

**Zeitschrift:** Magglingen : Monatszeitschrift der Eidgenössischen Sportschule  
Magglingen mit Jugend + Sport

**Herausgeber:** Eidgenössische Sportschule Magglingen

**Band:** 40 (1983)

**Heft:** 11

**Artikel:** Grenzen und Reserven im Hochleistungssport aus der Sicht der Biomechanik

**Autor:** Kunz, Hansruedi

**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-993607>

#### Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

#### Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

#### Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

**Download PDF:** 21.02.2026

**ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>**

# Grenzen und Reserven im Hochleistungssport aus der Sicht der Biomechanik

Hansruedi Kunz

**Der Hochleistungssport ist ein Produkt unserer extremen Leistungsgesellschaft. Wie in anderen Bereichen des Lebens werden auch hier Topleistungen erwartet. Ob dies positiv oder negativ zu werten ist, sei dahingestellt. Beim Beurteilen der heutzutage erzielten Spitzenleistungen in den meisten Sportarten drängt sich sehr schnell die Frage auf, wohin diese Leistungsentwicklung führt. Wo liegen die Grenzen der Leistungsfähigkeit? Sind die Belastungsgrenzen nicht teilweise schon überschritten? Gibt es noch irgendwelche Reserven? Im folgenden wird versucht, diese Themenkreise vom Standpunkt der Biomechanik aus zu beurteilen.**

Überarbeitetes Referat gehalten an der NKES-Verbandstrainertagung im Mai 1983.

**Dr. Hansruedi Kunz** war vor Jahren ein Spitzenathlet im 10-Kampf. Heute trainiert er das 10-Kampf-Kader mit hervorragenden Erfolgen. Er arbeitet am Institut für Biomechanik an der ETH Zürich.

## Die Belastbarkeit des menschlichen Körpers

### Die Mechanik der menschlichen Bewegung

Beim menschlichen Bewegungsapparat kann unterschieden werden zwischen:

- aktivem Bewegungsapparat
- passivem Bewegungsapparat

Der aktive Bewegungsapparat ist die Muskulatur. Der Muskel kann Kraft leisten und kann somit als Motor der Bewegung bezeichnet werden.

Zum passiven Bewegungsapparat gehören: Knochen, Knorpel, Sehnen und Bänder. Diese Körperteile haben ganz unterschiedliche Funktionen.

- Der Knochenapparat hat vor allem eine Stütz-, aber auch eine Schutzfunktion.
- Die Funktion des Knorpels ist, ein möglichst reibungsfreies Bewegen zweier nebeneinanderliegender Knochen zu ermöglichen und Schläge abzudämpfen.
- Die Sehnen, als Verbindungsglied zwischen der aktiven Muskulatur und dem passiven Knochenapparat, haben Zugfunktion.
- Die Bänder haben eine Stabilisierungsfunktion und schränken die Bewegungsfreiheit der Gelenke ein.



Skispringer leben gefährlich. Für den Norweger Braaten heißt das: Bänderriss am Knie nach Sturz.

Abbildung 1 zeigt am Beispiel des Kniegelenks die verschiedenen Teile des aktiven und passiven Bewegungsapparates.

Alle Körperteile haben ihre eigenen Belastungsgrenzen. Nach Untersuchungen von Yamada und Krah<sup>1</sup>, kann der passive Bewegungsapparat wie folgt belastet werden (Tabelle 1):

Körperteil	Belastungsgrenzen		
Knochen	1500 kp/cm <sup>2</sup>	Druck	
	500 kp/cm <sup>2</sup>	Torsion	
Knorpel	100 kp/cm <sup>2</sup>	Druck	
Sehnen	500 kp/cm <sup>2</sup>	Zug	
Bänder	15–30 kp/cm <sup>2</sup>	Zug	

Tabelle 1: Belastungsgrenzen des passiven Bewegungsapparates.

Wenn bei irgendwelchen Bewegungen die auftretenden Belastungen bestimmt werden sollen, muss berücksichtigt werden, dass der aktive Bewegungsapparat, die Muskulatur, eine Kraft von 4 kp/cm<sup>2</sup> leisten kann (Hettinger<sup>3</sup>). Das folgende Beispiel soll veranschaulichen, welche Belastungen des Bewegungsapparates bei der Übung «Zehenstand auf einem Fuß» auftreten.

Beim ruhigen Zehenstand auf einer Waage oder Kraftmessplatte beträgt die Reaktionskraft  $F_R$  80 kp (Körpergewicht). Damit der 80 kg schwere Athlet auf den Zehen stehen kann, muss er entsprechend

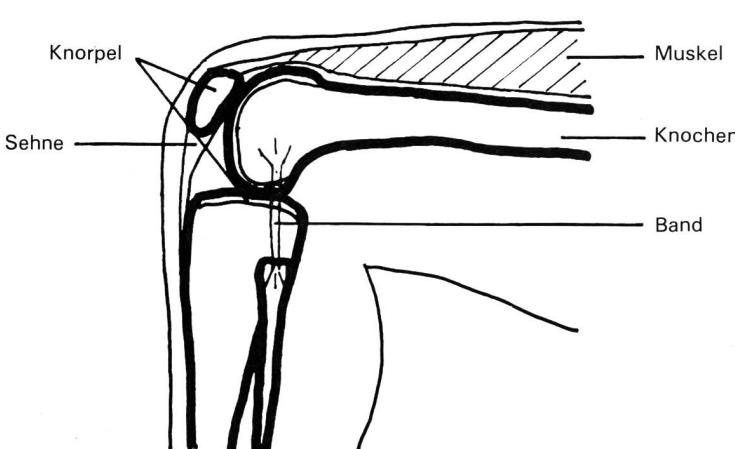


Abbildung 1: Aktiver und passiver Bewegungsapparat (Beispiel Kniegelenk).

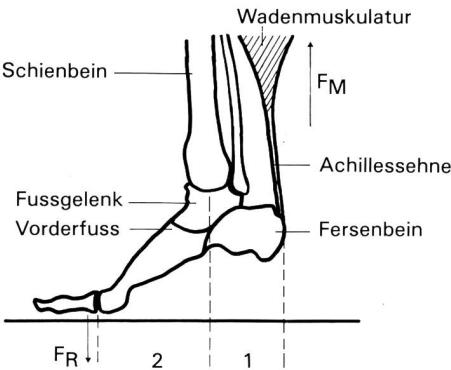


Abbildung 2: Kräftespiel beim Zehenstand.

dem Hebelgesetz eine Kraft  $F_M$  von  $2 \times 80 \text{ kp} = 160 \text{ kp}$  leisten. Diese Kraft, die durch die Wadenmuskulatur geleistet werden muss, setzt voraus, dass der entsprechende Muskelquerschnitt mindestens  $40 \text{ cm}^2$  beträgt.

Die Zugkraft in der Achillessehne beträgt entsprechend der Kraft der Wadenmuskulatur ebenfalls 160 kp. Das Fussgelenk und die Unterschenkelknochen werden mit einer Kraft von 240 kp belastet (Reaktionskraft  $F_R + \text{Muskelkraft } F_M$ ).

In der Tabelle 2 sind die berechneten Kräfte beim Zehenstand, die Belastungsgrenzen und die Reserven zusammengestellt.

Körper- teil	Belastungen Zehenstand	Belastungs- grenzen	Reserven
Knochen	240 kp	4000 kp	3760 kp
Knorpel	240 kp	700 kp	460 kp
Achill.- sehne	160 kp	1000 kp	840 kp

Tabelle 2: Belastungen beim Zehenstand, Belastungsgrenzen und Reserven.

Das Beispiel des Zehenstands auf einem Fuss zeigt eindrücklich, dass die dabei auftretenden Belastungen wesentlich kleiner sind als die kritischen Belastungsgrenzen, und dass demnach im Normalfall noch grosse Reserven vorhanden sind. Die Zusammenstellung weist aber doch darauf hin, dass diese Reserven im Bereich der Gelenke (Knorpel) wesentlich geringer sind als bei anderen Körperteilen. Die grosse Häufigkeit von Gelenkverletzungen überrascht deshalb nicht.

Die in den Tabellen 1 und 2 angegebenen Belastungsgrenzen des passiven Bewegungsapparates dürfen nicht als uneingeschränkt gültig akzeptiert werden. Es gibt verschiedene Faktoren, die diese Belastungsgrenzen zum Teil wesentlich verändern können. Als Beispiele solcher Einflussgrößen sind das Alter, der Trainingsstand oder die körperliche Veranlagung zu nennen.

## Alter

Der menschliche Körper unterliegt einem natürlichen Alterungsprozess. Das heisst, dass sowohl der aktive als auch der passi-

ve Bewegungsapparat mit zunehmendem Alter weniger Kraft entwickeln beziehungsweise weniger Belastungen ertragen können. Altern bedeutet aber nicht nur, dass die Belastungsgrenzen herabgesetzt werden, sondern auch, dass sich der Bewegungsapparat weniger schnell und gut von hohen Belastungen erholt. Dieser Alterungsprozess setzt je nach der körperlichen Tätigkeit bereits mit 25- bis 30 Jahren ein. Junge Athleten im Alter von 15- bis 30 Jahren sind deshalb viel leistungsfähiger als ältere Sportler.

## Trainingsstand

Was gefordert wird, wird gefördert. Dies gilt auch für den gesamten Bewegungsapparat. Die Körperteile, die durch das Training stark beansprucht werden, passen sich der erhöhten Belastung an. Es ist allgemein bekannt, dass die Muskulatur durch Krafttraining sehr schnell stärker wird und der Muskelquerschnitt zunimmt. Ähnliche Anpassungsscheinungen können auch beim passiven Bewegungsapparat beobachtet werden. Die Trainierbarkeit der Sehnen, Bänder, Knorpel und Knochen ist aber wesentlich geringer als die Trainierbarkeit der Muskulatur, das heisst, dass die Anpassungsscheinungen weniger ausgeprägt sind und mehr Zeit benötigen. Nach neuesten Untersuchungen kann zum Beispiel die Belastbarkeit der Achillessehne durch Training um den Faktor 2 bis 3 erhöht werden (bis zirka  $1500 \text{ kp/cm}^2$ ). Im Gegensatz dazu kann die Kraft der Muskulatur durch Krafttraining aber 3- bis 6mal gesteigert werden.

Diese unterschiedlichen Anpassungsscheinungen machen deutlich, dass die Planung und Durchführung des Trainings ein wichtiges Mittel sind, um den Körper harmonisch zu entwickeln und Spitzenleistungen langfristig aufzubauen.

## Körperbau

Jeder Sportler hat individuelle, von vielen Faktoren beeinflusste Belastungsgrenzen. Einer dieser Einflussfaktoren ist der Körperbau. Der Körperbau ist seinerseits wieder abhängig von der Veranlagung (Vererbung), von der Ernährung und anderen Umweltfaktoren. Das heisst, dass zum Beispiel ein Athlet mit einem kräftigen, athletischen Knochenbau bedeutend besser geeignet ist, hohe Belastungen zu ertragen, als ein zartgliedriger Sportler. Ob die Gelenkflächen grösser oder kleiner oder die Sehnen dicker oder dünner sind, kann einen entscheidenden Einfluss auf die Belastbarkeit des Bewegungsapparates haben. Wenn zudem noch das Körpergewicht oder die Muskulatur unverhältnismässig hoch beziehungsweise kräftig sind, kann der Körperbau bei einzelnen Sportarten durchaus ein limitierender Faktor sein.

## Verletzungsursachen und Konsequenzen

Hauptgründe für das Überschreiten der Belastungsgrenzen sind:

- kranker, oder für die gewählte Sportart ungeeigneter Bewegungsapparat
- unvernünftiger Trainingsaufbau
- Fehl- oder Überbelastungen

## Kranker oder ungeeigneter Bewegungsapparat

Verletzungen am Bewegungsapparat können auftreten, wenn irgendwelche Organe des Körpers nicht richtig funktionieren (zum Beispiel Nieren, Leber usw.), wenn verdeckte Infektionsherde vorhanden sind, wenn der Körper nicht genügend mit den für ihn notwendigen Nährstoffen, Vitaminen und Mineralstoffen versorgt wird, usw. Es ist aber auch möglich, dass Verletzungen auftreten, wenn jemand eine für ihn ungünstige Sportart gewählt hat (zum Beispiel 2 m grosser Kunstrüber oder sehr schwerer Marathonläufer). Solche Probleme müssen vom Arzt in Zusammenarbeit mit dem Trainer und Athleten geklärt werden.

## Unvernünftiger Trainingsaufbau

Ein unvernünftiger Trainingsaufbau ist eine der häufigsten Verletzungsursachen. Unvernünftig heisst, dass die Belastung des Körpers nicht der Belastbarkeit entspricht. Da die Belastbarkeit des passiven Bewegungsapparates nur beschränkt und eher langsam gesteigert werden kann, darf das Training in keiner Phase übertrieben werden. Um Überlastungsschäden zu vermeiden, müssen vor allem 3 Grundsätze im langfristigen Trainingsprozess beachtet werden.

- Altergemäßes Training: Die Wahl der Trainingsbelastung und der Trainingsmittel muss auf das chronologische und biologische Alter abgestimmt sein.
- Vielseitiges Training: Im Aufbaustraining muss die Belastbarkeit des gesamten Körpers durch ein möglichst vielseitiges Training kontinuierlich gesteigert werden.
- Ansteigende Belastung: Die Belastung darf nur allmählich und nicht zu extrem gesteigert werden. Zuerst muss der Belastungsumfang und erst später auch die Belastungsintensität gesteigert werden.

## Fehl- und Überbelastungen

Verletzungen durch Fehlbelastungen treten dann auf, wenn irgendein Körperteil durch eine falsche Belastung zu stark beansprucht wird. So können zum Beispiel Achillessehnenentzündungen auftreten, wenn die Fussstatik nicht in Ordnung ist (Abbildung 3). Solche Verletzungen können langfristig nur dadurch vermieden wer-

den, wenn die Ursache dieser lokalen Überbelastung korrigiert wird. Am Beispiel der Achillessehne aufgezeigt bedeutet dies, dass die beiden Achsen Schienbein – Fersenbein in einem gestreckten Winkel übereinander zu liegen kommen müssen, so dass die Zugrichtung der Achillessehne gerade verläuft. Dies ist durch spezielle Kräftigung der entsprechenden Fußmuskeln, durch eine Korrektur der Schuhe oder durch Schuhinlagen möglich.

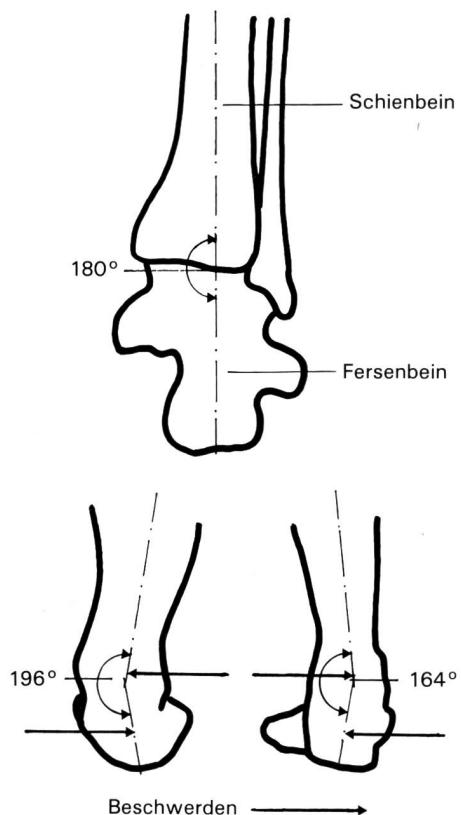


Abbildung 3: Falsche Fusshaltung und Achillessehnenbeschwerden.

Ein anderes Beispiel von Beschwerden durch Fehlbelastung ist die falsche Belastung der Wirbelsäule. Je nach der Art der Fehlbelastung können die Beschwerden ganz unterschiedlicher Art sein. Die Ursache ist meistens, dass die Wirbelsäule, speziell die Zwischenwirbelscheiben, einseitig belastet werden und dem dadurch erhöhten Druck nicht mehr gewachsen sind (Abbildung 4). Dies kann geschehen zum Beispiel durch falsches Gewichtheben (runder Rücken), durch einen Beckenschiefstand (Beine ungleich lang), durch

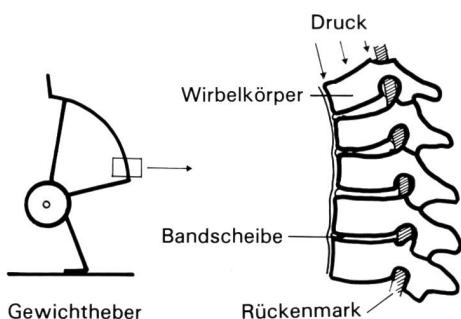


Abbildung 4: Fehlbelastung der Wirbelsäule.

falsches Training (Hohlkreuzstellung durch Training der falschen Muskulatur), usw. Mögliche Auswirkungen dieser Verletzungsursachen sind: Verkrampfungen (zum Beispiel Hexenschuss), Ischiasbeschwerden oder sogar Lähmungen (zum Beispiel Diskushernie). Auch bei solchen Verletzungen ist es wichtig, die Ursachen zu erkennen und durch gezielte Massnahmen zu korrigieren.

Im Gegensatz zu den Beschwerden durch Fehlbelastungen sind Verletzungen durch Überbelastungen nicht auf eine falsche Körperhaltung, sondern auf eine zu grosse allgemeine Beanspruchung zurückzuführen. Solche Verletzungen können auftreten durch zu viel Training, Wechsel der Trainingsmassnahmen, zu häufiges Training auf hartem Boden, ungünstige Unterlage (zum Beispiel Kunststoffbeläge), ungeeignete Schuhe, aber auch durch einen mangelhaften Bewegungsablauf. Die Beschwerden sind meistens Entzündungen, seltener auch Zerrungen. Entzündungen sind häufig die Folge eines zu hohen Belastungsumfangs, Zerrungen sind eher auf eine zu extreme Belastungsintensität zurückzuführen. Die Behandlung solcher Verletzungen ist weniger problematisch als die Behandlung von Beschwerden durch Fehlbelastungen. Oft bewirken eine Reduktion des Trainings oder ein Wechsel der Unterlage oder der Schuhe bereits eine rasche Besserung.

### Grenzen und Reserven

Wenn man versucht, die Grenzen und Reserven der Belastbarkeit des menschlichen Körpers abzuschätzen, so führen die im Kapitel 2 aufgeführten Tatsachen und Begründungen zu nachstehenden Schlussfolgerungen.

### Grenzen

Es gibt keine allgemeingültigen Grenzen der Belastbarkeit. Viele Hochleistungssportler beweisen mit ihren Glanzleistungen, dass die Belastungs- und damit die Leistungsgrenzen noch nicht erreicht sind. Bei den Voraussetzungen «gesunder Bewegungsapparat, vernünftiger Trainingsaufbau und demzufolge ohne gravierende Fehl- und Überlastungen» sind solche Grenzen noch nicht in Sicht. Andererseits gibt es aber schon viele Spitzensportler, die ihre individuellen Grenzen aus den erwähnten Gründen bereits überschritten haben.

### Reserven

Die Reserven im Hochleistungssport vom Standpunkt der Belastung des menschlichen Bewegungsapparates aus gesehen liegen weniger darin, die Belastungen noch weiter zu steigern, sondern eher in der Aufgabe, Überbelastungen zu verhindern. Folgende Massnahmen können dabei helfen:

- Bessere Trainerausbildung: Der Trainer muss in allen Bereichen des Sports besser ausgebildet werden, damit er seine Aufgabe als Schalt- und Koordinationsstelle richtig erfüllen kann. Er muss auch ab und zu die Rolle des Arztes, des Biomechanikers, des Psychologen übernehmen können (Sportverletzungen, Fehlerkorrektur, Wettkampfbetreuung).
- Bessere medizinische Beratung und Betreuung: Die Rolle des Arztes sollte sich nicht nur auf diejenige des «Feuermannes» zur Behandlung von Verletzungen beschränken. Der Arzt sollte auch zu Beratungszwecken beigezogen werden können (Wahl der Sportart, Trainingsplanung, Verhüten von Sportschäden, Ernährung usw.).
- Bessere Anpassung der äusseren Bedingungen an die Sportler: Auch im Bereich Sport ist es häufig so, dass die Leistung und nicht der Sportler im Vordergrund steht. Oft wird von den Sportlern zu viel verlangt, und dadurch werden Verletzungen provoziert. Vielfach könnten durch geeignete Wettkampfbestimmungen und Sportgeräte Sportschäden verhindert werden (Velofahren Tour de France, Ski Abfahrtslauf, Autorennen, Boxen usw.).

## Die Optimierung der sportlichen Bewegung zur Maximierung der Leistung

Die Zielgröße der sportlichen Bewegung ist meistens die Leistung. Dem Biomechaniker stellt sich somit die Frage: Wie muss die sportliche Bewegung aussehen, damit die Leistung maximal wird?

### Theoretische Prinzipien

Nach Hochmuth<sup>4</sup> gibt es einige theoretische biomechanische Prinzipien, die bei der Bewegungsausführung beachtet werden müssen.

- Prinzip der Anfangskraft: Dieses Prinzip besagt, dass zu Beginn der Bewegung die Muskulatur vorgespannt sein muss (zum Beispiel Ausholbewegung).
- Prinzip des optimalen Beschleunigungswege: Damit ein Sportler bei irgendwelcher Bewegung seine vorhandene Kraft maximal ausschöpfen kann, muss der Beschleunigungsweg optimal sein (zum Beispiel Beschleunigungs weg beim Kugelstoßen, Handball, Eishockey usw.).
- Prinzip der zeitlichen Koordination der Teilimpulse: Der Einsatz der verschiedenen Muskeln und Muskelgruppen muss gut koordiniert erfolgen (zum Beispiel Beine, Rumpf, Arme). Am Schluss der Bewegung müssen auch die Teilimpulse abgeschlossen sein. Dies bedeutet, dass der Kraft Einsatz der verschiedenen

Muskelgruppen je nach Kraft, Hebelverhältnissen, Bewegungsgeschwindigkeit usw. zu unterschiedlichen Zeitpunkten erfolgen muss (zum Beispiel Gewichtheben).

- Prinzip von actio = reactio: Jede Kraft erzeugt eine gleich grosse Reaktionskraft. So bewirkt beispielsweise eine Aufwärtsbewegung irgendeines Körperteils einen zusätzlichen Druck abwärts. Dieses Prinzip kann in vielen Sportarten leistungsfördernd angewandt werden (zum Beispiel grössere Haftriebung durch Aufwärtsbewegung des Oberkörpers beim Langlauf, Schwungarmeinsatz beim Hochsprung).
  - Prinzip der Impulserhaltung: Jeder Bewegungsimpuls bleibt erhalten, ausser er wird durch innere oder äussere Kräfte abgebaut (zum Beispiel bei einer Pirouette wird durch das Anziehen der Arme die Rotationsgeschwindigkeit grösser).

Diese theoretischen Prinzipien müssen bei der Optimierung des sportlichen Bewegungsablaufes berücksichtigt werden.

## Bewegungsanalysen

Der ideale Bewegungsablauf kann auch mit Hilfe von Bewegungsanalysen gefunden werden. Als Hilfsmittel für solche praktischen Untersuchungen eignen sich: Hochfrequenzkameras, Kraftmessplatte, Beschleunigungsmesser, usw. Eine der Hauptzielsetzungen einer Bewegungsanalyse ist, leistungsbestimmende Messgrößen zu finden, also solche Größen, in denen sich gute von schlechten Sportlern deutlich unterscheiden.

Durch statistische Berechnungen können die Bedeutung der Technik-Faktoren für die Leistung und die Zusammenhänge untereinander festgestellt werden. Solche Analysen ermöglichen ein besseres Bewegungsverständnis und damit ein viel zielgerichteteres und wirkungsvolleres Training. Im folgenden wird am Beispiel des 100-m-Laufes eine Bewegungsanalyse dargestellt (Abbildung 5).

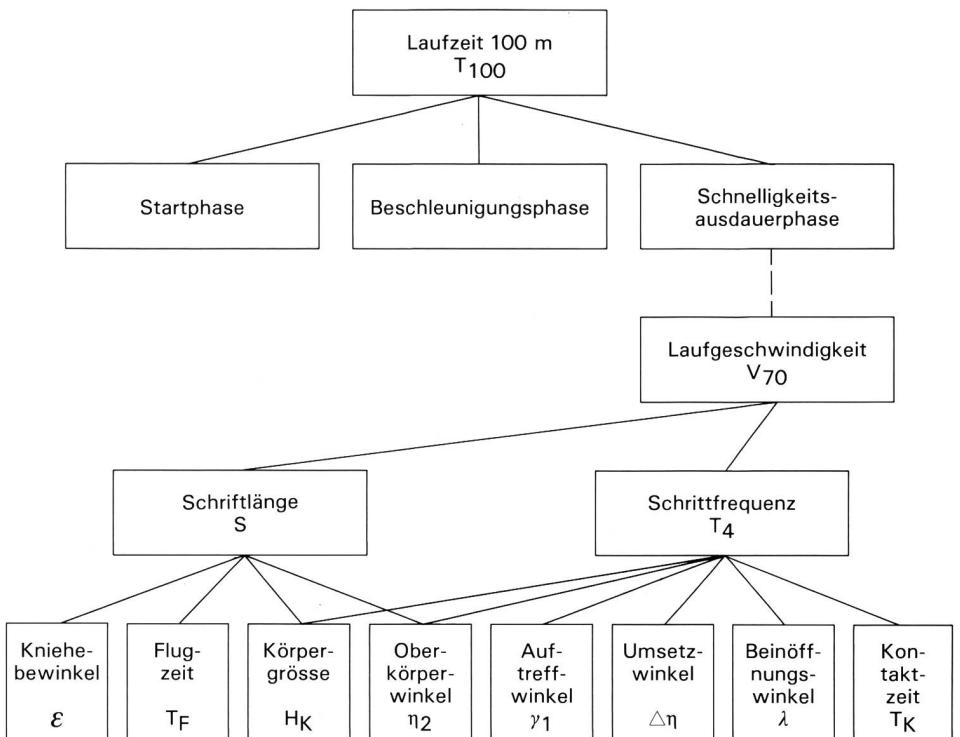


Abbildung 6: Die wichtigsten Faktoren des 100-m-Laufes und ihre Zusammenhänge.

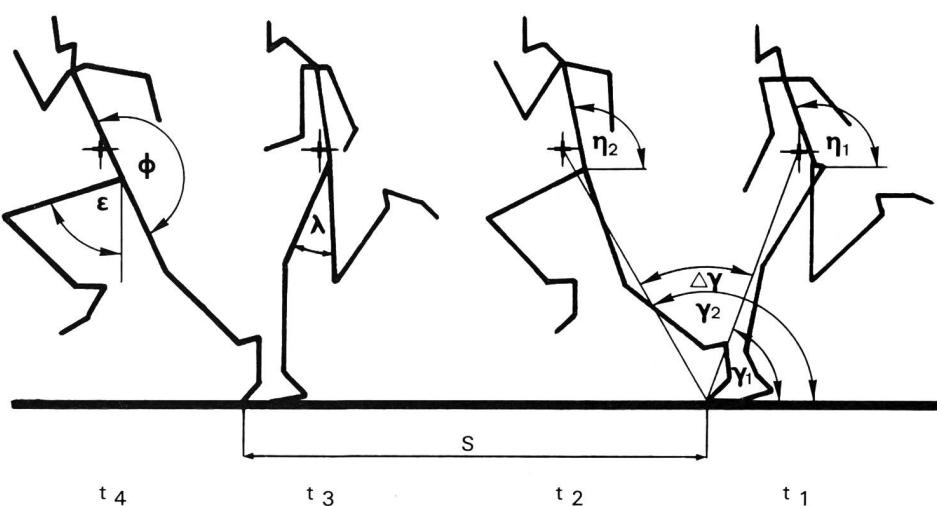
Die in der Abbildung 5 eingezzeichneten Größen haben sich als leistungsbestimmend herausgestellt. Beim Sprint ist es offensichtlich wichtig, dass die Knie hoch und schnell gehoben werden ( $\varepsilon$ ), dass der Oberkörper in Vorlage gehalten wird ( $\eta_1$ ,  $\eta_2$ ), dass das Schwungbein möglichst schnell nachgezogen wird ( $\lambda$ ) und dass die Bremswirkung auf dem Boden möglichst gering ist ( $\gamma$ ). Falls diese Kriterien erfüllt sind, resultieren daraus automatisch eine grosse Schrittänge und eine hohe Schritt-frequenz und damit eine hohe Laufge-schwindigkeit. Wie die einzelnen Mess-größen untereinander zusammenhängen, zeigt das Schema in Abbildung 6.

Daraus ist ersichtlich, dass der 100-m-Lauf in die 3 Phasen Start-, Beschleunigungs- und Schnelligkeitsausdauer unterteilt werden kann. In der Schnelligkeitsausdauer-

phase, also dem Abschnitt mit der höchsten Geschwindigkeit zwischen 40 und 100 m, ist die Laufgeschwindigkeit die wichtigste Messgröße. Sie wird bestimmt durch die beiden Komponenten Schrittänge und Schrittzahl. Aus dem Schema wird ersichtlich, welche Faktoren sich auf die Länge und die Frequenz der Schritte auswirken. So haben beispielsweise hohes Knieheben und grosse Oberkörpervorlage einen positiven Zusammenhang zur Schrittänge, das heißt, dass durch ein Training dieser 2 Komponenten die Schrittänge vergrössert werden kann. Die Schrittzahl andererseits kann gesteigert werden, indem die Füsse ohne grosse Bremswirkung nahe unter dem Körperschwerpunkt aufsetzen (grosser Auftreffwinkel), und vor allem, indem das Schwungbein möglichst schnell nachgezogen wird (kleiner Beinöffnungswinkel).

Auch wenn die Gesamtleistung bei allen Sportarten maximiert werden muss, können die Zielsetzungen bei den einzelnen Sportdisziplinen ganz unterschiedlich sein. Beim Sprint muss der Krafteinsatz bei jedem Schritt bei möglichst optimaler Bewegung maximal sein. Beim Radfahren oder beim Skilanglauf darf der Krafteinsatz bei der einzelnen Teilbewegung nicht maximal sein, weil bei maximalem Krafteinsatz zu viel Energie «verschwendet» wird. Die limitierenden Faktoren bei den Ausdauersportarten sind eher Kreislauf und Stoffwechsel. Aufgrund dieser Voraussetzung muss sich der Athlet möglichst ökonomisch fortbewegen und dazu eine optimale Technik verwenden.

Es gibt auch Sportarten, bei denen neben der optimalen und ökonomischen Teilbewegung auch die Bewegungspräzision ei-



*Abbildung 5:* Der Bewegungsablauf beim 100-m-Lauf.

ne entscheidende Rolle spielt. Dabei handelt es sich oft um Mannschaftssportarten, die ein perfektes Harmonieren unter den Einzelsportlern verlangen. Am Beispiel des Ruderns (Abbildung 7) aufgezeigt heißt das, dass das Boot nur dann optimal läuft, wenn beide Ruderer einen gleichzeitigen und gleichförmigen Kraftaufwand leisten. Das Beispiel einer schlechten Bewegungspräzision in Abbildung 7 bedeutet, dass sich das Boot nicht geradlinig fortbewegt und dadurch Zeit eingebüßt wird.

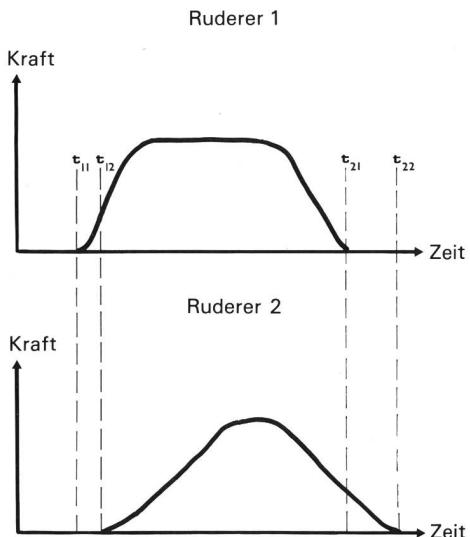


Abbildung 7: Beispiel eines schlecht koordinierten Krafteinsatzes beim Rudern.

Solche Bewegungsanalysen können für den Trainingsprozess sehr hilfreich sein. Man kann daraus nicht nur ableiten, welche Technikkriterien für die Leistung massgebend sind. Über die entsprechenden Kenntnisse der Anatomie des Körpers kann man auch ableiten, welche Muskeln und Muskelgruppen für die Bewegung wichtig sind und demzufolge speziell trainiert werden müssen. Abbildung 8 zeigt vereinfacht die für den Sprintlauf wichtige Muskulatur.

Wenn die für die Bewegung verantwortliche Muskulatur bekannt ist, sollte es nicht allzuschwer sein, sinnvolle Trainingsübun-

gen zu deren Kräftigung zu finden. So kann zum Beispiel die Wadenmuskulatur durch Sprungübungen auf den Fussballen oder durch Zehenstand gegen den Widerstand der Kraftmaschine oder der Scheibenhanter gekräftigt werden. Geeignete Trainingsübungen zur Kräftigung der Kniestreckmuskulatur wären Kniebeugen gegen Widerstand und gewisse Sprungkraftformen (zum Beispiel Froschhüpfen). Welche Trainingsmethoden beim Krafttraining eingesetzt werden sollen, kann über die Erkenntnisse aus der Trainingslehre beurteilt werden.

Diese Überlegungen bei der Analyse eines Bewegungsablaufes zeigen, wie eng gekoppelt die Komponenten Technik und Kondition sind. Das heisst: Das Training der konditionellen Voraussetzungen sollte nie Selbstzweck sein, sondern über die Verbesserung der Technik zu besseren Leistungen führen.

## Grenzen und Reserven

### Grenzen

Die zunehmende Bedeutung des Sports hat dazu geführt, dass sich auch die Wissenschaft immer mehr dafür interessiert. Es gibt kaum Sportarten, wo nicht mit wissenschaftlichen Methoden versucht wird, Leistungssteigerungen herbeizuführen. Diese Tendenz führt unweigerlich dazu, dass man den Grenzen immer näher rückt. Die vom Biomechaniker aus gesehen idealen Bewegungsabläufe sind heute vielfach bekannt und werden von den weltbesten Athleten beherrscht. Auch in bezug auf die Trainingsmaßnahmen und -methoden gibt es keine gravierenden Unterschiede mehr. In vielen Sportarten dürften in bezug auf die sportliche Technik kaum mehr entscheidende Fortschritte zu erwarten sein.

### Reserven

Aus biomechanischer Sicht liegen die Reserven im Hochleistungssport weniger im Erforschen und Erarbeiten neuer Bewegungstechniken, sondern eher im Verbessern der konditionellen Voraussetzungen und vor allem in der individuellen Trainingsgestaltung. Dabei können biomechanische Untersuchungen Aufschluss geben über die Stärken und Schwächen im Bewegungsablauf jedes Athleten und bilden damit eine wichtige Grundlage für die Wahl der Trainingsmittel und Trainingsmethoden. Voraussetzungen für eine solche individuelle Trainingsplanung und Gestaltung sind eine fruchtbare Zusammenarbeit zwischen Theoretikern und Praktikern und letztlich auch eine vielseitige und gründliche Trainerausbildung.

## Zusammenfassung

Im vorliegenden Artikel wurde versucht, die Grenzen und Reserven im Hochleistungssport vom Standpunkt der Biomechanik aus abzuschätzen.



Evelyn Ashford, die amerikanische Weltklasse-sprinterin, schied in Helsinki an den Leichtathletik-WM 1983 im 100-m-Final wegen eines Muskelrisses aus.

Zusammenfassend kann festgehalten werden, dass sowohl bei den Grenzen als auch bei den Reserven keine allgemeingültigen Aussagen gemacht werden können. Die entsprechenden Bereiche sind je nach den Rahmenbedingungen individuell ganz verschieden. Das heisst, dass jeder Athlet im Hochleistungsalter auch individuell betreut werden sollte. Damit dies möglich ist, muss vor allem der Traineraus- und -weiterbildung und der Zusammenarbeit zwischen Wissenschaft und Praxis mehr Beachtung geschenkt werden. Nur wer über die Trainingsprobleme Bescheid weiß, kann mit ihnen im langfristigen Trainingsprozess auch umgehen. Auf diese Art sollte es möglich sein, noch brachliegende Reserven freizulegen, die individuellen Grenzen hinauszuschieben oder mindestens nicht zu überschreiten. ■

### Literatur:

- 1 Cotta H., Krahl H., Steinbrück K., Die Belastungstoleranz des Bewegungsapparates. Stuttgart, 1980
- 2 Harre D., Trainingslehre, Berlin, 1971
- 3 Hettinger Th., Isometrisches Muskeltraining. Stuttgart, 1968
- 4 Hochmuth G., Biomechanik sportlicher Bewegungen. Frankfurt a.M., 1967
- 5 Kinz HR., Biomechanische Analysen als Mittel der Trainingsplanung. Bad Homburg, 1983
- 6 Segesser B., Stacoff A., Nigg B.M., Die Belastbarkeit der Sprunggelenke aus biomechanisch-klinischer Sicht. Med. und Sport 23, 1983, H 1-3
- 7 Weinack J., Optimales Training. Erlangen, 1980
- 8 Yamada H., Strength of Biological Materials. New York, 1973

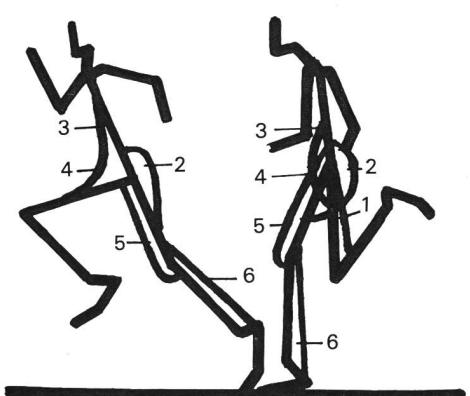


Abbildung 8: Die für den Bewegungsablauf Sprint wichtige Muskulatur.