

Larsen Christian: "3D-Anatomie-Sehen in der Praxis"; Krankengymnast, Mai 1999, 51(3), Pflaum, München, (18 Seiten)

### **Krankengymnastik - Zeitschrift für Physiotherapeuten**

**Redaktion: Antje Hüter-Becker, Neckargemünd - Sonderdruck 51. Jg. (3/1999) Seiten 577-600**

**© Richard Pflaum Verlag GmbH & Co. KG, Lazarettstraße 4, 80636 München**

Aus dem Medizinisch-therapeutischen Institut für Spiraldynamik® Privatklinik Bethanien, Zürich

### **3D-Anatomie-Sehen in der Praxis**

**Spiraldynamik - Schnittstelle zwischen Sportmedizin, Rehabilitation, Prävention und Training**

**Ch. Larsen**

#### **Zusammenfassung**

In Wort und Bild wird das Einmal-eins des 3D-Anatomie-Sehens vermittelt. »Techniksehen« oder »Bewegungsehen« ist die Fähigkeit, den idealen Bewegungsablauf und Abweichungen davon mit bloßem Auge zu erkennen eine in allen Sportarten angewandte und bewährte Form der Bewegungsanalyse. Anatomie-Sehen ist die Kunst, die anatomische Funktionalität eines Bewegungsablaufs blickdiagnostisch zu erfassen. Anlaufgeschwindigkeit, Timing und Abflugwinkel eines Absprungs können perfekt sein - trotz Innenrotationsfehlstellung des Kniegelenks im entscheidenden Moment! Konkret geht es beim 3D-Anatomie-Sehen um Belastungsachsen, Impulsübertragung und um das Prinzip von Rotation und Gegenrotation. Anatomie-Sehen ist heute ein unverzichtbarer Bestandteil sportmedizinischer Diagnostik und Therapie - von den optisch leicht zu beurteilenden Beinachsen bis zur anspruchsvollen 3D-Analyse raum-zeitlich komplexer Impulsübertragungen. Der große Nutzen für die physiotherapeutische Praxis leuchtet ein: Sie lernen akute Verletzungen und chronische Überlastungssymptome im Kontext individueller Bewegungsmuster zu verstehen und gezielt zu behandeln. Das eindrucksvolle Bildmaterial der Olympischen Sommerspiele in Atlanta zeigt Ihnen, wie.

**Schlüsselwörter:** Spiraldynamik - Sportmedizin - 3D-Anatomie - Anatomie-Sehen – Sportphysiotherapie - Bewegungstherapie – Bewegungstraining

#### **Summary**

##### **3D-Anatomical Vision in practice:**

**„Spiraldynamik“: the interface between Sport medicine, rehabilitation, prevention, and training** The ABC's of 3D-anatomical-vision are conveyed here by means of text and illustrations. „Technical-vision“ or „movement-vision“ is the ability to recognise an ideal movement pattern and deviations therefrom with the naked eye - a well-established form of movement analysis that is used in all types of sports. Anatomical-vision is the art of grasping the anatomical functionality of a movement pattern with a quick diagnostic glance. Run-up speed, timing, and angle of take-off of a jump can be perfect in spite of faulty internal rotation at the knee joint at the divisive moment! Concretely speaking, 3D-anatomical-vision is concerned with the axis of weightbearing, the transmission of impulses, and the principle of rotation and counter-rotation. Anatomical vision is an indispensable component of diagnosis and therapy in sports medicine today - including everything from the optically easy to-judge axis of the lower limb to the difficult 3D-analysis of the complex transmission of impulses in space and time. The immense benefit for the practising physiotherapist is dear: one learns both to understand and to treat. in a goal-oriented way. acute injuries and chronic overloading. in the context of individual movement patterns. Impressive illustrations from the Atlanta summer Olympics are used here to show how.

**Key words:** Spiraldynamik - sport medicine - 3D-anatomical vision -sport physiotherapy - movement therapy - movement training

#### **Résumé**

##### **Une Vision tridimensionnelle de l'anatomie et son utilisation pratique - la «Spiraldynamik»: l'interface entre le médecine sportive, la réadaptation, la prévention et l'entraînement**

Par le texte et par l'image, l'auteur s'emploie à transmettre le abc de la vision tridimensionnelle de l'anatomie. La «vision technique» ou «vision cinétique» est la faculté de voir à l'oeil nu le déroulement idéal du mouvement ainsi que les déviations. En effet, il s'agit d'une variété éprouvée de l'analyse cinétique qui est utilisée dans tous les sports. Voir l'anatomie est l'art de diagnostiquer à l'oeil nu si le déroulement d'un mouvement correspond à sa fonction anatomique. Lors d'un saut, la vitesse de départ, le timing et l'angle d'envol peuvent être parfaits même si - au moment crucial - l'articulation du genou est tournée vers l'intérieur. En fait, la vision tridimensionnelle de l'anatomie s'occupe des axes de charge, de la transmission d'impulsions ainsi que du principe de rotation et contre-rotation. Aujourd'hui, voir l'anatomie fait partie intégrante du diagnostic et de la thérapie en médecine

sportive, qu'il s'agisse simplement de déterminer les axes jambiers ou d'analyser de façon tridimensionnelle la transmission d'impulsions ca tenant compte de la complexité du faveur espace-temps qui y est associée. En ce qui concerne la pratique physiothérapeutique, l'utilité indéniable de ce concept saute aux yeux: Il vous permet de comprendre et de traiter de façon appropriée des lésions aiguës et des surcharges chroniques dans le cadre des schémas cinétiques individuels. L'abondance d'images impressionnantes prises lors des jeux olympiques d'été à Atlanta est là pour vous y aider.

**Mots-clés:** Spiraldynamik - médecine sportive - vision tridimensionnelle de l'anatomie - physiothérapie sportive - kinésithérapie - entraînement du mouvement

### **Die Hälfte der Weltbevölkerung verfolgt gebannt die Olympischen Sommerspiele am Bildschirm: Zahlen, Fakten und Hintergründe zum weltweit inszenierten Kräftemessen**

Die letzten Olympischen Spiele: Atlanta, 26. Juli bis 4. August 1996. Erstmals seit fünfzig Jahren haben alle eingeladenen Nationen an den Sommerspielen teilgenommen - Wasser auf die Mühlen der olympischen Idee. Erstmals kein Boykott! Selbst Palästina als Kleinnation in spe war mit zwei Athleten vertreten und erhoffte sich durch die Teilnahme politischen Aufwind für das Land. Zehntausend Athleten - Frauen und Männer aus 197 Nationen - kämpften um Gold, Silber und Bronze. 271 verschiedene Disziplinen wurden ausgetragen. Der olympische Großanlaß in Atlanta erreichte nie gekannte Ausmaße.

Zu den 10000 Athleten und Athletinnen - so viele Aktive sind zu den Sommerspielen zugelassen - kamen 5000 Journalisten, 10000 Angestellte und etwa 40000 freiwillige Helfer. Zusammen mit den Zuschauern insgesamt eine halbe Million Menschen, zusammengepfercht auf einem Areal der Größe eines mittleren Universitätsgeländes.

Atlanta 1996 stellte alles bisher Dagewesene in den Schatten:

Die Fernsehrechte kommen für knapp eine Milliarde US Dollar (!) unter den Hammer. Es wurden mehr Tickets als in Barcelona und Seoul zusammen (11 Millionen Tickets!) verkauft. »Doppelt so groß wie die Spiele von 1984 in Los Angeles« war das erklärte Ziele von Billy Payne, dem Initiator und Hauptverantwortlichen von Atlanta. Und so kam es. Entsprechend groß war der logistisch-organisatorische Aufwand. Das 1,6-Milliarden-Dollar-Budget machte Atlanta für einen Monat zu einer der umsatzstärksten Unternehmungen der Welt. Ein aufwendiges Meß- und Kommunikationssystem war notwendig, um die sportlichen Höchstleistungen vor Ort auswerten zu können. Hundert Tonnen Material und sechzig Kilometer Kabel wurden verlegt. Die Olympischen Spiele gingen per Satelliten-TV um die ganze Welt. Mehr als drei Milliarden Menschen verfolgten nach offiziellen Schätzungen die Spiele zu Hause am Bildschirm.

### **Die Leistungsdichte der Weltspitze zwingt zu Professionalität und Innovation: Athleten und Nationen sind betroffen**

Eine tausendstel Sekunde entscheidet über Triumph oder Niederlage: Gail Devers, die schnellste Frau der Welt, schiebt sich fünf Zentimeter vor ihrer Langzeitkonkurrentin Merlene Ottey über die Ziellinie. Ersehnter Traum vom olympischen Gold für die eine, ein Alptraum aus Millisekunden für die andere. Was nützt da ein paar Wochen später die erfolgreiche Revanche in Zürich mit umgekehrter Medaillenfolge? Olympisches Gold wiegt schwerer. Sieg und Niederlage lagen schon immer nahe beieinander. 1948 in London beispielsweise stellten gleich zwei Gewichtheber aus Ägypten - Ibrabim Shams und Appia Hamouda - mit je 360 kg einen neuen Olympiarekord im Stoßen auf. Schließlich wurde Shams die Goldmedaille zugesprochen - wegen seines um 25 Gramm geringeren Körpergewichts! 25 Gramm Unterschied zwischen den Schwergewichten entschied über das olympische Gold!

Die Leistungsdichte der Weltspitze hat heute enorme Ausmaße erreicht. Im Kopf-an-Kopf-Rennen um den Titel als schnellster Mann der Welt warteten schon vor Beginn der Spiele sechs Sprinter mit persönlichen Jahresbestzeiten unter zehn Sekunden für die 100 Meter auf. Der Sieger Donovan Bailey stellte mit 9,84 Sekunden erwartungsgemäß einen neuen Weltrekord auf, mit einer Spitzengeschwindigkeit von über 12 Meter pro Sekunde. Das sind umgerechnet an die 40 Stundenkilometer - eine für den Menschen phänomenale Sprintleistung. Im Straßenverkehr würde Donovan spielend jedes Kleinmotorrad überholen. Auf Wohnstraßen müßte er sich schon bald vor Radarkontrollen in ach nehmen.

### **Doping - die verbotene Hintertüre. Die Grenzen der biologischen Belastbarkeit des menschlichen Körpers verleiten zum Griff in die pharmakologische Trickkiste**

Pharmakologische Hilfsmittel zur Leistungssteigerung werden systematisch eingesetzt - trotz der großen gesundheitlichen Risiken, trotz aller Verbote und trotz aller Skandale. Das Doping lockt nach wie vor so manchen ehrgeizigen Sportler und seine Entourage auf den trügerischen Weg zum Siegerpodest. Was halten Sie persönlich davon? Vom Wettrüsten der großen Sportnationen? Vom global inszenierten Kampf ums olympische Gold? Von der undurchsichtigen Verwicklung von Sport, Politik und Kommerz? Wo verläuft für Sie die

ethische Grenze zwischen legitimer Selektion des Stärkeren und unmenschlichem Verschleiß, bei dem junge Menschen gleich reihenweise auf der Strecke bleiben - nicht selten mit irreparablen Schäden an ihrer Gesundheit? Die Reaktionen sind meist ambivalent: Freude und Identifikation, wenn Sportler aus dem eigenen Land mit Medaillen und Rekorden nach Hause zurückkehren; Wellen der Entrüstung, wenn Athleten des Dopings überführt werden; Mitleid und Anteilnahme, wenn Athleten mitten auf der Tartanbahn verletzt zu Boden sinken; Betroffenheit, wenn unmenschliche Trainingsmethoden ans Licht der Öffentlichkeit gelangen; Verunsicherung und Ehrgeiz, wenn es ums eigene Kind geht.

### **Systematische Talentsuche und modernste Leistungsprognostik bestimmen heute das Wettrüsten der Nationen ums olympische Gold**

Wer heute in den Medaillenrängen mitmischen will - mit oder ohne Doping - wird automatisch mit den biologischen Grenzen menschlicher Leistungsfähigkeit konfrontiert. Spitzenleistungen auf olympischem Niveau werden heute nicht mehr dem Zufall überlassen. Wissenschaftlich abgestützte Leistungsprognose und Trainingssteuerung ebnen den Weg zum Erfolg. Hinter dem Begriff Leistungsprognose versteckt sich ein ausgeklügeltes diagnostisches System zur möglichst frühzeitigen Erfassung der maximal möglichen Leistungsfähigkeit eines Athleten. Die individuelle Eignung für eine bestimmte Sportart wird von A bis Z untersucht. Vorhandenes Potential soll treffsicher erfaßt und gezielt gefördert werden. Bei der Talentsuche wird wenig dem Zufall überlassen. Die großen Sportnationen, beispielsweise ehemals die DDR oder heute noch China durchforsten systematisch ihr Land nach Nachwuchs. In nationalen Trainingszentren werden die vielversprechenden Talente ausgebildet. Herangezuchtet ist in vielen Fällen das treffende Wort: Vierzig Stunden hartes Training pro Woche sind in olympischen Kaderschmieden ein normales Pensum - ein tiefer Eingriff in das Leben eines Teenagers. Und manchmal, etwa im Kunstturnen der Frauen oder in der rhythmischen Sportgymnastik, sind es blutjunge Mädchen, die auf dem olympischen Podest mit Medaillen gekürt werden - und mit schweren gesundheitlichen Schäden für den zu frühen Ruhm bezahlen.

### **Im wissenschaftlich gestützten Leistungsaufbau werden Kondition, Technik und Taktik interaktiv miteinander verknüpft**

Der Begriff Kondition umfaßt alle leistungsbestimmenden physischen Faktoren wie Reaktionsvermögen, Schnellkraft, Maximaikraft, Ausdauer und Flexibilität. Unter Bewegungstechnik verstehen wir die Beherrschung des idealen Bewegungsablaufs. Die Wettkampf- oder Spieltaktik bezieht sich auf die sportspezifische Fähigkeit, sich im Sinne des eigenen Vorteils optimal auf den Gegner beziehungsweise auf die Situation einstellen zu können. Hier kommen Erfahrungswissen, Mentaltraining, Risikoabschätzung und der gekonnte Umgang mit dem Unberechenbaren zum Zug - alles Kernelemente einer guten sportpsychologischen Betreuung.

Die Optimierung von Kondition und Bewegungstechnik ist die Domäne der Sportwissenschaft und der Medizin. Fast alles läßt sich heute messen und berechnen. Der Ruderer von heute beispielsweise trainiert mit einem kleinen Computer an Bord. Kraftsensoren messen die physikalischen Kräfte am Ruder und am Stembrett. Mittels PC können die Resultate online und onbourn ausgewertet werden. Der Ruderer kann dank des visuellen Feedbacks seine Leistung auf dem Bildschirm direkt mit verfolgen und seine Bewegungstechnik Schlag für Schlag der Idealkurve anpassen. Selbstverständlich werden die Daten drahtlos auf den PC des Trainers übertragen, damit dieser den Trainingsablauf und den Leistungsaufbau gleich mit verfolgen und auswerten kann. Die anatomische Koordination des Bewegungsablaufs hingegen bleibt dem Bordcomputer und meistens auch dem Ruderer und dem Trainer verborgen.

### **Rund die Hälfte aller Athleten leidet an akuten Verletzungen, chronischen Überlastungsschäden und Langzeitfolgen**

Der Körper ist des Sportlers wichtigstes Kapital. Sein einwandfreies Funktionieren ist Voraussetzung für Siege und Rekorde. Steigt er aus, läuft gar nichts mehr - im wahren Sinn des Wortes. Etwa die Hälfte aller Athleten und Athletinnen der Weltklasse laborieren an akuten oder chronischen Verletzungen herum. Viele Spitzenathleten leiden nach Beendigung ihrer sportlichen Karriere an gesundheitlichen Schäden und deren Langzeitfolgen. Ungezählte hoffnungsvolle Karrieren werden durch akute Verletzungen und chronische Überlastung vorzeitig beendet. Ausnahmekönner wie Carl Lewis, der bei vier Olympischen Sommerspielen (1984 bis 1996) zehn Medaillen gewann, neun davon aus Gold, sind eine Rarität, Ausnahmen, die die Regel bestätigen. Wenn Carl Lewis Anlauf holt, um sich in Atlanta zum vierten Mal in Serie die Goldmedaille im Weitsprung zu sichern, katapultiert er sich mit enormer Muskelkraft achteinhalb Meter durch die Luft. Die anatomischen Strukturen werden dabei auf Biegen und Brechen beansprucht. Die Achillessehne beispielsweise wird bei einem Weitsprung von 8,50 Meter mit etwa 15000 Newton zugbelastet. Dies entspricht dem Gewicht von eineinhalb Tonnen! Hochdynamische Sportarten führen zu extrem hohen Belastungsspitzen. Wen wundert's, daß Achillessehne und Sprunggelenk zu den Spitzenreitern der chronisch überforderten und verletzungsanfälligen Strukturen gehören.

### **Anatomisch richtiges Bewegungsverhalten ist entscheidend für die langfristige Leistungsfähigkeit des**

## **Körpers**

Bereits beim gemütlichen Joggen wird das Sprunggelenk mit einem Mehrfachen des Körpergewichts belastet. Erhebliche Druck- und Zugkräfte wirken in unmittelbarer Nachbarschaft und in ultrakurzem Wechselspiel zueinander, als ob das Gewicht einiger Hundert Kilos mal eben die Sprungbeinrolle zermalmen möchte, um kurz darauf mit gleicher Intensität an der Achillessehne zu zerran. Mit biomechanischer Präzision und statistischer Zuverlässigkeit führen bereits geringfügige Achsenabweichungen zu ernsthaften Problemen: Akute Verletzungsgefahr und chronische Überlastungsschäden sind programmiert. Dies gilt nicht nur für den Spitzensport. Bereits alltägliches Stehen, Gehen, Treppensteigen und Laufen genügen vollauf, um die verhängnisvolle Kette Achsenabweichung, Fehlbelastung, Überbeanspruchung, Verschleiß, Symptome in Gang zu bringen. Gewohnheitsmäßige Fehlbelastung, auch geringen Ausmaßes, führt im Verlaufe der Jahre und Jahrzehnte zu einseitiger und vorzeitiger Abnutzung. Manches chronische Fuß-, Knie- oder Hüftproblem wäre durch eine achsengerechte Belastung vermeidbar. Mit anderen Worten: Eine anatomisch-funktionell richtige Belastung ist entscheidend für den Synergismus von Leistung und Gesundheit - im Sport wie im Alltag. Darin sind sich die Fachleute aller Disziplinen und Ausrichtungen grundsätzlich einig.

### **»3D-Anatomie-Sehen« gemäß spiraldynamischem Bewegungs- und Therapiekonzept schließt die Lücke zwischen Leistung und Gesundheit**

Das Bewegungssystem ist des Sportlers wichtigstes Kapital und sein größtes Potential! Was liegt näher, als diesem Kapital größtmögliche Sorgfalt angedeihen zu lassen? Es lebt ja nicht nur der Athlet, sondern sein ganzes Umfeld davon. Zumindest Spitzensportler, so könnte man meinen, kommen automatisch in den Genuß der bestmöglichen Prävention. Jeder Olympia-Crack verfügt über ein ganzes Heer von sportmedizinischen, physiotherapeutischen und trainingswissenschaftlichen Betreuern. Es mangelt meist nicht an Meßgeräten, nicht am guten Willen des Betreuerstabs, auch nicht an der Einsicht der Athleten. Die personellen und finanziellen Mittel sind meist vorhanden. Das fehlende Bindeglied zwischen Sport und Gesundheit ist anderer Natur! Es fehlt eine anwenderfreundliche Brücke zwischen sportspezifischer Bewegungsanforderung und zugrundeliegender anatomischer Koordination. Diese Lücke zu schließen ist das Anliegen der 3D-Blickdiagnostik gemäß spiraldynamischem Bewegungs- und Therapiekonzept - kurz »Anatomie-Sehen«. Um es gleich vorwegzunehmen: Das Lehrbuchwissen der deskriptiven Anatomie ist gegeben. Da gibt es nicht viel zu rütteln, da kochen alle mit demselben Wasser. Beim »3D-Anatomie-Sehen« geht um eine funktionelle Gesamtsicht der 3D-Dynamik, um eine teilweise Neuinterpretation der funktionellen Lehrbuch-Anatomie und um innovative Wege, dieses anatomische »Know-how« konkret in die sportmedizinische Praxis umzusetzen.

### **Die instrumentierte Bewegungsanalyse umfaßt biomechanische, physikalische und elektrophysiologische Meßverfahren: Zahlen, Zeiten, Kräfte und harte Fakten**

#### **Kriterien der Bewegungsanalyse**

1. Quantitativ meßbare Bewegungsmerkmale:

- Biomechanische Analysen: Winkel, Frequenz, Geschwindigkeit, Beschleunigung
- Physikalische Analysen: Kraft, Impuls, Drehmoment
- Funktionelle Analysen: EMG, Druckmessungen in vivo.

2. Qualitativ sichtbare Bewegungsmerkmale:

- Techniksehen: Gleichgewicht, Rhythmus, Präzision, Bewegungsfluß, Timing
- Anatomie-Sehen: Belastungsachsen, Drehrichtungen, Impulsübertragung.

**Biomechanische und physikalische Verfahren** geben exakt Auskunft über Schrittlänge, Dauer der Beschleunigungsphase. Veränderung wichtiger Gelenkwinkel, Absprungwinkel, Flugbahn des Körperschwerpunkts usw. Zudem können mittels Drucksensoren muskuläre Brems- und Beschleunigungskräfte, Kraft- und Drehmomente, Schwer- und Fliehkkräfte aufgezeichnet werden. Die gemessenen Werte lassen sich mit den Daten leistungsstärkerer Sportler vergleichen. So können leistungsentscheidende Parameter definiert und im Techniktraining gezielt angegangen werden. Im Falle des Weitsprungs beispielsweise sind genügend hohe horizontale Anlaufgeschwindigkeit, ausreichende Vertikalbeschleunigung im Moment des Absprungs sowie ein genügend steiler Abflugwinkel die entscheidenden Leistungsmerkmale.

**Anatomisch-funktionelle Analysen** sind in der Regel muskelphysiologische Untersuchungen. Mittels EMG werden Beginn, Dauer, Art und Reihenfolge der verschiedenen Muskelkontraktionen erfaßt. Während der Absprungsphase - definiert als Zeitspanne des Fußkontakts auf dem Ballen - muß die Streckkette der Beinmuskulatur zunächst exzentrisch bremsend vorgedehnt werden, um sich anschließend kraftvoll kontrahieren zu können. Das EMG gibt Aufschluß über den zeitlichen Ablauf dieser im Weitsprung alles entscheidenden Streckbewegung des Beins. Der große Gesäßmuskel, der stärkste Muskel des menschlichen Körpers, besitzt genügend Kraft, um bereits kurz nach dem Aufsetzen des Sprungbeins eine hüftstreckende Kontraktion einleiten

zu können. Die Quadrizepsmuskulatur wird zeitlich länger vorgedehnt, bevor sie sich zusammenzieht und das Knie streckt. Der Wadenmuskel als drehpunktnahe Streckmuskel bleibt am längsten exzentrisch vorgespannt, um sich im letzten Moment kraftvoll zu kontrahieren, unterstützt vom M. peroneus longus, der ganz am Schluß den optimalen Abdruck des Großzehenballens gewährleistet.

### **»Technik-Sehen« und »Anatomie-Sehen« - das geschulte Auge erkennt die entscheidenden Qualitätsmerkmale eines Bewegungsablaufs**

»Technik-Sehen«. Das scharfe Auge des Trainers gliedert den Bewegungsablauf in einzelne Phasen. Beim Weitsprung beispielsweise unterscheiden wir vier Phasen: Anlauf, Absprung, Flug und Landung. Jede Phase weist ganz bestimmte Leistungsmerkmale und Bewertungskriterien auf, anhand derer das geschulte Auge die technische Qualität des Bewegungsablaufs abschätzen kann. Dieses sogenannte Technik-Sehen gehört aus naheliegenden Gründen zu den geläufigsten und weitestverbreiteten Analyseverfahren der Praxis. Es ist nahezu überall und jederzeit anwendbar, kommt ohne aufwendige Apparate aus und ist deshalb kostengünstig. Jeder Sportstudent wird in die Kunst des Technik-Sehens eingeweiht. Schnelligkeit und Komplexität der Bewegungsabläufe überfordern das ungeübte Auge zunächst. Zeitlupenaufnahmen, Standbilder und Reihenaufnahmen bieten eine ideale Einstiegsmöglichkeit, um das Auge mit der Raum-Zeit-Geometrie von Bewegungsabläufen vertraut zu machen. Mit etwas Übung lassen sich die Kriterien zur Beurteilung der wesentlichen Bewegungsmerkmale erlernen.

Genau gleich beim »Anatomie-Sehen«. Das menschliche Auge analysiert, wie sich der menschliche Körper während eines Bewegungsablaufs anatomisch organisiert. Das geschulte Auge erkennt, ob das Fersenbein im entscheidenden Moment in eine Valgusstellung einknickt; ob die Schulter während einer Schlagwurfbewegung Subluxationstendenz aufweist; ob die Wurfkraft im ganzen Körper generiert oder als verletzungsgefährdende Reißbewegung nur aus dem Schultergelenk kommt usw.

### **Das 3D-anatomisch begründete Techniktraining - die Wiederentdeckung des Selbstverständlichen in der Sportmedizin**

»Technik-Sehen« und »Anatomie-Sehen« werden kombiniert angewandt. Das Auge verfolgt die raumzeitlichen Merkmale des Bewegungsablaufs und analysiert gleichzeitig das Geschehen im Innern des Körpers. »Technik-Sehen« erfaßt die Raum-Zeit-Geometrie des Bewegungsablaufs, »Anatomie-Sehen« jene des Bewegungssystems. Ein praktisches Beispiel: Ein perfekter Absprungwinkel mit hoher Anlaufgeschwindigkeit, idealem Absprungwinkel und perfektem Timing ist technisch gesehen unantastbar. Kommt dieser Sprung mit einer Innenrotationsfehlstellung im Kniegelenk zustande, gilt er aus anatomisch-funktioneller Sicht als unbefriedigend. Die Sprungkraft des Beins wird nicht optimal genutzt, die Verletzungsgefahr ist erhöht, und chronische Überlastungssymptome am medialen Meniskus sind programmiert. Technische Merkmale und anatomische Struktur ergänzen sich gegenseitig und bilden die Basis der 3D-Bewegungsanalyse. Die konsequente Berücksichtigung des anatomischen Zustandekommens einer Bewegungstechnik ist vorteilhaft: Muskuläre Effizienz und Bewegungsökonomie - um nur zwei der leistungsbestimmenden Parameter zu erwähnen - erfolgen in direkter Abhängigkeit zur anatomischen Koordination. Die Beinmuskulatur ist bei unverdrehter Beinachse leistungsfähiger. Für die Prävention akuter und chronischer Verletzungen gilt dasselbe: Durch die Innenrotationsfehlstellung im Kniegelenk nimmt der relative Wirkungsgrad des M. vastus medialis ab, die Patella wird ungenügend nach medial stabilisiert. Mit anderen Worten: Therapie und Training haben eine gemeinsame verbindliche Grundlage - die 3D-Anatomie. Die intramuskuläre Balance des M. quadriceps femoris ist entscheidend im Sporttraining wie in der Sporttherapie. Der wesentliche Unterschied von Therapie und Training liegt in der Dosis - nicht im Prinzip.

### **3D bedeutet nicht drei Richtungen, sondern die optimale Kombination aus zwölf grundsätzlich möglichen Bewegungsrichtungen**

Dreidimensionale Lageveränderung entlang der drei Raumachsen (3D-Translokation) und dreidimensionale Drehbewegungen um die drei Raumachsen (3D-Rotation) stellen die grundsätzlich möglichen, räumlichen Dimensionen jeder Bewegung dar. Der Raum besitzt insgesamt zwölf Freiheitsgrade. Das Schultergelenk beispielsweise ist ein muskelgesichertes Kugelgelenk mit schlaffen Kapselbändern und nur andeutungsweise ausgebildeter Gelenkpfanne. Dies ermöglicht dem Humeruskopf einen erheblichen dreidimensionalen Bewegungsspielraum. Die Knochenkugel kann sich in zwölf grundsätzliche Richtungen bewegen. Der Humeruskopf kann im Gelenk nach oben und unten, nach vorne und nach hinten gleiten (2D-Translation). Zudem kann sie sich der Pfanne nähern beziehungsweise sich von ihr entfernen (Kompression/Traktion). Diese sechs Bewegungsmöglichkeiten finden im Zentimeterbereich statt. Die Zentrierung des Humeruskopfs ist entscheidend für Leistungsfähigkeit und Wohlergehen des Schultergelenks. Hinzu kommen die sechs gewohnten rotatorischen Bewegungsrichtungen des Arms im Schultergelenk: Flexion und Extension, Adduktion und Abduktion sowie Innen- und Außenrotation. 3D-Rotation und 3D-Translokation entsprechend den drei Raumachsen ergibt zwölf grundsätzliche Bewegungsrichtungen im Schultergelenk.

### **Einverstanden: ein Bandwurm aus lateinischen Hieroglyphen! Und trotzdem: die Beschreibung ist anatomisch korrekt und funktionell relevant**

Komplexbewegungen des Schultergelenks setzen sich räumlich aus zwölf grundsätzlich möglichen Komponenten zusammen. Das Verhältnis der räumlichen Komponenten zueinander folgt definierbaren anatomisch-funktionellen Gesetzmäßigkeiten. Lesen Sie - mit Sinn für Humor - die statische und rein qualitative 3D-Beschreibung des Schultergelenks bei erhobenen Armen, beispielsweise zum Abfangen eines Volleyschmeters:

»Humerus in Flexion-Abduktion -Innenrotation Stellung (3D-Rotationsstellung des Humeruskopfs)... Posteroinferiore Translation des Humeruskopfs bei relativer Dekompression (3D-Zentrierung des Humeruskopfs)... Postero laterale Deszension der Skapula (3D-Positionierung der Skapula)... Die 3D-Rotation der Skapula sieht so aus:

tendenzielle Annäherung der Skapulaebene an die Frontalebene (Rotation um Transversalebene und um die Longitudinalachse) bei gleichzeitiger Stabilisierung des medialen Skapularands parallel zur Wirbelsäule (Drehung um die Sagittalachse)...

Einverstanden: ein endloser Bandwurm. Und trotzdem: Die Beschreibung ist anatomisch korrekt und funktionell relevant. Reaktionsgeschwindigkeit und Handlungspräzision der Arme hängen entscheidend von der Platzierung der Schultern und von der Zentrierung der Schultergelenke ab. Stellen Sie sich vor, welches tragische Schicksal den lateinischen Hieroglyphenbandwurm ereilt, wenn sich der Arm rasch bewegt, der Spieler ein paar Schritte läuft, sich leicht abdreht, mit einem gewaltigen Sprung in die Luft hechtet, um den Ball im Flug zu erwischen.

### **Aufrichtung und alternierende Verschraubung der Wirbelsäule nach links und rechts sind funktionelle Kennzeichen der gesunden Wirbelsäule**

Damit »Anatomie-Sehen« in der Dynamik von praktischem Nutzen ist, müssen komplexe Bewegungsabläufe auf funktionell wesentliche und gut sichtbare Merkmale reduziert werden! Belastungsachsen, Drehrichtungen und Impulsübertragung stehen an erster Stelle. Hierzu ein Beispiel: Die Brustwirbelsäule verfügt, bedingt durch die Stellung der kleinen Wirbelgelenke, über ein beträchtliches Drehvermögen. 50 Grad Rotation nach links und nach rechts ist für eine bewegliche Brustwirbelsäule kein Problem - vorausgesetzt, der Brustkorb ist ebenfalls beweglich. Bei Kindern finden wir eine thorakale Beweglichkeit in dieser Größenordnung. Erwachsene - auch die Mehrzahl der Sportler - haben diese plastische Mobilität des Thorax weitgehend verloren! Dem Erwachsenenenddurchschnitt angepaßt sind die Normwerte im Lehrbuch. Die Angaben für das axiale Drehvermögen der Brustwirbelsäule schwanken um 30 Grad (Kapandji). Mit anderen Worten: Der statistische Durchschnitt entspricht etwa der Hälfte des Potentials. Und das hat Konsequenzen für den funktionellen Gebrauch der Wirbelsäule: Die fehlende Hälfte muß kompensiert werden. Das thorakale Rotationsdefizit muß durch die angrenzenden Wirbelsäulenabschnitte ersetzt werden. Die Lendenwirbelsäule ist besonders betroffen. Sie ist gelenkanatomisch denkbar schlecht dafür geeignet. Wird sie trotzdem durch ungünstige Bewegungsgewohnheiten wiederholt zu intensiven Rotationsbewegungen gezwungen, insbesondere in Kombination mit axialer Druckbelastung und Hyperlordosierung, so lassen die negativen Konsequenzen nicht auf sich warten.

### **Das Kreuz mit dem Kreuz: Diskopathie und Instabilität der LWS sind Zeichen eines chronischen Fehlgebrauchs - Thorax und Hüftgelenke sind mitverantwortlich**

Gesellt sich zum immobilen Thorax noch ein funktionelles Streckdefizit der Hüftbeugemuskulatur, muß die Lendenwirbelsäule zum zweiten Mal einspringen und fehlende Beweglichkeit ausbügeln. Die kompensatorische Hyperlordose der LWS wird bei der Fortbewegung erzwungen - Schritt für Schritt und Tag für Tag. Damit ist das biomechanische Desaster komplett: Die lumbalen Fazettengelenke werden unphysiologisch komprimiert; die Spitzen der Gelenkfortsätze bohren sich schmerzhaft in den darunterliegenden Wirbelbogen; die Gelenksicherung durch Bandführung ist bei Hyperlordose weitgehend ausgeschaltet. Kommen forcierte lumbale Rotation und axiale Druckbelastung hinzu, braucht es nicht mehr viel Phantasie, um sich die Konsequenzen auszumalen. Das pathomechanische Szenario wird rasch zur schmerzhaften Realität: Bandscheibendegeneration, Spondylolyse und Spondylolisthesis sind klassische Folgeerscheinungen des chronischen Fehlgebrauchs. Und dieser ist im Sport weitverbreitet: Gewichtheber, Judokas, Kugelstoßer, Speerwerfer und Akrobaten weisen in bis zu 40% (!) Wirbelbogendefekte auf. Im Klartext ist das fast jeder zweite! Die axialen Belastungskräfte erreichen in diesen Sportarten ohnehin die Grenzen des biologisch Verträglichen. Optimale Ausrichtung und differenzierte Stabilisierung des Rückgrats werden im Training oft sträflich vernachlässigt. Die Unterlassungssünden des Trainings müssen dann therapeutisch ausgebügelt werden.

### **Ein geschliffene Gewohnheiten zu ändern ist keine leichte Sache - Der Patient braucht Einsicht und Motivation, der Therapeut Weitsicht und Geduld**

Therapie, Rehabilitation und Prävention komplexer Probleme lassen sich nicht, wie oft suggeriert, auf einen primitiven Nenner reduzieren. Sitzball-Fieber, Negativlisten mit verbotenen Übungen oder die pauschale

Hohlkreuz-Empfehlung für alles - vom Keilkissen bis zur hyperlordosierten Staubsaugerei. Nein, so geht es nicht! Die Pathomechanik ist ein Prozeß - langfristig und komplex. Dies erfordert ein differenziertes, mehrstufiges und langfristiges Vorgehen. Die beste Therapie, die ich kenne heißt »funktionelles Bewegungsverhalten in Eigenverantwortung«. Egal ob postoperative Behandlung nach Diskusprolaps oder präventiv-medizinische Instruktion zur Verhinderung eines solchen, anatomisch richtige Bewegungen können immer und überall geübt werden. Das Gehen beispielsweise bietet in idealer Weise Gelegenheit, die 3D-Mobilität des Brustkorbs und die volle Extension der Hüftgelenke zu entwickeln. Was wir bei Schwarzen als lockeren und ästhetischen Laufstil bewundern, hängt mit dem freien Fluß von Bewegungsimpulsen durch den Körper zusammen. Hierfür sind die umfassende Beweglichkeit des Brustkorbs und die volle Extension der Hüftgelenke Voraussetzung. Und bei uns: Viele weiße Läuferinnen und Läufer wirken vergleichsweise verkrampft.

### **Hüftextension und 3D- Torsion der Wirbelsäule sind Paradebeispiele für den konkreten und langfristigen Nutzen anatomisch richtiger Bewegungsgewohnheiten**

Die spiraleige Verschraubung der Wirbelsäule - entstanden im Verlaufe der Jahrtausenden menschlicher Evolution - ist Voraussetzung für die Fortbewegung auf zwei Beinen. Ohne sie würden wir immer noch wie die Menschenaffen, unsere nächsten lebenden Verwandten, im Paßgang durch die Landschaft trotten. Menschenaffen verfügen zwar, ähnlich wie wir Menschen, über ein internes und ein externes Muskelschrägsystem. Funktionell jedoch sind Menschenaffen unfähig, beim Laufen das Becken gegen den Oberkörper zu verschrauben. Der Homo sapiens hat die Fähigkeit der alternierenden Links-Rechts-Verschraubung aus evolutionsgeschichtlicher Perspektive gerade erst entwickelt. Beherrscht ein Mensch diese Grundbewegung, kann er sie bei allen Bewegungsabläufen, die auf demselben Prinzip beruhen, nutzen. Laufen und Kraulschwimmen sind naheliegende Beispiele. Schlag- und Wurfbewegungen beruhen auf demselben Prinzip: die Rumpfmuskulatur besteht überwiegend aus schräg verlaufenden Muskelzügen; beim Ausholen wird die Gesamtheit der diagonalen Fasern exzentrisch vorgedehnt, um im entscheidenden Moment maximale Kraftentfaltung zu erzeugen. Ob Diskus, Langlauf oder Kunstturnen, ob Sprint, Kajak oder Fechten, ob Tennis, Golf oder Marathon - an der 3D-Torsion des Stammes führt kein Weg vorbei.

### **Biochemie - die Bewegung bestimmt den Sauerstoffbedarfs Biomechanik - die 3D-Bewegungskoordination bestimmt die Atemmechanik**

Die Entfaltung der Lungenbasis ist beim Laufen an die Beckenbewegung gekoppelt: Im Lendenbereich besitzt die Lunge ihre größte Kapazität. Die Atmung findet während des Laufens abwechselungsweise dorsobasal statt. Auf der Standbeinseite bewegen sich die unteren Rippen koordinierterweise mit der Reckenschaufel nach hinten-unten. Flanke und Lendenbereich werden hier maximal geöffnet, die Rippen weit gestellt, das Zwerchfell und der untere Lungenflügel voll entfaltet. Die optimale Ventilation der Lungenbasis wird durch einen dreidimensional koordinierten Bewegungsablauf unterstützt. Wer konstant im Hohlkreuz durch schöne Naturlandschaften joggt, macht das subtile Zusammenspiel von Atmung und Bewegung zunichte. Die Beckenbewegung ist im besten Fall noch zweidimensional koordiniert. Eine Dimension ist verkehrt: Die Hohlkreuzhaltung kompromittiert die Lungenbasis, der Läufer wird im Sinne des Wortes von seinen Atemreserven abgeschnitten. Die Atmung wird zwangsläufig flacher und anstrengender - das Schachmatt für jede Ausdauerleistung.

### **Die Bewegungsanalyse der Weltelite zeigt eine große Vielfalt - Umfangreiches Videomaterial wurde gesichtet, die aussagekräftigsten Bilder ausgewählt**

Bewegte Bilder gibt es im Film. Video-Standbilder sind Momentaufnahmen und zeigen einen Ausschnitt aus einem Bewegungsablauf. Für das Anatomie-Sehen sind Live-Beobachtung oder Videoaufnahmen erforderlich. Das Autorenteam hat das umfangreiche Fernsehmaterial der Olympischen Sommerspiele von Atlanta gesichtet und ausgewertet. Oft konnte derselbe Bewegungsablauf dank verschiedener Kameras aus unterschiedlicher Perspektive beobachtet werden. Die entscheidenden Phasen der Bewegung wurden in Zeitlupe oder Einzelbildschaltung analysiert. Das aussagekräftigste Bild wurde genommen und als Videostandbild ausgedruckt. Videoeinzelbilder sind - im Gegensatz zum Film - »Halbbilder«: je zwei Halbbilder ergeben ein ganzes Bild. Daraus ergibt sich die relative Unschärfe der Video-Standbilder.

Die Aussagekraft wurde - unabhängig von erzielter Leistung, Bekanntheitsgrad oder Herkunftsland des Athleten + nach fünf Kriterien beurteilt:

- + Qualität der anatomischen Koordination bzw. Grad der Koordination
- + inhaltliche Übereinstimmung von Standbild und Video
- + didaktischer Aussagewert
- + visuelle Erkennbarkeit
- + Vorhandensein eines komplementären Positiv- bzw. Negativbeispiels.

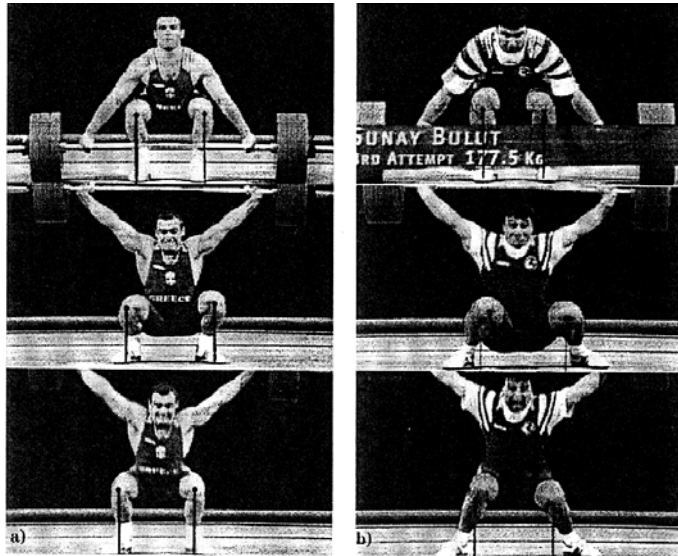


Abb. 1a u. b

Linien - egal ob gerade oder gebogen - kennzeichnen die anatomisch optimale Organisation des Bewegungssystems. Die gleichmäßig eingerollte Wirbelsäule beispielsweise ist mit einer harmonischen Bogenlinie gekennzeichnet. Nicht so bei geknickten und versetzten Linien, sie weisen auf eine anatomische Fehlkoordination hin. Als Beispiel sei der Kypboseknick eines Rundrückens erwähnt.

+ Linien werden als Orientierungshilfen eingesetzt: Reinachse, funktioneller Beckenschiefstand, Auge-Ohr-Linie (Linea infraorbitalis).

+ Umriss sind für die blickdiagnostische Beurteilung ebenfalls sehr hilfreich: Ein beweglicher Thorax paßt sich dank seiner plastischen Mobilität der Bewegungsgestalt dreidimensional an. Die Kontur eines starren Thorax fällt sozusagen aus dem Rahmen des Stamms. Auf die halbschematische Einzeichnung von Umrissen wurde aus Gründen der Übersichtlichkeit verzichtet.

Die graphischen Mittel wurden reduziert eingesetzt – Linien und Pfeile wurden nachträglich von Hand eingezeichnet, um Achsen und Drehrichtungen zu visualisieren

Pfeile symbolisieren Drehrichtungen oder Bewegungsimpulse:

+ Pfeile symbolisieren eine Drehrichtung. Beispiel: Der Kopf rollt sich tendenziell nach vorne ein (Inklination) oder wird in den Nacken gezogen (Reklination).

+ Pfeile stehen auch für richtungsmäßig deutlich erkennbare Bewegungsimpulse. Beispielsweise schieben viele Sprinter unmittelbar vor der Ziellinie ihren Kopf oder ihren Thorax abrupt nach vorne über die Ziellinie. Linien stehen für Belastungsachsen oder als Orientierungshilfen:

+ Linien stehen für hypothetische Belastungsachsen. Harmonisch verlaufende

### Kommentierte Videostandbilder aus Atlanta schulen den Blick für die dreidimensionalen Vorgänge im Innern des Körpers

**Abb. 1: Die Beine werden gerade belastet** (Bildzitate, EUROSPORT 27.7.96, Reißen Mittelschwer [91 kg])

a) Anatomisch perfekt koordinierte Beinarbeit des Griechen Kokas (Silber mit 175 kg). Zu Beginn der Zugphase (1. Bild) befinden sich beide Kniegelenke exakt über den Füßen. Für die Stabilisierung des Gewichts in der Hochhalte (2. Bild) ist ein stabiles Fundament erforderlich. Das Hochgehen aus der tiefen Hocke (3. Bild) ist eine extreme Belastung für die Kniegelenke.

b) Gleiche Startposition des Türken Bulut (Rang 4): Kurz nach Beginn der Zugphase kippen beide Knie nach innen. Bis zum Schluß vermag Bulut seine Fuß- und Beinachsen nicht mehr zu korrigieren. Die Beinmuskulatur arbeitet ineffizient, akute Verletzungen und chronische Überlastung der Kniegelenke sind programmiert.

**Abb. 2: Die Kunst des schnellen Gehens auf geraden Beinen**

(Bildzitate F 2&3, 29.7.96, 10-km-Gehen) a) Anatomie-Sehen: Das schnelle Gehen stellt auf Dauer eine extreme Belastung für die Gelenke dar. Eine achsengerechte Belastung der Beine ist deshalb um

so wichtiger, wie hier von Nikolajew, der Siegerin mit der Nummer 3703, vorbildlich demonstriert. Das Becken sinkt nur minimal zur Spielbeinseite ab. b) Im Vergleich dazu die zweitschnellste Geherin, Elisabeth Perrone: Das Becken fällt zur Spielbeinseite ab, das Standbein ist 0-förmig nach außen und nach hinten durchgedrückt. Das Spielbein ist innenrotiert, die Schultern nach vorne und der Kopf in den Nacken gezogen - insgesamt ein unökonomisches und anatomisch ungünstiges Bewegungsmuster.

**Abb. 3: Die Wunderläuferin mit den geraden und unverdrehten Beinachsen** (Bildzitate F 2 & 3, 28.7.96, Marathon)

a) Die überraschende Siegerin des Marathonlaufs kommt aus Äthiopien und heißt Fatouma Roba. Federnden und raumgreifenden Schritts setzt sie sich frühzeitig an die Spitze und gibt diese Position nicht mehr ab. Ihr Laufstil ist geschmeidig, dynamisch und ökonomisch. Die Beincoordination ist vorbildlich - ganz im Gegensatz zur







Abb. 3a, b und c

fehlende Links-Rechts-Verschraubung des Stamms. Der Laufstil wirkt vergleichsweise schleppend und rigide.

**Abb. 4: Anatomische Koordination ist sichtbar** (Bildzitate, EUROSPORT 27.7.96, Skiff [a], Zweier-ohne [b]) a-b) Der Schweizer Xeno Müller gewinnt mit einem sensationellen Schlußspurt die Goldmedaille der Königsdisziplin des Rudersports. Brust- und Lendenwirbelsäule sind in allen Bewegungsphasen gleichmäßig eingerollt, insbesondere am Ende der Zugphase (2. Bild). Der gleichmäßige C-Bogen spricht für eine segmental ausgeglichene Wirbelsäulenmobilität. Die Schultern sind in der mediofrontalen Ebene zwischen Sternum und Wirbelsäule eingemittet und bleiben während der Zugbewegung posterolateral am Rumpf integriert. Das erleichtert Zentrierung des Schultergelenks und spricht für eine funktionell ausgeglichene Schulterblattmuskulatur.

c) Der Engländer Redgrave, obschon mit vier Goldmedaillen einer der erfolgreichsten Ruderer aller Zeiten, verfügt anatomisch über weniger günstige Voraussetzungen: Der Kyphoseknick im mittleren Rücken führt lokal zu erhöhter Riegespannung; die Rippen sind in diesem Bereich nach dorsal verlagert, die Schultern relativ protrahiert. Die Schultergürtelmuskulatur verliert so ihre funktionelles Gleichgewicht; häufig ist der M. serratus anterior verkürzt. Der Humeruskopf hat die Tendenz, nach ventral wegzugleiten bis hin zur habituellen, klinisch stummen Subluxation. Muskuläre Dysbalance und Dezentrierung im Schultergelenk bedeuten Verlust von Effizienz und erhöhte Gefahr chronischer Überlastungssymptome.



Abb. 5a und b

**Abb. 5: Die Wirbelsäule ist zu einem gleichmäßigen C-Bogen eingerollt** (Bildzitate EUROSPORT, 27.7.96, Doppel-Zweier)

a) Was Bordcomputer noch nicht messen können: Die aufgerichtete Kopihaltung der Holländerin Van Nes (rechts) ist ideal, um die Zugphase einzuleiten. Der Nacken verlängert sich und »zieht« den Oberkörper mit nach hinten. Im Vergleich die Kanadierin Heddle (links) mit stark verkürztem Nacken.



Abb. 4a, b und c

Schultern sind unnötig hochgezogen.

**Abb. 6: Die Wirbelsäule ist langgestreckt und axial ausgerichtet** (Bildzitate EUROSPORT, 27.7.96, Reißen Mittelschwergewicht [91 kg])

a) An diesem denkwürdigen Abend gewinnt Alexey Petrov aus Rußland Gold und stellt einen neuen Weltrekord auf 187,5 kg im Reißen. Die anatomische Koordination während des Kraftakts ist perfekt: Der Rücken ist schnurgerade, ohne Rundrücken und ohne Hohlkreuz. Jede Abweichung davon würde der Schwerkraft einen verbesserten Hebelarm bieten und die Biegespannung erhöhen. Voraussetzung für diese »Technik des geraden Rückens« ist die volle Extensionsfähigkeit der BWS und eine muskulär ausreichende Sicherung der axialen Verspannung.

b) Oliver Caruso aus Deutschland belegt mit 175 kg den 3. Rang. Seine Wirbelsäule ist in der tiefen Hocke lordotisch nach vorne durchgebogen. Diese Technik erhöht die bewegungstechnische Sicherheit. Sie bietet den Bandscheiben einen gewissen Schutz vor unerwünschten Flexionskräften. Die axiale Verspannung der Rückenmuskulatur wird in dieser Stellung erleichtert. Der Nachteil:

Gruppe der Verfolgerinnen im Hintergrund.

b) Die Merkmale von Fatouma Robos anatomisch koordiniertem Laufstil: Die Beinachsen sind gerade und unverdreht, die Ferse wird hinten hochgezogen, das Becken jeweils auf der Spielbeinseite angehoben. Der Oberkörper wird Schritt für Schritt und gut sichtbar gegen das Becken verschraubt. c) Im Vergleich die Japanerin Arimori (Silber): Innenrotationsfehlstellung im Kniegelenk während des Abstoßens, innenrotierter Oberschenkel auf der Spielbeinseite, Absinken des Beckens zur Spielbeinseite hin...

Der Laufstil wirkt vergleichsweise schleppend und rigide.

**Abb. 4: Anatomische Koordination ist sichtbar** (Bildzitate, EUROSPORT 27.7.96, Skiff [a], Zweier-ohne [b]) a-b) Der Schweizer Xeno Müller gewinnt mit einem sensationellen Schlußspurt die Goldmedaille der Königsdisziplin des Rudersports. Brust- und Lendenwirbelsäule sind in allen Bewegungsphasen gleichmäßig eingerollt, insbesondere am Ende der Zugphase (2. Bild). Der gleichmäßige C-Bogen spricht für eine segmental ausgeglichene Wirbelsäulenmobilität. Die Schultern sind in der mediofrontalen Ebene zwischen Sternum und Wirbelsäule eingemittet und bleiben während der Zugbewegung posterolateral am Rumpf integriert. Das erleichtert Zentrierung des Schultergelenks und spricht für eine funktionell ausgeglichene Schulterblattmuskulatur.

c) Der Engländer Redgrave, obschon mit vier Goldmedaillen einer der erfolgreichsten Ruderer aller Zeiten, verfügt anatomisch über weniger günstige Voraussetzungen: Der Kyphoseknick im mittleren Rücken führt lokal zu erhöhter Riegespannung; die Rippen sind in diesem Bereich nach dorsal verlagert, die Schultern relativ protrahiert. Die Schultergürtelmuskulatur verliert so ihre funktionelles Gleichgewicht; häufig ist der M. serratus anterior verkürzt. Der Humeruskopf hat die Tendenz, nach ventral wegzugleiten bis hin zur habituellen, klinisch stummen Subluxation. Muskuläre Dysbalance und Dezentrierung im Schultergelenk bedeuten Verlust von Effizienz und erhöhte Gefahr chronischer Überlastungssymptome.

**Abb. 5: Die Wirbelsäule ist zu einem gleichmäßigen C-Bogen eingerollt** (Bildzitate EUROSPORT, 27.7.96, Doppel-Zweier)

a) Was Bordcomputer noch nicht messen können: Die aufgerichtete Kopihaltung der Holländerin Van Nes (rechts) ist ideal, um die Zugphase einzuleiten. Der Nacken verlängert sich und »zieht« den Oberkörper mit nach hinten. Im Vergleich die Kanadierin Heddle (links) mit stark verkürztem Nacken.

b) Am Ende der Zugphase zeigt die Holländerin (rechts) nach wie vor eine bessere Koordination der Kopf-Nacken-Schulter-Gegend: Die Wirbelsäule bildet vom Scheitel bis zum Steiß einen gleichmäßigen, harmonischen C-Bogen. Die Kanadierin (links) hingegen mit deutlich vorgeschobenem und stark in den Nacken gezogenen Kopf. Die



Abb. 6a, b und c

Die lordosierende Riegespannung im lumbalen Bereich ist erhöht, die Gelenkfazetten werden komprimiert, die dorsale Randsicherung der kleinen Wirbelgelenke ist ausgeschaltet. Extreme Fazettenkompression bei gleichzeitiger ligamentärer Labilität ist in diesem Kontext akzeptabel aber nicht ideal.

c) Hernandez aus Kuba erreicht den 6. Rang. Für einen Sekundenbruchteil verliert er die Stabilität und kämpft um sein Gleichgewicht. Die Wirbelsäule ist gefährlich nach hinten kyphosiert. Die Bandscheiben werden ventral komprimiert, der Nucleus pulposus hinten rausgedrückt. Die lumbale Kyphose ist

angesichts dieser Pathomechanik, angesichts der hohen Druckspannung und angesichts der schlechten muskulären Stabilisierungsmöglichkeiten der Alptraum eines jeden Gewichthebers.

**Abb. 7: Die Wirbelsäule ist möglichst gleichmäßig nach dorsal übers tre ckt.**

a) Der australische Hochspringer Tim Forseyth katapultiert sich rücklings über die 2,28 m hohe Latte. Die Wirbelsäule ist gleichmäßig hyperextendiert und verschraubt. Überstreckung und Verschraubung sind auf möglichst viele Wirbelsegmente verteilt. Die Brustwirbelsäule ist in die Streck-Dreh-Bewegung integriert, die Lendenwirbelsäule bleibt knickfrei (Bildzitat DRS, 14.8.96, Hochsprung).

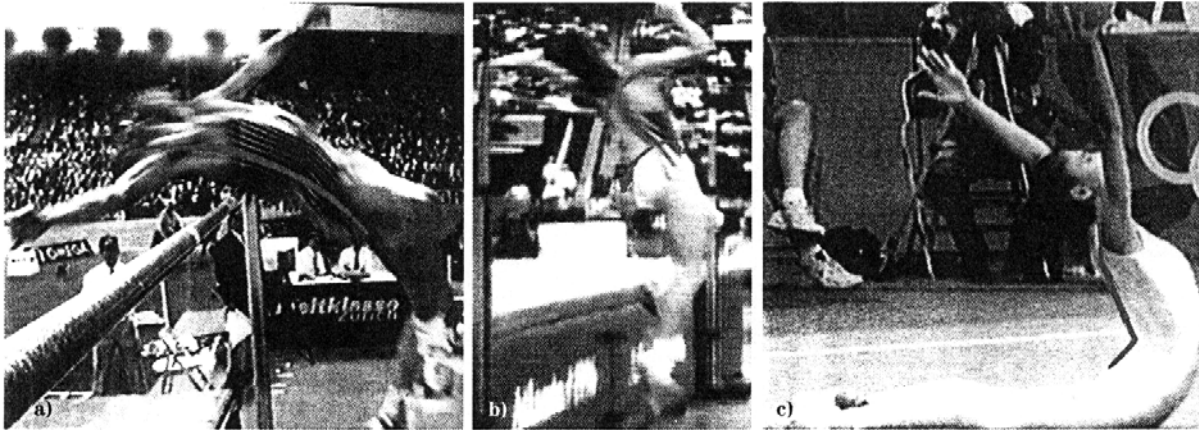


Abb. 7a, b und c

b) Sabine Braun (Bildzitat ARD, 28.7.96, Siebenkampf) schraubt sich in die Höhe, um die Latte sicher in Rückenlage zu überqueren. Das Vieo-Standbild zeigt diesen Moment der gleichmäßigen und überstreckten Verschraubung.

c) Bei der Gymnastin Elena Vitrichenko (Bildzitat F2&3, 29.7.96, Boden) bleibt während der Rückwärtsbeuge ein kyphotischer Rundrücken bestehen; die Lendenwirbelsäule weist einen scharfen Lordoseknick auf. Dieses Nebeneinander von funktioneller Hypo- und Hypermobilität muß durch ein gutes Grundlagentraining gezielt und konsequent angegangen werden.

**Abb. 8: Dreidimensionale Dynamik im Gleichgewicht** (Bildzitat ARD, 27.7.96, 400 m, Vorlauf)

Drei verschiedene Laufstile: Der amerikanische Held von Atlanta - Michael Johnson (rechts) mit aufgerichtetem Laufstil, überlegener Sieger über 200 m und 400 m. Roxbert Martin aus Jamaika (Mitte) mit überstreckter Wirbelsäule; Davis Kamoga aus Uganda (links) mit nach vorne gebeugter Haltung – wahrscheinlich bedingt durch eine kyphotisch fixierte Brustwirbelsäule. Der lordotische Laufstil sieht elegant aus. Das Problem des stark nach ventral gekippten Beckens sieht so aus: Die Vordehnung des M. Iliopsoas ist vermindert, der zweigelenkige Anteil des M. quadriceps femoris muß in verkürztem Längenbereich arbeiten, und ein größerer Anteil der hüftextendierenden Gesäßmuskulatur wird zu Hüftbeugern umfunktioniert.

**Abb. 9: Stilstudie der Sprinterinnen** (Bildzitate ARD, 28.7.96, 100 m, Finale)

a) Merlene Otteg (Mitte) mit unverkennbar elegantem Laufstil: Die Wirbelsäule leicht überstreckt, der Kopf rekliniert und das Kinn leicht angehoben. Die ventrale Muskelkette des Rumpfs ist so für ein kraftvolles Finish ungenügend tonisiert.

b) Im Vergleich dazu Gail Devers, (rechts): Das Becken kippt im Moment des Abstoßens nach vorne, die Lendenwirbelsäule ist scharf geknickt - klassische Hinweise auf eine funktionell ungenügende Extension des Hüftgelenks. Optimal hingegen ist die Koordination des Oberkörpers bei horizontal ausgerichteter Kopfhaltung und Blickachse.

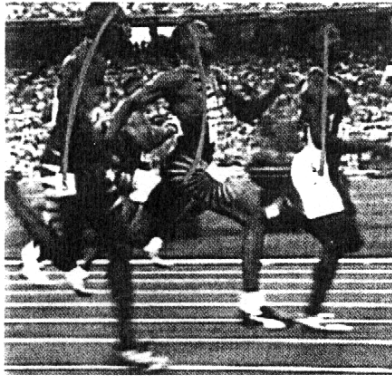


Abb. 8



Abb. 10a

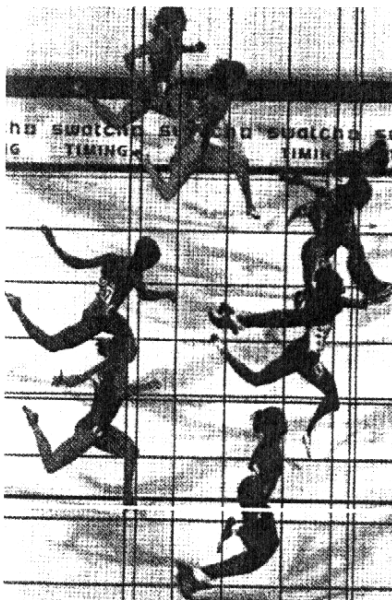


Abb. 10b



Abb. 11a und b

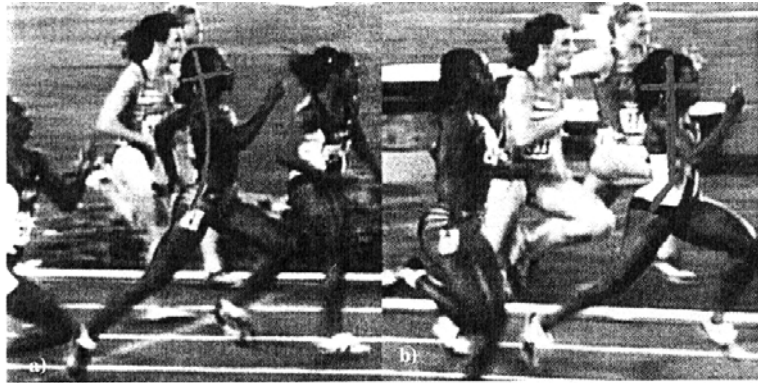


Abb. 9a und b

**Abb. 10: Der Kampf um ein Tausendstel** (Bildzitat ARD 28.7.96, 100 m, Finale)

a) Ottey (Mitte) und Devers (rechts) sind auf gleicher Höhe. Ottey schiebt, ihrem persönlichen Laufstil entsprechend, den Brustkorb nach vorne. Devers hingegen taucht mit einer Finrollbewegung des Kopfes ins Ziel ein. Keine Chance mehr hat Gwen Torrence mit zurückgeworfenem Kopf.

b) Die Zielaufnahme zeigt, wie Devers (vorderste Reihe, ganz rechts) durch das koordinierte Einrollen des Kopfes ihren Oberkörper energisch nach vorne zu ziehen vermag (Bildzitat COPRESS SPORT / SWATCH TIMING LTD. 28.7.96, 100 m, Finale). Hier kann die Schwerkraft beschleunigend nach vorne wirken. Devers gewinnt das Rennen mit einem Vorsprung von lediglich 5 cm oder einer tausendstel Sekunde. Das Vorschieben des Thorax von Ottey ist ein Nullsummenspiel der Beschleunigungskräfte - genau wie der auf einem Segelboot installierte Ventilator:

Die Rückstoßkräfte des Ventilators neutralisieren die vorwärtstreibende Kraft der selbsterzeugten Brise.

**Abb. 11: Der Kampf um ein Hundertstel** (Bildzitate DRS, 14.8.96, 3000 m, Hindernis)

a) Und gleich noch einmal: Beide Läufer sind unmittelbar vor dem Ziel. Der Altmeister Moses Kiptanui (rechts) zieht mit einer locker koordinierten Einrollbewegung des Kopfes seinen Oberkörper nach vorne, während sein Landsmann Joseph Keter (links) krampfhaft versucht, den Kopf nach vorne zu schieben. Der Rumpf bleibt entsprechend zurück.

b) Unterschiedlicher könnten die Auswirkungen der Kopfbewegung nicht sein: Kiptanuis Körper (rechts) fällt, dem koordinierten Bewegungsimpuls des Kopfes folgend, förmlich nach vorne. Er gewinnt das Rennen mit einem Hundertstel Vorsprung! Der nach vorne geschobene Kopf (links) hingegen mündet in einen Rückwärtsimpuls.

**Abb. 12: »Techniksehen« beim Weitsprung** (Bildzitate ORF 1, 29.7.96, Weitsprung)

a-d) Techniksehen: Der Bewegungsablauf wird im Sinne eines Beobachtungsrasters in vier Phasen unterteilt:

Anlauf, Absprung, Flug und Landung. Carl Lewis gewinnt mit diesem 8,50 m Sprung zum vierten Mal olympisches Gold im Weitsprung. Die Parameter: Hohe Anlaufgeschwindigkeit, optimaler Abflugwinkel und eine möglichst lange Flugphase.

**Abb. 13: »Anatomiesehen« beim Weitsprung:** Der Kopf steuert, der Körper folgt (Videodokument Spiraldynamik, 93, Weitsprung)

a) Christina Öppinger beim Weitsprungtraining in Salzburg: Bereits in der Anlaufphase (1. Bild) ist der Nacken auffallend verkürzt. Im Moment des Absprungs (2. Bild)

verstärkt sich der damit verbundene Bewegungsimpuls nach hinten. In der Flugphase (3. und 4. Bild) wird die problematische Rücklage sichtbar. Bei der Landung mußte sich die Athletin immer wieder unfreiwillig mit den Händen im Sand abstützen.

h) Nach fünf Minuten einfacher Wahrnehmungsübungen - aktive Verlängerung der HWS im Moment des Abstoßens: Die Fluglage des Körpers kann jetzt vertikal stabilisiert werden. Die Kopfhaltung (2. Bild) ist aufgerichteter, der Nacken etwas gestreckter; der Abflugwinkel ist steiler (3. und 4. Bild), die Athletin springt sicherer und etwas weiter. Das Problem der Rücklage beim Landen hatte sich gelöst.

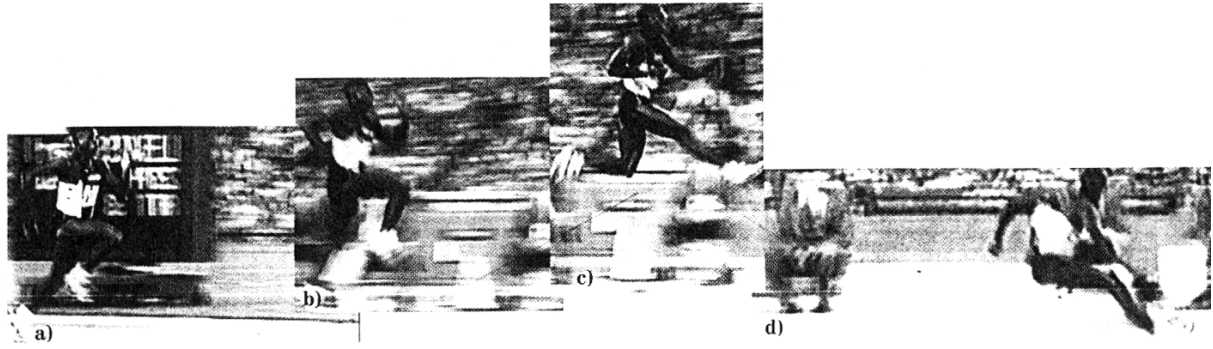


Abb. 12a-d

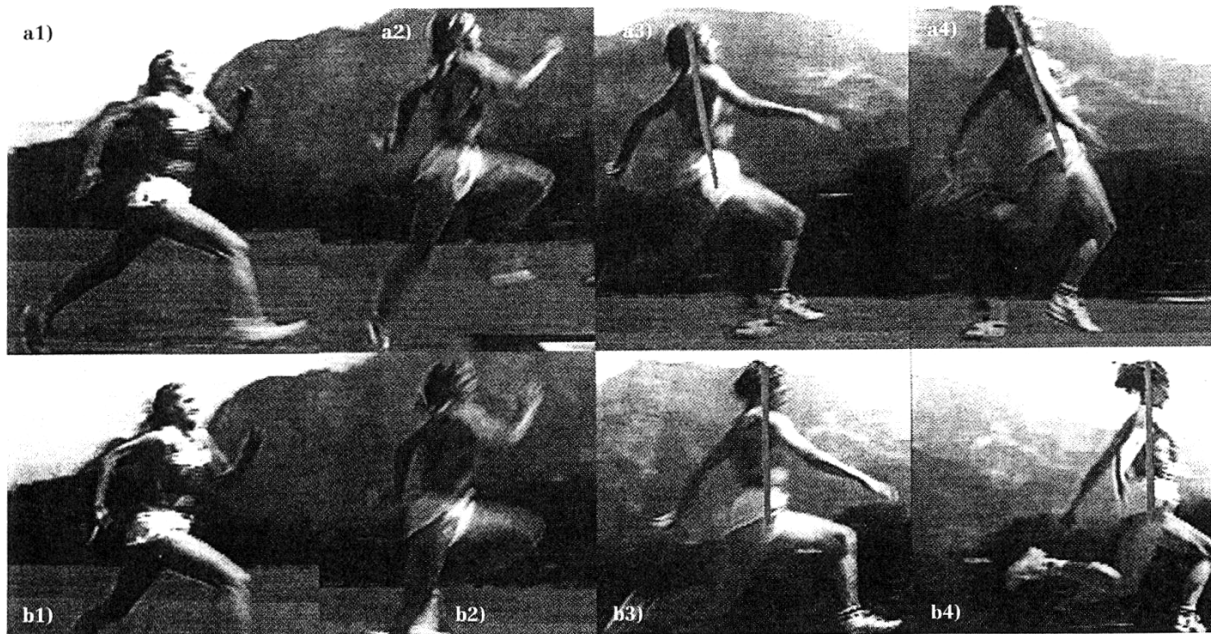


Abb. 13a und b

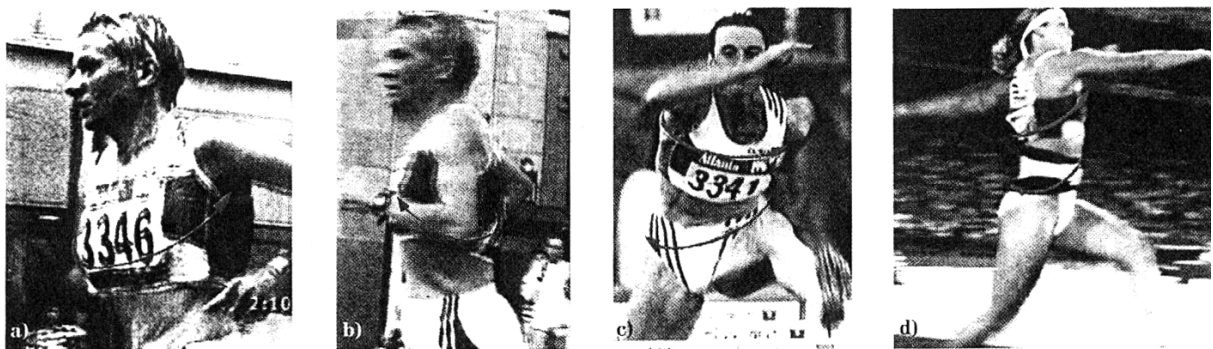
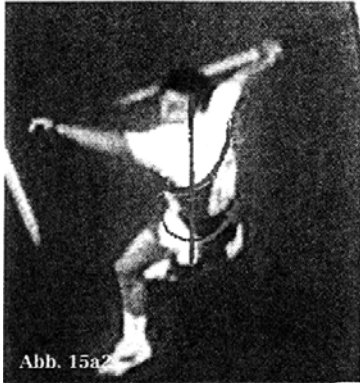
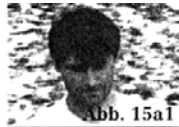


Abb. 14a-d





**Abb. 14: 3D-Torsion - funktionelle Grundlage für Laufen, Springen, Schwimmen, Werfen** (Bildzitate F 2&3 und ZDF, 28.7.96, Marathon)

a-b) Bei der Marathonläuferin Kathrin Doerre ist die spiralgige Verschraubung des Rumpfes am wechselnden Diagonalverlauf der Bauchfalten deutlich erkennbar. Der Thorax bleibt weder beim Laufen noch beim Gehen starr in der mediofrontalen Ebene fixiert. Der Brustkorb widerlagert die Beckenbewegung aktiv und verschraubt sich dabei gut sichtbar nach links (a) und beim nächsten Schritt wieder nach rechts (b).

c) Vorbildliche Bewegungskoordination von Peggy Beer (Bildzitat ARD, 27.7.96, Siebenkampf): Das Becken ist auf der Spielbeinseite angehoben, ohne daß sich der Oberschenkel dabei in die Innenrotation mit dreht. Der nach vorne eingerollte und gut bewegliche Oberkörper verschraubt sich gleichmäßig gegen das Becken. d) Die Wirbelsäule wird, wie hier bei Steffi Nenus (Bildzitat ARD, 27.7.96, Speerwerfen), gleichmäßig verschraubt und leicht nach hinten überstreckt. Nacken und unterer Rücken sind knickfrei. Drehbewegungen finden koordinierterweise in der Brustwirbelsäule statt. Die Lendenwirbelsäule hingegen bleibt aufgerichtet und stabilisiert. Ein gutes Rotationsvermögen der aufgerichteten BWS ist entscheidend für die effiziente Vordehnung der diagonalen Rumpfmuskulatur. Die Kraft des spiralig vorgedehnten Rumpfes wird in der Hochdrehung des Rumpfes wieder frei und verstärkt den Peitscheneffekt des speerwerfenden Arms. Fehlt die Rumpfrotation, sind Reißbewegungen der Schulter mit entsprechendem Verletzungsrisiko programmiert.

**Abb. 15: Perfekte 3D-Technik versus rohe Kraft - Speerwurf in fünf Szenen** (Bildzitate F 2&3, 3.8.96,

Speerwerfen)

A1) Koordination versus Kraft: Weltrekordhalter und Olympiasieger, der Tscheche Jan Zelezny, fällt durch einen vergleichsweise feinen Körperbau auf. Was andere mit Kraft nicht erreichen, schafft er mit anatomisch perfekt koordinierten Bewegungsabläufen.

a2) Während der Wurfauslage dreht sich der Oberkörper weit nach rechts. Der Speer liegt nicht mehr in Laufrichtung. Der Stamm ist spiralgig verschraubt, die muskulären Schrägsysteme sind optimal vorgedehnt. Die ungeheure Wurfkraft dieses Ausnahmekönners wächst aus der synchronisierten Wirkung von Stemmphase, spiralgigem Hochdrehen des Rumpfes und Peitschenbewegung des Arms.

a3) Während der Rumpfschlagbewegung verschraubt sich der Stamm blitzartig zur Gegenseite hin. Das externe Schrägsystem rechts arbeitet synergistisch mit dem internen links zusammen. Der Speer wird wider alle Physik aus einer spiralgigen Bewegung heraus weggeschleudert. der Speer selbst ist sichtbar durchgebogen.

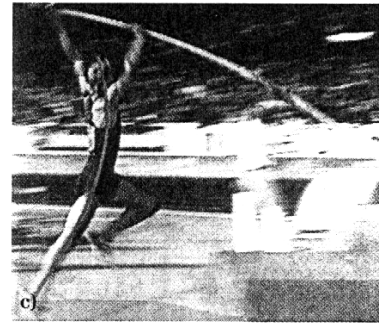


Abb. 16a, b und c

a4) Mit diesem Wurf holt sich Zelezny Gold. Vor dem Wurf maximal nach rechts verschraubt, während des Wurfs nach links und jetzt wieder nach rechts. Die alternierende 3D-Torsion wird zuerst beschleunigend, dann bremsend eingesetzt.

a5) Und gleich noch einmal! Zelezny verschraubt sich noch einmal zur Gegenseite nach links. Das Bremsen durch alternierende Verschraubung benötigt eine relativ lange Bremsstrecke, was angesichts der spiraldynamisch generierten Wurfkraft (88,18 Meter) zu verkraften ist.

b1) Speerwerfen ist eine traditionelle Domäne der Skandinavier: fünfzig Prozent aller seit 1908 vergebenen Olympiamedaillen gehören ihnen. Von beeindruckender Statur ist dieser Herkules aus dem hohen Norden. Die Bildfolge illustriert das athletische Kräfftessen im Stil Goliath gegen David.

b2) Die Bewegungstechnik ist rein äußerlich betrachtet »ähnlich«. Das anatomisch geschulte Auge erkennt bereits hier die wesentlich geringere Mobilität von Brustwirbelsäule und Thorax. Kompensatorisch muß, für eine gleichwertige Wurfauslage, das Schultergelenk ausgekugelt werden. b3) Die Rumpfkraft fällt, entsprechend der geringeren Vordehnung der Schrägsysteme, bescheidener aus. Die langgestreckte, kraftvolle Verschraubung des Stamms fehlt. Dieses Defizit muß durch eine nicht gerade funktionelle Reissbewegung der Schulter kompensiert werden.

Akute Verletzungsgefahr und chronische Überlastung sind programmiert. b4) Das Abbremsen erfolgt hier nicht durch alternierende Verschraubung des Rumpfs, sondern durch rudernde Ausgleichbewegungen der Arme. Der Rumpf selbst bleibt weitgehend kompakt und unbeweglich.

b5) Die terminale Bremsbewegung wird mit einem globalfektorischen Kraftakt abrupt beendet: Der finnische Speerwerfer bleibt in nach vorne gebeugter Stellung stehen.

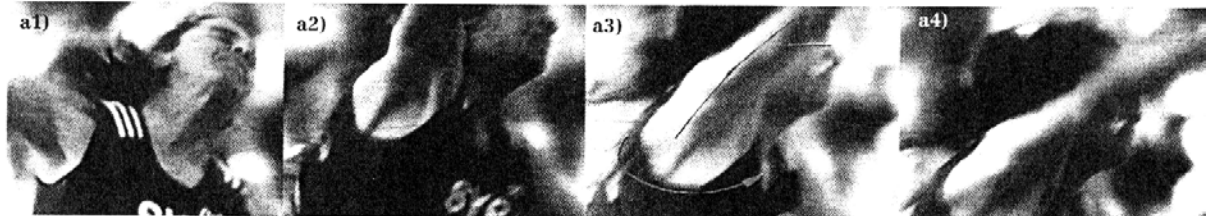


Abb. 17a1-a4



Abb. 17b1-b4

**Abb. 16: Wirbelsäule langgestreckt, posterolaterale Plazierung der Schultern** (Bildzitate DRS, 14.8.96, Stabhochsprung)

a) Igor Trandenkow, russischer Meister und einer der vier Sechs-Meter-Springer in der Geschichte des Stabhochsprungs. Mit beiden Händen hält er den Stab. Die rechte Schulter wird in diesem Moment nach hinten-unten-außen plaziert (posterolaterale Depression)

b) Die Arme halten den Stab und können nicht mehr frei mitschwingen. Die Schultern übernehmen diese Funktion. In diesem Moment schwingt die rechte Schulter weit nach vorne (anteromediale Depression) und beim nächsten Schritt wieder ganz zurück.

c) Die Wirbelsäule ist im Moment des Absprungs langgestreckt und leicht verschraubt. Die Schultern sind im Moment des Absprungs perfekt plazierte Grundlage für Sprungkraft und Ästhetik.

**Abb. 17: Stabilisierung der Schulter in der Dynamik** (Bildzitate ARD, 28.7.96, Siebenkampf)

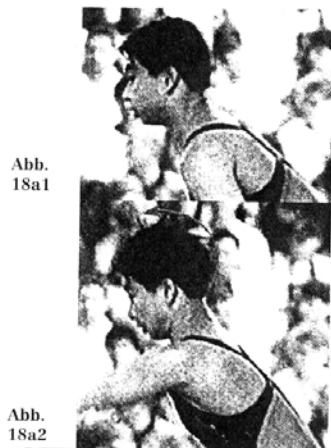


Abb. 18a1



Abb. 18a2

Abb. 18a3



Abb. 18b1



Abb. 18b2

Abb. 18b3



Abb. 18a4



Abb. 18b4

a1) Das Leichtathletikwunder aus Syrien, Ghada Shouaa, wird Olympiasiegerin im Siebenkampf. Die Bildfolge zeigt die anatomisch perfekte Koordination ihrer Kugelstoßtechnik. a2) Mit zunehmender Armstreckung drehen die oberen rechten Rippen mit nach vorne-oben. Das externe Schrägsystem des rechten Hemithorax arbeitet mit dem internen der linken Seite synergistisch zusammen. a3) Im Moment des Abdrucks beendet sich der Arm optimal in Verlängerung des Körpers; der Rumpf verschraubt sich immer noch aktiv in Richtung des gewünschten Abflugwinkels nach vorne-oben. Das Hochdrehen des Thorax und die funktionell stabile Position der Schulter optimieren Kraftgewinn und Krafttransfer vom Rumpf auf den Arm. a4) Während der Bremsphase bleibt diese Koordination sichtbar erhalten. Der Nacken bleibt offen. Siegesweite 15,95 m.

b1) Im Vergleich dazu Sabine Braun, Bronzegewinnerin in Barcelona und 7. Rang in Atlanta. Die Bildfolge zeigt zu Beginn eine vergleichbare Situation. b2) Aber der Brustkorb dreht nicht mit! Anstatt den Arm nach vorne zu »stoßen«, bleiben die Rippen rechts zurück. Die Kraft der spiraligen Verschraubung des Stamms wird so unvollständig generiert und weniger wirkungsvoll auf den Arm übertragen. b3) Die Drehstoßkraft des Rumpfs bleibt teilweise ungenützt. Die Brust bleibt eingefallen, die rechte Schulter rutscht nach vorne-oben. Das Schulterblatt verliert so seine Kontaktstabilität zum Brustkorb.

b4) Der Kopf ist stark rekliniert, die Verbindung Kopf-Nacken-Schulter ist abgebrochen. Die Wangen sind aufgebläht und weisen auf eine nicht optimale Koordination von Atmung und Bewegung hin.

#### Abb. 18: Kopfhaltung aufgerichtet (Bildzitate F 28<3, 27.7.96, Turmspringen)

a1) Die Chinesin Jingjing Guo, 5. Rang im Turmspringen. Die Bildfolge demonstriert lehrbuchmäßig den koordinierten Einsatz des Kopfs zur Bewegungssteuerung. In der Ausgangssituation wird der Kopf leicht in den Nacken gezogen, um Anlauf zu holen.

a2) Ein kräftiger Bewegungsimpuls der tiefen Halsmuskulatur - die Kopfhaltung richtet sich auf - der Nacken streckt sich. Der Kopf befindet sich jetzt in exakter Verlängerung des Rumpfes und übernimmt so wirkungsvoll die Bewegungsführung.

a3) Auf diesem Bild ist ein anatomischer Schwachpunkt zu entdecken: Die Wirbelsäule kann nicht gleichmäßig nach vorne eingerollt werden. Im unteren Rücken imponiert ein lumbaler Kyphoselmick. Ein Flachrücken im Bereich der oberen BWS läßt sich vermuten.

a4) Perfektes, lotrechtes und stromlinienförmiges Eintauchen. Eintauchpunkt ist der Scheitel, die Halswirbelsäule wird cixiul belastet.

b1) Serbina Svitlana, beginnt die Bewegung in einer vergleichbaren Position. Der Kopf ist leicht rekliniert, aber nicht um Anlauf zu holen, sondern aus Gewohnheit, wie die Videoanalysen vermuten lassen.

b2) Das impulsartige Aufrichten des Kopfs und die damit verbundene Verlängerung der Halswirbelsäule fehlen. Der Nacken ist unverändert verkürzt, der Rücken kyphotisch gerundet.

b3) Die Wirbelsäule ist jetzt gleichmäßig nach vorne eingerollt. Der Rundrücken thorakal ist wahrscheinlich strukturell fixiert, der Befund ist während aller Videosequenzen konstant sichtbar.

b4) Die Stirn bildet den Eintauchpunkt. Der Nacken ist leicht verkürzt, die



Abb. 19a



Abb. 19b

Arme leicht nach hinten überstreckt. Durch den Wasserwiderstand wird die Halswirbelsäule tendenziell abgeknickt. Bei Tausenden Sprüngen summieren sich solche Mikrotraumen zu einer ernstzunehmenden chronischen Verletzungsgefahr.

**Abb. 19: Mit dem Lumbrikkalgriff aus den Startlöchern** (Bildzitat ARD, 29.7.96, Hürden, 100 m)

a) Das Kugelgewölbe dieser Hand bildet auf Höhe der Fingergrundgelenke einen stabilen Stützbogen. Er gewährleistet den Fingern Belastungsstabilität und Impulskraft. Diese Sprinterin startet anatomisch richtig, sozusagen mit der Impulskraft des »Lumbrikkalgriffs«.

b) Der stabile C-Bogen auf Höhe der Fingergrundgelenke fehlt. Die Finger sind überstreckt und durchgedrückt. Dadurch geht die Impulskraft der Hand beim Tiefstart verloren (Bildzitat EUROSPORT, 27.7.96, 400 m, Vorlauf).

### **Danksagung**

Ich danke Yolande Deswarte, Physiotherapeutin in Paris, für ihren Scharfsinn und ihre Geduld bei der Sichtung des umfangreichen Materials.

(Spiraldynamik® ist eine international eingetragene und geschützte Marke).

### **Literatur**

Larsen, Ch. et al: 3D-Dynamik- Olympia 2000. Spiraldynamik International, Jahrespublikation. Bern. 1997.

Anschrift des Verfassers.

Dr. med. Christian Larsen

Institut für Spiraldynamik

Privatklinik Bethanien

Restelbergstrasse 27

CH 8044 Zürich

T: +41 (0)878 886 888

F: +41 (0)878 886 889

E: [zuerich@spiraldynamik.com](mailto:zuerich@spiraldynamik.com)

Internet: [www.spiraldynamik.com](http://www.spiraldynamik.com)