

Schröder J<sup>1,2</sup>, Stiller T, Mattes K<sup>1</sup>

# Wirbelsäulenformkennziffern als Indikatoren für Beschwerden des unteren Rückens

## Spine Shape Parameters as Indicators for low Back Pain Disorders

<sup>1</sup>Fakultät für Bewegungswissenschaft, Abteilung Bewegungs- und Trainingswissenschaft, Universität Hamburg

<sup>2</sup>Fakultät für Bewegungswissenschaft, Abteilung Sport- und Bewegungsmedizin, Universität Hamburg

### ZUSAMMENFASSUNG

Mit dem Ziel, Zusammenhänge zwischen klinischen Beschwerden des unteren Rückens und der Wirbelsäulenform zu identifizieren, wurden im vorliegenden Beitrag beschwerdefreie Vergleichspersonen (n=192) und eine heterogen zusammengesetzte Gruppe von Rückenschmerzpatienten (n=213) verglichen.

Die Rückenschmerzpatienten wurden für differenzierte Analysen nach Geschlecht und Rückenschmerzsyndromen klassifiziert. Für Rückenschmerzpatienten konnte die Bedeutsamkeit der Beckentorsion und der Lotabweichung faktorenanalytisch verifiziert werden. Rumpfvorneigung und Lotabweichung waren hochsignifikant größer als in der Vergleichsgruppe (p<.001). Bei Iliosakralschmerzpatienten konnten Beckenstellungskennziffern als Indikatorvariablen identifiziert werden. Die Beckentorsion war tendenziell größer als bei Vergleichspersonen (Frauen:  $\eta^2=0,06$ ) und die Lordose ausgeprägter als bei LWS-Patienten (Frauen:  $\eta^2=0,08$ ; Männer:  $\eta^2=0,12$ ). Für LWS-Patienten war die Ausprägung des Kyphosewinkels faktorenanalytisch bedeutsamer als die des Lordosewinkels. Lordosewinkel waren tendenziell kleiner als in der Vergleichsgruppe (Männer:  $\eta^2=0,07$ ).

Die nur befriedigende Aufklärung der Gesamtvarianzen (Faktorenanalysen) und die lediglich mittelstarken Effekte der univariaten Vergleiche werden vornehmlich auf die Stichprobenheterogenität zurückgeführt.

**Schlüsselwörter:** Wirbelsäulenform, Indikatoren, Rückenschmerzen

### Einleitung

Rückenschmerzen werden zu über 80% als unspezifisch qualifiziert, weil keine direkte Ursache ermittelt werden kann (14). In der Bewegungstherapie und Funktionsdiagnostik wird jedoch ein immantener Zusammenhang zwischen Haltungskennziffern (Wirbelsäulenform, Beckenstellung) und klinischen Beschwerden, vermittelt durch Muskelfunktionskennwerte (Kraft, Beweglichkeit, muskuläre Balance) angenommen (2,10,20). Für Trainingsinterventionen in der Behandlung von Rückenbeschwerden, die an der Muskelfunktion ansetzen, konnten nicht nur eine wirksame Schmerzreduktion (6,13), sondern auch begleitende Haltungsmodulationen in der thorakalen Aufrichtung (5), in der lumbalen Aufrichtung (17) oder in positiven Modulationen skoliothischer Wirbelsäulenformkennziffern belegt werden (16).

In der sportmedizinischen Nachwuchsathletenbetreuung werden gesundheitliche Risiken beschrieben, die explizit mit Auffälligkeiten des Achsenskeletts und der Statik der unteren Extremität vergesellschaftet sind (X- und O-Beinstellungen, Senk-, Spreiz- oder

### SUMMARY

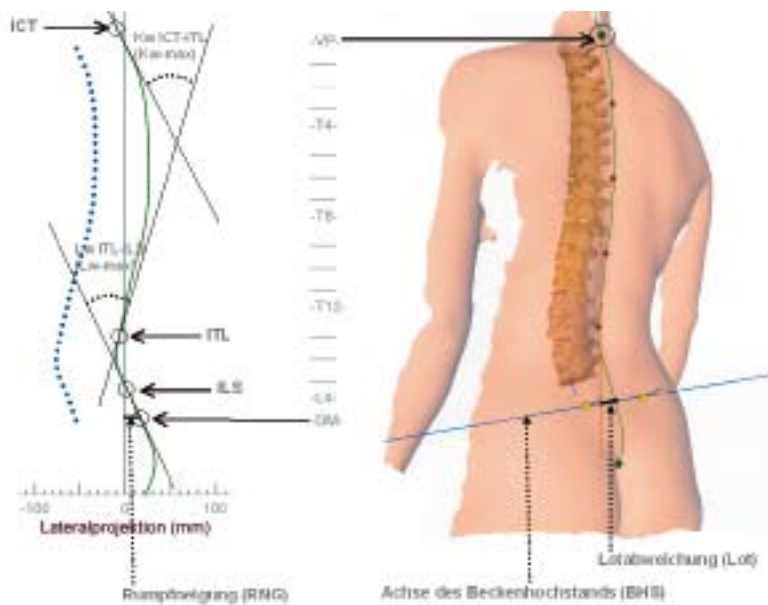
This study works on an approach to find associations between spine shape parameters and back pain syndromes. A cross sectional analysis revealed significant differences between a group of volunteers (n=192) and a sample of back pain patients (n=213) for trunk inclination and trunk imbalance (p<.001) and verified the enhanced role of trunk imbalance and pelvis torsion for back pain patients. For specific questions, patients were subdivided into sacroiliac and lumbar back pain syndromes. The enhanced role of pelvis position parameters could be identified in sacroiliac pain syndromes. Furthermore, sacroiliac patients had larger lumbar angles than lumbar pain patients ( females:  $\eta^2=0,08$ ; males:  $\eta^2=0,12$ ). For lumbar pain syndromes, thoracic angles were more important than lumbar angles. Male patients showed smaller lumbar angles compared to the volunteers ( $\eta^2=0,07$ ). The moderate effect size in univariate comparisons and the moderate total variance explained in multivariate analysis was due to the heterogeneous sample composition.

**Key Words:** spine shape, indicators, low back pain

Knickfußstellungen, Hypo- und Hypermobilität, Hyperkyphosen, Flach- und Hohlrundrücken, Skoliosen und Haltungsschwächen) (9).

Manualmedizinische Befunde liefern weitere Hinweise für einen direkten Zusammenhang zwischen Rückenschmerzsyndromen und Form- und Stellungsvarianten des Achsenskeletts. Vermittelt durch asymmetrische Bandscheibenbeanspruchungen führen Hyperkyphosen zu keilförmigen Wirbelkörperumbildungen und langfristig zu chronischen Rückenschmerzen (22). Strukturelle Läsionen (Discopathien) bzw. ligamentäre und primär muskuläre Überlastungen bei Beschwerden des unteren Rückens gehen häufig mit Zwangshaltungen einher, die nachhaltig als Abflachung der Lendenlordose beobachtbar sein können. Lumbosakrale bzw. ilio-sakrale Beschwerden unterschiedlicher Genese sind häufig mit sakraler Nutation und Auffälligkeiten der Beckenstatik im Sinne einer Verwringung und Schiefstellung assoziiert (12,21).

In der vorliegenden Arbeit soll untersucht werden, ob Kennziffern der Wirbelsäulenform und Beckenstellung auch in einem



**Abbildung 1:** Die biomechanischen Haltungskennziffern in der Illustration der Lateralprojektion und einer Animation (schräge Ansicht). VP=Vertebra prominens, DM=Dimple-Mitte, ICT=geometrischer Wendepunkt (inflectional point) cerviko-thorakal, ITL= geometrischer Wendepunkt (inflectional point) thorako-lumbal, ILS= geometrischer Wendepunkt (inflectional point) lumbo-sakral. In der Lateralprojektion entsprechen die durchgezogene Kurve der Rückenoberfläche und die gepunktete Linie dem errechneten Verlauf der Wirbelkörper. In der Animation (rechts) sind die Lumbalgrübchen (Dimple) markiert, die Verbindungslinie verdeutlicht den Beckenhochstand (BHS). In den Dimples ‚stecken‘ Richtungspfeile senkrecht auf der Flächennormalen der Beckenschaukeln, gegeneinander rotierte Flächennormalen repräsentieren die Beckentorsion (BTS). Die Lotabweichung ist als Strecke zwischen Lot und Dimple-Mitte in der Frontalprojektion und die Rumpfneigung als Strecke zwischen Lot und Dimple-Mitte in der Lateralprojektion dargestellt. Der maximale Kyphosewinkel schließt den Winkel der Tangenten durch die Wendepunkte ICT und ITL ein und der maximale Lordosewinkel den Winkel der Tangenten durch die Wendepunkte ITL und ILS.

unmittelbaren Zusammenhang mit klinischen Rückenschmerzsyndromen stehen. Vor dem Hintergrund einleitend skizzierter sportmedizinischer, orthopädischer und manualmedizinischer Beobachtungen werden folgende Erwartungen abgeleitet, die zunächst beschwerdeübergreifend sowie in einem weiteren Schritt beschwerdeklassifiziert und geschlechterdifferenziert überprüft werden:

**Annahme 1:** Es gibt Wirbelsäulenformkennziffern, die auf systematische Unterschiede zwischen Rückenschmerzpatienten und einer beschwerdefreien Vergleichsgruppe hinweisen.

**Annahme 2:** Es gibt Zusammenhänge zwischen Beschwerdebildern des unteren Rückens und der Ausprägung definierter Wirbelsäulenformkennziffern:

- Für isolierte lumbal begründete Beschwerden des unteren Rückens wird eine Abflachung des lumbosakralen Übergangs angenommen (2.A).
- Für isolierte iliosakral bzw. lumbosakral begründete Beschwerden des unteren Rückens werden in Relation zu lumbal begründeten Beschwerden größere Lordosewinkel vermutet (2.B).
- Für isolierte iliosakral bzw. lumbosakral begründete Beschwerden des unteren Rückens werden auffällige Beckenstellungskennziffern erwartet (2.A).

## METHODE

### Probanden:

Insgesamt wurden 405 Personen (♀: n=208, ♂: n=197) untersucht. Als Vergleichsgruppe (VG) wurden freiwillige, beschwerdefreie Probanden akquiriert (n=192; ♀: n=79, Alter 26,5 ±4,7 Jahre; ♂: n=113, Alter 27,6 ±4,4 Jahre), deren physiologische Wirbelsäulenformvariationsbreite weder durch Wachstum und Reifung (Alter > 19 Jahre) noch durch degenerative Veränderungen (Alter ≤ 40 Jahre) beeinflusst sein sollte und die anamnestisch langfristig keine relevanten Rückenprobleme aufwiesen.

Die untersuchten Patienten (n=213, Alter 49,3 ±14,7 Jahre) hatten sehr individuelle, chronisch rezidivierende Krankengeschichten, häufig multifokale Beschwerden und schon mehrere Therapieversuche. Ein Teil der Patienten wies isolierte Beschwerden des unteren Rückens auf, die aufgrund fachärztlicher Diagnosen und der aktuellen Schmerzcharakteristik subdifferenziert werden konnten:

1. isolierte, lokal begrenzte Beschwerden des iliosakralen Übergangs mit oder ohne regionale Ausstrahlung (kurz: ISG) (n=38; ♀: n=23, Alter 52,7 ±11,3 Jahre; ♂: n=15, Alter 38,0 ±15,7 Jahre) mit den korrespondierenden ICD-10-Diagnosen: Beinlängendifferenz, Skoliose, Lumbago/ Ischialgie, muskuläre Insuffizienz, Osteochondrose, Beckenschiefstand.
2. isolierte, abgrenzbare Lendenwirbelsäulenbeschwerden mit oder ohne Radikulärsymptomatik (kurz: LWS) (n=34; ♀: n=15, Alter 47,7 ±15,2 Jahre; ♂: n=19, Alter 47,3 ±15,1 Jahre) mit den korrespondierenden Diagnosen: Spondylolisthesis, Spondylolyse, Discus prolaps, Lumbago/ Ischialgie, muskuläre Insuffizienz, Osteochondrose.
3. mehrfach lokalisierte und nicht genau abzugrenzende Beschwerden (kurz: Multi) (n=141; ♀: n=91, Alter 50,4 ±14,8 Jahre; ♂: n=50, Alter 50,6 ±14,3 Jahre) mit den oben genannten Diagnosen.

Starke Schmerzen (CR10 Schmerz-Score ≥ 5) zum Zeitpunkt der Untersuchung führten zum Ausschluss der betroffenen Patienten.

### Messverfahren:

Die Wirbelsäulenform und Beckenstellung wurden mit Hilfe des Formetric®-Systems (Diers, Schlangenbad) analysiert (Abb. 1), wobei die Rückenoberflächenform über ein Projektor-Kamera-System rekonstruiert wurde (Auflösung: 7.500 Pkt./ cm<sup>2</sup>; Rekonstruktionsfehler: < 0,2 mm) (8). Die Reliabilität und Merkmalsvariabilität wurden überprüft (1, 18). Die Kennziffern des Formetric®-Systems (Tab. 1) wurden der statistischen Analyse als abhängige Variablen zugeführt. Die Schmerzintensität wurde mit Hilfe des CR10-Schmerzscores nach Borg (4) quantifiziert und die Lokalisation graphisch dokumentiert (19).

### Statistik:

Stichproben wurden non-parametrisch (Median, 75% Quartil / 25% Quartil) beschrieben. Für univariate Analysen der Patientengesamt-

**Tabelle 1** Erläuterung der Haltungskennziffern (Formetric®-System).  
Abkürzungen: ICT = inflectional point (Wendepunkt) cerviko-thorakal, ITL = inflectional point (Wendepunkt) thorako-lumbal, ILS = inflectional point (Wendepunkt) lumbo-sakral.

Parameter	Kürzel	inhaltliche Erläuterung
Lotabweichung [mm]	Lot	Abweichung des Lots vom 7. Halswirbel in der Frontalebene in Relation zur Lumbalgrübchen (Dimple)-Mitte
Rumpfneigung [mm]	RNG	Lage des Vertebra prominens in der Sagittalebene in Relation zum Becken
Beckenhochstand [mm]	BHS	Abweichung der Beckenachse von der Parallelen zum Boden
Beckentorsion [°]	BTS	Unterschiede in der Neigung der linken und rechten Beckenschaufeln zueinander
mittlere Seitabweichung Dornfortsätze [mm]	Seit rms	Neigung der Wirbelkörper von Segment zu Segment in der Frontalebene (zentrale Tendenz: Root Mean Square)
mittlere Rotation Dornfortsätze [°]	Rot rms	Rotation der Wirbelkörper in der Transversalebene von Segment zu Segment (zentrale Tendenz: Root Mean Square)
Kyphosewinkel maximal (ICT-ITL) [°] (inflectional points)	Kw-max	Kyphosewinkel mit den Tangentialpunkten: cerviko-thorakaler und thorako-lumbaler geometrischer Wendepunkt
Kyphosewinkel (VP-T12) [°]	Kw-T12	Kyphosewinkel mit den anatomischen Tangentialpunkten: C7 und T12
Beckenneigung [°]	BNG	Beckenstellung in der Sagittalebene im lumbosakralen Übergang
Lordosewinkel maximal (ITL-ILS) [°] (inflectional points)	Lw-max	Lordosewinkel mit den Tangentialpunkten: thorako-lumbaler und lumbo-sakraler geometrischer Wendepunkt
Lordosewinkel (T12-DM) [°]	Lw-T12	Lordosewinkel mit den anatomischen Tangentialpunkten: T12 und Dimple-Mitte

stichprobe wurde der U-Test (Mann/Whitney) gerechnet. Es galten übliche Signifikanzgrenzen: signifikant bei  $p \leq .05$  [\*] und hochsignifikant bei  $p \leq .01$  [\*\*] bzw. höchstsignifikant bei  $p \leq .001$  [\*\*\*]. Fragestellungen unter Einbeziehung der Kennziffern Beckentorsion, Beckenneigung und Lordosewinkel wurden geschlechterdifferenziert bearbeitet. Für univariate Analysen der Patiententeilstichproben wurde der punktbiseriale Korrelationskoeffizient (rpbis) und die korrespondierende Effektstärke ( $\eta^2$ ) errechnet. Zur Einordnung der Effektstärke ( $\eta^2$ ) wurde auf die Konvention nach Rasch et al. (15) zurückgegriffen:  $\eta^2 \geq 0,01$  schwach,  $\eta^2 \geq 0,06$  mittel und  $\eta^2 \geq 0,14$  stark. Multivariat wurden Faktorenanalysen (Hauptkomponentenmethode mit Kaisernormalisierung und Varimaxrotation) (SPSS 12.0) durchgeführt. Für Analysen mit reduziertem Stichprobenumfang wurde die Anzahl der Variablen reduziert (NVariablen = maximal 1/3 NPersonen). Faktorladungsstärke und Gesamtvarianzaufklärung wurden in Anlehnung an Bös et al. (3) interpretiert.

## ERGEBNISSE

Faktorenanalytisch wurden für die Vergleichsgruppe vier voneinander unabhängige Faktoren zur Beschreibung der Wirbelsäulenform extrahiert, die die Gesamtvarianz zu 66,4% erklärten (Faktorladungskoeffizienten der Wirbelsäulenform: Tab. 2 links):

**Tabelle 2:** Varimaxrotiertes Faktorenmodell nach Faktorextraktion (Hauptkomponentenmethode) für die Vergleichsgruppe (n=192) und die Gesamtgruppe der Patienten (n=213).

Faktoren	"Vergleichsgruppe"				"Patienten"				
	I	II	III	IV	I	II	III	IV	V
RNG	-0,07	-0,10	-0,27	-0,72	-0,13	0,04	-0,09	-0,15	0,85
Lot	-0,28	0,33	0,00	0,18	-0,02	0,03	0,18	0,60	0,05
BHS	0,02	0,03	-0,21	0,67	0,08	-0,05	0,21	0,23	0,60
BTS	-0,13	-0,13	-0,10	0,43	-0,03	0,10	-0,16	0,79	-0,02
BNG	0,82	-0,30	0,03	-0,16	0,86	-0,20	-0,07	-0,17	0,16
Kw-max	0,12	0,94	-0,08	-0,09	0,10	0,96	-0,01	0,12	0,00
Kw-T12	0,07	0,96	0,02	-0,06	0,15	0,94	0,01	0,03	0,00
Lw-max	0,91	0,22	0,02	0,09	0,83	0,34	0,02	0,11	-0,11
Lw-T12	0,92	0,16	0,08	-0,01	0,92	0,25	-0,02	0,00	-0,13
Rot-rms	0,14	0,01	0,77	-0,13	-0,07	-0,02	0,77	0,24	0,12
Seit-rms	-0,05	-0,06	0,86	0,02	0,01	0,02	0,84	-0,15	-0,02

Die Zellen enthalten Ladungskoeffizienten, die den Korrelationskoeffizienten der Wirbelsäulenform (Zeilen) mit den extrahierten und rotierten Faktoren (Spalten) entsprechen (3). Hervorgehoben sind die Ladungen der Variablen, die einen Faktor determinieren (Variablen: Tab. 1).

- Faktor I determiniert durch Beckenneigung (BNG) und Lordosewinkel (Lw-max, Lw-T12) benannt als ‚Rumpfaufrichtung lumbosakral‘,
- Faktor II determiniert durch Kyphosewinkel (Kw-max, Kw-T12) benannt als ‚Rumpfaufrichtung thorakal‘,
- Faktor III determiniert durch mittlere Wirbelrotation (Rot-rms) und mittlere Wirbelkörperseitneigung (Seit-rms) benannt als ‚Skoliosekennziffern‘,
- Faktor IV determiniert durch Rumpfneigung (RNG) und Beckenhochstand (BHS) benannt als ‚Rumpfaufrichtung sagittal mit Becken frontal‘.

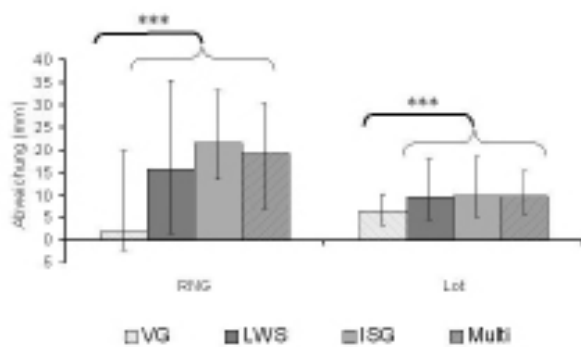
Für die Gesamtheit der Rückenpatienten wurde zusätzlich zu den vier benannten Faktoren ein weiterer Faktor ermittelt, der die Bedeutsamkeit der Beckentorsion im Zusammenwirken mit der Lotabweichung (Ladung auf Faktor IV: BTS 0,79 x Lot 0,60) für Rückenpatienten (Tab. 2 rechts) heraus stellte (Annahme 1). Die Gesamtvarianz wurde hier zu 74,1% erklärt.

Für die Parameter Rumpfneigung und Lotabweichung wurden univariat hochsignifikante Unterschiede zwischen der Vergleichsgruppe (VG) und der Gesamtgruppe der Patienten (Patges) ermittelt (Annahme 1) (Abb. 2):

- Rumpfneigung [mm]: Patges Median: 19 (75%-Quartil: 32 / 25%-Quartil: 8) vs. VG Median: 2 (75%-Quartil: 20 / 25%-Quartil: -2);  $Z=-5,66$ ;  $p<.001$ .
- Lotabweichung [mm]: Patges Median: 10 (75%-Quartil: 16 / 25%-Quartil: 6) vs. VG Median: 6 (75%-Quartil: 10 / 25%-Quartil: 3);  $Z=-5,53$ ;  $p<.001$ .

Multivariat wurden für die Frauen der Vergleichsgruppe drei voneinander unabhängige Faktoren zur Beschreibung der Wirbelsäulenform extrahiert, die die Gesamtvarianz zu 69,4% erklärten (Faktorladungskoeffizienten der Wirbelsäulenform: Tab. 3):

- Faktor I determiniert durch Kyphosewinkel (Kw-max) und Lordosewinkel (Lw-max) benannt als ‚Rumpfaufrichtung thorakolumbal‘,



**Abbildung 2:** Die Haltungskennziffern Rumpfeigung (RNG) und Lotabweichung (Lot) für die Vergleichsgruppe (VG) und die unterschiedlichen Rückenschmerzstichproben (Median  $\pm$ 25% Quartil): lumbal begründete Schmerzen (LWS), iliosakral begründete Schmerzen (ISG) und mehrfach lokalisierte, bzw. nicht exakt abzugrenzende Beschwerden (Multi). Die Vergleichsgruppe unterscheidet sich jeweils hochsignifikant (\*\*\*) von der Gesamtheit der Rückenschmerzpatienten, die Patiententeilstichproben unterscheiden sich nicht signifikant.

- Faktor II determiniert durch Beckenhochstand (BHS) und Beckentorsion (BTS) benannt als ‚Beckenstellung‘.
- Faktor III determiniert durch Lotabweichung (Lot) benannt als ‚Rumpfaufrichtung frontal‘.

Für weibliche LWS-Patienten wurden zwei voneinander unabhängige Faktoren ermittelt (erklärte Gesamtvarianz 67,2%):

- Faktor I determiniert durch Lotabweichung (Lot), Rumpfeigung (RNG), Beckenhochstand (BHS) benannt als ‚Rumpfaufrichtung frontal & sagittal und Beckenstellung frontal‘.
- Faktor II determiniert durch Kyphosewinkel (Kw-max) benannt als ‚Rumpfaufrichtung thorakal‘.

Gegenüber dem Vergleichsgruppenfaktorenmodell verlor der Lordosewinkel seine relevante Ladung für die ehemals thorakolumbale Rumpfaufrichtung (Faktor II) (Tab. 3 Mitte), die sagittale Aufrichtung bei LWS-Patientinnen wurde vornehmlich thorakal bestimmt (Annahme 2.A Frauen). Für weibliche ISG-Patienten wurden ebenfalls zwei voneinander unabhängige Faktoren ermittelt (erklärte Gesamtvarianz 60,1%):

- Faktor I determiniert durch Beckentorsion (BTS), Kyphosewinkel (Kw-max) und Lordosewinkel (Lw-max) benannt als ‚Beckenverwindung und Rumpfaufrichtung thorakolumbal‘.
- Faktor II determiniert durch Beckenhochstand (BHS) und Lotabweichung (Lot) benannt als ‚Becken- und Rumpfaufrichtung frontal‘.

Gegenüber dem Vergleichsgruppenfaktorenmodell wirkte die Beckentorsion bei ISG-Patientinnen nicht mehr auf die ehemals unabhängige Beckenstellung, sondern auf die thorakolumbale Rumpfaufrichtung (Faktor I). Die Auslenkung des Rumpfes in der Frontalebene wurde bei ISG-Patientinnen durch die frontale Beckenstellung mitbestimmt (Faktor II) (Tab. 3 rechts) (Annahme 2.C Frauen).

Für die Männer der Vergleichsgruppe wurden multivariat drei voneinander unabhängige Faktoren zur Beschreibung der Wirbelsäulenform extrahiert, die die Gesamtvarianz zu 66,9% erklärten. Das Faktorenmodell entspricht dem der Frauenvergleichsgruppe (Faktorladungskoeffizienten der Wirbelsäulenform: Tab. 4):

**Tabelle 3:** Varimaxrotiertes Faktorenmodell nach Faktorextraktion (Hauptkomponentenmethode) für die Vergleichsgruppe (VG weibl.: n=79), LWS-Patientinnen (LWS weibl.: n=15) und ISG-Patientinnen (ISG weibl.: n=23).

Faktoren	"VG weibl."			"LWS weibl."		"ISG weibl."	
	I	II	III	I	II	I	II
RNG	-0,42	-0,31	0,56	0,71	0,42	-0,55	0,02
Lot	0,21	0,15	0,84	0,83	0,05	0,20	0,77
BHS	-0,17	0,87	0,01	0,72	-0,09	-0,17	0,78
BTS	0,31	0,72	0,02	0,33	0,59	0,82	0,05
Kw-max	0,80	0,00	0,23	-0,11	0,95	0,83	0,20
Lw-max	0,84	0,08	-0,12	-0,62	0,61	0,77	-0,14

Legende: Die Zellen enthalten Ladungskoeffizienten, die den Korrelationskoeffizienten der Wirbelsäulenform (Zeilen) mit den extrahierten und rotierten Faktoren (Spalten) entsprechen (3). Hervorgehoben sind die Ladungen der Variablen, die einen Faktor determinieren (Variablen: Tab. 1).

- Faktor I determiniert durch Rumpfeigung (RNG) und Kyphosewinkel (Kw-max) benannt als ‚Rumpfaufrichtung thorakal / sagittal‘.
- Faktor II determiniert durch Beckenhochstand (BHS) und Beckentorsion (BTS) benannt als ‚Beckenstellung‘.
- Faktor III determiniert durch Lotabweichung (Lot) benannt als ‚Rumpfaufrichtung frontal‘.

Für männliche LWS-Patienten wurden drei voneinander unabhängige Faktoren ermittelt (erklärte Gesamtvarianz 70,3%):

- Faktor I determiniert durch Rumpfeigung (RNG) und Lordosewinkel (Lw-max) benannt als ‚Rumpfaufrichtung lumbal / sagittal‘.
- Faktor II determiniert durch Beckenhochstand (BHS) und Beckentorsion (BTS) benannt als ‚Beckenstellung‘.
- Faktor III determiniert durch Kyphosewinkel (Kw-max) benannt als ‚Rumpfaufrichtung thorakal‘.

Im Gegensatz zum Vergleichsgruppenfaktorenmodell determiniert der Kyphosewinkel bei LWS-Patienten einen eigenständigen Faktor (Faktor III). Der Lordosewinkel determiniert bei LWS-Patienten zusammen mit der Rumpfeigung die kombinierte sagittale Rumpfaufrichtung (Faktor I) (Tab. 4 Mitte) (Annahme 2.A Männer).

Für männliche ISG-Patienten wurden ebenfalls drei voneinander unabhängige Faktoren ermittelt (erklärte Gesamtvarianz 74,5%):

- Faktor I determiniert durch Rumpfeigung (RNG) und Beckenhochstand (BHS) benannt als ‚Rumpfaufrichtung sagittal mit Becken frontal‘.
- Faktor II determiniert durch Lordosewinkel (Lw-max) und Lotabweichung (Lot) benannt als ‚Rumpfaufrichtung lumbal / frontal‘.
- Faktor III determiniert durch Beckentorsion (BTS) und Kyphosewinkel (Kw-max) benannt als ‚Beckenverwindung und Rumpfaufrichtung thorakal‘.

In Relation zum Vergleichsgruppenfaktorenmodell wurde die Rumpfaufrichtung bei ISG-Patienten mehr durch den Beckenhochstand mitbestimmt als durch die Kyphose (Faktor I) und die Beckentorsion wirkte nicht mehr innerhalb des unabhängigen Faktors Beckenstellung, sondern im Verbund mit dem Kyphosewinkel (Faktor III) (Annahme 2.C Männer).

**Tabelle 4:** Varimaxrotiertes Faktorenmodell nach Faktorextraktion (Hauptkomponentenmethode) für die Vergleichsgruppe (VG männl.: n=113), LWS-Patienten (LWS männl.: n=19) und ISG-Patienten (ISG männl.: n=15).

Faktoren	"VG männl."			"LWS männl."			"ISG männl."		
	I	II	III	I	II	III	I	II	III
RNG	-0,74	0,06	-0,01	0,87	0,19	0,07	-0,92	-0,14	0,03
Lot	0,08	0,04	0,93	-0,34	-0,24	-0,64	0,24	-0,78	-0,06
BHS	0,13	0,83	0,02	0,40	-0,73	-0,06	0,86	-0,12	0,17
BTS	-0,27	0,76	0,02	0,36	0,81	0,00	-0,18	0,17	-0,79
Kw-max	0,81	-0,06	0,05	-0,12	-0,10	0,89	-0,05	0,11	0,77
Lw-max	0,57	0,03	-0,50	-0,72	0,13	-0,04	0,36	0,84	-0,11

Im Vergleich mit den LWS-Patienten wirkte der Lordosewinkel bei den ISG-Patienten nicht auf die sagittale Aufrichtung, sondern auf die frontale Rumpfaufrichtung (Faktor II) (Tab. 4 rechts) (Annahme 2.C Männer).

Ein Zusammenhang mittlerer Effektstärke zwischen iliosakralen Beschwerden und auffälligen Beckenstellungsparametern wurde für weibliche ISG-Patienten in der Beckentorsion ermittelt ( $\eta^2=0,06$ ) (Annahme 2.C Frauen); für den Beckenhochstand lagen keine Gruppenzugehörigkeitseffekte vor:

- Beckenhochstand [mm]: ISGges: 4 (8 / 1) vs. VG: 4 (7 / 2); rpbis=0,04 ( $\eta^2=0,00$ ).
- Beckentorsion [°]: ISG♀: 2 (5 / 1) vs. VG♀: 2 (3 / 1); rpbis=0,24 ( $\eta^2=0,06$ ).
- Beckentorsion [°]: ISG♂: 3 (5 / 2) vs. VG♂: 2 (4 / 1); rpbis=0,09 ( $\eta^2=0,01$ ).

Für die Zuordnung eines abgeflachten lumbosakralen Übergangs bei lumbal begründeten Beschwerden des unteren Rückens wurde für die LWS-Patienten in der Kennziffer Beckenneigung ein mittelstarker univariater Effekt ermittelt (Annahme 2.A Männer):

- BNG [°]: LWS♂: 16 (18 / 12) vs. VG♂: 19 (22 / 14); rpbis=0,26 ( $\eta^2=0,07$ ).

Im Lordosewinkel zeigten sich sowohl für Männer als auch für Frauen nur schwache Effekte:

- Lw-max [°]: LWS♀: 40 (44 / 30) vs. VG♀: 43 (48 / 36); rpbis=0,14 ( $\eta^2=0,02$ ).
- Lw-max [°]: LWS♂: 33 (36 / 26) vs. VG♂: 35 (39 / 32); rpbis=0,20 ( $\eta^2=0,04$ ).

Für die Differenzierung lumbaler und iliosakraler Beschwerden des unteren Rückens anhand der Lordosierung wurden sowohl für Frauen (Lw-max:  $\eta^2=0,08$ ) als auch für Männer (Lw-T12:  $\eta^2=0,12$ ) mittelstarke univariate Effekte in den Lordosewinkeln ermittelt (Annahme 2.B):

- Lw-max [°]: ISG♀: 44 (50 / 38) vs. LWS♀: 40 (44 / 30); rpbis=0,28 ( $\eta^2=0,08$ ).
- Lw-T12 [°]: ISG♂: 32 (37 / 27) vs. LWS♂: 27 (31 / 23); rpbis=0,35 ( $\eta^2=0,12$ ).

## DISKUSSION

Die untersuchten Patienten mit Beschwerden des unteren Rückens unterschieden sich von einer beschwerdefreien Vergleichsgruppe

durch eine signifikant ausgeprägtere sagittale Vorneigung (RNG) und Oberkörperauslenkung in der Frontalebene (Lot). Dabei stellte die Beckentorsion (BTS) im Verbund mit der Lotabweichung einen zusätzlichen unabhängigen Faktor zur Beschreibung der Wirbelsäulenform von Rückenschmerzpatienten dar (Annahme 1).

Röntgenologisch abgesicherte Befunde aus der Manualmedizin unterstreichen die Rolle der frontal-transversalen Beckenverwringung für Rückenpatienten (12). Die Rumpfeigung und Lotabweichung werden als Bruttokriterien der Wirbelsäulenform in der Sagittal- und Frontalebene interpretiert, weil sie Lordose-, Kyphose- und Skoliosewinkel integrieren (Abb. 1). Die ausgeprägte Rumpfeigung bei Rückenschmerzsyndromen kann aber auch durch das höhere Lebensalter der Patientengruppe und die damit einhergehende fortgeschrittene degenerative Kyphosierung erklärt werden (22). Die signifikant ausgeprägtere Lotabweichung der Patientengruppe stand jedoch in einem direkten Zusammenhang mit der Beckentorsion, der eine entscheidende Rolle für die Pathogenese von Rückenschmerzsyndromen zugeschrieben wird (12, 21). Außerdem wird die Relevanz der Kennziffern Rumpfeigung und Lotabweichung indirekt durch Trainingsstudien mit Rückenpatienten gestützt, wobei infolge des Trainings insbesondere diese integrativen Kennziffern positiv moduliert werden (16, 17). Bei der Verwendung der Rumpfeigung als Indikatorvariable für trainingsinduzierte Veränderungen bei Rückenbeschwerden muss allerdings berücksichtigt werden, dass eine sagittale Aufrichtung der Wirbelsäule durch verringerte Kyphosewinkel neutralisiert werden kann durch eine gleichzeitige Lordosierung (5).

Eine tendenziell flache Lordose als Hinweis auf lumbal begründete Beschwerden des unteren Rückens (Annahme 2.A) konnte durch die vorliegenden Ergebnisse nur unbefriedigend bestätigt werden. Lediglich bei Männern wurden mittelstarke Effekte ( $\eta^2=0,07$ ) für eine steilere Beckenneigung als Indiz für eine abgeflachte Lordose gefunden. Inhaltliche Hinweise auf lumbal begründete Beschwerden des unteren Rückens wurden multivariat eher der Ausprägung Brustkyphose als der Lendenlordose zugewiesen. Röntgenologische Befunde bei lumbalen Beschwerden mit Radikularsymptomatik beschreiben zwar eine Lordoseabflachung durch eine systematische Retroposition des lumbosakralen Übergangs in Verbindung mit einer Ventralisierung des thorakolumbalen Übergangs. Der Befund kann aber auch andersartig begründet sein und genauso bei anderen Beschwerdebildern auftreten (12).

Eine im Vergleich mit lumbal begründeten Rückenbeschwerden deutlichere Lordosierung bei iliosakral begründeten Beschwerden (Annahme 2.B) wurde durch mittelstarke univariate Effekte für eine größere Ausprägung der Lordose bei ISG-Patienten gestützt ( $\eta^2=0,08$  bis 0,12). Faktorenanalytisch wurde die Ausprägung des Lordosewinkels bei LWS- und ISG-Patienten unterschiedlichen Komponenten zugeordnet. Die ausgeprägtere Lordosierung kann durch den Pathomechanismus von ISG-Dysfunktionen erklärt werden, bei dem die multifaktoriell begründete einseitige Beckenfehlstellung zu einer sakralen Nutation führt, die sich durch die gelenkigen Verbindungen auf die Stellung der unteren Lendenwirbelkörper auch im Sinne einer verstärkten Lordosierung auswirkt (12, 21). Rasterstereographische Funktionsaufnahmen zur Analyse der Beckenstellungsparameter untereinander, sondern auch die Einflüsse auf die Stellung der lumbalen Wirbelkörper bei funktionellen oder anatomischen Beckenschiefständen und orthopädischen Ausgleichsmaßnahmen (7).

Für einen inhaltlichen Zusammenhang zwischen Beckenstellungskennziffern und iliosakral bzw. lumbosakral begründeten Beschwerden des unteren Rückens fanden sich faktorenanalytisch Hinweise (Annahme 2.C). Beckenhochstand und -torsion laden bei ISG-Patienten nicht wie bei beschwerdefreien Personen auf einen unabhängigen Faktor ‚Beckenstellung‘, sondern auf die frontale Oberkörperstellung und die sagittale bzw. die thorakolumbale Aufrichtung. Zu den typischen Schmerzlokalisationen und regional glutealen oder inguinalen Ausstrahlungen unterschiedlich begründeter ISG-Dysfunktionen kann es durch die gelenkige Verbindung der Beckenschaufeln zur Wirbelsäule nicht nur zu einer asymmetrischen sakralen Nutation und einer Beckenverwindung mit einer Rotation, Seitneigung und Lordosierung der unteren Lendenwirbel kommen, sondern auch zu lumbal lokalisierten Schmerzsyndromen bei ISG-Patienten (21).

Die vorliegenden Ergebnisse decken sich mit den Erfahrungen physiotherapeutischer Diagnostik. Auffällige Haltungsbefunde müssen nicht zwingend beschwerderelevant sein (19). So konnte der angenommene Zusammenhang zwischen Beckenschiefstand und iliosakralen Beschwerden nicht bestätigt werden. Die Beckenstellung wird isoliert über den einseitigen Beckenhochstand nur unzureichend operationalisiert, weil die Beckentorsion und die Lendenwirbelkörperstellung als permanent wirksame Covariablen (7, 12) in univariaten Analysen ausgeklammert werden. Univariaten Analysen müssen daher kritisch betrachtet werden (7, 11).

Methodenkritisch muss angemerkt werden, dass der Altersunterschied zwischen Vergleichs- und Patientengruppen als intervenierende Variable nicht kontrolliert werden konnte. Die lediglich befriedigende Varianzaufklärung (3) der multivariaten Analysen von 60 bis 75% wird einerseits durch die Variationsbreite physiologischer Wirbelsäulenschwüngen (11, 12) und andererseits durch die Heterogenität der anfallenden Stichproben trotz der differenzierenden Beschwerdeguppenklassifizierung erklärt.

## SCHLUSSFOLGERUNGEN

In erster Näherung konnten Wirbelsäulenformkennziffern ermittelt werden, die im sportmedizinischen und orthopädischen Screening als Hinweise für eine Differenzierung klinischer Rückenschmerzsyndrome herangezogen werden dürfen. Es besteht jedoch dringlicher Forschungsbedarf für Folgeuntersuchungen, die ein differenziertes, diagnoseklassifiziertes Normensystem mit Morbiditätswahrscheinlichkeiten für Wirbelsäulenformvarianten erarbeiten (20, 23).

## Danksagung

Dank gilt den Kooperationsprojektpartnern: Diers International GmbH, Orthopädiepraxis Buchholz & Partner in Hamburg, Institut für Sportmedizin e.V. an der Universität Hamburg (Ltg.: Prof. K.-M. Braumann und Prof. R. Reer).

*Angaben zu finanziellen Interessen und Beziehungen, wie Patente, Honorare oder Unterstützung durch Firmen: Keine.*

## LITERATUR

- ASAMOAH V, MELLEROWICZ H, VENUS J, KLÖCKNER C: Oberflächenvermessung des Rückens. Wertigkeit in der Diagnostik der Wirbelsäulenerkrankungen. Orthopäde 29 (2000) 480-489.
- BERNARD M: Einfluss des muskulären Zustands und körperlichen Trainings auf die Haltung von Erwachsenen – Metaanalyse der vorliegenden Literatur. Z f Physiotherapeuten 54 (2002) 1070-1087.
- BÖS K, HÄNSEL F, SCHOTT N: Empirische Untersuchungen in der Sportwissenschaft. Czwalina, Ahrensburg, 2000.
- BORG G: Borg's perceived exertion and pain scales. Human Kinetics, Champaign, 1998.
- DALICHAU S, STEIN B, SCHÄFER K, BUHLMANN JJ, MENKEN P: Die ultraschalltopometrische Quantifizierung der Wirbelsäulenform und der Halteleistungsfähigkeit für die Evaluation verschiedener Muskelkräftigungsprogramme in der Therapie von Rückenschmerzen. Z Orthop 143 (2005) 79-85.
- DENNER A: Muskuläre Profile der Wirbelsäule. Springer, Heidelberg, 1997.
- DRERUP B, ELLGER B, MEYER ZU BENTRUP F, HIERHOLZER E: Rasterstereographische Funktionsaufnahmen. Orthopäde 30 (2001) 242-250.
- DRERUP B, HIERHOLZER E: Back shape measurement using video raster stereography and three-dimensional reconstruction of spinal shape. Clin Biomech 9 (1994) 28-36.
- FRÖHNER G: Sportmedizinische Ratschläge für die Belastbarkeitssicherung im Nachwuchsleistungssport. Teil 5. Leistungssport 38 (2008) 38-44.
- GARBE G: Therapeutische Maßnahmen bei der myogenen dysbalancierten Lumbalgie. Dtsch Z Sportmed 39 (1988) 18-28.
- KLEE A: Haltung, muskuläre Balance und Training. Harri Deutsch, Frankfurt am Main, 1995.
- LEWIT K: Manuelle Medizin. Barth, Heidelberg, 1992.
- LUOMAJOKI, H: Evidence für Übungen und Training bei lumbalem Rückenschmerz (LBP). Manuelle Therapie 6 (2002) 1, 33-45.
- MCGILL S: Low back disorders: evidence based prevention and rehabilitation. Human Kinetics, Champaign, 2007.
- RASCH B, FRIESE M, HOFMANN W, NAUMANN E: Quantitative Methoden, Bd. 2., Springer, Heidelberg, 2006.
- RIGO M, QUERA-SALVÁ G, VILLAGRASA M, FERRER M, CASAS A: Effect of specific exercises on the sagittale profile of scoliotic spines. Scoliosis 2 (2007) Suppl 1, 7.
- SCHRÖDER J, FÄRBER I, MEYER-HOFMANN K, SCHAAR H, MATTES K: Kraft- und Haltungsdagnostik als Basis einer individualisierten Bewegungstherapie bei Rückenschmerzpatienten. Z f Physiotherapeuten 61 (2009) 420-432.
- SCHRÖDER J, REER R, MATTES K: Biomechanische Diagnostik in der orthopädischen Praxis: Zur Zuverlässigkeit der Messung von Rumpfkraft und Haltung in der Behandlung von Rückenschmerzen. Orthopädische Praxis 45 (2009) 288-294.
- SEEGER D, KOCH D, HEINEMANN R, SAUR P, HILDEBRANDT J: Krankengymnastische Untersuchungen im Rahmen ambulanter Rehabilitation von Patienten mit chronischen Rückenschmerzen. Z f Physiotherapeuten 49 (1997) 7-34.
- SEICHERT N, BAUMANN M, SENN E, ZUCKRIEGL H: Die Rückenmaus – Ein analog-digitales Messgerät zur Erfassung der sagittalen Rückenkontur. Phys Rehab Kur Med 4 (1994) 35-43.
- THIEL M, RICHTER M: Wie gesichert ist unser Wissen über ISG-Dysfunktionen und deren Auswirkungen auf die Körperstatik? Man Medizin 47 (2009) 52-56.
- WEBER U, SALMAN E: BWS-Deformitäten im Kindesalter. Man Medizin 45 (2007) 6-16.
- WYDRA G: Zur Problematik von Normen in der Bewegungstherapie. Z f Physiotherapeuten 56 (2004) 2280-2289.

Dipl. Sportwiss. Jan Schröder  
Fakultät für Bewegungswissenschaft  
Abteilung Bewegungs- und Trainingswissenschaft  
Universität Hamburg  
Feldbrunnenstraße 70  
20148 Hamburg  
E-Mail: klaus.mattes@uni-hamburg.de