



1 Einleitung

Bereits in der Antike wurden Reitlehren entwickelt, in denen die Kopf-Hals-Haltung des Pferdes beschrieben und beurteilt wurde. Seitdem existiert dazu eine umstrittene Diskussion. Im 18. und 19. Jahrhundert orientierten sich einige Reitmeister und später Stallmeister von Kaiser Wilhelm II. bei der Ausbildung und Reitweise an der „Natur“ des Pferdes und haben insbesondere die natürliche Haltung des Pferdes diskutiert. Begründet wurde dies mit Erkenntnissen der Anatomie sowie der Muskelphysiologie. Die natürliche Haltung des Pferdes sollte dabei auch für die Bewegung unter dem Reiter richtungsweisend sein und mit Losgelassenheit bei adäquater Anlehnung einhergehen. Diese Kriterien sind, zumindest in den Richtlinien für Reiten und Fahren, auch heute noch die Basis für eine solide Ausbildung des Pferdes. In bestimmten Perioden der Reithistorie bzw. durch einzelne Ausbilder wurde immer wieder von der klassischen Dressurhaltung abgewichen und in der zweiten Hälfte des 20. Jahrhunderts entwickelte sich zunächst im Springsport und ab den 80'er Jahren auch im Dressursport bei einem großen Teil der Reiter die übermäßige „Hyperflexion“ des Halses (Rollkur) zum Dogma. Sie wird unter anderem als vorübergehende Position in der Ausbildungsphase der Remonte, zur Korrektur bestimmter reiterlicher Mängel sowie zur Förderung der „Gymnastizierung“ des Rückens in der täglichen Arbeit eingesetzt. Darüber hinaus soll diese Kopf-Hals-Position bei in der Ausbildung fortgeschrittenen Pferden, die auf vermehrte Hankenbeugung abzielende Versammlung fördern und damit eine bessere Aktivität der Hinterhand erzeugen als dies bei aufgerichteten Pferden möglich ist. Das soll bei Erhaltung oder angeblich sogar Optimierung der „Losgelassenheit“ (JANSSEN 2003; BREDA 2006) geschehen können.

Diese Veränderungen in der internationalen Reiterszene und die damit verbundene vehemente Kritik waren Anlass für diverse bewegungsanalytische Untersuchungen. So wurde der Einfluss unterschiedlicher Kopf-Hals-Positionen auf die Kinematik und Kinetik des Rückens und auf die Hintergliedmaße ermittelt (RHODIN et al. 2005, 2009; GÓMEZ ÁLVAREZ et al. 2006, 2007). Insbesondere wurde hier mittels einer Kombination aus Infrarotkameras und ins Laufband integrierter Kraftmessplatten die



Bewegungen des Rückens, die Extension und die Flexion, die horizontale Bewegungsspanne und die axiale Rotation untersucht. Ziel der vorliegenden Arbeit ist es, die Auswirkungen dreier Kopf-Hals-Positionen auf die Kinematik und Kinetik der Gliedmaßenmotorik mittels vergleichsweise kostengünstiger dreidimensionaler Hochfrequenzvideoanalyse der Fa. SIMI in Kombination mit dem Tekscan[®]-Hoof[™]-System kinematisch und kinetisch zu untersuchen und diese Systeme auf Anwendbarkeit in der Bewegungsanalyse beim Pferd zu prüfen.

Die Hochfrequenzkinematographie ermöglicht eine hoch aufgelöste Darstellung des Bewegungsablaufes. In Kombination mit einem individuell an den Pferdehuf angepassten Druckmesssystem besteht die Möglichkeit einer synchronen oder asynchronen Analyse von Gliedmaßenmotorik und Kraftverteilung. Dabei sollen in der vorliegenden Studie die Veränderung des atlantooccipitalen und des cervicothorakalen Winkels sowie der Winkel des Hüft-, Knie-, Sprung- und Fesselgelenks in Abhängigkeit von drei Kopf-Hals-Positionen und das Ausmaß der vertikalen Bewegung des Rückens untersucht werden. Die Hypothese von BÖTTICHER (1878), dass insbesondere die tiefe Kopf-Hals-Position (Hyperflexion) zu einer gesteigerten Protraktion der Hintergliedmaße unter den Schwerpunkt führt, ist zu überprüfen. Außerdem stellt sich die Frage, ob, wie von BÖTTICHER 1878 beschrieben, der Winkel des Hüftgelenks in der tiefen, zur Brust hingezogenen Kopf-Hals-Position die maximale Größe annimmt, die Winkel des Sprung- und Fesselgelenks hingegen kleiner werden. Nicht nur BÖTTICHER ging von einer zunehmenden Belastung der Vorhand im Rahmen der tiefen Einstellung aus. Dies ist im Rahmen der kinetischen Untersuchungen der vorliegenden Studie zu überprüfen. Die Ergebnisse sollen einen weiteren Beitrag zu der historischen, aber nach wie vor aktuellen Frage zur Interaktion zwischen Kopf-Hals-Position und den Gelenkwinkeln vom Hüft- bis zum Fesselgelenk sowie zur Bewegung des Rückens leisten.



2 Literatur

Die vorliegende Arbeit geht der Frage nach, welche Auswirkungen unterschiedliche Kopf-Hals-Positionen auf die Gliedmaßenmotorik des Pferdes haben können. Vor dem Hintergrund dieser Frage sind drei unterschiedliche Aspekte zu berücksichtigen:

1. Die vorhandenen Reittheorien, d.h. die theoretischen Grundlagen für die praktische Umsetzung des Reitens (Kapitel 2.1); 2. Die Biomechanik als Grundlage (Kapitel 2.2); 3. Die Bewegungsanalyse mit Hilfe der Kinematik und Kinetik zur Erfassung der Biomechanik (Kapitel 2.3).

2.1 Reittheorien

Die Auswirkung unterschiedlicher Reittheorien, insbesondere der Kopf-Hals-Position, auf biomechanische Abläufe im Bereich der Wirbelsäule und der Hintergliedmaße sollen untersucht werden.

In der heutigen Zeit ist unter Reitern, Trainern, Tierärzten und Funktionären die Diskussion über das „richtige“ Verständnis des Reitens nicht beendet. Deshalb soll zunächst ein Überblick über historische und aktuelle reittheoretische Auffassungen gegeben werden.

2.1.1 Die klassische Reitkunst

Die Wurzeln der Reitlehre reichen bis in die Antike zurück. Bereits 430 v.Chr. wurden in der Reitlehre der „Reitoberst“ von Xenophon die Grundlagen für ein losgelassenes, versammeltes Arbeiten mit dem Pferd festgelegt.

Zur klassischen Reitkunst gehört unter anderem die *Heeresdienstvorschrift 12* (H.Dv.12), welche Reitinstruktionen aus den Jahren 1882 bis 1937 zusammenfasst und grundlegend auf Gustav Steinbrechts Werk „Gymnasium des Pferdes“ zurückgeht. Die *H.Dv.12* befasst sich mit der Ausbildung von Pferden und Reitern für den Einsatz in Kavallerieeinheiten und orientiert sich an der Natur des Pferdes. Steinbrechts *Maxime* in der Ausbildung der Pferde beinhaltet unter anderem, das



Pferd vorwärts und gerade gerichtet zu reiten. Sein Leitmotiv ist geprägt von Ruhe, Geduld und Nachgeben und stellt die Basis der klassischen Reitkunst dar.

Die *Reitvorschrift 1937* stellt die Überarbeitung der *H.Dv.12* dar und fordert höchste Leistungsfähigkeit für die Kavalleriepferde, um sie möglichst lange und gesund einsetzen zu können. Zum Erreichen des in der Dressur geforderten äußeren Erscheinungsbildes ist die Erhaltung und Förderung der natürlichen Anlagen Bedingung. MEYER (2008) sieht als oberstes Ziel der in der Ausbildung befindlichen Pferde die Losgelassenheit, „ohne welche ein Schwingen des Rückens nicht möglich ist“.

Die Ausbildungsziele Takt, Losgelassenheit, Anlehnung, Schwung, Geraderichten und Versammlung sind bis heute in Form der Richtlinien der Deutschen Reiterlichen Vereinigung in der Skala der Ausbildung enthalten und stellen die Grundlage eines systematischen Trainings von der Remonte bis zum Grand-Prix-Pferd dar (STODULKA 2006).

Diese Richtlinien stammen aus den Jahren 1954, 1980, 1994 und beschreiben die Grundausbildung für Reiter und Pferd im Band 1 der Deutschen Reiterlichen Vereinigung (DEUTSCHE REITERLICHE VEREINIGUNG 1997).

2.1.2 Die „moderne Reitweise“

Abweichend von der klassischen Reitweise werden seit vielen Jahren Dressur- und Springpferde im nationalen sowie internationalen Sport mittels einer besonderen Reitweise vorbereitet. Diese Reitweise, als „Überzüaumung“, „Hyperflexion“, „LDR“- (Low, deep, round) oder auch „Rollkur“ bezeichnet, ist definiert „als eine Trainingsmethode, welche auf die gezwungene Biegung des Halses und des Genicks hinter der Senkrechten abzielt, sowohl bei tiefer als auch hoher Position des Halses“. Eine als „extrem - eingestufte Überzüaumung, bei der das Pferd die Stirn-Nasen-Linie etwa 20 Grad und mehr hinter der Senkrechten trägt“ (MEYER 1996).

Bekannt ist die Methode seit dem Mittelalter und früher. Im 19. Jahrhundert wurde diese Kopf-Hals-Position sogar im Stand von Francois Baucher (1796-1873) praktiziert. Auch Paul Plinzner ist ein bekannter historischer Reitmeister, der sich dieser Reitweise bediente.

Die Bestätigung durch große Erfolge im internationalen Spitzensport seit den 60er-Jahren des letzten Jahrhunderts unterstützen und veranlassen viele Reiter die Überzüaumung, bei meist tiefer Position des Halses, konsequent anzuwenden (MEYER 2008).



Abb. 1:

Beispielhafte Darstellung der modernen Reitweise anhand eines Turnierferdes. Quelle: <http://reingeritten.de/rollkur-bzw-hyperflexion>

MEYER (1996) unterscheidet zwischen dem Aufrollen des vorderen Abschnitts des Halses mit einem am Widerrist aufgerichteten Hals und dem Aufrollen mit einem am Widerrist gesenkten Hals. Ersteres bezeichnet er als „atlantooccipitale Flexion“, welche eine reduzierte Losgelassenheit bei nach unten abgesenktem Rücken und das nur noch begrenzte Vorgreifen der Hinterbeine nach sich ziehe. Durch die begrenzte Schulterfreiheit würden die Bewegungen bei normalem oder reduziertem Tonus schleichend, bei erhöhtem Tonus höher und eiliger. Die letztere, als „cervicothorakale Extension“ bezeichnet, führe durch den Zug an den Bändern und Muskeln der Dornfortsätze sowie an den Rückenmuskeln zu einem straffen bis nach oben gewölbten Rücken. Eine gleichzeitige Erhöhung des Muskeltonus durch die übermäßig treibenden Hilfen des Reiters lasse die sogenannten „Schwebetritte“



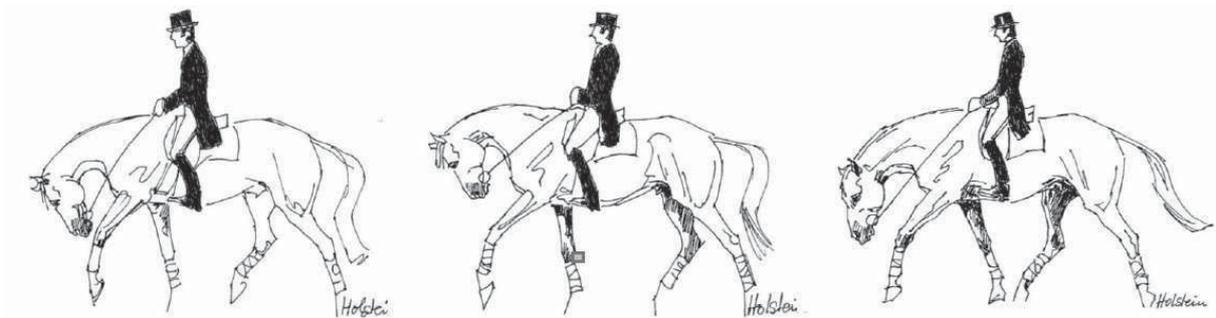
entstehen und durch die mangelnde Losgelassenheit im Rücken komme es schließlich zu einem verminderten Untertreten der Hinterhand. Das begrenzte Vorführen der Vorderbeine sei durch die eingeschränkte Motorik des Musculus brachiocephalicus verursacht und stelle zusammen mit der Verspannung der Rückenmuskulatur eine weitere Folge des Aufrollens dar (MEYER 1996). Dieses beschrieben auch schon BÜRGER und ZIETSCHMANN (1939). Zunächst sei die Muskulatur, später aber auch Bänder und Knochen betroffen. Bei einem dauerhaft extrem eng, d.h. in „Hyperflexion“ gearbeiteten Pferd wirke der konstante Zug am Nackenband über das Rückenband blockierend auf die Brust- und Lendenwirbelsäule. Vor allem der Schritt leide unter dieser Blockade. Es entstehen Taktfehler. Die Trabmechanik wird schwebend, da der lange Rückenmuskel im Lendenbereich dauerhaft kontrahiert (BALKENHOL et al. 2003).

Auch MEYER (1996) sieht sowohl in der extremen Form der Aufrichtung des Halses, als auch in der unzweckmäßigen Spannung bei der extrem engen Einstellung nicht nur den Grund für Erkrankungen im Halsbereich, sondern auch im Rücken. Dieses führe zu Schäden an den Sehnen und Bändern, an deren Ansatzstellen, an den zusammengepressten Wirbeln und Zwischenwirbelscheiben sowie an der Ansatzstelle des Nackenbands, dem Hinterhauptsbein. Die oben beschriebene Arbeitsweise der Pferde steht im Gegensatz zur traditionellen Vorgehensweise, welche im Verhaltenskodex der FEI festgehalten ist.

Im Gegensatz zu dieser Reitweise fördere der vorwärts gedehnte Hals, der durch ein Wechselspiel von Anspannung und Entspannung den Rücken zum Schwingen bringt, einen taksicheren Bewegungsablauf und führe zu physischer und psychischer Entspannung (DENOIX u. PAILLOUX 2000).

Einige Studien der letzten Jahre zum Einfluss unterschiedlicher Kopf-Hals-Positionen auf die Biomechanik der Gliedmaßen sowie auf die Atmungsorgane und auf das Verhalten haben die FEI dazu veranlasst, zwischen der „Rollkur“/ „Hyperflexion“ einerseits und dem „low, deep, round“ andererseits zu differenzieren. Die „Rollkur“ oder auch die „Hyperflexion“ beschreiben eine extrem gebeugte, intolerable Position, die durch gewaltsame und aggressive Einwirkung erreicht wird. Wird die gleiche Kopf-Hals-Position auf schonende Art und Weise erreicht, so spricht man von „low,

deep, round“ (FEI 2010). In einem neuen Anhang (XIII) der FEI-Dressurrichtlinien für die Aufsicht auf Turnierplätzen, sind die drei erlaubten Techniken für die Dressur, die außerhalb der Prüfung angewendet werden dürfen, zusammengefasst. Diese erlaubten Techniken können sowohl im Stand als auch in der Bewegung durchgeführt werden und unterscheiden sich hinsichtlich der Dehnung des Halses (Abb. 2). Die Nasenlinie bleibt dabei hinter der Senkrechten und weicht von den klassisch überlieferten Kopf-Hals-Positionen ab.



Long, deep, round

Low, deep, round

Long and low

Abb. 2:

Die in Anhang (XIII) der FEI-Dressurrichtlinien erlaubten drei Reittechniken für die Dressur.
Quelle: www.fei.org

2.1.3 Historische und zeitgenössische Beobachtungen

2.1.3.1 Bötticher 1878

Bereits 1878 hat BÖTTICHER Beobachtungen zu den Auswirkungen von unterschiedlichen Kopf-Hals-Positionen auf die Kinematik der Wirbelsäule und die Hintergliedmaße geliefert. Zum einen beschreibt BÖTTICHER, dass der Rücken und die Lende gesenkt werden (Extension), wenn das Genick zum höchsten Punkt wird. Dementsprechend wird die Stellung des Beckens flacher, die Winkel des Hüftgelenkes spitzer und die des Sprung- sowie Fesselgelenkes werden größer.



Bei der Hyperflexion in die Tiefe, die einer mehr oder weniger widerstrebenden Stellung und Bewegung der Kopf-Hals-Region entspricht, verhält sich der Körper des Pferdes nach BÖTTICHER entgegengesetzt: Rücken und Kruppe heben sich (Flexion), der hintere Teil des Beckens senkt sich und dadurch wird das Hüftgelenk erweitert. Das Becken wird durch das Auseinanderstellen der Hinterbeine in seiner Position steiler und Sprung- und Fesselgelenkwinkel werden spitzer, also kleiner und diese Gelenke wirken wie „zusammengepresst“. Somit wird die Hintergliedmaße unter den Bauch hervorgebracht und der Schwerpunkt wird nach BÖTTICHER auf die Vordergliedmaße verlagert. Somit wird es dem Pferd im Trab möglich, eine hüpfende Bewegung zu machen, welche durch die Schnellkraft der Fesselgelenke beim Abstoßen vom Boden erzwungen wird und wodurch der Reiter im Sattel mehr oder weniger vorgerückt wird (BÖTTICHER 1878). Die Pferde, die zu dieser tiefen Stellung gezwungen werden, versuchen das unangenehme und widrige Gefühl zu bekämpfen, indem sie zu noch größeren Übereilungen fortgerissen werden und sich somit selbst verderben. „Ein solches Pferd macht dann später nicht selten dem geschickteren Reiter große Schwierigkeit, es für Hand und Schenkel zu gewinnen, um es ordentlich anfassen zu können. Hieran knüpfen wir die Bemerkung, dass manche Reiter, welche es verstehen, durch rechtzeitige Strenge und Güte ein widerspenstiges Pferd zum Gehorsam zu zwingen, und oft in kurzer Zeit zum Gebrauch herzustellen, doch ganz entfernt davon sein können, die Durchbildung eines Pferdes zu bewerkstelligen. Auf der anderen Seite aber kann ein Pferd mit größter Schonung und zartester Behandlung verbildet werden, wenn wir bei Stellung des Kopfes und Halses letzterem eine Biegung zu verschaffen suchen, durch die der vordere Teil des Widerristes herabgezogen, der hinter Teil desselben mit dem vorderen Rückenteile nebst den Lendenwirbeln und dem Kreuzbein gehoben wird, folglich der hintere Teil des Beckens sich senkt, wo dann das Pferd, zufolge seiner Gestalt, seine beiden steilen Hinterschenkel unter den Bauch hervorbringen kann“ (BÖTTICHER 1878).



2.1.3.2 Die Züricher Untersuchungen

Es liegen Untersuchungen zum Zusammenhang von Kopf-Hals-Position, Rückentätigkeit und Bewegungsablauf vor. RHODIN et al. (2005) untersuchten die Auswirkungen einer freien (Referenzposition), einer tief eingestellten und einer hoch eingestellten Kopf-Hals-Position (s. Abb. 6) auf die Kinematik des Rückens. Der aufgerichtete Hals (HNP 5) beeinflusste die Biomechanik des Rückens im Vergleich zur freien Kopf-Hals-Position mehr als die tiefe Kopf-Hals-Position (HNP 4). Es kam bei übermäßiger Aufrichtung sowohl im Schritt zu einer Reduktion der Bewegungsamplitude und der lateralen Biegung der Lendenwirbelsäule sowie zu einer geringeren axialen Rotation und einer Verkürzung der Schrittlänge. Im Trab waren dabei die Bewegungsamplituden im 10. und 17. Brustwirbel- sowie die laterale Biegung im ersten Lendenwirbelsegment reduziert. Das Bewegungsmuster der axialen Rotation und der Schrittlänge waren im Trab bei den überprüften Kopf-Hals-Positionen nicht signifikant unterschiedlich. RHODIN et al. (2005) lieferten somit zunächst Hinweise dafür, dass die tiefe Kopf-Hals-Position die Bewegungsamplitude des Rückens evtl. steigert. Allgemein zeigten Pferde mit einer größeren Schrittlänge auf dem Laufband eine vermehrte Bewegungsamplitude der Wirbelsäule im Schritt sowie im Trab (FABER et al. 2002, ROHDIN et al. 2005).

GÓMEZ ÁLVAREZ et al. (2006) erweiterten die Studie von RHODIN et al. (2005), indem sie die Auswirkungen von sechs unterschiedlichen Kopf-Hals-Positionen auf die Kinematik der Hintergliedmaße untersuchten (Abb. 3)

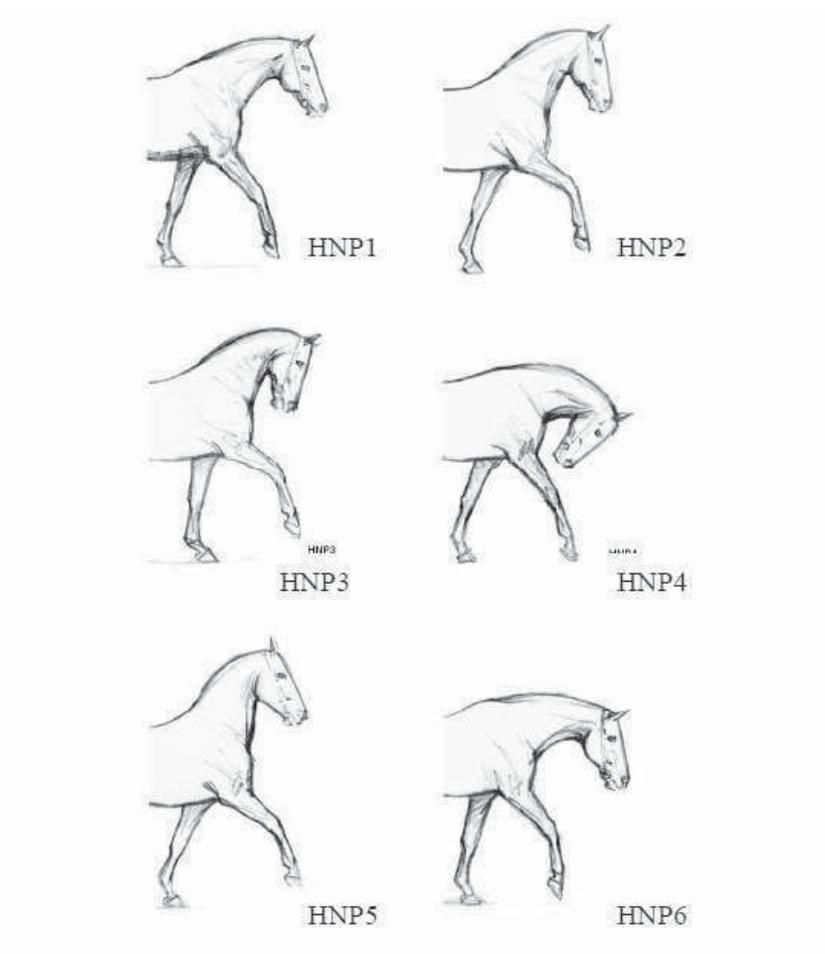


Abb. 3:

Die Kopf-Hals-Positionen (HNP), die im Rahmen der Züricher Untersuchungen angewendet wurden aus GÓMEZ ÁLVAREZ et al. (2006)

HNP 1: Referenzposition

HNP 2: Genick höchster Punkt, Nase vor der Senkrechten

HNP 3: wie HNP 2 mit Nase hinter der Senkrechten

HNP 4: tiefe Einstellung mit der Nase deutlich hinter der Senkrechten

HNP 5: Kopf und Hals in extrem hoher Position

HNP 6: Kopf und Hals vorwärts abwärts

GÓMEZ ÁLVAREZ et al. (2006) fanden, dass die Veränderungen der Kopf-Hals-Positionen lediglich einen Einfluss auf die Extension und Flexion der Brust- und Lendenwirbelsäule haben. Aufgerichtete Halspositionen, wie in der HNP 2, 3 und 5, führen zur Extension im Bereich der Brustwirbelsäule und Flexion in der



Lendenwirbelsäule, wohingegen abgesenkte Halspositionen den inversen Verlauf zeigen.

Im Schritt wurden von GÓMEZ ÁLVAREZ et al. (2006) in der HNP 4 zusätzlich sowohl eine vermehrte Flexion als auch eine deutlichere Extension und somit eine größere Bewegungsamplitude im Bereich des 10. Brustwirbels und im Trab im Bereich der gesamten Lendenwirbelsäule beobachtet. VAN WEEREN et al. (2008) korrigierten die früheren Ergebnisse (RHODIN et al. 2005, GÓMEZ ÁLVAREZ et al. 2006) dahingehend, dass bei Aufrichtung des Halses eine Extension und bei Absenken des Halses eine Flexion im gesamten Rücken des Pferdes stattfindet.

Die Feststellung, dass in der tiefen Kopf-Hals-Position die Amplituden der vertikalen Bewegungen in der Brust- sowie Lendenwirbelsäule minimal zunahmen, führte dazu, dass einige Verfechter der modernen Reitweise glaubten, dass die Rollkur der Gymnastizierung diene (JANSSEN 2006), obwohl die Ergebnisse nicht signifikant waren. Allerdings konnten RHODIN et al. nach einer weiteren Studie (2009) nicht bestätigen, dass mit der tiefen Kopf-Hals-Position ein gymnastischer Effekt einhergeht.

Nur in der extrem hohen Kopf-Hals-Position wurde ein Abfall der intervertebralen Bewegungssymmetrie und eine reduzierte Vorführung der Hintergliedmaße im Schritt festgestellt. Eine vermehrte laterale Biegung wird dabei als kompensatorischer Ausgleich für die Reduktion der lumbal bzw. lumbosacralen Extension/Flexion gesehen. Eine Verkürzung der Schrittlänge wurde in HNP 2, 3, 4 und 5 und somit sowohl in der aufgerichteten als auch in der abgesenkten Kopf-Hals-Position, nicht dagegen in der freien (HNP 1) und bei vorwärts-/abwärts- Dehnung (HNP 6) beobachtet (GÓMEZ ÁLVAREZ et al. 2006).

In einer Studie von RHODIN (2008) konnten die früheren Ergebnisse der Untersuchungen ohne Reiter (RHODIN et al. 2005) nicht bestätigt werden. Sie stellten bei Pferden im Schritt unter dem Reiter fest, dass bei tiefer Einstellung die Schrittlänge, der Übertritt der Hinterbeine (Protraktion) und die Bewegungsamplitude des Rückens verringert werden. Im Trab zeigten sich im Gegensatz zu den Ergebnissen von GÓMEZ ÁLVAREZ et al. (2006) keine Veränderungen der vertikalen Bewegungsamplitude des Rückens.



RHODIN et al. (2009) beobachteten zusätzlich zu früheren Untersuchungen bei der freien Kopf-Hals-Position (HNP 1) im Vergleich zur klassischen Dressurposition (HNP 2) geringere vertikale Bewegungsamplituden im Bereich des 6. Brustwirbelsegmentes. Die Pro- und Retraktion der Vordergliedmaße sind erweitert und die Winkel der Gelenke der Hintergliedmaße sind nicht signifikant unterschiedlich. In der Vorführphase eines Bewegungszyklus ist in der freien Kopf-Hals-Position der Femurwinkel vergrößert und das Knie- und Sprunggelenk im ersten Teil der Vorführphase mehr gebeugt. Es zeigte sich lediglich eine leichte Vergrößerung des Kniegelenkwinkels in der frühen Stützbeinphase. Eine kürzere Stützbeinphase in der extrem aufgerichteten Kopf-Hals-Position (HNP 5) führt zu vermehrter Beugung von Knie- und Sprunggelenk sowie zu einer verlängerten Vorführung und verminderten Rückführung der Vordergliedmaße während der Schwungphase. Diese Veränderungen stellen Belastungen für Sehnen und Bänder dar, denn je stärker Knie-, Sprung- und Fesselgelenk gebeugt seien desto mehr Gewicht würde auf die Hintergliedmaße verlagert (RHODIN et al. 2009). Die zusätzliche stärkere Extension der Lendenwirbelsäule kann zusammen mit dem Gewicht von Reiter und Sattel zu Rückenschäden führen (RHODIN et al. 2009). Je höher der Kopf getragen wird (HNP5), desto mehr verringert sich die Standbeinphase und die vertikalen Impulse werden auf die Hinterbeine verlagert (WEISHAUPT et al. 2006). Das Fesselgelenk wird während der Stützbeinphase in der HNP 5 vermehrt gestreckt (RHODIN et al. 2009).

2.2 Biomechanik

Die Kenntnis der Biomechanik stellt die Basis für das Verständnis des Bewegungsapparates des Pferdes, insbesondere für die Analyse des Zusammenhangs zwischen Kopf-Hals-Positionen und der Rückenfunktion sowie der Bewegungen der Gliedmaßen dar.

In diesem Kapitel wird der Forschungsstand zur Biomechanik bei Betrachtung der Bewegungsmöglichkeiten der cervicalen, der thorakolumbalen und der lumbosakralen Wirbelsäule sowie der Hintergliedmaße dargestellt.