig die geringste Häufigkeit bezüglich des Einsatzes pro Kampf aufweisen (*männlich 81-100 kg* ausgenommen).

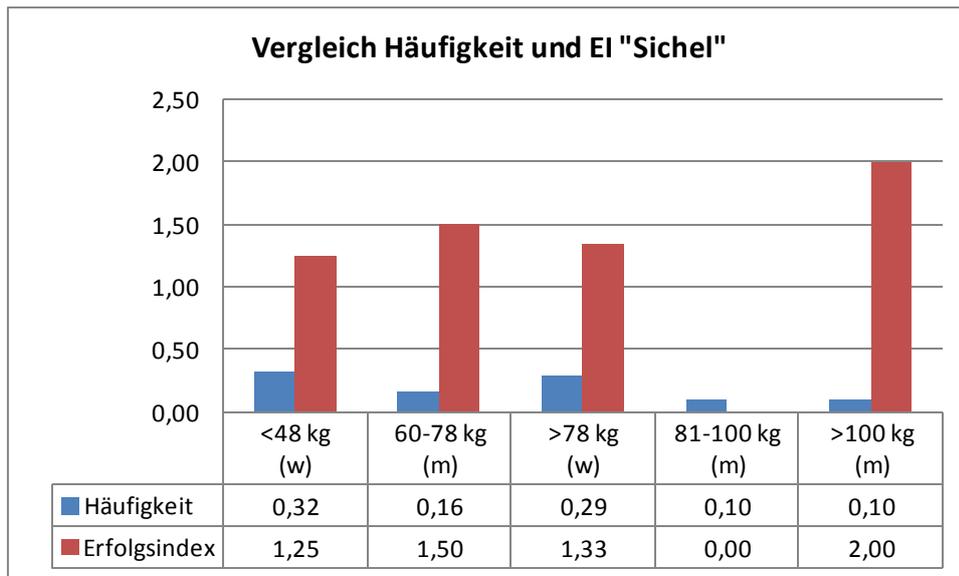


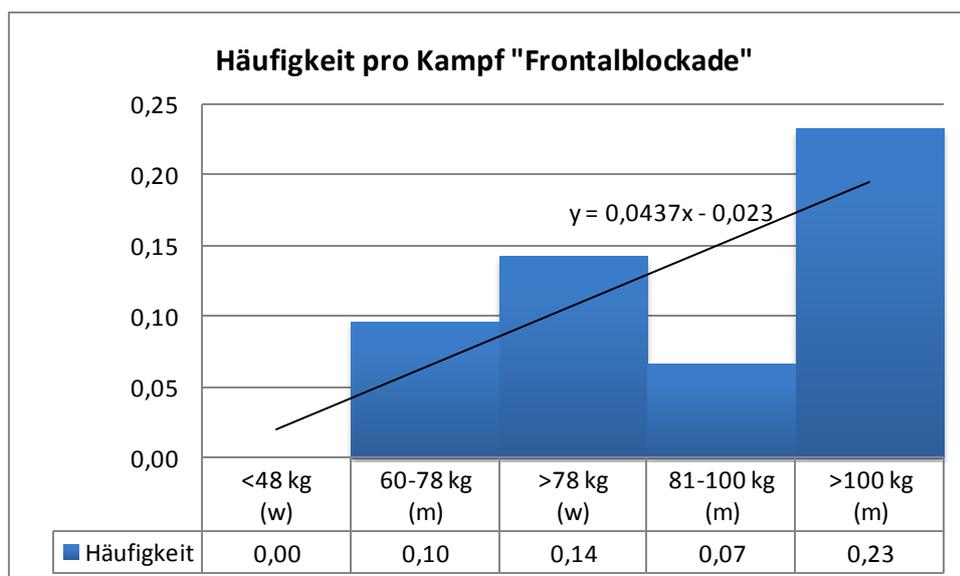
Diagramm 9-34: Gegenüberstellung von Häufigkeit und EI der Technikkategorie *Sichel* im Judo.

9.5.8 Frontalblockade

Eine genaue Beschreibung der Technikkategorie *Schwerpunktsenkung* findet sich im Methodenteil zur anthropologischen Untersuchung (siehe Kapitel 7.2.3).

Häufigkeit

Die Analyse der Häufigkeit als durchschnittliche Anwendung pro Kampf zeigt, dass mit zunehmendem Körpergewicht diese Technikkategorie häufiger eingesetzt wird. Die Ausnahme von diesem allgemeinen Trend bildet die Gewichtsklasse *männlich 81-100 kg*, bei der die Häufigkeit auf 0,06 Anwendungen pro Kampf fällt.



$r_s = 0,7$ $r_{s^2} = 0,49$ $p(\text{zweiseitig}) \text{ n.s.}$ $p(\text{einseitig}) \leq 0,1$

Diagramm 9-35: Häufigkeit der Technikategorie *Frontalblockade* im Judo, gemessen als durchschnittliche Anwendung pro Kampf. Die Häufigkeit wurde erhoben, indem die gezählten Techniken innerhalb einer Gewichtsklasse auf die Anzahl der Kämpfe der jeweiligen Gewichtsklasse verteilt wurden. Als statistischer Test wurde der Spearman-Rangkorrelationstest genutzt, um die Signifikanz der Daten zu prüfen. Die Ergebnisse des Tests finden sich unterhalb des Diagramms

Die Häufigkeiten der übrigen Klassen liegen mit Werten zwischen 0,00 (*weiblich <48 kg*) und dem Höchstwert von 0,23 Anwendungen pro Kampf alle in äußerst niedrigen Bereichen, so dass trotz des ansteigenden Trends gesagt werden kann, dass die Technikategorie *Frontalblockade* äußerst selten zur Anwendung kommt. Insgesamt kann ausgeschlossen werden, dass die Tendenz mit zunehmendem Gewicht die Technikategorie *Frontalblockade* häufiger einzusetzen nicht durch die Geschlechtsunterschiede beeinflusst ist.

Tabelle 9-22: Häufigkeit der Kategorie Frontalblockade

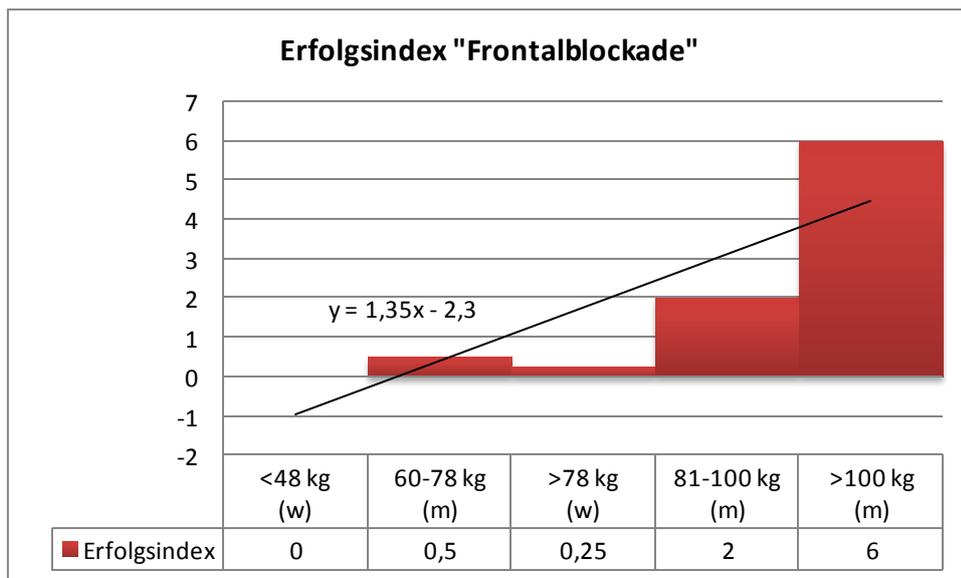
Gewichtsklasse in kg	Techniken N	N Kämpfe	Häufigkeit
<48 (w)	0	28	0
60- 78 (m)	3	31	0,10
>78 (w)	5	35	0,14
81-100 (m)	2	30	0,07
>100 (m)	7	30	0,23

Anmerkung zu Tabelle 9-22: Die Häufigkeit errechnet sich aus der Anzahl der Techniken geteilt durch die Anzahl der Techniken.

Die Ergebnisse zeigen eine Tendenz, mit steigendem Körpergewicht die Technikkategorie *Frontalblockade* häufiger einzusetzen. Ein statistischer Zusammenhang ($r_s = 0,7$, $r_s^2 = 0,49$, $p(\text{zweiseitig}) \leq n.s.$, $p(\text{einseitig}) \leq 0,01$) zwischen dem Körpergewicht und der Häufigkeit der Technikkategorie ist signifikant. Insbesondere einseitig getestet ergibt sich eine diesbezügliche Irrtumswahrscheinlichkeit von $\leq 1\%$.

Erfolgsindex

Die Analyse des Erfolgsindex zeigt einen steigenden Trend, mit zunehmendem Körpergewicht erfolgreich die Technikkategorie auszuführen. Unterhalb einer Gewichtsgrenze von 81 kg ergibt sich ein niedriger Index (< 1).



$$r_s = 0,9 \quad r_s^2 = 0,81 \quad p(\text{zweiseitig}) \leq 0,05 \quad p(\text{einseitig}) \leq 0,01$$

Diagramm 9-37: Erfolgsindex der Technikkategorie *Frontalblockade* im Judo, gemessen als Erfolg pro Misserfolg. Der Erfolgsindex wurde erhoben, indem die erfolgreich eingesetzten Techniken innerhalb einer Gewichtsklasse auf durch die Anzahl misslungener Techniken dividiert wurde. Als statistischer Test wurde der Spearman-Rangkorrelationstest genutzt, um die Signifikanz der Daten zu prüfen. Die Ergebnisse des Tests finden sich unterhalb des Diagramms

Die Gewichtsklassen *männlich 81-100 kg* und *männlich >100kg* erreichen Werte über 1. Das bedeutet, dass nur in diesen beiden Gewichtsklassen die Technik häufiger zum Erfolg führt

als zu einem Misserfolg. Der direkte Vergleich von erfolgreicher Technikdurchführung zu misslungener Ausführung zeigt dieses Ergebnis noch einmal anschaulich in Diagramm 8-34.

Tabelle 9-23: Erfolgsindex Frontalblockade

Gewichtsklasse in kg	Erfolg	Misserfolg	Index
<48 (w)	0	0	0
60- 78 (m)	1	2	0,5
>78 (w)	1	4	0,25
81-100 (m)	2	0	2
>100 (m)	6	1	6

Anmerkungen zu Tabelle 9-23: Gezählt wurden die Techniken, die zu einem Erfolg bzw. Misserfolg führten. Der Index errechnet sich aus Erfolg pro Misserfolg.

Die Ergebnisse zeigen eine Tendenz, mit steigendem Körpergewicht die Technikkategorie *Frontalblockade* erfolgreicher einzusetzen. Ein statistischer Zusammenhang ($r_s = 0,9$, $r_{s^2} = 0,81$, $p(\text{zweiseitig}) \leq 0,05$, $p(\text{einseitig}) \leq 0,01$) zwischen dem Körpergewicht und dem Erfolgsindex der Technikkategorie ist signifikant. Insbesondere einseitig getestet ergibt sich eine diesbezügliche Irrtumswahrscheinlichkeit von $\leq 1\%$. Die Effektstärke ($r_{s^2} = 0,81$,) beschreibt einen hohen Anteil des Körpergewichtes beim Zustandekommen der Erfolgsindexwerte.

Prozentualer Erfolg/ Misserfolg

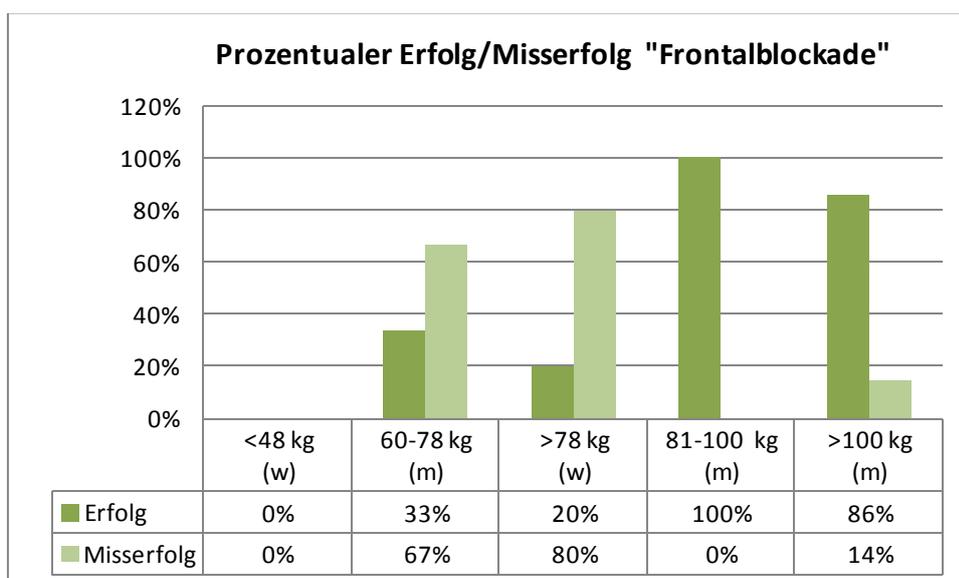


Diagramm 9-38: Gegenüberstellung von prozentualem Erfolg und Misserfolg der Technikkategorie *Frontalblockade* im Judo.

Die geringe Häufigkeit der Technikkategorie *Frontalblockade* steht vor allem in den Gewichtsklassen über 81 kg in auffälligem Gegensatz zu den erreichten Werten im Erfolgsindex. Neben der Technikkategorie *Heber* wird in keiner anderen Kategorie ein derart hoher Erfolgsindex (Wert 6,0) erreicht. Dieser Wert wird nur durch die Kategorie *Nackendruck* (siehe 8.5.8) übertroffen. Die Durchschnittswerte der anderen Kategorie liegen weit unter dem erreichten Erfolgsindex der Gewichtsklasse *männlich >100 kg* dieser Technikkategorie.

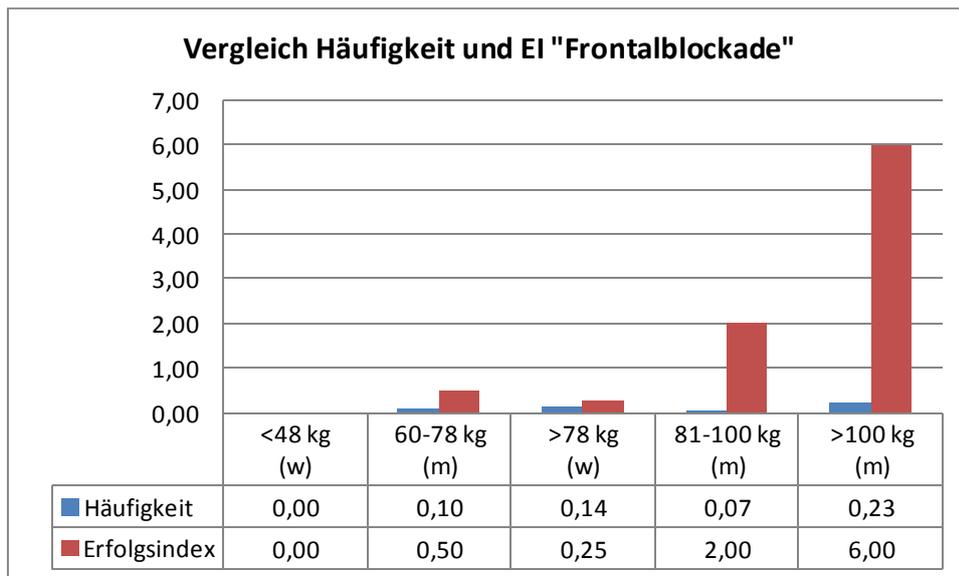


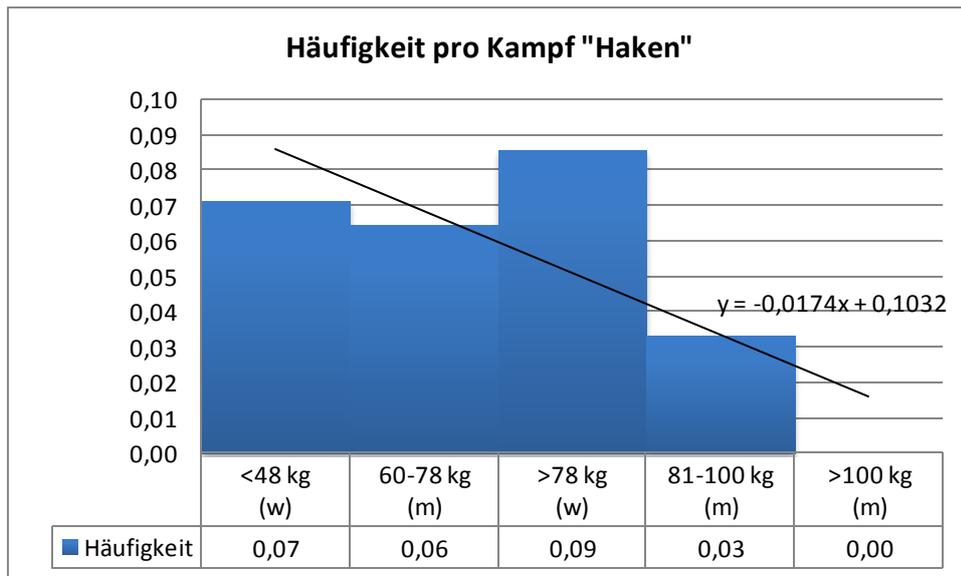
Diagramm 9-39: Gegenüberstellung der Häufigkeit und des EI der Technikkategorie *Unterlaufen* im Judo.

9.5.9 Haken

Eine genaue Beschreibung der Technikkategorie *Haken* findet sich im Methodenteil zur anthropologischen Untersuchung (siehe Kapitel 7.2.3).

Häufigkeit

Die Analyse der Häufigkeit dieser Kategorie zeigt einen abfallenden Trend, nach welchem mit zunehmendem Körpergewicht diese Technikkategorie seltener zum Einsatz kommt. Der Trend fällt soweit ab, dass in der schwersten Gewichtsklasse eine derartige Technik überhaupt nicht mehr gemessen wurde.



$r_s = 0,7$ $r_s^2 = 0,49$ $p(\text{zweiseitig}) \text{ n.s.}$ $p(\text{einseitig}) \leq 0,1$

Diagramm 9-40: Häufigkeit der Technikategorie *Haken* im Judo, gemessen als durchschnittliche Anwendung pro Kampf. Die Häufigkeit wurde erhoben, indem die gezählten Techniken innerhalb einer Gewichtsklasse auf die Anzahl der Kämpfe der jeweiligen Gewichtsklasse verteilt wurden. Als statistischer Test wurde der Spearman-Rangkorrelationstest genutzt, um die Signifikanz der Daten zu prüfen. Die Ergebnisse des Tests finden sich unterhalb des Diagramms.

Von dem Trend abweichend erweist sich die Gewichtsklasse *weiblich >78 kg*, bei der mit einem Wert von 0,09 dieser nicht nur im Vergleich zur Vorklasse ansteigt, sondern sogar der Spitzenwert für diese Technikategorie erreicht wird.

Alle Häufigkeitswerte bewegen sich zwischen 0 bzw. 0,03 und 0,08 und stellen damit insgesamt eine Kategorie dar, die kaum zu messen war. Dies verdeutlicht die Klasse *männlich 81-100 kg*, bei der diese Technik einmal in 30 Kämpfen gemessen wurde.

Tabelle 9-24: Häufigkeit der Kategorie Haken

Gewichtsklasse in kg	Techniken		Häufigkeit
	N	N Kämpfe	
<48 (w)	2	28	0,07
60- 78 (m)	2	31	0,06
>78 (w)	3	35	0,09
81-100 (m)	1	30	0,03
>100 (m)	0	30	0

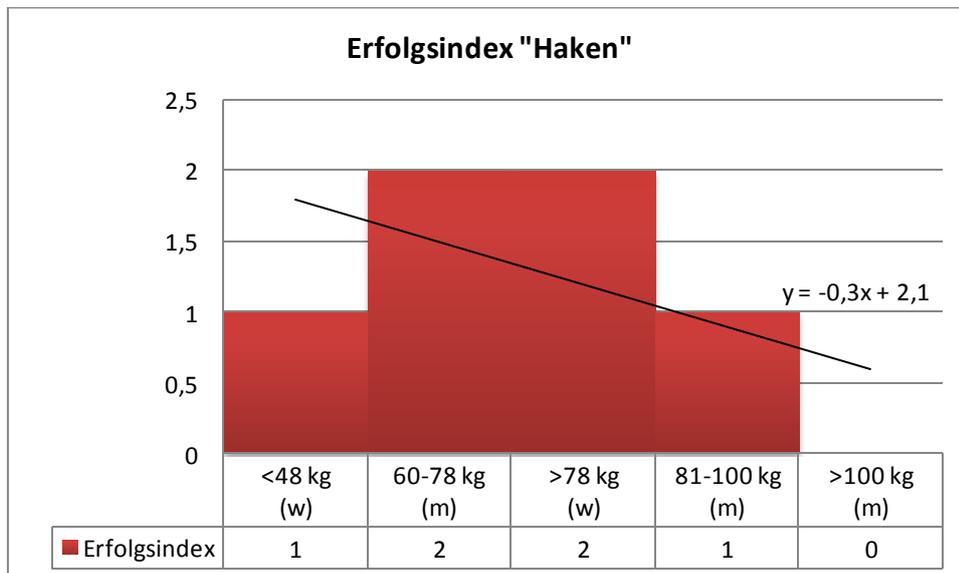
Anmerkung zu Tabelle 9-24: Die Häufigkeit errechnet sich aus der Anzahl der Techniken geteilt durch die Anzahl der Techniken.

Beide Geschlechter für sich genommen zeigen gegenläufige Trends. Die weiblichen Athletinnen zeigen eine Tendenz mit zunehmendem Körpergewicht die Technikkategorie *Haken* häufiger einzusetzen, während die männlichen Athleten dem Trend der Gesamtgruppe folgen.

Die Ergebnisse zeigen insgesamt eine Tendenz, mit steigendem Körpergewicht die Technikkategorie *Haken* seltener einzusetzen. Ein Zusammenhang zwischen dem Körpergewicht und der Häufigkeit der Technikkategorie ist statistisch nicht signifikant ($r_s = 0,7$, $r_{s^2} = 0,49$, $p(\text{zweiseitig}) n.s.$, $p(\text{einseitig}) \leq 0,1$), liegt jedoch einseitig getestet knapp an der Signifikanzgrenze.

Erfolgsindex

Der Erfolgsindex zeigt, dass die gemessenen Techniken dieser Kategorie in allen Gewichtsklassen, in denen sie zur Anwendung kamen, zum Erfolg führten (alle Werte >1). Sowohl leichte Gegner als auch zu schwere scheinen den Erfolg bei einer Durchführung zu minimieren



$$r_s = -0,53 \quad r_{s^2} = 0,28 \quad p(\text{zweiseitig}) n.s. \quad p(\text{einseitig}) n.s.$$

Diagramm 9-41: Erfolgsindex der Technikkategorie *Haken* im Judo, gemessen als Erfolg pro Misserfolg. Der Erfolgsindex wurde erhoben, indem die erfolgreich eingesetzten Techniken innerhalb einer Gewichtsklasse auf durch die Anzahl misslungener Techniken dividiert wurde. Als statistischer Test wurde der Spearman-Rangkorrelationstest genutzt, um die Signifikanz der Daten zu prüfen. Die Ergebnisse des Tests finden sich unterhalb des Diagramms

Insgesamt lässt sich feststellen, dass die beiden Geschlechter für sich genommen gegenläufiger Trends aufweisen. Die weiblichen Athletinnen zeigen eine Tendenz mit zunehmendem Körpergewicht die Technikkategorie *Haken* erfolgreicher einzusetzen, während die männlichen Athleten dem Trend der Gesamtgruppe folgen und diesen vor allem durch den Nullwert von $m > 100\text{Kg}$ maßgeblich bestimmen.

Tabelle 9-25: Erfolgsindex Haken

Gewichtsklasse in kg	Erfolg	Misserfolg	Index
<48 (w)	1	1	1
60- 78 (m)	2	0	2
>78 (w)	2	1	2
81-100 (m)	1	0	1
>100 (m)	0	0	0

Anmerkung zu Tabelle 9-25: Gezählt wurden die Techniken, die zu einem Erfolg bzw. Misserfolg führten. Der Index errechnet sich aus Erfolg pro Misserfolg.

Die Ergebnisse zeigen eine Tendenz, mit steigender Gewichtsklasse die Technikkategorie *Haken* seltener erfolgreich einzusetzen. Ein statistisch bedeutsamer Zusammenhang ($r_s = -0,53$, $r_{s^2} = 0,28$, $p(\text{zweiseitig})n.s.$, $p(\text{einseitig})n.s.$) zwischen dem Körpergewicht und dem Erfolgsindex der Kategorie lässt sich nicht nachweisen.

Prozentualer Erfolg/ Misserfolg

Die direkte Gegenüberstellung der prozentualen Erfolge und Misserfolge zeigt, was der Erfolgsindex aufgrund seiner Berechnung (0 im Misserfolg wird als 1 gewertet) nicht vermag. Die Durchführung der Technikkategorie *Haken* führt in der Gewichtsklasse *männlich 81-100 kg* zu 100%igem Erfolg und liegt damit sogar über dem der Klasse *weiblich >78 kg* (67%) trotz ihres höheren Erfolgsindex!

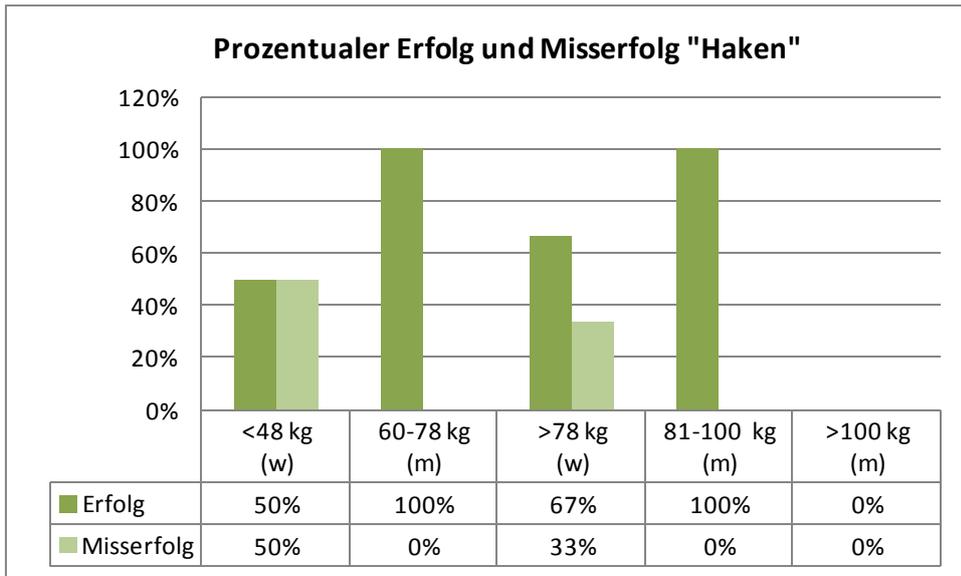


Diagramm 9-42: Gegenüberstellung von prozentualen Erfolg und Misserfolg der Technikkategorie *Haken* im Judo.

In allen Gewichtsklassen mit Ausnahme *männlich >100 kg* findet sich trotz äußerst geringer Anwendung ein verhältnismäßig hoher Erfolgsindex.

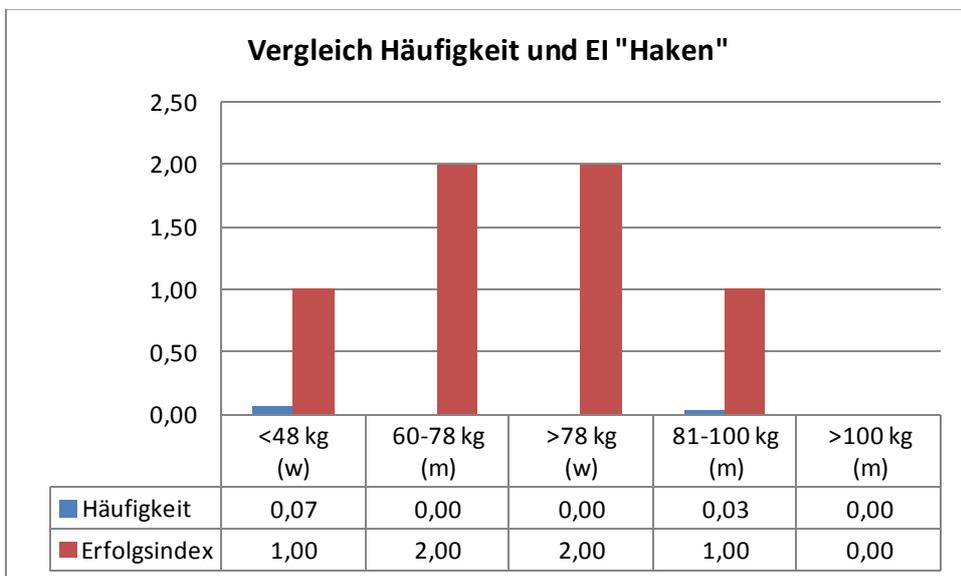


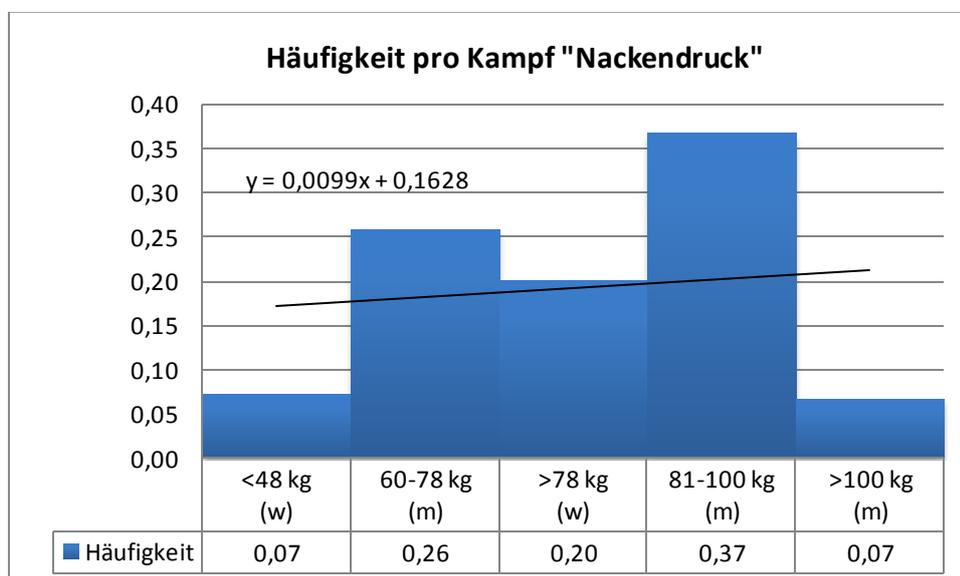
Diagramm 9-43: Vergleich Häufigkeit und EI der Technikkategorie *Haken* im Judo.

9.5.10 Nackendruck

Eine genaue Beschreibung der Technikkategorie *Nackendruck* findet sich im Methodenteil zur anthropologischen Untersuchung (siehe Kapitel 7.2.3).

Häufigkeit

Die Analyse zur Häufigkeit dieser Technikkategorie zeigt einen schwachen Trend, dass mit zunehmender Körpermasse diese Kategorie häufiger zum Einsatz kommt.



$$r_s = 0,10 \quad r_s^2 = 0,01 \quad p(\text{zweiseitig}) \text{ n.s.} \quad p(\text{einseitig}) \text{ n.s.}$$

Diagramm 9-44: Häufigkeit der Technikkategorie *Nackendruck* im Judo, gemessen als durchschnittliche Anwendung pro Kampf. Die Häufigkeit wurde erhoben, indem die gezählten Techniken innerhalb einer Gewichtsklasse auf die Anzahl der Kämpfe der jeweiligen Gewichtsklasse verteilt wurden. Als statistischer Test wurde der Spearman-Rangkorrelationstest genutzt, um die Signifikanz der Daten zu prüfen. Die Ergebnisse des Tests finden sich unterhalb des Diagramms

Bis auf eine leichte Abweichung von diesem Trend in der Gewichtsklasse *weiblich* >78 kg (Wert sinkt von 0,26 auf 0,2) fällt vor allem der Bruch bei *männlich* >100 kg auf, der mit einem Wert von 0,06 den niedrigsten Häufigkeitswert zeigt. Insgesamt liegt die Häufigkeit der Kategorie *Nackendruck* mit Werten zwischen 0,06 und 0,36 im Vergleich zu anderen Kategorien eher im niedrigeren Bereich.

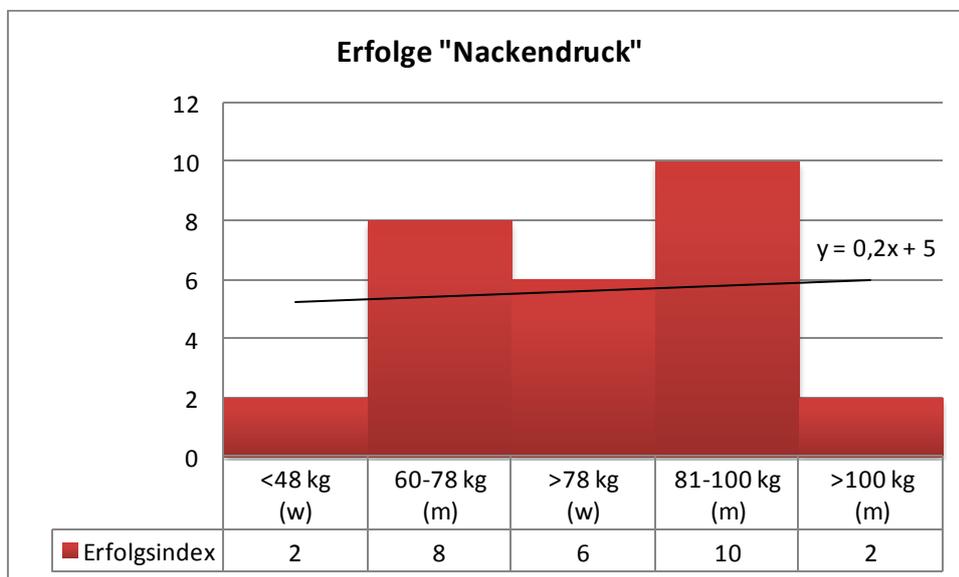
Tabelle 9-26: Häufigkeit der Kategorie Nackendruck

Gewichtsklasse in kg	Techniken N	N Kämpfe	Häufigkeit
<48 (w)	2	28	0,07
60- 78 (m)	8	31	0,26
>78 (w)	7	35	0,20
81-100 (m)	11	30	0,37
>100 (m)	2	30	0,07

Anmerkung zu Tabelle 9-26: Die Häufigkeit errechnet sich aus der Anzahl der Techniken geteilt durch die Anzahl der Techniken.

Ein Trend, der die Auswirkung steigenden Körpergewichts auf die Häufigkeit der Technik-kategorie *Nackendruck* beschreibt kann nicht festgestellt werden. Ebenso fehlt ein statistisch signifikanter Zusammenhang zwischen Körpergewicht und Häufigkeit ($r_s = 0,10$, $r_s^2 = 0,01$, $p(\text{zweiseitig}) n.s.$, $p(\text{einseitig}) n.s.$).

Erfolgsindex



$r_s = 0,10$ $r_s^2 = 0,01$ $p(\text{zweiseitig}) n.s.$ $p(\text{einseitig}) n.s.$

Diagramm 9-45: Erfolgsindex der Technik-kategorie *Nackendruck* im Judo, gemessen Erfolg pro Misserfolg. Der Erfolgsindex wurde erhoben, indem die erfolgreich eingesetzten Techniken innerhalb einer Gewichtsklasse auf durch die Anzahl misslungener Techniken dividiert wurde. Als statistischer Test wurde der Spearman-Rangkorrelationstest genutzt, um die Signifikanz der Daten zu prüfen. Die Ergebnisse des Tests finden sich unterhalb des Diagramms.

Die Analyse des Erfolgsindex zeigt ein Verteilungsmuster, welches sich nahezu mit dem zur Häufigkeit deckt. Insgesamt lässt sich ein schwach steigender Trend feststellen, dass mit zunehmender Körpermasse Athleten Techniken dieser Kategorie erfolgreicher einsetzen.

Die Ausnahmen, die von diesem Trend abweichen, sind genau wie bei der Häufigkeitsanalyse zu dieser Kategorie die Gewichtsklassen *weiblich* >78 kg und *männlich* >100 kg. Die Gewichtsklasse *weiblich* >78 kg weicht dabei leicht vom allgemeinen Trend ab (EI sinkt von 8 auf 6), die Gewichtsklasse *männlich* >100 kg zeigt auch hier eine markantere Abweichung (EI sinkt von 10 auf 2).

Tabelle 9-27: Erfolgsindex Nackendruck

Gewichtsklasse in kg	Erfolg	Misserfolg	Index
<48 (w)	2		2
60- 78 (m)	8	0	8
>78 (w)	6	0	6
81-100 (m)	10	0	10
>100 (m)	2	0	2

Anmerkung zu Tabelle 9-27: Gezählt wurden die Techniken, die zu einem Erfolg bzw. Misserfolg führten. Der Index errechnet sich aus Erfolg pro Misserfolg.

Ein Trend, der die Auswirkung steigenden Körpergewichts auf den Erfolgsindex der Technikategorie *Nackendruck* beschreibt, kann nicht festgestellt werden. Ebenso fehlt ein statistisch signifikanter Zusammenhang zwischen Körpergewicht und Erfolgsindex ($r_s = 0,10$, $r_{s^2} = 0,01$, $p(\text{zweiseitig}) n.s.$, $p(\text{einseitig}) n.s.$).

Prozentualer Erfolg/Misserfolg

Die hohen Werte des Erfolgsindex in allen Gewichtsklassen sowie der direkte Vergleich prozentualen Erfolgs und Misserfolgs bei der Ausführung der Technik zeigen, dass in keiner einzigen Gewichtsklasse die Anwendung dieser Technik zu einem Misserfolg führt.

In den beiden leichtesten Gewichtsklassen sowie in der schwersten erreichen die prozentualen Erfolge einen Wert von 100%.

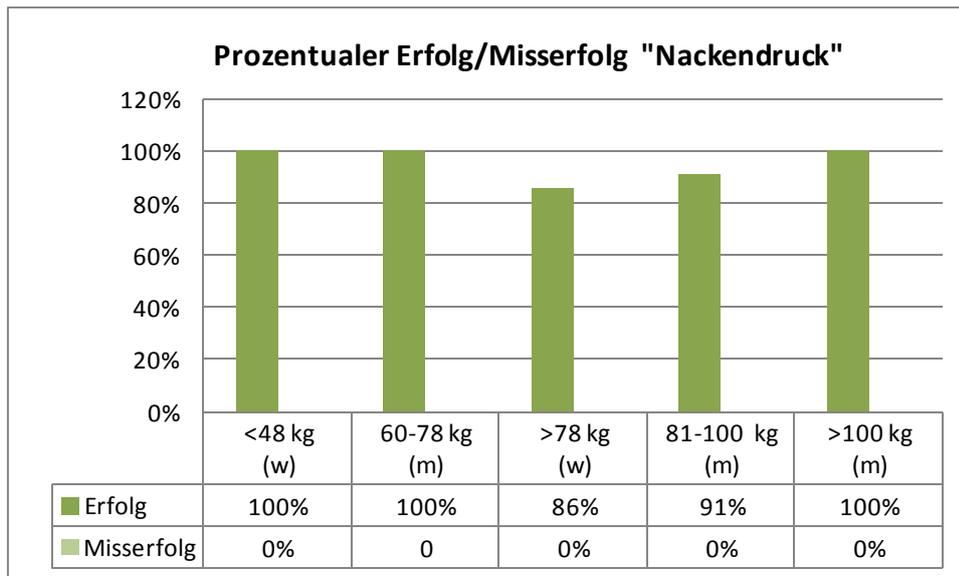


Diagramm 9-46: Gegenüberstellung von prozentualem Erfolg und Misserfolg der Technikategorie *Nackendruck* im Judo.

Die Gegenüberstellung von Häufigkeit der Technikategorie und Erfolgsindex zeigt, dass trotz geringer Anwendung die Techniken enorm erfolgreich eingesetzt werden, um einen Kontrahenten zu Boden zu bringen ohne selber in eine nachteilige Position zu gelangen. Der Erfolgsindex liegt innerhalb der Kategorie bei der leichtesten und bei der schwereren Gewichtsklasse mit einem Wert von 2 am niedrigsten. Beide Faktoren, ein zu leichtes Gewicht und ein zu schweres Gewicht des Gegners (gegen dessen Masse gearbeitet wird, der aber auch seine eigene Masse kontrolliert wieder ins Lot bringen muss), wirken hier limitierend.

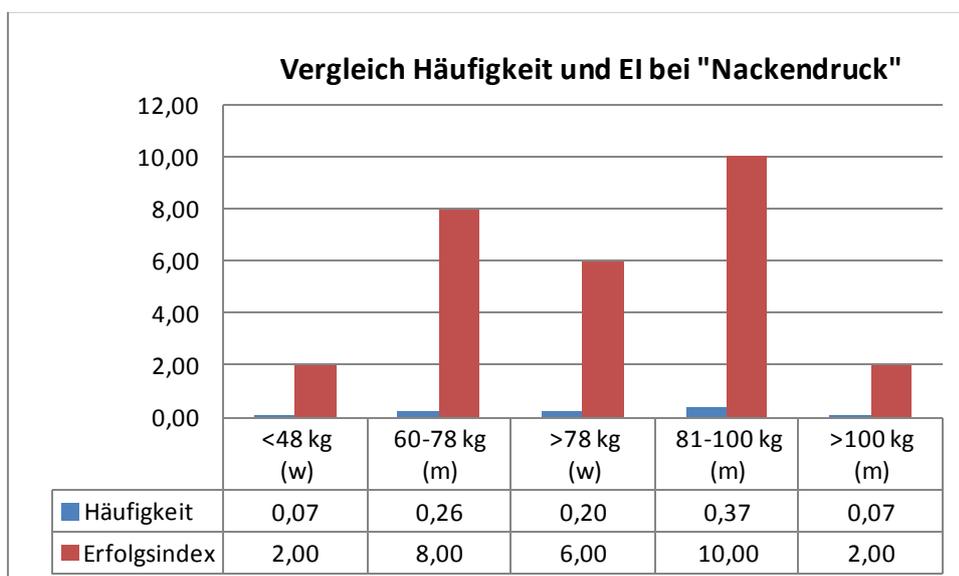


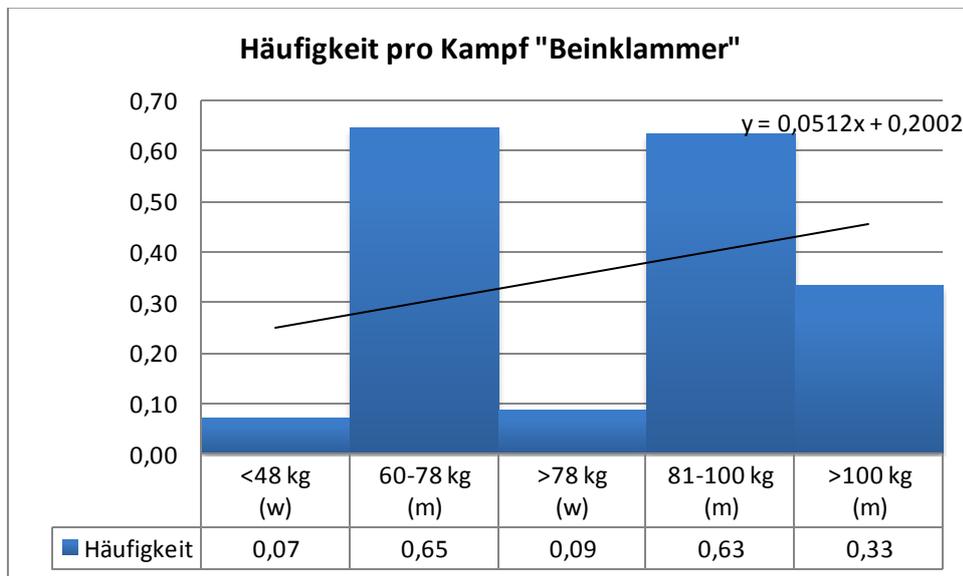
Diagramm 9-47: Gegenüberstellung von Häufigkeit und EI der Technikategorie *Nackendruck* im Judo.

9.5.11 Beinklammer

Eine genaue Beschreibung der Technikkategorie *Beinklammer* findet sich im Methodenteil zur anthropologischen Untersuchung (siehe Kapitel 7.2.3).

Häufigkeit

Die Analyse der Häufigkeit zeigt insgesamt, dass mit zunehmendem Körpergewicht diese Technik häufiger eingesetzt wird. Eine genauere Betrachtung dieser Häufigkeit ist für diese Kategorie unabdingbar, da eine isolierte Betrachtung der Trendlinie über wichtige Einzelergebnisse hinwegtäuscht.



$r_s = 0,3$ $r_{s^2} = 0,09$ $p(\text{zweiseitig}) \text{ n.s.}$ $p(\text{einseitig}) \text{ n.s.}$

Diagramm 9-48: Häufigkeit der Technikkategorie *Beinklammer* im Judo, gemessen als durchschnittliche Anwendung pro Kampf. Die Häufigkeit wurde erhoben, indem die gezählten Techniken innerhalb einer Gewichtsklasse auf die Anzahl der Kämpfe der jeweiligen Gewichtsklasse verteilt wurden. Als statistischer Test wurde der Spearman-Rangkorrelationstest genutzt, um die Signifikanz der Daten zu prüfen. Die Ergebnisse des Tests finden sich unterhalb des Diagramms.

Die Analyse der Kategorie *Beinklammer* zeigt eine deutlich geschlechterabhängige Häufigkeitsverteilung. Während die männlichen Gewichtsklassen Werte zwischen 0,33 und 0,65 Anwendungen pro Kampf aufweisen, fallen die beiden weiblichen Gewichtsklassen mit Werten von 0,07 und 0,09 deutlich von den Werten der männlichen Gewichtsklassen ab.

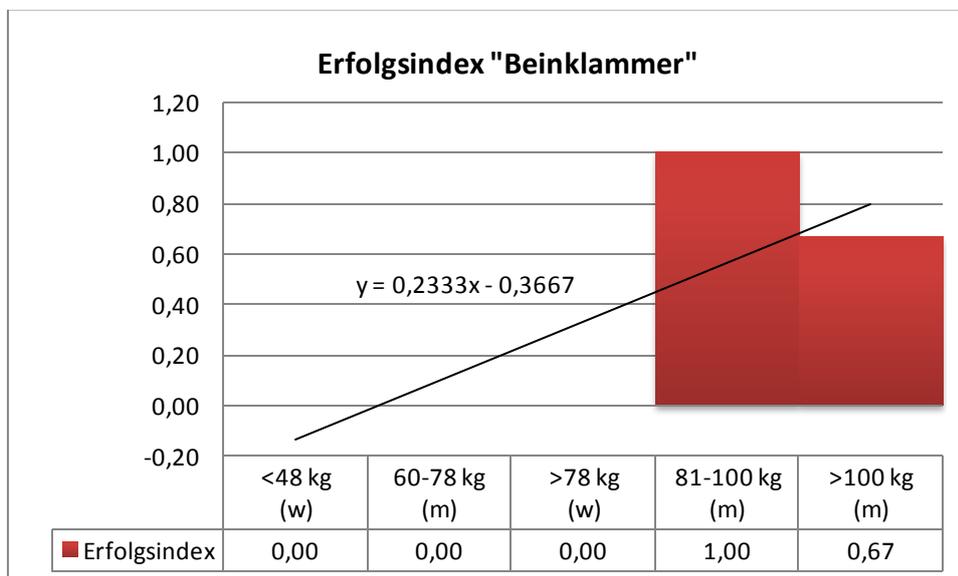
Tabelle 9-28: Häufigkeit der Kategorie Beinklammer

Gewichtsklasse in kg	Techniken		Häufigkeit
	N	N Kämpfe	
<48 (w)	2	28	0,07
60- 78 (m)	20	31	0,65
>78 (w)	3	35	0,09
81-100 (m)	19	30	0,63
>100 (m)	10	30	0,33

Anmerkung zu Tabelle 9-28: Die Häufigkeit errechnet sich aus der Anzahl der Techniken geteilt durch die Anzahl der Techniken.

Die Ergebnisse zeigen eine Tendenz, mit steigendem Körpergewicht die Technikkategorie *Beinklammer* häufiger einzusetzen. Ein statistisch signifikanter Zusammenhang ($r_s = 0,3$, $r_{s^2} = 0,09$, $p(\text{zweiseitig})n.s.$, $p(\text{einseitig}) n.s.$) zwischen dem Körpergewicht und der Häufigkeit der Technikkategorie ist nicht nachweisbar..

Erfolgsindex



$r_s = 0,78$ $r_{s^2} = 0,61$ $p(\text{zweiseitig}) n.s.$ $p(\text{einseitig}) \leq 0,1$

Diagramm 9-49: Erfolgsindex der Technikkategorie *Beinklammer* im Judo, gemessen als Erfolg pro Misserfolg. Der Erfolgsindex wurde erhoben, indem die erfolgreich eingesetzten Techniken innerhalb einer Gewichtsklasse auf durch die Anzahl misslungener Techniken dividiert wurde. Als statistischer Test wurde der Spearman-Rangkorrelationstest genutzt, um die Signifikanz der Daten zu prüfen. Die Ergebnisse des Tests finden sich unterhalb des Diagramms .

Die Auswertung des Erfolgsindex zeigt ebenfalls einen steigenden Trend, mit zunehmendem Körpergewicht diese Technik nicht nur häufiger, sondern auch erfolgreicher anzuwenden. Auch an dieser Stelle reicht eine isolierte Betrachtung des festgestellten Trends nicht aus die Besonderheiten der Ergebnisse zu charakterisieren, denn einzig in zwei Gewichtsklassen findet dies Kategorie überhaupt erfolgreiche Anwendungen.

Lediglich die beiden schwersten Gewichtsklassen zeigen innerhalb der Technikkategorie *Beinklammer* Erfolge bei der Umsetzung. Die Endposition, in der der Gegner über dem Athleten landet, scheint erst ab einer Gewichtsgrenze von 81 kg mithilfe der Beinmuskulatur kontrollierbar.

Tabelle 9-29: Erfolgsindex Beinklammer

Gewichtsklasse in kg	Erfolg	Misserfolg	Index
<48 (w)	0	0	0,00
60- 78 (m)	0	5	0,00
>78 (w)	0	2	0,00
81-100 (m)	3	3	1,00
>100 (m)	2	3	0,67

Anmerkung zu Tabelle 9-29: Gezählt wurden die Techniken, die zu einem Erfolg bzw. Misserfolg führten. Der Index errechnet sich aus Erfolg pro Misserfolg.

Die Ergebnisse zum Erfolgsindex zeigen eine Tendenz, mit steigender Gewichtsklasse die Technikkategorie *Beinklammer* erfolgreicher einzusetzen. Ein statistisch signifikanter Zusammenhang ($r_s = 0,78$, $r_{s^2} = 0,61$, $p(\text{zweiseitig})n.s.$, $p(\text{einseitig}) \leq 0,1$) zwischen dem Körpergewicht und dem Erfolgsindex der Technikkategorie ist nicht feststellbar, liegt jedoch einseitig getestet knapp an der Signifikanzgrenze.

Prozentualer Erfolg/ Misserfolg

Den hohen Misserfolg der leichteren Gewichtsklassen verdeutlicht die graphische Gegenüberstellung prozentualen Erfolges und Misserfolges. Die höchste Erfolgsquote findet sich bei der Gewichtsklasse *männlich 81-100 kg*, bei der jedoch immer noch jede zweite Anwendung misslingt. Weitere Erfolge sind nur noch in der schwersten Gewichtsklasse zu finden, jedoch

scheint sich hier das gegnerische Körpergewicht wiederum in einem Bereich zu bewegen, bei dem die Muskelkraft an eine physiologische Grenze stößt.

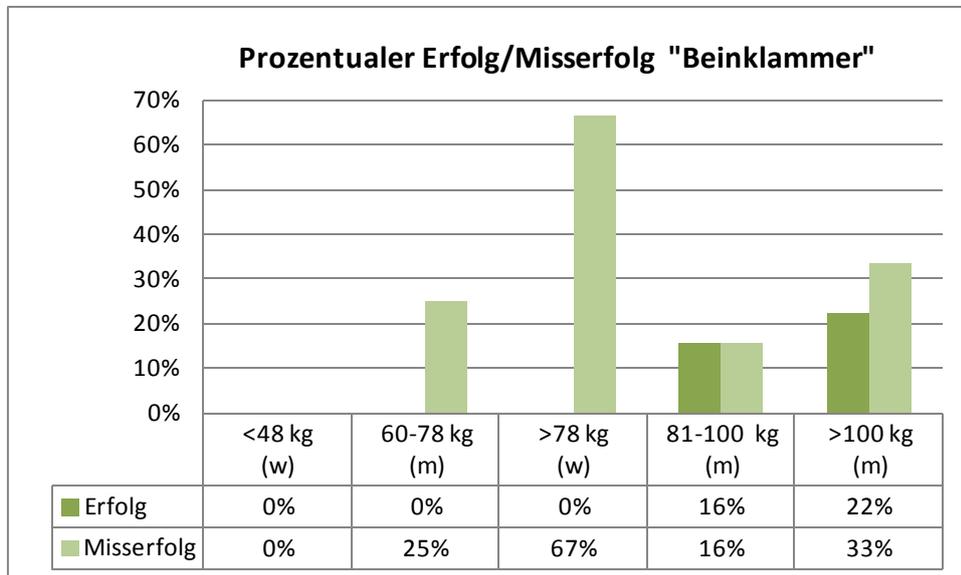


Diagramm 9-50: Gegenüberstellung von prozentualem Erfolg und Misserfolg der Technikategorie *Beinklammer* im Judo.

Trotz der höheren Häufigkeit innerhalb der männlichen Gewichtsklassen, zeigt der Vergleich von Häufigkeit und Erfolgsindex, dass einzig in der Klasse *männlich 81-100 kg* die hohe Häufigkeit durch eine 50% ige Wahrscheinlichkeit einen Erfolg zu erzielen, dieser hohen Anwendungsanzahl Rechnung trägt.

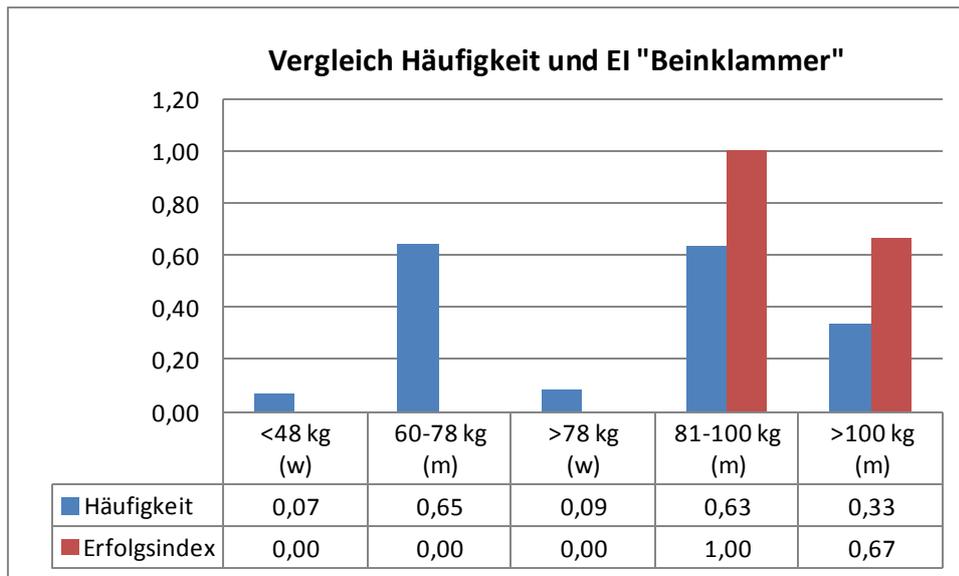


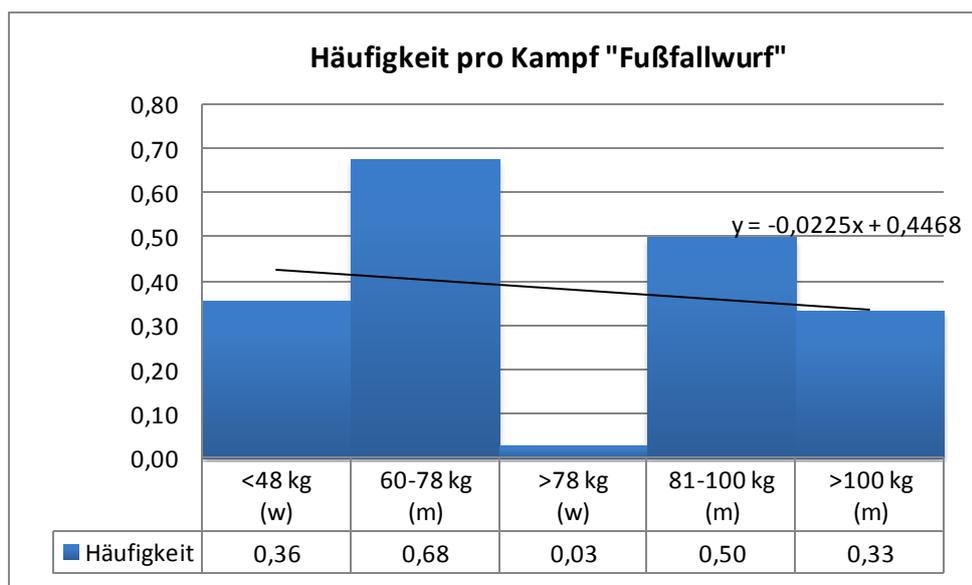
Diagramm 9-51: Gegenüberstellung der Häufigkeit und des EI der Technikategorie *Beinklammer* im Judo.

9.5.12 Fußballwurf

Eine genaue Beschreibung der Technikategorie *Fußballwurf* findet sich im Methodenteil zur anthropologischen Untersuchung (siehe Kapitel 7.2.3).

Häufigkeit

Die Häufigkeitsanalyse zeigt, dass es einen Trend gibt, mit zunehmendem Körpergewicht diese Technik weniger einzusetzen. Auffallende Ausnahmen von diesem Trend bilden die beiden weiblichen Gewichtsklassen (*weiblich <48 kg* und *weiblich >78 kg*).



$r_s = -0,3$ $r_{s^2} = 0,09$ $p(\text{zweiseitig}) n.s.$ $p(\text{einseitig}) n.s.$

Diagramm 9-52: Häufigkeit der Technikategorie *Fußfallwurf* im Judo, gemessen als durchschnittliche Anwendung pro Kampf. Die Häufigkeit wurde erhoben, indem die gezählten Techniken innerhalb einer Gewichtsklasse auf die Anzahl der Kämpfe der jeweiligen Gewichtsklasse verteilt wurden. Als statistischer Test wurde der Spearman-Rangkorrelationstest genutzt, um die Signifikanz der Daten zu prüfen. Die Ergebnisse des Tests finden sich unterhalb des Diagramms.

Bei der Gewichtsklasse *weiblich* >78 kg kommt es zu keiner relevanten Anzahl an Ausführungen (Häufigkeitswert 0,03).

Tabelle 9-30: Häufigkeit der Kategorie Fußfallwurf

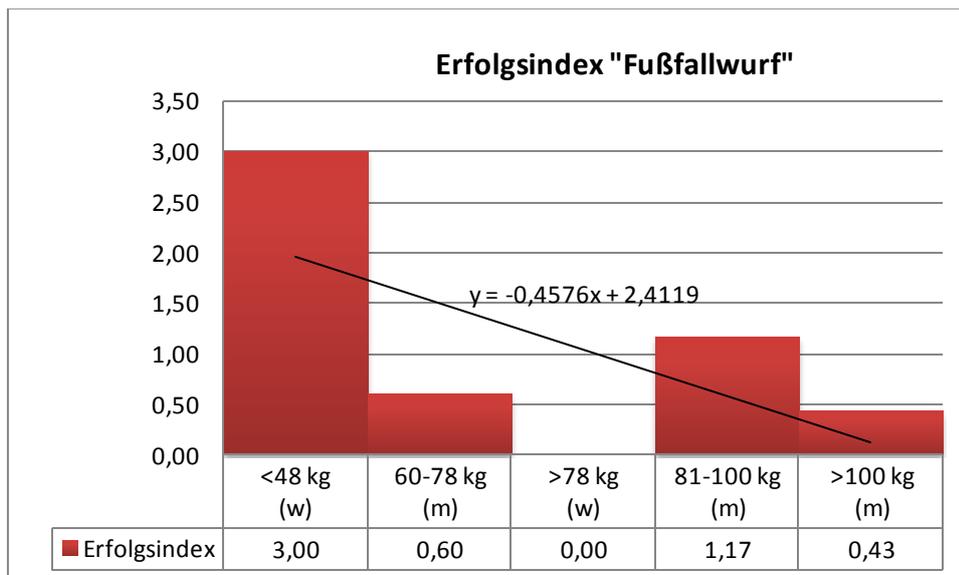
Gewichtsklasse in kg	Techniken N	N Kämpfe	Häufigkeit
<48 (w)	10	28	0,36
60- 78 (m)	21	31	0,68
>78 (w)	1	35	0,03
81-100 (m)	15	30	0,5
>100 (m)	10	30	0,33

Anmerkung zu Tabelle 9-30: Die Häufigkeit errechnet sich aus der Anzahl der Techniken geteilt durch die Anzahl der Techniken.

Die Ergebnisse zeigen eine schwache Tendenz, mit steigender Körpermasse die Technikategorie *Fußfallwurf* seltener einzusetzen. Ein statistisch signifikanter Zusammenhang

($r_s = -0,3$, $r_{s^2} = 0,09$, $p(\text{zweiseitig})n.s.$, $p(\text{einseitig}) n.s.$) zwischen dem Körpergewicht und der Häufigkeit der Technikkategorie ist nicht nachweisbar.

Erfolgsindex



$r_s = -0,5$ $r_{s^2} = 0,25$ $p(\text{zweiseitig}) n.s.$ $p(\text{einseitig}) n.s.$

Diagramm 9-53: Erfolgsindex der Technikkategorie *Fußfallwurf* im Judo, gemessen Erfolg pro Misserfolg. Der Erfolgsindex wurde erhoben, indem die erfolgreich eingesetzten Techniken innerhalb einer Gewichtsklasse auf durch die Anzahl misslungener Techniken dividiert wurde. Als statistischer Test wurde der Spearman-Rangkorrelationstest genutzt, um die Signifikanz der Daten zu prüfen. Die Ergebnisse des Tests finden sich unterhalb des Diagramms

Der erhobene Erfolgsindex der Technikkategorie *Fußfallwurf* zeigt, dass mit ansteigendem Körpergewicht eine erfolgreiche Umsetzung der Technik sinkt. Die leichteste der Gewichtsklassen *weiblich <48 kg* erreicht mit einem Index von 3 den höchsten Wert und übertrifft den nächst höheren um den Faktor 2. Die Gewichtsklasse *weiblich >78 kg* zeigt keinerlei Erfolge bei der Umsetzung dieser Techniken.

Neben der leichtesten Gewichtsklasse ist die Klasse *männlich 81-100 kg* die einzige, die einen Index >1 erreicht, und somit mehr Erfolge als Misserfolge beim Umsetzen der Technik aufweist. Während bei der Gewichtsklasse *männlich >100 kg* dies durch einen möglichen Grenzbereich des Verhältnisses Muskelkraft (Stemmen des Gegners) zu gegnerische Ge-

wichtskraft erklärt werden kann, ist der Wert von 0,6 in der Gewichtsklasse *männlich 60-78 kg* vermutlich außerhalb eines Größeneffektes zu finden.

Tabelle 9-31 Erfolgsindex Fußfallwurf

Gewichtsklasse in kg	Erfolg	Misserfolg	Index
<48 (w)	3	0	3,00
60- 78 (m)	3	5	0,06
>78 (w)	0	1	0,00
81-100 (m)	7	6	1,17
>100 (m)	3	7	0,43

Anmerkung zu Tabelle 9-31: Gezählt wurden die Techniken, die zu einem Erfolg bzw. Misserfolg führten. Der Index errechnet sich aus Erfolg pro Misserfolg.

Die Ergebnisse zeigen eine Tendenz, mit steigendem Körpergewicht die Technikkategorie *Fußfallwurf* seltener erfolgreich einzusetzen. Ein statistisch signifikanter Zusammenhang ($r_s = -0,5$, $r_{s^2} = 0,25$, $p(\text{zweiseitig})n.s.$, $p(\text{einseitig}) n.s.$ zwischen dem Körpergewicht und dem Erfolgsindex der Technikkategorie ist nicht nachweisbar.

Prozentualer Erfolg/ Misserfolg

Die direkte Gegenüberstellung prozentualen Erfolges und Misserfolges zeigt, dass in der leichtesten Gewichtsklasse und der Klasse *männlich 81-100 kg* die Erfolge die Misserfolge übertreffen. In der Gewichtsklasse *weiblich >78 kg* führt jede der wenigen Anwendungen zu einem Misserfolg.

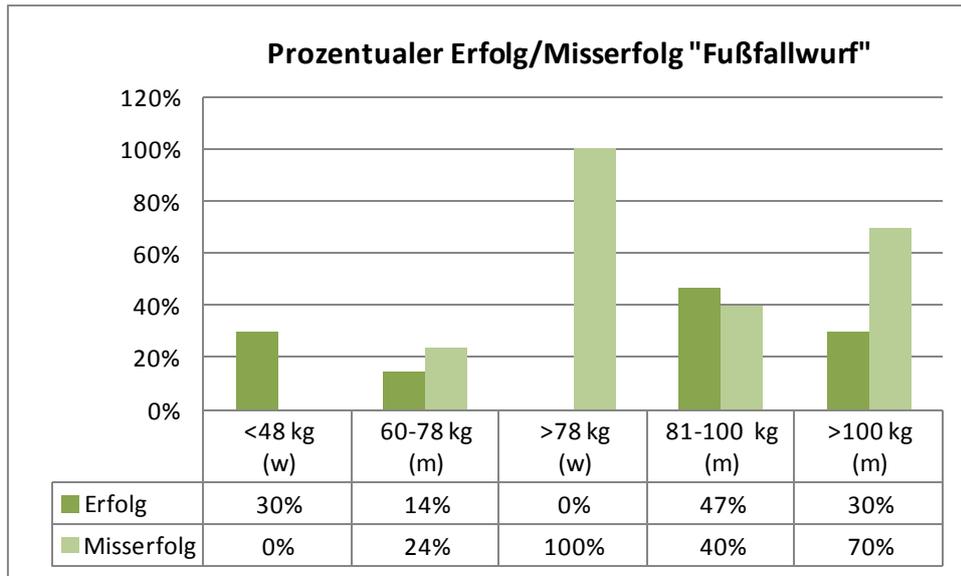


Diagramm 9-54: Gegenüberstellung von prozentualem Erfolg und Misserfolg der Technikkategorie *Fußfallwurf* im Judo.

Der graphische Vergleich von Häufigkeit und Erfolgsindex zeigt vor allem bei der Gewichtsklasse *weiblich <48 kg* eine deutliche Diskrepanz zwischen diesen beiden Parametern.

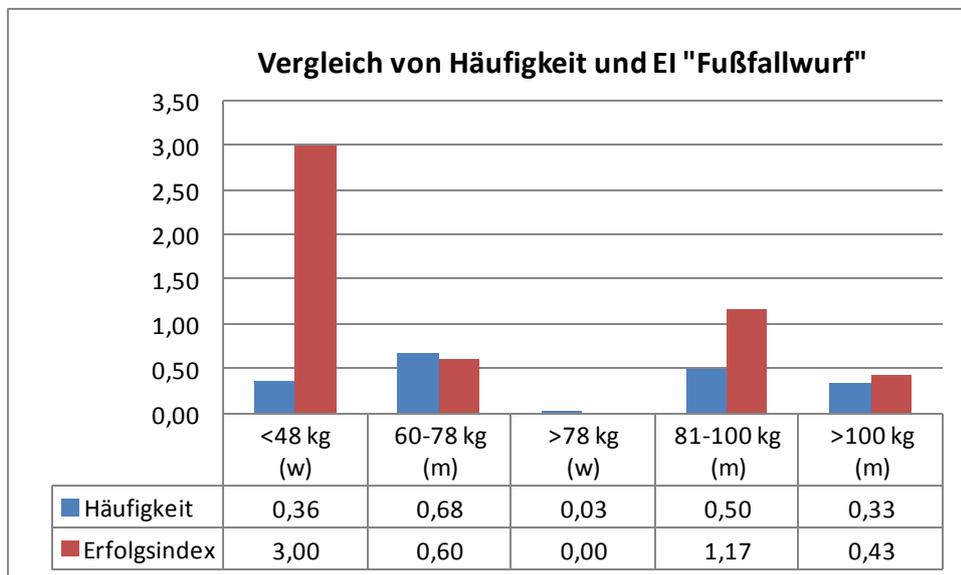


Diagramm 9-55: Gegenüberstellung der Häufigkeit und des EI der Technikkategorie *Fußfallwurf* im Judo.

9.6 Ergebnisse der Technikanalyse Ringen

Die Technikanalyse der Untersuchung beinhaltet im Ringen die folgenden Techniken:

Technikkategorien Ringen
Schwerpunktsenkung
Kreisblockade
Unterlaufen

Die geringe Anzahl an Kategorien ergibt sich aus der im Vergleich zum Judosport limitierten Möglichkeit einen Gegner zum Boden zu bringen. Die Unterschiede ergeben sich vor allem durch die unterschiedliche Kleidung, welche die Athleten im Ringen und im Judo tragen. Eine Beschreibung der Kategorien findet sich unter Kapitel 7.3.2.

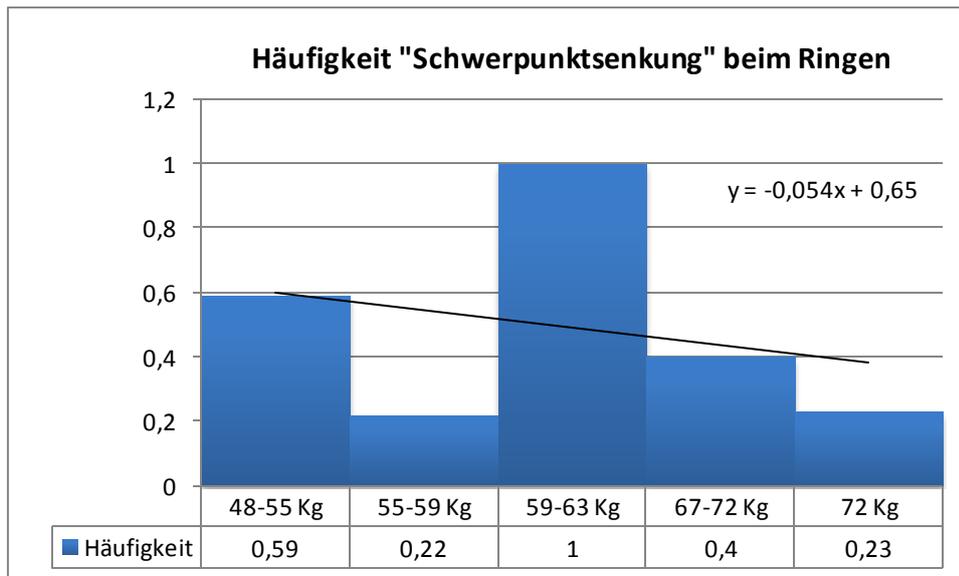
9.6.1 Schwerpunktsenkung

Eine genaue Beschreibung der Technikkategorie *Schwerpunktsenkung* findet sich im Methodenteil zur anthropologischen Untersuchung (siehe Kapitel 7.2.3).

Häufigkeit

Die Häufigkeit pro Kampf der Technikkategorie *Schwerpunktsenkung* zeigt eine verhältnismäßig heterogene Verteilung über alle Gewichtsklassen hinweg.

Aus dieser Verteilung ergibt sich allgemein ein schwach abfallender Trend, mit zunehmendem Körpergewicht die Techniken dieser Kategorie seltener einzusetzen. Dem Trend folgend fällt der Durchschnittswert (Anwendung pro Kampf) der zweit leichtesten Gewichtsklasse (55-59 kg) von 0,59 auf 0,22 Anwendungen pro Kampf.



$r_s = -0,2$ $r_{s^2} = 0,04$ $p(\text{zweiseitig}) \text{ n.s.}$ $p(\text{einseitig}) \text{ n.s.}$

Diagramm 9-60: Häufigkeit der Technikategorie *Schwerpunktsenkung* im Ringen, gemessen als durchschnittliche Anwendung pro Kampf. Die Häufigkeit wurde erhoben, indem die gezählten Techniken innerhalb einer Gewichtsklasse auf die Anzahl der Kämpfe der jeweiligen Gewichtsklasse verteilt wurden. Als statistischer Test wurde der Spearman-Rangkorrelationstest genutzt, um die Signifikanz der Daten zu prüfen. Die Ergebnisse des Tests finden sich unterhalb des Diagramms.

Die Gewichtsklasse *59-63 kg* weicht mit einem Wert von 1 deutlich vom allgemeinen Trend ab.

Dieser wird prinzipiell in den folgenden Gewichtsklassen zwar fortgesetzt (*67-72 kg*: 0,4) (>72Kg: 0,23), liegt allerdings mit dem Wert 0,4 höher als der Wert der Gewichtsklasse *55-59 kg* (Wert 0,22) .

Tabelle 9-34: Häufigkeit „Schwerpunktsenkung“ beim Ringen

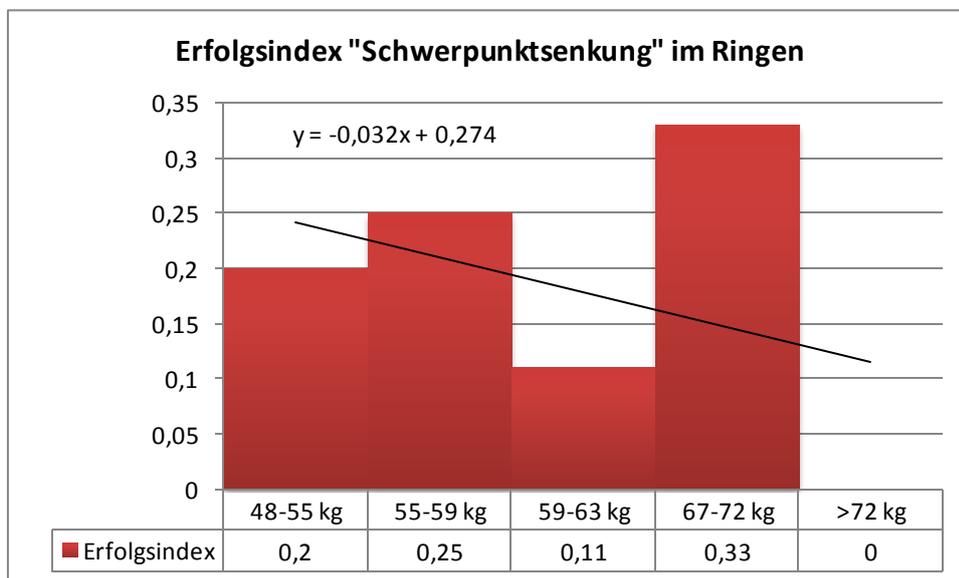
Gewichtsklasse in kg	N Techniken	N Kämpfe	Häufigkeit
48-55	10	17	0,59
55-59	5	22	0,22
59-63	10	10	1,00
67-72	4	10	0,40
72	3	13	0,23

Anmerkung zu Tabelle 9-34: Die Häufigkeit errechnet sich aus der Anzahl der Techniken geteilt durch die Anzahl der Kämpfe.

Die Ergebnisse zeigen insgesamt eine leichte Tendenz, mit steigendem Körpergewicht die Technikkategorie *Schwerpunktsenkung* seltener einzusetzen. Ein statistisch signifikanter Zusammenhang ($r_s = -0,2$, $r_{s^2} = 0,04$, $p(\text{zweiseitig})n.s.$, $p(\text{einseitig})n.s.$) zwischen dem Körpergewicht und der Häufigkeit Technikkategorie ist nicht festzustellen.

Erfolgsindex

Die Untersuchungen zum Erfolgsindex ergibt einen fallenden Trend. Mit zunehmendem Körpergewicht lässt sich die Kategorie *Schwerpunktsenkung* zunehmend weniger erfolgreich umsetzen. Der geringste Wert, neben dem Nullwert bei >72 kg, findet sich in der Gewichtsklasse $59-63$ kg mit $0,11$. Er steht der verhältnismäßig hohen Häufigkeit (Anwendungen pro Kampf) der Technik in dieser Gewichtsklasse (Wert: $1,0$.) konträr gegenüber. Trotz einer Häufigkeit von $0,23$ Anwendungen pro Kampf konnte in der Gewichtsklasse >72 kg keine der Techniken erfolgreich eingesetzt werden.



$r_s = 0,4$ $r_{s^2} = 0,16$ $p(\text{zweiseitig}) n.s.$ $p(\text{einseitig}) n.s.$

Diagramm 9-61: Erfolgsindex der Technikkategorie *Unterlaufen* im Ringen, gemessen Erfolg pro Misserfolg. Der Erfolgsindex wurde erhoben, indem die erfolgreich eingesetzten Techniken innerhalb einer Gewichtsklasse auf durch die Anzahl misslungener Techniken dividiert wurde. Als statistischer Test wurde der Spearman-Rangkorrelationstest genutzt, um die Signifikanz der Daten zu prüfen. Die Ergebnisse des Tests finden sich unterhalb des Diagramms.

In der schwersten Gewichtsklasse 72 kg konnte wegen ausgebliebener Erfolge kein Erfolgsindex ermittelt werden. Alle ermittelten Erfolgsindex liegen mit Werten zwischen 0,11 und 0,33 sehr niedrig.

Tabelle 9-35: Erfolgsindex Schwerpunktsenkung beim Ringen

Gewichtsklasse in kg	N Techniken	N Kämpfe	_Erfolgsindex
48-55	10	17	0,2
55-59	5	22	0,25
59-63	10	10	0,11
67-72	4	10	0,33
72	3	13	0,00

Anmerkung zu Tabelle 9-35: Gezählt wurden die Techniken, die zu einem Erfolg bzw. Misserfolg führten. Der Index errechnet sich aus Erfolg pro Misserfolg.

Die Ergebnisse zum Erfolgsindex zeigen insgesamt eine die Tendenz, mit steigendem Körpergewicht die Technikkategorie *Schwerpunktsenkung* zunehmend effektiver einzusetzen. Ein statistisch signifikanter Zusammenhang ($r_s = 0,4$, $r_{s^2} = 0,16$, $p(\text{zweiseitig})n.s.$, $p(\text{einseitig})n.s.$) zwischen dem Körpergewicht und dem Erfolgsindex der Technikkategorie ist nicht festzustellen.

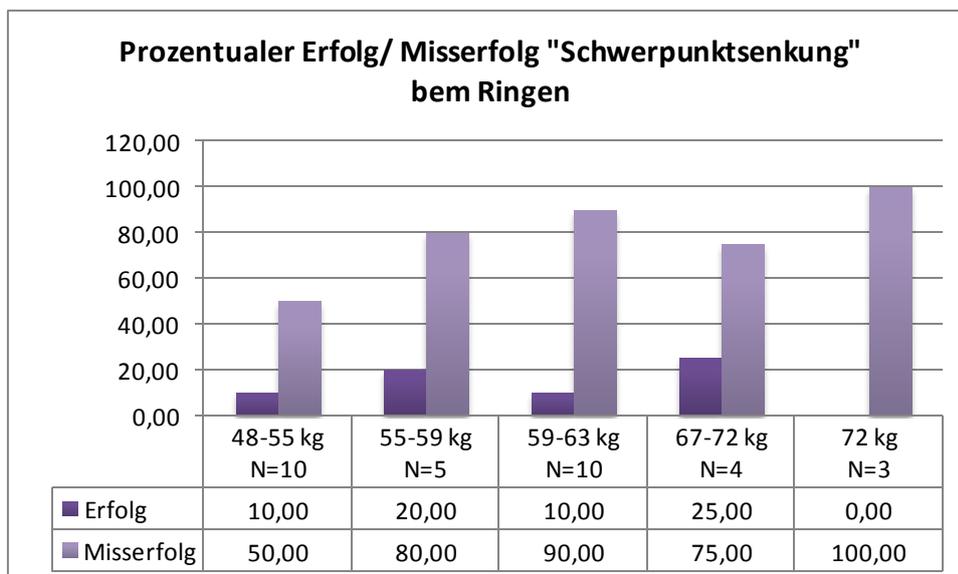


Diagramm 9-62: Gegenüberstellung von prozentualen Erfolg und Misserfolg der Kategorie *Schwerpunktsenkung* im Ringen.

Die direkte Gegenüberstellung von Erfolgsindex und Häufigkeit zeigt in den Klassen 48-55 kg, 59-63 kg und >72 kg, dass trotz geringer bzw. fehlender Erfolge sowie der damit verbundenen geringen Erfolgsaussichten die Techniken dieser Kategorie verhältnismäßig häufig eingesetzt werden (vgl. hierzu Diagramm 8-57 und 8-58).

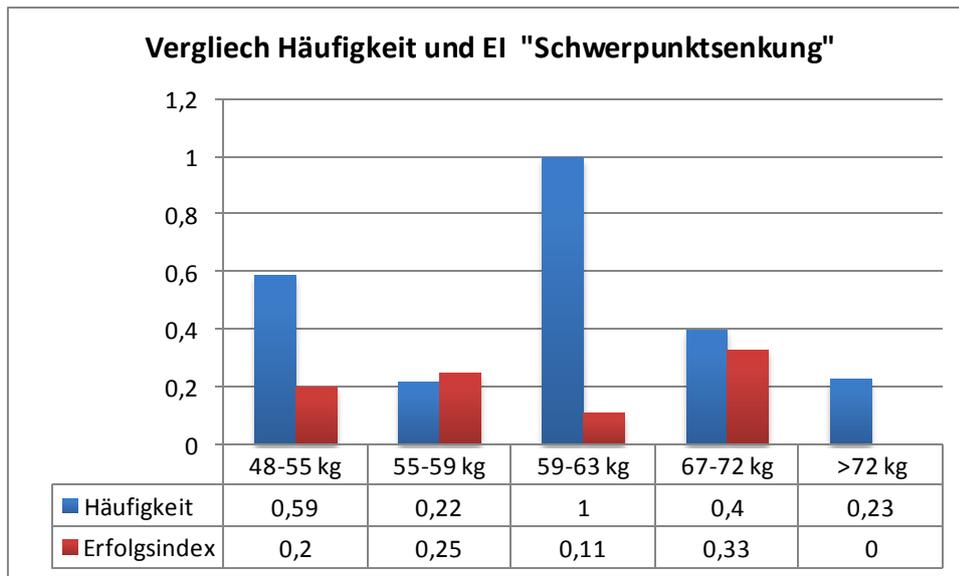


Diagramm 9-63: Gegenüberstellung der Häufigkeit und des EI der Technikkategorie *Unterlaufen* im Judo.

Vergleich mit den Judoergebnissen zur Schwerpunktsenkung

Die Ergebnisse zur Schwerpunktsenkung zeigen sowohl für die Häufigkeit als auch für den Erfolgsindex in beiden Sportarten gleiche Tendenzen. Sowohl im Judo als auch im Freistilringen wird die Technikkategorie *Schwerpunktsenkung* bei steigendem Körpergewicht seltener eingesetzt. Während der Erfolgsindex dieser Technikkategorie im Judo mit zunehmendem Körpergewicht steigt, fällt er im Ringen ab. Die Judoergebnisse sind für beide Parameter signifikant, beim Freistilringen ist dies nur für die Häufigkeit der Fall.

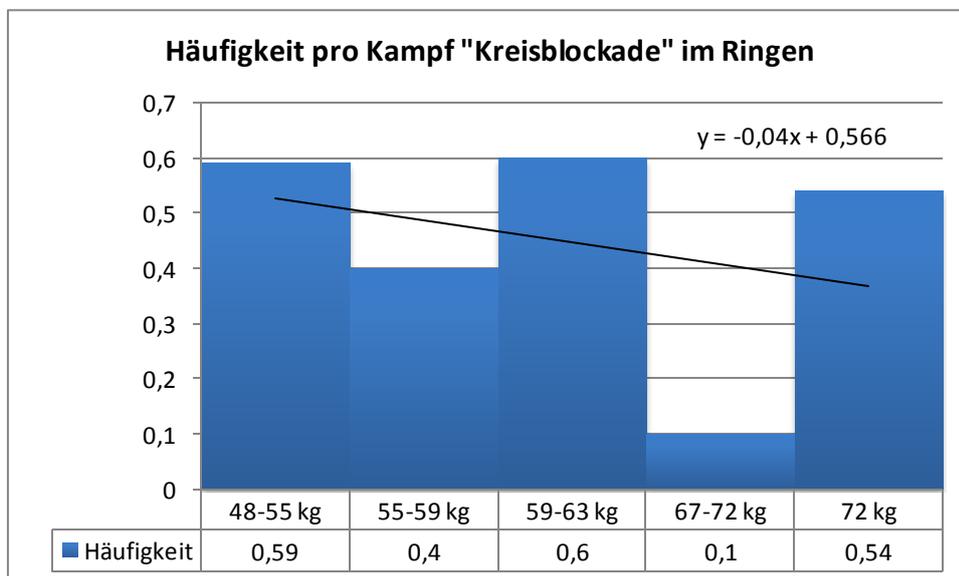
9.6.2 Kreisblockade

Eine genaue Beschreibung der Technikkategorie *Schwerpunktsenkung* findet sich im Methodenteil zur anthropologischen Untersuchung (siehe Kapitel 7.2.3).

Häufigkeit

Die Häufigkeit der Technikkategorie *Kreisblockade* (gemessen als durchschnittliche Anwendung pro Kampf) zeigt einen schwachen Trend dahingehend, dass mit zunehmendem Körpergewicht die Techniken dieser Kategorie seltener eingesetzt werden.

Insgesamt werden bei drei von fünf Gewichtsklassen (48-55 kg, 59-63 kg und >72 kg) unabhängig vom jeweiligen Körpergewicht verhältnismäßig hohe Werte von 0,54 bis 0,6 Anwendungen pro Kampf erzielt. Eine deutliche Abweichung zeigt die Gewichtsklasse 67-72 kg mit einem gemessenen Wert von durchschnittlich 0,1 Anwendungen pro Kampf.



$$r_s = -0,3 \quad r_{s^2} = 0,09 \quad p(\text{zweiseitig}) \text{ n.s.} \quad p(\text{einseitig}) \text{ n.s.}$$

Diagramm 9-64: Häufigkeit der Technikkategorie *Kreisblockade* im Ringen, gemessen als durchschnittliche Anwendung pro Kampf. Die Häufigkeit wurde erhoben, indem die gezählten Techniken innerhalb einer Gewichtsklasse auf die Anzahl der Kämpfe der jeweiligen Gewichtsklasse verteilt wurden. Als statistischer Test wurde der Spearman-

Rangkorrelationstest genutzt, um die Signifikanz der Daten zu prüfen. Die Ergebnisse des Tests finden sich unterhalb des Diagramms.

Tabelle 9-36: Häufigkeit „Kreisblockade“ pro Kampf beim Ringen

Gewichtsklasse in kg	N Techniken	N Kämpfe	Häufigkeit
48-55	10	17	0,59
55-59	9	22	0,4
59-63	6	10	0,6
67-72	1	10	0,1
72	7	13	0,54

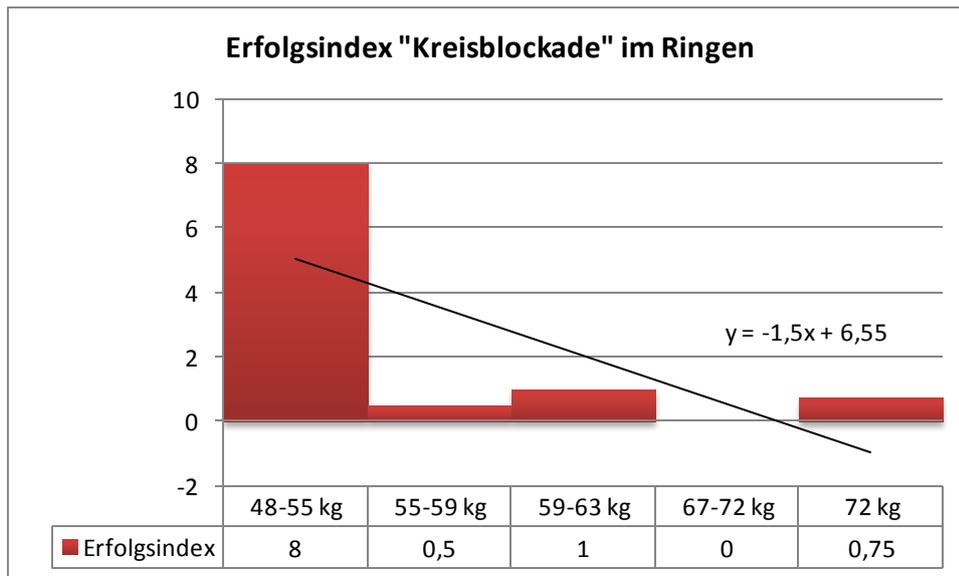
Anmerkung zu Tabelle 9-8: Die Häufigkeit errechnet sich aus der Anzahl der Techniken geteilt durch die Anzahl der Kämpfe.

Die Ergebnisse zeigen eine leichte Tendenz, mit steigendem Körpergewicht die Technikategorie *Kreisblockade* seltener einzusetzen. Ein statistisch signifikanter Zusammenhang ($r_s = -0,3$, $r_{s^2} = 0,09$, $p(\text{zweiseitig})n.s.$, $p(\text{einseitig})n.s.$) zwischen dem Körpergewicht und der Häufigkeit der Technikategorie kann nicht festgestellt werden..

Erfolgsindex

Die Ergebnisse zur erfolgreichen Umsetzung der Technik gemessen als Erfolgsindex (EI) zeigen einen allgemein festzustellenden Trend, der demjenigen der Häufigkeit (Anwendungen pro Kampf) folgt. Mit zunehmendem Körpergewicht findet immer seltener eine erfolgreiche Umsetzung der Techniken dieser Kategorie statt (vgl. Diagramm 9-65).

Die leichteste Gewichtsklasse (48-55 kg) zeigt einen überdurchschnittlich hohen Wert von 8 Erfolgen pro Misserfolg. Alle übrigen Gewichtsklassen liegen bei Werten zwischen 0,5 und 1 Erfolgen pro Misserfolg, wobei in der Gewichtsklasse 67-72 kg kein Erfolg gemessen wurde.



$r_s = -0,5$ $r_{s^2} = 0,25$ $p(\text{zweiseitig}) \text{ n.s.}$ $p(\text{einseitig}) \text{ n.s.}$

Diagramm 9-65: Erfolgsindex der Technikategorie *Kreisblockade* im Ringen, gemessen Erfolg pro Misserfolg. Der Erfolgsindex wurde erhoben, indem die erfolgreich eingesetzten Techniken innerhalb einer Gewichtsklasse auf durch die Anzahl misslungener Techniken dividiert wurde. Als statistischer Test wurde der Spearman-Rangkorrelationstest genutzt, um die Signifikanz der Daten zu prüfen. Die Ergebnisse des Tests finden sich unterhalb des Diagramms .

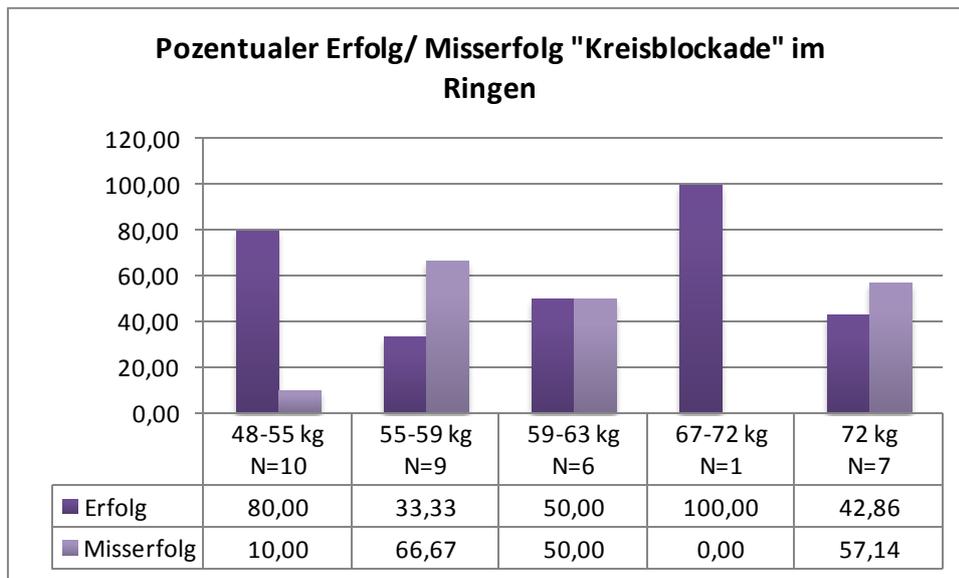
Tabelle 9-37: Erfolgsindex Kreisblockade beim Ringen

Gewichtsklasse in kg	N Techniken	N Kämpfe	Erfolgsindex
48-55	10	17	8,00
55-59	9	22	0,50
59-63	6	10	1,00
67-72	1	10	0,00
72	7	13	0,75

Anmerkung zu Tabelle 9-37: Gezählt wurden die Techniken, die zu einem Erfolg bzw. Misserfolg führten. Der Index errechnet sich aus Erfolg pro Misserfolg.

Die Ergebnisse zum Erfolgsindex zeigen eine Tendenz, mit steigendem Körpergewicht die Technikategorie *Kreisblockade* seltener erfolgreicher einzusetzen. Der Trend wird maßgeblich durch den hohen Wert der Klasse *48-55 kg* bestimmt. Alle übrigen Gewichtsklassen weisen einen gegenläufigen Trend auf. Ein statistisch bedeutsamer Zusammenhang ($r_s = -0,5$, $r_{s^2} = 0,25$, $p(\text{zweiseitig}) \text{ n.s.}$, $p(\text{einseitig}) \text{ n.s.}$) zwischen dem Körpergewicht und Erfolgsindex der Technikategorie besteht nicht.

Prozentualer Erfolg/Misserfolg



$$\chi^2 (\text{Erfolg gegen Misserfolg}) = 3,4732 \quad p \leq 0,1$$

Diagramm 9-66: Gegenüberstellung prozentualen Erfolgs und Misserfolgs der Technikkategorie *Kreisblockade* im Ringen.

Der direkte Vergleich von Häufigkeit und Erfolg einer Anwendungen zeigt deutlich, dass in der leichtesten Gewichtsklasse eine verhältnismäßig häufigere Anwendung mit einer höheren Erfolgsaussicht (begründet in gemessenen Erfolgen) korreliert (vgl. Diagramm 9-63 u. 9-64). In der Gewichtsklasse 67-72 kg korreliert das Ausbleiben einer erfolgreichen Anwendung mit einer geringen Häufigkeit von 0,1 Anwendungen pro Kampf. Aufgrund der sich unterscheidenden Werte der Gewichtsklasse 48-55 kg wurden statistisch die Werte der leichtesten Klasse gegen die restlichen Klasse getestet. Hierfür wurde ein Chi-Quadrat-Test (χ^2) durchgeführt. Im Chi-Quadrat-Test wurden die Werte *Erfolg* gegen *Misserfolg* der leichtesten Klasse gegen alle anderen getestet. Die Klasse 48-55 kg und liegt nahe der Signifikanzgrenze ($\chi^2 = 3,732 \quad p \leq 0,1$) im Vier-Felder-Test.

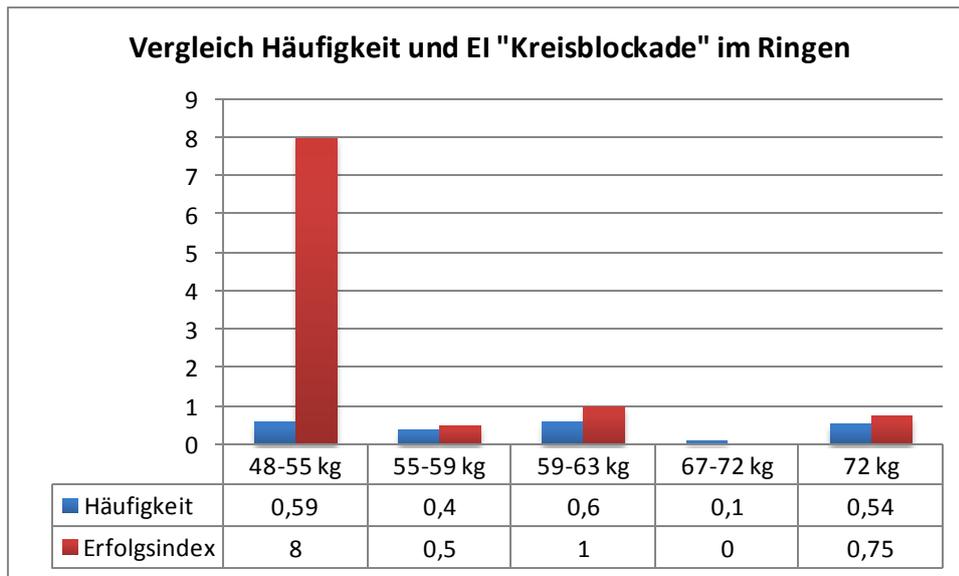


Diagramm 9-67: Gegenüberstellung der Häufigkeit des EI der Technikategorie *Kreisblockade* im Ringen.

Vergleich mit den Judoergebnissen zur Kreisblockade

Beide Kampfsportarten zeigen eine ähnliche Tendenz bezüglich der Häufigkeit. Mit steigendem Körpergewicht wird in beiden Sportarten die Technikategorie *Kreisblockade* seltener eingesetzt. Sowohl die Judoergebnisse als auch die Ringerergebnisse sind bezüglich der Häufigkeit nicht signifikant. Eine unterschiedliche Tendenz findet sich im Judo bezüglich des Erfolgsindex, der beim Judo mit steigender Körpermasse ansteigt. Die Judoergebnisse zum Erfolgsindex sind im Gegensatz zu den Daten der Ringeruntersuchung signifikant.

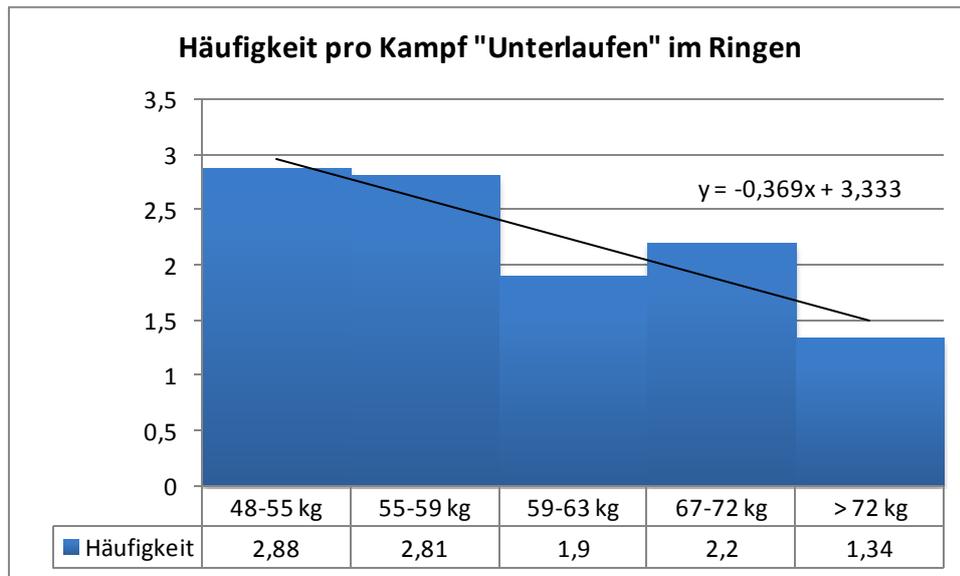
9.6.3 Unterlaufen

Die Bewegungsabfolge der Ringer-Technikategorie *Unterlaufen* entspricht derjenigen, die auch von den Judoka angewendet wird. Eine genaue Beschreibung der Technikategorie *Unterlaufen* findet sich im Methodenteil zur anthropologischen Untersuchung (siehe Kapitel 7.2.3).

Häufigkeit

Die Häufigkeit, gemessen als durchschnittlicher Einsatz pro Kampf, dieser Technikategorie zeigt, dass mit zunehmendem Körpergewicht diese Technik seltener genutzt wird (vgl. Diagramm 9-56).

Die leichteste Gewichtsklasse dieser Untersuchung (48-55 kg) weist den höchsten gemessenen Wert von 2,88 auf. Der geringste Wert 1,34 wurde in der schwersten Gewichtsklasse (>72 kg) gemessen. Eine Ausnahme von dem abfallenden Trend bildet die Gewichtsklasse 67-72 kg, die mit einem gemessenen Wert von 2,2 Anwendungen pro Kampf leicht zur vorangehenden Gewichtsklasse (56-63 kg, Wert 1,9) ansteigt.



$$r_s = -0,9 \quad r_{sz} = 0,81 \quad p(\text{zweiseitig}) \leq 0,05 \quad p(\text{einseitig}) \leq 0,01$$

Diagramm 9-56: Häufigkeit der Technikategorie *Unterlaufen* im Ringen, gemessen als durchschnittliche Anwendung pro Kampf. Die Häufigkeit wurde erhoben, indem die gezählten Techniken innerhalb einer Gewichtsklasse auf die Anzahl der Kämpfe der jeweiligen Gewichtsklasse verteilt wurden. Als statistischer Test wurde der Spearman-Rangkorrelationstest genutzt, um die Signifikanz der Daten zu prüfen. Die Ergebnisse des Tests finden sich unterhalb des Diagramms.

Tabelle 9-32: Häufigkeit „Unterlaufen“ beim Ringen

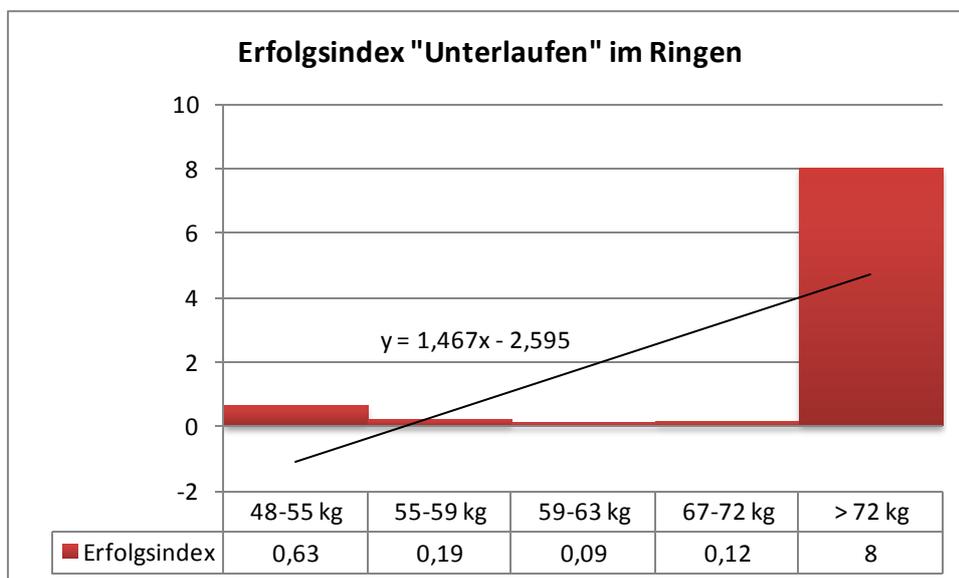
Gewichtsklasse in kg	N Techniken	N Kämpfe	Häufigkeit
48-55	49	17	2,88
55-59	62	22	2,81
59-63	19	10	1,9
67-72	22	10	2,2
> 72	18	13	1,34

Anmerkung zu Tabelle 9-32: Die Häufigkeit errechnet sich aus der Anzahl der Techniken geteilt durch die Anzahl der Kämpfe.

Insgesamt zeigen die Ergebnisse eine Tendenz, mit steigendem Körpergewicht die Technik-kategorie *Unterlaufen* seltener einzusetzen. Ein statistisch signifikanter Zusammenhang ($r_s = -0,9$, $r_{s^2} = 0,81$, $p(\text{zweiseitig}) \leq 0,05$, $p(\text{einseitig}) \leq 0,01$) zwischen dem Körpergewicht und der zunehmendem Erfolg der Technik-kategorie ist signifikant. Insbesondere einseitig getestet ergibt sich eine diesbezüglich Irrtumswahrscheinlichkeit von $\leq 1\%$.

Erfolgsindex

Die Erfolgsanalyse der Technik-kategorie *Unterlaufen* zeigt einen allgemein festzustellenden Trend (vergl. Trendlinie), dass mit zunehmendem Körpergewicht die erfolgreiche Anwendung dieser Technik zunimmt. Tatsächlich jedoch fällt die erfolgreiche Anwendung in den leichtesten drei Gewichtsklassen mit zunehmendem Gewicht ab und steigt dann in der Gewichtsklasse 67-72 kg auch nur minimal von 0,09 auf 0,12.



$r_s = 0,1$ $r_{s^2} = 0,01$ $p(\text{zweiseitig}) \text{ n.s.}$ $p(\text{einseitig}) \text{ n.s.}$

Diagramm 9-57: Erfolgsindex der Technik-kategorie *Unterlaufen* im Ringen, gemessen als Erfolg pro Misserfolg. Der Erfolgsindex wurde erhoben, indem die erfolgreich eingesetzten Techniken innerhalb einer Gewichtsklasse auf durch die Anzahl misslungener Techniken dividiert wurde. Als statistischer Test wurde der Spearman-Rangkorrelationstest genutzt, um die Signifikanz der Daten zu prüfen. Die Ergebnisse des Tests finden sich unterhalb des Diagramms

Bis auf die schwerste Gewichtsklasse ($>72\text{ kg}$) finden sich in allen anderen untersuchten Gewichtsklassen geringe Werte zwischen 0,09 und 0,63.

Die schwerste Gewichtsklasse ($>72\text{ kg}$) weicht mit einem Wert von 8 (!) deutlich von den restlichen Ergebnisse ab. Ein solch hoher Wert (über 1,0) bedeutet, dass Techniken dieser Kategorie äußerst erfolgreich in dieser Klasse umgesetzt wird. Der gemessene Wert in dieser Gewichtsklasse erklärt den oben beschriebenen Verlauf der allgemeinen Trendlinie bezüglich der erfolgreichen Anwendung der Kategorie *Unterlaufen*.

Tabelle 9-33: Erfolgsindex Unterlaufen beim Ringen

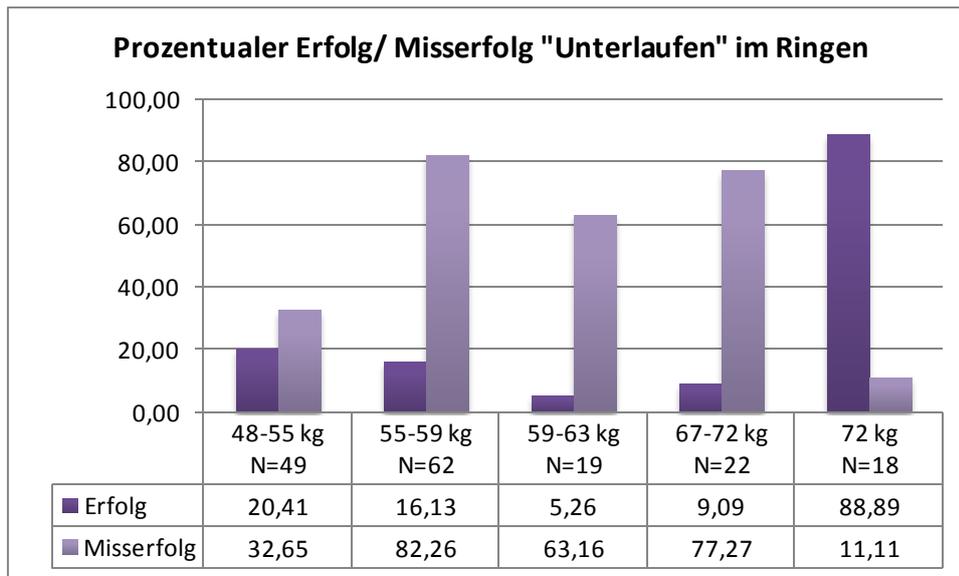
Gewichtsklasse in kg	N Techniken	N Kämpfe	Erfolgsindex
48-55	49	17	0,63
55-59	62	22	0,19
59-63	19	10	0,09
67-72	22	10	0,12
>72	18	13	8,00

Anmerkung zu Tabelle 9-33: Gezählt wurden die Techniken, die zu einem Erfolg bzw. Misserfolg führten. Der Index errechnet sich aus Erfolg pro Misserfolg.

Die Ergebnisse zeigen bedingt durch die Klasse $>72\text{ kg}$ eine Tendenz, mit steigender Gewichtsklasse die Technikkategorie *Unterlaufen* erfolgreicher einzusetzen. Alle anderen Gewichtsklassen zeigen ohne $>72\text{ kg}$ einen umgekehrten Trend, mit steigendem Körpergewicht die Technik weniger erfolgreich einzusetzen. Ein statistisch signifikanter Zusammenhang ($r_s = 0,1$, $r_{s^2} = 0,01$, $p(\text{zweiseitig})n.s.$, $p(\text{einseitig})n.s.$) zwischen dem Körpergewicht und der Erfolgsindex der Technikkategorie kann nicht festgestellt werden.

Prozentualer Erfolg/Misserfolg

Der direkte Vergleich des prozentualen Erfolges und Misserfolges verdeutlicht die Ergebnisse des oben beschriebenen Erfolgsindex. In allen Gewichtsklassen außer $>72\text{ kg}$ überwiegt deutlich der prozentuale Misserfolg. Der prozentuale Erfolg der schwersten Gewichtsklasse übertrifft den Misserfolg um mehr als das Vierfache.



χ^2 (Erfolg gegen Misserfolg) = 42,99 $p \leq 0,001$

Diagramm 9-58: Gegenüberstellung von prozentualem Erfolg und Misserfolg der Technikkategorie *Unterlaufen* im Ringen.

Aufgrund der sich stark unterscheidenden Werte der Gewichtsklasse $>72 \text{ kg}$ wurden statistisch die Werte der schwersten Klasse gegen die restlichen Klasse getestet. Hierfür wurde ein Chi-Quadrat-Test (χ^2) durchgeführt. Im Chi-Quadrat-Test wurden die Werte *Erfolg* gegen *Misserfolg* der schwersten Klasse gegen alle anderen getestet und weicht signifikant ($\chi^2 = 42,99$ $p \leq 0,001$) im Vier-Felder-Test ab. Der hohen Erfolgsmessung der Gewichtsklasse $>72 \text{ kg}$ steht eine abnehmende Häufigkeit der Anwendung gegenüber.

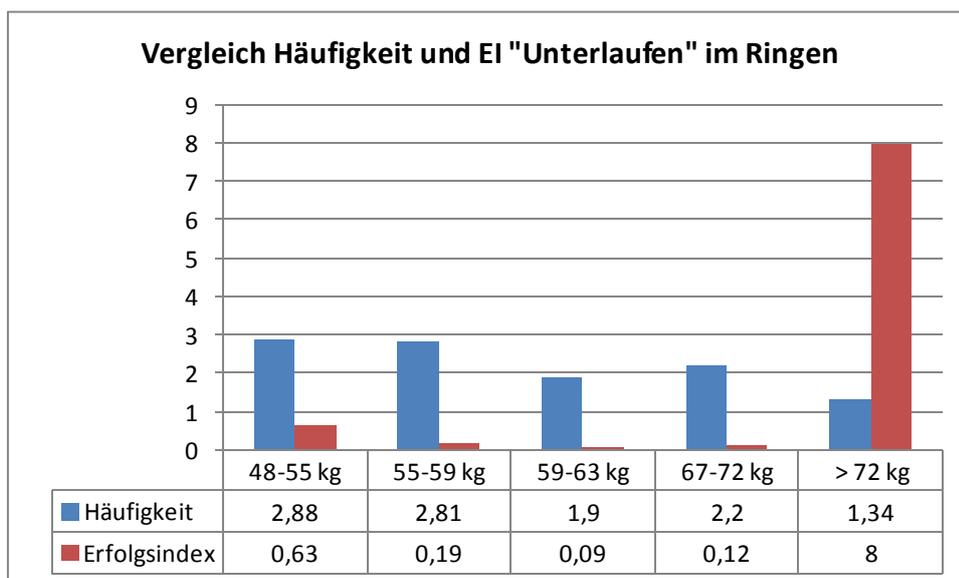


Diagramm 9-59: Gegenüberstellung der Häufigkeit und EI der Technikkategorie *Unterlaufen* im Ringen.

Vergleich mit den Judoergebnissen zur Kreisblockade

Beide Kampfsportarten zeigen eine ähnliche Tendenz bezüglich der Häufigkeit. Mit steigendem Körpergewicht wird in beiden Sportarten die Technikategorie *Kreisblockade* seltener eingesetzt. Die Ringerergebnisse sind diesbezüglich signifikant. Eine unterschiedliche Tendenz findet sich im Judo bezüglich des Erfolgsindex, der beim Judo mit steigender Körpermasse sinkt. Die Judoergebnisse zum Erfolgsindex sind im Gegensatz zu den Daten der Ringeruntersuchung (einseitig getestet) signifikant.

10 Diskussionen

10.1 Diskussion der zoologischen Untersuchung

Die analysierten Videos wurden nicht unter kontrollierten Laborbedingungen erstellt. Die Verwendung von Videos, deren technisches Zustandekommen nicht mehr nachvollziehbar ist, birgt die Gefahr, dass die zu untersuchenden Verhaltensweisen nicht adäquat messbar sind. Äußere Faktoren, die das Verhalten des Tieres möglicherweise mit beeinflussten, können nur anhand des eigentlichen Bildmaterials gemessen werden. Eine wirkliche Einberechnung äußerer Faktoren war in dieser Untersuchung nicht möglich. Neben physiologischen und psychologischen Parametern, die das Verhalten beeinflussen, kann der Beobachter zum Teil erheblichen Einfluss auf das Verhalten des Tieres haben (NAGUIB 2006). Äußere Faktoren, wie das Bodensubstrat spielen für die Lokomotion eine wesentliche Rolle (USHERWOOD & WILSON 2005). Der Einfluss des Substrates muss auch für Bewegungen in Kommentkämpfen angenommen werden, konnte in dieser Untersuchung jedoch keine Berücksichtigung finden. Diesen Fehlerquellen wurde versucht durch sorgfältige Prüfung im Vorfelde entgegenzuwirken (vgl. Kapitel 6.2 und 6.3), sie konnten jedoch gegenüber laborkontrollierten Videos nicht restlos vermieden werden.

Für die zoologische Untersuchung stand verhältnismäßig wenig Videomaterial zur Verfügung. Alle Ergebnisse zur zoologischen Untersuchung müssen daher als festzustellende Tendenz verstanden werden, die im Rahmen dieser Arbeit auf einer verhältnismäßig kleinen Stichprobenanzahl berechnet wurden. Nach den gefunden Tendenzen, die innerhalb dieser Arbeit eindeutig aufgezeigt werden konnten, wären weiterführende Untersuchungen dahingehend wünschenswert die Ergebnisse statistisch abgesicherter zu vertiefen.

10.1.1 Hypothese HZ1

Mit steigendem Körpergewicht verliert die Körperkraft für den Kampf an Bedeutung, da die Gewichtskraft kampfentscheidender wird.

Für eine Überprüfung der ersten Hypothese müssen vor allem die Ergebnisse der Verhaltenskategorien „Umsatz von Lageenergie“ und „Umsatz von Schubenergie“ betrachtet werden. Diese Kategorien fallen bei der Überprüfung der ersten Hypothese besonders ins Gewicht, weil vom Umsatz der Lageenergie auf die Bedeutung der Gewichtskraft und vom Umsatz der Schubenergie auf die Bedeutung der Körper- und Gewichtskraft geschlossen werden kann.

Grundsätzlich scheinen die Ergebnisse zum Umsatz von Schubenergie und zur Lageenergie der ersten Hypothese (HZ1) zu widersprechen. Bei genauerer Betrachtung können diese Widersprüche zumindest in Teilen aufgelöst werden.

Der Umsatz von Schubenergie bedeutet im Rahmen dieser Untersuchung aus einem bestehenden Körperkontakt zum Gegner diesen durch Muskelkraft (meist als Lokomotionsbewegung) wegzuschieben. In diese durch chemische Energie ausgeführte Muskelbewegung kann partiell die Umsetzung von Lageenergie unterstützend durch Schwerpunktverlagerung (Hineinlehnen in den Kontrahenten) wirken. Bei der Betrachtung der Ergebnisse vor dem Hintergrund der HZ1 gilt es sich bewusst zu machen, ob man sie aus Perspektive des Angreifers oder des Verteidigers betrachtet. Bei der Betrachtung des Angreifers bestätigt sich HZ1 tatsächlich nicht. Der scheinbare Widerspruch zwischen HZ1 und den Ergebnissen zum Schub kommt zustande, wenn man die Ergebnisse nur aus dieser Perspektive betrachtet.

Bedeutung für den Angreifer:

Eine erste bedeutsame Grenze zeigt sich in den Ergebnissen ab ca. 9 kg. Unterhalb dieser Masse findet sich kein Umsatz von Schubenergie, er wird völlig durch Impulsübertragungen ersetzt. Das bedeutet, dass unter 10 kg die Muskelkraft allein keinen bedeutenden Faktor im Kommentkampf darstellt wenn sie manipulierend direkt auf den Gegner wirken soll. Das Verhältnis Muskelkraft zu gegnerischer Muskelkraft in Form von Schieben erhält erst ab einem Größenbereich von 10 kg eine messbare Relevanz. Unterhalb dieser Gewichtsgrenze

wird die geringe Muskelkraft sowie die leichte Masse vor allem durch eine hohe Beschleunigung des eigenen Körpers ausgeglichen.

Der Bereich 10 bis 100 kg (Massebereich B), in dem erstmalig ein vermehrtes Auftreten von Schubenergie einsetzt, wird in dieser Untersuchung von der Primatengruppe dominiert. Beim heraus Rechnen der Primaten zeigt sich der Schubeinsatz erstmals bei über 100 kg (Massebereich B2). Die Besonderheiten in der Morphologie und Anatomie der Primaten (Greifhände, bipeder Gang, frontale Augenstellung) scheinen den Schubeinsatz innerhalb dieses Taxons zu begünstigen. Die zeitweise bipede Fortbewegungsmöglichkeit bei gleichzeitiger sich in den Kontrahenten klammernden Greifbewegung ist als begünstigender Faktor zu deuten, der in diesem Bereich zu Schubbewegungen führt, die ohne diese körperliche Voraussetzung erst bei Körpermassen von über 100 kg auftreten.

Die 100 kg-Grenze zeigt nicht nur einen erstmaligen schubeenergetischen Körpereinsatz unter Nicht-Primaten sondern gleichzeitig auch im Vergleich zu den Primaten deutlich höhere Werte (Primaten schubeenergetischer Anteil maximal 6 %, übrige Säugetiere maximal 48%).

Die Ausführung in Massebereichen 100 kg – 1000 kg findet anatomisch bedingt entweder Ähnlichkeit zu der Ausführung der Primatengruppe (hier vor allem bei Bären) oder beschränkt sich auf ein „reines“ Schieben, bei dem quadruped gegen den Gegner gearbeitet wird (Kopf gegen Kopf, Flanke gegen Flanke).

Die Umsetzung einer reinen Schubbewegung nimmt bei Huftieren mit zunehmender Körpermasse ab. Gleichzeitig findet sich an dieser Stelle eine Zunahme der Impulsübertragung vor allem in den Bereichen über 1000 kg.

Bedeutung für den Verteidiger:

Die Daten zur Schubenergie und der scheinbare Widerspruch zu HZ1 relativiert sich, wenn ein Perspektivwechsel hin zum Verteidiger stattfindet. In hohen Massebereichen wird hauptsächlich gegen die Gewichtskraft des Verteidigers gearbeitet und weniger gegen seine Muskelkraft. Für den Verteidiger erhält HZ1 aufgrund der stärker ansteigenden Gewichtskraft und (im Vergleich zur Muskelkraft) Gültigkeit, da ein hohes Gewicht ihm mehr Vorteile verschafft.

Ähnlich wie bei sehr leichten Tieren (unter 10 kg) scheint ab 1000 kg erneut die Muskelkraft ein limitierender Faktor zu sein. Bei unter 10 kg reicht die Muskelkraft bei geringer Masse nicht aus den gegnerischen Körper gegen dessen Muskelkraft wegzubewegen. Bei Tieren unterhalb von 10 kg Körpermasse ist die geringere Muskelkraft bzw. die genau so große gegnerische Muskelkraft das Problem für den Angreifer. Hier arbeitet Muskelkraft gegen Muskelkraft. Die ruhende Masse des Gegners stellt kein Problem dar und die eigene beschleunigte Masse (siehe *Impulsübertragung*) wird als Werkzeug genutzt.

Tabelle 10-1: Massebereiche und limitierende Faktoren

Massebereiche	Prinzipien und limitierende Faktoren
Kleine Tiere (< 10 kg)	Eigene Muskelkraft gegen Muskelkraft und Masse: Problem die gegnerische Muskelkraft
Große Tiere (> 1000 kg)	Eigene Muskelkraft gegen Muskelkraft und Masse: Problem die gegnerische Gewichtskraft (Masse)

Ab 1000 kg Körpermasse sinkt der Schubenergieeinsatz erneut. Die gegnerische Muskelkraft, gegen die gearbeitet werden muss, ist nicht der limitierende Faktor. Im Bereich von über 1000 kg ist die gegnerische Masse der limitierende Faktor und folgt dem allometrischen Grundproblem (die Muskelkraft steigt langsamer als die Gewichtskraft). Dass innerhalb des „Schubenergieumsatzes“ erkannt werden kann, dass in Massebereich <10 kg die Masse kein Problem darstellt wohl aber in Massebereich 100 kg-1000 kg, bestätigt die erste zoologische Hypothese aus Perspektive des Verteidigers. Weitere Hinweise zur Bestätigung dieses Aspektes finden sich in der Diskussion zum „Lageenergieumsatz“.

Tiere über einer Tonne Körpermasse haben eventuell zu wenig Muskelkraft zur Verfügung, um die gegnerische Masse effektiv wegzuschieben. In diesen Bereichen kann die auf den Gegner wirkende Kraft durch eine Beschleunigung des Körpers erhöht werden (vgl. Daten zur Impulsübertragung). Durch eine geringe Beschleunigungsstrecke werden größere Verletzungen unter gleichzeitig effektiver Krafterhöhung vermieden. Die Ergebnisse zeigen, dass die Schubbewegung tendenziell bei schwereren Tieren zunimmt. Dies kann als Anpassung an das erhöhte Verletzungsrisiko bei Impulsübertragung (siehe Kapitel 5.1 und Kapitel 8.3) be-

trachtet werden. Die Kräfte fallen beim Schub aufgrund geringer Beschleunigung niedriger aus. Im Falle der wenigen aber auffälligen Anstiege der Impulsübertragung bei >2500 kg werden Kräfte notwendigerweise reduziert. Dies geschieht in diesen Fällen durch eine kurze Beschleunigungsstrecke. Die anteiligen Massen bleiben in beiden Fällen dieselben, allerdings findet die Beschleunigung der eigenen und der des gegnerischen Körpers beim Schub erst nach Körperkontakt statt. Eine Beschleunigung vor Körperkontakt fehlt zwischen 250 kg und 2500 kg fast gänzlich und reduziert die resultierende Kraft. Die Ergebnisse zum Umsatz von Schubenergie können also unter Berücksichtigung der Perspektive (Angreifer oder Verteidiger) in Bezug auf die erste Hypothese als bestätigend interpretiert werden.

Die Ergebnisse zum Umsatz von Lageenergie scheinen zunächst ebenfalls in einem Widerspruch zur ersten Hypothese zu stehen. Entsprechend einer zunehmenden Bedeutung der Gewichtskraft, wie sie in HZ1 postuliert wird, würde man zunächst einen steigenden Trend innerhalb dieser Kategorie erwarten. Die Ergebnisse zeigen einen gegenteiligen Trend. Der scheinbare Widerspruch des gefundenen Trends zu HZ1 klärt sich bei detaillierter Betrachtung vor allem unter Berücksichtigung der Ergebnisse der Spezifikation des Lageenergieeinsatzes (vgl. hierzu Seite 99).

Der Einsatz des Körpergewichtes bedeutet, die in der Körpermasse vorhandene Lageenergie effektiv gegen einen Kontrahenten einzusetzen. Dabei gilt das allometrische Grundproblem hohen Körpergewichtes, auf das BIEWENER (1983), PREUSCHOFT & CHRISTIAN (1999), ALEXANDER (2003) hinweisen. Die Muskelkraft wächst quadratisch mit der Länge, während das Körpergewicht mit der dritten Potenz ansteigt. Neben den funktionsmorphologischen Anpassungen an hohes Körpergewicht (siehe Kapitel 2.2) finden sich Anpassungen im Verhalten der Tiere. Diese Verhaltensanpassungen lassen sich innerhalb der Kommentkämpfe bei Säugetieren anhand der Ergebnisse dieser Arbeit nachweisen.

Die Ergebnisse müssen unter der Berücksichtigung betrachtet werden, dass äußere Faktoren Kampfbewegung und -verlauf beeinflussen. Es sind Untersuchungen darüber bekannt, dass äußere Faktoren wie die Temperatur das Beschleunigungsverhalten von Poikilothermen mit beeinflussen (BERGMANN ET AL 2006). Die Beschleunigung stellt einen wesentlichen Bestandteil der Verhaltenskategorien „Impulsübertragung“ und „Schubenergie“ dieser Untersuchungen dar. Bei den Tierarten, die im Rahmen dieser Arbeit untersucht wurden, handelt es

sich um homoiotherme Tiere. Der Einfluss äußere Faktoren darf jedoch auch bei dieser Gruppe nicht unterschätzt werden.

Erstmalig relevant wird das Körpergewicht ab einer Gewichtsgrenze von ca. 10 kg (Massebereich B, vgl. Kapitel 8.2), ab der das Körpergewicht zunehmend als Werkzeug gegen den Kontrahenten eingesetzt wird. Die Untersuchung zur Spezifikation des Lageenergieeinsatzes zeigt, dass erst ab 100 kg die eigene Körpermasse effektiv im Kampf als Werkzeug eingesetzt wird. Oberhalb von 100 kg Körpermasse wird eine Schwerpunktverlagerung primär ausgeführt um die Gewichtskraft gegen den gegnerischen Körper einzusetzen. Unterhalb von 100 kg Körpermasse wird sie hauptsächlich zur Neupositionierung und Stabilisierung eingesetzt. Die Daten zum Lageenergieeinsatz bestätigen HZ1, allerdings nur wenn die Ergebnisse zur Spezifikation des Lageenergieeinsatzes mitberücksichtigt werden.

Bereits ab 10 kg Körpermasse erreicht das Gewicht einen Bereich, der zunehmend Muskelkraft der Kontrahenten verlangt, um den aufliegenden Körper wegzubewegen. Die Muskelkraftprobleme bei zunehmendem Körpergewicht zeigen sich in den Ergebnissen dieser Untersuchung darin, dass der Umsatz von Lageenergie, also der Einsatz der eigentlichen Körpermasse, mit zunehmendem Körpergewicht ab ca. 500 kg abbricht (vgl. Kapitel 8.1 Lageenergie). Dies scheint zunächst widersprüchlich, erklärt sich jedoch dadurch, dass mit sinkender relativen Körperkraft gleichzeitig das Verletzungsrisiko durch das Körpergewicht des Gegners steigt. Der Einbruch ab 500 kg beim Umsatz von Lageenergie ist demnach als verletzungsvermeidend zu deuten. Insgesamt deutet dieses Ergebnis darauf hin, dass die Muskelkraft an Bedeutung im Kampf verliert, da sie die gegnerische Gewichtskraft nicht mehr ausgleichen werden kann. Weil dies so ist, erreicht die Gewichtskraft ab einer bestimmten Masse einen Bereich, der in einem Beschädigungskampf deutliche Vorteile brächte, im Rahmen von Kommentkämpfen jedoch zur Gefahr wird. Somit erklärt sich, weshalb dieser Abbruch beim Lageenergieumsatz dahingehend verstanden werden kann, dass die Muskelkraft aufgrund eines Masseproblems an Bedeutung verliert. Gleichzeitig bestätigen diese Ergebnisse unter Berücksichtigung der Spezifikation des Lageenergieumsatzes den zweiten Teilaspekt der ersten Hypothese, nach dem die Bedeutung der Gewichtskraft mit steigendem Körpergewicht zunimmt. Diese Bedeutung geht sogar soweit, dass das Gewicht im Kommentkampf ab einem Massebereich von 500 kg zur Gefahr wird, auf die wiederum mit Verhaltensanpassungen reagiert werden muss.

Die Gewichtskraft, die in Kommentkämpfen durch die Erdbeschleunigung g der Körpermasse zustande kommt und sowohl auf den eigenen Körper durch Bodenreaktionskräfte wirkt (PREUSCHOFT ET AL. 1994) als auch auf den Körper des Kontrahenten, wird mit zunehmendem Körpergewicht problematischer und erreicht bei 500 kg eine kritische Grenze. Die Relevanz des Körpergewichtes steigt im Kommentkampf bereits ab einem Massebereich von 10 kg. Der Einsatz des Körpergewichtes darf als am effektivsten innerhalb eines Körpermassebereichs von 100 kg bis 500 kg betrachtet werden, da hier noch kaum ernsthaften Verletzungen auftreten können, das Körpergewicht jedoch schon der gegnerischen Körperkraft erhebliche Probleme bereitet.

Äußere Kräfte lassen sich nicht nur an der Körperhaltungen und dementsprechend an Bewegungen festgestellt werden (WILLIAMS ET AL. 2009), sondern auch an der Vermeidung bestimmter Bewegungs- bzw. Verhaltensweisen. Die von BIEWENER (2005) als Negativmerkmal (Ausbleiben eines bestimmter Merkmals) beschriebene Massegrenze von 300 kg, über der neben der Anpassungen in der Skelettlometrie vor allem Formen verminderter Lokomotionsfähigkeit auftreten, liegt nahe an derjenigen von 500 kg dieser Untersuchung.

Fazit

Die Ergebnisse der Untersuchung zum Lage- und Schubenergieumsatz zeigen, dass erst nach genauer Datenanalyse die erste Hypothese „*Mit steigendem Körpergewicht verliert die Körperkraft für den Kampf an Bedeutung, da die Gewichtskraft kampfscheidender wird*“ sich bestätigt. Zunächst auftretende Widersprüche zwischen Ergebnissen und Hypothese lösen sich zum einen durch Reflexion der Betrachter-Perspektive (Angreifer oder Verteidiger) oder unter Einbindung weiterer Daten (Spezifikation des Lageenergieumsatzes). Schubenergie findet unterhalb von 10 kg überhaupt keinen Umsatz. Ab 1000 kg erhalten Tiere diesbezüglich ein tatsächliches Kraftproblem, da die Muskelkraft nicht mehr ausreicht gegen das gegnerische Körpergewicht an zuarbeiten. Dies wiederum bestätigt, dass die Gewichtskraft für den Verteidiger in diesen Größenbereichen kampfscheidend wird. Ebenfalls zeigen die Ergebnisse zum Lageenergieeinsatz, dass die Gewichtskraft mit steigendem Körpergewicht kampfscheidend wird. Dies drückt sich vor allem in der kritischen Grenze von 500 kg aus, ab der ein Lageenergieeinsatz im Kommentkampf reduziert wird. Ab hier ist zunehmend mit Verletzungen zu rechnen. Dies bedeutet, dass die Gewichtskraft deutlich kampfscheidend wird, auch wenn im Rahmen von Kommentkämpfen auf den tatsächlichen Einsatz verzichtet werden muss.

10.1.2 Hypothese HZ2 und HZ3

Die Relevanz der Gewichtskraft relativiert sich bei schweren Tieren aufgrund der Verletzungsgefahr.

Schwerpunktschwankungen sollten mit zunehmendem Körpergewicht abnehmen.

Der Einsatz der Gewichtskraft findet innerhalb von Kommentkämpfen vor allem im Umsatz von Lageenergie Anwendung. Zur Überprüfung der zweiten und dritten Hypothese dieser Arbeit gilt es die Ergebnisse zum Lageenergieumsatz zu betrachten. Die Untersuchung der zweiten Hypothese zielt dabei auf besondere Grenzen, ab denen kein Umsatz von Lageenergie mehr zu verzeichnen ist. Die direkte Untersuchung und deren Ergebnisse zur Schwerpunktverlagerung dienen der Betrachtung der dritten Hypothese.

Hypothese Nummer zwei lässt sich durch die Ergebnisse zur Lageenergie bestätigen. Die Vermeidung von tödlichen Verletzungen innerhalb von Kommentkämpfen (FRANCK 1997), zeigt sich hier vor allem durch Verhaltensanpassungen an die allometrischen Effekte bei steigendem Körpergewicht. Die Vermeidung der Tiere oberhalb von 500 kg Lageenergie im Kommentkampf umzusetzen, kann als direkte Verhaltensanpassung zur Vermeidung von Verletzungen funktionsmorphologisch interpretiert werden. Dies zeigt sich vor allem darin, dass ab 500 kg keine der untersuchten Tierarten Lageenergie mehr umsetzt. Der Einsatz würde Quetschungen und in drastischen Fällen, bedingt durch die Dynamik der Kämpfe, Knochenbrüche provozieren. Die Gefahr innerer Verletzungen ist für Kommentkämpfe durch den Einsatz des Körpergewichtes ab 500 kg groß. Da auch für die Bewegungen innerhalb von Kommentkämpfen ein Sicherheitsmaß (ALEXANDER 1989) gilt, kann die Grenze für ernsthafte innere Verletzungen oberhalb von 500 kg angenommen werden.

Die separaten Ergebnisse der Primaten (vgl. Kapitel 8.2, Kapitel 8.3 und Kapitel 6.3) zeigen, dass der vermehrte Körpergewichtseinsatz nicht primär von anatomischen Besonderheiten der Tiere abhängig ist. Sie lassen sich vielmehr als wirklichen Größen- bzw. allometrischen Gewichtseffekte interpretieren. Sowohl Primaten als auch die restlichen Tiergruppen zeigen die Tendenz, mit zunehmendem Körpergewicht dieses seltener als Werkzeug im Kampf gegen den Gegner einzusetzen.

Zur Überprüfung der dritten Hypothese „*Schwerpunktschwankungen sollten mit zunehmendem Körpergewicht abnehmen*“ muss die Untersuchung zur Lageenergie und speziell diejenigen Ergebnisse betrachtet werden, die Aussagen über Schwerpunktverlagerung zulassen (vgl. hierzu Tabelle 8-6).

Leichtere Säugetiere bis ca. 100 kg legen sich auf Kontrahenten zwecks Schwerpunktänderungen, erzielen jedoch aufgrund der geringen Körpermasse nur einen schwachen Effekt. Die Ergebnisse zeigen deutlich, dass mit zunehmender Körpermasse die Schwerpunktschwankungen abnehmen. Ab 100 kg wird der Körperschwerpunkt zweckdienlich abgesenkt. Das heißt, ab diesem Größenbereich findet eine Schwerpunktsenkung statt, so dass tatsächlich die eigene Gewichtskraft auf den Gegner wirkt. Eine Schwerpunktveränderung kostet Energie, denn der Körper muss zum einen wieder abgefangen werden, zum anderen muss er zu einem späteren Zeitpunkt wieder aufgerichtet werden. Je ungünstiger das Körperkraft-Körpermasse-Verhältnis wird, desto weniger Energie darf durch „überflüssige“ Schwerpunktschwankungen vergeudet werden. Ab 100 kg wird eine Schwerpunktsenkung gezielt als Werkzeug eingesetzt, ohne unnötig Energie zu vergeuden.

Unterhalb von 100 kg ist das Körperkraft-Körpermasse-Verhältnis noch günstig genug, eine Schwerpunktverlagerung zu vollziehen, einzig um die Position zu verändern. Ein gleichzeitiger aktiver Einsatz der eigenen Gewichtskraft ist nicht implizit und durch allometrische Effekte in diesen Gewichtsbereichen auch nicht effektiv.

Es zeigt sich, dass sich durch die Überprüfung der Schwerpunktverlagerung die dritte Hypothese dieser Arbeit bestätigt. Die Schwerpunktschwankungen nehmen mit steigendem Körpergewicht ab. Sie werden zielgerichtet dazu genutzt, das eigene Körpergewicht effektiv einzusetzen.

Somit lässt sich der Bereich, in dem das Körpergewicht aktiv als Werkzeug im Kommentkampf eingesetzt wird, ziemlich gut eingrenzen. Effektiv wird das Körpergewicht bei Säugetieren in einem Gewichtsbereich von 100 kg bis 500 kg eingesetzt. Unterhalb dieser Grenze ist das Muskelkraft-Körpermasse-Verhältnis für den unten liegenden Kontrahenten noch günstig, um die Gewichtskraft des Angreifers zu handhaben. Oberhalb der 500 kg-Grenze wird das Körpergewicht für beide Tiere im Kommentkampf zunehmend gefährlicher.

10.1.3 Hypothese HZ4

Eine vermehrte Impulsübertragung in Kämpfen ist in den Gewichtsbereichen zu erwarten, die im Tierreich Maximalgeschwindigkeiten erreichen.

Nach GARLAND (1983) finden sich neben den Spitzenleistungen von Geparden vor allem hohe Geschwindigkeit in Gewichtsbereichen zwischen 6 kg und 120 kg (vgl. hierzu Tabelle 2-1). Eine Überprüfung der vierten Hypothese bedarf eines Vergleichs des Größenbereichs aus den Untersuchungen GARLANDS (1983) mit dem Bereich der höchsten Werte zur Impulsübertragung. Gehäuft hohe Werte finden sich in den Ergebnissen zur Impulsübertragung zwischen 8 kg und 100 kg. Prinzipiell zeigen sich bemerkenswerte Parallelen zwischen den Ergebnissen GARLANDS (1983) zu Maximalgeschwindigkeiten und den Ergebnissen zur Impulsübertragung in Kommentkämpfen bei Säugetieren. Die Erwartungen der vierten Hypothese konnten in dieser Arbeit bestätigt werden. Allgemein gilt es jedoch anzumerken, dass auch Garland Tiere über 120 kg auflistet, die hohe Maximalgeschwindigkeiten erreichen, ebenso wie in dieser Arbeit hohe Werte für Impulsübertragung außerhalb der Größenbereiches 8 kg bis 100 kg zu erkennen sind. Eine Häufung sowohl hoher Maximalgeschwindigkeiten als auch hoher Werte für Impulsübertragung finden sich jedoch in ähnlichen Massebereichen, nämlich von 6 kg bis ca. 120 kg. Insgesamt müssen die Ergebnisse zur Impulsübertragung genauer betrachtet und gewertet werden, da die Verhaltenskategorie nicht uniform in allen Größenbereichen abläuft. Vor allem schwere Tiere fallen durch Besonderheiten bei der benötigten Beschleunigung auf.

Die Umsetzung von Impulsenergie bedeutet Kraft auf den Körper des Kontrahenten auszuüben, indem der eigene Körper beschleunigt wird und dieser mit dem Gegner kollidiert. Sowohl bei der Beschleunigung des eigenen Körpers als auch bei der Kollision gelten die allgemeinen funktionsmorphologischen Gesetzmäßigkeiten bezogen auf das Körpergewicht und die Muskelkräfte. Die Untersuchungsergebnisse zeigen Verhaltensanpassungen an die auftretenden Größeneffekte innerhalb der Kategorie Impulsübertragung.

Bei zunehmendem Körpergewicht muss mehr Muskelkraft aufgewendet werden, um den eigenen Körper zu beschleunigen, und das bei verhältnismäßig abnehmender Muskelkraft (vgl. Kapitel 2.1).

Ein beschleunigter Tierkörper höherer Masse birgt aufgrund der größeren auftretenden Kraft sowohl für den Kontrahenten als auch für das Tier, welches die Beschleunigung vollzieht, ein hohes Verletzungsrisiko. Die Ergebnisse der Untersuchung zeigen, dass sich an dieses steigende Verletzungsrisiko mit zunehmendem Körpergewicht durch Vermeidungs- bzw. Verzichtverhalten angepasst wird. Bei der Impulsübertragung haben die Tiere neben dem gänzlichen Verzicht dieser Bewegung die Möglichkeit durch Verhaltensanpassung die auftretende Kraft des Impulses zu reduzieren, indem die Beschleunigung minimiert wird.

Während kleine Tiere bis ca. 1 bis 10 kg allein aufgrund ihrer Gliedmaßenstreckung beschleunigen (FISCHER ET. AL. 2002), die für sich schon zu einem Vorwärtssprung führt, führen größere Tiere Beschleunigungen überwiegend durch beschleunigendes Anlaufen aus. Ein abschließender Sprung nach einem Anlauf ist bei Tiere bis 250 kg gemessen worden. Inwiefern die untersuchten Tiere biomechanische Katapultmechnismen zur Beschleunigung nutzen, konnte nicht in dieser Untersuchung festgestellt werden. Für Pferde ist ein derartiger Mechanismus bekannt (WILSON & WATSON 2003) und wird von diesen beiden Autoren auch in anderen Tieren vermutet.

Die Regulationsmöglichkeiten der Tiere, die auftretenden Kräfte zu minimieren bzw. zu reduzieren, besteht darin die Beschleunigungsstrecke kurz zu halten. Bei Elefanten tritt daher die Impulsübertragung als Verhaltensweise im Kommentkampf auf. Die Beschleunigungsstrecke, nach der die Tiere cranial zusammenstoßen, beträgt in der Regel jedoch nur eine halbe Kopfrumpflänge.

Tiere von bis 1 kg bis 10 kg Körpermasse, die alle durch einen einzigen Sprung beschleunigen, erreichen durch eine Anlaufstrecke keine höhere Beschleunigung. Die Muskelkraft ist bei kleinen Tieren der limitierende Faktor (PREUSCHOFT & CHRISTIAN 1999). Die Beschleunigung kann bei kleineren Tieren bis zu einem Bereich von 1 kg bis 10 kg nicht durch einen Anlauf über diejenige Beschleunigung aus dem Sprung erhöht werden.

Große Tiere finden ihren limitierenden Faktor im Körpergewicht. Eine längere Beschleunigungsstrecke würde theoretisch zu einer höheren Beschleunigung und somit zu einer größeren Kraft führen. Die Beschleunigungsstrecke bei Tieren ab 250 kg bleibt innerhalb der „normalen“ Kampfdistanz von wenigen Körperlängen und findet bei Elefanten und Rhinozerosen eindeutig eine Reduktion. Lange Strecken werden von großen Tieren durch vorhandene

Stops unterbrochen, so dass effektiv nur eine geringe Beschleunigungsstrecke zur Verfügung steht.

Sowohl die reduzierte Beschleunigungsstrecke als auch die gemessene Abnahme des generellen Einsatzes von Impulsübertragungen als „Kampftechnik“ zeigen verhaltensbiologische Anpassungen an allometrische Effekte in Kommentkämpfen. Die Daten unterstützen die Vermutung von WALTER & CARRIER (2009), dass das Beschleunigungsverhalten und -vermögen von Tieren für den Kampf eine wichtige Bedeutung hat (WALTER & CARRIER 2009).

Die separate Auswertung der Primaten zeigt einen gegenläufigen Trend, also mit zunehmendem Körpergewicht vermehrt Impulsübertragungen einzusetzen. Der Gewichtsbereich der Primatenuntersuchung reicht von ca. 1 kg bis 145 kg. Der gegenläufige Trend erschließt sich vermutlich daraus, dass vor allem Primaten zwischen 5 kg und 30 kg vermehrt eine Impulsübertragung zeigen und damit in einem optimalen Größenbereich für Impulsübertragung liegen.

Es darf davon ausgegangen werden, dass in diesem Größenbereich für eine Impulsübertragung ein ideales Verhältnis zwischen Effektivität (inklusive niedriger Gefährdung) und funktionsmorphologischen Möglichkeiten (Muskelkraft-Gewichtskraft) erreicht wird. Ausbleibende „Nullwerte“, also das Fehlen jeglicher Impulsübertragungen, die erst wieder ab 100 kg eintreten und fallende Werte ab 50 kg unterstreichen die Interpretation dieser Ergebnisse.

Somit zeigt sich, dass Impulsübertragung den generellen funktionsmorphologischen Gefahren großer Körpermassen unterliegt. Sie kommen dennoch bis in die hohen Gewichtsklassen vor. Dies wird durch Verhaltensanpassungen ermöglicht, indem die Beschleunigungsstrecken reduziert werden.

Generell zeigt sich ein zunehmender Verzicht von Impulsübertragungen aufgrund hohen Körpergewichtes. Dies geschieht einerseits, weil die Verletzungsgefahr steigt, andererseits, weil verhältnismäßig weniger Muskelkraft zur Verfügung steht, um einen schwereren Tierkörper zu beschleunigen.

Ein Optimum für den Impulsübertragenden Einsatz des Körpergewichtes scheint zwischen 5 und 30 kg zu liegen. Anatomische Besonderheiten sind in diesen Ergebnissen nicht berücksich-

sichtig jedoch durchaus denkbar, da sich die höchste Werte nicht nur zwischen 5 und 30 kg befinden sondern zusätzlich auch ausschließlich innerhalb der Primatengruppe.

10.1.4 Hypothese HZ5

Der Einsatz von Extremitäten durch Teilkörperimpuls und Teilkörperkraft korreliert nicht mit dem Gewicht des Tieres.

Die beiden Nebenkategorien stehen in direktem Zusammenhang zur jeweiligen Anatomie der Tiere hauptsächlich zu derjenigen des Schultergelenkes und des Beckengürtels. Dieser anatomische Bezug kann allerdings nicht allein auf die Schulter- und Beckenregion begrenzt werden. Eine ausgeführte Bewegung beansprucht im Normalfall mehr Bereiche (beispielsweise zur Körperstabilisation durch Rückenmuskulatur und weitere Extremitäten) als Becken- und Schultergürtel allein. Eine detaillierte anatomische Betrachtung ist nicht Untersuchungsgegenstand dieser Arbeit.

Die Ergebnisse zur Teilkörperkraft (vgl. Kapitel 8.4.2) zeigen keinen nennenswerten Trend mit zunehmendem Gewicht vermehrt oder vermindert einzusetzen. Die artspezifische Anatomie scheint vielmehr über den Einsatz zu entscheiden als Größeneffekte, die auf das Körpergewicht zurückzuführen sind. Beim Teilkörperimpuls (Kapitel 8.4.1) hingegen findet sich ein größenabhängiger Zusammenhang mit zunehmender Körpermasse Extremitäten impulsübertragend einzusetzen.

In allen zwei (bzw. den vier denkbaren) Massebereichen finden sich der Einsatz von Teilkörperkraft ohne nennenswerten Bezug zum Körpergewicht oder gar einem damit verbundenen Trend. Die Ergebnisse der Untersuchungen der Nebenkategorie Teilkörperkraft bestätigen Hypothese fünf, diejenigen zum Teilkörperimpuls allerdings nicht.

Teilkörperimpuls

Der Einsatz von Extremitäten inklusive des Halses und der Körperanhängsel ist in erster Linie von den anatomischen Gegebenheiten der jeweiligen Tierart abhängig. Bei einem schlagenden Extremitäteneinsatz bedarf es eines großen Bewegungsradius im Schultergelenk. Ein Stoß wie das „Ausschlagen“ mit den Hinterläufen bei Pferden bedarf keines großen Bewegungsradius.

Für beide Extremitäteneinsätze, ebenso für die Halsschläge der Giraffen, ist neben einer gewissen anatomischen Bewegungsfreiheit auch die schnelle Beschleunigung der Extremität bzw. des Halses Voraussetzung. Die Kraft des übertragbaren Impulses folgt dem Produkt aus der Extremitätenmasse und der Höhe der Beschleunigung.

Es scheint, dass eine Mindestmasse für den effektiven Einsatz notwendig ist. Unterhalb von 100 kg stellt eine solche Bewegung eine verhältnismäßige Seltenheit dar. Sie findet ihren Haupteinsatz zwischen 100 und 1000 kg.

Die Ergebnisse dieser Untersuchung, mit zunehmendem Körpergewicht tendenziell häufiger Extremitäten beschleunigt einzusetzen, gleichen den geringer werdenden Einsatz genereller Impulsübertragung mit zunehmendem Körpergewicht aus. Das Verletzungsrisiko eines beschleunigten Körpers schwerer Tiere wird durch die Verlagerung der Beschleunigung auf die Extremitäten oder auf den Hals reduziert.

Beide Impulsübertragungen (Gesamtkörperimpuls und Teilkörperimpuls) schließen einander nicht aus. Beschleunigte Extremitäten können unter Umständen zu erheblichen Verletzungen führen. Dies ist vor allem auf die geringe Fläche zurückzuführen, über die die Kraft auf den gegnerischen Körper übertragen wird.

Ein wichtiger Punkt bei dem Einsatz von Teilkörperimpulsen ist die Energieeinsparung, die bei der Extremitätenbeschleunigung gegenüber der Gesamtkörperbeschleunigung eintritt. Der Einsatz beschleunigter Extremitäten ist somit zum einen als Ergänzung zu anderen Kampfelementen zu verstehen zum anderen als energiesparender und risikoreduzierender Kompromiss bei Tieren großer Körpermassen zu begreifen.

Teilkörperkraft

Der Einsatz von Extremitäten bzw. des Gebisses um durch Muskelkraft den gegnerischen Körper zu manipulieren (einklemmen und weghebeln, verbeißen oder wegzerren) ist in allen Massebereichen zu verzeichnen.

Der leicht ansteigende Trend sowie die Spitzenwerte im Bereich 10 kg bis 1000 kg zeigen allenfalls einen schwachen Zusammenhang zwischen Einsatz und Körpergewicht. Vor allem bei ringenden Bewegungen ist die Anatomie von entscheidender Bedeutung. Beißende Bewegungen können aufgrund der verhältnismäßig starken Kaumuskulatur und der geringen Fläche der Kraftübertragung (Zähne) bei allen Tierarten aller Massebereiche als effektiv eingestuft werden.

Die selten beobachteten Verletzungen dürfen vor dem Wissenshintergrund über potentiell herbeizuführende Verletzungen so verstanden werden, dass bei Bissen in Kommentkämpfen nicht die maximale Kraft der Kaumuskulatur eingesetzt wird. Der vermehrte Einsatz von Teilkörperkraft bei Tieren hoher Massen ist ähnlich wie der vermehrte Einsatz der Teilkörperimpulse als Ergänzung zu vorhandenen Kampfmustern zu verstehen.

10.1.5 Schlussbetrachtung der zoologischen Untersuchung

Die aufgestellten Hypothesen, die es in dieser Arbeit zu überprüfen galt, konnten innerhalb der zoologischen Untersuchung weitestgehend bestätigt werden. Es bedarf jedoch grundsätzlich der Verknüpfung aller Daten im Fall der Lageenergie bzw. eines Perspektivwechsels im Falle der Schubenergie, um augenscheinliche Widersprüche zwischen Hypothese 1 und den Ergebnissen der oben genannten Kategorien zu relativieren. Dabei gilt grundsätzlich zu beachten, dass die hier ermittelten Daten keine absoluten Messwerte darstellen, sondern allenfalls als Tendenzen aufgefasst werden dürfen.

Die Untersuchungen zum Einsatz des Körpergewichtes zeigen, dass allometrische Effekte in Kommentkämpfen in begrenzter Form nachweisbar sind. Kommentkämpfe stellen im Vergleich zu anderen Verhaltensweisen wie beispielsweise Jagen oder Weiden sowohl im zeitlichen Auftreten (z.B. Wochen pro Jahr, Brunftzeit) als auch in der gemessenen Kampfzeit kurze Intervalle dar. Aufgrund des Paarungsvorrechtes des Gewinners solcher Kämpfe (KAPPE-

LER 2009) kann von einem Vorteil durch Sieg ausgegangen werden jedoch nicht von einer direkten Lebensgefahr durch Niederlage, wie es vergleichsweise bei ausbleibenden Jagderfolgen der Fall wäre.

Beide Faktoren könnten dazu führen, dass sich seltener morphologisch Anpassungen, die ausschließlich für den Einsatz in Kommentkämpfen bestimmt sind, in der Evolution entwickelt haben. Ausnahmen existieren beispielsweise bei Hirschartigen.

Jagd Waffen können sekundär und „schonend“ (beispielsweise Pranken ohne Kralleneinsatz) in Kommentkämpfen Einsatz finden. Fehlende morphologische Anpassungen in Kommentkämpfen, jedoch real auftretende Vorteile bzw. Gefahren ab der 500 kg-Gewichtsgrenze, finden daher vor allem im Verhalten selbst eine Anpassung, die evolutiv nicht zu allgemein morphologischen Modifikationen führen musste.

In Anbetracht der verhältnismäßig seltene Kommentkämpfe ist eine Verhaltensanpassung evolutiv sparsamer, da keine Energie für zusätzlichen Knochenauf- und abbau zur Verfügung gestellt werden muss. Die Ergebnisse zum Einsatz des Körpergewichtes in Form von Lageenergieumsatz weisen diese Verhaltensanpassungen an allometrische Effekte nach.

Insgesamt müssen die Ergebnissen jedoch vor ihrem methodischen Zustandekommen reflektiert werden. Die Rückschlüsse auf funktionsmorphologische Faktoren über Verhaltenskategorien können immer nur indirekt sein. Genauere funktionsmorphologische Untersuchungen wären vor allem an der 500 kg-Grenze eine aufschlussreiche Ergänzung

10.2 Diskussion der anthropologischen Untersuchung

Die Diskussion der Ergebnisse der anthropologischen Untersuchung folgt nicht wie zuvor die Diskussion der zoologischen Untersuchung chronologisch den einzelnen Hypothesen. Die hohe Anzahl an wichtigen Einzelbetrachtungen (besondere Gewichtsklassen, Geschlechtsunterschiede im Judo, gleiche Technikkategorien im Judo und Freistilringen) machen es notwendig die Diskussion parallel zu den Ergebnissen zu führen.

Die Hypothesen zur anthropologischen Untersuchung wurden vor dem Hintergrund funktionsmorphologischer Zusammenhänge bei Wirbeltieren erstellt. Die humanbiologische Studie umfasst einen wesentlich engeren Gewichtsbereich als die zoologische Studie, allerdings konnte dieser Bereich materialbedingt genauer untersucht werden. Die Hypothesen der anthropologischen Untersuchung werden in den einzelnen Diskussionen der Basisuntersuchung und der Technikanalyse diskutiert.

Zur Übersicht werden zunächst noch einmal die drei Hypothesen zur humanbiologischen Untersuchung wiedergegeben sowie wichtige Messbereichs- bzw. Technikkategorien, die im Zusammenhang mit der jeweiligen Hypothese besonders betrachtet werden.

HA1. Sportler setzen ihr Gewicht in Ringkämpfen im Bodenkampf zunehmend effektiv ein, so dass eine zunehmende Bodenkampfzeit mit steigendem Gewicht zu erwarten ist.

→ Prozentualer Bodenkampfanteil, Anzahl der Bodenphasen

HA2. Techniken, die gegen die Gewichtskraft des Gegners arbeiten, sollten in höheren Gewichtsklassen weniger erfolgreich eingesetzt werden.

→ Beinrad, Heber, Fußfallwurf

HA3. Techniken, die durch die eigene Gewichtskraft unterstützt werden, sollten in höheren Gewichtsklassen erfolgreicher eingesetzt werden.

→ Kreisblockade, Frontalblockade, Schwerpunktsenkung

10.2.1 Diskussion zu den Basisuntersuchungen

Die Basisuntersuchung zu den kampsportlichen Zweikämpfen zeigt, dass sich innerhalb des engen Gewichtsbereiches von 48 kg bis über 100 kg Größeneffekte messen lassen. Diese Effekte lassen sich anhand der Ergebnisse zum Bodenkampf in der Basisuntersuchung nachweisen. Die Untersuchungsergebnisse zeigen die besondere Bedeutung des Bodenkampfes als gewichtsrelevante Phase innerhalb ringender Zweikämpfe.

HA1. Sportler setzen ihr Gewicht in Ringkämpfen im Bodenkampf zunehmend effektiv ein, so dass eine zunehmende Bodenkampfzeit mit steigendem Gewicht zu erwarten ist.

Anhand der Ergebnisse der Basisuntersuchung kann die erste Hypothese diskutiert werden. Ebenso wie die Ergebnisse zum Lageenergieumsatz der zoologischen Untersuchung finden sich in den Ergebnissen der anthropologischen Basisuntersuchung Hinweise darauf, dass die schweren Sportler ihr Gewicht effektiver einsetzen. Der Bodenkampf dient hauptsächlich zum Umsatz von Lageenergie oder der Verteidigung gegen einen solchen Lageenergieumsatz.

Trotz der unterschiedlichen Siegbedingungen, der unterschiedlichen Kampfkleidung und der unterschiedlichen Technikvielfalt, finden sich in beiden Kampfsportarten für den Bodenkampf ähnliche Tendenzen. Diese ähnlichen Tendenzen finden sich innerhalb der Ergebnisse zum prozentualen Bodenkampfanteil (vgl. Kapitel 9.1 und Kapitel 9.2) und zu der Anzahl der Bodenphasen. Kampfsportunabhängig lässt sich die Tendenz feststellen, mit zunehmendem Körpergewicht sowohl den prozentualen Anteil des Bodenkampfes an der Gesamtkampfzeit als auch die tatsächlichen Bodenkampfphasen zu reduzieren. In beiden Fällen sind die Ergebnisse diesbezüglich signifikant bis auf die Ergebnisse zum prozentualen Bodenkampfanteil beim Freistilringen. Unterschiede finden sich in der Tendenz zur der Gesamtlänge der Kämpfe.

Die Abnahme des prozentualen Bodenkampfanteils mit steigender Körpermasse weist in beiden Sportarten auf ein stetig steigendes Gewichtsproblem hin. Die Abnahme der Anzahl an Bodenkampfphasen zeigt, dass nicht nur die Zeit am Boden verringert wird sondern auch die Anzahl der Ereignisse, die zu dieser Kampfform führen. Beide Beobachtungen lassen sich mit dem zunehmend problematischer werdenden Körpergewicht bei steigender Masse erklären. Innerhalb des Größenbereiches von 48 kg bis ca. 120 kg zeigt sich, dass der unterschiedliche Anstieg von Muskel- und Gewichtskraft sich auch auf Kampfbewegungen bei Menschen

auswirkt. Die im Verhältnis zur Muskelkraft schneller ansteigende Gewichtskraft wird im Zweikampf in zweierlei Hinsicht zum Problem:

1. Beim Umgang mit der Gewichtskraft des Gegners
2. Beim Umgang mit der eigenen Körpermasse

Beide Probleme können als verantwortlich für die Abnahme des prozentualen Bodenkampfanteils und der gemessenen Bodenkampfphasen betrachtet werden und zeigen die Gültigkeit der ersten Hypothese der anthropologischen Untersuchung.

Zu 1.) Für einen schweren Athleten ist es im Verhältnis problematischer sein eigenes Gewicht zu stemmen als für einen leichteren Athleten. Aufgrund der Einteilung in Gewichtsklassen ist ein auf dem Boden liegende Athlet durch einen auf ihm liegendem Gegner annähernd mit seinem eigenen Körpergewicht konfrontiert. Ein am Boden liegender schwerer Athlet hat folglich größere Probleme seinen Gegner von sich zu heben als leichte Wettkämpfer. Dies hat zur Folge, dass weniger Aktionen stattfinden. In schweren Gewichtsklassen geht der Kampf selten vom Boden wieder zurück in den Stand. In leichteren Gewichtsklassen ist dies häufiger zu beobachten.

Das zunehmend problematischer werdende Körpergewicht führt zu weniger Aktionen am Boden. Dies führt regelbedingt vor allem beim Judo nach wenigen Sekunden zum Abbruch des Kampfes durch den Kampfrichter. Beim Ringen ist diese Phase bis zum Abbruch länger. Generell ist auch bei den Ringerinnen zu beobachten, dass in den schweren Gewichtsklassen innerhalb dieser Phase weniger Aktionen stattfinden als in den leichten Klassen. Es finden, funktionsmorphologisch begründbar sowohl bei Ringerinnen als auch bei Judokas mit zunehmendem Körpergewicht weniger Aktionen statt. In beiden Kampfsportarten führt dies bei ausbleibender Wertung (Wertung: Im Judo durch einen Haltegriff, im Ringen wenn die Schultern des Gegners den Boden berühren) zum Abbruch der Bodenphase. Dies trägt zu einem allgemein abfallenden prozentualen Bodenkampfanteil pro Kampf bei, da der Kampf nach Abbruch im Stand fortgeführt wird. Das zunehmende Gewicht wird im Kampf also vor allem dann zum Problem, wenn der Gegner aktiv Lageenergie umsetzt, indem er im Bodenkampf oben aufliegt.

Zu 2.) Ein weiterer Faktor ist das Eigengewicht, welches ebenfalls mit steigender Körpermasse zu Problemen führt. Die häufig wahrgenommene fehlende Dynamik in schweren Ge-

wichtsklassen erklärt sich größtenteils dadurch, dass mit zunehmendem Gewicht Schwerpunktveränderungen seltener werden.

Leichte Athleten gehen häufiger von sich aus auf den Boden und stehen wenige Sekunden später wieder auf. Dies geschieht teils aus taktischen Gründen teils aus einer gewissen Eigendynamik des Kampfes. Unabhängig von der jeweiligen Begründung stellt es für einen leichten Athleten kein merkliches Problem dar verhältnismäßig schnell wieder aufzustehen. Dies geschieht zum Teil sogar unter dem Einfluss des gegnerischen Körpergewichtes, wenn dieser zum Beispiel klammert.

Das Verhältnis von Muskelkraft zu Gewichtskraft scheint in leichten Gewichtsklassen energetisch noch günstig zu sein und häufige Schwerpunktverlagerungen stellen kein massebedingtes Problem dar. Hieraus erklärt sich die hohe Anzahl an Bodenphasen bei leichten Wettkämpfern. Es zeigt sich, dass durch zunehmende Körpermasse in Zweikämpfen sowohl durch das schwerer werdende Eigengewicht als auch durch das gegnerische Körpergewicht diese zu einem Problem wird. Das stetig ungünstiger werdende Verhältnis von Muskelkraft zu Gewichtskraft führt zu weniger Schwerpunktverlagerungen (gemessen als Bodenphasen pro Kampf, Kapitel 9.12. und 9.2.2) als auch weniger Aktionsmöglichkeiten für einen unten liegenden Athleten.

In sportmedizinischen Studien untersucht, zudem mündlich von Judoathleten mitgeteilt, versuchen Wettkämpfer in der Wettkampfvorbereitung vor der Einwaage durch viel Wasserverlust in die jeweils niedrigere Gewichtsklasse zu gelangen (ARTIOLIL ET AL 2010). Dies führt eventuell bei späterer Wasseraufnahme zu einem höheren Gewicht in dieser Gewichtsklasse.

Professionelle Athleten sind sich durchaus bewusst, dass ein höheres Körpergewicht einen kämpferischen Vorteil versprechen kann. Dieser Vorteil, das zeigt sich in diesem Teil der Untersuchung, ist genaugenommen das problematisch werdende Muskelkraft-Gewichtskraft-Verhältnis bei steigender Masse.

Es wurden nur wenig Publikation über diese Gewichtseffekte im Kampfsport gestoßen. ALI ET AL.(2010) beschreiben einen idealen Körperfettanteil weiblicher Judoathletinnen, jedoch auch, dass ein nachteiliger Körperfettanteil durch gut trainierte Techniken ausgeglichen werden kann. Der Forderung von ALI ET AL. (2010) nach weiteren Untersuchungen zu anthropometrischen Effekten kann mit der vorliegenden Arbeit ein Stück weit nachgekommen werden. Hinweise, dass das Körpergewicht einen Einfluss auf den Kampf hat, finden sich bei

ARTIOLIL ET AL (2010). Diese bleiben jedoch unspezifiziert. Das Taktieren der Athleten und Trainer mit dem Körpergewicht zeigt, dass diese nicht näher benannten Effekte in Wettkämpfen einen Erfahrungswert darstellen. Der Einfluss anthropometrischer Parameter wurde an Judokämpfern in nationalen Studien untersucht (WLADYSLAW ET AL 2007 , FRANCHINI ET AL 2007) allerdings beziehen sich diese Untersuchung auf einzelne Leistungstests und nicht direkt auf den Kampf.

Allein die Differenzierung in unterschiedliche Gewichtsklassen zeigt, dass ohne bisherige Benennung der Größeneffekte diese schon lange im Kampfsport eine praktische Berücksichtigung finden. Die vorliegenden Ergebnisse dieser Arbeit können dazu beitragen Größen- bzw. Gewichtseffekte im Kampfsport genauer zu verstehen.

Fazit zur Basisuntersuchung

Die Ergebnisse der Basisuntersuchung zeigen, dass Sportler in ringenden Kampfsportarten ihr Körpergewicht zunehmend effektiver einsetzen. Dies geschieht vor allem dadurch, dass sie durch ihr Körpergewicht effektiver verhindern, dass der unten liegende Gegner kampfrelevante Aktionen ausführt.

Von einer Bestätigung der ersten anthropologischen Hypothese kann jedoch nicht gesprochen werden, da diese Effektivität nicht wie vermutet zu längeren Bodenphasen bzw. Bodenkampfzeiten führt. Der Einfluss den das (im Judo über die vergangenen Jahre veränderten) Regelwerk in Situationen effektiven Gewichteinsatzes auf den Kampfverlauf hat, konnte im Vorfeld nicht hinreichend erkannt werden. Somit zeigt sich zwar, dass sich der erste Teil der ersten anthropologischen Hypothese durchaus in den Daten zur Basisuntersuchung bestätigt findet, jedoch die gesamte Hypothese aufgrund der Auswirkungen des Regelwerkes sich praktisch nicht bestätigen kann. In diesem Zusammenhang wären weitere Untersuchungen von Kampfsportarten wie *Brazilian Jiu Jitsu*, *Submission Wrestling* und *Luta Livre* interessant, da innerhalb dieser Sportarten der Bodenkampf nicht zeitlich begrenzt ist.

10.2.2 Technikanalyse Judo

Durch die Technikanalyse innerhalb der humanbiologischen Untersuchung wurde die Auswirkung der Körpermasse in sportlich reglementierten Zweikämpfen untersucht. Die techni-

sche Analyse zielte dabei auf direkt beeinflusste Ausführungen von Techniken. Diese wurden in Form von Häufigkeiten und Erfolgen analysiert. Eine Überprüfung der Hypothesen ist in der anthropologischen Technikanalyse nur in Bezug auf die zweite und dritte Hypothese möglich (vgl. Kapitel 9.2.).

Die folgende Diskussion der Technikanalyse kann aus genannten Gründen nicht an einzelnen Hypothesen geführt werden, zeigt jedoch auch innerhalb der Technikanalyse ausreichend Hinweise auf Größeneffekte. Diese sind selbst in dem engen Gewichtsbereich der anthropologischen Untersuchung zu finden und unterstreichen die zweite und dritte Hypothese dieser humanbiologischen Untersuchung. Die zweite und dritte Hypothese werden im Verlaufe der Diskussion an relevanten Stellen aufgegriffen.

Die Ergebnisse zeigen, dass sich innerhalb des engen Gewichtsbereiches von 48 kg bis ca. 120 kg zunehmende Körpermasse auf die Häufigkeiten und Erfolge von Techniken in Zweikämpfen auswirkt. Sowohl die Häufigkeit gemessener Techniken als auch der hier bestimmte Erfolgsindex (erfolgreiche Anwendung pro misslungener Anwendung) folgen körpergewichtsbedingten Trends. Die Ergebnisse sind als abgeleitete Trends der Einzeldaten zu verstehen. Die Daten zeigen in einzelnen Gewichtsklassen Abweichungen von dem jeweils festgestellten Trend. Daher gilt zu bedenken, dass sich ein beschriebener Trend nur aus der Summe aller Einzelergebnisse verstehen lässt und in seiner Aussagekraft lediglich als Tendenz einer bestimmten Entwicklung aufgefasst werden kann.

Wie bereits in der Einleitung erwähnt wurde, beeinflussen viele Parameter die Bewegungen innerhalb eines Kampfes. Physiologische und psychologische Parameter konnten in dieser Untersuchung nicht berücksichtigt werden. Studien haben gezeigt, dass sich im menschlichen Ringsport bereits das Tragen einer bestimmten Trikotfarbe auf den Ausgang des Kampfes auswirkt (HILL & BARTON 2005).

Die Ergebnisse können daher nicht als reine Größeneffekte im Sinne von laborexperimentellen, physiologischen oder biomechanisch-funktionsmorphologischen Analysen aufgefasst werden. Da zusätzliche Parameter nicht erfasst und gegebenenfalls herausgerechnet werden konnten, müssen die hier erhobenen Ergebnisse stets als Tendenzen bzw. als Teilaspekte der tatsächlich ausgeführten Bewegung aufgefasst werden.

Allgemeine Auswirkungen auf Häufigkeit und Erfolgsindex im Judo

Die Ergebnisse geben ausreichend Hinweise darauf, dass sich zunehmende Körpermasse sowohl auf die Häufigkeit einzelner Techniken als auch auf deren Erfolgsindex auswirkt. Ein genereller Trend konnte weder bei der Häufigkeitserhebung noch bei der Bestimmung des Erfolgsindex gefunden werden. Häufigkeit und Erfolgsindex folgen bei unterschiedlichen Technikkategorien verschiedenen Trends, die entweder mit zunehmendem Gewicht abfallen oder ansteigen. Ein allgemeiner Zusammenhang zwischen den Trends zur Häufigkeit und denen zum Erfolgsindex kann ebenfalls nicht festgestellt werden. Entsprechend des allometrischen Grundproblems sollte in den Ergebnissen genau dieses wiederzufinden sein, sofern es innerhalb des engen Untersuchungsbereiches der anthropologischen Analyse zu einer problematischen Relevanz führt.

Die Ergebnisse zeigen, dass Technikkategorien deren Häufigkeiten mit zunehmendem Körpergewicht ansteigen vor allem solche Techniken sind, bei denen der eigene Körper wenige Positionsveränderungen erfährt: *Heber, Fußheber, Nackendruck, Frontalblockade*.

Im Gegensatz dazu sinkt die Häufigkeit mit zunehmendem Körpergewicht bei Technikkategorien, die überwiegend eine Positionsveränderung bedingen: *Kreisblockade, Schwerpunktsenkung, Unterlaufen*.

Zunehmendes Körpergewicht wird hinderlich und folgt der theoretischen Grundannahme des allometrischen Grundproblems. Weil die relative Muskelkraft bei schweren Athleten im Verhältnis zu ihrer Körpermasse geringer ist, bereitet eine Positionsveränderung, die hier immer mit einer Beschleunigung des eigenen Körpers verbunden ist, zunehmend Schwierigkeiten.

Diese Schwierigkeiten äußern sich vor allem darin, dass zu viel Zeit vergeht um die eigentliche Technik einzuleiten (verlängerte Beschleunigungszeit). Diese erschwerte Beschleunigung führt zu einem zunehmenden Verzicht solcher Techniken. Die Ergebnisse zum Erfolgsindex zeigen ebenfalls keinen durchgehend gleichen Trend. Die untersuchten Technikkategorien zielen alle darauf ab, den Gegner auf den Boden zu bringen.

Die Techniken folgen immer dem Prinzip den Körperschwerpunkt des Gegners aus dessen Unterstützungsfläche zu bringen, um den Körper instabil zu machen. Um dies zu erreichen, wird entweder gegen die Gewichtskraft des Gegners gearbeitet oder gegen dessen Muskelkraft. Eine Kombination beider Kräfte ist dabei grundsätzlich möglich, jedoch stellt für jede

Technikkategorie eine der beiden Kräfte die Hauptkraft dar, gegen die während des Ausführung gearbeitet werden muss.

Technikkategorien mit fallendem Erfolgsindex im Judo

Die Technikkategorien, bei denen der Erfolgsindex mit zunehmendem Körpergewicht fällt, unterscheiden sich Kategorien mit sinkendem Erfolgsindex darin, dass zur Ausführung nicht gegen die Muskelkraft des Gegners gearbeitet wird sondern gegen dessen Gewichtskraft. Diese Kategorien sind: *Beinrad, Heber und Fußfallwurf*.

Diese drei Technikkategorien sind diejenigen anhand derer sich die Hypothese HA2 („Techniken, die gegen die Gewichtskraft des Gegners arbeiten, sollten in höheren Gewichtsklassen weniger erfolgreich eingesetzt werden“) der anthropologischen Untersuchung prüfen lässt.

Die gegen die Gewichtskraft gerichteten Technikkategorien stimmen weitestgehend in dem Bewegungsprinzip überein, dass versucht wird den generische Bodenkontakt durch heben bzw. durch hebeln zu lösen. Der abfallende Erfolg gemessen als Erfolgsindex erklärt sich durch das ungünstiger werdende Verhältnis von zur Verfügung stehender Muskelkraft zur Gewichtskraft der zu hebenden Masse. Im Ausbleiben von Erfolgen dieser Techniken bestätigt sich die Gültigkeit der zweiten Hypothese zur anthropologischen Studie.

Zwei der Techniken (*Beinrad, Fußfallwurf*) tragen zeitweise die gesamte gegnerische Masse auf einem Bein. Selbst bei der Technikkategorie *Heber*, bei der ein Athlet den Gegner umklammert und die Kraft aus Rücken-, Arm- und Beinmuskulatur generiert, führt in schweren Gewichtsklassen zu Problemen, die sich im ausbleibenden Erfolg äußern.

Technikkategorien mit ansteigendem Erfolgsindex im Judo

Die Techniken deren Erfolgsindex mit zunehmendem Körpergewicht ansteigt arbeiten hauptsächlich gegen die Muskelkraft des Gegners. Diese Kategorien sind: *Schwerpunktsenkung, Kreisblockade und Frontalblockade*.

Bei der Ausführung wird bei *Schwerpunktsenkung, Kreisblockade, Nackendruck, und Frontalblockade* Muskelkraft durch die eigene Gewichtskraft unterstützt, indem entweder der eigene Körper komplett auf den Boden geführt wird oder der Schwerpunkt teilweise abgesenkt

wird (in die Knie gehen). Der steigende Erfolgsindex dieser Technikkategorien lässt darauf schließen, dass in hohen Gewichtsklassen die Muskelkraft des Gegners nicht mehr allein ausreicht um die Kombination aus Gewichts- und Muskelkraft zu kompensieren. Diese Ergebnisse bestätigen die anthropologische Hypothese HA 3 („Techniken, die durch die eigene Gewichtskraft unterstützt werden, sollten in höheren Gewichtsklassen erfolgreicher eingesetzt werden.“).

Das zunehmende Körpergewicht wird für den Kontrahenten zum Problem und folgt somit dem allometrischen Grundproblem. Gleichzeitig führt die Kombination der spezifischen Bewegungsabfolge und die Beschleunigung des eigenen Körpers durch die Gravitation bei höherer Körpermasse zu einem Kampfvorteil. An dieser Stelle wird die Gültigkeit der ersten Hypothese auch außerhalb des reinen Bodenkampfes ersichtlich. Die Bedeutung der Gewichtskraft nimmt insofern zu, als dass sie den Erfolg der obigen Technikkategorien erhöht. Je ungünstiger das Gewichtskraft-Muskelkraft-Verhältnis mit steigendem Körpergewicht wird, desto einfacher wird ein Erfolg erzielt bzw. desto schwieriger fällt es eine erfolgreich ange-setzte Technik durch eigene Muskelkraft von sich abzuwenden.

Besondere Techniken mit abfallenden Erfolgsindex im Judo

Die Kategorien *Unterlaufen* und *Haken* zeigen zwar einen abfallenden Erfolgsindex, arbeiten jedoch nicht gegen die Gewichtskraft des Gegners. Das Gewichtsproblem, auf das Athleten hierbei stoßen, ist mit der eigenen Masse der ausführenden Athleten zu erklären.

Um die Bewegung *Unterlaufen* auszuführen muss zuerst der eigene Körper beschleunigt werden. Grundsätzlich muss der Athlet durch Muskelkraft seine eigene Masse überwinden. Er stößt bei der Ausführung auf das selbe allometrische Grundproblem der anderen Technikkategorien, bei denen der Erfolgsindex sinkt. Der Unterschied ist derjenige, dass die problematische Gewichtskraft aus der trägen Masse des eigenen Körpers resultiert.

Schwere Athleten stoßen an eine durch die Masse bedingte Grenze, bei der die Beschleunigung des eigenen Körpers zu lange Zeit beansprucht. Die verhältnismäßig einfache und schnelle Konterbewegung (sich auf den niedrigeren Angreifer fallen zu lassen) führt in den hohen Gewichtsklassen zu häufigerem Scheitern von *Unterlaufen*. Die anschließende nachteiligere Position durch den Gegner führt bedingt durch verhältnismäßig hohe gegnerische Gewichtskraft zu weiteren Problemen am Boden (vergleiche Basisuntersuchung). Innerhalb dieser Technikkategorie zeigt sich erneut die Gültigkeit der ersten Hypothese, allerdings in ge-

sonderter Form, da hier die langsamer ansteigende Muskelkraft gegen die eigene Gewichtskraft arbeiten muss. Dass auch in dieser Form die erste Hypothese ihre Gültigkeit beibehält unterstreicht, dass sie kein situationspezifisches Artefakt darstellt, sondern eine Allgemeingültigkeit zu besitzen scheint. Die mit der reinen Ausführung der Bewegung verbundenen Beschleunigung und die finale Impulsübertragung liefert ergänzende Hinweise auf die Gültigkeit der Hypothese. Menschliche Kampfsportler dieser Untersuchung liegen im Idealbereich für Impulsübertragung im Kampf, der allgemein für Säugetiere ermittelt wurde (vgl. Kapitel 8.3).

Bei der Kategorie *Haken* zeigen die Ergebnisse einen abfallenden Trend. Ein leichter Athlet bewegt sich schneller, wodurch ein Gleichgewichtfinden einfacher gelingt und somit den niedrigeren Erfolg in den leichten Gewichtsklassen erklärt. Hier zeigt sich, dass schnelles Reagieren verbunden mit Beschleunigung der eigenen Extremitäten in leichten Gewichtsklassen kein Problem darstellt. Dies wiederum bedeutet, dass leichte Gewichtsklassen auf kein diesbezügliches Problem mit ihrer eignen Masse stoßen. Das noch günstige Körperkraft-Gewichtskraft-Verhältnis ermöglicht leichten Athleten ihren Körper schnell wieder ins Gleichgewicht zu bringen. Ein zu schwerer Gegner ist durch diese Techniken ab einem Gewicht von 100 kg schwerer aus dem Gleichgewicht zu bringen. Hier stößt vor allem der Technikanwender auf ein Körperkraft-Gewichtskraft-Problem. Die gegnerische Gewichtskraft stellt für den Technikanwender durch seine verhältnismäßig langsamer anwachsende Körperkraft ein Problem dar. Sowohl die Technikkategorie *Unterlaufen* als auch *Haken* bestätigen trotz ihrer Spezifika in der Ausführung die erste Hypothese, nach der die Gewichtskraft zunehmend kampfscheidender wird und die Körperkraft im selben Maße an Bedeutung verliert.

Besonderheit der Gewichtsklasse *weiblich* >78 kg im Judo

Innerhalb der anthropologischen Untersuchung nimmt die Gewichtsklasse *weiblich* >78 kg häufig eine gesonderte Stellung, da sie zu allgemein festgestellte Trends einer Technikkategorie häufig durch diesbezügliche Anomalien auffällt.

Innerhalb der Gewichtsklasse *weiblich* >78 kg finden sich im Vergleich zu Athleten anderer Gewichtsklassen überdurchschnittlich häufig Kämpferinnen, die durch einen adipösen Körper

auffielen. Zusätzlich zu allgemeinen Gewichtseffekten finden sich in dieser Klasse weniger athletisch durchtrainierte Kämpferinnen im Sinne eines Muskelmasse zu Fettmasse Verhältnisses. In dieser Untersuchung konnte der Körperfettanteil der Athleten nicht bestimmt werden. Deshalb gründet sich die Vermutung zum athletischen Zustand der Kämpfer lediglich auf optische Eindrücke bzw. auf Morphologie und Dynamik.

Die Anomalien lassen sich durch die unterschiedlich trainierten Körper (Verhältnis Muskelmasse zu Fettmasse) der Athleten dieser Gewichtsklasse erklären. Sie bestätigen Untersuchungsergebnisse wonach sich ein hoher Körperfettanteil bei Judoka negativ vor allem auf die Bereiche Flexibilität, Balance und Stärke auswirkt (FRANCHINI ET AL 2005). Der eigene Körper kann aufgrund des hier stärker in Erscheinung tretenden allometrischen Grundproblems weniger erfolgreich stabilisiert werden, falls der Körperschwerpunkt aus der Unterstützungsfläche kippt.

10.2.3 Technikanalyse Ringen

Von den drei Technikkategorien (*Unterlaufen, Kreisblockade, Schwerpunktsenkung*), die in dieser Untersuchung für das Freistilringen definiert werden konnten, finden alle ein Äquivalent innerhalb der Judokämpfe. Die geringere Anzahl an Technikkategorien im Freistilringen erklärt sich weniger aus den unterschiedlichen Kampfregeln, als vielmehr aus der unterschiedlichen Kampfkleidung der Athleten. Der Judogi besteht aus einem langärmligen Kimono (Jacke) sowie einer langen Baumwollhose, die insgesamt reichlich Angriffsmöglichkeiten bieten. Ringer hingegen müssen aufgrund des materialarmen Trikots den gegnerischen Körper direkt erfassen.

Unterschiede gleicher Technikkategorien zwischen Freistilringen und Judo

Innerhalb der äquivalenten Technikkategorien in den beiden Kampfsportarten findet sich für die Tendenzen zur Häufigkeit immer eine Übereinstimmung. Keinerlei Übereinstimmung finden sich in den Tendenzen zum Erfolgsindex, die jeweils genau gegenläufig sind. Die

Vermutung liegt nahe, dass sich der unterschiedliche Trend zum Erfolgsindex vor allem mit der unterschiedlichen Kampfkleidung zu erklären ist, die sich direkt auf die Technikumsetzung auswirkt. Die Häufigkeit als Messgröße, die von der Kampfkleidung unbeeinflusst bleibt, ist im Trend interessanterweise in beiden Kampfsportarten in allen äquivalenten Technikategorien gleich.

Bei der Technikategorie *Unterlaufen* nimmt bei den Ringerinnen der Erfolgsindex mit steigendem Körpergewicht zu. Eine Erklärung hierfür dürfte in der unterschiedlichen Kampfhaltung liegen, aus der die Athleten ihre Techniken ausführen. Die durchschnittliche Distanz zwischen den Athleten ist beim Freistilringen geringer, da häufig die natürliche Ausgangsposition eine Haltung darstellt, bei der die Arme bzw. Hände bis zum Nacken des Gegners geführt sind und sich beide Stirnpartien berühren.

Die Kampfhaltung der Judoka wird durch das Tragen eines Judogis beeinflusst. Normalerweise wird der distale Ärmelbereich gefasst, häufig finden sich auch Phasen ohne Kontakt. Die Ausgangsstellung der Judoka sorgt durchschnittlich für eine weitere Distanz als sie bei Ringerinnen zu finden ist. Die geringfügig weitere Distanz trägt dazu bei, dass die länger zu überwindende Strecke zusammen mit der zunehmend problematischer werdende Beschleunigung der eigenen Masse den Judoka genügend Reaktionszeit lässt das Unterlaufen erfolgreich zu kontern. Die kürzere Distanz der Ringerinnen scheint ein Grund zu sein, der das Problem der Beschleunigung der eigenen Masse relativiert. Dadurch bleibt dem den Gegner wahrscheinlich weniger Zeit zu reagieren.

An dieser Stelle zeigt sich interessanter Weise, dass die Ergebnisse der Untersuchung sehr labil sind und vermutlich schon durch minimal Unterschiede der äußeren Kampfbedingungen beeinflusst werden. Allerdings lassen sich trotz der Labilität der Ergebnisse die Werte bzw. der Verlauf der ermittelten Trends immer durch Größeneffekte erklären. Somit wird die zunehmende Bedeutung der Gewichtskraft durch unterschiedliche Ergebnisse sehr ähnlicher Bewegungen nicht widerlegt. Vielmehr bestätigt sich erneut die Gültigkeit des allometrischen Grundproblems . Es zeigt sich, dass trotz gleichbleibender Bedeutung der Gewichtskraft der Ausgang ähnlicher Bewegungen stark von den Ausgangsbedingungen beeinflusst wird.

Die beiden übrigen Technikkategorien, die grundsätzlich einen ähnlichen Bewegungsablauf verfolgen jedoch zu unterschiedlichen Ergebnissen führen, sind die *Kreisblockade* und die *Schwerpunktsenkung*. Beide Technikkategorien unterscheiden sich in beiden Kampfsportarten hinsichtlich des Erfolgsindex. Innerhalb der Judoergebnisse steigt dieser jeweils mit zunehmendem Gewicht an, bei Ringerinnen hingegen fällt er ab.

Die Erklärung für den unterschiedlichen Trendverlauf liegt mit hoher Wahrscheinlichkeit in der Kampfkleidung. Für eine erfolgreiche Ausführung der Technik ist ein fester Griff am Gegner entscheidend. Der Freistilringerin bleiben als Griffansatz nur die Gliedmaßen der Gegnerin, während beim Judo ein festes „sich vergreifen“ in den robusten Ärmeln des Judogis möglich ist. Der Reibungskoeffizient konnte nicht bestimmt werden, wird aber zwischen profilierter Fingerhaut und Baumwolle höher sein als zwischen profilierter Haut und Haut der Arme. Bessere Griffmöglichkeiten, mögliche höhere Reibungskoeffizienten sowie durch die Distanz zwischen Baumwolljacke und Körper erhöhte Hebelarme dürften entscheidend für den ansteigenden Erfolgsindex bei steigender Masse im Judo sein.

Ringerinnen und Judoka zeigen aufgrund unterschiedliche Belastungen bedingt durch unterschiedliche Technikausführungen verschieden stark ausgeprägte Muskulatur. Hinweise hierzu finden sich dazu bei DRID ET AL. (2009), die aufzeigen konnten, dass Ringer im Vergleich zu Judoka eine ausgeprägtere Tibialismuskulatur haben. Aussagen über mögliche Zusammenhänge zu den Untersuchungsergebnissen dieser Arbeit sind schwer zu treffen und bleiben spekulativ. Generell bleibt zu bedenken, dass es sich bei den Judoka dieser Untersuchung um beide Geschlechter handelt, während bei den Ringern ausschließlich Frauen untersucht wurden.

Auch die Ergebnisse zur Kreisblockade und zur Schwerpunktsenkung zeigen, dass unterschiedliche Ausgangsbedingungen die Einzelergebnisse beeinflussen. Davon unabhängig wird jedoch die steigende Bedeutung der Gewichtskraft beibehalten.

11 Zusammenfassung

Funktionsmorphologische Untersuchungen zu Bewegungen und Größeneffekten beschränken sich überwiegend auf lineare Bewegungsformen. Für komplexere Bewegungen fehlten bisher Methoden. Standardverfahren wie die Messung via Kraftplatten oder Motion-Tracking sind in chaotischen Kampfbewegungen nicht einsetzbar, da sich die Tiere oder Menschen unvorhersehbar aus der sagittalen Messebene bewegen.

Verhaltensbiologische Untersuchungen beschreiben bisher allgemeine Verhaltensweisen und zeitliche Abfolgen in Kommentkämpfen, beziehen jedoch bis auf die Betonung bestimmter Körperwaffen kaum morphologische Größen mit ein.

Das allometrische Grundproblem zeigt sich mit zunehmendem Gewicht im Bewegungsverhalten von Wirbeltieren. Kommentkämpfe stellen eine Form der Bewegung dar, in der ebenfalls Größeneffekte aufgrund des allometrischen Grundproblems zu erwarten waren.

Für diese Arbeit wurden Methoden der Verhaltensbiologie modifiziert, um funktionsmorphologisch deutbare Ergebnisse zu erhalten. Dazu wurden Verhaltenskategorien unter biomechanischen Gesetzmäßigkeiten gebildet, die funktionsmorphologische Rückschlüsse auf die Relevanz des Körpergewichtes im Kampf zulassen.

Die Arbeit besteht aus zwei separaten Untersuchungen, eine zoologische und eine anthropologische.

In der ersten Untersuchung wurden Kommentkämpfe von 34 verschiedenen Säugetierarten anhand von Videokonserven auf Gewichtseffekte hin untersucht. In der zweiten Untersuchung wurden Zweikämpfe menschlicher Kampfsportler ebenfalls auf Gewichtseffekte hin untersucht. Hierzu wurden Videos von Weltmeisterschaften, Europameisterschaften und Olympischen Spielen im Judo und Freistilringen mit den entwickelten verhaltensbiologischen Untersuchungen analysiert.

Die funktionsmorphologische Interpretation der Verhaltensanalyse zeigt, dass in Kommentkämpfen Größeneffekte nachgewiesen werden können. Es konnten zwei Massebereiche aufgezeigt werden, in denen bestimmte Kampfbewegungen bevorzugt ausgeführt werden. Weiterhin war es möglich in den jeweiligen Verhaltenskategorien allgemeine Tendenzen

festzustellen, ob mit zunehmender Körpermasse eine Bewegung verstärkt eingesetzt oder vermindert wird.

Die anthropologische Untersuchung zeigt, dass auch in dem Gewichtsbereich menschlicher Kampfsportler Größeneffekte Einfluss auf die Kampfbewegungen haben. Anhand der Verhaltenskategorien lässt sich nachweisen, dass im Freistilringen und im Judo das Körpergewicht die Länge und die Häufigkeit von Bodenkämpfen beeinflusst. Zusätzlich wird der Erfolg und die Häufigkeit bestimmte Technikkategorien einzusetzen tendenziell vom Körpergewicht mit beeinflusst.

Sowohl in der Zoologie als auch in der Sportanthropologie werden Bewegungen in Zweikämpfen durch das Körpergewicht mitbestimmt.

12 Ausblick

Funktionsmorphologische Analysen in der Zoologie und Humanbiologie ermöglichen heute grundlegende Erkenntnisse, die Anwendungen beispielsweise in der Robotik oder in der Medizin finden. Funktionsmorphologische Erkenntnisse ermöglichen mittlerweile sogar die Bewegungen ausgestorbener Tiere ziemlich exakt zu rekonstruieren und animieren.

Das Verhalten von ausgestorbenen Homininen wird überwiegend durch verhaltensbiologische Studien an Primaten-Referenzpopulationen rekonstruiert. Die verhaltensbiologischen Ergebnisse können grundlegend durch funktionsmorphologische Verhaltenskategorien ergänzt werden, um exaktere Rekonstruktionen von Kampfbewegungen zu ermöglichen. Eine derartige Ergänzung beschränkt sich dabei keineswegs einzig und allein auf die Homininenrekonstruktion.

Ein funktionsmorphologisches Verständnis von Zusammenhängen zwischen Körpergewicht und Kampfbewegungen könnte zukünftig zu detaillierteren Darstellungen von ausgestorbenen Tieren führen. Ob der bis zu 500 kg schwere *Gigantopithecus* einzig aufgrund seiner vermuteten optischen Ähnlichkeit genauso gekämpft hat wie der leichtere *Gorilla gorilla* bleibt eine spannenden Forschungsfrage für die Zukunft.

Für die Sportanthropologie zeigt sich, dass es lohnenswert ist zukünftig Größeneffekte auf Kampfbewegungen noch genauer hin zu untersuchen. Das Körpergewicht wirkt sich sowohl auf den Bodenkampf als auch auf einzelne Technikerfolge im Stand aus. Es wäre durchaus vorstellbar, dass die Trainingswissenschaft und Sportanthropologie an dieser Stelle effiziente Trainingsmethoden entwickeln können, welche die Masseffekte innerhalb bestimmter Gewichtsklassen gezielt mitberücksichtigen.

13 Literatur

Alexander R. Mc N. (2005): Models and the scaling of energy costs for locomotion. *The Journal of Experimental Biology* 208: 1645-1652

Alexander R. Mc N. (2003): *Principles of Animal Locomotion*. Princeton University Press, Princeton

Alexander R. Mc N. (1989): *Dynamics of Dinosaurs and Other Extinct Giants*. Columbia University Press, New York

Ali P.N. (2010): The Relation of Body Fats, Anthropometric Factor and Physiological Functions of Iranian Female National Judo Team. *Modern Applied Science* Vol. 4, No. 6, June

Artioli G.G., Scagliusi F., Kashiwagura D., Franchini E., Gualano B., Junior A.L (2010): Development, validity and reliability of a questionnaire designed to evaluate rapid weight loss patterns in judo players. *Scand. J. Med. Sci. Sports* 20: 177–187

Benton M. (2007): *Paläontologie der Wirbeltiere*. Verlag Dr. Friedrich Pfeil, München

Bergmann P., Irschick D.J. (2006): Effects of temperature on maximum acceleration, deceleration and power output during vertical running in geckos. *J. Exp. Biol.* 209: 1404-1412

Biewener A. (1983): Allometry of quadrupedal locomotion: The scaling of duty factor, bone curvature and limb orientation to body size. *J. Exp. Biol.* 10: 147-171

Biewener A (2005): Biomechanical consequences of scaling. *J. Exp. Biol.* 208: 1665-1676

Blickhan R. (1988): The spring-mass model for running and hopping. *Journal of Biomechanics* 22: issues 11-12, 1217-1227

Christian A. (2000): Von Mäusen und Dinosauriern – wie die Größe den Körperbau und die Leistungsfähigkeit eines Tieres beeinflusst. Praxis der Naturwissenschaften Biologie 4: 30-39

Christian A. (2001): Funktionsmorphologie – der Stütz- und Bewegungsapparat der Tetratoden. Praxis der Naturwissenschaften Biologie 1: 1-8

Clutton-Brock T.H., Guinness F.E., Albon S.D. (1982): Red Deer Behavior and Ecology of Two Sexes. University of Chicago Press, Chicago

Currey J. D., Landete-Castillejos T., Estevez J., Ceacero F., Olguin , Garcia A., Gallego L. (2009): The mechanical properties of red deer antler bone when used in fighting. J. Exp. Biol. 212 : 3985-3993

Drid P., Drapsin M., Trivic T., Lukac D., Obadov S., Milosevoc Z. (2009:) Asymmetry of muscle strength in elite athletes. Biomedical Human Kinetics 1: 3-5

Eibl-Eibesfeldt I. (2004): Die Biologie menschlichen Verhaltens Grundriß der Humanethologie. Buch Vertrieb Blank, Vierkirchen-Pasenbach

Fischer M.S., Schilling N., Schmidt M., Haarhaus D., Witte H. (2002): Basic limb kinematics of small therian mammals. J. Exp. Biol. 205: 1315–1338

Franchini E, Yuri Takito M, de Moraes Bertuzzi R.S. (2005): Morphological, physiological and technical variables in high-level college judoists. Archives of Budo, Vol. 1: 1-7

Franchini E., Nunes A.V., Moraes J.M., Del Vecchio F.B. (2007): Physical Fitness and Anthropometrical Profile of the Brazilian Male Judo Team. J. Physiol. Anthropol. 26: 59–67

Frank D. (1997): Verhaltensbiologie. Georg Thieme Verlag, Stuttgart

Garcia G. J. M., da Silva J. K. L (2004): On the scaling of mammalian long bones. J. Exp. Biol. 207: 1577-1584

- Gansloßer U., Niemitz C. (1999): Wie Säugetiere auf die Bäume kommen; Wie sie oben bleiben und wie sie herunterkommen. *In*: Gansloßer, U. (Hrsg.): Spitzenleistungen. Filander, Fürth
- Garland T. (1983): The relation between maximal running speed and body mass in terrestrial mammals. *J. Zool.*199: 157-170
- Geissmann T. (2003): Vergleichende Primatologie. Springer Verlag, Heidelberg
- Glahn K. (1977): Kämpferrolle im Judo. *Judo* 17 (10): 36-38
- Glahn K. (1978): Kämpferrolle im Judo. *Judo* 18 (2): 34-35
- Goodall J. (1991): Wilde Schimpansen: Verhaltensforschung am Gombe-Strom. Rowohlt Taschenbuch Verlag, Reinbek
- Grupe G., Christiansen K., Schröder I., Wittwer-Backofen U. (2005): Anthropologie: Ein einführendes Lehrbuch. Springer Verlag, Heidelberg
- Heinisch H.D (2008): Merkmale des Kampfverhaltens und der technischen Vielseitigkeit für internationale Spitzenleistungen im Judo. *Z. Ange w. Trainingswissenschaft* 15,1: 55-71
- Hildebrand M., Goslow G. (2004): Vergleichende und funktionelle Anatomie der Wirbeltiere. Springer Verlag, Heidelberg .
- Hill R.A., Barton R.A (2005): Red enhances human performance in contests. *Nature* 435: 19 May 239.
- Hutchinson J.R. (2004): Biomechanical Modeling and Sensitivity Analysis of Bipedal Running Ability. I. Extinct Taxa. *J. Morphol.* 262: 421–440
- Hutchinson J.R. (2004): Biomechanical Modeling and Sensitivity Analysis of Bipedal Running Ability. II. Extinct Taxa. *J. Morphol.* 262: 441–461

Iriarte-Díaz J. (2002): Differential scaling of locomotor performance in small and large terrestrial mammals. *J. Exp. Biol.* 205: 2897–2908.

Jarman P. (1989): Mating system and sexual dimorphism in large terrestrial, mammalian herbivores. *Biol. Rev.* 58: 485-520

Kappeler P. M (2009): *Verhaltensbiologie*. Springer Verlag, Heidelberg

Kardong, K.V. (2002): *Vertebrates Comparative Anatomy, Function, Evolution*. Third edition McGraw Hill

Kemp T. J., Bachus K. N., Nairn J. A., Carrier D. R. (2005): Functional trade-offs in the limb bones of dogs selected for running *versus* fighting. *J. Exp. Biol.* 208, 3475-3482

Köhler W., Schachtel G., Voleske P. (2007): *Biostatistik: Eine Einführung für Biologen und Agrarwissenschaftler*. Springer Verlag, Heidelberg

Lamprecht, J. (1999): *Biologische Forschung: Von der Planung bis zur Publikation*, Filander Verlag, Fürth

Maynard Smith J. (1982): *Evolution and the theory of games*. Cambridge Univ. Press, Cambridge

Naguib M.(2006): *Methoden der Verhaltensbiologie*. Springer Verlag, Heidelberg

Preuschoft H., Witte H., Christian A., Recknagel S.(1994): Körpergestalt und Lokomotion bei großen Säugetieren. *Verh. Dtsch. Zool. Ges.* 87(2): 147 -163

Preuschoft H, Günther M.Mm, Christian A. (1998): Size dependence in prosimian locomotion and its implications for the distribution of body mass. *Folia Primatol.* 69: 60-81

Preuschoft H, Christian A.(1999): Statik und Dynamik bei Tetrapoden. *In: Gansloßer, U. (Hrsg.): Spitzenleistungen*. Filander, Fürth

Starck D. (1979): Vergleichende Anatomie der Wirbeltier auf evolutionsbiologischer Grundlage Band 2. Springer Verlag, Berlin

Starck G. (2002): Handmaterial für eine abgestimmte Nachwuchsförderung zwischen Spitzenfachverbänden und Landesausschüssen Leistungssport – Sportart Judo. Abschlussbereich Frankfurt DOSB, Geschäftsbereich Leistungssport.

Sverdlova, N. S., Witzel U. (2010): Principles of determination and verification of muscle forces in the human musculoskeletal system: muscle forces to minimise bending stress. *Journal of Biomechanics* 43(3): 387-396

Tinbergen N. (1963): On aims and methods of ethology. *Z. Tierphysiol.* 20, 410

Usherwood J.R., Wilson A.M (2005): Accounting for elite indoor 200 m sprint results *Biol. Lett.* doi:10.1098/rsbl.2005.0399 Published online

Vanhooydonck B., Herrel A., Irschick D.J (2006): Out on a limb: the differential effect of substrate diameter on acceleration capacity in *Anolis* lizards. *J. Exp. Biol.* 209: 4515-4523

Walter R. M., Carrier D. R (2007): Ground forces applied by galloping dogs. *J. Exp. Biol.* 210: 208-216

Walter R.M., Carrier D. R.(2009): Rapid acceleration in dogs: ground forces and body posture dynamics. *J. Exp. Biol.* 212:1930-1939

Władysław J. (2007): Morphological diversification of female judo athletes. *Archives of Budo* 3: 27-34

Wick D., Möller S., Krüger T., Kittel R. (2008): Analyse und Optimierung angriffsspezifischer Technikelemente – individuelle Bewegungsprofile von Spitzenjudoka. *BISp-Jahrbuch – Forschungsförderung 2008/09*: 209 – 214

Williams S. B., Usherwood J. R., Jespers K., Channon A. J., Wilson A. M (2009): Exploring the mechanical basis for acceleration: pelvic limb locomotor function during accelerations in racing greyhounds (*Canis familiaris*). J. Exp. Biol. 212: 550-565

Wilson A. M., Watson J.C. (2003): A catapult action for rapid limb protraction Energy bursts from a horse's elastic biceps muscles provide power for a flat-out gallop. Nature 421: 35-36

Witte H., Biltzinger J., Hackert R., Schilling N., Schmidt M., Reich C., Fischer M.S.(2002): Torque patterns of the limbs of small therian mammals during locomotion on flat ground. J. Exp. Biol. 205: 1339–1353

Daten der Skispringer: <http://www.herbertsteffny.de/artikel/magersucht.htm>
13.06.2010

Eidgenössischer Schwingerverband: www.esv.ch 11.12.2009

Danksagung

Bei Herrn PROF. DR. ANDREAS CHRISTIAN bedanke ich mich für die Anregung des Themas und für die Unterstützung bei der Statistik. Seine fachliche, unkomplizierte Beratung und freundschaftliche Unterstützung half mir stets weiter und war mir eine große Hilfe.

Bei Frau PROF. DR. NELE SCHLAPKOHL bedanke ich mich für die schnelle und unkomplizierte Zusage als Zweitgutachterin.

Besonderen Dank gilt den Herren DR. HANS-DIETER HEINISCH, ROLAND OSWALD und RONNY LÜDEMANN vom *Institut für angewandte Trainingswissenschaft der Universität Leipzig* für die zur Verfügung gestellten Videos der Judo- und Ringwettkämpfe. Weiterhin gilt mein Dank dem Deutschen Judo Bund und dem Deutschen Ringerbund.

Bei ANNEMARIE UTECHT möchte ich mich besonders herzlich für ihr unermüdliches Verständnis und ihre liebevolle Unterstützung bedanken. Ohne sie hätte ich in schwierigen Situationen nicht die Kraft gehabt diese Arbeit zu beenden.

Herrn PROF. DR. HOLGER PREUSCHOFT danke ich für den beratenden Emailkontakt um meine Sichtweisen in die richtige Richtung zu lenken.

Ich bedanke mich bei meinen ehemaligen Kollegen DR. DENNIS BARNEKOW, DR. ALEXANDER KOHLY und JAN-THOMAS MÖLLER für stets offene und anregende Gespräche während meiner Tätigkeit am Institut.

Bei PROF. DR. FRANS DE WAAL und DR. KAI PERRET vom Zoo Magdeburg bedanke ich mich für ihre Rückmeldungen zu Dokumentationen von Kommentkämpfen bei Primaten.

Ich bedanke mich bei allen Mitarbeitern des DFG Research Unit 533 „Biology of the Sauropod Dinosaurs: The Evolution of Gigantism“. Die vorliegende Forschungsarbeit wurde innerhalb der DFG Forschergruppe 533 unterstützt.

Herrn DR. DETLEF REISE danke ich dafür, dass er mir immer wieder aufs Neue zeigt, wie faszinierend die Natur vor unserer Haustür ist und dass es sich stets lohnt die Natur dort aufzusuchen, wo sie auch wirklich zu finden ist.

Ich danke dem Vorsitzenden des Promotionsausschusses Herrn PROF. DR. UWE DANKER für das verständnisvolle Entgegenkommen bezüglich des Abgabetermins dieser Arbeit.

Bei meinem ehemaligen Biologielehrer NORBERT PUDEK möchte ich mich bedanken, weil er vor 20 Jahren die Begeisterung zur Biologie in mir geweckt hat und stets ein Vorbild war.

Ich bedanke mich bei meinen ehemaligen Kampfkunstlehrern DIETER ANDRESEN und GÖRAN NEUMANN für alles, was sie mir beigebracht haben.

Bei meinen Eltern ANGELIKA und KARL-FRIEDRICH ZIEHM bedanke ich mich dafür, dass mir stets ermöglicht haben, das zu verwirklichen, was mich glücklich macht.

Erklärung

Hiermit erkläre ich, dass ich die vorliegende Dissertation nach Form und Inhalt, abgesehen von der Beratung durch meine akademischen Lehrer, selbständig angefertigt und außer den angegebenen keine weiteren Hilfsmittel benutzt habe.

Lübeck, den 11.06.2011