

## Klaus Wiemann; Hans-Georg Giesbert

### Zur Abhängigkeit der Beweglichkeit im Bereich der Schulter von der Struktur des Schlüsselbeines

*Ein im Ansatz prognostizierter Zusammenhang zwischen der Bewegungsfreiheit der Oberarme in bezug zum Rumpf (= Bewegungswinkel) und dem Krümmungsgrad der Schlüsselbeine (= Schlüsselbeinwinkel) wird an 79 Sportstudenten, 41 Leistungsturnern und 68 Leistungsschwimmern untersucht. Dieser Zusammenhang ist bei Sportstudenten (= Untrainierten) sehr signifikant ( $r = -0,67$ ), bei den Turnern und Schwimmern nicht signifikant. Hinsichtlich des durchschnittlichen Bewegungswinkels und Schlüsselbeinwinkels unterscheiden sich Turner ( $\sim 29^\circ$  bzw.  $\sim 115^\circ$ ) und Schwimmer ( $\sim 31^\circ$  bzw.  $\sim 108^\circ$ ) sehr signifikant von Untrainierten ( $\sim 42^\circ$  bzw.  $\sim 100^\circ$ ). Somit muß die Schlüsselbeinkrümmung als selektierende, leistungsbestimmende Einflußgröße in diesen Disziplinen gelten.*

**Schlagwörter:** Beweglichkeit (Oberarm – Rumpf) – Schlüsselbeinkrümmung, Einflußgröße – Geräteturnen – Schwimmen – Eignung, sportartspezifische

#### Voraussetzung

Wesentliches *Eignungsmerkmal* für eine Reihe sportlicher Disziplinen ist die Bewegungsfreiheit des Oberarmes bezüglich des Rumpfes. Das gilt vor allem für das Kraul- und Delphinschwimmen, Speerwerfen, Gewichtheben, für verschiedene Elemente des Geräteturnens u. a. Hier ist die Bewegungsfreiheit besonders im Sinne einer extremen Anteversion<sup>1</sup> und einer in extrem antevertierter Stellung durchgeführten Innenrotation des Oberarmes (bzw. Außenrotation aus retrovertierter<sup>2</sup> Stellung) für die Leistungsfähigkeit direkt entscheidend.

Bei einzelnen sportmotorischen Techniken (besonders im Geräteturnen: „Bogengang“, s. Abb. 1–3) erzwingt eine geringe Bewegungsfreiheit im Schulterbereich eine Kompensation in der Lendenwirbelsäule. Dies wiederum kann bei einem hinsichtlich Zeit und Intensität extremen Training die Gefahr von pathologischen Veränderungen der Lendenwirbelsäule heraufbeschwören.

Zum Zweck einer Bestimmung der Eignung zu einzelnen sportlichen Disziplinen und – in Ver-

bindung damit – zur Reduzierung trainingsbedingter Sportschäden bemüht sich die *biologisch-anatomisch orientierte Sportwissenschaft* u. a. um die Auffindung derjenigen leistungsbegrenzenden Faktoren, die durch Training nicht gezielt beeinflussbar sind. Solche Minusvarianten sind in bezug auf die Beweglichkeit vornehmlich an den knöchernen Teil des Bewegungsapparates gebunden.

Da erfahrungsgemäß ein *Dehnungstraining* im Bereich der Schulter zwecks Vergrößerung der Bewegungsfreiheit der Arme einen vergleichsweise geringen Erfolg hat, muß vermutet werden, daß hier ein größerer Teil derjenigen Faktoren, die die Gelenkigkeit der drei für die Bewegungsfreiheit der Arme bezüglich des Rumpfes verantwortlichen Gelenke (Articulatio sternoclavicularis, A. acromioclavicularis, A. humeri) bestimmen, nicht durch Training beeinflussbar ist. Es muß also weniger eine muskuläre oder kapsuläre Hemmung vorliegen, als vielmehr eine knöcherner Hemmung (bzw. Massenhemmung).

Im Verlauf verschiedener, mit diesen Überlegungen verbundener Untersuchungen bemerkten wir bei Sportlern, die nur über eine eingeschränkte Bewegungsfreiheit der Oberarme in bezug zum Rumpf verfügen, eine extreme Krümmung der Schlüsselbeine derart, daß der mittlere Teil des Schlüsselbeines stärker dorsalwärts<sup>3</sup> gerichtet war (vgl. Abb. 1–3).

Aufgrund dieser anatomischen Besonderheit vermuteten wir eine determinierende Funktion der Schlüsselbeine innerhalb der die Gelenkigkeit im Schultergürtel bestimmenden Faktoren: Durch ein Antevertieren der Arme führen die Schlüsselbeine eine geringfügig nach hinten gerichtete Rotation aus und werden gleichzeitig eleviert<sup>4</sup>. Ebenso wird eine aus extrem antevertierter Stellung durchgeführte Zirkumdiktion<sup>5</sup> der Arme in eine retrovertierte Stellung eine Elevation und Rotation der Schlüsselbeine bewirken. Würde das Ausmaß der Elevation der Schlüsselbeine ausschließlich vom Ligamentum costoclavicularis, vom

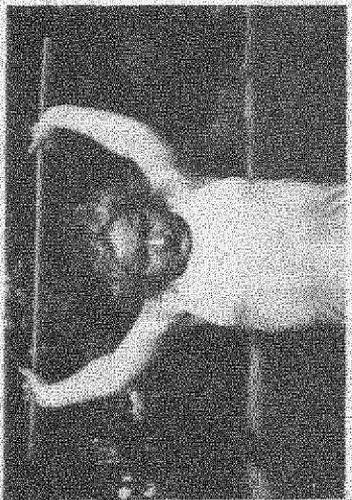


Abb. 1: C. S. (Alter: 13;1); Schlüsselbeinwinkel 130°; kein Turntraining; o = Längsachse des Oberarmes, w = Längsachse der cranialen Hälfte der Brustwirbelsäule

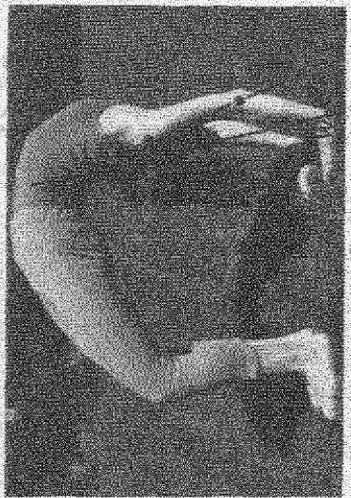
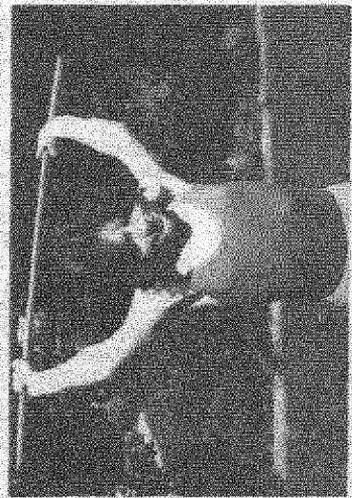


Abb. 2: U. H. (Alter: 13;5); Schlüsselbeinwinkel 116°; regelmäßiges Turntraining; o = Längsachse des Oberarmes; w = Längsachse der cranialen Hälfte der Brustwirbelsäule

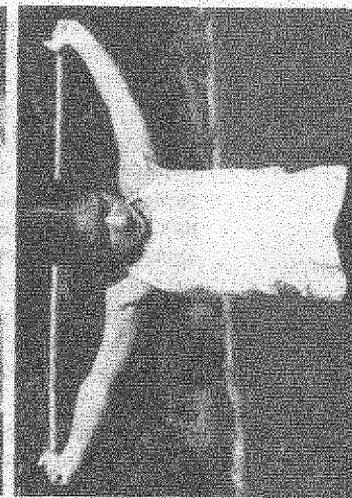
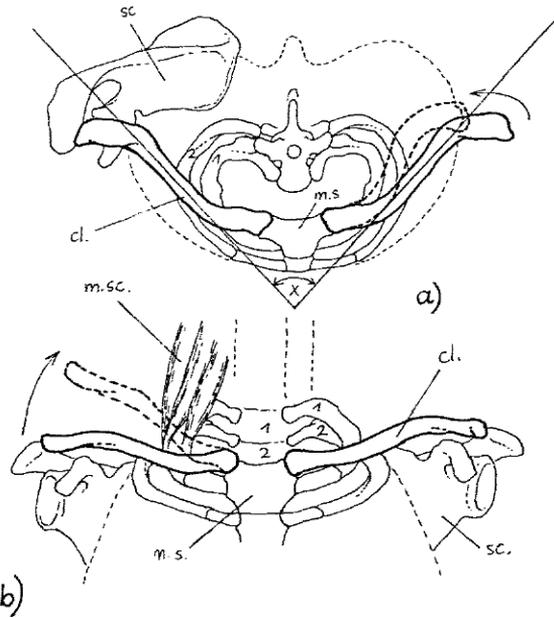


Abb. 3: T. W. (Alter: 13;6); Schlüsselbeinwinkel 72°; gelegentliches Turntraining; o = Längsachse des Oberarmes; w = Längsachse der cranialen Hälfte der Brustwirbelsäule



**Abb. 4:** Teilansicht des Schultergürtels a) von cranial, b) von ventral. *cl* = Schlüsselbein, *sc* = Schulterblatt, *m.s.* = Manubrium sterni, *m.sc.* = Musculus scalenus, *x* = „Schlüsselbeinwinkel“

Musculus subclavius (RAUBER/KOBSCH, 1968, S. 197) und vom Musculus pectoralis minor bestimmt, wäre die bewegungsbeeinflussende Wirkung der Schlüsselbeinkrümmung nicht erklärbar. Statt dessen wird offensichtlich zwischen der dorsalen Kante der mittleren Schlüsselbeinabschnitte einerseits und dem oberen Brustkorb und dem Hals andererseits eine Massenhemmung eintreten, und zwar in der Weise, daß das Schlüsselbein gegen die von der Lamina praevertebralis fasciae colli eingeschlossene Muskulatur (besonders Skalenus-Gruppe) stößt (s. Abb. 4).

Wenn der erörterte Zusammenhang zwischen dem Krümmungsgrad der Schlüsselbeine und der Beweglichkeit der Oberarme bezüglich des Rumpfes tatsächlich besteht – dies soll im folgenden durch eine statistische Untersuchung gezeigt werden –, ist nicht mehr nur die Beweglichkeit und deren schwer zu erfassende Parameter Eignungsmerkmal für verschiedene sportliche Disziplinen, sondern statt dessen neben anderen Faktoren auch die Form der Schlüsselbeine, genauer: der Winkel, der aus den Tangenten durch die Wendepunkte der Schlüsselbeinkrümmungen (vgl. Abb. 4) gebildet wird. Er gibt den Krümmungsgrad der Schlüsselbeine an.

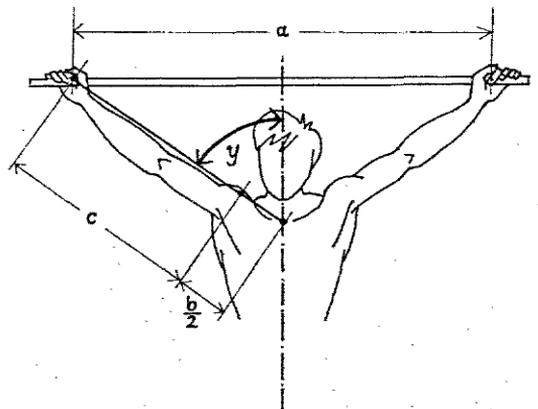
#### Durchführung und Auswertung einer Erhebung

Der dargestellte „Schlüsselbeinwinkel“ *X* wurde mit einem speziellen, zu diesem Zweck entwickel-

ten Winkelmesser ermittelt. Die Meßgenauigkeit wurde durch unabhängige Wiederholungsmessungen bestimmt und kann mit  $r = 0,94$  als genügend groß erachtet werden. Bei der Messung der Bewegungsfreiheit der Oberarme bezüglich des Rumpfes wählten wir eine Methode, mit der ausschließlich das Zusammenspiel der drei Gelenke des Schultergürtels beurteilt wurde. Es wurde von allen Probanden verlangt, die für sie größtmögliche Umföhrbewegung beider Arme von vorn über den Kopf bis zum Gesäß unter Zuhilfenahme eines beidhändig gefaßten Stabes („Ein- und Auskugeln“) auszuführen (Abb. 1–3 und Abb. 5). Als Maß für die Bewegungsfreiheit wurde der engste Abstand zwischen den Grundgelenken der beiden Zeigefinger gemessen. Nach Feststellung der jeweiligen Armlänge und Schulterbreite konnte mit Hilfe einfacher trigonometrischer Funktionen der Engänzungswinkel zwischen den beiden durch die Armbewegung beschriebenen Kegelmänteln – bezogen auf die Körperlängsachse – ermittelt werden (vgl. Abb. 5; je kleiner der Bewegungswinkel, desto größer die Bewegungsfreiheit!).

Zur Ermittlung der benötigten morphologischen Abmessungen mußten die Probanden eine einheitliche Grundhaltung einnehmen. Sie saßen aufrecht und hielten die Arme über der Brust verschränkt, so daß sich der Schultergürtel in seiner natürlichen Lage befand. In dieser Haltung, die Variationen in der Lagerung des Schultergürtels nur beschränkt zuläßt, ließ sich sowohl der „Schlüsselbeinwinkel“ als auch die Schulterbreite als Abstand zwischen den distalen<sup>6</sup> Enden der Schlüsselbeine problemlos abmessen. Die Armlänge wurde bei gestrecktem und bis zur Horizontalen abduziertem Arm zwischen dem acromialen Schlüsselbein-Ende und dem Capitulum ulnae gemessen.

Morphologische Strukturen werden ihrer Natur entsprechend mit physikalischen Größen gemes-



**Abb. 5:** Bestimmung des „Bewegungswinkels“ *y*. *a* = Griffweite beim „Aus- und Einkugeln“, *b* = Schulterbreite, *c* = Armlänge

sen. Auf diese Weise werden die Merkmale „Bewegungsfreiheit“ und „Schlüsselbeinwinkel“ sehr genau (isomorph) abgebildet. Auch vom Ergebnis einer sorgfältig geplanten Meßmethode darf ein hoher, korrelativer Zusammenhang zum Merkmal erwartet werden, da durch die Vorüberlegungen andere mögliche Methoden verworfen wurden. Aufgrund dieser Abbildungseigenschaften der Parameter kann von ihnen eine verlässliche Information über die Merkmale erwartet werden. Sie werden gemäß ihrer Bedeutung in „abhängige“ Zielgröße (Bewegungswinkel Y) und „unabhängige“ Einflußgröße (Schlüsselbeinwinkel X) getrennt.

Als Probanden boten sich ein größeres Kollektiv Sportstudenten sowie Turner und Schwimmer der höchsten Leistungsklassen an. Bei diesen Populationen erwarteten wir deutliche Unterschiede hinsichtlich des selektierenden Einflusses der Schlüsselbeinwinkel:

1. Es besteht ein (negativer) Zusammenhang zwischen der Größe des Schlüsselbeinwinkels und der Größe des Bewegungswinkels.
2. Der untersuchte Zusammenhang ist bei „Untrainierten“ und Hochleistungssportlern im Gerätturnen und Schwimmen unterschiedlich.
3. Hochleistungssportler unterscheiden sich hinsichtlich der Schlüsselbeinwinkel von „Untrainierten“.
4. Hochleistungssportler unterscheiden sich hinsichtlich des Bewegungswinkels von „Untrainierten“.

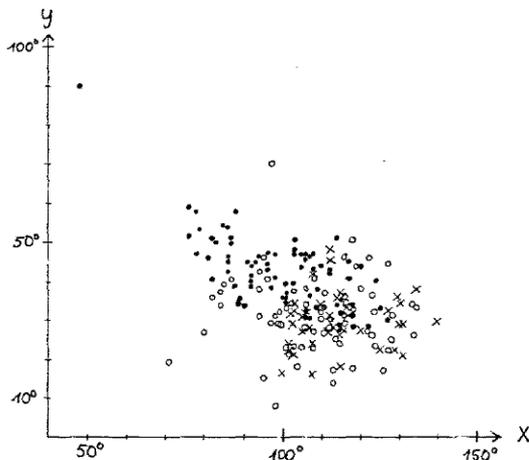
Zur Überprüfung dieser vermuteten Unterschiede wurden die entsprechenden Nullhypothesen mit Hilfe statistischer Verfahren getestet.

Die Untersuchungen wurden an 188 Probanden durchgeführt. Davon waren 79 Sportstudenten, die bezüglich der Dehnungsfähigkeit im Schultergürtel als relativ untrainiert angesehen werden müssen, 41 Turner (12 aus dem S-Kader, 5 aus dem A-Kader, 13 aus dem britischen S-Kader und 11 aus Landesliga-Mannschaften) und 68 Hochleistungsschwimmer.

Mit der graphischen Darstellung der Variablen „X“ und „Y“ (vgl. Abb. 6) erhielten wir eine Grundvorstellung über die Streuung und Gestalt der Punktwolke. Es ließ sich zumindest für die Gruppe der „untrainierten“ Sportstudenten ein deutlicher Trend erkennen. Die Korrelationsanalyse ergab folgende (lineare) Korrelationen:

- Gruppe der Untrainierten:  $r = -0,67$ ,  
 Gruppe der Turner:  $r = -0,03$ ,  
 Gruppe der Schwimmer:  $r = -0,05$ ,  
 alle Gruppen gemeinsam:  $r = -0,47$ .

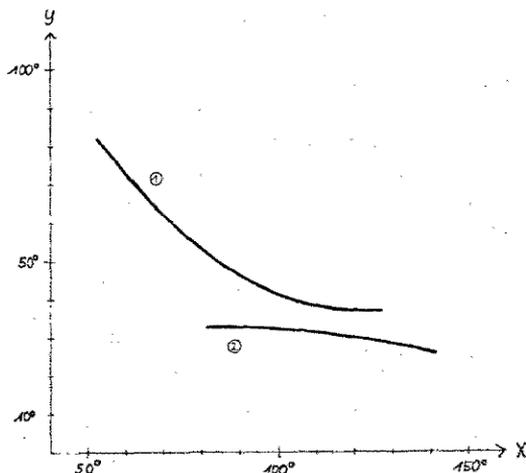
Von diesen Werten sind die Koeffizienten der Gruppe der Untrainierten und der Gesamtgruppe



**Abb. 6:** Punktwolke zur Verdeutlichung des Zusammenhanges von Schlüsselbeinwinkel  $x$  und Bewegungswinkel  $y$ . ● = Gruppe der Untrainierten, X = Gruppe der Turner, ○ = Gruppe der Schwimmer

auf dem 1%-Niveau signifikant (kritische Werte: 0,28 bei  $df = 50$  und 0,21 bei  $df = 150$ ), während sowohl in der Gruppe der Turner, als auch in der Gruppe der Schwimmer kein Zusammenhang zwischen dem Schlüsselbeinwinkel und dem Bewegungswinkel festgestellt werden konnte.

Da die Punktwolke einen nicht linearen Trend andeutete, sollte eine Regressionsanalyse zur Beschreibung der genaueren Abhängigkeit benutzt werden. Sie paßt einer beobachteten Punktwolke eine Regressionsfunktion an. Die mathematische Behandlung der zu schätzenden Regressionsfunktionen erfolgte über einen Modellansatz mit quadratischem Anteil:



**Abb. 7:** Regressionskurven zur Verdeutlichung des Zusammenhanges von Schlüsselbeinwinkel  $x$  und Bewegungswinkel  $y$ . (1) = Untrainierte, (2) = Trainierte (Turner und Schwimmer)

$$y = a_0 + a_1x + a_2x^2 + \varepsilon.$$

Hier bezeichnet  $\varepsilon$  eine Zufallsabweichung, deren Erwartungswert = 0 ist.

Als Ergebnis erhielten wir für die Gruppe der Untrainierten folgende Regressionsfunktion:

$$y = 13,87 + 0,368x - 0,0019x^2$$

und für die Gruppe der Trainierten (Turner und Schwimmer):

$$y = 186,41 - 2,544x + 0,0108x^2.$$

Die Darstellung dieser Funktionen liefert ein anschauliches Bild (Abb.7) über den Zusammenhang von Schlüsselbeinwinkel  $x$  und Bewegungswinkel  $y$  innerhalb der verschiedenen Gruppen.

Weiterhin wurde mit Hilfe des F-Tests nach SCHEFFÉ (1959, S.36) getestet, ob sich die Regressionsfunktionen unterscheiden:

	errechneter F - Wert	kritischer F - Wert und Sig.-Niveau (nach SACHS)
Untrainierte - Trainierte	7,82	7,32 bei 0,1%
Untrainierte - Schwimmer	34,14	7,32 bei 0,1%
Schwimmer - Turner	1,41	3,07 bei 5%

Aus der vorstehenden Tabelle kann entnommen werden, daß lediglich zwischen den Gruppen „Schwimmer“ und „Turner“ keine Unterschiede der Regressionsfunktion bestehen.

Die Untersuchung der Frage, ob sich die Gruppen

bezüglich des Schlüsselbeinwinkels unterscheiden, ergab nach dem t-Test für Stichproben mit homogener Varianz (CLAUSS/EBNER, 1971, S.184) für alle drei Gruppen sehr signifikante Unterschiede:

	N	Schlüsselbeinwinkel			t - Test		
		$\bar{x}$	$s^2$	s	Untrain.	Turner	Schwim.
Untrainierte	79	99,74	193,328	13,99	/	6,20	3,71
Turner	41	115,34	126,566	11,38		1,527	2,72
Schwimmer	68	108,32	196,425	14,12		1,016	1,55
					F-Test ( $s_1^2/s_2^2$ )		

(kritische Werte:  $t = 2,62$  (1%) bzw.  $t = 1,98$  (5%) bei zweiseitiger Fragestellung und  $t = 2,36$  (1%) bzw.  $t = 1,66$  (5%) bei einseitiger Fragestellung)

Somit ist die Nullhypothese zu verwerfen und anzunehmen, daß die drei untersuchten Gruppen hinsichtlich des Schlüsselbeinwinkels aus jeweils verschiedenen Grundgesamtheiten stammen.

Die letzte Frage nach dem Unterschied des Bewegungswinkels in den drei untersuchten Grup-

pen ergab nach dem gleichen Verfahren wie oben sehr signifikante Unterschiede zwischen den Untrainierten und Turnern einerseits und den Untrainierten und Schwimmern andererseits, während zwischen Turnern und Schwimmern keine Unterschiede angenommen werden können:

	N	Bewegungswinkel			t - Test		
		$\bar{x}$	$s^2$	s	Untrain.	Turner	Schwim.
Untrainierte	79	42,627	83,509	9,197	/	7,981	7,162
Turner	41	29,315	58,644	7,753		1,424	1,192
Schwimmer	68	31,446	95,544	9,847		1,144	1,629
					F-Test ( $s_1^2/s_2^2$ )		

(kritische Werte:  $t = 2,62$  (1%) bzw.  $t = 1,98$  (5%) bei zweiseitiger Fragestellung und  $t = 2,36$  (1%) bzw.  $t = 1,66$  (5%) bei einseitiger Fragestellung)

## Interpretation der Ergebnisse

Mit Hilfe der Prüfstatistik konnte gezeigt werden, daß die Bewegungsfreiheit der Oberarme bezüglich des Rumpfes (= „Bewegungswinkel“) vom Grad der Krümmung der Schlüsselbeine (= „Schlüsselbeinwinkel“) abhängig ist. Mit anderen Worten: Die Form des Schlüsselbeines ist einer derjenigen Faktoren, die die Bewegungsfreiheit des Oberarmes in bezug zum Rumpf bestimmen. Begrenzt wird die Bewegung durch die dorsalwärts gerichtete S-Krümmung des Schlüsselbeines, welches offensichtlich bei einer Elevation und Rückwärtsrotation im Sternoclaviculargelenk durch die Masse des Halses und der Halsmuskulatur (Scalenus-Gruppe) in der Beweglichkeit eingeschränkt ist. Das heißt, je geringer die Krümmung des Schlüsselbeines ist, um so größer ist die Bewegungsfreiheit der Oberarme bezüglich des Rumpfes.

Bei einem linearen Ansatz drückt der ermittelte Korrelationskoeffizient  $r = -0,67$  die Stärke dieses Zusammenhanges in der Gruppe der Untrainierten aus. Durch den quadratischen Ansatz der Regressionsfunktion wird zusätzlich gezeigt, daß diese Abhängigkeit mit kleiner werdendem Schlüsselbeinwinkel ( $> 100^\circ$ ) deutlich wächst. Dies läßt vermuten, daß bei kleiner werdendem Schlüsselbeinwinkel die erwähnte Massenhemmung an Einfluß gewinnt.

Ein ebenfalls aus der Statistik entnommener Wert von 45% ( $r^2 = 0,449$ ; CLAUSS/EBNER, 1971, S. 112) repräsentiert den Anteil der Schlüsselbeinkrümmung an der Einschränkung der Bewegungsfreiheit. Es sind also noch andere, quantitativ noch nicht näher bestimmte Faktoren zu 55% mit verantwortlich für die Bewegungsbegrenzung. Einer dieser Parameter kann die knöcherne Hemmung zwischen Oberarm und Schulterdach sein.

Ein weiteres Indiz für den *determinierenden Einfluß der Schlüsselbeinform* ist in der Tatsache zu sehen, daß sich die drei Gruppen hinsichtlich der Größe des Schlüsselbeinwinkels sehr signifikant unterscheiden. Dabei ist der Schlüsselbeinwinkel der Gruppe der Turner mit einem Durchschnitt von  $115,3^\circ$  am größten, und zwar in keinem Falle kleiner als  $100^\circ$ . Dieser Minimalwert liegt noch über dem Durchschnittswert der Untrainierten von  $99,7^\circ$ . Hier – im *Geräteturnen* – übt offensichtlich die Schlüsselbeinkrümmung einen entscheidenden selektierenden, leistungsbestimmenden Einfluß aus. Außerdem scheint eine beschränkte Selektion bezüglich der anderen, nicht an die Schlüsselbeinform gebundenen bewegungseinschränkenden Faktoren zu wirken, so daß die

beim Untrainierten feststellbare Korrelation zwischen Schlüsselbeinwinkel und Bewegungswinkel in der Gruppe der Turner nicht besteht.

Letzteres muß besonders auch für die Gruppe der *Schwimmer* gelten, deren durchschnittlicher Schlüsselbeinwinkel niedriger liegt ( $108,3^\circ$ ) als bei den Turnern. Einer dieser bewegungsbestimmenden Einflußfaktoren wird sicherlich die Länge der Schultermuskulatur sein:

Da die im Geräteturnen spezifische Belastung der Schultermuskulatur (relativ lang anhaltende Kontraktionen in maximaler Intensität bei hohem isometrischem Anteil) bewirken wird, daß der Ruhetonus der Muskulatur einen für das *Geräteturnen* optimalen Wert nicht unterschreitet bzw. zwecks Vermeidung eines Leistungsverlustes nicht unterschreiten darf, ist einer Kompensation ungünstiger knöcherner Strukturen eine Grenze gesetzt.

Dies scheint für die Gruppe der *Schwimmer* nicht in gleichem Umfang zuzutreffen, da hier die selektierende Wirkung des Schlüsselbeinwinkels nicht (so deutlich) zu erkennen ist. Als Ursache könnte gelten, daß Schwimmer durch ein wesentlich intensiveres Dehnungstraining im Bereich des Schultergürtels die leistungsbegrenzende Wirkung einer stärkeren Schlüsselbeinkrümmung teilweise kompensieren können.

Wie zu erwarten war, ist der Bewegungswinkel der Turner einerseits und der Schwimmer andererseits sehr signifikant kleiner als derjenige der Untrainierten. Außerdem ist der Bewegungswinkel bei gleichem Schlüsselbeinwinkel in der Gruppe der Trainierten kleiner als in der Gruppe der Untrainierten, was aus dem auf dem 1%-Niveau gesicherten Unterschied der Regressionsfunktionen (s. vorn) deutlich wird. Das heißt, bei annähernd gleichem Schlüsselbeinwinkel in der Gruppe der Untrainierten und der Gruppe der Trainierten unterscheiden sich die Bewegungswinkel signifikant voneinander. Verantwortlich dafür sind gruppenspezifische Merkmale wie z. B. der Trainingszustand der Probanden oder die Selektion eines noch unentdeckten morphologischen Faktors.

## Konsequenzen

Das Ergebnis der Untersuchung zeigt, daß der Krümmungsgrad des Schlüsselbeines (hier wiedergegeben durch den Schlüsselbeinwinkel) eine leistungsbestimmende Einflußgröße zu denjenigen sportlichen Disziplinen darstellt, die auf eine gute Beweglichkeit des Oberarmes bezüglich des Rumpfes angewiesen sind. Da es sich in diesem Fall um eine knöcherne Struktur handelt, die sich relativ leicht diagnostizieren läßt, kann der *Krüm-*

*mungsgrad des Schlüsselbeines als ein Indikator für die Eignung zu den entsprechenden sportlichen Disziplinen* gelten. Dies scheint aus zwei Gründen besonders bedeutend:

1. Da sich der Krümmungsgrad des Schlüsselbeines im Laufe der körperlichen Entwicklung nicht ändern wird, kann schon in *früher Jugend* über eine *sportartspezifische Eignung* entschieden werden. Auf diese Weise können Trainingsbemühungen vermieden werden, deren Erfolg von vornherein begrenzt ist.

2. Selektionsmaßnahmen dieser Art helfen – speziell im Geräteturnen, wo eine verminderte Beweglichkeit im Schultergürtel durch verstärkte Dorsalflexion der Lendenwirbelsäule teilweise kompensiert werden kann (s. vorn) – *Schäden an der Lendenwirbelsäule zu verhüten* bzw. eine Verschlimmerung bestehender morphologischer Veränderungen zu vermeiden.

#### **Anmerkungen der Redaktion**

- <sup>1</sup> Anteversion = Verdrehung eines Skeletteils nach vorn  
<sup>2</sup> Retroversion = Rückschwingen eines Armes bzw. Beines  
<sup>3</sup> dorsal = rückwärts, hinten

<sup>4</sup> Elevation = Emporhebung, Anhebung

<sup>5</sup> Zirkumduktion = Bogenförmiges Herumführen eines Gliedes in einem Gelenk

<sup>6</sup> distal = Von der Rumpfmittle entfernt liegende Teile des Körpers.

#### **Literatur**

CLAUSS, G.; EBNER, H.: Grundlagen der Statistik für Psychologen, Pädagogen und Soziologen. Frankfurt/M. und Zürich 1971

RAUBER; KOPSCH: Lehrbuch und Atlas der Anatomie des Menschen. Bd. 1: Bewegungsapparat. Stuttgart 1968

SACHS, L.: Angewandte Statistik – Planung und Auswertung / Methoden und Modelle. Berlin 1974

SCHEFFÉ, H.: The Analysis of Variance. New York 1959

#### **Die Autoren**

*Dr. Klaus WIEMANN, geboren 1934; 1. und 2. Staatsexamen in Sport und Biologie; Promotion in Erziehungswissenschaften; Studienprofessor am Institut für Sportwissenschaft der Ruhr-Universität Bochum (Biomechanik).*

*Hans-Georg GIESBERT, geboren 1947; 1. Staatsexamen in Sport und Fertigungstechnik; Studienreferendar.*

*Anschrift der Verfasser: Stud. Prof. Dr. Klaus Wiemann, Waldstraße 4, 5820 Gevelsberg.*