

MARTIN LAMES

Leistungsentwicklung in der Leichtathletik – Ist Doping als leistungsfördernder Effekt identifizierbar?

Einleitung

Dieser Vortrag¹ bildet den Einstieg in die Ringvorlesung, da hier einleitend die Problematik untersucht wird, wie Belege für die Prävalenz von Doping im Hochleistungssport zu finden sind. Es sei an dieser Stelle bereits vorweg genommen, dass sich zwar Befunde finden lassen, die als Belege für Doping-Effekte interpretiert werden können, aber mit der hier vorzustellenden Methode nicht der Anspruch auf einen kausalen und erst recht nicht auf einen juristischen Beleg beansprucht werden kann. Zu welchem Schluss man, gestützt auf die Resultate, die mit der vorzustellenden Methode ermittelt werden können, schließlich gelangt, ist in einem erheblichen Maß der interpretativen Freiheit unterworfen.

Die Untersuchung selbst geht zurück auf ein langjähriges Forschungsinteresse an der leichtathletischen Entwicklungsdiagnostik. Während zunächst prognostische Untersuchungen durchgeführt wurden (Lames, 1983; Fuchs & Lames, 1989), wandte sich das Interesse später mehr ihrer paradigmatischen Bedeutung für Zeitreihenanalyse und prozessuale Modellbildung im Sport zu (Lames, 1994; Perl, Lames & Glitsch, 2002). Auch der für trainingswissenschaftliche Zwecke hoch bedeutsame Aspekt des Nachweises von Effekten in der Leistungsentwicklung konnte an diesem Beispiel methodologisch untersucht werden.

Da die resultierenden Ergebnisse stark von der gewählten Modellbildung beeinflusst werden, ist es notwendig, zunächst auf methodisch-modellbildnerische Fragen der Analyse von Leistungsentwicklungen in der Leichtathletik einzugehen.

Methodologie der Analyse von Leistungsentwicklungen

Die Datenbasis

Die Leichtathletik provoziert geradezu mathematisch-statistische Analysen, da ihre Ergebnisse konsequent in Metern und Sekunden gemessen werden. Es bleibt allerdings die Frage, mit welchen dieser „harten“ Daten man die Leistungsentwicklung in den einzelnen Disziplinen beschreiben möchte. Diese Überlegungen kann man auch als Operationalisierung des Terminus „Leistungsentwicklung einer Sportart“ verstehen. Es stellen sich im Einzelnen die Fragen (1) des untersuchten Zeitraums, (2) der Dichte der Datenerhebung und (3) der Aggregation der Daten pro Erhebungszeitpunkt.

(1) Erste Beschreibungen leichtathletischer Disziplinen, u.a. mit genauen Wettkampfergebnissen, stammen aus der Antike (z.B. Weiler, 1981). Wir kennen beispiels-

weise recht genau die antiken Sprungweiten im Weitsprung, allerdings sprang man damals mit zusätzlichen Gewichten in der Hand, den Altyses (*αλτησεες*). Für den hier verfolgten Zweck der Beschreibung der Leistungsentwicklung in der modernen Leichtathletik ist allerdings ein sehr viel kürzerer Zeitraum anzusetzen. Dieser kann nur per Konvention fest gelegt werden, da natürlich die historischen Grenzen fließend sind.

Im hier vorgestellten Projekt wird die moderne Leichtathletik mit dem Zeitraum von 1960 bis heute verknüpft. Man kann argumentieren, dass der 2. Weltkrieg eine Zäsur darstellte. So wurden beispielsweise die Weltrekorde aus 1939 von Rudolf Harbig über 400 und 800 Meter erst spät (1948 bzw. 1955) überboten. Wenn man die 50er Jahre als die Zeit der Überwindung dieser Zäsur betrachtet, dann ist es plausibel, wenn ab 1960 von der modernen Leichtathletik gesprochen wird.

(2) Nach dieser Vorabentscheidung ist zu klären, mit welchen Daten man die Entwicklung der Disziplin beschreibt. Gelegentlich wird das Niveau einer Disziplin durch den Weltrekordstand oder die olympischen Siegleistungen operationalisiert. Gegen die Weltrekorde ist einzuwenden, dass diese manchmal mehrfach in einer Saison verbessert werden, aber auch jahrelange Stagnationen zu beobachten sind. Ein schönes Beispiel ist der Weitsprung der Männer, dessen Entwicklung geprägt ist von den 8,90m von Bob Beamon 1968 bei den Olympischen Spielen in Mexico City (vgl. Abb. 1). Es ist natürlich Unfug, das Niveau dieser Disziplin in den Jahren nach 1968 bis 1991 mit diesem Wert zu repräsentieren.

Für olympische Siegleistungen gelten ebenfalls Einwände. Zunächst einmal fallen sie nur alle vier Jahre an. Gewichtiger ist aber noch, dass sie nicht unbedingt das Leistungsniveau einer Disziplin repräsentieren, einmal weil Besonderheiten des jeweiligen Wettbewerbes (Wind, Regen, Höhenlage) dieses Bild verfälschen und dann weil es bei Olympia auf den Sieg ankommt – neben der Teilnahme. So gibt es Disziplinen, in denen zwischen einer Sieg- und einer Rekordtaktik unterschieden wird und in denen die Siegleistungen auf den Wettkampfhöhepunkten regelmäßig geringer ausfallen als bei Rekordversuchen.

Development of track and field performances – is there evidence for doping-effects?

Track and field performance has always been subject to mathematical description and forecasting. In this study, the aim is to model and identify doping-related effects in track and field development in the long-term. Three effects were modeled and analysed: (1) *dope_in* describes the introduction of anabolic steroids in the sixties and early seventies, (2) *dope_out* models the effect of enhanced controls introduced in 1988/89, and (3) *epo* analyses the effect of erythropoietin on performance in endurance disciplines.

1 Unter dem Titel „Wer dopt nicht? Darstellung von Doping-Effekten in der Leistungsentwicklung der Leichtathletik“ am 23. April 2001 gehaltenen Vortrag im Rahmen der Ringvorlesung „Leistungssteigerung durch Doping“ an der Universität Rostock.

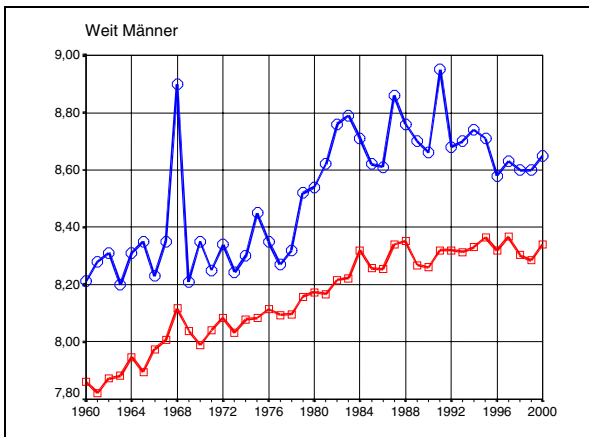


Abb. 1. Weitsprung Männer. Verlauf der Weltjahresbestleistung (O) und des Mittelwertes der 20 Weltjahresbesten () von 1960 bis 2000: Der Weltrekordstand ist keine geeignete Repräsentation einer Disziplin.

In der vorliegenden Untersuchung wird daher auf die jährlich anfallenden Daten der Weltjahresbestenliste zurück gegriffen. Wenn man davon ausgeht, dass jeder Athlet im Laufe einer Saison versucht, seine Bestleistung zu realisieren, dann reflektiert eine Jahresbestenliste in hervorragender Weise den augenblicklichen Leistungsstand der Disziplin. Eine noch größere Datendichte als eine jährliche Erfassung scheidet aus, da das Wettkampfsjahr die Planungsgröße der Athleten für die Trainingsperiodisierung darstellt. Die Weltjahresbestenliste hat darüber hinaus den Vorteil, dass sie dokumentaranalytisch verfügbar ist, da sie jährlich, beispielsweise von der *Association of Track and Field Statisticians* veröffentlicht wird.

(3) Betrachtet man die Verläufe der jeweiligen Jahresweltbesten, so kann man häufig fest stellen, dass sich die Entwicklung nicht besonders kontinuierlich darstellt, sondern von mehr oder weniger großen Sprüngen gekennzeichnet ist. Dies rührt natürlich daher, dass eine Weltjahresbestleistung eine singuläre Leistung ist, die unter Umständen von Jahr zu Jahr große Schwankungen aufweisen kann. Es ist also fragwürdig, den Leistungsstand einer Disziplin mit einem singulären Ereignis abzubilden. Als aggregiertes Datum bietet sich der Mittelwert über die besten drei, fünf oder zehn Weltbesten an. Um einen für mathematische Analysen zweckmäßigen „glatten“ Verlauf der Daten zu erhalten, wurden in unserem Projekt die Werte der 20 Weltbesten pro Jahr gemittelt und als Repräsentanten des Niveaus einer Disziplin im jeweiligen Jahr betrachtet. In Abb. 2 wird am Beispiel des 400m Laufs der Frauen gezeigt, dass der Abstand zwischen dem aggregierten Wert und der Jahresbestleistung stark schwankt, aber durch die Aggregation eine relativ kontinuierliche Entwicklung beschrieben wird.

Leistungsfördernde Effekte

Die Entwicklung des Leistungsniveaus in einer leichtathletischen Disziplin kann als Ausdruck einer Reihe leistungsfördernder Effekte interpretiert werden. Es ist zunächst nützlich, sich das Spektrum dieser Effekte zu vergegenwärtigen, um anschließend über die Modellierung einzelner Effekte nachzudenken. Man unterscheidet zunächst zwischen endogenen und exogenen Effekten, also solchen, die am Athleten lokalisiert werden können und solchen, die im Umfeld anzusiedeln sind. Beispiele für *endogene* Effekte sind:

- *Neue Techniken:* Als bestes Beispiel kann hier die Einführung der Flop-Technik im Hochsprung durch Dick Fosbury 1968 in Mexiko angesehen werden, die besonders im Frauenhochsprung einen Entwicklungsschub auslöste. Aber auch weniger offensichtliche Details der Bewegungsausführung in der Leichtathletik werden ständig verbessert.
- *Neue Trainingsmethoden:* Hier kann beispielsweise die Einführung und Verfeinerung des Intervalltrainings zu Beginn des untersuchten Datenzeitraumes erwähnt werden oder die Einsicht in die Notwendigkeit eines speziellen Krafttrainings in allen Disziplinen.
- *Verbesserte Trainingsorganisation:* Die Steigerung von Umfängen und Intensitäten ist auf ein immer besseres Verständnis der Belastungs- und Erholungsvorgänge zurück zu führen.
- *Legale unterstützende Mittel:* Eine verbesserte Ernährung, Substitution und Medikation stellen endogene Effekte der Leistungssteigerung dar, die, wie die Beispiele erläutern, nicht unbedingt nur auf Dopingmittel zurück zu führen sind.
- *Illegale unterstützende Mittel (Doping):* Wenn Substitution und Medikation auf Stoffe zurück greifen, die auf der Doping-Liste angeführt werden, dann kann deren Wirkung als endogener leistungsfördernder Effekt bezeichnet werden.

Gegenüber diesen endogenen Effekten der Leistungssteigerung weisen die *exogenen* Effekte noch ein wesentlich breiteres Spektrum auf:

- *Verbesserte Sportgeräte:* Paradebeispiel ist hier der Stab im Stabhochsprung, der gegenwärtig aus Kohlenstoffgewebe besteht und sich kaum noch mit den zu Beginn des Datenzeitraumes verwendeten Bambusstab vergleichen lässt, und damit wohl für einen Großteil der erheblichen Leistungszuwächse in dieser Disziplin verantwortlich ist.
- *Verbesserte Ausrüstungen/Sportanlagen:* Während man zu Beginn des Datenzeitraums mit Nagelschuhen auf Aschenbahnen lief, erlauben die heutigen Schuhe und Kunststoffbahnen nicht nur bessere Leistungen, sondern gewährleisten auch eine erhöhte Witterungsunabhängigkeit der Leistungen.

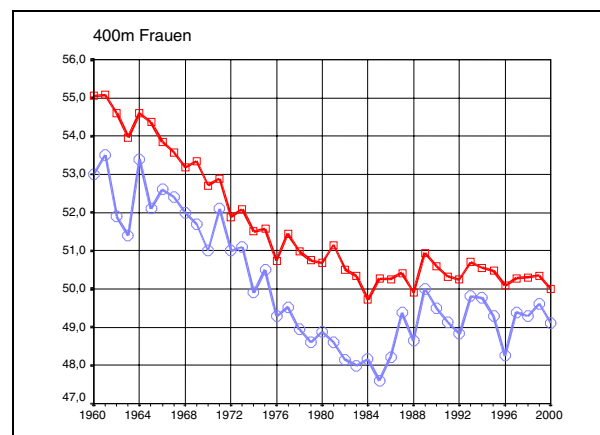


Abb. 2. Leistungsentwicklung im 400m Lauf der Frauen: Die Weltjahresbestleistung (O) ist durch heraus ragende Leistungen wie z.B. den Weltrekord durch Marita Koch (Rostock) aus 1985 geprägt, während der Mittelwert der besten 20 () wesentlich „glatter“ verläuft.

- *Soziale Prozesse:* Die Verbesserung der Lebensverhältnisse in den Entwicklungsländern erlaubt immer mehr Menschen die Teilnahme an einem Leistungssporttraining. Zwar gab es immer schon Disziplinen, die von Athleten aus Entwicklungsländern geprägt waren, aber dieser Effekt ist in den letzten Jahren überaus massiv geworden und hat die Leistung positiv beeinflusst. Den gleichen Effekt hat der Gleichstellungsprozess der Geschlechter, der es einer zunehmenden Anzahl von Frauen, beispielsweise aus arabischen und Drittwelt-Ländern, erlaubt, die Weltspitze in der Leichtathletik zu erreichen.
- *Politische Prozesse:* Die jeweiligen staatlichen Talent- und Leistungssport-Fördersysteme stellen wichtige exogene Effekte dar, die indirekt auf die Leistungsentwicklung Einfluss nehmen. Insbesondere der Stellenwert, der der Leichtathletik oder dem Leistungssport zur internationalen Repräsentation eines Staates zubemessen wird, ist hier überaus bedeutsam. In diesem Zusammenhang muss als weiterer politischer Prozess die Politik der Doping-Verfolgung in einem Staat genannt werden, die selbstredend auch einen Einfluss auf das Leistungsniveau hat.

Modellierung leistungsfördernder Effekte

Wenn man davon ausgeht, dass die menschliche Leistungsfähigkeit begrenzt ist, dann kann man den allgemeinen Entwicklungsverlauf als eine asymptotische Annäherung an eine Leistungsgrenze auffassen (vgl. Abb. 3, Leistungsgrenze 1). Dieses Verhalten ist jedoch nur dann zu erwarten, wenn entweder ein einziger Effekt während der gesamten Laufzeit die Entwicklung beeinflusst (vgl. Abb. 4, Stabhochsprung) oder wenn sämtliche Effekte gleichmäßig wirken.

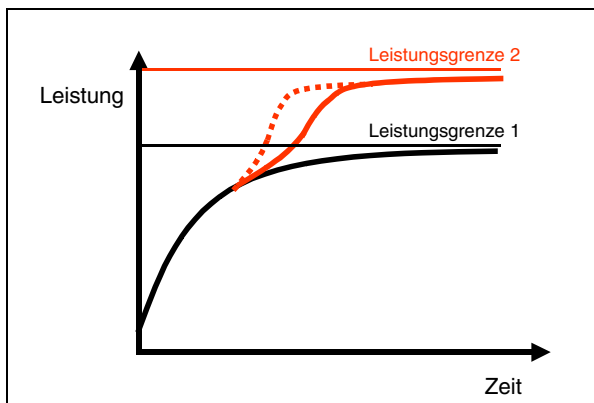


Abb. 3. Modellvorstellungen zur Wirkung von leistungsfördernden Effekten auf das Leistungsniveau.

Wie sieht die Entwicklung aber aus, wenn ein einzelner Effekt neu einsetzt und von erheblicher Wirkung auf das Leistungsniveau ist? Dann wird die Leistungsgrenze auf ein neues Niveau gehoben, die Leistungsentwicklung kann – bei starken Effekten – mit einer Linkskrümmung reagieren, also eine Phase mit zunehmendem Wachstum aufweisen. Erst später flacht sie nach einem Wendepunkt ab und strebt wieder asymptotisch, nun jedoch gegen die neue Leistungsgrenze (vgl. Abb. 3, Leistungsgrenze 2). Dabei kann man vermuten, dass zeitweilig auch eine Erhöhung der Leistungsvariation beobachtet wird, da zunächst die innovativen Athleten vom neuen Effekt profitieren und dieser erst später in die

Leistungsstruktur der gesamten Weltspitze integriert wird (vgl. Abb. 3, gestrichelte Linie, und Abb. 5, Kugelstoßen Männer, 60er Jahre).

Eine wichtige Konsequenz für unser Erkenntnisinteresse ist, dass ein Effekt nur dann statistisch isoliert werden kann, wenn er die allgemeine Entwicklung deutlich, d.h. schnell und intensiv, beeinflusst. Dies heißt aber im Umkehrschluss nicht, dass ein solcher Effekt nicht vorhanden ist, wenn er sich empirisch nicht nachweisen lässt!

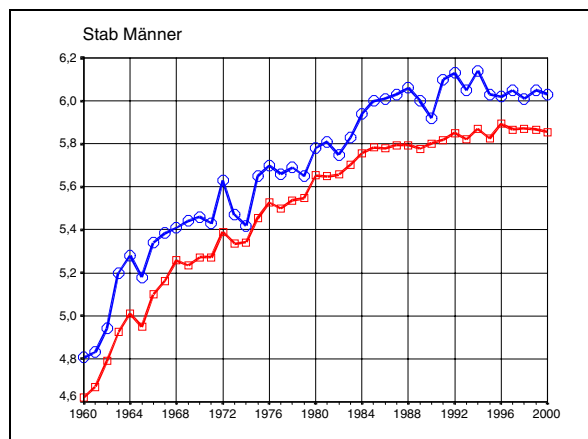


Abb. 4. Stabhochsprung Männer, Weltbesten (O) und Mittelwert 20 (□): Kontinuierliche Verbesserung des Materials überlagert wahrscheinlich die übrigen leistungsfördernden Effekte.

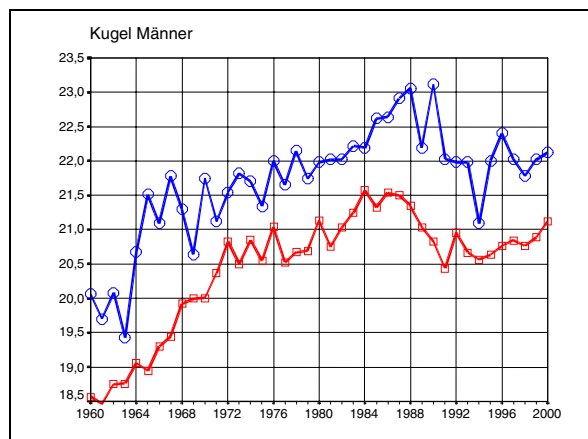


Abb. 5. Kugelstoßen Männer: Mitte der 60er Jahre ist ein Leistungsschub beim Weltbesten (O) zu registrieren, dieser leistungsfördernde Effekt ist bis 1972 in die Leistungsstruktur der Weltspitze (□) integriert und wird bis 1988 eher kontinuierlich verbessert.

Mathematische Modellierung

Mathematische Modellierung des Leistungsverlaufs

Traditionelle Ansätze modellieren die Entwicklung einer leichtathletischen Disziplin durch einen funktionalen Ansatz, also beispielsweise durch den linearen Ansatz einer Geraden $y = ax + b$. Die Parameter des funktionalen Ansatzes, hier a und b , werden so bestimmt, dass die Summe der quadrierten Abweichungen zwischen den Datenpunkten und der Funktion minimal wird (least squares-Kriterium der Regressionsanalyse).

Algorithmisch sehr einfach ist die Anpassung von Polynomen (linear, quadratisch, kubisch usw.). Fragt man sich allerdings aus der Perspektive der Modellbildung nach den Eigenschaften dieser Modelle, dann treten Zweifel auf, ob sie dem Original der leichtathletischen Disziplinen gerecht werden können. Während einfache Polynome vielfach die Verlaufsstrukturen nicht nachvollziehen können, verbietet sich auch der Rückgriff auf höhergradige Polynome. Zwar kann theoretisch jeder Verlauf von $n+1$ Datenpunkten durch ein Polynom des Grades n exakt nachvollzogen werden, aber dies nur im Sinne einer Interpolation, nicht jedoch im Sinne einer Regression. Mit wachsendem Polynomgrad treten „Aus-schläge“ zwischen den Datenpunkten auf, und eine Extrapolation ist nicht einmal mehr für ein Jahr realistisch.

Das Extrapolationsargument betrifft grundsätzlich die Polynomregression, da alle Polynome mit der Zeit gegen Unendlich streben, was nicht mit der Annahme von Leistungsgrenzen in Übereinstimmung zu bringen ist. Auch der Nachweis von Gundlach (1968), dass die DDR-Leichtathletik auf einem guten Weg ist, die Weltspitze einzuholen und langfristig zu überholen, geht auf die unzulässige Extrapolation linearer Trends mit unterschiedlichen Steigungen zurück.

Aus Sicht der Modellbildung stellt es also sicherlich einen Fortschritt dar, zur Beschreibung des Entwicklungsverlaufs leichtathletischer Disziplinen solche Funktionen zu verwenden, die einen Grenzwert einnehmen. Pfetsch et al. (1975) setzen deshalb Exponentialfunktionen mit Grenzwert ein. Lames (1983) verwendet drei Typen gebrochener rationaler Funktionen, die sowohl einen rein asymptotischen Verlauf als auch zwei Varianten eines Wendepunktverhaltens (neuer, starker oder schwacher leistungsfördernder Effekt) beschreiben konnten. Fuchs und Lames (1989) setzen die arctan-Funktion ein, mit der – je nachdem in welchem Abschnitt der Datenzeitraum gelegt wird – ebenfalls sowohl ein asymptotisches Wachstum als auch ein Wendepunktverhalten nachvollzogen werden kann.

Nur in der letzten Publikation wird das Vorgehen auch intensiv im Sinne einer inhaltlichen Modellierung diskutiert. Die bis dahin beeindruckenden Resultate rührten daher, dass die Entwicklung von einem sehr starken Wachstum geprägt war, das durch diverse Funktionen gut beschreibbar war. Aus der Sicht der Modellbildung bezeichnet man aber das einfache Nachvollziehen eines Verlaufs als eine „Input-Output-Modellierung“ (Spriet & Vansteenkiste, 1982) oder nach Bossel (1994) eine „Verhaltensmodellierung“. Man interessiert sich nicht für das interne Funktionieren des modellierten Systems, sondern bildet lediglich die Input-Output-Relation (hier: Zeit-Leistungsniveau-Relation) ab. Man muss sich dann allerdings darüber im Klaren sein, dass beispielsweise Extrapolationen nur unter dem Vorbehalt der Konstanz aller Einflussgrößen sinnvoll sind, was bei verhaltenswissenschaftlich determinierten Prozessen aber nicht unterstellt werden kann, wie das Beispiel leichtathletischer Disziplinen besonders deutlich macht (Perl, Lames & Glitsch, 2002).

Gefordert wäre eine Strukturmodellierung (ebd.), die sämtliche relevanten Subsysteme und deren Wechselwirkungen abbildet. Dies ist allerdings bei der aufgezählten Vielfalt der Einflussgrößen auf das Niveau einer leichtathletischen Disziplin nicht einzulösen, da es sich bspw. um

politische und soziale Prozesse handelt, die kaum einer formalisierten Modellierung zugänglich sind und darüber hinaus in ihrem Einfluss auf die sportliche Leistung nur schwer abzuschätzen sind. Wie viel Hundertstel Fortschritt auf der 100m-Strecke bedeutete es, wenn alle Frauen auf der Erde undiskriminierten Zugang zu ihren jeweiligen Leistungssportfördersystemen hätten?

Man muss an dieser Stelle als Ergebnis jahrelanger Bemühungen um eine adäquate Modellierung der Leistungsentwicklung in der Leichtathletik fest halten, dass die Beschreibung dieses Prozesses durch einen mathematisch-funktionellen Ansatz unter Optimierung der Anpassung durch die Parameterwahl aus der Sicht der Modellbildung als unzureichend begründbar betrachtet werden muss. Es lässt sich bestenfalls die zurückliegende Entwicklung in ihren allgemeinen Trends prüfen, aber Extrapolationen sind grundsätzlich unseriös.

Eine Illustration, welchen historischen Irrtümern ein Black-Box-Modellierer unterliegen kann, geben Perl, Lames und Glitsch (2002). Die Prognosen für die Leistungsentwicklung im Kugelstoßen der Frauen differieren erheblich, je nachdem wann die Berechnungen angestellt werden. Sowohl der zu unterstellende Trend als auch die Prognoseergebnisse können nicht seriös über einen längeren Zeitraum behauptet werden.

Methode der Effektmmodellierung

Die eben genannten Schwierigkeiten mit einer globalen Modellierung der Disziplinen führen dazu, dass man sich auf die Modellierung einzelner Effekte konzentriert. Im Zusammenhang dieser Vorlesungsreihe sind natürlich solche Effekte von besonderem Interesse, die man mit der Dopingproblematik in Verbindung bringen kann. Im Folgenden wird die Vorgehensweise geschildert, die es erlaubt, solche Effekte auf ihre Größe (Amplitude) und Signifikanz zu überprüfen. Eine ausführliche Schilderung und Kritik des Verfahrens ist Lames (1999) zu entnehmen.

Die Grundidee des Verfahrens besteht darin, eine Funktion, die den zu analysierenden Effekt beschreibt, auf eine Basis-Modellierung aufzuschalten. Die Parameter dieser Effektfunktion für die beste Anpassung sind dann die Schätzungen für die Effektgröße, die Signifikanz des Effektes kann aus der Verbesserung der Anpassung abgeleitet werden. Die Vorgehensweise umfasst drei Schritte:

1. *Basis-Modellierung*: In einem ersten Schritt ist dem Problem zu begegnen, dass man es bei den betrachteten Disziplinen mit autokorrelierten Zeitreihen zu tun hat. Das Niveau einer Disziplin in einem Jahr hängt offensichtlich immer mehr oder weniger mit ihrem Niveau im letzten Jahr zusammen. Um diese seriellen Abhängigkeiten zu eliminieren wird als Basis-Modellierung eine ARIMA-Analyse nach Box und Jenkins (Lames, 1994) für einen Baseline-Zeitraum vorgenommen.
2. *Effekt-Modellierung*: Unter Umsetzung der inhaltlichen Annahmen wird eine Modellierung des zu untersuchenden Effekts vorgenommen. Einfache, aber vielfach hinreichende Effektfunktionen stellen die Step- und die Slope-Funktion dar, die einen leistungswirksamen Effekt modellieren, der sofort wirksam ist (Step) oder über einen längeren Zeitraum in die Leistungsstruktur integriert wird (Slope, vgl. Abb. 6).

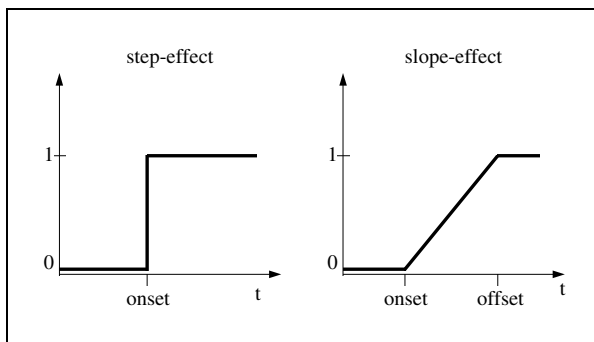


Abb. 6. Die verwendeten Effektfunktionen: Step-Effekt und Slope-Effekt.

3. **Effektberechnung:** Die an der Baseline gefundene Basis-Modellierung wird zusammen mit der Effektfunktion auf den gesamten Datenzeitraum angewendet. Damit erhält man eine Aussage über die Größe (Amplitude) des Effekts und dessen Signifikanz. Präzise formuliert sagt der Wert für die Amplitude aus, wie groß der Effekt anzunehmen ist, wenn damit der Gesamtverlauf der Daten optimal beschrieben werden soll. Das Signifikanzniveau sagt aus, ob die Verbesserung der Anpassung mit Effektfunktion gegenüber der Anpassung ohne Effektfunktion überzufällig ist.

Ein spezielles Erkenntnisinteresse dieser Untersuchung bezieht sich auf den Vergleich der Effektgrößen, die ja in den Einheiten und Größenordnungen der jeweiligen Disziplinen ermittelt werden. Hier wurde in Anlehnung an die übliche Effektstärkenbestimmung (Cohen, 1977) Vergleichbarkeit durch eine Standardisierung vorgenommen, welche die Größe des Effekts an der Standardabweichung in der Baseline relativiert.

Modellierte Effekte

Tabelle 1 gibt eine Übersicht über die untersuchten Effekte. Die Effektmodellierung kann als eine Mischung aus inhaltlicher Modellbildung und einer ex post-Modellierung betrachtet werden.

Tab. 1. Die untersuchten Effekte und ihre Modellierung durch Effektfunktionen.

Effekt	Modellierung	Disziplinen
<i>Dope_in</i> Verbreitung anaboler Steroide	Slope-Funktion Onset 1965/68 M/F Offset 1972/76 M/F	Wurf-/Stoss M/F
<i>Dope_out</i> Einführung von Trainingskontrollen auf anabole Steroide	Step-Funktion Onset 1988/89	Wurf-/Stoss, Sprint, Sprung M/F
<i>Epo</i> Verbreitung von Erythropoietin	Slope-Effekt Onset 1991-1994 Offset 1996-1998	Lauf M

- Ausschließlich inhaltlich begründbar ist der Effekt *dope_out*, da er durch eine Regeländerung beschrieben wird, die mit dem Saisonwechsel 1988/89 in Kraft trat. Ab diesem Zeitpunkt wurden Dopingkontrollen – hauptsächlich zum Nachweis anaboler Steroide – nicht nur mehr auf Wettkämpfen durchgeführt, sondern können unangemeldet während des gesamten Jahres statt finden (Trainingskontrollen).
- Der Effekt *dope_in* soll die leistungsfördernde Wirkung anaboler Steroide beschreiben. Pharmakologisch verfügbar waren diese Substanzen zu Beginn der 60er Jahre zunächst in den USA, dann auch in Europa und im Ostblock. Bei den Frauen ist zu beobachten, dass die Entwicklungssprünge erst später statt finden, was sicherlich mit der Dominanz von Ostblock-Sportlerinnen in den Kraftdisziplinen zu erklären ist. Auch politisch besonders motivierte Einzelentwicklungen wie z.B. in der DDR (Hartmann, 1997) haben den Anabolika-Einsatz in der Frauenleichtathletik geprägt. Die genauen Jahreszahlen der Modellierung wurden durch Dateninspektion fest gelegt.
- Ähnliches gilt für den dritten untersuchten Effekt, den *Epo*-Effekt. Auch hier ist die pharmakologische Verfügbarkeit bekannt. Die gentechnische Synthese gelang Ende der 80er Jahre, nur wenige Jahre später setzen in den Ausdauerdisziplinen Leistungssteigerungen ein. Die genauen Ränder des Effekts wurden durch Dateninspektion gewonnen.

Neuerscheinung in der dvs-Schriftenreihe

KUNO HOTTENROTT (Hrsg.)

**Herzfrequenzvariabilität im Sport
Prävention – Rehabilitation – Training**

Symposium am 8. Dezember 2001 in Marburg
(Schriften der Deutschen Vereinigung für Sportwissenschaft, 129).
Hamburg: Czwalina 2002. 228 Seiten. ISBN 3-88020-409-8. 25,00 €.*

Neben Grundsatzbeiträgen zur Bedeutung und Wertigkeit der Herzfrequenzvariabilität (HRV) für die Belastbarkeitsdiagnostik und Belastungssteuerung im Ausdauersport sind in diesem Band weitere Beiträge den Themenfeldern „Einfluss des Ausdauertrainings auf die HRV“, „Quantifizierung von Entspannungseffekten mit der HRV“ sowie zur „Standardisierung und Validierung der HRV-Analyseparameter“ zugeordnet. Die Beiträge geben einen aufschlussreichen Überblick über aktuelle Forschungsarbeiten an deutschen Universitäten und Hochschulen..

Richten Sie Ihre Bestellung an (* dvs-Mitglieder erhalten 25% Rabatt auf den Ladenpreis):

dvs-Geschäftsstelle · Postfach 73 02 29 · 22122 Hamburg · Tel.: (040) 67941212 · eMail: dvs.Hamburg@t-online.de



Wichtig festzuhalten an der Modellierung der untersuchten drei Effekte ist, dass natürlich auch jeder andere leistungsfördernde Effekt, der in den modellierten Zeiträumen wirksam war, unter die Wirkung der modellierten Effekte subsumiert wird. Mit der hier vorgelegten Methode ist grundsätzlich kein Rückschluss auf die Natur der leistungsfördernden Effekte möglich. Die Natur der Effekte kann nur argumentativ belegt werden, die weiteren Interpretationen stehen unter dem Vorbehalt, dass diese Argumentation akzeptiert wird.

Ergebnisse

Ergebnisse zum Einsatz der Verwendung anaboler Steroide

Wie aus den Abbildungen 7 und 8 grafisch und aus Tabelle 2 numerisch hervor geht, ist *dope_in* ein überaus starker Effekt in den Wurf- und Stoßdisziplinen der Männer und Frauen. Da der Effekt zeitlich die Verbreitung von anabolen Stereoiden modelliert, kann davon ausgegangen werden, dass diese ab ca. 1972 für die Männer und ab ca. 1976 bei den Frauen in die Leistungsstruktur der Weltspitze integriert waren. Zwei Besonderheiten fallen im Geschlechtsvergleich auf:

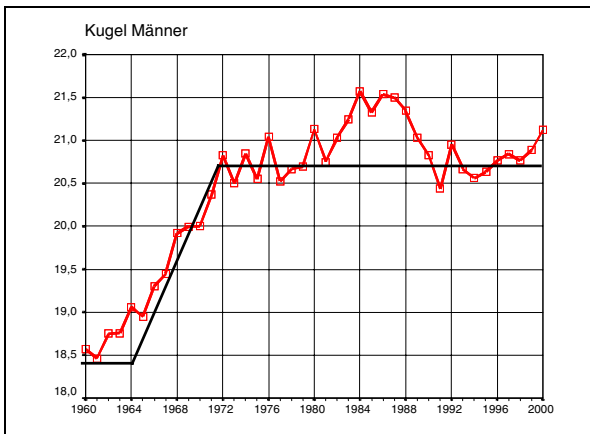


Abb. 7. Im Kugelstoßen der Männer wird für den Effekt *dope_in* eine Amplitude von 2,23 Metern (ss) und eine Effektstärke von 2,58 ermittelt.

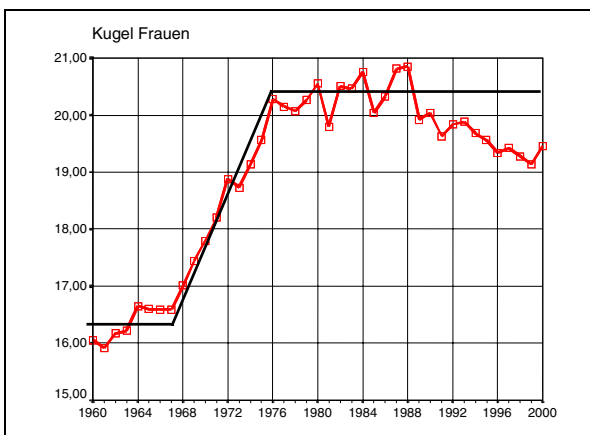


Abb. 8. Im Kugelstoßen der Frauen wird die Größe des Effekts *dope_in* mit 3,99 Metern (ss) und die Effektstärke mit 2,58 berechnet.

- *Dope_in* setzt bei den Frauen mit einer ca. vierjährigen Verzögerung ein. Dies kann damit erklärt wer-

den, dass die Weltspitze in diesen Disziplinen bei den Frauen im Wesentlichen von Ländern aus dem Ostblock gestellt wurde, die pharmakologische Innovation aber in den USA ihren Ausgang nahm. Möglicherweise gab es anfänglich auch Vorbehalte gegen eine Anwendung anaboler Steroide bei Frauen.

- *Dope_in* ist bei den Frauen wesentlich wirksamer als bei Männern. Dies ist zu erwarten, da das Ausgangsniveau an männlichen Sexualhormonen bei den Frauen niedriger ist als bei den Männern und somit mehr Raum für die Entfaltung ihrer anabolen Wirkungen vorhanden ist.

Tab. 2. *dope_in*: Ergebnisse für Wurf- und Stoßdisziplinen.

Disziplin	Onset-Offset	Effekt abs., Sign.	Effektstärke
Kugel M	1965-1972	2,23m, ss	2,58
Diskus M	1965-1972	7,54m, ss	2,42
Speer M	1965-1972	7,65m, ss	2,70
Hammer M	1965-1972	12,12m, ss	2,15
Kugel F	1967-1976	3,99m, ss	2,57
Diskus F	1967-1976	13,10m, ss	2,54
Speer F	1967-1976	8,43m, s	1,71

Die Ergebnisse in anderen Disziplinengruppen sind nicht so eindeutig wie in den Wurf- und Stoßdisziplinen. Es lassen sich zwar deutliche Wachstumsraten in den Sprint- und Sprungdisziplinen beobachten, doch diese setzen teilweise später und uneinheitlich ein und ihre Integration in die Leistungsstruktur nimmt einen längeren Zeitraum in Anspruch. Mit dem hier vorgestellten Verfahren ist man aber nicht in der Lage, solche leistungsfördernden Effekte zu erfassen, es beschränkt sich auf Effekte, die zeitlich gut eingrenzbar sind und zudem das Leistungsniveau auf Anhieb massiv verbessern. Aus dem Nicht-Vorliegen statistischer Befunde darf bekanntlich aber nicht auf das Nicht-Vorhandensein von Effekten geschlossen werden.

Ergebnisse zur Einführung von Trainingskontrollen

In den Abbildungen 9 und 10 ist zu erkennen, dass das Jahr 1988 einen gravierenden Einschnitt in die Leistungsentwicklung (fast aller) Disziplinen gebracht hat.

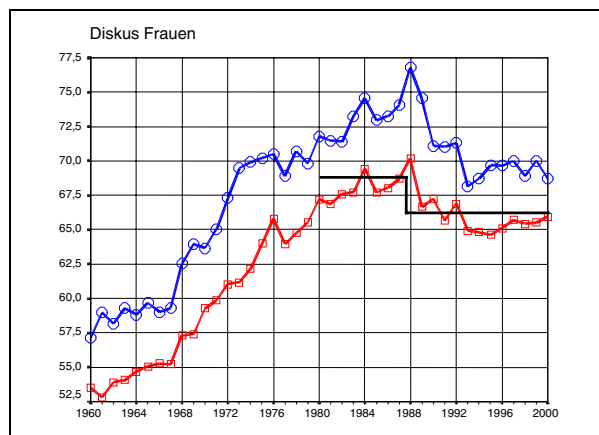


Abb. 9. Im Diskuswurf der Frauen wird *Dope_out* mit -2,58 Metern (ss) und einer Effektstärke von 1,63 berechnet.

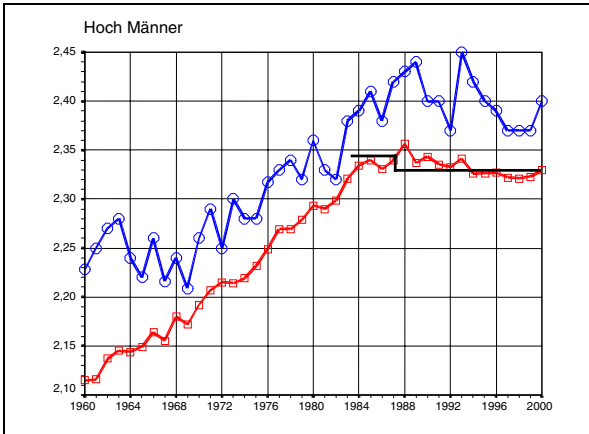


Abb. 10. Im Hochsprung der Männer wird *dope_out* mit -1,7 Zentimetern (ns) berechnet.

Man beobachtet vielfach Leistungseinbrüche, wenn bis 1988 ein Plateau erreicht wurde (Diskus F, Abb. 9). Wenn jedoch die Einführung von Trainingskontrollen auf Anabolika Leistungsrückgänge bewirkt, dann legt dies nahe, dass sie vor diesem Zeitpunkt eine Rolle im Leistungsaufbau gespielt haben. Wesentlich öfter kommt allerdings eine bis 1988 stetige Aufwärtsentwicklung nach diesem Jahr zum Erliegen (Hochsprung M, Abb. 10). Hier ist zu konstatieren, dass diese Art und Weise der Entwicklung, die als Indiz für die ausbleibende Wirkung der Leistungsförderung durch anabole Stereoiden gedeutet werden kann, von der eingesetzten Methode, die den Effekt als Step-Funktion modelliert, nur unzureichend erfasst wird.

Tab. 3. *dope_out*: Ergebnisse für ausgewählte Disziplinen der Männer und Frauen.

Disziplin	Effekt abs., Sign.	Effektstärke
Kugel M	-0,20m, ns	,23
Diskus M	-0,60m, ns	,19
Speer M	-0,60m, ns	,21
Hammer M	-1,13m, ns	,20
Kugel F	-0,79m, ss	1,59
Diskus F	-2,58m, ss	1,63
Speer F	-2,33m, s	1,15
100m F	0,17s, ss	1,88
200m F	0,30s, s	1,40
Hoch F	-0,4cm, ns	,70
Weit F	-18,1cm, ss	2,36

Ergebnisse zum Einsatz der Verwendung von Erythropoietin

Auf den Langstreckendisziplinen der Männer lässt sich überaus deutlich die Signifikanz des Effektes nachweisen, der die Verwendung von EPO modellieren soll. Der Weltrekord über 10.000 Meter wurde beispielsweise um über 40 Sekunden verbessert. Auch die Weltspitze machte eine sprunghafte Entwicklung durch. Weiter ist bemerkenswert, dass in den letzten Jahren des Datenzeitraums das Niveau wieder stagniert, so dass man schließen kann, dass die Weltspitze mit diesem leistungsfördernden Effekt „gesättigt“ ist.

In Tabelle 4 sind die Ergebnisse für eine ganze Reihe von Laufdisziplinen dargestellt. Hier ist der interessante Zusammenhang zu beobachten, dass der Epo-Effekt umso stärker auftritt, je länger die Laufstrecke ist. Dies kann unmittelbar auf den Wirkmechanismus des Erythropoietin zurück geführt werden, der die Sauerstoff-Transportkapazität des Organismus durch die Erhöhung der Anzahl der roten Blutkörperchen (Erythrozyten) positiv beeinflusst. Es ist daher nahe liegend, dass vor allem solche Laufdisziplinen von Epo profitieren, die kritisch von der Sauerstoff-Transportkapazität abhängen, was mit zunehmender Streckenlänge der Fall ist.

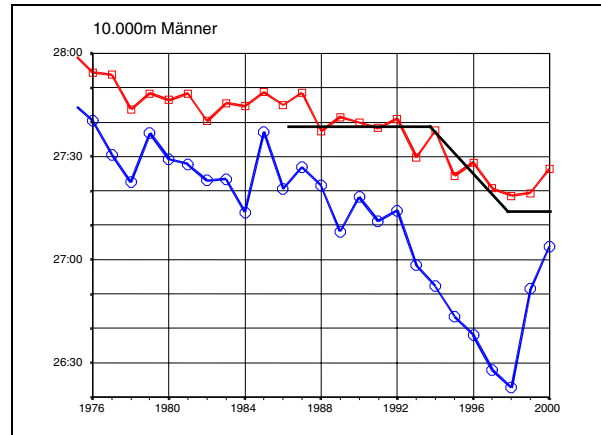


Abb. 11. Der Epo-Effekt wird für den 10.000m-Lauf der Männer mit einer Amplitude von -24,7s (ss) und einer Effektstärke von 2,32 berechnet.

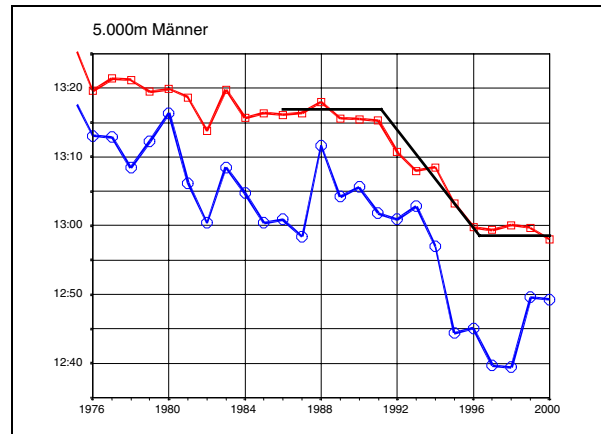


Abb. 12. Der Epo-Effekt wird für den 5.000m-Lauf der Männer mit einer Amplitude von -18,2s (ss) und einer Effektstärke von 2,31 berechnet.

Tab. 4. Epo: Ergebnisse für ausgewählte Laufstrecken der Männer.

Disziplin	Zeitraum	Effekt abs., Sign.	Effektstärke
400m M	1994-2000	-0,37s, ns	1,20
400m H M	1994-2000	-0,53s, sT	1,54
800m M	1993-1996	-0,82s, s	1,41
1500m M	1994-1997	-3,06s, ss	1,98
3000m H M	1993-1997	-8,45s, ss	1,91
5000m M	1991-1996	-18,23s, ss	2,31
10000m M	1992-1998	-24,72s, ss	2,32

Die Berechnung disziplinübergreifender Effektstärken erlaubt den direkten Vergleich, und in Abbildung 13 ist der geschilderte Zusammenhang zwischen Effektstärke und Streckenlänge eindrucksvoll wiedergegeben.

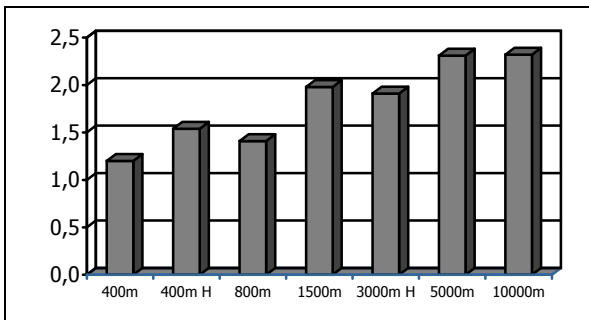


Abb. 13. Effektstärken des Epo-Effekts in Abhängigkeit von der Streckenlänge.

Zusammenfassung

Am Schluss der Betrachtungen ist noch einmal fest zu halten, welchen exakten Status die getroffenen Aussagen besitzen. Die Analysen können keinesfalls behaupten, einen kausalen Nachweis darüber geführt zu haben, dass Doping für die Leistungssteigerungen bzw. Dopingkontrollen für die Leistungsrückgänge verantwortlich sind. Es wurde allerdings versucht, drei Effekte so zu gestalten, dass sie Dopingwirkungen modellieren. Dabei lässt sich *dope_out* vollständig aus inhaltlichen Annahmen ableiten, während bei *dope_in* und *Epo* auch ex post-Dateninspektionen heran gezogen werden mussten, da präzise Informationen über den Beginn der Wirksamkeit der Dopingmittel in der Weltspitze der Leichtathletik naturgemäß nicht vorliegen.

Die „harte“ statistische Aussage, dass die Einbeziehung der so modellierten Effekte die Beschreibung der Daten überzufällig verbessert, kann zwar nicht als kausales, aber durchaus als starkes Plausibilitätsargument dafür angesehen werden, dass die modellierten Effekte auch tatsächlich inhaltlich wirksam waren. Wenn man dieser Argumentation folgt, dann bedeutet dies nicht, dass die

Disziplinen, in denen die Effekte nicht nachgewiesen werden konnten, vom Dopingverdacht rein gewaschen seien. Vielmehr gilt hier lediglich die statistische Unschuldsvormutung, da mit den eingesetzten Methoden aus verschiedenen Gründen die untersuchten Effekte nicht nachweisbar sind.

Literatur

- Bossel, H. (1994). *Modellbildung und Simulation* (2. Aufl.). Braunschweig: Vieweg.
- Cohen, J. (1977). *Statistical Power Analysis for the Behavioral Sciences*. Orlando: Academic Press.
- Fuchs, P. & Lames, M. (1989). Mathematische Modellierung der Leistungsentwicklung und Leistungsprognosen in der Leichtathletik. *Sportwissenschaft*, 19, 420-435.
- Gundlach, H. (1968). Leistungsvorhersagen in leichtathletischen Disziplinen. *Theorie und Praxis der Körperkultur*, 17, 605-616.
- Hartmann, G. (1997). *Goldkinder. Die DDR im Spiegel ihres Spitzensports*. Leipzig: Forum.
- Lames, M. (1983). *Entwicklungsdiagnostik im Sport. Methodologische Untersuchung zum Verlauf, zur Periodizität und zu Wachstumsgrenzen in der Leichtathletik*. Unveröff. Examensarbeit. Universität Mainz, Fachbereich Sport.
- Lames, M. (1994). Zeitreihenanalyse in der Trainingswissenschaft. *Spectrum der Sportwissenschaften*, 6 (1), 27-50.
- Lames, M. (1999). Harald goes to Work by Bike – Measuring the Effectiveness of a Physical Activity as Health Behaviour by a Single-Case Time-Series Analysis. *European Yearbook of Sport Psychology*, 3, 38-57.
- Perl, J., Lames, M. & Glitsch, U. (2002). *Modellbildung in der Sportwissenschaft*. Schorndorf: Hofmann.
- Pfetsch, F.R., Beutel, P., Stork, H.M. & Treutlein, G. (1975). *Leistungssport und Gesellschaftssystem*. Schorndorf: Hofmann.
- Spriet, J.A. & Vansteenkiste, G.C. (1982). *Computer-aided modelling and simulation*. London: Springer.
- Weiler, I. (1981). *Der Sport bei den Völkern der Alten Welt*. Darmstadt.

Prof. Dr. Martin Lames
Universität Augsburg
Bewegungs- und Trainingswissenschaft
86135 Augsburg
eMail: martin.lames@sport.uni-augsburg.de

Neuerscheinung in der dvs-Schriftenreihe

MONIKA ROSCHER (Hrsg.)

Gerätturnen – Eine Bewegungskultur in der Diskussion

1. Tagung der dvs-Kommission Gerätturnen vom 25.-27.9.2000 in Melle.
(Schriften der Deutschen Vereinigung für Sportwissenschaft, 128).
Hamburg: Czwalina 2002. 128 Seiten. ISBN 3-88020-408-X. 16,50 €.*

Wesentliche Fragen dieser Spannweite zwischen Tradieren und Reformieren in der Bewegungskultur des Turnens werden in diesem Band über die ersten Tagung der dvs-Kommission „Gerätturnen“ dokumentiert. Dabei wird die Bewegungskultur Gerätturnen aus der Perspektive der Sportgeschichte, der Bewegungswissenschaft und der Sportpädagogik/-didaktik diskutiert. Weiterhin werden schulische Lehrplaninhalte, Prüfungsanforderungen und Konzepte der Turnausbildung an Hochschulen analysiert sowie zwei Projekte aus der Ausbildungspraxis vorgestellt.

Richten Sie Ihre Bestellung an (* dvs-Mitglieder erhalten 25% Rabatt auf den Ladenpreis):

dvs-Geschäftsstelle · Postfach 73 02 29 · 22122 Hamburg · Tel.: (040) 67941212 · eMail: dvs.Hamburg@t-online.de

