

Comportamento della velocità nei 400 m. ostacoli femminili

Geschwindigkeitsverhalten beim 400-m-Hürdenlauf der frauen

Helga und Manfred Letzelter

M. Letzelter

Direttore settore allenamento ed apprendimento motorio della facoltà di educazione fisica dell'Università di Mainz.

H. Letzelter

Insegnante di pallavolo ed atletica leggera nella facoltà di educazione fisica dell'Università di Mainz.

1. Problematik

Der 400-m-Hürdenlauf ist die jüngste Disziplin der frauenleichtathletik. Entsprechend groß ist das Defizit an trainingdidaktischen und trainingmethodischen Hinweisen, die aus trainingwissenschaftlich fundierten Aussagen abgeleitet sind. Wenn man bedenkt, daß leistungsdiagnostische Informationen der Trainingwissenschaft Leistungsdagnostik — diese soll Stärken und Schwächen eines Athleten aufdecken, indem sie individuelle mit durchschnittlichen Merkmalsausprägungen (statistischen Normen) vergleicht (Letzelter 1979) — dann steht die Trainingsmethodik beim 400-m-Hürdenlauf der Frauen recht verlassen da. Selbst der Analogieschluß zum 400-m-Hürdenlauf der Männer ist kaum möglich, da auch diese Disziplin über reine Beschreibung nicht hinauskommt. Der zweite Schritt jeder empirischen Forschung, die Erklärung, wurde jedenfalls bisher noch nicht vollzogen.

Leistungsdagnostik im Sport bezieht sich

1. Problematica

I 400 m. ostacoli rappresentano la disciplina più giovane dell'atletica leggera femminile, ragione per cui si riscontrano conseguenti lacune nei supporti di didattica e metodica di allenamento (training) che siano derivati da fondati principi tratti dalla scienza del training. Qualora si consideri il fatto che le informazioni diagnostiche attinenti al rendimento atletico della scienza del training costituiscono un presupposto essenziale ed inderogabile della diagnostica del rendimento atletico applicabile alla pratica di allenamento — diagnostica, quest'ultima, diretta alla individuazione dei punti di forza e di debolezza dell'atleta mediante il raffronto con le caratteristiche atletiche medie (norme statistiche), cfr. al riguardo Letzelter 1979 —, si noterà come la metodica di allenamento per la disciplina dei 400 m. ostacoli femminile si presenti povera di adeguati fondamenti.

Praticamente impossibili sono le conclusioni

grundsätzlich zuerst einmal auf zwei Problembereiche:

- 1) *das Wettkampferhalten;*
- 2) *den Leistungszustand.*

Beide stehen allerdings nicht unverbunden nebeneinander, denn der Leistungszustand determiniert das Wettkampferhalten. Und umgekehrt kann aus dem Wettkampferhalten zumindest teilweise auf den Leistungszustand geschlossen werden.

Eine erste grobdiagnostische Beurteilung des Leistungszustandes von 400-m-Hürdenläuferinnen wurde schon vorgelegt, indem die Bedeutung der konditionellen und die der technomotorischen Leistungskomponenten gewichtet wurden (Letzelter/Letzelter 1979). Die folgende Untersuchung bezieht sich auf das Wettkampferhalten.

Das Verhalten im Wettkamp kann unter verschiedenen Fragestellungen analysiert werden. Im vorliegenden Fall wird von einer Strukturierung ausgegangen, welche das Bedingungsgefüge sportlicher Leistungen als Leistungspyramide begreift. Dabei bildet die komplexe Leistung, hier die Laufzeit über 400-m-Hürden (t400H), die Pyramidenspitze. Da die Endzeit als Summe verschiedener Teilzeiten kein einheitliches Geschwindigkeitsverhalten zwingend voraussetzt, sind in der zweiten Ebene die Teilzeiten plazierte. Beim 400-m-Hürdenlauf bieten sich die neun Hürdenabstände sowie Anlauf und Auslauf an: Wo erzielen die Leistungsstärkeren primär ihren Vorsprung, welche Abschnitte sind mit welchen Anteilen am Leistungsunterschied insgesamt beteiligt? Da die Tempogestaltung ursächlich mit der Schrittgestaltung zusammenhängt, bilden die Schrittgestaltungsmerkmale die dritte Ebene eines Erklärungsmodells, denn Unterschiede in den Teilzeiten und damit in der Endzeit müssen ihre Ursachen in Unterschieden in der Schrittgestaltung, und zwar ausschließlich in denen der Schrittlänge und der Schrittfrequenz haben. Beide wiederum können als mittlere Schrittlängen und — frequenzen, aber auch als Teilschrittlängen und — frequenzen beurteilt werden (Letzelter 1979). Andere, biomechanisch interessante Merkmale wie Stützzeiten, horizontaler und vertikaler Brems — und Beschleunigungskraftstoß, Kniewinkel etc. bilden dann die Gruppe jener kinematischen und dynamischen Merkmale, die die vierte Ebene darstellen.

Gegenstand der folgenden Auswertung sind Merkmale der zweiten Strukturebene, also Teilzeiten. Sie machen das Geschwindigkeitsverhalten aus. Bei validen operationalen Definitionen lassen sie auch zumindest grobe Hinweise auf

analogische referite ai 400 m. maschili, in quanto anche in quest'ultima disciplina non si è andati oltre semplici studi descrittivi. Non è stato, infatti, finora compiuto il secondo passo di ogni ricerca di carattere empirico che consiste nella spiegazione del fenomeno osservato e, precedentemente, descritto.

La diagnostica del rendimento nello sport fa innanzitutto riferimento a problematiche collocate in due differenti settori:

1. il comportamento in gara
2. il grado di rendimento atletico («forma atletica»)

Tali due differenti settori presentano, comunque, una serie di interrelazioni in quanto è il grado di rendimento atletico («forma atletica») a condizionare e determinare il comportamento in gara. Viceversa, dal comportamento in gara è possibile trarre conclusioni (se non altro parziali) per quel che riguarda la forma atletica.

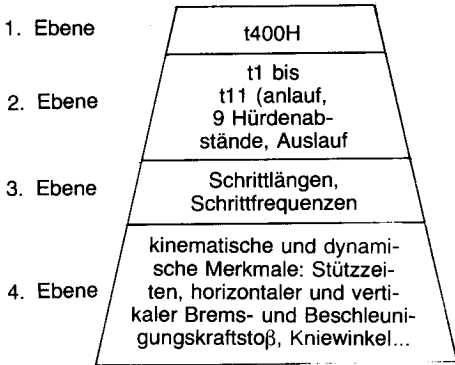
Una prima valutazione diagnostica-alquanto generale ed abbozzata — del grado di rendimento atletico (forma atletica) delle ostacoliste dei 400 m.hs. è stata già anticipata, procedendo alla ponderazione delle due componenti del rendimento atletico: quella della forma fisica e quella tecnomotoria (cfr. Letzelter/Letzelter 1979). La presente indagine fa riferimento al comportamento in gara delle ostacoliste in questione.

Il comportamento in gara può costituire oggetto di analisi alla luce di differenti problematiche. Nel caso presente si parte da una struttura che inquadra il complesso delle condizioni e dei presupposti del rendimento atletico sotto forma di «piramide di rendimento». In tale struttura il rendimento complesso (= prestazione atletica complessa), in altre parole il tempo di percorrenza dei 400 m.hs. (+ 400 m/hs), costituisce il vertice della piramide.

Dato che il tempo finale, quale somma dei vari tempi parziali, non presuppone necessariamente dei comportamenti unitari della velocità, sul secondo riquadro sono riportati i tempi parziali.

Nei 400 m.hs. si offrono, a tale scopo, i nove tratti tra i singoli ostacoli, il tratto di accelerazione dopo la partenza, nonché il tratto finale del percorso. Ci si pone — in tale contesto — la questione, dove gli atleti più forti riescano ad accumulare il loro vantaggio e quale sia la rilevanza (espressa in percentuale) dei singoli tratti di percorrenza rispetto alla differenza di rendimento finale. Dato che il ritmo imposto dipende, come prima causa, dalle caratteristiche del passo (falcata), ecco che quest'ultime costituiscono il terzo riquadro del modello esplicativo; infatti, le differenze rilevabili

Abb. 1: Das Bedingungsgefüge der 400-m-Hürdenlaufleistung



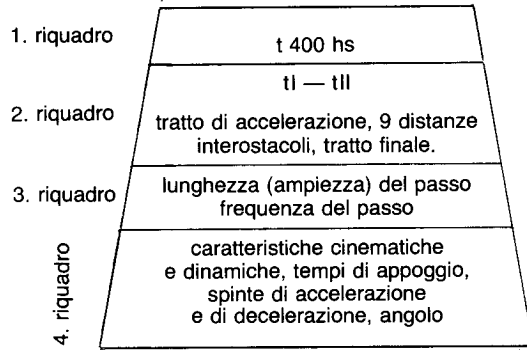
den Leistungszustand zu. Probleme entstehen dadurch, daß das Geschwindigkeitsverhalten nicht nur konditionell, sondern auch technomotorisch und vor allem auch von der Taktik beeinflusst wird: Je geringer die Schonung in der ersten Hälfte des Laufes, desto ausgeprägter ist der Tempoabfall in der zweiten Hälfte.

Die Tempogestaltung beim Hürdenlauf wird im allgemeinen vereinfacht dargestellt. Eine vollständige Beschreibung und Erklärung müßte u.a. auch berücksichtigen, daß sowohl zwischen den einzelnen Hürden als auch über diesen eine beständige Tempoveränderung erfolgt, sodaß keineswegs, wie auf der Flachstrecke, für einzelne Abschnitte eine Geschwindigkeitskonstanz unterstellt werden darf. Insofern sind die für die Hürdenabstände errechneten Teilgeschwindigkeiten auch lediglich mittlere Geschwindigkeiten in den insgesamt 11 Abständen. Für die Aufteilung in vier 100-m-Abschnitte (s.u.) gilt dieselbe Einschränkung.

2. Forschungsstand

Teil- und Zwischenzeiten zum 400-m-Hürdenlauf der Frauen als Grundlage der Rekonstruktion von Geschwindigkeitsverläufen hat bisher nur LE MASURIER (1979) veröffentlicht. Es handelt sich aber um eine reine Wiedergabe von Zwischen- bzw. Teilzeiten von sechs Endlaufteilnehmerinnen der EM 1978. Da diese Beschreibung auch keinen Vergleich einschließt, ist sie lediglich für eine Darstellung des Geschwindigkeitsverlaufs insgesamt nützlich. Ursachen für die besseren Laufzeiten der Schnelleren werden jedenfalls nicht genannt und schon gar nicht begründet. Immerhin kann daraus gesch-

Fig. 1: Il complesso delle condizioni e dei presupposti relativi al rendimento sui 400 m.hs.



tra i singoli tempi di percorrenza ed il tempo finale devono essere imputabili a differenze inerenti alle caratteristiche del passo, in altre parole, esclusivamente alla lunghezza (ampiezza) e frequenza del passo stesso. Tali caratteristiche possono essere entrambe valutate quali valori di ampiezza e frequenza di passo medi, ma anche quali valori di ampiezza e frequenza parziali (cfr. Letzelter 1979).

Altre interessanti caratteristiche biomeccaniche quali i tempi di appoggio, le spinte di accelerazione e di decelerazione verticali ed orizzontali rappresentano il gruppo di quelle caratteristiche cinematiche e dinamiche di cui al quarto riquadro del già citato modello.

Oggetto della presente analisi sono le caratteristiche del secondo riquadro strutturale, dunque, i tempi di percorrenza parziali, in quanto determinano i comportamenti delle velocità. Con valide definizioni operative è possibile trarre approssimative conclusioni per quel che riguarda il grado di rendimento atletico. I problemi sorgono per il fatto che il comportamento della velocità è influenzato non solamente dagli aspetti di condizione fisica, bensì anche da quelli tecnomotori e, soprattutto, tattici: quanto minore il «risparmio» (dell'atleta) nella prima metà della corsa, tanto maggiore e più marcata la caduta di ritmo della seconda parte.

La struttura e le caratteristiche di ritmo della corsa ad ostacoli vengono, solitamente, rappresentati in forma semplificata.

Una descrizione completa ed una spiegazione approfondita dovrebbe, tra l'altro, tener conto del fatto che sia tra i singoli ostacoli, sia nel passaggio di questi si verifica una considerevole variazione di ritmo ragione per cui non è assolutamente possibile assumere, relativamente ai singoli

lossen werden, daß das Lauf tempo schon zwischen der ersten und der zweiten Hürde sein Maximum erreicht, bis zur dritten Hürde annähernd beibehalten wird und dann bis zur letzten Hürde wieder abfällt. Außerdem zeigen die einzelnen Teilzeiten teilweise ein sehr inkonstantes Tempoverhalten und somit eine mangelnde Stabilität.

Zum Tempoverhalten der Männer liegen zahlreichere Publikationen vor (Hemery/Housden 1969; Jonath 1969; Le Masurier 1977; Helbig/Spilker/Thul 1975). Allergings gehen auch sie über einen rein deskriptiven Untersuchungsansatz nicht hinaus. Erste Versuche einer analytischen Betrachtung haben Alabin/Maischutowsch (1973) und Letzelter (1973) gewagt, doch sind deren Folgerungen u.a. wegen der geringen Stichprobenumfänge sehr vorläufig und statistisch ungesichert. Sie dienen der Formulierung geeigneter Hypothesen; allgemeine Gesetzmäßigkeiten können aus diesen kasuistischen Betrachtungen nicht abgeleitet werden. Es bleibt somit auch unentschieden, wo die Schnelleren mit welchem Anteil ihren Vorsprung erzielen. Deshalb fehlen auch Ergebnisse zum Einfluß der konditionellen Teilqualifikationen. Nur soviel ist offensichtlich: Die Schnelleren sind den Langsameren durchgängig voraus (Alabin/Maischutowsch 1973; Letzelter 1973). Das gilt auch, wenn die Olympiafinalisten 1968 (Hemery/Housden 1969) mit denen von 1972 (Letzelter 1973) verglichen werden.

Aus den Einzelergebnissen sowie aus den Diagrammen von Alabin/Maischutowsch und Letzelter kann gefolgert werden:

— die schnelleren Läufer haben ein ausgeglicheneres Geschwindigkeitsverhalten;

— die schnelleren Läufer haben schon am Start, vor allem aber zwischen den beiden ersten Hürden, einen deutlichen Vorsprung in der Teilgeschwindigkeit;

— die schnelleren Läufer bauen ihren Vorsprung in der Geschwindigkeit nach der 2. Hürde nicht weiter aus, gewinnen aber pro Hürdenabstand mehr an räumlichen Vorsprung.

Wenn beim Hürdenlauf die Geschwindigkeit sich ähnlich verhält wie über 400m, dann steigt das Lauf tempo auf der Gegengeraden durch den «fliegenden» Lauf bedingt etwas an, fällt schon nach 200m beträchtlich ab und sinkt auf der Zielgeraden noch weiter. Der Zeitverlust im Endspurt ist auf Zielkurve bezogen größer als der in der Zielkurve im Vergleich zur Gegengeraden. Im letzten Viertel sind die Läuferinnen immerhin um 2,34 sec langsamer als im zweiten.

Während des 400-m-Laufs wächst der Zeitge-

tratti di percorrenza, una c.d. costante di velocità, come invece avviene per le discipline piane. In tal senso le velocità parziali calcolate relativamente alle singole distanze tra gli ostacoli rappresentano semplicemente valori di velocità media di percorrenza delle II interdistanze. Per quel che concerne la suddivisione in 4 segmenti da 100 m., valgono le stesse riserve.

2. Stato attuale della ricerca.

Fino ad oggi, solamente Le Masurier ha pubblicato nel 1979 un'indagine sui tempi parziali e sugli intertempi della specialità dei 400 m. hs. femminili, al fine di ricostruire gli andamenti della velocità. Si tratta, però, di un'indagine che si limita a semplice rilevazione dei tempi parziali e degli intertempi relativi a sei finaliste dei Campionati Europei del 1978. Dato che tale descrizione non comprende alcun raffronto, è utile ai fini dell'individuazione e rappresentazione dell'andamento della velocità solamente se considerata globalmente. Non vi vengono però indicate le ragioni che determinano la migliore prestazione dell'atleta più veloce e, naturalmente, l'indagine manca delle relative argomentazioni di sostegno. Se ne può, comunque, trarre la conclusione che il ritmo di corsa raggiunge il suo valore massimo già tra il primo ed il secondo ostacolo; tale ritmo viene mantenuto circa sino al terzo ostacolo per poi decrescere, man mano che l'atleta si avvicina all'ultimo ostacolo. Va inoltre rilevato che i singoli tempi parziali indicano un comportamento ritmico molto incostante, e dunque, un insufficiente stabilità.

Per ciò che concerne i comportamenti ritmici nella specialità maschile si può fare riferimento a numerose pubblicazioni (Hemery/Housden 1969; Jonath 1969; Le Masurier 1977; Helbig / Spilker / Thul 1975). Tutte le suddette opere non vanno, però, oltre un'impostazione descrittiva dell'indagine. I primi tentativi di una ricerca analitica sono stati intrapresi da Alabin / Maischutowsch (1973) e da Letzelter (1973), ma le conclusioni che questi traggono sono da considerarsi provvisorie e statisticamente insicure a causa del contenuto numero di casi-campione analizzati. Possono servire alla formulazione di ipotesi, ma non è possibile derivare leggi aventi validità generale dalle suddette osservazioni troppo casuali. In tal modo rimane aperta la questione relativa all'individuazione dei tratti nei quali i migliori accumulano il proprio vantaggio, né viene, naturalmente, definita la rilevanza (in percentuale) che determi-

winn der Besseren beständig. So trägt die Startkurve nur mit 13%, die Zielgerade dagegen mit 40% — also dreimal mehr — zum Vorsprung der leistungstärkeren Frauengruppe bei. Entsprechend besteht auch eine signifikante Wechselwirkung von Qualifikation und Streckenabschnitt (Letzelter 1979). Die Analogie zum Geschwindigkeitsverhalten der Olympiateilnehmer über 400-m-Hürden der OS 1972 (Letzelter 1973) ist offensichtlich.

Die Trainer sehen vor allem in der Hälftedifferenz, dem Zeitverlust in der zweiten gegenüber der ersten Laufhälfte, einen geeigneten, Indikator der Tempogestaltung und der Schnellingsausdauer. Grundsätzlich ist dies richtig, doch ist zusätzlich die Abhängigkeit von der Shonzeit zu bedenken. Beim 400-m-Hürdenlauf der Männer variiert die Hälftedifferenz ebenso wie beim 400-m-Hürdenlauf der Frauen beträchtlich (Helbig|Spilker|Thul 1975; Le Masurier 1979). Das wurde auch schon beim 400-m-Flachlauf beobachtet. Während dabei aber unter den Männern die Hälftedifferenzen nicht leistungsorientiert sind, unterscheiden sich die schnelleren Frauen nachweisbar von den langsameren in diesem Ausdauer- bzw. Taktikkriterium. Aus den akzidental zusammengestellten Daten von Le Masurier (1979) kann diese Tendenz nicht abgelsen werden. Auch sind die sechs ermittelten Hälftedifferenzen ($1,10 \text{ sec} \leq \text{HD} \leq 4,0 \text{ sec}$) nicht größer als beim Flachlauf.

3. Methodik

Die gewählte Untersuchungsmethode ist als «Biomechanische Bewegungsanalyse» eine Form der «Standardisierten Wettkampfbeobachtung». Ausgewertet werden Fernsehaufzeichnungen. Methode der Datengewinnung sowie Vor- und Nachteile sind im «Hürdensprint» (Letzelter 1977), ausführlich beschrieben worden. Gestoppt werden die zehn Zwischenzeiten beim ersten Bodenkontakt des Schwungbeinfußes hinter jeder Hürde, t_{H1} bis t_{H10} , sodaß zusammen mit der Endzeit t_{400H} elf Teilzeiten t_1 bis t_{11} bzw. elf Teilgeschwindigkeiten v_1 bis v_{11} errechnet werden können. Die Teilzeiten t_1 und t_{11} beziehen sich auf den 46,15 m langen Anlauf bzw. auf 38,5 m langen Auslauf, t_2 bis t_9 auf die 35 m langen Hürdenabstände.

Alle Läufe werden von zwei unabhängigen Teams ausgewertet, bei Abweichungen erfolgt eine dritte Überprüfung. Da die Laufhaltung

nati tratti assumono rispetto alla differenza finale dei tempi. Mancano, pertanto, anche i risultati relativi all'influenza esercitata dalla forma fisica e dalla qualificazione (dell'atleta). E' stato comunque chiaramente messo in luce che:

— gli atleti più veloci sono costantemente avanti a quelli più lenti (cfr. al riguardo Alabin/Maisutowitsch, 1973 e Letzelter, 1973). Ciò vale anche confrontando i finalisti olimpici del 1968 (cfr. Hemery/Housden) con quelli del 1972 (cfr. Letzelter, 1973).

Dai singoli risultati, nonché dai diagrammi di Alabin/Maisutowitsch e di Letzelter può essere desunto quanto segue:

— gli atleti più veloci evidenziano un comportamento più uniforme della velocità;

— negli atleti più veloci si osserva già alla partenza, ma soprattutto tra i primi due ostacoli, un chiaro vantaggio nella velocità parziale;

— gli atleti più veloci, passato il 2° ostacolo, non aumentano più il vantaggio in termini di velocità, ma incrementano il loro vantaggio sugli inseguitori in termini di spazio.

Se è vero che nei 400 ostacoli la velocità ha un andamento simile ai 400 piani, si potrà ritenere che il ritmo di corsa aumenti leggermente sul tratto rettilineo intermedio, decresca dopo i 200 m. in misura sensibile per poi diminuire ulteriormente sul rettilineo d'arrivo. Il ritardo che si accumula nello sprint finale — rapportato alla curva di arrivo — è maggiore del ritardo accumulato nella curva di arrivo rapportato al rettilineo intermedio. Nell'ultimo quarto le atlete sono più lente, rispetto al secondo quarto, di 2,34 sec.

Durante la corsa sui 400 m.hs. il vantaggio del migliore aumenta costantemente con percentuale crescente. Così la prima curva (curva di partenza) incide sul vantaggio dell'atleta più forte solo in misura del 13%, mentre il rettilineo di arrivo vi incide in ragione del 40%, dunque in misura tre volte maggiore. Si può inoltre rilevare anche una significativa interrelazione tra qualificazione e singoli tratti del percorso (cfr. Letzelter 1979). L'analogia con i comportamenti velocistici degli ostacolisti sui 400 m. hs. dei Giochi Olimpici di Monaco (1972) è evidente (cfr. Letzelter 1973).

Gli allenatori considerano soprattutto la c.d. «differenza tra i semi-percorsi» — in altre parole la differenza tra i tempi di percorrenza rispettivamente dei primi e dei secondi 200 m. del percorso complessivo — quale elemento indicatore della resistenza alla velocità e della struttura ritmica della prestazione (atletica). In linea di massima,

(besonders die des Nachziehbeines) ein zusätzliches Kontrollkriterium abgibt und eine Ampex mit stufenlos verstellbarer Zeitlupe und Standbild die Auswertung erleichtert, darf von relativ fehlerfreien Resultaten ausgegangen werden. Die Aufzeichnungen haben eine Bildfrequenz von 50 Blsec. Liegt eine Fehlschätzung von zwei Bildern vor, resultiert daraus ein Meßfehler $\Delta t_{Hi} = \pm 0,04 \text{ sec}$. Er verdoppelt sich bei den Teilzeiten, wenn die eine Zwischenzeit um diesen Betrag zu gut (zu schlecht) und die andere zu schlecht (zu gut) angesetzt wird.

Die drei Zwischenzeiten t_{100} , t_{200} und t_{300} werden beim Überlaufen der entsprechenden Markierungen, nämlich Wechselmarken vor und hinter diesen Meßpunkten bestimmt, indem aus je zwei Zwischenzeiten das Mittel errechnet wird:

$$t_{100} = \frac{t_{90} + t_{110}}{2} \text{ sec;}$$

$$t_{200} = \frac{t_{190} + t_{210}}{2} \text{ sec;}$$

$$t_{300} = \frac{t_{290} + t_{310}}{2} \text{ sec;}$$

Zur Kontrolle eignen sich die Zwischenzeiten bei den Hürden vor und hinter diesen Marken.

Die Datenverarbeitung beginnt zuerst deskriptiv (Extremwerte x_i , Mittelwert M , Standardabweichung $\pm s$). Mit mehrfaktoriellen Varianzanalysen werden dann zwei Hauptwirkungen, nämlich Qualifikation (F_0) und Streckenabschnitt (F_s) sowie die Wechselwirkung von Qualifikation und Streckenabschnitt (F_{0s}) auf Signifikanz geprüft. Die Paarvergleiche werden nach SCHEFFE durchgeführt. Da zuerst elf, dann vier Teilgeschwindigkeiten berücksichtigt werden, sind 2×11 bzw. 2×4 faktorielle Versuchspläne mit Meß-

ciò è corretto, ma va tenuto in considerazione il ritardo relativo al primo tratto imputabile al «risparmio» dell'atleta.

Tanto nei 400 ostacoli maschili, quanto nella stessa specialità femminile, la differenza tra i semi-percorsi varia in misura sensibile (cfr. al riguardo Helbig/Spilker/Thul 1975; Le Masurier 1979). Tale fenomeno è stato osservato anche nei 400 m. piani. Mentre, però, nella specialità maschile la differenza tra i semi-percorsi non è riferibile al rendimento (atletico), le atlete più veloci si distinguono da quelle di livello inferiore anche sotto l'aspetto della resistenza e della impostazione tattica. Dai dati empiricamente raccolti dal Le Masurier (1979) non è però possibile ricavare tale tendenza. Inoltre, le differenze tra i semi-percorsi rilevate (con valori che variano da 1,10 sec. a 4,0 sec.) non sono maggiori di quelle relative alla disciplina piana.

3. Metodica.

Il metodo d'indagine scelto rappresenta, quale «analisi biomeccanica del movimento», una forma delle c.d. «considerazioni standardizzate relative alle gare», che si basano sull'analisi di riprese televisive. I metodi per la rilevazione dei dati nonché i relativi vantaggi e svantaggi sono stati oggetto di ampia descrizione nella pubblicazione «Sprint ostacoli» (Letzelter, 1977).

Vengono rilevati i dieci tempi intermedi al primo appoggio del piede di attacco dietro ogni ostacolo (t hs 1 sino a t hs 10), in modo tale, che assieme al tempo finale t 400 hs possano venire calcolate 11 velocità parziali ($v_1 \dots v_{11}$) sulla base di undici tempi intermedi ($t_1 \dots t_{11}$).

I tempi parziali t_1 e t_{11} si riferiscono rispettivamente al primo tratto piano di accelerazione (46,5 m) ed al tratto piano finale di 38,5 m, mentre i tempi $t_2 \dots t_9$ si riferiscono alle singole distanze tra gli ostacoli (35 m ognuno).

Abb. 2 : Messung von Zwischen- und Teilzeiten beim 400-m-Hürdenlauf

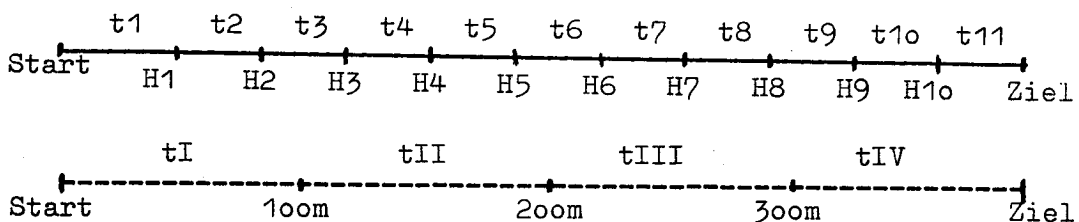
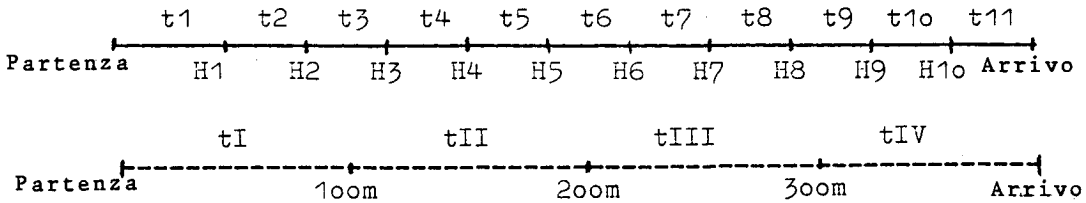


Fig. 2. Rilevazioni di intertempi e tempi parziali nei 400m. hs.



wiederholungen angemessen.

Die Qualifikation (zwei Leistungsgruppen) und die Streckenabschnitte (elf. bzw. vier Abstände) sind als unabhängige, die Teilgeschwindigkeiten als abhängige Variablen definiert.

Abb. 3: Schema des 2 x 4 faktoriellen Versuchsplanes Streckenabschnitt

n = 10				F1 F2	Qualifikation
S1	S2	S3	S4		

Der Zusammenhang von teil- und Endzeiten sowie die Interkorrelationen werden korrelationsstatistisch bestimmt. Dabei ist das formale Argument zu beachten, daß die Teilzeiten in der Endzeit enthalten sind, was zu überhöhten Trennschärfekoeffizienten führt. Nach Lienert (1969) ist aber eine Minderungskorrektur nicht zwingend.

Die aus Trennschärfe- und Interkorrelationskoeffizienten erstellte Matrix ist der Ausgangspunkt der abschließenden multiplen Regressionsanalyse, welche über β -Koeffizienten eine präzise Schätzung des Einflusses der vier Teilzeiten erlaubt. Die relativen Gewichte ermöglichen die Angabe von Wirkungsproportionen (Ballreich 1978) und damit die Basis eines Prioritätenkataloges (Letzelter 1978).

Das ist trainingdidaktisch besonders interessant.

Da auch die Hälfteendifferenz per definitionem $-HD = t_{400} - 2t_{200}$ sec - mit der Endzeit in einer numerischen Beziehung steht, ist die Eignung des korrelationsstatistischen Verfahrens eingeschränkt (Letzelter 1975; Ballreich 1975). Deshalb wird zur Absicherung der varianzanalytischen

Tutte le corse vengono rilevate da due équipes indipendenti; in caso di divergenza si procede ad una terza rilevazione di controllo. Dato che il portamento (= posizione del corpo) di corsa fornisce un ulteriore criterio di verifica, disponendo di un ampex con moviola (con possibilità di «fermare» l'immagine), si deve ritenere che si otterranno risultati praticamente senza errori. Le riprese televisive hanno una frequenza d'immagine di 50 fotogrammi al sec; qualora sussista un errore nel conteggio dei fotogrammi contenuto in un ambito di due fotogrammi stessi, si avrà un errore di rilevazione pari a $\Delta t_{hsi} = \pm 0,04$ sec.

L'entità dell'errore di rilevazione può raddoppiarsi qualora si calcolino tempi (di percorrenza) parziali sulla base di due intertempi, dei quali l'uno sia calcolato per difetto, l'altro per eccesso.

I tre tempi (di percorrenza) parziali t_{100} , t_{200} e t_{300} vengono rilevati in considerazione all'attimo in cui l'atleta oltrepassa i relativi segni posti in corrispondenza delle distanze prescelte; più precisamente si calcoleranno dei valori medi sulla base dei modelli seguenti:

$$t_{100} = \frac{t_9 + t_{110}}{2} \text{ sec.}$$

$$t_{200} = \frac{t_{190} + t_{210}}{2} \text{ sec.}$$

$$t_{300} = \frac{t_{290} + t_{310}}{2} \text{ sec.}$$

Ai fini del controllo possono essere utilizzati gli intertempi relativi agli ostacoli collocati rispettivamente davanti e dietro ai suddetti segni.

L'elaborazione dei dati incomincia, innanzitutto, descrittivamente (valori estremi X_i , valore medio M , divergenza standard (costante) $\pm s$). Mediante l'analisi delle varianze, compiuta sulla base di più fattori, viene successivamente esaminata la rilevanza dei due elementi principali, cioè

Koeffizient zusätzlich berechnet, indem von zwei Leistungsgruppen ausgegangen wird.

Die Anwendungsvoraussetzungen aller Verfahren wurden geprüft bzw. geschaffen. Signifikante (---) und hochsignifikante (—) Werte sind unterstrichen.

4. Untersuchungsergebnisse

4.1. Personenstichprobe

Da der 400-m-Hürdenlauf der Frauen eine noch recht junge Disziplin darstellt, liegt kein umfangreiches Datenmaterial zur Auswertung vor. Auswertbar sind lediglich sechs Läufe aus drei Wettkämpfen. Die beiden großen Veranstaltungen des Jahres 1979, nämlich Welt und Europacup, sind einer Auswertung nicht zugänglich, da die Kameraführung der Fernsehanstalten eine vollständige Registrierung der Zwischenzeiten bei keiner einzigen Läuferin erlaubt. Ausgewertet werden deshalb Läufe der EM 1978 sowie ein Lauf eines Länderkampfes DDR - URS 1979. Insgesamt werden 20 Läuferinnen (FG) berücksichtigt, welche in zwei Leistungsgruppen (F1 und F2) zu je 10 Läuferinnen aufgeteilt werden. Registriert wird jeweils nur der beste Lauf einer Läuferin; sofern Läuferinnen gestrauchelt sind oder resigniert haben, sind sie nicht ins Untersuchungskollektiv aufgenommen.

Tab. 1: 400-m-Hürdenlaufzeiten von 20 Läuferinnen der internationalen Leistungsklasse (Dim.: sec)

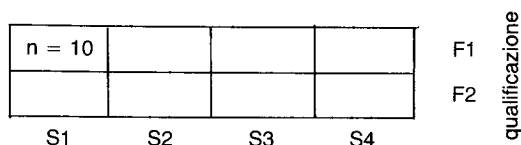
Gruppe	t400i	M	± s
FG	54,89-59,97	57,31	1,75
F1	54,89-57,56	55,77	0,62
F2	57,66-59,97	58,84	0,70

Einteilungsbedingt — Läuferinnen mit t 400H ≥ 60,0 sec werden nicht berücksichtigt — sind die Läuferinnen der leistungsstärkeren Gruppe denen der leistungsschwächeren um 3,06 sec = 5,2% voraus, bei annähernd identischer Homogenität. Die Läuferinnen der F1 repräsentieren internationale Spitzenklasse, die der F2 eher nationales Leistungsniveau.

la qualificazione (Fq) ed il tratto del percorso (Fs) nonché l'interrelazione tra i due suddetti elementi (Fqxs). I raffronti vengono eseguiti a due a due secondo il metodo indicato da Scheffe. Dato che vengono considerate prima 11, poi 4 velocità parziali, occorre predisporre piani di rilevazione empirica (con ripetute misurazioni) che prevedano rispettivamente, 2 x 11 e 2 x 4 fattori.

La qualificazione (due gruppi-livelli di rendimento) ed i singoli tratti del percorso (11 nel primo, 4 nel secondo caso) rappresentano variabili indipendenti, mentre le velocità parziali sono definibili quali variabili dipendenti.

Fig. 3 Schema del piano di rilevazione empirica a 2x4 fattori



L'interdipendenza tra i tempi parziali e i tempi finali nonché le singole interrelazioni vengono determinate alla luce di criteri di interrelazione statistici. In tale contesto occorrerà tener conto del fatto formalmente rilevante che i vari tempi parziali sono contenuti nel tempo finale, il che porta a coefficienti di selettività eccessivi. Secondo quanto affermato da Lienert (1969), non è necessario procedere al relativo intervento di correzione.

La matrice sviluppata sulla base dei coefficienti di selettività e di intercorrelazione costituisce il punto di partenza dell'analisi (finale) multipla di regressione che permette di operare, — mediante l'utilizzazione di coefficienti β — una precisa valutazione dell'influenza dei quattro tempi parziali. Le relative ponderazioni consentono di indicare le proporzioni di rilevanza (cfr. Ballreich) dei singoli fattori, il che — a sua volta — costituisce la base per poter procedere allo sviluppo di un catalogo di priorità (cfr. Letzelter 1978).

Da un punto di vista di didattica del training ciò è particolarmente interessante.

Dato che, inoltre, la differenza tra i semi-percorsi si trova per definitionem — in rapporto numerico con il tempo finale (HD = t 400 - 2t 200 sec), l'utilizzazione del metodo dell'interrelazione statistica è soggetta a determinate limitazioni (cfr. al riguardo Letzelter 1975 e Ballreich 1975). Per tale motivo, al fine di garantire una maggiore sicurezza dell'indagine, viene inoltre calcolato il coef-

4.2. Geschwindigkeitsverhalten

Das Geschwindigkeitsverhalten wird nach zwei verschiedenen Verfahren beschrieben und erklärt. Zuerst erfolgt ein Vergleich der zwei Leistungsgruppen, indem Geschwindigkeitsdiagramme unter Berücksichtigung der elf Teilgeschwindigkeiten v_1 bis v_{11} erstellt werden. So kann herausgefunden werden, welchen Beitrag die elf Abschnitte, Anlauf, 9 Teilstrecken von Hürde zu Hürde und Auslauf, zur Leistungs differenzierung insgesamt ($d = 3,06$ sec) beisteuern: Wo ist der Rückstand der Leistungsschwächeren größer und wo ist er kleiner?

In welchen Abschnitten unterscheiden sich Leistungsstärkere und Leistungsschwächere signifikant voneinander, und wo tritt eine signifikante Änderung in der Laufgeschwindigkeit ein, weil das Tempo an- oder absteigt?

Da die statistische Absicherung der Ergebnisse für den Leser wegen der insgesamt elf Teilgeschwindigkeiten sehr unübersichtlich ist, wird in einem zweiten Schritt die Gesamtstrecke aufgeteilt in vier 100-m-Laufabschnitte, wie dies auch beim 400-m-Lauf (Letzelter 1979) erfolgt ist. Dabei sollen nicht nur leistungs- und abschnittsbedingte Unterschiede herausgearbeitet werden, sondern auch Wechselwirkungen. Diese sind Belege dafür, ob das Lauf tempo der schwächeren Läuferinnen mehr nachläßt als das der stärkeren.

Neben den varianzanalytischen Ergebnissen interessieren vor allem die korrelationsstatistischen. Berechnet werden sowohl die Zusammenhänge für die 100-m-Teilzeiten und die 400-m-Endzeit (Trennschärfenoeffizienten) als auch die Interkorrelationen der vier Teilzeiten. Die aus Trennschärfenoeffizienten und Interkorrelationen erstellte Korrelationsmatrix wird der Ausgangspunkt für eine anschließende multiple Regression sein, über die die relativen Gewichte der vier 100-m-Teilzeiten ermittelt werden. Regressionsgleichung mit statistischen Normen für ausgewählte Laufzeiten sowie die Analyse der Hälfte differenz schließen den empirischen Teil ab.

(1) Geschwindigkeitsverlauf

Der Verlauf der Geschwindigkeit ist in der Abb. 4 graphisch dargestellt. Die mittleren Teilgeschwindigkeiten sind jeweils in der Abschnittsmitte eingetragen, die so erstellten Meßpunkte miteinander verbunden. In allen Gruppen fällt die Laufgeschwindigkeit schon nach H3 wieder ab,

ficiente di analisi variazionale η_1 partendo da due gruppi (livelli) di rendimento.

I presupposti relativi all'applicazione di tutti i singoli procedimenti vengono sottoposti a controllo e — laddove necessario — creati ex novo. I valori significativi (-----) ed altamente significativi (——) sono adeguatamente sottolineati.

4. Risultati dell'indagine

4.1. Prove su persone-campione

Dato che la disciplina dei 400 ostacoli femminili rappresenta una disciplina relativamente giovane, non vi è ampio materiale (di dati) da sottoporre ad indagine. Possono essere analizzate esclusivamente sei corse relative a tre gare. Le due grandi manifestazioni del 1979 — Coppa del Mondo e Coppa Europa — non possono costituire oggetto di indagine (analitico-scientifica), dato che le riprese televisive effettuate dalle singole televisioni interessate non permettono la rilevazione completa di tutti gli intertempi e tempi (di percorrenza) parziali per nessuna delle atlete. Per tale motivo sono state analizzate le corse dei Campionati Europei del 1978, nonché una corsa relativa ad un incontro internazionale DDR-URSS svoltasi nel 1979. Complessivamente vengono osservate 20 atlete (FG), suddivise in due gruppi di rendimento (F1 e F2) di 10 atlete l'uno. Viene registrata solamente la migliore corsa (prestazione) di ogni atleta; qualora un'atleta abbia abbandonato o sia inciampata, non è stata inclusa nell'indagine.

Tab. 1: Tempi compl. relativi ai 400 m hs. di 20 atlete di livello internazionale (Dim.: sec.)

Gruppo	t 400i	M	± s
FG	54,89-59,97	57,31	1,75
F1	54,89-57,56	55,77	0,62
F2	57,66-59,97	58,84	0,70

Avendo scartato le atlete con prestazioni superiori ai 60,0 sec. sui 400 m. hs, è stato constatato che il gruppo di atlete più forti (qualificate) presenta un vantaggio medio — rispetto al gruppo di livello inferiore — valutabile in 3,06 sec. = 5,2%, con un grado di omogeneità praticamente identico. Le atlete del primo gruppo (F1) sono di massimo livello internazionale, quelle del secondo (F2) vantano prestazioni a livello nazionale.

400-m-Hürdenlauf der Frauen

und zwar annähernd linear bis H9 und bleibt bis H10 auf gleichem Niveau. Im Auslauf steigt das Lauftempo wieder geringfügig an. Dieser Tempoanstieg im Auslauf ist auch aus dem Hürdensprint der Männer und Frauen bekannt (Letzelter 1977).

Abb. 4: Geschwindigkeitsverlauf beim 400-m-Hürdenlauf von Frauen unterschiedlicher Leistungsstärke

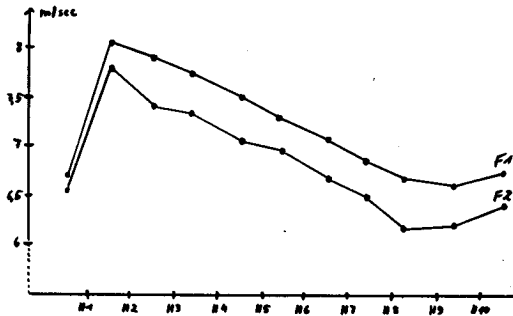
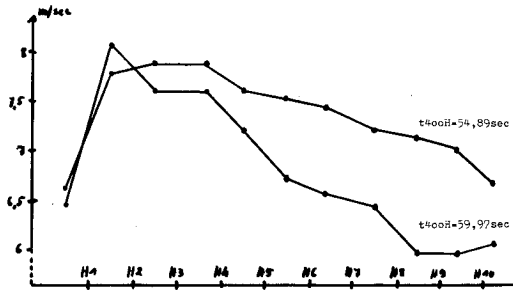


Abb. 5: Geschwindigkeitsverlauf von zwei 400-m-Hürdenläuferinnen unterschiedlicher Leistungsstärke



Das Lauftempo der F1 fällt gleichmäßiger ab als das der F2, bei der eine größere Inkonzanz vorliegt, bedingt durch technomotorische Mängel, vor allem im Schrittrhythmus 1. Dies wird illustriert durch die beiden Geschwindigkeitsdiagramme der Abb. 5, in der das Laufverhalten einer sehr guten Läuferin (A) und das einer schwachen Läuferin (B) exemplarisch gegenübergestellt werden.

Die Zeitverluste der schwächeren Läuferinnen pro Laufabschnitt sind in Tab.2 zusammengefaßt, in der auch die Mittelwerte der Teilzeiten sowie die Standardabweichungen beider Leistungsgruppen aufgeführt sind. Da die Mittel-

4.2: Comportamenti della velocità

Il comportamento della velocità viene descritto e spiegato sulla base di due differenti procedimenti. Si procede, innanzitutto, ad un raffronto tra i due gruppi di (livello di) rendimento, sviluppando diagrammi in considerazione delle undici velocità parziali ($v_1 \dots v_{11}$). In tal modo è possibile stabilire l'incidenza degli undici singoli tratti (tratto di accelerazione, 9 tratti inter-ostacoli e tratto finale) sulla differenza di rendimento complessiva ($d = 3,06$ sec.); in qual punto le atlete più deboli accumulano minore e dove, invece, maggiore svantaggio? In quali tratti le atlete più forti si distinguono marcatamente dalle concorrenti di livello inferiore? In quali punti si riscontra una significativa variazione della velocità conseguente ad un aumento o ad una diminuzione del ritmo?

Dato che — trattandosi complessivamente di undici velocità parziali — la base statistica non consente al lettore di tener presente i singoli valori in un unico quadro d'insieme, si procede — in una seconda fase — alla suddivisione dell'intero percorso in 4 tratti di 100 m. ognuno, come d'altronde è stato fatto per i 400 m. piani (cfr. Letzelter 1979).

Ciò non deve solamente servire al fine di elaborare le singole differenze imputabili al differente grado (livello) di rendimento atletico o alla rilevanza dei vari tratti (componenti il percorso), bensì anche al fine di evidenziare le interrelazioni esistenti, le quali dovranno dire se il ritmo di corsa delle atlete meno qualificate diminuisca in misura maggiore rispetto a quello delle atlete di livello superiore.

Accanto ai risultati analitici di varianza, rivestono interesse soprattutto quelli attinenti alle correlazioni statistiche.

Vengono calcolati tanto i fattori di interdipendenza per i tempi parziali dei 100 m. e per il tempo finale sui 400 m. (coefficienti di selettività), quanto anche le interrelazioni tra i quattro tempi parziali. La matrice relazionale sviluppata sulla base dei coefficienti di selettività e delle interrelazioni diviene punto di partenza per procedere ad una successiva regressione multipla. L'equazione di regressione provvista di norme statistiche relative ai tempi di percorrenza selezionati nonché l'analisi della differenza dei semi-percorsi chiudono la parte empirica.

(1) Andamento della velocità

L'andamento della velocità è oggetto di rappresentazione grafica nella fig. 4. Le velocità parziali centrali sono riportate al centro dei singoli seg-

werte zugleich die präzisesten statistischer Normen sind, sind diese gleichzeitig auch die «idealen» Zwischenzeiten an den einzelnen Hürden für Laufzeiten von 55,8 sec (F1) bzw.

58,8sec (F2). Die vierte Spalte gibt den prozentualen Anteil am Gesamtunterschied ($d = 3,06$ sec) an, wobei aber nur t2 bis t10 unmittelbar vergleichbar sind, denn t1 und t11 betreffen längere Laufabschnitte.

Am meisten tragen also t9 und t10 zum Gefälle zwischen F1 und F2 bei, am wenigsten t1 und t2. Am Anfang ist der Unterschied noch relativ gering, ab H3 wird er größer, von H8 bis H10 ist er zwei — bis dreimal so hoch wie am Anfang. Während aber die beiden Haupteffekte «Qualifikation» und «Streckenabschnitt» systematisch sind, ist es die Wechselwirkung nicht. Demnach können die Unterschiede in den Anteilen am Gesamttrückstand der F2 auch zufallsbedingt sein.

F2 ist in allen elf Streckenabschnitten F1 signifikant unterlegen. Die elf Teilgeschwindigkeiten sind allerdings nicht alle signifikant verschieden. Bezogen auf die Gesamtgruppe unterscheiden sich z.B. v9, v10 und v11 nicht überzufällig voneinander, ebenso auch nicht v3 und v4.

menti, ed i punti di rilevazione (così determinati) collegati fra di loro. In tutti i gruppi si nota come la velocità di corsa decresca già dopo il terzo ostacolo (H3) in misura praticamente lineare sino ad H9, attestandosi su valori che mantiene sino ad H10. Nel tratto finale il ritmo della corsa evidenzia un nuovo leggero aumento. Tale aumento del ritmo nel tratto piano finale rappresenta un fenomeno conosciuto già nelle discipline di sprint-ostacoli tanto maschili, quanto femminili (Letzelter 1977).

Fig. 4: Andamento della velocità relativo ad atlete quattrocentiste — ostacoli di differente livello.

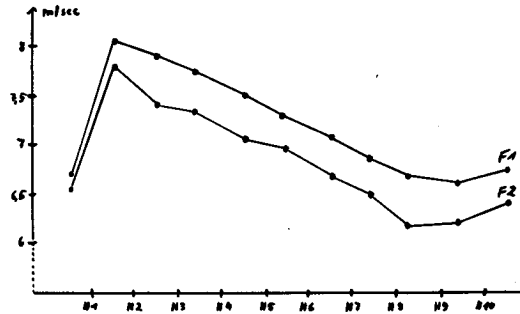
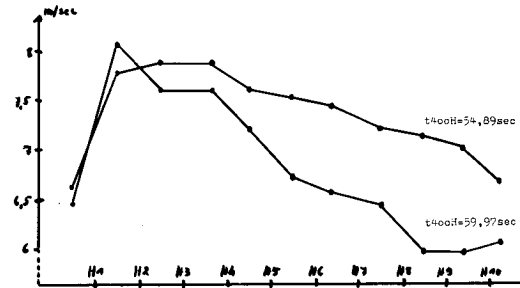


Fig. 5: Andamento della velocità relativo a due quattrocentiste ostacoli di differente livello (di prestazioni)



Il ritmo di corsa di F1 decresce in misura più uniforme rispetto a quello di F2, caratterizzato — quest'ultimo — da una maggiore incostanza, determinata soprattutto da deficienze tecnomotorie, attinenti soprattutto al ritmo del passo (1). Ciò viene evidenziato dai due diagrammi della velocità di cui alla fig. 5, nella quale vengono messi a raffronto, a titolo di esemplificazione tipica, il comportamento di corsa di un'atleta di elevato livello (A) e quello di un'atleta, invece, di livello più scarso.

(2) 100-m-Teilzeiten

Die vier Teilzeiten für 100-m-Strecken ermöglichen einen klaren Überblick, selbst wenn der Nachteil einer Grobdiagnostik in Kauf genommen werden muß. Ein nicht übersehbarer Vorteil besteht auch darin, daß die Vergleichbarkeit zum 400-m-Lauf gegeben ist und der Realität der Trainings — und Wettkampftaxis eher entsprechen wird. In der Trainingspraxis werden vor allem Zwischen — und Teilzeiten für 100m. lange Abschnitte bevorzugt.

Von Abschnitt zu Abschnitt werden die interindividuellen Unterschiede zunehmend größer. Deshalb nehmen auch die Varianzen der Gesamtgruppen beständig zu, sie sind heterogen. Die Mittelwertsdifferenzen zwischen F1 und F2 steigen von 0,46sec in Si über 0,72sec in SII und 0,88sec in SIII auf 0,99sec in SIV an, vergrößern sich also beträchtlich. In SIV hat sich der Rückstand der F2 mehr als verdoppelt. Das bedeutet eine Wechselwirkung von Qualifikation und Streckenabschnitt an, diese ist aber unsystematisch. Signifikant sind aber alle vier Mittelwertsdifferenzen zwischen den Gruppen F1 und F2, dagegen aber nicht die Mittelwertsdifferenzen der beiden Leistungsgruppen bzw. der Gesamtgruppe in den vier Teilzeiten.

Tab. 2: Tempi parziali dei due gruppi di rendimento F1 e F2, differenze tra i tempi parziali (d) ed incidenza (in perc.) dei tempi parziali sulla differenza di prestazione (A) tra i due gruppi di atlete.

Tab. 2: Teilzeiten zweiter Leistungsgruppen (F1 und F2), Teilzeitdifferenzen (d) und prozentualer Anteil der Teilzeiten am Leistungsgefälle (A) zwischen zwei Leistungsgruppen beim

Teilzeit	F1	(M±s)	F2	(M±s)	d(sec)	A(%)
t 1	6,70	0,13	6,87	0,13	0,17	5,5
t 2	4,34	0,20	4,50	0,14	0,16	5,2
t 3	4,43	0,09	4,71	0,10	0,28	9,1
t 4	4,51	0,08	4,75	0,12	0,24	7,8
t 5	4,66	0,11	4,94	0,20	0,28	9,1
t 6	4,79	0,07	5,01	0,15	0,22	7,2
t 7	4,91	0,18	5,21	0,26	0,30	9,8
t 8	5,06	0,12	5,35	0,17	0,29	9,4
t 9	5,16	0,19	5,64	0,20	0,48	15,6
t 10	5,28	0,19	5,66	0,28	0,38	12,4
t 11	5,94	0,24	6,21	0,25	0,27	8,8

Tab. 3: 100-m-Teilzeiten beim 400-m-Hürdenlauf der Frauen - Gesamt- und Leistungsgruppen (Dim.: sec)

a) Teilzeit t I

Gruppe	t li	M	± s
FG	12,80-13,94	13,63	0,34
F1	12,80-13,65	13,40	0,29
F2	13,71-14,39	13,86	0,20

b) Teilzeit t II

Gruppe	t li	M	± s
FG	12,79-14,08	13,46	0,44
F1	12,79-13,35	13,10	0,21
F2	13,46-14,08	13,82	0,22

c) Teilzeit t III

Gruppe	t IIIi	M	± s
FG	13,55-15,66	14,56	0,69
F1	13,55-14,69	14,12	0,40
F2	14,31-15,66	15,00	0,48

d) Teilzeit t IV

Gruppe	t IVi	M	± s
FG	14,57-17,00	15,66	0,76
F1	14,57-16,04	15,17	0,50
F2	15,24-17,00	16,16	0,63

Gli svantaggi che l'atleta di minor qualificazione accumula per ogni tratto del percorso sono raggruppati nella Tab. 2, la quale indica anche i valori medi dei tempi parziali nonché le differenze standardizzate tra i due gruppi di rendimento. Dato che i valori medi rappresentano, allo stesso tempo, le norme statistiche più precise, costituiscono allo stesso tempo, anche gli intertempi «ideali» riferiti ai singoli ostacoli rispettivamente per tempi di percorrenza di 55,8 sec. (F1) e di 58,8 sec. (F2). La quarta colonna indica l'incidenza (espressa in percentuale) sulla differenza complessiva ($d = 3,06$ sec.), dovendo però sottolineare che il raffronto diretto è possibile solamente per i valori compresi tra t2 e t10, in quanto t1 e t11 riguardano tratti del percorso più lunghi.

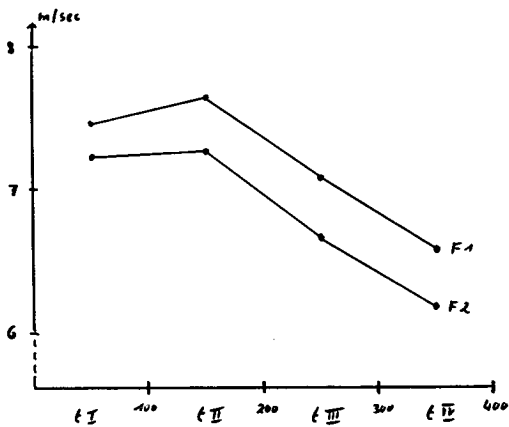
Come si può notare, t9 e t10 incidono maggiormente sulla differenza di prestazione, mentre t1 e t2 hanno rilevanza minore. Inizialmente, dunque, la differenza di prestazione rimane contenuta, comincia ad aumentare a partire da H3, arrivati ad H8 e H10 si può notare come il vantaggio (delle atlete più forti) si è duplicato e triplicato rispetto al valore iniziale. Mentre, però, i due effetti principali, «qualificazione» e «tratto del percorso» sono di carattere sistematico, l'interrelazione non lo è (2), ragion per cui le differenze di incidenza sullo svantaggio finale di F2 possono esser anche casuali.

In tutti gli undici tratti del percorso, comunque, le atlete di F2 evidenziano una netta inferiorità rispetto a quelle di F1. Le undici velocità parziali non sono, però, tutte di differenza significativa. Così, ad esempio, le velocità v9, v10 e v11 - riferite al gruppo complessivo — non evidenziano differenze tali da dover concludere la loro imputa-

Wohl unterscheiden sich $t I$, $t III$ und $t IV$ hochsignifikant voneinander, doch sind $t II$ und $t I$ bei $F2$ nicht überzufällig verschieden, die Differenz liegt unterhalb der «kritischen Differenz».

Bei der Gesamtgruppe steigt die Teilgeschwindigkeit in $S2$ an und fällt danach wieder ab, wobei dieser Abfall von $S2$ bis $S4$ bei der Gesamtgruppe völlig linear ist: $t III$ ist um 1,10 sec langsamer als $t II$ und $t IV$ um denselben Betrag langsamer als $t III$. Für $S4$ wird demnach 2,20sec mehr benötigt als für $S2$. Bei den Leistungsgruppen bestehen insofern graduelle Abweichungen, als bei $F1$ die Höchstgeschwindigkeit in $S2$ deutlich über der Geschwindigkeit in $S1$ liegt, während $F2$ in $S2$ nur minimal schneller ist als in $S1$. Demnach kann davon ausgegangen werden, daß das Tempoverhalten nicht einheitlich ist, vielmehr leistungsorientiert erfolgt.

Abb. 6: Geschwindigkeitsverlauf beim 400-m-Hürdenlauf unterschiedlich qualifizierter Läuferinnen



Die ansteigenden Mittelwertsdifferenzen zwischen $F1$ und $F2$ haben schon angezeigt, daß die vier 100-m-Laufabschnitte ungleich zum gesamttrückstand der Schwächeren beitragen und zwar:

- $S1$: 12,7%
- $S2$: 23,5%
- $S3$: 28,8%
- $S4$: 32,4%

Die korrelationsstatistische Auswertung bestätigt die Leistungsrelevanz aller vier 100-m-Teilzeiten, wobei der Zusammenhang von $t III$ und $t 400H$ am engsten, der von $t I$ und $t 400H$ am losesten ist 5.

zation a fattori casuali, il che vale anche per $v3$ e $v4$.

(2) Tempi parziali relativi ai (singoli tratti di) 100 m.

I quattro tempi parziali relativi ai quattro tratti di 100 m. (ciascuno) consentono di avere un chiaro quadro di assieme, anche se in tal modo si corre il rischio di fare una diagnosi molto approssimativa. Un vantaggio non indifferente consiste anche nel fatto che vi è la possibilità di effettuare raffronti con i 400 m. piani con conseguente maggiore rispondenza pratica alla realtà della gara e del training. Nella pratica dell'allenamento, infatti, si preferisce far riferimento a intertempi e tempi parziali relativi a tratti di 100 m.

Tab. 3: Tempi parziali relativi a tratti di 100 m. nei quattrocento metri femminili. (Gruppo complessivo e gruppi differenziati per livello di rendimento)

a) Tempo parziale $t 1$

Gruppo	t Ii	M	$\pm s$
FG	12,80-13,94	13,63	0,34
F1	12,80-13,65	13,40	0,29
F2	13,71-14,39	13,86	0,20

b) Tempo parziale $t 2$

Gruppo	t Ii	M	$\pm s$
FG	12,79-14,08	13,46	0,44
F1	12,79-13,35	13,10	0,21
F2	13,46-14,08	13,82	0,22

c) Tempo parziale $t 3$

Gruppo	t Ii	M	$\pm s$
FG	13,55-15,66	14,56	0,69
F1	13,55-14,69	14,12	0,40
F2	14,31-15,66	15,00	0,48

d) Tempo parziale $t 4$

Gruppo	t IVi	M	$\pm s$
FG	14,57-17,00	15,66	0,76
F1	14,57-16,04	15,17	0,50
F2	15,24-17,00	16,16	0,63

400-m-Hürdenlauf der Frauen

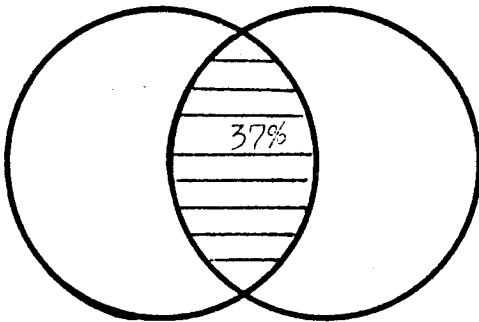
Tab. 4: Korrelationsmatrix zum Zusammenhang von Teil- und Endzeiten sowie Interkorrelationen der Teilzeiten beim 400-m-Hürdenlauf der Frauen

	t I	t II	t III	t IV	t 400H
t I	xx	.82	.34	.23	.61
t II		xx	.64	.44	.81
t III			xx	.76	.90
t IV				xx	.85

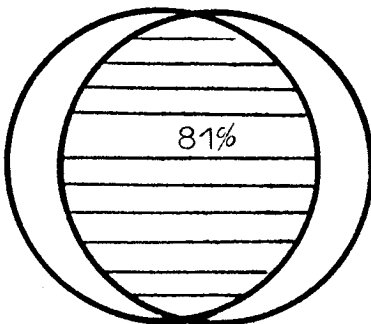
Die dritte Teilzeit ist also besonders typisch für den 400-m-Hürdenlauf, denn hier besteht die größte gemeinsame Varianz von Teil- und Endzeit: 81% der Varianz in t 400H werden durch t III aufgeklärt.

Abb. 7: Venn - Diagramme zum Zusammenhang von Teilzeiten und 400-m-Hürdenzeit (gemeinsame Varianzen)

a) t I e t 400hs



b) t 3 e t 400hs



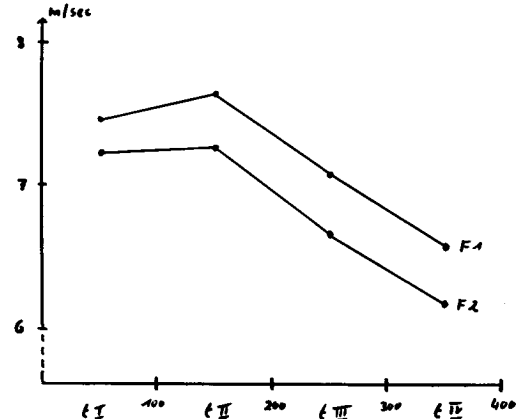
Le differenze interindividuali aumentano man mano che si passa da un tratto a quello successivo, ragion per cui aumentano continuamente anche le varianze del gruppo complessivo, che sono di natura eterogenea (3).

Le differenze dei valori medi tra F1 e F2 aumentano da 0,46 sec. in S1, a 0,72 sec. in SII, a 0,88 sec. in SIII sino a 0,99 sec. in S IV; si tratta, dunque, di un aumento considerevole. In S IV, lo sviluppo accumulato in SII si è più che raddoppiato, il che è indice di un'interrelazione tra qualificazione e tratto del percorso, interrelazione — però — di natura non sistematica (4).

Semplificative sono, però, tutt'e quattro le differenze tra i valori medi dei gruppi F1 e F2, non però le variazioni dei valori medi dei due gruppi (di rendimento) e del gruppo complessivo concernenti i quattro tempi parziali. Molto significative sono le differenze tra tI, tII e tIII, ma le differenze tra tII e tI in F2 non supera i valori imputabili a fattori casuali, in altre parole rimane al disotto (del valore) della c.d. «differenza critica».

Per quel che riguarda il gruppo complessivo, la velocità parziale aumenta in S2 per poi decrescere; tale decremento tra S2 e S4 — nel gruppo complessivo — è completamente lineare: tIII è più lento di tII in misura di 1,10 sec; tIV è più lento di tIII in ragione dello stesso valore. Ciò significa che per percorrere S4 occorrono 2,20 sec. in più rispetto al tempo di percorrenza di S2. Sussistono, dunque, discordanze graduali nei due gruppi: mentre in F1 la velocità massima in S2 è nettamente superiore alla velocità in S1, in F2 la velocità in S2 è solo appena superiore a quella in S1. Si può, pertanto, ritenere che il comportamento ritmico non sia uniforme, bensì vari in relazione al livello di prestazione.

Fig. 6.: Andamento della velocità nei 400 m ostacoli femminili in atlete di qualificazione differente.



Zuverlässige Kriterien der Wertung der vier Teilzeiten sind die regressionsanalytisch ermittelten β -Koeffizienten. Sie belegen, daß die vier Teilstrecken zunehmend wichtiger werden:

$$\beta_{c1} = 0,19$$

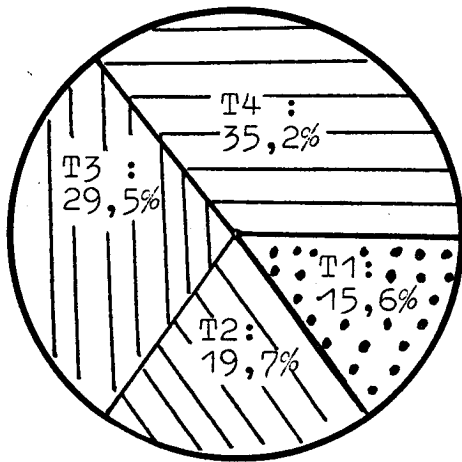
$$\beta_{c2} = 0,24$$

$$\beta_{c3} = 0,36$$

$$\beta_{c4} = 0,43$$

Der Beitrag von t III zur Aufklärung der Varianz in t 400H ist fast doppelt so hoch wie der von t I. Die Wirkungsproportionen betragen 1: 1,3: 1,9: 2,2.

Abb. 8: Anteile der vier Teilzeiten an der Aufklärung der Varianz der 400-m-Hürdenlaufzeit



Bemerkenswert sind die Interkorrelationen. Während benachbarte Teilzeiten systematisch interkorrelieren, trifft dies in den anderen Fällen nicht zu. So bestehen zwar zwischen t I und t II sowie zwischen t III und t IV Korrelationsvarianzen von über 67% bzw. von fast 58%, doch ist der Zusammenhang von t I und t III sowie der von t I und t IV nicht nur insignifikant, sondern auch bedeutungslos: die am Start schnelleren Läuferinnen sind im Endspurt nicht mehr schneller, sie sind allerdings auch nicht langsamer. Sie «zehren» von ihrem Vorsprung aus der ersten Hälfte des Rennens.

(3) Zwischenzeiten und Hälftedifferenzen

Die Trainingspraxis ist vor allem an Zwischenzeiten interessiert, weil diese sich einerseits als Leitlinien des Taktikverhaltens, andererseits auch als Sollwerte zur Grobdiagnose des konditionellen Eigenschaftsniveaus eignen. Zwischenzeiten können nach den verfügbaren Daten sowohl für die Laufstrecken bis zu den ein-

Le crescenti differenze dei valori medi tra F1 e F2 hanno già indicato come i quattro tratti del percorso di 100 m. ciascuno incidano differenzialmente sul ritardo complessivo delle atlete di livello inferiore, e più precisamente nella seguente misura:

$$S1: 12,7\%$$

$$S2: 23,5\%$$

$$S3: 28,8\%$$

$$S4: 32,4\%$$

L'analisi di correlazione statistica conferma la rilevanza — ai fini del rendimento complessivo — di tutti e quattro i tempi parziali sui (singoli tratti di) 100 m.; in tale contesto la connessione tra t III e t 400H è la più stretta, quella tra t I e t 400H, è invece, la meno vicina.

Tab. 4: Matrice delle correlazioni relativa alle connessioni tra tempi parziali e tempi finali nonché alle interrelazioni dei tempi parziali nei 400 m. hs. femminili.

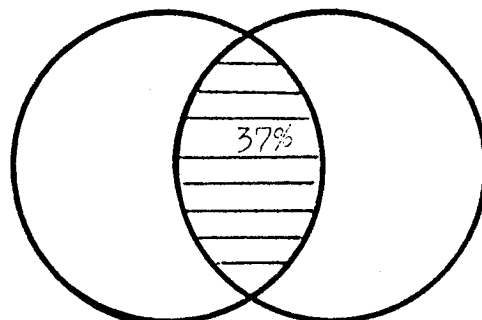
	t I	t II	t III	t IV	t 400H
t I	xx	<u>.82</u>	<u>.34</u>	<u>.23</u>	<u>.61</u>
t II		xx	<u>.64</u>	<u>.44</u>	<u>.81</u>
t III			xx	<u>.76</u>	<u>.90</u>
t IV				xx	<u>.85</u>

Il terzo tempo parziale assume, dunque, rilevanza tipica relativamente alla disciplina dei 400 m. ostacoli in quanto evidenzia la maggiore comune varianza del tempo finale e del tempo parziale: l'81% della varianza in t 400H viene ricoperta da t III.

La Fig. 7 rappresenta graficamente due relazioni sotto forma di diagrammi di Venn.

Fig. 7: Diagrammi di Venn relativi alle connessioni tra tempi parziali e tempo finale sui 400 m. hs. (variante comuni)

a) T1 und t 400H



400-m-Hürdenlauf der Frauen

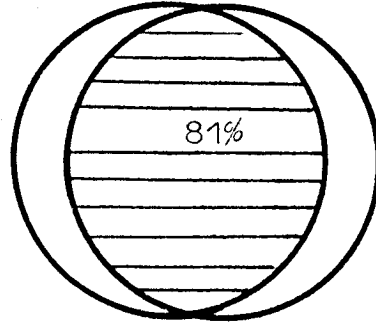
zelen Hürden als auch für die 100-, 200 und 300-m-Marken definiert werden. Statistische Normen in Form angemessener Zwischenzeiten an diesen drei Meßpunkten werden in Tab. 5 für ausgewählte 400-m-Hürdenzeiten einschließlich des Standardschätzfehlers zusammengestellt. Berechnungsgrundlage sind folgende Regressionsgleichungen:

$$\begin{aligned} \hat{t}_{100} &= 6,62 + 0,1224t_{400H}; \hat{\sigma} = \pm 0,27 \text{ sec} \\ \hat{t}_{200} &= 8,92 + 0,3170t_{400H}; \hat{\sigma} = \pm 0,48 \text{ sec} \\ \hat{t}_{300} &= 5,26 + 0,6351t_{400H}; \hat{\sigma} = \pm 0,40 \text{ sec} \end{aligned}$$

Die genannten Normen stellen den aktuellen Trend im Hürdenlauf der Frauen dar, wobei einige Läuferinnen teilweise erheblich von der Norm abweichen. Vor allem bei der 100-m-Marke ist in Einzelfällen ein gravierendes Fehlverhalten festzustellen. Nimmt man den durch die Standardschätzfehler vorgegebenen Toleranzgrenzen, kann jeweils die außerhalb dieser Grenzen liegende Zwischenzeit (Ist-Wert) als «nicht normkonform» klassifiziert werden. Dabei ist allerdings zu bedenken, daß neben dem Standardschätzfehler auch der Standardfehler der Schätzung Abweichungen von der Norm (hier der Regressionsgeraden) deckt. Die errechnete Gerade ist letztlich nur eine Schätzung jener «wahren» Geraden, die für die Gesamtpopulation gilt.

Um Abweichungen einzelner Läuferinnen vom allgemeinen Trend zu illustrieren, aber auch um diesen zu verdeutlichen, wird in Abb.9 das Korrelationsdiagramm für den Zusammenhang von

b) T3 und t 400H



Ai fini della valutazione ed elaborazione dei quattro tempi parziali, affidabili criteri sono rappresentati dai coefficienti- β determinati mediante analisi di regressione. Tali coefficienti- β confermano il fatto che la rilevanza dei quattro tratti parziali aumenta nell'ordine di successione degli stessi.

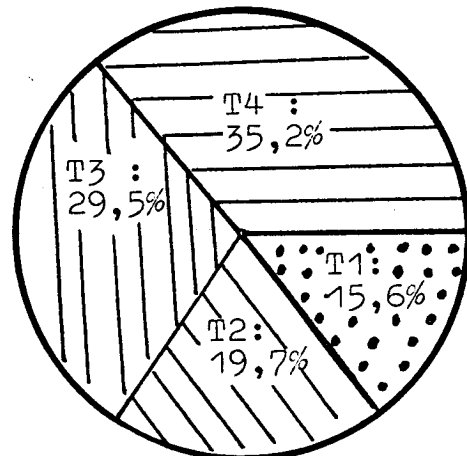
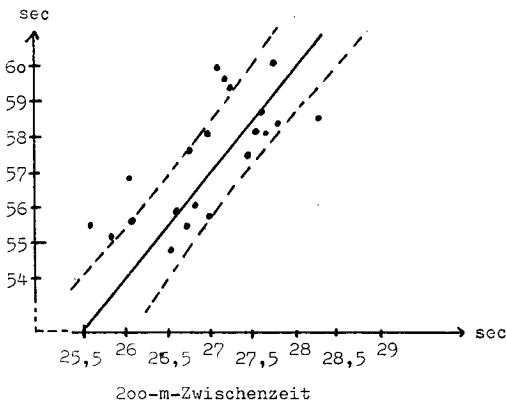
$$\begin{aligned} \beta_{c1} &= 0,19 \\ \beta_{c2} &= 0,24 \\ \beta_{c3} &= 0,36 \\ \beta_{c4} &= 0,43 \end{aligned}$$

L'incidenza di t III ai fini della definizione della variante in t 400H è, praticamente, di entità doppia a quella di t I: proporzionalmente l'incidenza (dei singoli tratti del percorso) può essere così espressa:

$$1 : 1,3 = 1,9 : 2,2$$

Fig. 8: Incidenza dei quattro tempi parziali sulla varianza del tempo di percorrenza complessivo sui 400 m. ostacoli.

Abb. 9: Korrelationsdiagramm zum Zusammenhang von 200-m-Zwischen- und 400-m-Hürdenzeit mit hyperbolischen Vertrauensgrenzen



200-m-Durchgangszeit und 400-m-Endzeit einschließlich der Regressionsgeraden und der hyperbolischen Vertrauensgrenzen graphisch abgebildet. Läuferinnen, deren Meßpunkte außerhalb dieser Vertrauensgrenzen liegen, sind nicht im allgemeinen Trend und verhalten sich taktisch falsch.

Die angegebenen Normen für die Zwischenzeiten bei 200m beinhalten, daß die zweite Laufhälfte nennenswert langsamer durchlaufen wird als die erste. So ist z.B. für $t_{400H} = 55,0$ sec eine Hälfte differenz von 2,3 sec «normal», während bei einer Endzeit von 60 sec eine Hälfte differenz

Significative sono le interrelazioni. Mentre i tempi parziali «limitrofi» evidenziano interrelazioni sistematiche, ciò non è riscontrabile negli altri casi. Così, tra t I e t II, nonché tra t III e t IV sussistono varianze di correlazione rispettivamente di oltre 67% e di quasi 58%, ma la connessione tra t I e t III, nonché tra t I e t IV, risulta priva di rilevanza, non dando adito a conclusioni significative: in termini concreti, le atlete più veloci alla partenza non sono più veloci nello sprint finale, né sono più lente, bensì «vivono di rendita», se così si può dire, del vantaggio accumulato nella prima metà della corsa.

Tab. 5: Norme statistiche (valori ideali) espresse sotto forma di intertempi relativi ai passaggi ai 100, 200 e 300 m. nella disciplina dei 400 hs. femminili.

Tab. 5: Statistische Normen als Zwischenzeiten für 100 m, 200 m und 300 m beim 400-m-Hürdenlauf der Frauen (Dim.: sec)

t 400H	55,0	56,0	57,0	58,0	59,0	60,0	$\pm \hat{\sigma}$
t 100	13,3	13,5	13,6	13,7	13,9	14,0	0,3
t 200	26,4	26,7	27,0	27,3	27,6	28,0	0,5
t 300	40,2	40,8	41,5	42,1	42,7	43,4	0,4

von 4,0 sec adaequat ist. Die Hälfte differenzen nehmen also leistungsorientiert mit abnehmender Qualifikation zu. Dies wiederum kann als Indikator für eine mäßigerer Schnelligkeitsausdauer interpretiert werden, ist aber auch vom technomotorischen und taktischen Niveau mitbestimmt.

(3) Intertempi e differenze tra i (tempi sui) semipercorsi

La pratica del training è particolarmente interessata agli intertempi, in quanto sono utili, da un lato, quali riferimenti diretti per la definizione del comportamento tattico, dall'altro, quali valori indicativi ai fini della diagnosi approssimativa dello stato di forma dell'atleta. Sulla base dei dati a disposizione, gli intertempi possono venir definiti in relazione tanto ai vari percorsi sino ai singoli ostacoli, quanto ai singoli passaggi ai 100, 200 e 300 m. Norme statistiche sotto forma di adeguati intertempi relativi ai tre suddetti passaggi vengono espresse nella tab. 5 per una serie di tempi sui 400 m. ostacoli, tenendo conto di un certo margine medio di errore. I valori di cui alla tab. 5 sono stati sviluppati sulla base delle seguenti equazioni di regressione:

$$\hat{t}_{100} = 6,62 + 0,1224t_{400H}; \hat{\sigma} = \pm 0,27 \text{ sec}$$

$$\hat{t}_{200} = 8,92 + 0,3170t_{400H}; \hat{\sigma} = \pm 0,48 \text{ sec}$$

$$\hat{t}_{300} = 5,26 + 0,6351t_{400H}; \hat{\sigma} = \pm 0,40 \text{ sec}$$

Tab. 6: Hälfte differenzen beim 400-m-Hürdenlauf der Frauen

Gruppe	HD _i	M	$\pm s$
FG	1,48-5,25	3,13	1,15
F1	1,48-4,25	2,79	1,03
F2	1,59-5,25	3,47	1,20

Die Hälfte differenzen variieren bei einer Variationsweite von $w = 3,77$ sec nicht nur in der leistungsheterogenen Gesamtgruppe, sondern auch in den beiden leistungshomogenen Unter-

gruppen beträchtlich mit $w = 2,77$ sec bzw. $w = 3,66$ sec. Selbst unter den Besten gibt es Läuferinnen mit einer ausgesprochen ungünstigen Tempoaufteilung und taktischem Fehlverhalten. So läuft z.B. die Läuferin R3 ($t_{400H} = 55,36$ sec) in der zweiten Laufhälfte um 4,25 sec langsamer als in der ersten, während eine Hälfteendifferenz von 2,4 sec ein Anzeichen für ein trendkonformes Tempoverhalten wäre. Andererseits gibt es auch unter den schwächeren Läuferinnen solche, die extrem wenig Zeit verlieren wie z.B. die Läuferin R13 ($t_{400H} = 58,31$ sec), deren statistische Norm $HD = 3,50$ sec einer realen Hälfteendifferenz von $HD = 1,59$ sec gegenübersteht. Im einen Fall wird die Norm um fast zwei Sekunden über - im anderen unterschritten.

Die schnellere Leistungsgruppe erzielt 0,68sec ihres Gesamtvorsprunges durch den geringeren Geschwindigkeitsabfall in der zweiten Laufhälfte. Mit $r = .56$ besteht ein überzufälliger Zusammenhang von Hälfteendifferenz und komplexer Laufzeit; die gemeinsame Varianz beträgt immerhin 31% (6).

Aus den in Tab.5 aufgeführten statistischen Normen der 200-m-Durchgangszeit können wegen deren numerischer Verknüpfung mit der 400-m- Hürdenlaufzeit die entsprechenden statistischen Normen der Hälfteendifferenzen abgeleitet werden. Diese sind leistungsorientiert und können nicht für alle Leistungsbereiche als Faustregel formuliert werden, wie dies in den Trainingsmethodiken häufig der Fall ist.

Tab. 7: Statistische Normen zu den Hälfteendifferenzen beim 400-m-Hürdenlauf der Frauen (Dim.: sec)

t 400H	55,0	56,0	57,0	58,0	59,0	60,0
HD	2,3	2,7	3,0	3,4	3,8	4,1

5. Diskussion

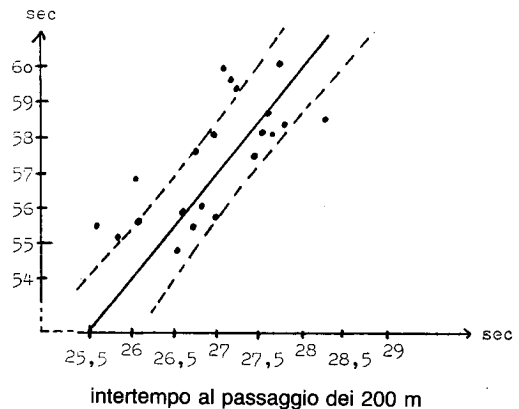
Die Untersuchungsergebnisse bestätigen im wesentlichen die eingangs implizit vorgetragenen Hypothesen. So werden die Einzelergebnisse von Le Masurier hinsichtlich des Tempoverhaltens bestätigt, denn zwischen der ersten und der zweiten Hürde erreichen beide Leistungsgruppen ihr Geschwindigkeitsmaximum. Da-

Le suddette norme rappresentano il «trend» attuale nella disciplina dei 400 ostacoli femminile, pur dovendo ricordare che alcune atlete si discostano notevolmente dalla norma. Soprattutto al passaggio dei 100 m. si possono notare, in singoli casi, gravi errori di impostazione della corsa. Tenendo conto dei limiti di tolleranza — stabilitisi sulla base del margine di errore (nella rilevazione dei tempi) —, gli intertempi che non dovessero rientrare entro tali limiti possono essere classificati quali «non conformi alla norma».

Al fine di spiegare ed illustrare la «non conformità» di alcune atlete al «trend» generale, nella fig. 9 è raffigurato il diagramma di correlazione riguardante le connessioni esistenti tra intertempo al passaggio dei 200 m. e tempo finale e comprendente la linea di regressione ed i limiti di affidamento iperbolici.

Quelle atlete, per le quali le rilevazioni diano valori che si collochino al di là di tali limiti, non rientrano nel «trend» generale ed adottano comportamenti tatticamente errati.

Fig. 9: Diagramma di correlazione riguardante le connessioni tra intertempo al passaggio dei 200 m. e tempo finale (ai 400 m. hs.) con limiti di affidamento iperbolici.



Le norme indicate per gli intertempi al passaggio dei 200 m. evidenziano che la seconda metà della corsa viene nominalmente percorsa più lentamente rispetto alla prima. Così, ad esempio, per $t_{400H} = 55,0$ sec. una differenza tra i 2 semipercorsi pari a 2,3 sec. è «normale», mentre per un tempo finale di 60,0 sec. una differenza (tra i 2 semipercorsi) di 4,0 sec. rappresenterà un valore adeguato. Si può, dunque, argomentare che le differenze tra i 2 semipercorsi aumentano in funzione del livello di rendimento dell'atleta; in altre parole aumentano, quanto minore è il livello di qualificazione dell'atleta. Ciò per essere, a sua volta, assunto quale valore indicatore per una più

nach fällt die Laufgeschwindigkeit bis zur 9. Hürde wieder ab.

Wie bei den Männern (Alabin/Maisutowitsch 1973; Letzelter 1973) sind auch bei den Frauen die leistungsstärkeren durchgängig überlegen. Alle Streckenabschnitte tragen zum Vorsprung der Besseren bei. Kongruenz besteht auch hinsichtlich des Geschwindigkeitsabfalls nach der zweiten Hürde, denn er ist bei den Leistungsstärkeren nicht ausgeprägter als bei den Leistungsschwächeren. Bei gleichem Tempoabfall gewinnen die Schnelleren aber wegen der durchgängig höheren Laufgeschwindigkeit Zeit gegenüber den Langsameren. Und da die Laufgeschwindigkeit immer mehr nachläßt, ist der Zeitgewinn in den späteren Laufabschnitten größer als in den früheren.

Wird von vier 100-m-Teilzeiten ausgegangen, besteht eine überraschende Ähnlichkeit zur Tempogestaltung über 400 m. Auf der Gegengeraden wird das Tempomaximum erreicht, und wie über 400 m. fällt schon in der Zielkurve das Lauftempo beträchtlich ab. Dieser Tempoverlust setzt sich dann auf der Zielgeraden wie bei 400-m-Lauf weiter fort. Während über 400 m in S4 gegenüber S2 2,34 sec verlorengehen, sind es über 400-m-Hürden entsprechend 2,20 sec. Der gesamtverlust ist also ähnlich groß. Er ist beim Hürdenlauf nicht größer als über 400 m, was wegen der hohen Gesamtbelastung doch überrascht.

Die Geschwindigkeitsdiagramme attestieren der schwächeren Leistungsgruppe eine größere Tempoinstabilität. Wenn diese auch statistisch nicht gesichert werden kann, so ist die Tendenz beim Hürdenlauf der Frauen ähnlich jener, die Helbig|Spilker|Thul (1975) beim Hürdenlauf der Männer beobachtet haben.

Wie bei den Männern über 40-m-Hürden und wie bei Männern und Frauen über 400 m variieren die Hälftedifferenzen beträchtlich. Sie sind klar höher als beim 400-m-Lauf der Frauen. Allerdings ist dieser Unterschied möglicherweise zufallsbedingt. Im Vergleich mit den Hälftedifferenzen der DLV-Endlaufteilnehmer 1975 (Helbig|Spilker|Thul 1975) schneiden die Frauen allerdings schlecht ab, denn für sie wird ein Zeitverlust von durchschnittlich 2,43 sec errechnet, er ist um 0,70 sec günstiger. damit wird eine Tendenz angedeutet, die auch über 400 m festgestellt wurde: Frauen sind den Männern in der Schnelligkeitsausdauer unterlegen.

Hinsichtlich der anderen Untersuchungsergebnisse ist keine Diskussion möglich, da keine Vergleichsergebnisse verfügbar sind.

ridotta resistenza alla velocità, ma va tenuto conto anche del livello di preparazione tecno-motoria e tattica.

Tab. 6: Differenze tra i semipercorsi relativi alla specialità dei 400 hs. femminili:

Gruppo	HDi	M	± s
FG	1,48-5,25	3,13	1,15
F1	1,48-4,25	2,79	1,03
F2	1,59-5,25	3,47	1,20

Le differenze tra i semi-percorsi variano con un ampiezza di variazione $w = 3,77$ sec. non solamente nel gruppo di atlete di livello eterogeneo, ma anche all'interno dei singoli sottogruppi di ostacoliste omogenei con valori considerevoli ($w = 2,77/w = 3,66$ sec).

All'interno dello stesso gruppo delle atlete migliori ve ne sono alcune che evidenziano strutture ritmiche sbagliate e comportamenti tecnicamente errati. Così, ad esempio, l'atleta R3 (t 400H = 55,36 sec.) è più lenta — nel secondo semipercorso — di 4,25 sec. rispetto al primo, mentre «conforme al trend» sarebbe una differenza tra i semi-percorsi di 2,4 sec.

D'altro canto, all'interno del gruppo delle atlete di qualificazione inferiore ve ne sono alcune che riescono a contenere la perdita sul 2° semi-percorso entro valori molto bassi, vi è una atleta, ad esempio, la R13 (t 400H = 58,31 sec.) che a fronte di un valore normo-statistico HD di differenza tra i semipercorsi pari a 3,50 sec., riesce a mantenersi su di un valore reale HD di soli 1,59 sec. Nel primo caso, dunque, si oltrepassa il valore normo-statistico di questi due secondi per eccesso, nell'altro caso la discordanza è, invece, per difetto.

Il gruppo di atlete più veloci accumula 0,68 sec. del proprio vantaggio complessivo in virtù della minore diminuzione (perdita) di velocità nella seconda metà della corsa. Cor $r = .56$ sussiste una connessione — non imputabile a soli fattori casuali — fra differenza tra semipercorsi e tempo finale; la varianza comune è, comunque, pari al 31% (6).

Dalle norme statistiche relative ai tempi di passaggio ai 200 m. — di cui alla tab. 5 — è possibile derivare le relative norme statistiche delle differenze tra i 2 semi-percorsi sulla base delle connessioni numeriche delle prime con il tempo finale relativo ai 400 m. ostacoli. Queste seconde norme statistiche (riguardanti le differenze* tra i 2 semipercorsi) sono in funzione del livello di ren-

6. Zusammenfassung

In Form der «Standardisierten Wettkampfbeobachtung» wird das Tempoverhalten von 20 400-m-Hürdenläuferinnen registriert, indem aus Zwischenzeiten an den zehn Hürden Teilzeiten bzw. Teilgeschwindigkeiten errechnet werden. So können Geschwindigkeitsdiagramme erstellt und die Ursachen des Vorsprungs der Besseren eruiert werden. Es zeigt sich, daß dieser vor allem im Schlußteil herausgelaufen wird.

Die Gegenüberstellung von vier 100-m-Teilzeiten führt zu dem Ergebnis, daß der Gesamtunterschied zwischen einer besseren und einer schwächeren Leistungsgruppe sich nicht zu gleichen teilen aus denen in den vier Teilzeiten zusammensetzt. Vielmehr wird der Zeitunterschied zunehmend größer, sodaß der Schlußspurt dreimal so viel zum Leistungsgefälle beiträgt wie der Startabschnitt.

Alle vier Teilzeiten korrelieren hochsignifikant mit der Endzeit, aber nicht alle Interkorrelationen sind überzufällig. Die am Start Schnelleren sind im Endspurt nicht mehr schneller. Die relativen Gewichte bestätigen den Gruppenvergleich, denn sie steigen analog zu den Laufabschnitten mit den Wirkungsproportionen 1 : 1,3 : 1,9 : 2,2 an.

In der Hälftedifferenz sind die Leistungsstärkeren den Schwächeren zwar überlegen, doch besteht auch eine enorme heterogenität in diesem von Taktik und Ausdauer bestimmten Merkmal. Es scheint für die Trainingspraxis aussagekräftig zu sein. Entsprechende Normen können aus denen für die 200-m-Zwischenzeit gefolgert werden, welche über Regressionsgeraden als «statistische Normen» für 100-, 200- und 300-m-Zwischenzeiten formuliert werden.

ANMERKUNGEN

1) Die gleichzeitige Auswertung der Schrittgestaltung demonstriert die größere Labilität der leistungsschwächeren Frauen. Da das Lauftempo unmittelbares resultat der Schrittgestaltung ist, decken sich die ergebnisse zur geschwindigkeitskonstanz und die zur Schrittgestaltungsstabilität vollständig. Je ausgeprägter die Rhythmusprobleme, desto weniger linear sind die Tempoverläufe der Läuferinnen.

Allerdings kann dies statistisch nicht abgesichert werden. Der von Helbig/Spilker/Thul (1975) definierte «Gleichförmigkeitsfaktor» ist zwar bei den Läuferinnen der F1 nennenswert größer — bei F1 gilt $\bar{G} = 0,56$ m/sec und bei F2 $\bar{G} = 0,72$ m/sec, — doch ist wegen der enormen Variation dieses Index in beiden Gruppen

dimento e non possono venir formulate quale regola-base pratica valida per tutti i singoli livelli di qualificazione, come invece solitamente si fa nelle metodiche di allenamento.

Tab. 7: Norme statistiche riguardanti le differenze tra i 2 semi-percorsi nella specialità dei 400 m. ostacoli femminile.

t 400H	55,0	56,0	57,0	58,0	59,0	60,0
HD	2,3	2,7	3,0	3,4	3,8	4,1

5. Discussione

I risultati dell'indagine confermano essenzialmente le ipotesi implicitamente avanzate all'inizio. Così vengono confermati i risultati singoli di Le Masurier concernenti il comportamento ritmico, in quanto tra il primo ed il secondo ostacolo gli atleti di entrambe i gruppi raggiungono la loro velocità massima, dopodichè questa decresce sino al 9. ostacolo.

Tanto nella disciplina maschile (cfr. al riguardo Alabin / Maisutowitsch 1973 e Letzelter 1973, quanto in quella femminile, l'atleta di livello superiore si dimostra più forte del concorrente — di livello inferiore — in ogni fase della corsa; ogni tratto del percorso contribuisce all'accumulo del vantaggio dell'atleta migliore. Vi è congruenza di risultati anche per quel che concerne la diminuzione di velocità dopo il 2° ostacolo, che negli atleti di livello superiore non è più accentuata rispetto agli atleti meno qualificati. Pur evidenziando un'ugual diminuzione di ritmo, gli atleti più veloci accumulano costantemente vantaggio nei confronti dei più lenti in virtù della loro velocità di corsa più alta in termini assoluti. Dato che la velocità di corsa diminuisce costantemente, il tempo guadagnato nei successivi tratti del percorso diviene maggiore rispetto a quello guadagnato nei tratti iniziali.

Sviluppando le osservazioni dei tempi parziali nei vari tratti di 100 m. (ognuno), si scoprono sorprendenti analogie con la struttura ritmica dei 400 m. piani. Sul rettilineo opposto a quello di arrivo si raggiunge il ritmo massimo e — analogicamente a quanto avviene nei 400 piani — nella curva di arrivo, il ritmo di corsa cala notevolmente. Tale perdita di ritmo continua poi sul rettilineo di arrivo, la stessa cosa si osserva nella specialità piana.

Mentre, nei 400 piani, in S4 si perdono 2,34 sec. rispetto a S2, nei 400 m. ostacoli tale valore

(0,25 msec $\leq G \leq 1,48$ msec) der Gruppenunterschied insignifikant. Ebenso korrelieren Gleichförmigkeitsfaktor und komplexe Laufzeit mit $r = 0,39$ nicht überzufällig. Es bestehen freilich signifikante Tendenzen.

2) Da nicht alle Teilzeiten direkt vergleichbar sind, weil t_1 und t_{11} für längere Abschnitte gelten als t_2 bis t_{10} , werden die unmittelbar vergleichbaren Teilgeschwindigkeiten der varianzanalytischen Verrechnung zugrunde gelegt: $F_{oxs} = 0,98$.

3) So sind z.B. die Varianzen von t_1 und t_{IV} signifikant heterogen: $t_r = 3,92$, ebenso auch die von t_1 und t_{III} mit $t_r = 3,47$. Die Prüfung erfolgt nach FERGUSSON (CLAUSSEBNER 1972).

4) $F_{oxs} = 1,72$

5) Die vier Trennschärfenoeffizienten gehören nicht zu identischen Grundgesamtheiten, denn t_1 korreliert signifikant weniger mit t_{400H} als t_{III} und t_{IV} : $t \geq 2,37$

6) Im Gruppenvergleich läßt sich dieses Ergebnis aber varianzanalytisch nicht absichern: $\eta = 0,33$ ($F = 1,92$).

BIBLIOGRAFIA

LITERATUR

- Alabin, V., Maslowskij, E., M. Maisutowitsch.: Die Konditioneigenschaften von 400-m-Hürdenläuferinnen. In: Die Lehre der Leichtathletik 23 (1972) 38.
- Alabin, V., W. Maisutowitsch: Der Geschwindigkeitsverlauf im 400-m-Rennen. In: Die Lehre der Leichtathletik 24 (1973) 26. ●
- Ballreich, R.: Biomechanische Normen, Gesetze und Prinzipien. In: Letzelter, M., N. Müller (Hrsg.): Sport und Sportwissenschaft. Festschrift zum 65. Geburtstag von Prof. Dr. B. Wischmann. Berlin 1976.
- Ballreich, R.: Normen, Gesetze und Prinzipien in der Biomechanik des Sports. In: Leistungssport 8 (1978) 5.
- Bortz, J.: Lehrbuch der Statistik. Berlin 1977.
- Bulantschik, J.: Zum 400-m-Hürdenlauf. In: Die Lehre der Leichtathletik 20 (1969) 34.
- Clauss, G., H. Ebner: Grundlagen der Statistik. Frankfurt 1972.
- Helbig, A., Spilker, J., W. Thul: 400-m-Hürdenlauf. In: Die Lehre der Leichtathletik 26 (1975) 49-51.
- Hemery, G., H. Housden: Olympischer 400-m-Hürdenlauf in Zahlen. In: Die Lehre der Leichtathletik 20 (1969) 34.
- Jonath, U.: Renntaktik und Tempokontrolle im 400-m-Hürdenlauf. In: Die Lehre der Leichtathletik 13 (1962) 44.
- Jonath, U.: Wie Gerhard Hennige trainiert. In: Die Lehre der Leichtathletik 20 (1969) 9.
- Keidel, H.: 400-m-Hürden-Test der Frauen. In: Die Lehre der Leichtathletik 24 (1973) 33.

differenziale è di 2,20 sec., dunque, di entità simile. In altre parole, la perdita complessiva (risultante dal raffronto tra S2 e S4) nei 400 m. ostacoli non è maggiore rispetto ai 400 piani, il che sorprende, se si considera l'elevato carico complessivo.

I diagrammi della velocità indicano una maggiore instabilità di ritmo degli atleti di qualificazione inferiore. Anche se tale fenomeno non può ricevere conferma statistica, la tendenza rilevabile nella corsa a ostacoli femminile è quella che Helbig/Spilker/Thul (1975) osservarono nella specialità maschile.

Le differenze tra i 2 semipercorsi nei 400 hs variano molto sensibilmente rispetto ai 400 m. ostacoli maschile ed ai 400 m. piani maschile e femminile.

Tali differenze sono nettamente più alte rispetto ai 400 piani maschili e superiori di ca. 3 decimi rispetto ai 400 m. piani femminili. Quest'ultima differenza può, però, essere imputata a fattori casuali. Raffrontando però tali valori con le differenze tra i semipercorsi relative ai finalisti dei Campionati tedeschi di Atletica Leggera del 1975 (cfr. Helbig/Spilker/Thul 1975), la conclusione è sfavorevole per le atlete che — con un ritardo medio di 2,43 sec. — sono ben al di sotto (0,70 sec.) dei loro concorrenti maschili. Ciò evidenzia chiaramente una precisa tendenza, constatata anche nei 400 m. piani: le donne dimostrano di avere minore resistenza alla velocità rispetto agli uomini.

Per quel che concerne gli altri risultati dell'indagine, non può essere sviluppata alcuna discussione, in quanto mancano valori di raffronto.

6. Conclusioni

Il comportamento ritmico di 20 ostacoliste della specialità dei 400 m. è stato rilevato, ricorrendo alla forma delle c.d. «Osservazioni di gara standardizzate», calcolando i tempi (di percorrenza) parziali e le velocità parziali sulla base degli intertempi relative ai singoli passaggi ai dieci ostacoli del percorso. Ciò consente di sviluppare diagrammi della velocità e di individuare le ragioni che determinano il vantaggio che gli atleti di livello superiore riescono ad accumulare. Viene dimostrato che tale vantaggio è frutto, soprattutto, dell'ultima parte della corsa.

Il raffronto dei tempi parziali relativi ai singoli tratti di 100 m. indica che alla differenza (di prestazione) complessiva tra atlete di livello superiore ed altre di livello inferiore non contribuiscono in

- Le Masurier, J.: Die olympischen 400-m-Hürdenläufe von Mexico City, München und Montreal. In: Die Lehre der Leichtathletik 28 (1977) 9.
- Le Masurier, J.: Die ersten zwei Jahre im 400-m-Hürdenlauf der Damen. In: Report of the Proceedings of the Xth Congress of the European Track and Field Coaches Association. Edinburg 1979.
- Letzelter, H., M. Letzelter: Zum Einfluß von Kondition und Technik beim 400-m-Hürdenlauf der Männer und Frauen. In: Leistungssport 9 (1979) 1.
- Letzelter, M.: Schrittgestaltung und Geschwindigkeitsverlauf beim 400-m-Hürdenlauf der OS 1972. In: Die Lehre der Leichtathletik 24 (1973) 37-38.
- Letzelter, M.: Sprinteigenschaften, Wettkampfvverhalten und Ausdauer-training von 200-m-Läuferinnen der Weltklasse. Ahrensburg 1975.
- Letzelter, M.: Hürdensprint. Berlin 1977.
- Letzelter, M.: Zur Theorie des 400-m-Laufs. Hochheim 1979.
- Letzelter, M.: Trainingsgrundlagen. Reinbeck 3 1980.
- Letzelter, M.: Leistungsdiagnostik und Trainingsberatung. In: Die Lehre der Leichtathletik 30 (1979) 20-22.
- Leinert, G.: Testaufbau und Testanalyse. Weinheim 3 1969.
- Nett, T.: Die Technik beim Hürdenlauf und Sprung. Berlin 1962.
- Schmolinski, G. (Red.): Leichtathletik. Berlin 1973.
- Stastny, O.: 400-m-Hürdenlauf der Frauen. In: Die Lehre der Leichtathletik 28 (1977) 48-49.
- Stastny, O.: Technik- und Rhythmusschulung für 400-m-Hürdenläuferinnen. In: Die Lehre der Leichtathletik 29 (1978) 17.

parti uguali i quattro tempi parziali. In realtà, il ritardo delle atlete meno forti aumenta in misura sempre crescente, ragione per cui lo sprint finale incide sulla diminuzione del rendimento in misura tre volte maggiore rispetto al tratto iniziale. Tutti i quattro tempi parziali evidenziano significative correlazioni con il tempo finale, ma non tutte le intercorrelazioni sono tali da non poter più essere imputate a fattori casuali. Le atlete più veloci alla partenza non sono, poi, più veloci nello sprint finale. Le relative ponderazioni confermano il raffronto fra i due gruppi, in quanto aumentano analogamente ai tratti della corsa con le seguenti proporzioni di incidenza:

$$1 : 1,3 = 1,9 : 2,2$$

Per quel che concerne la differenza tra i due semi-percorsi, le atlete più forti evidenziano, da un lato, una superiorità rispetto alle più deboli; dall'altro, però, vi è un'enorme eterogeneità relativamente a tale fattore sul quale incidono anche la tattica e la resistenza; sembra sussistere una buona rispondenza ed applicabilità alla pratica di allenamento.

Le relative norme possono essere desunte da quelle relative all'intervallo del passaggio ai 200 m. che vengono, a loro volta, formulate — mediante rette di regressione — quali «norme statistiche per gli intertempi relativi ai 100, 200 e 300 m.».

NOTE

1) La valutazione simultanea della formazione del passo dimostra la più grande instabilità nelle donne di livello inferiore.

Poiché il tempo di corsa è il risultato immediato della formazione del passo, i risultati coincidono completamente con la costanza della velocità e l'instabilità della formazione del passo. Più sono marcati i problemi di ritmo, più sono meno lineari i decorsi del tempo delle corridrici.

Tuttavia questa statistica non può essere garantita. Il «Fattore di conformità» di Helbig/Spilker/Thul (1975) è veramente molto più alto nelle corridrici del F1 ($F1 \bar{G} = 0,56 \text{ m/sec.}$ e $F2 \bar{G} = 0,72 \text{ m/sec.}$), a causa dell'enorme variazione di questo indice in entrambi i gruppi ($0,25 \text{ m/sec.} \leq G \leq 1,48 \text{ m/sec.}$) la differenza dei gruppi è insignificante. Così non a caso sono correlati con $r = 0,39$ i fattori formali uguali ed il tempo di corsa complesso.

Ci sono certamente tendenze significative.

2) Poiché non tutti i tempi parziali sono direttamente paragonabili, poiché t_1 e t_{11} per segmenti più lunghi

valgono come t 2 fino a t 10, le velocità parziali del computo paragonabili direttamente sono prese come base: $F_{Q \times S} = 0,98$.

3) Così per es. le varianti di t I e t IV sono eterogeneamente significative: $t_F = 3,92$, altrettanto le varianti di t I e t III con $t_f = 3,47$. La verifica risulta secondo Fergusson (Claus/Ebner 1972).

4) $F_{Q \times S} = 1,72$.

5) I 4 coefficienti di selettività non appartengono alle identiche totalità di base, poiché t I si correla di meno con t 400H che t III e t IV: $t \geq 2,37$.

6) Nel confronto dei gruppi questo risultato non è garantito: $\eta = 0,33$ ($F = 1,92$).

**Indirizzo degli Autori:
Anschritt:**

*Prof. Manfred Letzelter
Prof. Helga Letzelter
Fachbereich Leibserziehung der
Universität Mainz,
Saarstrasse 21,
6500 MAINZ*