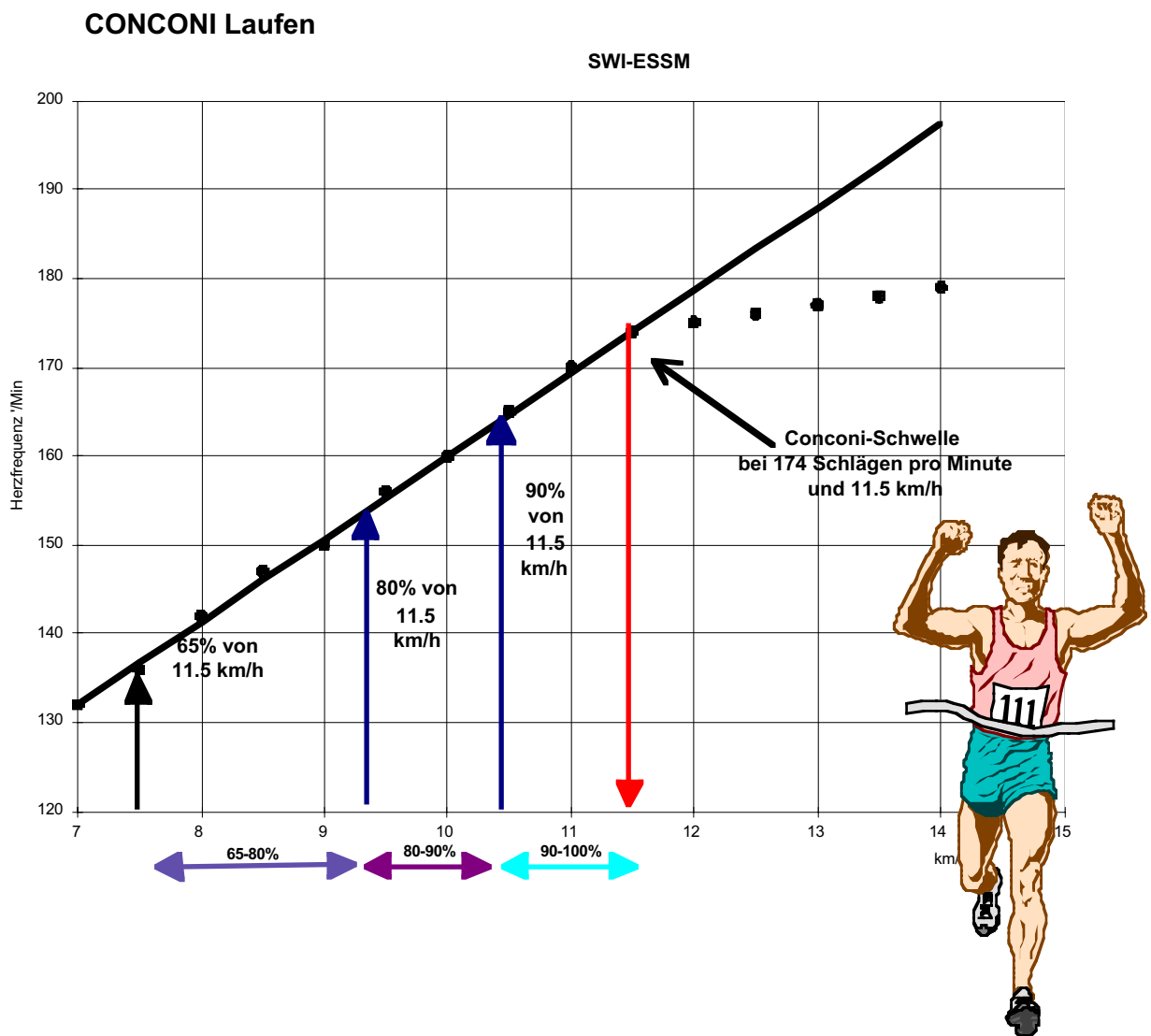


# Die Bedeutung des Conconi-Tests in der Trainingspraxis

Stephan Rickli, Toni Held, Sportwissenschaftliches Institut, Eidgenössische Sportschule Magglingen

Zweite, überarbeitete Auflage, 1998



Praktische Hinweise zur Durchführung, Auswertung und Interpretation des Conconi-Tests Laufen und Fahrradergometer

# Inhaltsverzeichnis

<b>VORWORT</b>	<b>4</b>
<b>1. SPORTBIOLOGISCHE GRUNDLAGEN</b>	<b>5</b>
Ursachen für das Abknicken der Herzfrequenzkurve	5
<b>2. FÜR WEN IST DER CONCONI-TEST SINNVOLL?</b>	<b>7</b>
<b>3. ALLGEMEINE HINWEISE ZUR DURCHFÜHRUNG VON LEISTUNGSTESTS</b>	<b>8</b>
<b>4. TIPS ZUR DURCHFÜHRUNG DES CONCONI-TESTS</b>	<b>9</b>
<b>5. PRAKTISCHE DURCHFÜHRUNG</b>	<b>12</b>
a) Computergesteuertes Pacing	12
b) Geschwindigkeitsregulation durch Drittperson	13
c) Geschwindigkeitsregulation durch Gefühl des Athleten	13
<b>6. AUSWERTUNG</b>	<b>13</b>
a) Computer-assistierte Auswertung	13
b) Manuelle Auswertung	14
<b>7. SCHWIERIGKEITEN BEI DER AUSWERTUNG DES CONCONI-TESTS</b>	<b>15</b>
Was kann man aussagen, wenn kein Knick sichtbar ist?	15
<b>8. ERWARTUNGEN AN DEN CONCONI-TEST</b>	<b>15</b>
a) Leistungsstand	15
b) Trainingsempfehlung	15
c) Leistungsentwicklung	16
<b>9. INTERPRETATION DES CONCONI-TESTS</b>	<b>16</b>
a) Leistungsstand	16
b) Trainingsempfehlungen	20
c) Leistungsentwicklung	22
<b>10. BEURTEILUNG DES CONCONI-TESTS</b>	<b>23</b>

a) Vorteile	23
b) Nachteile	24
c) Weshalb wir den Test weiterhin durchführen	24
<b>11. SCHLUSSBETRACHTUNGEN</b>	<b>24</b>
<b>WICHTIGE ASPEKTE BEI DER TRAININGSSTEUERUNG MITTELS HERZFREQUENZ</b>	<b>25</b>
a) Belastungsart	25
b) Umgebungsbedingungen	25
c) "Innere Faktoren"	25
d) Häufige Fragen beim herzfrequenzgesteuerten Training	26
<b>LITERATUR</b>	<b>28</b>
<b>ANHANG: ÜBUNGSBEISPIELE</b>	<b>29</b>
Aufgabe 1	29
Lösung Aufgabe 1	30
Aufgabe 2	31
Lösung Aufgabe 2	32
Aufgabe 3	33
Lösung Aufgabe 3	34
Aufgabe 4	35
Lösung Aufgabe 4	36

## Vorwort

Der italienische Biochemiker und Sportwissenschaftler Francesco Conconi und seine Mitarbeiter\* veröffentlichten 1982 eine Studie, in welcher sie einen nichtinvasiven (unblutigen) Test zur Ermittlung der anaeroben Schwelle vorstellten (1). Aufgrund des Herzfrequenzverhaltens bei zunehmender Belastung kann die aerobe Leistungsfähigkeit ohne Laktat- und Sauerstoffaufnahme gemessen werden. In der Schweiz fand der Test schnell grosse Anerkennung und wird heute noch regelmässig durchgeführt. Die deutschen Sportwissenschaftler, die mehrheitlich mit Laktatmessungen arbeiten, stehen dem Test kritisch gegenüber und akzeptierten den Test nie ganz (2,3). Parallel zur Verbreitung des Conconi-Tests feierten italienische Ausdauersportler hervorragende Erfolge. Wie weit diese im Zusammenhang mit dem Conconi-Test stehen, kann nicht schlüssig gesagt werden. Ein weiterer Faktor für die rasche Verbreitung des Conconi-Tests war die technische Verbesserung der Herzfrequenzmessgeräte. Seit gut fünfzehn Jahren kann die Herzfrequenz in Training und Wettkampf einfach und genau mittels Elektrodengurt und einer Uhr registriert und über Interface auf dem Computer ausgewertet werden. Damit steht dem interessierten Breiten- und Leistungssportler ein gutes Mittel zur Dokumentation und Überwachung seines Trainings zur Verfügung. Der Conconi-Test kann einen wertvollen Beitrag zur Trainingssteuerung leisten. Der Testorganisator sollte aber Erfahrung bei der reibungslosen Durchführung wie auch bei der Interpretation des Tests haben, da dieser Schwierigkeiten vor allem auch bei der Interpretation hervorruft. Diese Broschüre soll dazu beitragen, wichtige Informationen und Erfahrungen zusammenzufassen, damit der Conconi-Test besser verstanden und dadurch auch erfolgreicher angewendet werden kann. Die zweite Auflage dieser Schriftenreihe wurde korrigiert und mit Hinweisen zur Durchführung des Conconi-Tests auf dem Fahrradergometer ergänzt.

\* Begriffe wie Mitarbeiter, Sportler, Athleten, Trainer usw. werden geschlechtsneutral verwendet

## 1. Sportbiologische Grundlagen

Der Conconi-Test basiert auf der Tatsache, dass die Herzfrequenz bei zunehmender Belastung weitgehend gleichmässig zunimmt. Diese Herzfrequenzzunahme erklärt sich durch einen erhöhten Sauerstoffbedarf des Körpers. Durch Steigerung der Herzleistung (Zunahme des Schlagvolumens und der Herzfrequenz) wird vermehrt Sauerstoff von der Lunge zur Muskulatur transportiert. Fette und Zucker können mit Sauerstoff zum Zwecke der Energiegewinnung verbrannt werden (aerobe Energiegewinnung). Bei sehr intensiven Belastungen braucht der Körper noch weitere Energiequellen. Es besteht die Möglichkeit, den zusätzlichen Energiebedarf ohne Sauerstoff durch Umsetzung von Zucker zu decken (anaerobe Energiegewinnung). Dabei wird Milchsäure (Laktat) gebildet. Beim Betrachten der Herzfrequenzleistungskurve können wir drei Bereiche unterscheiden (Abb. 1). Im untersten nimmt die Herzfrequenz annähernd linear zu. Die benötigte Energie wird durch Verbrennung von Fett und Zucker mit Sauerstoff bereitgestellt. Im oberen Abschnitt flacht die Herzfrequenzkurve ab. Conconi meint, dass dieser Knickpunkt der Herzfrequenz mit der anaeroben Schwelle zusammenfällt. Die anaerobe Schwelle stellt den Leistungsbereich dar, bei dem die aeroben Energiemechanismen ausgeschöpft sind und eine weitere Leistungssteigerung nur durch Energiebereitstellung aus anaerober Gewinnung möglich ist. Im obersten Bereich nimmt die Herzfrequenz bis zum Erreichen der maximalen Herzfrequenz und des Testabbruches nur noch leicht zu (abgeflachter Anstieg). Die zusätzlich benötigte Energie kann in dieser Phase nur noch durch anaerobe Verstoffwechslung von Zucker bereitgestellt werden. Dieser Mechanismus ist eine "Zusatzreserve" des Körpers, welche die benötigte Energie nur für kurze Zeit bereitstellen kann, da einerseits die Glykogenreserven schnell aufgebraucht werden, andererseits Milchsäure (Laktat) entsteht, welche bei grosser Anhäufung den Muskelstoffwechsel "lähmt" und zum Belastungsabbruch führt.

### Ursachen für das Abknicken der Herzfrequenzkurve

Bis heute gibt es keine befriedigende wissenschaftliche Erklärung für das Phänomen des Abknickens. Conconi meint, dass der Herzfrequenzknicke beim Übergang von aerober zu anaerober Energiebereitstellung entsteht. Bei längerdauernden, intensiven Belastungen kann die Energie gerade noch durch aerobe Stoffwechselwege bereitgestellt werden. Eine weitere Steigerung der Intensität ist nur mit Hilfe der anaeroben Mechanismen möglich. Diese können Energie ohne Sauerstoff produzieren, weshalb die Herzfrequenz nicht weiter ansteigen muss.

Unserer Ansicht nach ist folgende andere Erklärung möglich. Die Milchsäure, die bei der anaeroben Energiegewinnung anfällt, senkt den pH-Wert (Säuregrad im Muskel/Blut). Eine pH-Senkung, das heisst ein Anstieg der Säurekonzentration im Muskel und im Blut, hat eine Rechtsverschiebung der Sauerstoffdissoziationskurve zur Folge. Diese Kurve beschreibt, wie fest der Sauerstoff an sein Transportmittel im Blut, an das Hämoglobin, gebunden ist. Eine Rechtsverschiebung dieser Kurve führt zu einer verbesserten Abgabe des Sauerstoffes vom Blut in den Muskel. Bei zunehmender Übersäuerung wird mehr Sauerstoff aus dem Blut abgegeben, weshalb nun eine grössere Menge Sauerstoff „pro Herzfrequenz“ im Muskel zur Verfügung steht. Deshalb kommt es zur Abflachung und „Knickbildung“ der Herzfrequenzkurve. Der gleiche Effekt wird ebenfalls bei einer Temperaturerhöhung im Muskel beobachtet, welche

eigentlich bei jeder intensiven körperlichen Leistung eintritt. Dies begünstigt ebenfalls das Abflachen der Herzfrequenz.

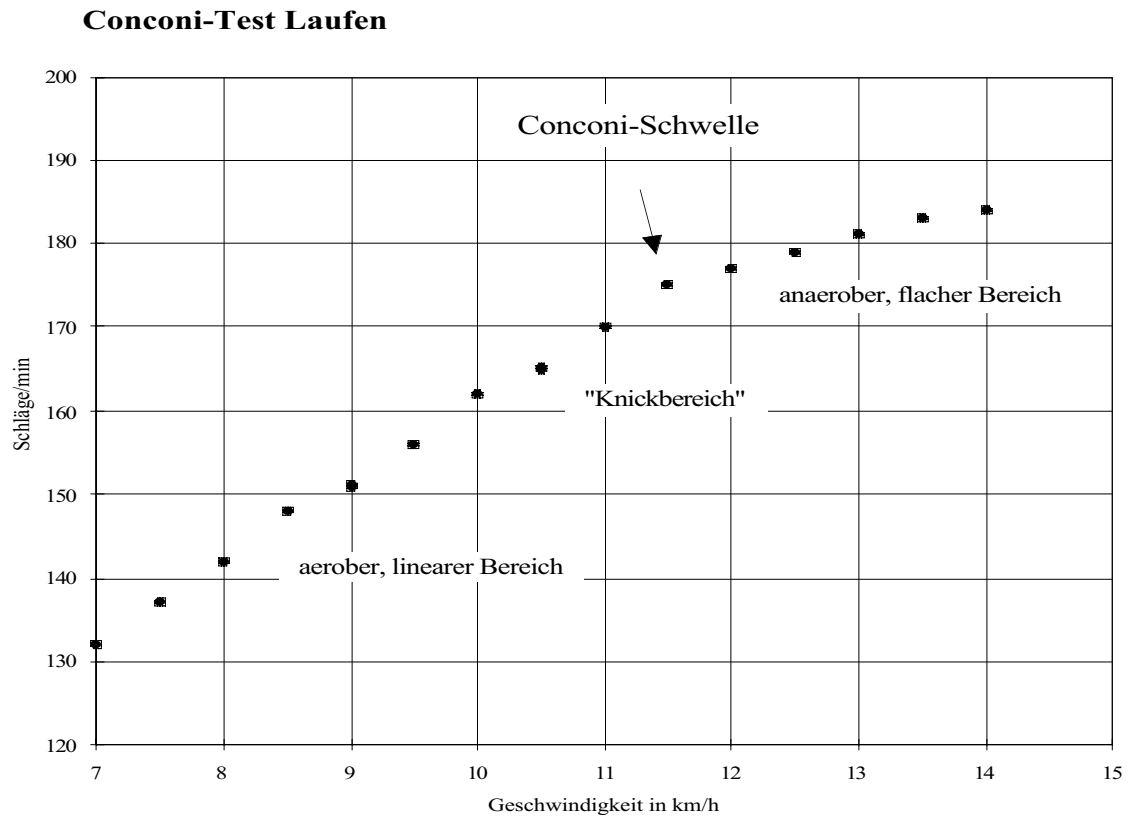
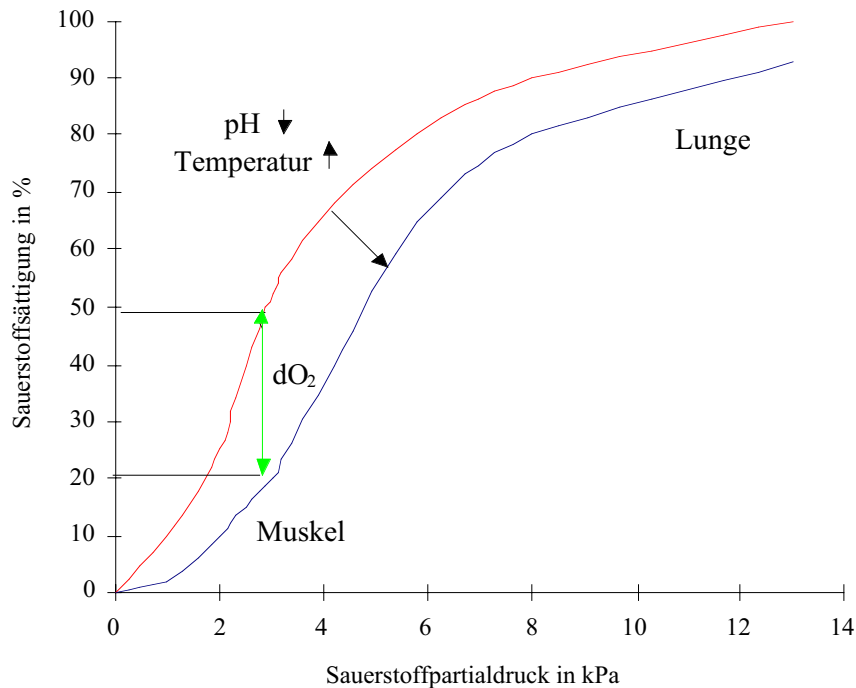


Abb. 1: Wichtige Herzfrequenzbereiche beim Conconi-Test



**Abb. 2:** Rechtsverschiebung der Sauerstoffdissoziationskurve durch eine pH-Senkung oder eine Temperaturerhöhung im Muskel

In Abb. 2 ist erkennbar, dass bei einem Sauerstoffpartialdruck von ca. 3 kPa (= normales Milieu im Muskel) das abfließende, venöse Blut noch zu ca. 50 % mit Sauerstoff gesättigt ist. Verschiebt sich die Kurve bei Anstrengung nach rechts, ist beim gleichen Sauerstoffpartialdruck nur noch eine Sauerstoffsättigung von ca. 20 % im venösen Bereich des Muskels vorhanden. Folglich wird bei pH- Erniedrigung oder Temperaturerhöhung mehr Sauerstoff ( $dO_2$ ) aus dem Blut ausgeschöpft. Die Herzfrequenz muss deshalb trotz erhöhtem Bedarf nicht gleichermassen zunehmen.

Der Zusammenhang zwischen „Herzfrequenzknick“ und anaerober Energiebereitstellung ist in Fachkreisen umstritten und wird vor allem in Deutschland bezweifelt. In der Tat ist der Mechanismus dieses Herzfrequenzverhaltens wissenschaftlich noch nicht restlos erklärt. Der Conconi-Test ist nicht zuletzt deshalb umstritten.

## 2. Für wen ist der Conconi-Test sinnvoll?

Dieser Ausdauerstest ist grundsätzlich für jeden Sportler denkbar, da er einfach, kurz und wenig aufwendig ist. Die Testperson sollte unseres Erachtens fähig sein, eine ununterbrochene Ausdauerleistung von 30-45 Minuten zu erbringen oder etwa dreimal wöchentlich Sport treiben. Die Testperson muss bereit und motiviert sein, sich maximal anzustrengen, da sonst die Interpretation des Tests erschwert wird. Das heisst, dass bei älteren Sportlern wegen gesundheitlichen Risiken Vorsicht geboten ist. Mit einem Fragebogen zur Abklärung von Risikofaktoren (Rauchen, familiäre Belastung Herz-/Kreislauf-Krankheiten, Übergewicht, hoher Blutdruck etc.) besteht die Möglichkeit, Risikopersonen zu erfassen. Wir empfehlen im Zweifelsfall einen ärztlichen "Check-up" vor der Testdurchführung.

Der Conconi-Test ist einfach durchführbar in den Sportarten Laufen und Velofahren. Leistungstests sollten möglichst sportartspezifisch durchgeführt werden. In den Sportarten Schwimmen, Rudern, Kanu, Rollerblade, Langlaufen, Aqua-Jogging ist er ebenfalls möglich, aber mit methodischen Problemen behaftet.

### **3. Allgemeine Hinweise zur Durchführung von Leistungstests**

Das Ziel der Leistungsdiagnostik besteht darin, den Leistungsstand und die Leistungsentwicklung eines Athleten mit einem Test zu erfassen. Daraus können häufig auch Informationen für das weitere Training gewonnen werden. Nicht zuletzt dient der Test auch dazu, dass der Sportler seinen Körper kennenlernt und so seine Reaktionen auf Trainings- und Wettkampfereize einschätzen und interpretieren kann.

Sportliche Spitzenleistung beruhen auf dem optimalen Zusammenspiel von zahlreichen Komponenten, die nur zu einem kleinen Teil mit den Parametern der Leistungsphysiologie dargestellt werden können. Da es viele Faktoren gibt die nicht kontrollierbar sind, sollte darauf geachtet werden, dass die beeinflussbaren Faktoren vor und während eines Leistungstests konstant gehalten werden. Zu den kontrollierbaren Faktoren gehören:

#### *Trainingsvorbelastung*

Die letzten zwei Tage vor dem Leistungstest sollte der Athlet so trainieren, dass er nicht müde zum Test antritt. Das Training vor den Tests sollte immer etwa gleich gestaltet werden.

#### *Erholung*

Der Sportler soll vor dem Test genügend schlafen und sich möglichst in einem psychischen Gleichgewicht befinden.

#### *Ernährung*

Mehr oder weniger gleiche Ernährungsgewohnheiten vor den Tests dienen zur Konstanthaltung der Kohlenhydratspeicher und erleichtern die Interpretation der Ergebnisse.

#### *Motivation*

Für ein aussagekräftiges Testergebnis muss der Athlet die Maximalleistung erbringen. Dies erfordert eine entsprechende Motivation des Sportlers. Ansonsten lohnt sich der Arbeitsaufwand nicht.

#### *Tageszeit*

Wegen tageszeitlichen Schwankungen sollte der Testzeitpunkt immer gleich sein (wenn möglich entsprechend dem üblichen Wettkampfzeiten)

#### *Äussere Bedingungen*

Durch Wind, Regen, extreme Temperaturen, Luftfeuchtigkeit und die Höhenlage werden die Testergebnisse wesentlich beeinflusst. Bei schlechten Bedingungen ist eine Verschiebung günstiger.

#### *Material*



Die Bodenbeschaffenheit, die Sattelhöhe, die Lenkerposition oder sogar das Schuhmodell können Einfluss auf das Testergebnis haben.

Die Konstanthaltung dieser Rahmenbedingungen wird für den Athleten einfacher, wenn er den Leistungstest in den letzten zwei Tagen ähnlich wie ein Wettkampf vorbereitet. Eine andere Möglichkeit ist die individuelle Vorbereitung und Testdurchführung zu protokollieren und sich anhand dieser auf den nächsten Test vorzubereiten.

#### **4. Tips zur Durchführung des Conconi-Tests**

Jeder Teilnehmer sollte über den Zweck und Ablauf des Tests informiert werden. Folgende Punkte sind besonders wichtig:

- Der Conconi-Test ist ein Maximaltest. Jeder Teilnehmer belastet sich so lange, bis er die vorgegebene Intensität nicht mehr halten kann. Beim Lauftest sollte der Athlet den Test abbrechen, wenn er die vorgegebene Geschwindigkeit nicht mehr einhalten kann. Beim Fahrradtest ist ein Abfallen der Tretfrequenz das erste Zeichen, dass der Athlet die geforderte Leistung nicht mehr erbringen kann.
- Während den einzelnen Stufen muss der Athlet versuchen, die vorgegebene Intensität *gleichmässig* einzuhalten, d.h. alle Testteilnehmer bewegen sich beim Lauftest während einer Stufe gleich schnell. Das Ziel des Tests besteht also nicht darin, andere Athleten zu überholen. Guttrainierte Athleten können höhere Maximalleistungen erreichen als Untrainierte. Beim Fahrradergometertest muss beachtet werden, dass die Tretfrequenz konstant vorgegeben wird (Breitensportler 80/min, Radrennfahrer 90-95/min), und zwar auch beim drehzahlunabhängigen Ergometer, da der deren Einfluss auf die Herzfrequenz nicht zu unterschätzen ist (Differenzen von 5-15 Schläge/min).

Führt man Conconi-Tests in grösseren Gruppen durch, wie dies beim Laufen möglich ist, braucht es, damit keine Fehler passieren, eine straffe Organisation des Tests. Für den Athleten ist es sehr unbefriedigend, wenn er sich maximal belastet hat und nachher kein Testresultat erhält.

Jeder Athlet muss über die Funktionsweise und Handhabung des jeweiligen Herzfrequenzmessgerätes informiert werden. Fehlerhaftes Starten, Nichtstarten der Herzfrequenzmessung oder eine fehlerhafte Übertragung sind die am häufigsten beobachteten Fehler. Die Testpersonen sind über die Bedienungsschritte des Herzfrequenzmessgerätes zum Zeitpunkt des Startes genau zu instruieren. Bei der Testdurchführung mit Uhren der Firma Polar® müssen alle Teilnehmer genau im Moment des Testbeginns die Starttaste drücken. Mit Betätigung dieser Taste wird die Stoppuhr in Gang gesetzt, was bei den entsprechenden Modellen auch dem Start der Herzfrequenzspeicherung gleichkommt. Alle Athleten müssen selber kontrollieren, ob die Stoppuhr wirklich läuft. Es hat sich als lohnenswert erwiesen, die Läufer bei der ersten Passage nach der aktuellen Zeit auf der Stoppuhr zu fragen, um sicher zu sein, dass die Uhr läuft. Während des Laufs darf der Läufer nichts mehr an der Uhr manipulieren. Bei Testung mehrerer Läufer gleichzeitig, sind die Uhren zum Ausschluss von Verwechslungen gut zu beschriften (Tapekleber mit Namen an die Uhr kleben oder die Nummer der Uhr notieren). Am Ende des Testes kann man die Uhr sofort abstellen oder man wartet, bis sich die Herzfrequenz unter 120 Schlägen pro Minute eingependelt hat.

*Beachte:*

- Bei der Auswertung der Herzfrequenzkurven werden, leider nicht so selten, Abschnitte mit Werten bis zu 230 Schlägen pro Minute oder Bereiche ohne Herzfrequenzregistrierung beobachtet (Abb. 3). Diese können durch fehlerhafte Übertragung oder durch Interferenzen mit anderen Teilnehmern entstehen. Zur Verhinderung sollte einerseits der Brustgurt des Herzfrequenzgerätes richtig an den Körper angepasst werden (zentriert unterhalb des grossen Brustmuskels, bei Frauen evt. Fixation mit Büstenhalter), damit er nicht verrutschen kann. Andererseits verbessert das Befeuchten der Brustelektroden mit einer Elektrolytlösung die Übertragung ebenfalls. Es muss darauf hingewiesen werden, dass Herzfrequenzmessungen von zwei nahe zusammenstehenden Sportlern (bis ca. 1.5 m Abstand) interferieren und somit falsche Werte liefern können. Deshalb sollten sich Athleten, die den Test beendet haben, rasch von der Laufbahn entfernen. Bei den neuen Herzfrequenzmessgeräten sind die Sender codiert, d.h. die Daten werden mit unterschiedlichen Signalfrequenzen übermittelt, was die Fehlerhäufigkeit vermindert.
- Übertragungsfehler können weitgehend verhindert werden, indem die Testpersonen die Messgeräte bereits beim Einlaufen tragen und kontrollieren, ob die Herzfrequenzanzeige vernünftige Werte liefert. Der Test sollte erst begonnen werden, wenn die Athleten ein korrektes Funktionieren der Übertragung bestätigt haben.
- Ein Speicherintervall von 5 Sekunden gibt erstens mehr Informationen als ein Intervall von 15 Sekunden, zweitens akzeptieren einige Auswertungsprogramme beim Conconi-Test nur das 5-Sekunden-Intervall. Also den Speichermodus vorher kontrollieren und die Uhren für einen neuen Test jeweils leeren.

## Die Bedeutung des Conconi-Tests in der Trainingspraxis

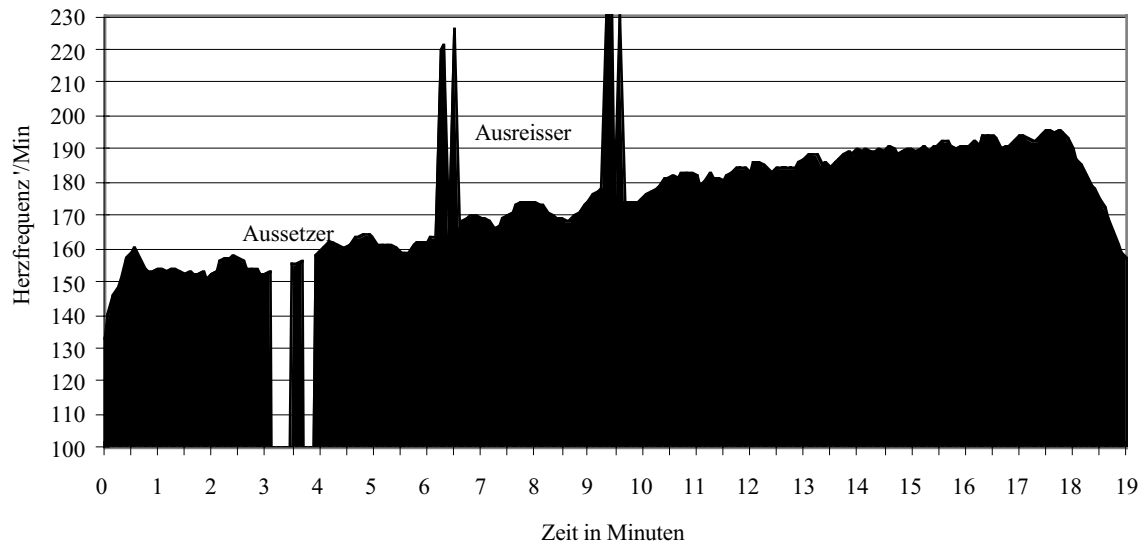


Abb. 3: Beispiel einer Herzfrequenzkurve eines Conconi-Testes mit teilweise fehlerhafter Übertragung

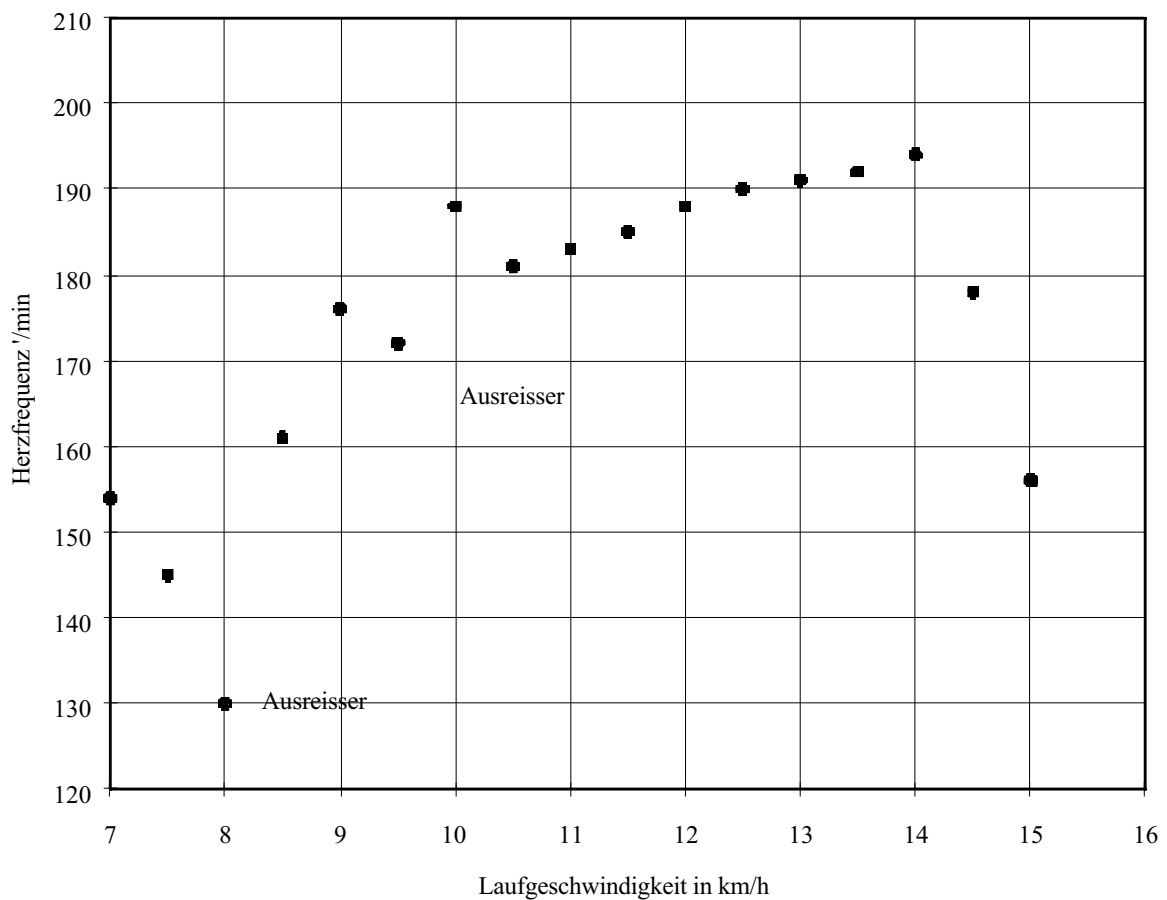


Abb. 4: Erschwerte Conconi-Testauswertung bei fehlerhaften Herzfrequenzwerten

## 5. Praktische Durchführung

Vor dem Test läuft/fährt jeder Teilnehmer mit montiertem Herzfrequenzmessgerät (Kontrolle der Übertragung) für ca. 10-15 Minuten *locker* ein.

### a) Computergesteuertes Pacing

In der Testdurchführung hat sich die Methode der Geschwindigkeitsvorgabe mit akustischen Signalen beim Laufftest oder direkter Steuerung durch den Computer beim Fahrradtest bewährt.

#### Laufftest

Eine geeignete Rundstrecke (z.B. 400 m Bahn) wird mit Markierungen in 10 m-Abstände (oder 20-25 m bei Ausdauertrainierten) unterteilt. Während des Tests werden durch ein Computerprogramm (Inshape<sup>®</sup>, HRCT<sup>®</sup>) akustische Signale generiert, genau in den Zeitabständen, die benötigt werden, um 10 m (resp. 20-25 m) mit der vorgegebenen Geschwindigkeit zurückzulegen. Erreicht der Sportler genau beim Piepston die nächste Markierung, läuft er so schnell, wie vom Computer gefordert. Diese Methode ermöglicht, mehrere Sportler gleichzeitig zu testen.

Die Anfangsgeschwindigkeit sollte grundsätzlich niedrig sein, da die Auswertung bei zu hohen Startgeschwindigkeiten schwierig sein kann. Bei Untrainierten empfiehlt es sich, bei Geschwindigkeiten von 5-7 km/h zu beginnen. Guttrainierte sollten mit 8-10 km/h und Spitzenausdauerathleten mit 11-12 km/h beginnen. Bei Frauen sollte man die Anfangsgeschwindigkeiten jeweils 2 km/h tiefer wählen. Die Anfangsgeschwindigkeit soll sich immer nach der schwächsten Testperson in der Gruppe richten. Im Zweifelsfall immer mit niedrigen Anfangsgeschwindigkeiten beginnen, da eine verlängerte Testdauer keine negativen Auswirkungen auf das Testergebnis hat. Die langsamen Belastungsstufen haben keinen ermüdenden Effekt, im Gegenteil, sie komplettieren ein ungenügendes Einlaufen.

Beim Startzeichen beginnt die Testperson zu laufen und drückt gleichzeitig den Startknopf des Herzfrequenzmessgerätes (die Stoppuhr auf dem Display beginnt zu laufen).

Bei jedem akustischen Signal muss der Läufer auf der Höhe der nächsten Markierung sein. Alle 200 m ertönt ein höher frequenter Ton, welcher anzeigt, dass die Geschwindigkeit um 0.5 km/h ansteigt.

Sobald ein Läufer infolge Ermüdung dem jeweiligen Tempo nicht mehr folgen kann (d.h. er erreicht mehrere Markierungen erst nach dem Signalton), muss er den Test abbrechen und zur Seite stehen. Wenn die Herzfrequenz unter 120 Schläge pro Minute gefallen ist, kann der Sportler den Stoppknopf des Sporttesters drücken. Die im Sporttester gespeicherten Herzfrequenzen werden anschliessend über ein Interface in den Computer eingelesen und mit einer Software (z.B. InShape<sup>®</sup>, HRCT<sup>®</sup>) bearbeitet.

#### Fahrradtest

Viele Fahrradergometer haben bereits ein Conconi-Programm im Gerät integriert oder können via Interface von einem externen Computer gesteuert werden (z.B. Software von Ergopac<sup>®</sup>). Folgende zwei Testprotokolle haben sich etabliert: Für Trainierte beginnt der Test bei 100 Watt. Die Stufendauer beträgt bei dieser Belastung zwei Minuten. Das entspricht einer Ge-

samtarbeit von 12kJ. Dann wird die Belastung mit 20 Watt-Schritten gesteigert mit einer entsprechenden Verkürzung der Belastungsdauer, so dass die Arbeit auf jeder Stufe konstant 12 kJ beträgt (analog wie beim Laufstest, bei welchem die Laufstrecke von 200 m konstant gehalten wird). Bei Untrainierten, Patienten oder älteren Breitensportlern sollte bei 50 Watt begonnen werden (2 Minuten Belastungszeit) und mit 10 Watt gesteigert werden. Die konstantzuhaltende Arbeit beträgt 6 kJ.

## **b) Geschwindigkeitsregulation durch Drittperson**

### **Laufstest**

Der Test wird auf einer abgemessenen Laufstrecke (z.B. 400 m Bahn), die in 200 m-Teilstrecken unterteilt wird, durchgeführt. Alle 200 m werden die Herzfrequenz und die Laufzeit gemessen und registriert. Die Laufgeschwindigkeit soll kontinuierlich alle 200 m gesteigert werden (jeweilige Reduzierung der Laufzeit um 2 bis 3 Sekunden pro 200 m), bis die Laufgeschwindigkeit nicht mehr erhöht werden kann. Mittels Herzfrequenzmessgerät und Stoppuhr können sowohl die Herzfrequenzen und die Laufzeiten gemessen und im Protokollblatt festgehalten werden. Zum ungefähren Pacing (Vorgabe der Laufgeschwindigkeit) kann ein Blatt verwendet werden, auf dem die jeweiligen 200-m-Durchgangszeiten der entsprechenden Geschwindigkeiten aufgelistet sind (siehe Anhang). Mit einem Handzeichen oder durch Zurufen kann der Trainer dem Läufer mitteilen, ob er die Geschwindigkeiten richtig gewählt hat. Während des Tests soll vor allem darauf geachtet werden, dass der Läufer seine jeweiligen Geschwindigkeiten möglichst konstant läuft.

### **Fahrradtest**

Falls keine automatische Steuerung des Ergometers möglich ist, kann anhand der Zeittabelle im Anhang die Belastung manuell verändert werden.

## **c) Geschwindigkeitsregulation durch Gefühl des Athleten**

Für die Testdurchführung ohne fremde Hilfe ist ein gutes Tempogefühl der Testperson Voraussetzung, damit die Geschwindigkeit durch entsprechende Reduktion der 200 m-Durchgangszeiten korrekt erfolgt. Mit dem Sporttester ist es möglich, immer nach 200 m die Zwischenzeiten mittels Knopfdruck zu registrieren und gleichzeitig die Herzfrequenzen zu messen und zu speichern. Die Auswertung der Uhr mit einer Software erlaubt die Berechnung der jeweiligen 200 m-Geschwindigkeiten und die Zuordnung der Herzfrequenzen zu den entsprechenden Geschwindigkeiten.

## **6. Auswertung**

### **a) Computer-assistierte Auswertung**

Mit zahlreichen, auf dem Markt erhältlichen Softwareprodukten (InShape®, HRCT®, Polar®) können die Herzfrequenzen über ein Interface in den Computer eingelesen und bearbeitet werden. Dabei wird eine Grafik mit der Herzfrequenz auf der Ordinate (y-Achse) und der Leistung

in km/h (Lauftest) oder in Watt (Fahrradtest) auf der Abszisse (x-Achse) erstellt. Die Herzfrequenz einer entsprechenden Stufe wird in der Software InShape® aus dem Mittelwert aller registrierten Herzfrequenzwerte dieser Stufe berechnet. In der Auswertung wird die sogenannte Deflektionsgeschwindigkeit bestimmt, die Stelle, an der die anfänglich geradlinig verlaufende Herzfrequenzkurve abknickt. Dieser Punkt ist gemäss Conconi mit der anaeroben Schwelle gleichzusetzen. Um die anaerobe Schwelle zu bestimmen, muss man eine Gerade in den linearen Teil der Herzfrequenz-Punkteschar legen. Diese Geradenanpassung kann auch mit dem Computer nur "manuell" abgeschätzt werden und wird von keiner Software errechnet. Dies ist insofern sinnvoll, weil Artefakte die automatische Auswertung häufig verunmöglichen. Eine willkürliche Korrektur dieser „Ausreisser“ scheint uns ungünstiger als eine subjektiv geprägte Auswertung des Untersuchers. Es müssen zwei Punkte bestimmt werden, welche die Gerade definieren, den untersten sowie den obersten Punkt des linearen Bereiches. Damit wird eine Gerade in die Punkteschar hineingelegt. Grafisch kann nun abgeschätzt werden, ob die angenommene Gerade vernünftig ist oder korrigiert werden muss. Die Programme liefern uns nebst der Geradengleichung auch die Herzfrequenz und die Geschwindigkeit am Knickpunkt. Die Maximalgeschwindigkeit und -herzfrequenz können einfach abgelesen werden.

Beim Bestimmen der Geraden muss man unter Umständen auf die ersten 2-3 erhobenen Punkte aus verschiedenen Gründen verzichten:

1. Die Herzfrequenzen erreichen zu Beginn das Niveau der Geraden noch nicht, da die Herzfrequenz etwas träge ist und sich vor allem bei konstitutionell hochfrequenten Athleten erst nach einigen Stufen der erwarteten Gerade nähert.
2. Die Kurve ist, besonders bei gut Ausdauertrainierten und bei relativ tiefer Anfangsgeschwindigkeit, s-förmig, d.h. sie besteht aus einem flacheren Bereich zu Beginn des Tests (nicht auswertbarer Teil), einem aeroben linearen Bereich, gefolgt vom Deflektionspunkt mit Abflachung der Herzfrequenzkurve (anaerober, flacher Teil). Dieses Phänomen der s-förmigen Kurve lässt sich mit zwei Theorien erklären: Erstens wird bei tiefen Laufgeschwindigkeiten zuerst vor allem das Schlagvolumen des Herzens bis zu seiner vollen Grösse ausgeschöpft und die Steigerung der Herzfrequenz (bei konstantem maximalem Schlagvolumen) folgt erst etwas später. Zweitens könnte die Laufökonomie bei tiefen Geschwindigkeiten schlechter sein, weshalb die Herzfrequenz bei diesen Belastungen bereits überproportional gross ist und nachher scheinbar nur wenig ansteigt.

## **b) Manuelle Auswertung**

Anhand des Protokollblattes werden aus den Datenpaaren von Herzfrequenz und Geschwindigkeit Punkte im Diagramm eingetragen. Für die Darstellung eignet sich am besten Millimeterpapier. Das weitere Vorgehen ist mit manueller Geradenanpassung gleich wie bei der Computer-Auswertung.

Hinweis:

Um die 200 m-Zwischenzeiten in km/h umzurechnen, braucht man die Formel:

$$v = 720/t$$

v = Geschwindigkeit (km/h)

t = 200 m Laufzeit (sec)

## 7. Schwierigkeiten bei der Auswertung des Conconi-Tests

- Die Bestimmung des Knickpunktes ist von der Erfahrung und der subjektiven Einschätzung des Untersuchers abhängig.
- Bei ca. 20 % der Herzfrequenzkurven tritt kein Deflektionspunkt auf (beim Lauftest häufiger als beim Velotest). Definitionsgemäss wird man deshalb bei der Auswertung keine Conconi-Schwelle bestimmen können (Schätzmöglichkeiten siehe nächster Abschnitt).
- Der Test erfordert eine maximale Belastung des Probanden, um mehrere Messpunkte nach dem Knick zu erhalten. Ansonsten wird die graphische Bestimmung des Deflektionspunktes noch problematischer.
- Es gibt Herzfrequenzverläufe, bei denen sich mehrere Knickpunkte anbieten.
- Störungen der Herzfrequenzübermittlung können das Resultat verfälschen. Da die Software den Herzfrequenzmittelwert einer Stufe berechnet, ist es im Zweifelsfall sinnvoll, das Datenblatt mit sämtlichen (alle 5 Sekunden registrierten) Herzfrequenzwerten zu überprüfen und nach sogenannten Ausreissern oder Aussetzern zu suchen und diese, ohne den Test zu manipulieren, im Datenblatt zu korrigieren (siehe Abb. 3 und 4).

### Was kann man aussagen, wenn kein Knick sichtbar ist?

In ca. 20 % der Conconi-Tests kann kein eindeutiger Knickpunkt gefunden werden. Beim Lauftest scheint dies häufiger vorzukommen als beim Fahrradtest. Um den Test trotzdem beurteilen zu können, muss man sich vergewissern, ob sich der Sportler maximal ausgegeben hat. Hat er dies nicht gemacht, ist es denkbar, dass er die Schwellenintensität noch nicht erreicht hatte und deshalb kein Knick sichtbar wurde. Häufig gibt es aber auch keine Knickbildung bei maximaler Auslastung des Athleten. Die Leistungsbeurteilung muss deshalb aufgrund der Maximalleistung erfolgen. Zur Abschätzung der Schwelle mit Hilfe der Maximalleistung kann die Tabelle 1 zu Hilfe genommen werden. Im Durchschnitt liegt die Schwelle 2-3 Stundenkilometer unterhalb der Maximalleistung, entsprechend 4-6 Conconistufen. Je nach Motivation und Stehvermögen des Athleten gibt es individuelle Unterschiede. Im Schnitt liegt die Schwelle etwa bei 85 % der maximalen Leistung. Als weitere Faustregel gilt, dass die Schwellenherzfrequenz durchschnittlich 10-15 Schläge unterhalb der maximalen Herzfrequenz liegt. Mit diesen Regeln, sollte der Schwellenbereich trotzdem abgeschätzt werden können. Genügt dies zur Leistungsbeurteilung und Trainingsempfehlung nicht, empfehlen wir die Durchführung eines Laktatstufentestes.

## 8. Erwartungen an den Conconi-Test

Idealerweise sollte ein Ausdauerstest Aussagen über folgende drei Punkte ermöglichen:

### a) Leistungsstand

Der Test soll die momentane aerobe Leistungsfähigkeit des Sportlers aufzeigen.

### b) Trainingsempfehlung

Aufgrund der Testresultate muss es möglich sein, dem Sportler eine Trainingsempfehlung für verschiedenen Trainingsintensitäten mitzugeben (Herzfrequenzbereiche).

### c) Leistungsentwicklung

Es muss mittels weiterer Tests möglich sein, die Leistungsentwicklung zu beobachten.

## 9. Interpretation des Conconi-Tests

### a) Leistungsstand

Nachdem wir den Deflektionspunkt ermittelt und damit die Conconi-Schwelle bestimmt haben, können wir anhand von Erfahrungswerten eine Aussage über den *Leistungsstand* machen. Die nachfolgenden Richtwerte stammen von eigenen Messergebnissen oder wurden anhand unserer Erfahrungen abgeleitet.

#### Richtwerte für Normalpersonen betr. Conconi-Schwellenwerte beim Lauffest

Frauen	schlecht	mittel	gut
Alter in Jahren			
20-40	8 km/h	10 km/h	12 km/h
41-55	6 km/h	8 km/h	10 km/h
56-70	5 km/h	6.5 km/h	8 km/h

Abb. 5: Richtwerte Frauen verschiedener Altersgruppen (7).

Männer	schlecht	mittel	gut
Alter in Jahren			
20-40	10 km/h	12 km/h	14 km/h
41-55	8 km/h	10 km/h	12 km/h
56-70	6 km/h	8 km/h	10 km/h

Abb. 6: Richtwerte Männer verschiedener Altersgruppen (7).

Frauen	Männer
<b>Minigolf</b>	8 km/h <b>Minigolf</b>
<b>Schiessen</b>	10 km/h <b>Kunstturnen</b>
<b>Tischtennis</b>	11.5 km/h <b>Sportklettern</b>
<b>Volleyball</b>	12.5 km/h <b>Tischtennis</b>
<b>Orientierungslauf</b>	16 km/h <b>Handball Junioren</b>
<b>Rekord Magglingen</b>	18 km/h <b>Fussball U 18</b>
	<b>Tennis Junioren</b>
	<b>Orientierungslauf</b>
	<b>Marathon</b>
	<b>Rekord Magglingen</b>

Abb. 7: Richtwerte anaerobe Schwelle verschiedener Nationalkader (7).

Aus der Literatur ist bekannt, dass auch mit der bei einem Ausdauer-test erreichten Maximalleistung zuverlässige Aussagen über das Ausdauer- vermögen einer Testperson gemacht werden können (4,5). Eine Studie des Sportwissenschaftlichen Instituts (SWI) in Magglingen zeigte, dass die Wettkampfleistung eines Athleten in einem 15 km-Lauf (Kerzerslauf) mit der Maximalleistung des Conconi-Testes genauso gut vorausgesagt werden kann wie mit der Schwel-



lenleistung des Conconi-Testes oder eines Laktattestes (6). Daraus folgt, dass bei motivierten Athleten alleine mit der Maximalleistung die Leistungsfähigkeit beurteilt werden kann, was bei einer fehlenden Knickbildung von Nutzen sein kann.

### **Kann mit dem Conconi-Test die Wettkampleistung vorausgesagt werden?**

Aufgrund der obenerwähnten Studie (6) kann auch mit Vorsicht vom Conconi-Test auf die maximale Sauerstoffaufnahme geschlossen werden. Vergleiche mit dem 12-Minutenlauf (Cooper-Test) sind ebenfalls möglich. In Tabelle 1 werden solche Vergleichswerte aufgelistet und mit Wettkampfzeiten des Kerzerslaufes (15 km, z.T. etwas coupiert) in Verbindung gebracht.

In einer weiteren Untersuchung des SWIs wurden die Laufzeiten des Kerzerslaufes mit denjenigen des GPs von Bern (10 Meilen/16.1 km), des Murten-Fribourg-Laufes (17.1 km, coupiert), des Greifenseelaufes (21.1 km flach) und des Lausanne Marathons verglichen. Dabei wurden für eine Zeitperiode von 3 Jahren alle erhältlichen Daten von Läufern, die alle oder mehrere dieser Läufe im gleichen Jahr absolviert haben, gesammelt und verglichen. Mit dieser grossen Datenmenge konnten Umrechnungstabellen für die wichtigsten Strassenläufe in der Schweiz erstellt werden (Tabelle 2). Mit diesen beiden Tabellen kann nun ein wenig gespielt werden. Hat man z.B. eine Maximalleistung von 17.1 km/h im Conconi-Test, dürfte die  $VO_2max$  etwa bei 60 ml/kg/min liegen, im 12-Minuten-Lauf sollten etwas mehr als 3000 Meter möglich sein und der Kerzerslauf in 65 Minuten absolviert werden. Mit der angenommenen Kerzerslaufzeit kann dann mit der Tabelle 2 auf die Laufzeiten der anderen Läufe geschlossen werden. Es ist klar, dass diese Umrechnungen ziemlich ungenau sein können und nicht mehr als eine interessante Spielerei darstellen. Grundsätzlich ist mit allen Wettkampfprognosen aufgrund eines Ausdauer-tests alleine Vorsicht geboten, da die Wettkampfleistung von sehr vielen weiteren, nicht vorhersehbaren Faktoren abhängt.

<b>Volkslauf</b>	<b>Cooper-Test</b>	<b>Conconi-Test Kenngrößen</b>		<b>Spirometrie</b>
<b>Kerzerslaufzeit in Minuten</b>	<b>Laufdistanz in Meter</b>	<b>Schwelle in km/h</b>	<b>Maximalgeschwin- digkeit in km/h</b>	<b>VO<sub>2max</sub> in ml/kg/min</b>
44	4.277	22.1	24.9	83.6
45	4.192	21.6	23.3	82.0
46	4.110	21.1	22.8	80.6
47	4.032	20.6	22.4	79.2
48	3.957	20.2	22.0	77.8
49	3.885	19.8	21.7	76.5
50	3.816	19.4	21.3	75.3
51	3.750	19.0	20.9	74.1
52	3.686	18.6	20.6	72.9
53	3.624	18.2	20.3	71.8
54	3.565	17.9	19.9	70.7
55	3.508	17.5	19.6	69.7
56	3.453	17.2	19.3	68.7
57	3.400	16.9	19.1	67.8
58	3.349	16.6	18.8	66.8
59	3.300	16.3	18.5	65.9
60	3.252	16.0	18.3	65.1
61	3.206	15.7	18.0	64.2
62	3.161	15.5	17.8	63.4
63	3.118	15.2	17.5	62.7
64	3.076	15.0	17.3	61.9
65	3.035	14.7	17.1	61.2
66	2.996	14.5	16.9	60.5
67	2.957	14.3	16.7	59.8
68	2.920	14.1	16.5	59.1
69	2.884	13.8	16.3	58.4
70	2.849	13.6	16.1	57.8
71	2.815	13.4	15.9	57.2
72	2.782	13.2	15.7	56.6
73	2.750	13.1	15.5	56.0
74	2.718	12.9	15.4	55.5
75	2.688	12.7	15.2	54.9
76	2.658	12.5	15.0	54.4
77	2.629	12.3	14.9	53.9
78	2.601	12.2	14.7	53.3
79	2.574	12.0	14.6	52.8
80	2.547	11.9	14.4	52.4
81	2.521	11.7	14.3	51.9
82	2.495	11.6	14.1	51.4
83	2.471	11.4	14.0	51.0
84	2.446	11.3	13.9	50.5
85	2.423	11.1	13.7	50.1
86	2.399	11.0	13.6	49.7
87	2.377	10.9	13.5	49.3
88	2.355	10.7	13.4	48.9
89	2.333	10.6	13.2	48.5
90	2.312	10.5	13.1	48.1

Tabelle 1. Vergleich der Schwellen- und Maximalgeschwindigkeit beim Conconi-Test mit anderen Messgrößen (6)

Die Bedeutung des Conconi-Tests in der Trainingspraxis

<b>Kerzerslauf Laufzeit in Minuten</b>	<b>GP Bern Laufzeit in Minuten</b>	<b>Greifenseelauf Laufzeit in Minuten</b>	<b>Murten-Fribourg Laufzeit in Minuten</b>
44	48.7	64.1	54.0
45	49.8	65.4	55.1
46	50.8	66.7	56.2
47	51.8	68.0	57.3
48	52.8	69.3	58.4
49	53.8	70.5	59.5
50	54.8	71.8	60.6
51	55.8	73.1	61.7
52	56.8	74.4	62.8
53	57.8	75.7	63.9
54	58.8	77.0	65.0
55	59.8	78.3	66.1
56	60.8	79.5	67.2
57	61.8	80.8	68.3
58	62.8	82.1	69.4
59	63.8	83.4	70.5
60	64.9	84.7	71.6
61	65.9	86.0	72.7
62	66.9	87.3	73.8
63	67.9	88.5	74.9
64	68.9	89.8	76.0
65	69.9	91.1	77.1
66	70.9	92.4	78.2
67	71.9	93.7	79.3
68	72.9	95.0	80.4
69	73.9	96.3	81.5
70	74.9	97.5	82.6
71	75.9	98.8	83.7
72	76.9	100.1	84.8
73	77.9	101.4	85.9
74	78.9	102.7	87.0
75	80.0	104.0	88.1
76	81.0	105.3	89.2
77	82.0	106.5	90.3
78	83.0	107.8	91.4
79	84.0	109.1	92.5
80	85.0	110.4	93.6
81	86.0	111.7	94.7
82	87.0	113.0	95.8
83	88.0	114.3	96.9
84	89.0	115.6	98.0
85	90.0	116.8	99.2
86	91.0	118.1	100.3
87	92.0	119.4	101.4
88	93.0	120.7	102.5
89	94.0	122.0	103.6
90	95.1	123.3	104.7

Tabelle 2: Quervergleiche der Laufzeiten der wichtigsten Volksläufe der Schweiz (8)

## Richtwerte für Normalpersonen betreffend Conconi-Schwellenwerte auf dem Fahrrad-ergometer

Aus der Literatur und aus unserer eigenen Erfahrung bestehen wenige zuverlässige Referenzwerte über den Fahrradergometer Conconi-Test. Die Maximal- und Conconi-Schwellenleistung in Watt sind vom Körpergewicht abhängig. Ein übergewichtiger Untrainierter kann absolut gesehen sogar mehr Watt leisten als ein hagerer Sportler. Deshalb ist es sinnvoller, die Leistungswerte auf dem Fahrradergometer in Relation zum Körpergewicht anzugeben.

Daten von üblichen Fahrradergometertests aus der Literatur können ebenfalls schlecht auf den Conconi-Test umgesetzt werden, da durch die kurzen Belastungszeiten auf den einzelnen Stufen höhere Wattleistungen erreicht werden als bei Stufentest mit mehrminütigen Belastungsstufen.

Folgende Werte für die Conconi-Schwelle (Watt/kg Körpergewicht) können zur Beurteilung der Leistungsfähigkeit als grobe Richtlinien verwendet werden:

Frauen	Alter in Jahren			
	20-35	36-45	46-55	55-65
sehr gut	> 3.3	> 3.0	> 2.5	> 2.1
gut	2.8-3.3	2.5-3.0	2.1-2.5	1.7-2.1
mittel	1.9-2.7	1.7-2.4	1.4-2.0	1.0-1.6
schlecht	< 1.9	< 1.7	< 1.4	< 1.0

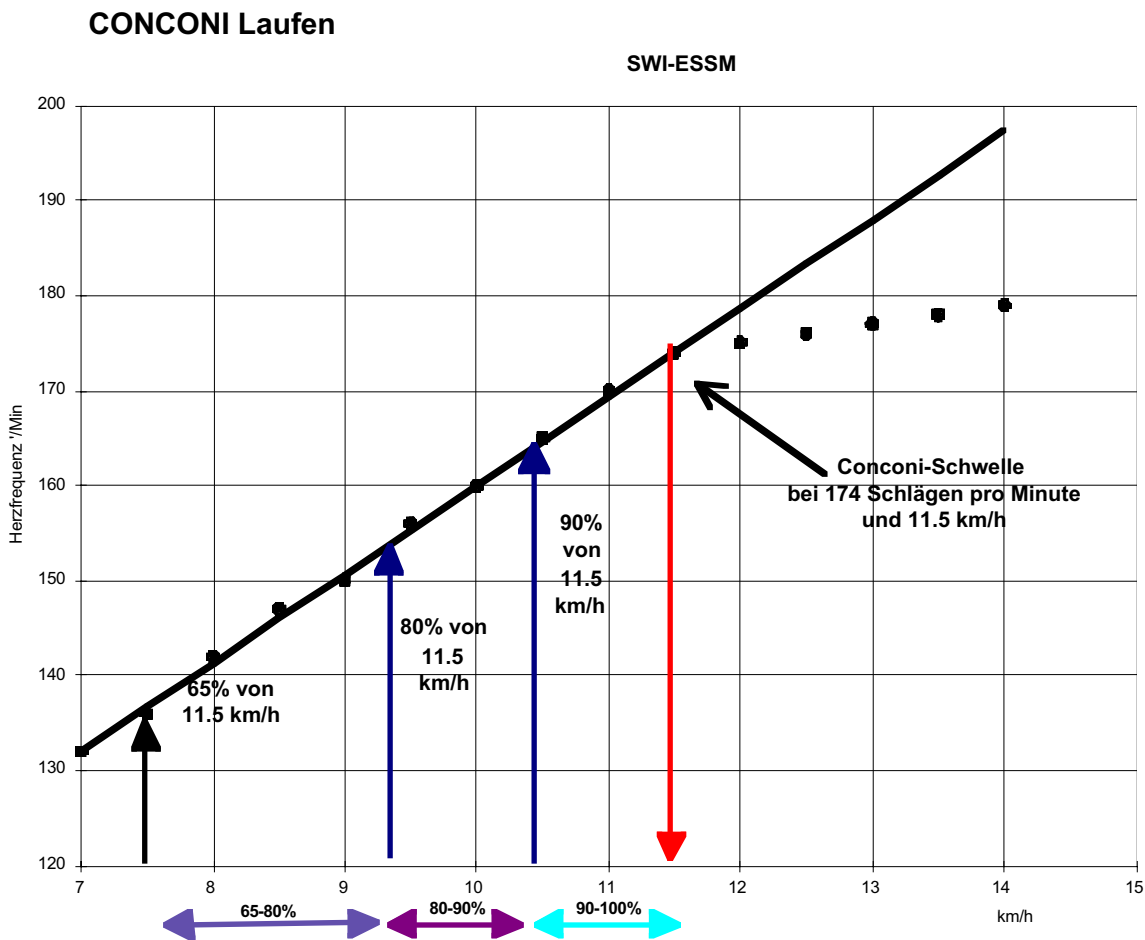
  

Männer	Alter in Jahren			
	20-35	36-45	46-55	55-65
sehr gut	> 4	> 3.6	> 3.3	> 2.5
gut	3.5-4.0	3.1-3.6	2.8-3.3	2.1-2.5
mittel	2.5-3.4	2.2-3.0	1.9-2.7	1.4-2.0
schlecht	< 2.5	< 2.2	< 1.9	< 1.4

Tabelle 3: Beurteilung der Leistungsfähigkeit (Conconi-Schwelle) auf dem Fahrradergometer in Abhängigkeit des Alters und des Geschlechts (Angaben in Watt pro Kilogramm Körpergewicht).

### b) Trainingsempfehlungen

Grundsätzlich geben wir den Sportlern Empfehlungen für drei verschiedene Trainingsintensitäten ab. Wir unterscheiden die Bereiche locker, mittel und schnell. Bei den Trainingsempfehlungen ist die Geschwindigkeit am Knickpunkt (Schwellengeschwindigkeit) der Ausgangspunkt der Berechnungen. Die Schwellengeschwindigkeit erhalten wir, indem wir vom Knickpunkt der Herzfrequenz ausgehend eine Senkrechte nach unten auf die Abszisse (x-Achse) legen und die Geschwindigkeit ablesen. Diese entspricht 100 Prozent. Die entsprechenden prozentualen Anteile der Schwellengeschwindigkeit können nun berechnet werden. Ausgehend von diesen Geschwindigkeiten können aus der Grafik die korrespondierenden Herzfrequenzwerte abgelesen werden. (Abb. 8).



**Abb. 8:** Bestimmung der Trainingsbereiche.

Es ist nicht sinnvoll, Trainingsempfehlungen auf einzelne Schläge genau abzugeben. Angaben im Bereich von 5-10 Herzschlägen sind aus verschiedenen Gründen vernünftiger (siehe letztes Kapitel). Solche Vorgaben bewähren sich bei Trainings im Ausdauerbereich. Bei Trainings um oder oberhalb der Schwelle wird die Trainingssteuerung mittels Herzfrequenzvorgaben schwieriger, da bei hohen Trainingsintensitäten kein stabiles Herzfrequenz/Geschwindigkeits-Verhältnis mehr vorhanden ist.

Laufen	% der Schwellengeschwindigkeit	Anfänger	Hobbysportler	Leistungs- und Spitzensportler
locker	65-80%	30 min.	45 min.	60-120 min.
mittel	80-90%	20 min.	30 min.	45-60 min.
schnell	90-100%	-	15 min.	30-45 min

**Abb. 9:** Trainingsintensitäten in % der Schwellengeschwindigkeit und Vorschläge für die Dauer der Trainingseinheiten für Anfänger, Hobbysportler sowie Leistungs- und Spitzensportler.

Trainingsempfehlungen sind schwierig zu definieren. Bei den oben genannten Angaben handelt es sich um Richtwerte. Die Angaben müssen bei jedem Sportler individuell angepasst werden. Das Ein- und Auslaufen ist zusätzlich in die Trainingseinheit einzuplanen. Der empfohlene Herzfrequenzbereich soll bei schnellen Trainings langsam erreicht werden (innerhalb von 4-6 Minuten).

Wir könnten dem Sportler auch eine Geschwindigkeitsvorgabe als Trainingsempfehlung abgeben. Diese Vorgaben sind aber in coupiertem Gelände nicht zu brauchen und werden zudem von weiteren äusseren Faktoren (z.B. Wetter oder Bodenverhältnisse) beeinflusst.

### **Bei der Testbesprechung achte man auf folgende Punkte:**

Voraussetzung für eine sinnvolle Trainingsempfehlung ist natürlich die Gewissheit, dass die beim Knickpunkt bestimmte Geschwindigkeit der Schwellengeschwindigkeit entspricht. Um eine grössere Sicherheit zu erlangen, ist es wichtig, mit dem Sportler und dem Trainer über den Test und die Leistungsfähigkeit des Athleten zu sprechen. Folgende Fragen sollen dabei diskutiert werden:

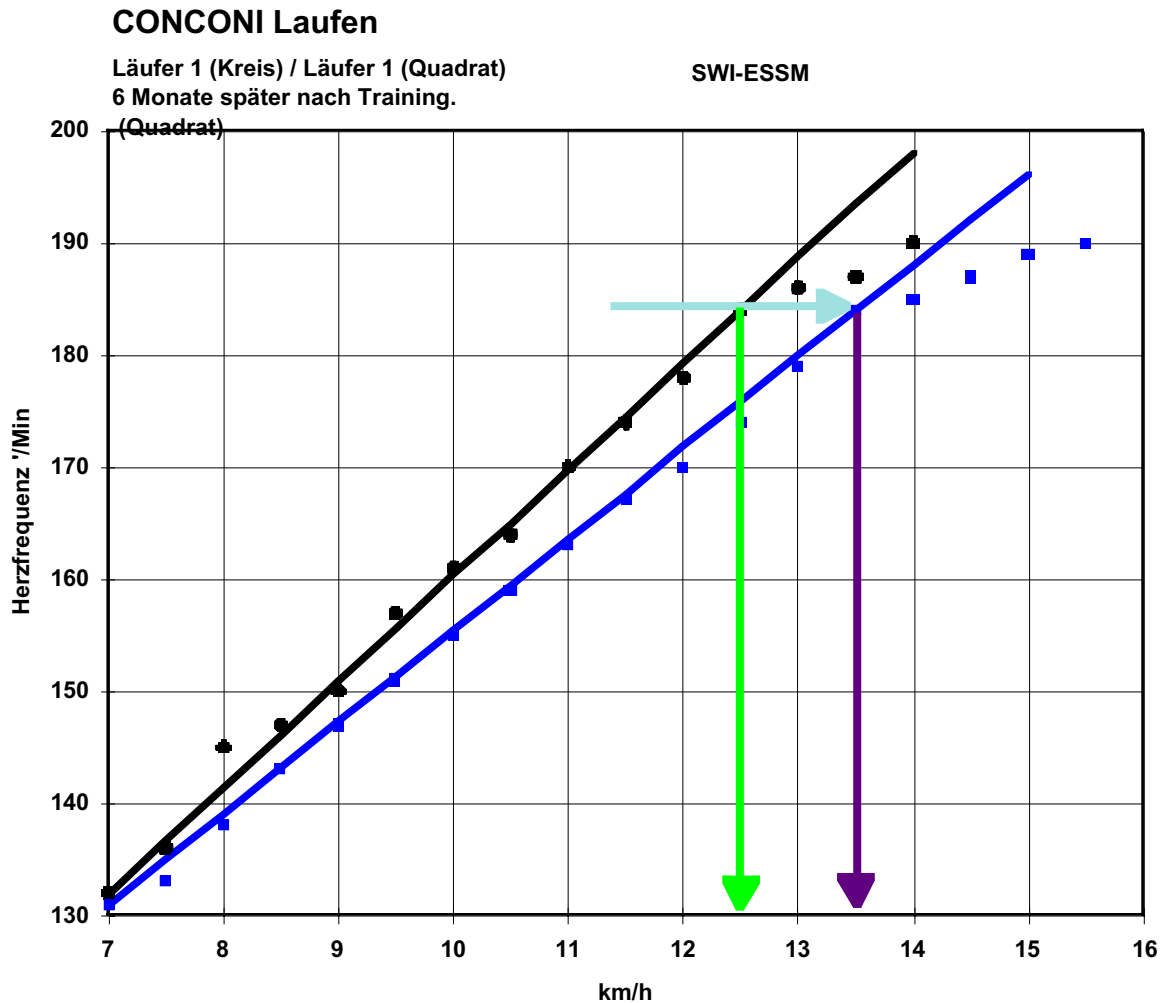
- Wie hat sich der Sportler während des Tests gefühlt?
- Hat er sich maximal ausbelastet?
- Wie gut waren seine letzten Wettkämpfe (Kilometerschnitt)? Ist die Schwellenleistung realistisch im Vergleich zu seinen Trainings- und Wettkampfergebnissen?
- Haben sich die Testbedingungen im Vergleich zu früheren Tests verändert?
- Hat der Sportler seine Leistungen im Test und im Wettkampf verbessern können oder wurden sie schlechter?
- Mit welchen Belastungsintensitäten hat der Sportler seit dem letzten Test oder in der letzten Zeit trainiert?
- Wie hat sich der Sportler mit den letzten Trainingsempfehlungen zurechtgefunden?

### **c) Leistungsentwicklung**

Nach einer gewissen Trainingsperiode (vernünftigerweise frühestens nach zwei Monaten) kann der Test wiederholt werden, um die *Leistungsentwicklung* zu überprüfen. Eine Verschiebung der Herzfrequenzkurve nach rechts geht meistens auch mit einer Verbesserung der Schwellengeschwindigkeit einher. Dies bedeutet eine Verbesserung der Ausdauerfähigkeit. Eine Verschiebung nach links (die Schwellengeschwindigkeit wird kleiner) bedeutet hingegen eine Verschlechterung.

Mit einer Verbesserung der Schwellengeschwindigkeit sollte normalerweise auch eine Verbesserung der Maximalgeschwindigkeit auftreten. Der Sportler läuft am Schluss des Tests eine höhere Geschwindigkeit.

Bei einer Rechtsverschiebung der Kurve wird der Trainingseffekt auch dadurch erkennbar, dass bei gleicher Laufgeschwindigkeit eine geringere Herzfrequenz benötigt wird. Um sicher zu sein, dass Differenzen nicht auf andere Einflussfaktoren zurückzuführen sind, kann erst bei Differenzen von 6-8 Schlägen sicher von einer Leistungssteigerung gesprochen werden.



**Abb. 10:** Verschiebung der Conconi-Kurve nach rechts im Sinne einer positiven Leistungsentwicklung bei einem Freizeitsportler nach sechsmonatigem Training.

In Abbildung 10 ist erkennbar, dass sich bei einer Steigerung der Schwellengeschwindigkeit um 1.5 km/h auch die Maximalgeschwindigkeit um 1.5 km/h verbessert hat. Man beachte, dass sich die Herzfrequenz im Sinne einer Ökonomisierung bei gleicher Geschwindigkeit um bis zu 10 Schläge reduziert hat.

## 10. Beurteilung des Conconi-Tests

### a) Vorteile

- Abschätzung der aeroben Leistungsfähigkeit möglich
- Trainingsempfehlung möglich
- liefert Information über maximale Herzfrequenz und Lage der Herzfrequenzkurve
- einfach durchzuführen
- kurze Durchführungsdauer
- bis zu 20-30 Athleten gleichzeitig testbar
- wenig belastend für den Athleten (20 Minuten, 1/3 davon schnell)

- keine Spezialgeräte oder medizinisch geschultes Personal notwendig
- bei vorhandener Infrastruktur billig
- überall durchführbar
- nicht invasiver (unblutiger) Leistungstest

## **b) Nachteile**

- maximale Belastung erforderlich
- bei bis zu 20 % der Tests keine Knickbildung der Herzfrequenzkurve (Ursache unklar)
- subjektive, manuelle Bestimmung der Schwelle durch den Testauswerter
- Knickbildungen, die sicher nicht der anaeroben Schwelle entsprechen (10-20 %)
- Abhängigkeit von äusseren Faktoren (Nässe, Kälte, Wind, Höhenlage usw.)

## **c) Weshalb wir den Test weiterhin durchführen**

- Nach mehreren Tests und durch Kontrollen im Training kann die anaerobe Schwelle recht genau abgeschätzt werden.
- Im Längsverlauf liefert die Lage des linearen Bereichs der Herzfrequenzleistungskurve Informationen über den Leistungsverlauf und den momentanen Formstand.
- Die Einfachheit des Tests ermöglicht eine häufige Durchführung ohne wesentliche Beeinträchtigung des Trainingsbetriebs und ohne allzu grossen materiellen oder finanziellen Aufwand.
- Der Conconi-Test kann für das Training als "Massstab" gebraucht werden. Mit Hilfe der Testergebnisse können der Athlet und der Trainer ein Training besser quantifizieren, indem sie die Trainingsherzfrequenz oder -geschwindigkeit in Relation zur Conconi-Kurve setzen. Eine genaue Schwellenbestimmung ist dazu nur bedingt nötig.
- Bei Athleten, die ihre Conconi-Schwelle durch frühere Tests bereits sehr gut kennen und diese auch selber abschätzen können, ist es möglich, einen Conconi-Test mit submaximaler Auslastung durchzuführen. Durch die Lage der Herzfrequenzkurve kann auch mit submaximalen Tests auf den momentanen Leistungsstand geschlossen werden.

## **11. Schlussbetrachtungen**

Der Conconi-Test hat in der Funktion eines einfachen, standardisierten Leistungstests seine Berechtigung und sollte nach unserer Meinung weiterhin durchgeführt werden. Zur richtigen Interpretation der Ergebnisse müssen frühere Testergebnisse und Erfahrungen des Athleten und des Trainers beigezogen werden. Grundsätzlich lässt sich sagen, dass ein einziger Test noch nicht alle Informationen liefert, die sich Trainer und Sportler wünschen. Da die ganze Interpretation von der richtigen Bestimmung der Schwellengeschwindigkeit abhängt, ist bei Quervergleichen äusserste Vorsicht geboten und die Trainingsempfehlungen müssen überprüft werden. Sinnvoll sind ca. 2-4 Tests pro Jahr bei einem Leistungssportler, bei Junioren oder Breitensportler kann auch ein Test pro Jahr zum jeweils gleichen Zeitpunkt die langfristige Entwicklung dokumentieren. Insbesondere ist die zeitliche Abstimmung der Tests mit dem Trainingsplan sehr wichtig. Idealerweise werden Leistungstests am Ende einer Erholungswoche durchgeführt. Unmittelbar vor und nach wichtigen Wettkämpfen sind Leistungstests nicht



sinnvoll. Im weiteren ist es sinnvoll, die Art der Tests vor der Saison festzulegen und immer die gleichen Test durchzuführen (z.B. Conconi-Test, Laktatstufentest), um einen Längsvergleich über Jahre zu ermöglichen.

Der Conconi-Test ist, wie jeder andere Test auch, nicht als Wundermittel, welches uns alle nötigen Angaben mühelos liefert, zu verstehen. Er stellt ein Hilfsmittel für Trainer und Athleten dar, mit dem man unter Berücksichtigung aller Vor- und Nachteile viel über die Ausdauerleistungsfähigkeit und die biologischen Vorgänge im Körper lernen kann.

## **Wichtige Aspekte bei der Trainingssteuerung mittels Herzfrequenz**

Die Herzfrequenz ist eine dynamische Grösse und wird von vielen Faktoren beeinflusst. Um eine Messung besser verstehen zu können, müssen diese Faktoren erkannt und in die Überlegungen miteinbezogen werden. Deshalb sind Intensitätsvorgaben mit Angabe einer einzelnen Herzfrequenz unrealistisch, sondern es muss vielmehr mit Bereichen von 10-15 Schlägen gearbeitet werden. Folgende Faktoren beeinflussen die Herzfrequenz:

### **a) Belastungsart**

Die Art der Belastung beeinflusst die Herzfrequenz unterschiedlich:

- Beim Laufen werden höhere Herzfrequenzen erreicht als beim Schwimmen und Radfahren (siehe unten).
- In Steigungen misst man im Durchschnitt 5-7 Schläge höhere Herzfrequenzwerte als in der Ebene bei gleichem Belastungsempfinden (gilt für Laufen und Velofahren).
- Die Dauer und die Intensität des Trainings wirken sich unterschiedlich auf die Herzfrequenz aus. Die Herzfrequenz variiert mit wechselnden Intensitäten (bergauf/bergab), im aeroben Bereich sind die Schwankungen grösser als im anaeroben. Je länger eine konstante Belastung dauert, umso eher kann die Herzfrequenz nach oben „abdriften“, besonders bei intensiveren Belastungen (Flüssigkeitsverlust, Körpertemperatur, Umstellung auf Fettverbrennung).

### **b) Umgebungsbedingungen**

Temperatur, Wind, Luftfeuchtigkeit und die Höhe über Meer beeinflussen die Herzfrequenz beträchtlich:

- Hohe Umgebungstemperaturen führen zu einer Erweiterung der Blutgefässe in der Peripherie (v.a. in der Haut). Die Folge davon ist eine Herzfrequenzzunahme. Tiefe Temperaturen bewirken das Gegenteil.
- Der tiefere Sauerstoffpartialdruck in Höhenlagen führt zu einer Herzfrequenzzunahme bei gleicher Belastung.
- Die Ausrüstung kann die Herzfrequenz beeinflussen. Durch Gewichtsreduktion der Sportgeräte wird versucht, die Leistung zu ökonomisieren.

### **c) "Innere Faktoren"**

Unter "inneren Faktoren" verstehen wir die Körperkerntemperatur, den Flüssigkeitshaushalt, die Ermüdung und psychische Einflüsse.

- Während des Wettkampfes und im Training sollte genügend getrunken werden, um den Flüssigkeitshaushalt im Gleichgewicht zu halten. Entwässerung führt zu einer Erhöhung der Herzfrequenz.
- Wenn der Sportler müde ist (z.B. durch hartes Training, Wettkämpfe), kann er normale Trainingsbelastungen nur mit grösserer Anstrengung erreichen. Die maximale Herzfrequenz wird bei weitem nicht erreicht. Leere Glykogenspeicher und eine erniedrigte Sympathikusaktivität dürften dafür verantwortlich sein. Bei mehrtägigem Andauern einer solchen Situation muss der Trainingsplan überdacht und evt. das Training reduziert werden.
- Psychische Überforderung, Nervosität, Angst usw. haben ebenfalls einen grossen Einfluss auf die Herzfrequenz.
- Fieber führt zu einer Zunahme der Herzfrequenz. Bei Fieber sollte kein Sport getrieben werden.

#### **d) Häufige Fragen beim herzfrequenzgesteuerten Training**

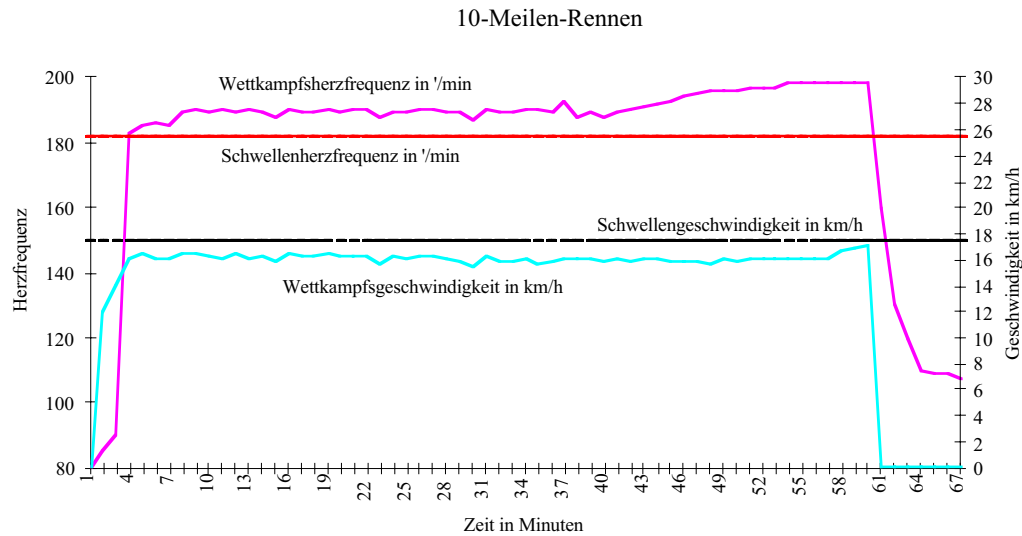
##### *1. Warum kann ein Sportler 90 Minuten oberhalb seiner Conconi-Schwellenherzfrequenz laufen?*

Häufig wird beobachtet, dass im Training oder Wettkampf die Herzfrequenzen längere Zeit oberhalb der Schwellenherzfrequenz liegen. Wie kommt es zu diesem Phänomen? Wurde bei diesen Sportlern die Schwelle falsch berechnet? Nehmen wir an, dass ein Leistungssportler 10 Meilen (= 16.1 km) in 60 Minuten und 35 Sekunden läuft. Seine Conconi-Schwellenherzfrequenz liegt bei 182 Schlägen pro Minute und 17.5 km/h, die maximale Herzfrequenz bei 198 Schlägen pro Minute.

Bei der Laufauswertung sehen wir, dass der Läufer 95% der Belastungszeit oberhalb seiner Schwellenherzfrequenz von 182 gelaufen ist (zwischen 185-198 Schläge pro Minute). Eine Laufzeit von 60 Minuten 35 Sekunden über 10 Meilen entspricht einer Durchschnittsgeschwindigkeit von ca. 16 km/h. 16 km/h sind rund 90 % der Schwellengeschwindigkeit von 17.5 km/h.

Der Läufer ist zwar über seiner Conconi-Schwellenherzfrequenz gelaufen, lief aber nur bei 90 % der Schwellengeschwindigkeit. Bei der Betrachtung der Kurve fällt auf, dass mit zunehmender Laufdauer die Herzfrequenz gegen die maximale Herzfrequenz hin nach oben abdriftet, ohne dass die Geschwindigkeit zunimmt. Als Gründe kommen in Frage:

- Während des Laufens wird die Körpertemperatur erhöht. Die Wärme bewirkt eine Vasodilatation (Erweiterung) der Gefässe, um die überschüssige Wärme abzugeben. Durch die Gefässerweiterung fliesst mehr Blut in die Haut. Dadurch muss das Herz seine Frequenz erhöhen, um mit der verbleibenden Blutmenge den Bedarf an Sauerstoff für die Muskulatur und die übrigen Organe zu decken.
- Durch den Schweissverlust gehen dem Körper Elektrolyte und Wasser verloren. Der Volumenmangel und die Eindickung des Blutes bewirken eine Herzfrequenzzunahme.
- Die Umstellung von Zucker auf Fettverbrennung benötigt mehr Sauerstoff im Stoffwechsel. Die erhöhte Sauerstoffmenge wird durch eine Zunahme der Herzfrequenz gewährleistet.



**Abb.18:** Herzfrequenz- und Geschwindigkeitsdiagramm während eines flachen 10-Meilen-Laufes.

**2. Gilt die berechnete Conconi-Schwelle Laufen auch für andere Sportarten wie Schwimmen oder Radfahren ?**

Beim Schwimmen und Radfahren liegen die Schwellen- und Maximalherzfrequenzwerte erfahrungsgemäss 10-15 Schläge unterhalb der Herzfrequenz beim Laufen.

Beim Schwimmen spielt der hydrostatische Druck und die tiefe Wassertemperatur eine wichtige Rolle. Beim Radfahren ist die Kraft wichtiger als beim Laufen, zusätzlich wird eine kleinere Muskelmasse eingesetzt (vorwiegend die unteren Extremitäten), was sich auf die Herzfrequenz auswirkt.

## Literatur

1. Conconi F., Ferrari M., Ziglio P.G., Droghetti P. Codeca L.: Determination of the anaerobic threshold by a non-invasive field test in runners. *J Appl Physiol* 52: 869-873, 1982.
2. Conconi F. et al.: The Conconi test: methodology after 12 years of application. *Int J Sports Med*. 17: 509-519, 1996.
3. Ballarin E., Conconi F. et al.: Reproducibility of the Conconi test. *Int J Sports Med*. 17: 520-524, 1996.
4. Scott B. K., Houmard A.: Peak running velocity is highly related to distance running performance. *Int J Sports Med* 15: 504-507, 1994.
5. Noakes T.D., Myburgh K.H., Schall R.: Peak treadmill running velocity during the VO<sub>2</sub>max test predicts running performance. *J Sports Sci* 8: 35-45, 1990.
6. Clénin G.: Prädiktiver Wert von vier unterschiedlich aufwendigen Ausdauer tests für die 15 km-Wettkamplistung von Frauen und Männern mit ähnlichem Dauerleistungsvermögen. Medizinische Dissertation, Zürich, 1997.
7. Held T.: Trainingsberatung in der Allgemeinpraxis. *Praxis* 84, Nr 35, 920-927, 1995.
8. Tschopp M.: Laufzeitenvergleich verschiedener Schweizer Volksläufe, *Fit for life*, 1997.
9. Spring H. et al.: *Theorie und Praxis der Trainingstherapie*, Thieme Verlag, Stuttgart, 1997.

## Weiterführende Bücher:

1. Weineck J.: *Sportbiologie*, perimed, Erlangen, 1990.
2. Edwards S.: *Leitfaden zur Trainingskontrolle*, Meyer und Meyer Verlag.
3. Zintl F.: *Ausdauertraining*, BLV Sportwissen.
4. Newsholme E.: *Keep on Running*, Wiley, Chichester, 1994 (englisch).

## Anhang: Übungsbeispiele

### Aufgabe 1

- Bestimme die Conconi-Schwelle bei dieser 25jährigen Frau und beurteile ihre Leistungsfähigkeit.
- Versuche eine Trainingsempfehlung für die verschiedenen Stufen (langsam, mittel, schnell) abzugeben.

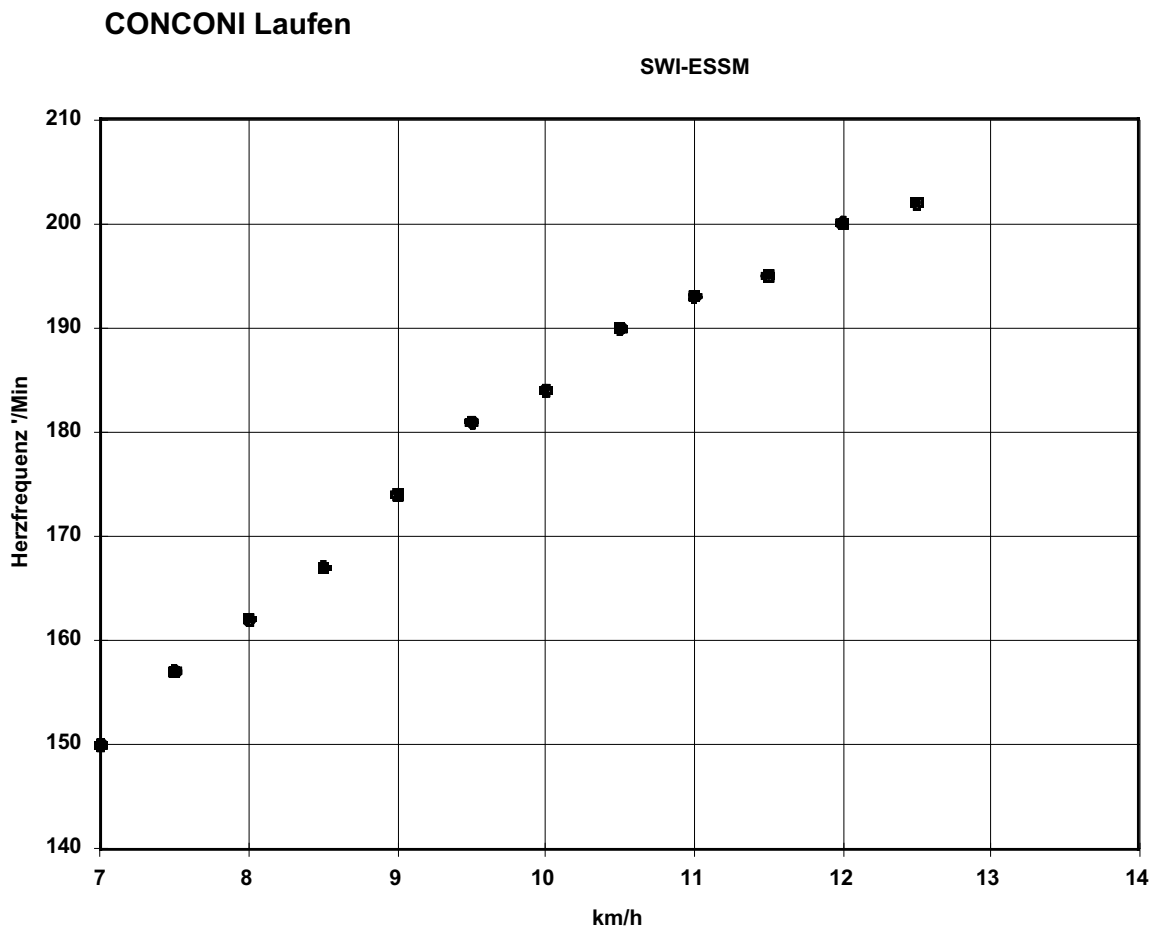


Abb.11: Aufgabe 1: Messpunkte des Conconi-Tests einer 25jährigen Frau.

## Lösung Aufgabe 1

Die Conconi-Schwelle liegt bei 10.5 km/h und einer Herzfrequenz von 190 Schlägen pro Minute. Die Sportlerin ist 25 Jahre alt und hat somit eine mittlere Ausdauerfähigkeit.

Zur zweiten Frage: Langsame Trainingseinheiten sollten bei 65 %-80 % der Schwellengeschwindigkeit durchgeführt werden. Dies entspricht in unserem Beispiel einer Geschwindigkeit von 6.9-8.4 km/h oder einer Herzfrequenz von ca. 150-165 Schlägen pro Minute.

Trainingseinheiten im mittleren Intensitätsbereich entsprechen 8.4-9.4 km/h oder einer Herzfrequenz von 167-177 Schlägen pro Minute (oder gerundet 165-175 Schläge pro Minute).

Schnelle Trainingseinheiten sollten bei 9.5-10.5 km/h oder einer Herzfrequenz von 175-190 absolviert werden.

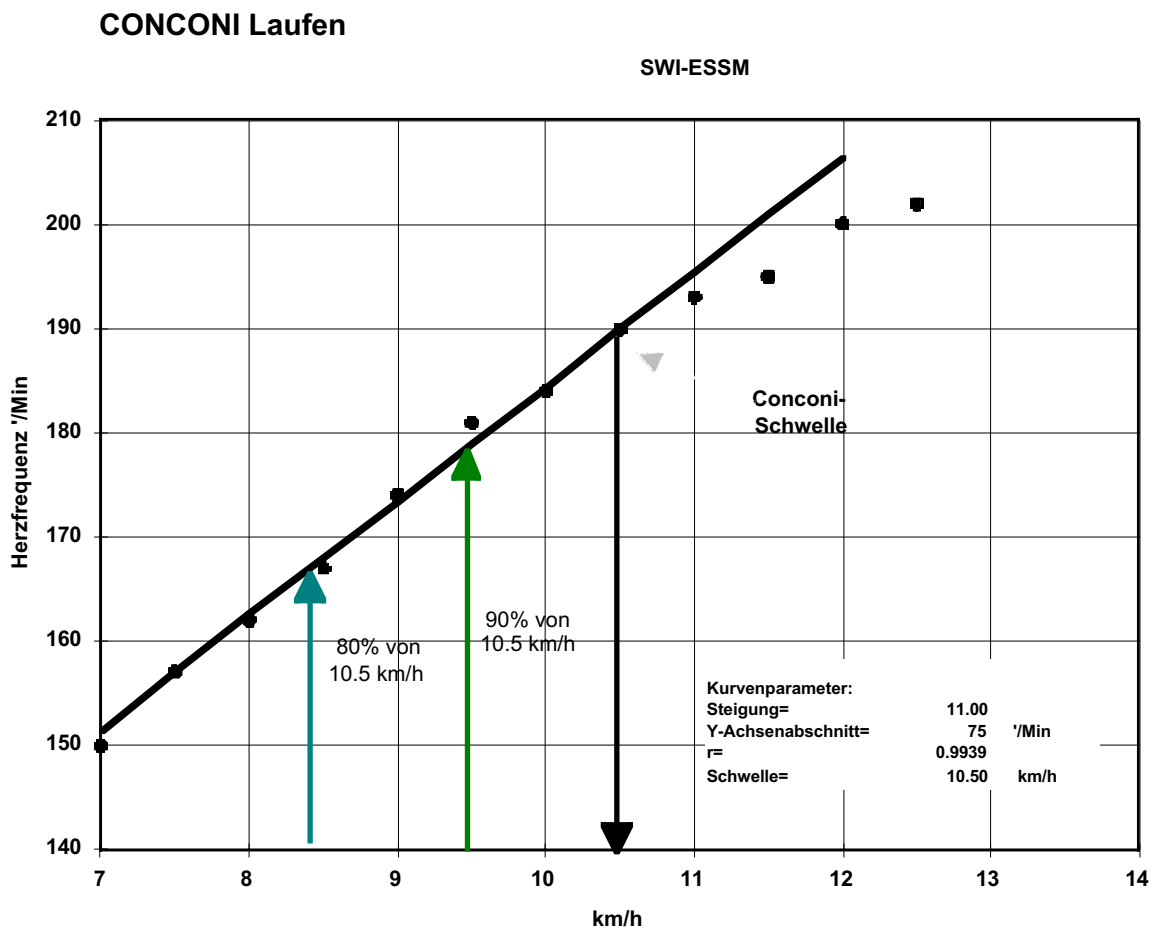


Abb.12: Lösung Aufgabe 1.

## Aufgabe 2

- Im unten stehenden Diagramm sind die Herzfrequenzmesspunkte von zwei Athleten eingezeichnet. Bestimme die beiden Deflektionspunkte (Conconi-Schwelle)!
- Welcher Proband besitzt die bessere Ausdauerfähigkeit?

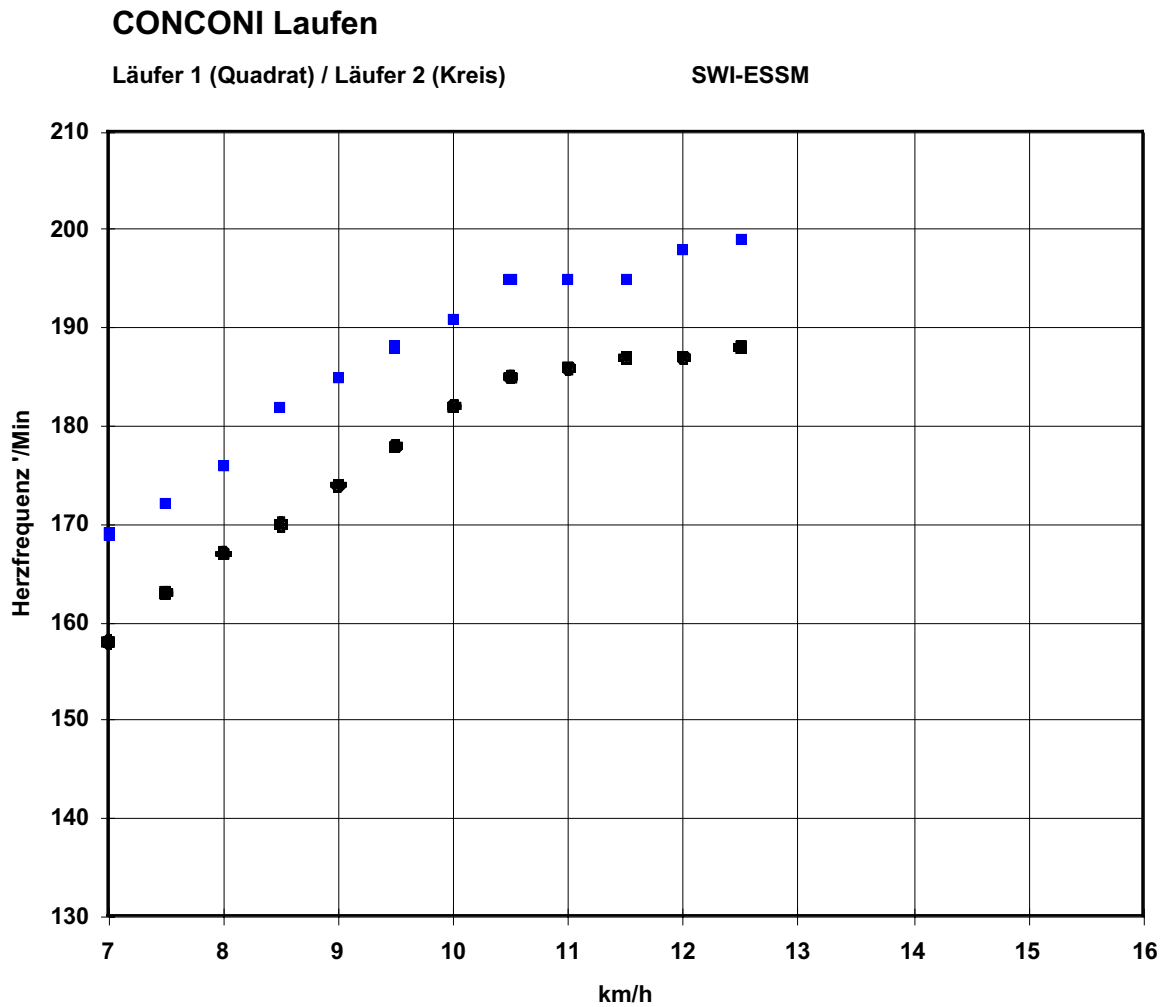


Abb.13: Aufgabe 2: Messpunkte zweier Conconi-Tests.

## Lösung Aufgabe 2

Zur ersten Frage: Beide Läufer haben die gleiche anaerobe Schwelle. Der Deflektionspunkt liegt bei beiden Tests bei 10.5 km/h. Die beiden Probanden unterscheiden sich aber bezüglich des Herzfrequenzverlaufes. Solange die Herzfrequenzdifferenz zweier Läufer bei der gleichen Leistung nicht mehr als ca. 30-40 Schläge beträgt, kann man nicht sicher sein, ob diese Differenz nicht konstitutionell bedingt ist und somit nichts über eine Leistungsdifferenz dieser Athleten aussagt werden kann.

Zur zweiten Frage: Beide Athleten haben also etwa die gleiche Ausdauerfähigkeit, obwohl die Herzfrequenzkurven in allen Bereichen ca. 10-15 Schläge auseinanderliegen.

Die Steigung der Geraden erlaubt keine schlüssige Aussage über die Ausdauerfähigkeit. Wir beobachten bei Ausdauertrainierten im linearen Bereich der Kurve oft kleine Steigungswinkel, bei schlecht Ausdauertrainierten steile Geraden. In unserem Beispiel haben beide Sportler ungefähr den gleichen Steigungswinkel.

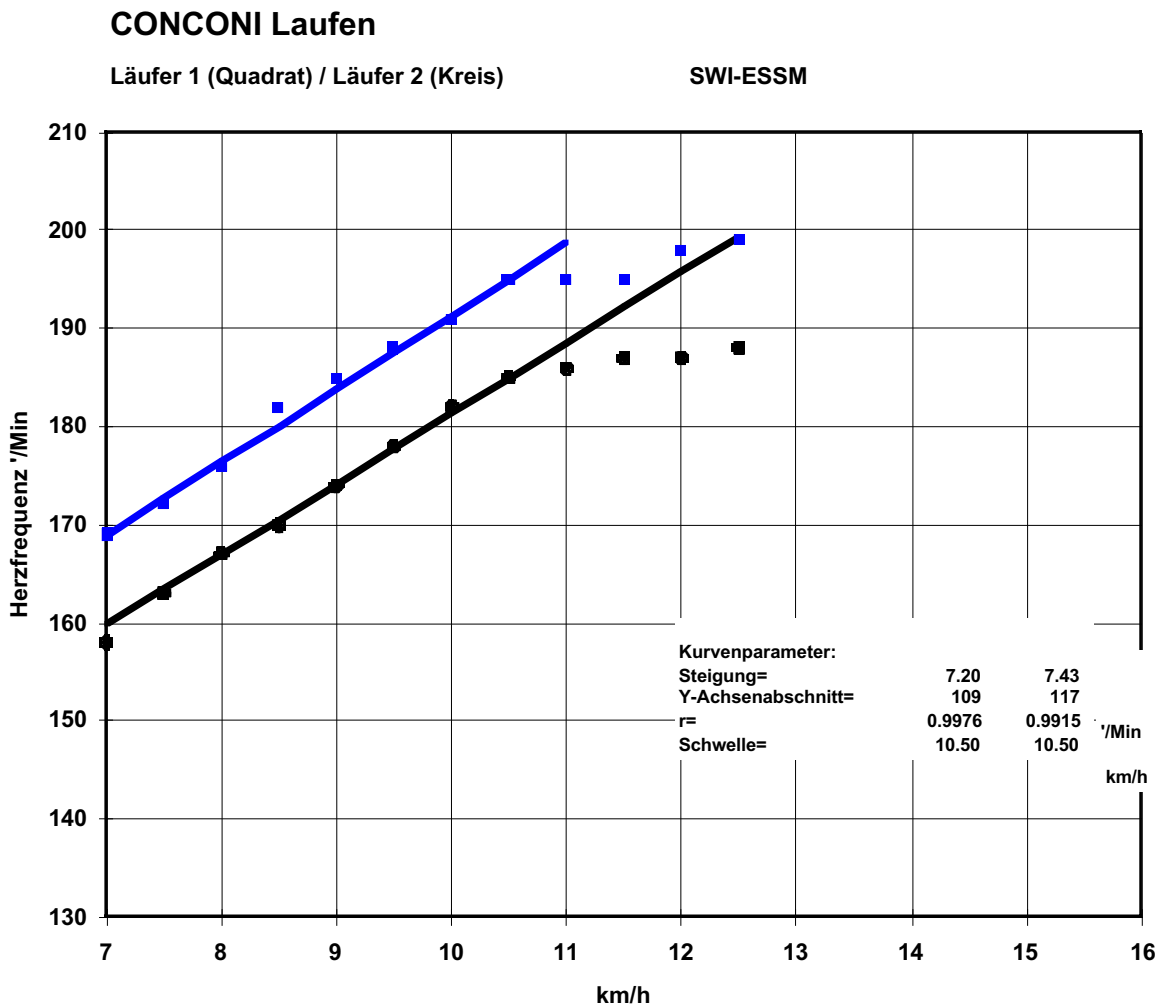


Abb. 14: Lösung Aufgabe 2.



### Aufgabe 3

- Bestimme den Deflektionspunkt der vorliegenden Herzfrequenzwerte eines Conconi-Testes! Wo liegt die anaerobe Schwelle bei diesem 23jährigen Mann?
- Ist es möglich anhand dieses Tests eine Trainingsempfehlung und eine Aussage über die Ausdauerfähigkeit abzugeben ?

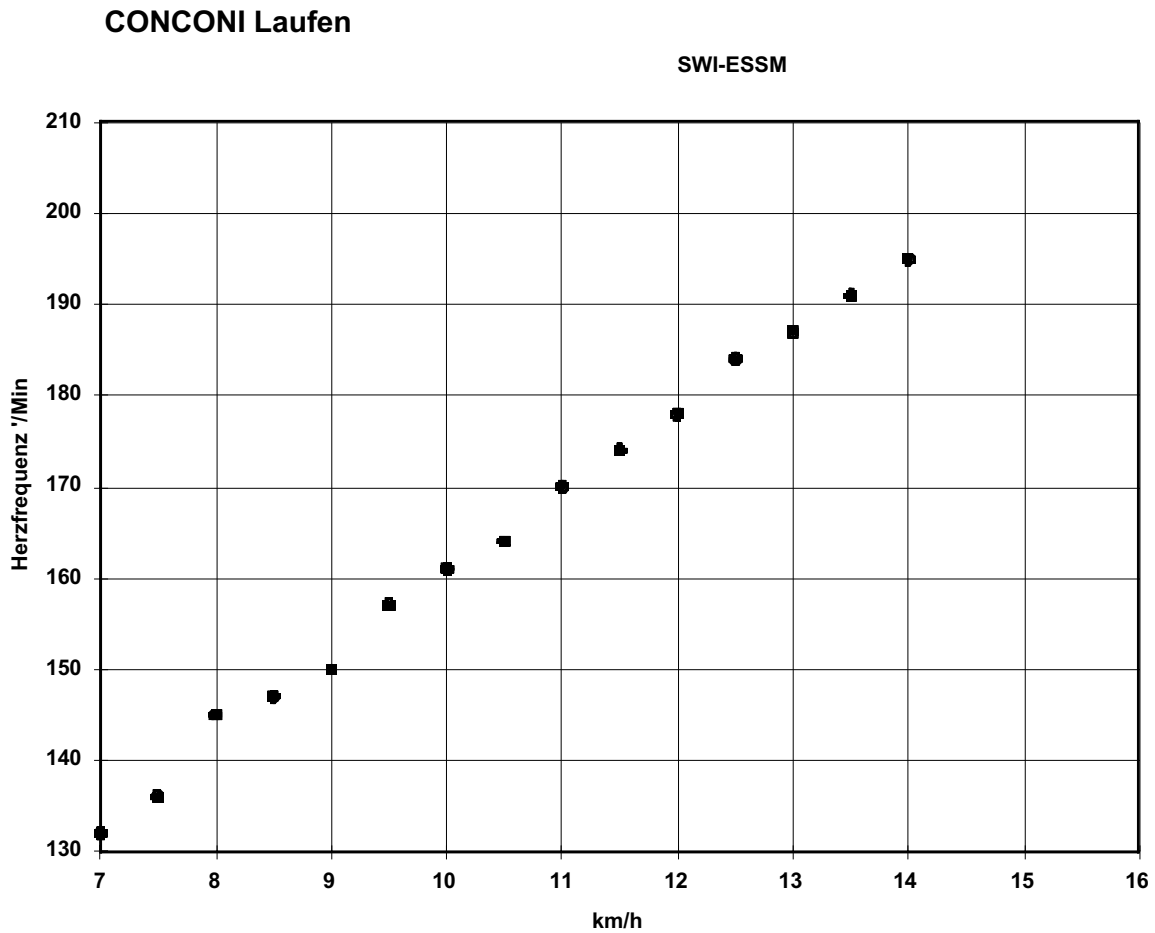


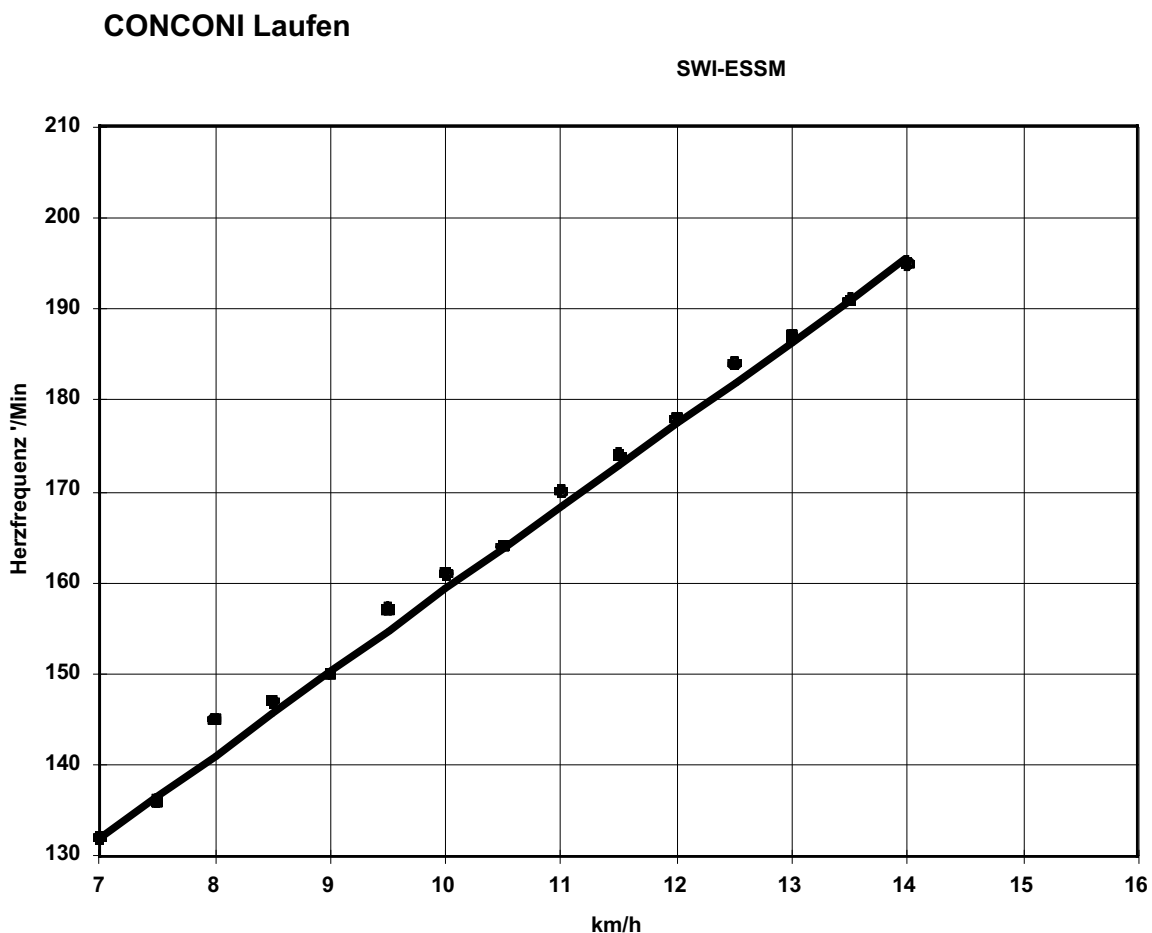
Abb. 15: Aufgabe 3: Wo liegt der Knickpunkt ?

### Lösung Aufgabe 3

Zur ersten Frage: Anhand dieses Tests ist es unmöglich, einen Deflektionspunkt zu bestimmen, da alle Punkte annähernd auf einer Geraden liegen. Wir müssen uns vom Sportler bestätigen lassen, ob er sich voll ausgegeben hat. Hat er sich voll ausgegeben, können wir eine grobe Schätzung vornehmen. Ist dies nicht der Fall, ist keine Aussage möglich. Statistisch gesehen wissen wir, dass die anaerobe Schwelle 10-15 Schläge unter der maximalen Herzfrequenz oder etwa 2-3 km/h unterhalb der Maximalgeschwindigkeit liegt. Bei unserem Beispiel heisst dies, dass die anaerobe Schwelle bei ca. 12.5 km/h (+/- 1 km/h) vermutet wird. Die Erfahrung zeigt, dass der Schwellenpunkt meistens 4-6 Werte unterhalb des Maximums liegt.

Zur zweiten Frage: Wie bereits oben erwähnt, ist eine Trainingsempfehlung schwierig. Die anaerobe Schwelle liegt zwischen 11.5 und 13.5 km/h. Der 23jährige Hobbysportler hat damit eine ausreichende bis recht gute Ausdauerfähigkeit.

Wollen wir einen sicheren Schwellenpunkt zur Verfügung haben, müssen wir den Test wiederholen, in der Hoffnung, dass ein Knick auftritt, oder wir können einen Laktattest durchführen.



**Abb.16:** Lösung Aufgabe 3: Conconi-Test ohne Abknickung.

## Aufgabe 4

Welcher Athlet ist besser? Woran erkennst Du dies?

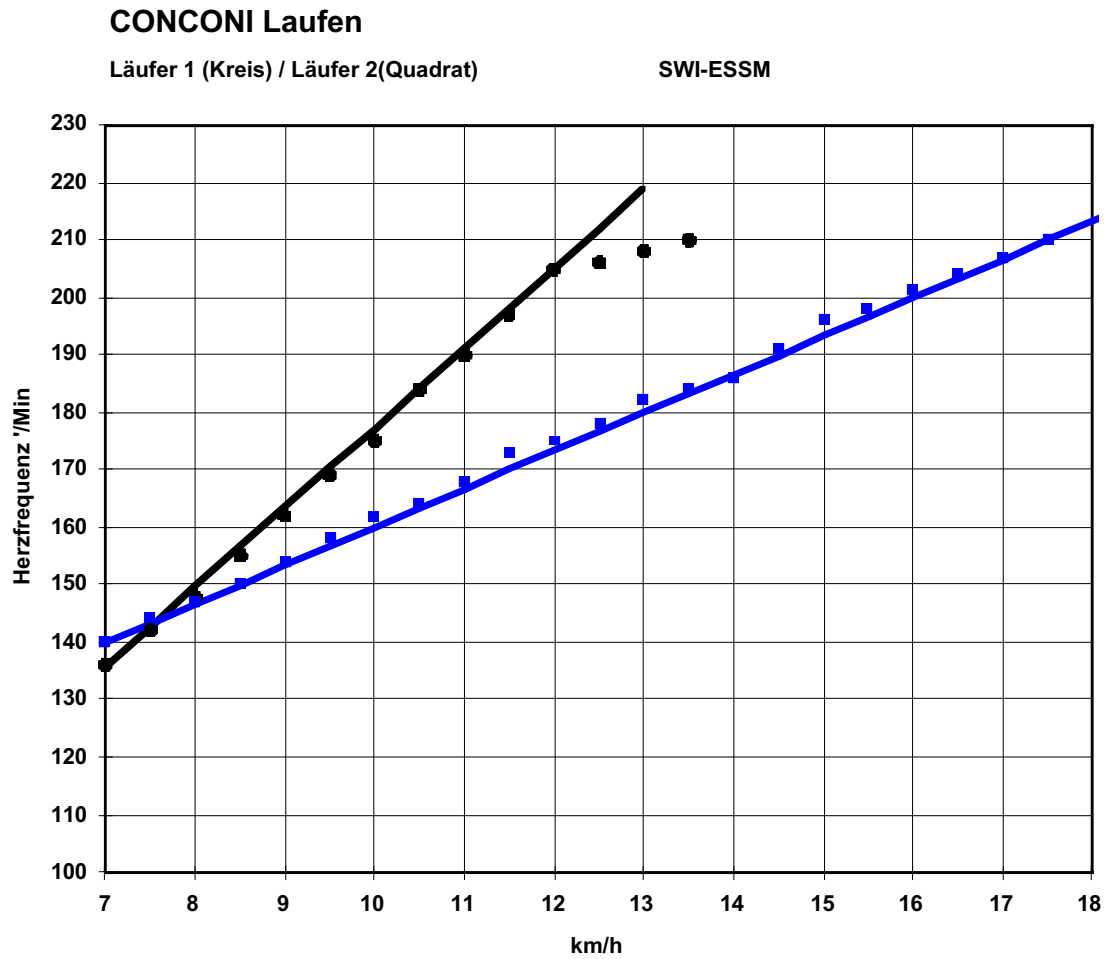


Abb.17: Aufgabe 4: Conconi-Tests zweier Athleten im Vergleich.

## Lösung Aufgabe 4

Läufer 1 hat eine Conconi-Schwellengeschwindigkeit von 12 km/h mit einer entsprechenden Herzfrequenz von 205 Schlägen pro Minute. Seine Maximalgeschwindigkeit liegt bei 13.5 km/h und einer Herzfrequenz von 210 Schlägen pro Minute.

Im Gegensatz zum Läufer 1 ist beim Läufer 2 kein deutlicher Knickpunkt in der Conconi-Kurve zu finden. Die Maximalgeschwindigkeit liegt bei 17.5 km/h und die Maximalherzfrequenz bei 210 Schlägen pro Minute. Wenn wir uns vergewissert haben, dass sich der Läufer voll ausgegeben hat, können wir die Schwelle abschätzen (siehe Aufgabe 3). Die Schwelle liegt wohl bei ca. 15.5 km/h (+/- 1 km/h) und in einem Herzfrequenzbereich von 190-200 Schläge pro Minute.

Läufer 2 hat eine höhere Schwellengeschwindigkeit. Auch die Maximalgeschwindigkeit ist deutlich höher als bei Läufer 1. Der Umstand, dass bei gleicher Geschwindigkeit die Herzfrequenz bis zu 30 Schlägen tiefer ist, spricht zusammen mit den anderen Faktoren klar dafür, dass Läufer 2 deutlich besser ist. Die Steilheit der Geraden wird von vielen Faktoren beeinflusst und hängt stark von der Konstitution des Sportlers ab, weshalb aufgrund der Steilheit keine Quervergleiche gezogen werden dürfen. Mit zunehmender Ausdauerfähigkeit eines Athleten tritt im Längsverlauf eine Abflachung der Kurve auf.

Zusammenfassend können wir somit sagen, dass Läufer 2 deutlich besser ausdauertrainiert ist als Läufer 1.