

# **Antrag auf Sachbeihilfe**

## **" Untersuchungen zur Fortbewegung verschiedener Hunderassen "**

Antragsteller: Prof. Dr. Martin S. Fischer

Friedrich-Schiller-Universität

Biologisch-Pharmazeutische Fakultät

Institut für Spezielle Zoologie und Evolutionsbiologie

mit Phyletischem Museum

Erbertstrasse 1

07743 Jena

[www.zoo.uni-jena.de](http://www.zoo.uni-jena.de)

**Jena, November 2004**

## 1. Antragsteller

Martin S. Fischer, Prof. Dr.

Hochschullehrer (C4), Institutsdirektor

10. Juli 1954, deutsch

Institut für Spezielle Zoologie und Evolutionsbiologie mit Phyletischem Museum,

Friedrich-Schiller-Universität Jena

Erbertstr. 1, 07743 Jena

Tel.: 03641 949 140 / 949 141

Fax.: 03641 949 142

email: fischer@pan.zoo.uni-jena.de

Privatadresse: Schaefferstr. 9, 07743 Jena

## 2. Zusammenfassung

Ziel der hier beantragten Studie ist die erstmalige vollständige Beschreibung von Kinematik (Gelenkwinkelverläufe, Segmentbewegungen, Gangmuster) und Metrik (Schrittlänge, -dauer etc.) der Fortbewegung von 30 Hunderassen. Es wurden Rassen sehr unterschiedlicher Körpergröße, Winkelung und Rahmen ausgewählt. Die Auswahl der Rassen erfolgte in Absprache auch nach züchterischen Gesichtspunkten. Vorhandene technische Ausstattung erlaubt die parallel Aufnahme der Fortbewegung mit dem hochfrequenten Videosystem Camsys<sup>®</sup> und dem Infrarotbewegungsmeßsystem Qualisys<sup>®</sup>. Die Studie soll durch Einstellung einer Wissenschaftlerin innerhalb von drei Jahren abgeschlossen sein. Sie soll als allgemeinverständliches Buch erscheinen und damit auch eine Handreichung für alle sein, die sich mit der Fortbewegung des Hundes professionell oder aus dem Wunsch, ihren Hund besser zu verstehen, beschäftigen.

### **3. Eigene Vorarbeiten, Stand der Forschung, technische Voraussetzungen zur Durchführung der Studie**

#### **3.1. Eigene Vorarbeiten**

Der Antragsteller untersucht seit vielen Jahren die Fortbewegung verschiedener Säugetiere. Seine Arbeiten werden seit 1988 kontinuierlich von der Deutschen Forschungsgemeinschaft gefördert. Er war Mitbegründer des Innovationskollegs „Bewegungssysteme“, Mitglied im Schwerpunkt-Programm „Autonomes Laufen“ und ist Sprecher der in Begutachtung befindlichen Forschergruppe „Bewegung und Beweglichkeit“. Zusammen mit anderen Arbeitsgruppen ist es ihm gelungen in Jena ein Zentrum der Bewegungsforschung in Deutschland aufzubauen. Zu diesem Zweck sind auch erhebliche infrastrukturelle Mittel in die hiesige Forschung geflossen. Die hervorragende technische Ausstattung in Jena erlaubt es, das hier beantragte Projekt ohne Kosten für Technik durchzuführen.

Von der GKF wurde unter der Projektleitung von Prof. Dr. Hartmut Witte bereits in den Jahren 2001 und 2002 ein Projekt „Untersuchung zur Biomechanik großer Gelenke beim Schäferhund“ am Institut des Antragstellers gefördert. Das Ziel dieser Studie war eine biomechanische Analyse des Hüftgelenkes. Im Rahmen dieses Projektes wurden bereits einige Schäferhunde mit dem weiter unten vorgestellten Meßsystem Qualisys® aufgenommen. An diesem Projekt war Frau Karin Lilje, für die im Rahmen des vorliegenden Projektes eine Stelle beantragt wird, bereits beteiligt. Zusätzlich wurden an der LMU München an einem Tier ausgewählte Bewegungssituationen nachgestellt und durch klassische Röntgenaufnahmen die Lagen von Knochen und Hautpunkten verglichen.

Wesentliche Prinzipien quadrupeder Lokomotion insbesondere der Theria (Beuteltiere und plazentale Säugetiere) konnten in den letzten Jahren aufgeklärt werden. Die nachfolgende Darstellung ist bewußt auf das für den Antrag Wesentliche beschränkt. Der Antragsteller hat für ein 2004 erschienenes Lehrbuch (Westheide/Rieger, Spezielle Zoologie Band 2) das Kapitel über die Evolution des Bewegungsapparates geschrieben und reicht dieses Kapitel gerne auf Wunsch nach.

Im Grundmuster aller Mammalia (Säugetiere) sind die Arme und Beine wie bei Reptilien abduziert (annähernd rechtwinklig zur Körpermittelebene gestellt) und bestehen funktionell aus zwei Segmenten (Oberarm und Unterarm, Oberschenkel und Unterschenkel). Die Extremitäten der Theria haben dagegen vorne wie hinten drei Segmente. Vorn wird ein Element des Schultergürtels - die Scapula (Schulterblatt) - zum proximalen (körpernahen) Segment, hinten wird im Wesentlichen der Fuß umgebaut.

Wichtiges Vorwissen für das hier beantragte Projekt sind die Kenntnisse über die Dominanz proximaler Extremitätenabschnitte beim Rumpfvortrieb, insbesondere der Scapula an der Vorderextremität. Der Ertrag der Scapula an der Schrittlänge variiert von 50% bis 80% bei den einzelnen Tierarten (Tab. 1). Bei den Hunden wurde aus eigenen Röntgenfilmen und „Dogsteps“, in diesem Falle ohne Kenntnis der Rasse, in einer vorläufigen Näherung die Schulterblattdrehung mit etwa 35° ermittelt, woraus sich bei mittelgroßen Hunden ein Beitrag zur Schrittlänge von 62% ergäbe. Der Beitrag des Hüftgelenkes ist noch stärker, er beträgt über 80%! Es muß betont werden, daß es bisher außer diesen Näherungsberechnungen keine Studie gibt, welche den Grad der Schulterblattdrehung untersucht hat. Es ist von höchstem Interesse, ob und wenn ja, inwieweit sich die Schulterblattdrehung in Abhängigkeit der Körpergröße verändert. Die Amplitude und der Beitrag aller anderen Gelenke zum Vorschub sind bei einem generalisierten, großen Hund entsprechend gering (Schultergelenk 26% Beitrag zur Schrittlänge, Ellbogengelenk 8%, Handgelenk 4%, Kniegelenk 8%, Sprunggelenk 8%)

Die nachfolgenden Skelettzeichnungen wurden aus eigenen Vorstudien mit Qualisys® und den genannten Röntgenfilmen angefertigt (Abb. 3). Auch sie sind bislang nur eine rassenunabhängige Näherung. Gerade die offensichtlichen Unterschiede in Beinstellung, Winkelung etc. sollen in der beantragten Studie untersucht und damit ein rassespezifisches Fortbewegungsprofil erstellt werden (s. Auswahl der Rassen). Bemerkenswert sind die geringen Auf-Abfuß-Differenzen in den verschiedenen Gelenkwinkeln. Für den Beitrag eines Gelenkes zur Schrittlänge ist nicht seine Maximalamplitude entscheidend sondern die Auf-Abfuß-Differenz und die Höhenveränderung in der Lage des Drehpunktes. Die hier beispielhaft dargestellten Werte decken sich mit der Literatur (z.B. Allen et al. 1994). Die Aufgabe allem Dingen der distalen Gelenke ist die Modulation der Bewegung und damit die möglichst lineare Führung des Körperschwerpunktes gerade in natürlichem, unregelmäßigem Terrain.

Ein weiterer wichtiger Aspekt der Konstruktion von Vorder- und Hintergliedmaßen, der auch bei der richterlichen Beurteilung des Laufens hohe Beachtung finden sollte, ist der Umstand, daß notwendigerweise die Drehpunkte beider Gliedmaßen auf derselben Höhe liegen. Das Hüftgelenk und der Oberrand der Scapula können durch eine horizontale Linie verbunden werden (Abb. 4). Die irrümliche Ansicht, Hüft- und Schultergelenk entsprächen sich, hat nicht nur zur fehlerhaften Montage vieler Skelette geführt, sondern kann möglicherweise auch bei der Beurteilung von Hunden zu Fehlannahmen führen.

Ein weiterer Fortschritt im Verständnis der Säugetierfortbewegung gelang durch die Analyse von Rückenbewegungen. Anders als bei Reptilien ist die Hauptbewegungsachse der Wirbelsäule in sagittaler Richtung (Abb. 1). Das Auf- und Abbiegen des Rumpfes wird insbesondere im Galopp und verwandten Gangarten systematisch genutzt. Durch Addition von

Zwischenwirbelbewegungen wird das im Sakralgelenk fest mit der Wirbelsäule verbundene Becken um bis zu 50° verschwenkt (Abb. 5). Diese Bewegung kann bei kleinen Säugetieren bis 50% zur Schrittlänge der Hinterhand beitragen. Für Hunde liegen bisher keinerlei Werte vor.

### **3.2. Stand der Forschung**

Trotz einer Vielzahl von Einzelarbeiten zur Fortbewegung von Hunden stellt die hier beantragte Studie eine Pionierarbeit dar, denn noch nie wurde auch nur für eine einzige Hunderasse der Bewegungsablauf aller an der Fortbewegung beteiligten Segmente einschließlich der Schulterblattbewegung untersucht. Auch die bisher vollständigsten Bewegungsanalysen haben der die Bewegung der Vorderextremität dominierenden Schulterblattrotation keine Beachtung geschenkt. Ein Vergleich der Fortbewegung von insgesamt 30 Hunderassen überdies bei unterschiedlichen Geschwindigkeiten und Gangarten stellt deshalb eine große Herausforderung dar.

Die Schwerpunkte bisheriger Forschungsarbeiten standen häufig in Zusammenhang mit klinischen Fragestellungen (z.B. Bennett et al. 1996, Poy et al. 2000). Die hier beantragte Studie dient aber der grundlegenden Beschreibung der Fortbewegung verschiedener Hunderassen und hier insbesondere der Kinematik der Gliedmaßenbewegung. Deshalb sind antragsrelevante Publikationen hierzu hervorgehoben (s. Anhang 2). Arbeiten zur Biodynamik oder Biostatik auf der Grundlage von Bodenreaktionskräften werden nicht eingehend referiert (z.B. Lee et al. 2004, Griffin et al. 2004), ebensowenig wie Arbeiten zur Muskelaktivierung (auf die hierzu publizierten Arbeiten sind wir andernorts eingegangen z.B. Fischer 1998, Witte et al. 2002).

Eine übersichtliche Darstellung der verschiedenen analytischen Ansätze zur Untersuchung der Fortbewegung des Hundes vor 1997 findet sich in Off & Matis (1997a). Die Autoren schreiben darin (S. 10): „Untersuchungen mit modernen Gangbildanalyseverfahren beim Hund wurden erst in den letzten drei Jahren publiziert“ und verweisen auf Arbeiten aus dem Veterinärinstitut in München und der Arbeitsgruppe von DeCamp. Die Arbeiten im Ganglabor in München haben selbstverständlich klinischen Kontext z.B. Lahmheitsdiagnostik (s. Off & Matis 1997b). Im Zusammenhang mit den obigen Ausführungen zur Bedeutung der Scapula für den Vortrieb ist interessant, daß in der Arbeit von Off & Matis (1997b) in Abb. 4 diese zwar offensichtlich mit einem Marker versehen war, Abb. 7 aber die Vorderextremität als Zweisegmenter, die Hinterextremität aber als Dreisegmenter wiedergibt.

Auch die jüngst erschienene, kinematische (3D-Videographie) und kinetische Arbeit von Nielsen et al. (2003) berücksichtigt zwar vier Segmente an der Vorderextremität (Phalangen, Carpometacarpus, Antebrachium, Humerus) nicht jedoch die Scapula und untersucht damit Armbewegung nicht aber die Bewegung der Vordergliedmaße (Abb .7). Da die Autoren

überhaupt keinen Marker auf der Scapula plazieren, können sie noch nicht mal einen Winkel für das Schultergelenk angeben. Die Arbeit beschreibt somit die Bewegungen von Ellbogen, Hand- und Metacarpophalangeal-Gelenken bei 6 Mischlingshunden auf der Grundlage von reflektierenden Markern und 200 Hz Aufzeichnungsgeschwindigkeit. Die berichteten distalen Gelenkwinkel stimmen weitgehend mit den von uns mittels Qualisys® beim Deutsch Stichelhaar gemessenen Winkeln überein.

Weitgehend unberücksichtigt in der modernen Literatur und auch uns bisher nicht zugänglich sind die Arbeiten von Schäme (1926, 1932). Angaben zu metrischen Parameter (Schrittdauer, -länge, Stemmphasendauer, -länge etc) finden sich in einer Vielzahl von Arbeiten, wobei es sich fast immer um Laufbandstudien handelt. Auch in der hier beantragten Studie werden wir aus Gründen der Vergleichbarkeit die Hunde auf größenangepaßten Laufbändern untersuchen. Owen et al. (2004) haben für Greyhounds nachgewiesen, was unserer Erfahrung mit anderen Säugetieren entspricht, daß nämlich die Gewöhnung an das Laufband in kürzester Zeit erfolgt. Die Ergebnisse von Owen belegen, daß die gemessenen Gelenkwinkel im Trab schon nach 30 Sekunden Gewöhnung denjenigen von 2 Minuten Gewöhnung im Schritt entsprachen. Sie kommen deshalb zum Schluß: „This suggests, that after a two minute period of walking initiation, reliable elbow and stifle joint kinematics can be obtained for treadmill-naive greyhounds during trotting after only 30 seconds, and the dogs can therefore be considered to be familiarised to treadmill trotting“ (Owen et al. p. 144).

Gillette & Zebas (1999) untersuchten die Symmetrie beim Trab bei 16 Labrador Retriever. Dabei filmten sie zunächst die eine und dann die andere Seite und kamen zum Schluß, daß der Trab eine symmetrische Gangart ist und damit ein zweidimensionales System ausreicht, um die Fortbewegung des Hundes zu beschreiben. Wir haben gerade eine Studie an 17 Pferden abgeschlossen, um mit zwei verschiedenen, dreidimensional aufzeichnenden Meßsystemen zu prüfen, inwieweit Pferde bei verschiedenen Geschwindigkeiten symmetrisch gehen und inwieweit Abweichungen von der Symmetrie zur Diagnostik von Taktunreinheiten oder gar Lahmheiten heran gezogen werden können. Nur ein Pferd lief rechts-links-symmetrisch, nur hatte sich dies beim Beginn des Versuches die Fessel angeschlagen und lief „bewußt“. Ohne gleichzeitige Dokumentation beider Körperseiten, halte ich die Aussage von Gillette und Zebas (1999) für nicht ausreichend unterstützt.

Unter den Publikationen, die sich der Untersuchung der Kinematik von Vorder- und Hinterbeingelenken widmen, sind ab 1993 besonders DeCamp und Mitarbeiter hervorzuheben (DeCamp et al. 1993). An der von DeCamp (1997) beschriebenen Situation, hat sich aber in den letzten 7 Jahren nur wenig gebessert: „Dogs, however, have only recently been studied with advanced kinematic techniques in normal and lame gaits.

Dynamic flexion and extension movement patterns have been characterized for Greyhounds and mixed, large-breed dogs at the trot and the walk.“ (DeCamp 1997, p. 833). Eine Studie von Allen et al. (1994) beschreibt bei 14 großen Mischlingshunden (Schäferhund- und Labradormischlinge) die Kinematik der Vorder- und Hinterextremität auf der Grundlage von 60 Hz Videoaufnahmen allerdings ohne Berücksichtigung der Scapula. Dasselbe gilt für die Studie von Hottinger et al. (1996), die unter den gleichen Bedingungen an 15 nicht näher bezeichneten Hunden für den Schritt durchgeführt wurde. Schaefer et al. (1998) runden die Untersuchungen durch ein Arbeit zum Trab bei 8 Hunden ab, wobei allerdings nur die Hinterextremität untersucht wurde. Dies hat einen sehr einfachen Grund. Bei aller Schwierigkeit mit externen Markern Hüftgelenksbewegungen korrekt aufzuzeichnen, ist dies doch immer noch wesentlich einfacher als die Dokumentation von Schulterblatt- und Schultergelenksbewegungen.

Der Vergleich von Rassen im gesamten Größenspektrum erlaubt die Gültigkeit einer Analyse von Bertram et al. (2000) zu testen, daß nämlich die erkennbaren Unterschiede in metrischen Parametern (Greyhounds nutzen längere Schritte bei gleichzeitig niedrigerer Frequenz als Labrador Retriever) bei Normalisierung der Körpergrößenunterschiede weitestgehend verschwinden.

David Carrier, mit dem wir in engem wissenschaftlichen Kontakt stehen und in dessen Labor meine Assistentin Frau Dr. Schilling dieses Jahr 6 Wochen an elektrophysiologischen Versuchen an Hunden teilnahm, untersucht unterschiedliche Aspekte des ökonomischen Laufens bei Hunden, u.a. Speicherung und Rückgewinnung von in Muskeln und Sehnen gespeicherter elastischer Energie (Gregersen et al. 1998) oder optimale Kontraktionsgeschwindigkeiten (Carrier et al. 1998). Jüngst arbeitet die Gruppe um David Carrier verstärkt an der Interaktion von Atmung und Lokomotion (z.B. Deban & Carrier 2002, Fife et al. 2001, Ritter et al. 2001)

### **3.3. Technische Voraussetzungen zur Durchführung der Studie**

#### **Infrarotbewegungsmeßsystem Qualisys®**

Im Rahmen eines Schwerpunktprogrammes der Deutschen Forschungsgemeinschaft wurde uns als Erstanwender in Deutschland das Infrarotbewegungsmeßsystem Qualisys® zur Verfügung gestellt. Dieses System wurde für die Bewegungsanalyse am Menschen entwickelt. Es ermöglicht eine nicht-invasive Form der Datenerhebung.

Zu dem Bewegungsmeßsystem gehören: Aufnahmesystem, Kalibriereset, ACB-530 serial interface adapter und ein PC, Software Qtrac® und Qview®. Unser Aufnahmesystem besteht aus sechs Kameras, die Infrarotblitze aussenden und deren Reflexe räumlich lokalisiert werden,

wenn das Licht von passiven Markern reflektiert wird. Die einzelnen Kameras gewinnen je ein zweidimensionales Bild. Durch den Gebrauch von mindestens zwei Kameras können im besten Fall mit der Methode der „Direct Linear Transformation – DLT“ (hier in der Ausformulierung als „Modified Direct Linear Transformation – MDLT“) bereits die dreidimensionalen Koordinaten der Marker errechnet werden, beim Einsatz mehrerer Kameras erhöht sich die Vollständigkeit der Markerererkennung und die Genauigkeit der Koordinaten. Deshalb werden regulär alle 6 Kameras verwendet. Die Kameras sind untereinander durch Datenkabel zu einem Netzwerk verbunden, welches an den PC angeschlossen ist. Das System erlaubt Aufnahmefrequenzen bis zu 1000 Bildern/sec.

Qualisys<sup>®</sup> ermöglicht die Durchführung von Bewegungsanalysen aller vorgesehenen Hunderassen. Einzige Bedingung ist, daß der Abstand zwischen den einzelnen reflektierenden Markierungen deutlich größer sein muß als die Marker selbst, um eine weitgehend automatisierte Identifikation der Marker zu erlauben. Diese Bedingung ist bei allen Rassen gegeben. Zudem stehen Marker in unterschiedlichen Größen zur Verfügung.

### **Das hochfrequente Videosystem Micromac<sup>®</sup> CAMSYS**

Neben dem sehr genauen System QualiSys<sup>®</sup> zur Ermittlung von Gelenkverläufen mit externen Markern werden von allen Rassen Hochgeschwindigkeits-Videofilme angefertigt. Uns steht hierfür das System Micromac<sup>®</sup> CAMSYS zur Verfügung, das ebenfalls die Aufnahme von bis zu 1000 Bildern/sec. erlaubt. Da die volle Pixelzahl (256 x 256) jedoch nur bis zu 500 Bildern/sec. verfügbar ist werden wir bei dieser hinreichend schnellen Aufnahmegeschwindigkeit arbeiten. Das System besteht aus drei Kameras und diversen Zoom- und Festbrennweitenobjektiven. Die Videofilme werden dazu dienen, neben den von QualiSys<sup>®</sup> ermittelten Gelenkverläufen auch die reale Position z.B. der Vorder- und Hinterhand beim Auf- und Abfußen zu dokumentieren. Die in Rück- oder Vorderansicht und gleichzeitiger Seitenansicht aufgezeichneten hochfrequenten Videofilme werden auch eine verbesserte Einschätzung von Winkelungen und gegebenenfalls sog. Fehlstellungen erlauben. Nicht zuletzt sind zeitgedehnte Videofilme für den ungeübten Betrachter der ideale Einstieg in ein tieferes Verständnis von Bewegungsabläufen. Es soll auch an dieser Stelle betont werden, daß die erstellten Filme selbstverständlich in Absprache mit der GKF den interessierten Zuchtverbänden zur Verfügung gestellt werden.

### **3.3. Zitierte Literatur**

Allen, K., C. E. DeCamp, T. D. Braden, M. Bahns (1994): Kinematic gait analysis of the trot in healthy mixed breed dogs. V.C.O.T. 7: 148-153.

Bennett, R. L., C. E. DeCamp, G. L. Flo, J. G. Hauptman, M. Stajich (1996): Kinematic gait analysis in dogs with hip dysplasia. Am. J. Vet. Res. 57: 966-971.

- Bertram, J. E. A., D. V. Lee, H.N. Case, R.J. Todhunter (2000): Comparison of the trotting gaits of Labrador Retrievers and Greyhounds. *Am. J. Vet. Res.* 61: 832-838.
- Breit, S. (2002): Functional adaptations of facet geometry on the canine thoracolumbar and lumbar spine (Th10-L6). *Ann. Anat.* 184: 379-385.
- Carrier, D.R. C.S. Gregersen, N.A. Silverton (1998) : Dynamic gearing in running dogs. *J. exp. Biol.* 201 : 3185-3195.
- Deban, S.M., D.R. Carrier (2002) : Hypaxial muscle activity during running and breathing in dogs. *J. exp. Biol.* 205 : 1953-1967.
- DeCamp, C. E. (1997): Kinetic and kinematic gait analysis and the assessment of lameness in the dog. *Veterinary clinics of north america: small animal practice* 27: 825-840.
- DeCamp, C. E., R. W. Soutas-Little, J. Hauptman, B. Olivier, T. Braden, A. Walton (1993): Kinematic gait analysis of the trot in healthy Greyhounds. *Am. J. Vet. Res.* 54: 627-634.
- Fife, M.M., C.L. Bailey, D.V. Lee, D.R. Carrier (2001): Function of the oblique hypaxial muscles in trotting dogs. *J. exp. Biol.* 204 : 2371-2381.
- Gillette, R. L. and C. J. Zebas (1999): A two-dimensional analysis of limb symmetry in the trot of Labrador Retrievers. *J. Am. Anim. Hosp. Assoc.* 35: 515-520.
- Gregersen, C. S., N. A. Silverton, D.R. Carrier (1998): External work and potential for elastic storage at the limb joints of running dogs. *J. exp. Biol.* 201: 3197-3210.
- Griffin, T. M., R.P. Main, C.T. Farley (2004): Biomechanics of quadrupedal walking: how do four-legged animals achieve inverted pendulum-like moments. *J. exp. Biol.* 207: 3545-3558.
- Hildebrand, M. (1968): Symmetrical gaits of dogs in relation to body build. *J. Morph.* 124: 353-360.
- Hottinger, H. A., C. E. DeCamp, N. B. Olivier, J. G. Hauptman, R. W. Soutas-Little (1996): Noninvasive kinematic analysis of the walk in healthy large-breed dogs. *Am. J. Vet. Res.* 57(3): 381-388.
- Jaegger, G., D. J. Marcellin-Little, D. Levine (2002): Reliability of goniometry in Labrador Retrievers. *Am. J. Vet. Res.* 63: 979-986.
- Lee, D.V., E.F. Stakebake, R.M. Walter, D.R. Carrier (2004): Effects of mass distribution on the mechanics of level trotting in dogs. *J. exp. Biol.* 207: 1715-1728.
- Nielsen, C., S. M. Stover, K.S. Schulz, M. Hubbard, D.A. Hawkins (2003): Two-dimensional link-segment model of the forelimb of dogs at a walk. *Am. J. Vet. Res.* 64: 609-617.
- Off, W. and U. Matis (1997a): Ganganalyse beim Hund. Teil 1: Dynamometrische und kinemetrische Meßverfahren und ihre Anwendung beim Tetrapoden. *Tierärztl Praxis* 25: 8-14.
- Off, W. and U. Matis (1997b): Ganganalyse beim Hund. Teil 2: Aufbau eines Ganglabors und bewegungsanalytische Untersuchungen. *Tierärztl Praxis* 25: 303-311.

Owen, M. R., J. Richards, D. N. Clemens, S. T. Drew, D. Bennet, S. Carmichael (2004): Kinematics of the elbow and stifle joints in greyhounds during treadmill trotting - An investigation of familiarisation. *Vet Comp Orthop Traumatol* 17: 141-145.

Poy, N. S. J., C. E. DeCamp, R.L. Russell, J.G. Hauptman (2000): Additional kinematic variables to describe differences in the trot between clinically normal dogs and dogs with hip dysplasia. *Am. J. Vet. Res.* 61: 974-978.

Ritter, D.A., P.N.Nasser, M. Fife, D.R. Carrier (2001): Epaxial muscle function in trotting dogs. *J. exp. Biol.* 204: 3053-3064.

Schaefer, S. L., C. E. DeCamp, J. G. Hauptman, A. Walton (1998): Kinematic gait analysis of hind limb symmetry in dogs at the trot. *Am. J. Vet. Res.* 59: 680-685.

Schäme, R. (1926): Die Trabformen des Hundes. *Hund* 20: 665-669.

Schäme, R. (1932): Von den Gangarten des Hundes. *Z. Hundeforsch.* 2: 55-70.

Tashman, S. and W. Anderst (2003): In-Vivo measurement of dynamic joint motion using high speed biplane radiography and CT: Application to canine ACL deficiency. *J. Biomech. Eng.* 125: 238-245.

## 4. Ziele und Arbeitsprogramm

### 4.1. Ziele

Die hier beantragte Studie soll innerhalb von drei Jahren die Fortbewegung von etwa 30 Hunderassen untersuchen. Die Auswahl der Rassen erfolgt unter verschiedenen Aspekten insbesondere unter zucht- und bewertungsrelevanten Kriterien. Es wurden Rassen sehr unterschiedlicher Körpergröße, Winkelung und Rahmen ausgewählt. Neben der Publikation in wissenschaftlichen Zeitschriften wird vorgeschlagen, die Ergebnisse in allgemeinverständlicher Form in einem Buch zu veröffentlichen – die Finanzierung des Buches durch den VDH oder andere vorausgesetzt. Parallel zur Veröffentlichung der Ergebnisse verpflichten sich der Antragsteller und die beantragte wissenschaftliche Mitarbeiterin Frau Lilje, die diese Studie fördernden Zuchtvereine spezifisch zu unterrichten.

In der Studie wird der genaue Bewegungsablauf des jeweiligen Rassehundes bei unterschiedlichen Geschwindigkeiten und Gangarten beschrieben. Die Versuche finden überwiegend unter vergleichbaren Standardbedingungen auf verschiedenen, größenangepassten Laufbändern statt. Zum Abgleich mit der natürlichen Fortbewegung werden einzelne Hunde jeder Rasse auch unter Normalbedingungen aufgenommen. Eigene Studien und die Literatur zeigen, daß der Einfluß des Laufbandes auf die Fortbewegung schon nach einer sehr kurzen Gewöhnungsphase zu vernachlässigen ist. Der vorgeschlagene Abgleich dient dazu, diesbezüglich kritische Nachfragen nachweislich beantworten zu können.

Bei den Ganganalysen werden die Hunde einzeln mit den beiden zur Verfügung stehenden Aufnahmesystemen Qualisys<sup>®</sup> und Micromac<sup>®</sup> CAMSYS gefilmt. Bei langhaarigen Rassen müssen eventuell zum Aufbringen der Marker 30 mm<sup>2</sup> große Stellen rasiert werden. Dies setzt selbstverständlich die Kooperation der Hundehalter voraus. Bei der Auswertung werden alle Segmentbewegungen dreidimensional erfaßt, die Gelenkwinkel berechnet und schließlich mit einem von Fischer & Lehmann (1998) entwickelten Algorithmus der Beitrag jedes einzelnen Segmentes und Gelenkes zur Schrittlänge ermittelt. Ziel ist eine rassenspezifische Beschreibung der genannten kinematischen Größen. Zwangsläufig werden metrische Parameter (Schrittlänge, Schrittdauer, Stemmphasendauer, Vorschwingphasendauer) ermittelt.

In Kooperation mit Dr. Anick Abourachid, „Groupe Locomotion“ Muséum Nationale d' Histoire Naturelle in Paris, die ein neues System für Fußfallmuster/Gangmuster erstellt hat, sollen die gewonnenen Daten zu einer Beschreibung von rassespezifischen Fußfallmustern führen.

## **4.2. Evolutionsbiologische Fragestellung**

Neben der an sich schon wichtigen Aufklärung der Fortbewegung verschiedener Hunderassen gibt es ein eminentes evolutionsbiologisches Interesse. Hunde sind die einzige Tierart bei der es möglich ist größen- und gewichtsabhängige Effekte intraspezifisch zu testen. Wir konnten beispielsweise in einer Studie an Paarhufern zeigen, daß sich die Proportionen der Vorderextremität unter Einbezug der Scapula im Verhältnis zum Körpergewicht anders verhalten als bislang angenommen (Lilje et al. 2003): Nicht die Mittelhandknochen werden verlängert sondern der Oberarm wird verkürzt und gleichzeitig findet eine relative Verlängerung des Schulterblattes statt. Ich habe mit Prof. Dr. Wolfgang Maier in Tübingen Kontakt aufgenommen, der von Prof. Dr. Dr. Dietrich Starck, dem früheren Direktor der Senckenbergischen Anatomie in Frankfurt am Main, eine Sammlung postcranialen Skelettmaterials geschenkt bekommen hat. Mit dieser Sammlung von postcranialem Hundematerial sind wir in der Lage, eine begleitende Studie zur den Proportionsverhältnissen ausgewählter Rassen durchzuführen. Da es bislang nur sehr wenige Studien zur vergleichenden Anatomie des Axialskelettes verschiedener Hunderassen gibt (z.B. Breit 2002), beabsichtige ich hierzu eine die beantragte Studie begleitende Diplomarbeit anfertigen zu lassen.

## **4.3. Arbeitsprogramm**

Alle 30 Rassen sollen nach einem einheitlichen Versuchsablauf untersucht werden. Die Fortbewegung wird bei etwa 10 Hunden je Rasse auf dem Laufband mit beiden elektronischen Meßsystemen dokumentiert. Es stehen Laufbänder verschiedener Größen zur Verfügung. Die Untersuchungen erfolgen in Jena oder in Bad Langensalza. Es wird zunächst der rassengemäße Bereich der Vorzugsgeschwindigkeit bei einzelnen Gangarten ermittelt. Unabhängig davon erfolgt über das Körpergewicht sowie die Widerristhöhe eine Skalierung und einzelne Geschwindigkeitsbereiche werden vorgegeben, um eine Vergleichbarkeit in Abhängigkeit von Körperhöhen zu erzielen. Die Aufnahmen der verschiedenen Rassen sollen in der ersten Hälfte des Antragszeitraumes abgeschlossen werden. Danach erfolgt eine etwa einjährige Auswertung der ungeheuren Datenmengen (ca. 300 Hunde bei verschiedenen Gangarten und Geschwindigkeiten). Im letzten Halbjahr der beantragten Förderung erfolgt die Niederschrift des vorgeschlagenen Buches. Dieses enthält neben einem einleitenden Kapitel zur funktionellen Morphologie des skeletomuskulären Apparates von Hunden eine Darstellung der Fortbewegung jeder Rasse und eines übergeordneten Vergleiches.