

UNIVERSITÄT BAYREUTH
INSTITUT FÜR SPORTWISSENSCHAFT
Lehrstuhl Sportmedizin

Prof. Dr. Walter Schmidt



SUUNTO
t6

Suunto t6 –
ein zuverlässiges und genaues Messgerät zur
Leistungsdiagnostik und Trainingssteuerung?

Untersuchung zur Validität und Reliabilität anhand
von Labortests auf dem Fahrradergometer und Feldtests

05 10 15 25 30 35

SUUNTO
REPLACING LOCK.



Anja Wunsch



Oliver Schurack



Inhaltsverzeichnis

1 Einleitung.	3
2 Methoden.	3
3 Ergebnisse.	4
4 Diskussion.	9
5 Zusammenfassung.	10



1 Einleitung

Der finnische Sportartikelanbieter Suunto hat mit dem Suunto t6 einen revolutionären Sportcomputer auf den Markt gebracht, der sowohl Gesundheits- als auch Leistungssportlern die Möglichkeit zur Optimierung des Trainings bietet. Indem die Sportuhr gemäß Herstellerangaben neben der Herzfrequenz sechs weitere physiologische Größen, darunter Atemfrequenz, Ventilation, Sauerstoffaufnahme und EPOC, mit Laborgenauigkeit misst, soll sie dem Sporttreibenden umfassende Daten für ein gesundheitsbewusstes, aber auch zielgerichtetes und effektives Training zur Verfügung stellen.

Um die Validität und Reliabilität des Suunto t6 bezüglich dieser Parameter anhand von Laborwerten zu verifizieren, wurde im Oktober des Jahres 2004 von Suunto Deutschland GmbH eine Studie an der sportmedizinischen Fakultät der Universität Bayreuth in Auftrag gegeben.

Ziel dieser Studie war es, die Messgenauigkeit und Zuverlässigkeit der Sportuhr für die Parameter Atemfrequenz, Ventilation und Sauerstoffaufnahme anhand von Labortests auf dem Fahrradergometer und sportartspezifischen Feldtests zu untersuchen. Darüber hinaus erfolgte im Rahmen des Stufentests die exemplarische Dokumentation der Validität des Sportcomputers für die Größe EPOC sowie dessen Zusammenhang mit den gemessenen Blutlaktatkonzentrationen.

2 Methoden

Im Zeitraum von November 2004 bis April 2005 fanden insgesamt 94 Belastungstests im Labor und unter Feldbedingungen statt. Insgesamt setzte sich die freiwillige Testgruppe aus neun männlichen und acht weiblichen Probanden zusammen, die alle Sportstudenten der Universität Bayreuth sind und deshalb als sportlich aktiv bis sehr aktiv eingestuft werden können.

Tabelle 1: Anthropometrische Daten des Probandenguts.

	Männer n=9		Frauen n=8	
	MW (X)	SD (±)	MW (X)	SD (±)
Alter (Jahre)	25,0	1,2	23,5	1,5
Größe (cm)	183,4	5,3	168,2	6,4
Gewicht (kg)	79,6	5,2	61,6	6,4
Hf _{min} (S/min)	51,8	4,4	57,0	3,0
VK (l)	5,8	0,6	3,9	0,5
maximale Belastungswerte				
Af _{max} (1/min)	52,9	6,7	48,1	10,0
Hf _{max} (S/min)	191,6	9,4	191,4	2,9
sVO _{2 max} (ml/kg/min)	57,4	6,4	47,5	8,0
VE (l/min)	160,5	20,3	91,3	18,4
max. Leistung (Watt)	355,9	36,4	233,6	17,8

Zur Klärung der Genauigkeit und Zuverlässigkeit des Suunto t6 wurden Ausbelastungstests, submaximale Tests bei 40%, 60% und 80% der maximalen Intensität und eine supramaximale Untersuchung bei 110% der maximalen Intensität im Labor sowie drei Feldtests (Krafttraining, Walken und Joggen) durchgeführt.

Für die Untersuchung der für diese Studie relevanten Größen, wurden ein Fahrradergometer (Firma Lode Pulmokard GmbH, Modell Excalibur[®]), Herzfrequenzmessgeräte mit Brustgurten (Suunto t6) sowie Geräte zur Messung der respiratorischen Parameter (Spirometer der Firma CORTEX[®], Modell METAMAX; Krogh-Spirometer von Scientific and Research Instruments Limited Ltd., Edenbridge, GB) und des Blutlaktats (Glukose-/ Laktatanalysegerät der Firma EKF Diagnostic, Modell BIOSEN 5040) verwendet. Dabei dienten die vom Spirometer aufgezeichneten Daten des sportmedizinischen Lehrstuhls der Universität Bayreuth als Referenzmethode. und wurden mit den Messwerten des Suunto t6 verglichen, damit Abweichungen oder Übereinstimmungen zwischen den beiden Methoden dokumentiert werden konnten. Zur Überprüfung der von der Sportuhr kalkulierten EPOC_{Peak}-Daten im Rahmen des Ausbelastungstests wurden die sVO₂-Werte des Spirometers nach Belastungsende herangezogen.

Sämtliche Kalkulationen und Berechnungen sowie die Aufbereitung der Daten in tabellarischer und grafischer Form wurden mit den Programmen Microsoft[®] Excel 2002, SPSS[®] 11.0, MedCalc[®] Version 7.6.0.0 (Demoversion) und JAN-DEL[®] SigmaPlot 7.0 durchgeführt. Zur Ermittlung der IAS fand das von Prof. Heck entwickelte Programm „Ergometrie“ Anwendung. Bei der statistischen Auswertung der Daten erfolgte die Angabe der Ergebnisse durch Mittelwerte [MW (X)], Standardabweichungen (SD±), Minima (Min.), Maxima (Max.), Regressionsgeraden, Korrelationen mit Bestimmtheitsmaßen (R²) bzw.



Pearson'schen Korrelationskoeffizienten (r) und Signifikanzen (p). Die Abweichungen der beiden Messsysteme Metamax und Suunto t6 wurden mit Hilfe des prozentualen „mean absolute error“ (% MAE) sowie des „mean error“ (ME) ausgedrückt. Als Messgrößen zur Überprüfung der Reliabilität des Suunto t6 dienten der „typical error as a CV“ (TE_{CV}) nach Hopkins, das „change in the mean“ ($Diff_{MV}$) sowie eine Regressions- und Korrelationsanalyse für den Vergleich von Test und Retest. Darüber hinaus fanden Bland-Altman-Plots zur zusätzlichen Verdeutlichung möglicher Differenzen zwischen dem Spirometer und dem Sportcomputer Anwendung.

3 Ergebnisse

Labortests – Validität

Die Messgenauigkeiten des Suunto t6 im Rahmen des gesamten Ausbelastungstests, im Bereich der aerob-anaeroben Schwelle, bezüglich der Maximalwerte und der $EPOC_{Peak}$ -Werte sind in den nachfolgenden Abbildungen verdeutlicht:

- Suunto Training Manager 1. Kalkulation:

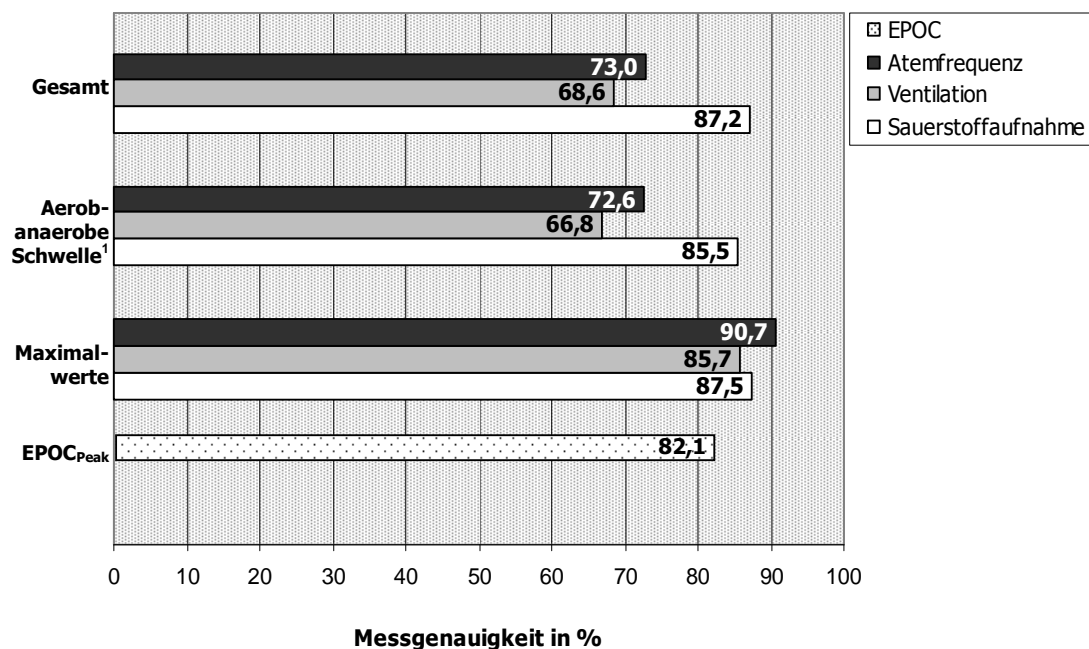


Abbildung 1: Vergleich der Messgenauigkeit des Suunto t6 für die Parameter Atemfrequenz, Ventilation, Sauerstoffaufnahme und $EPOC_{Peak}$ bei unterschiedlichen Belastungsbereichen des Stufentests (1. Kalk.).
¹: +1,5 mmol/l-Methode nach Dickhuth zur Bestimmung der IAS.



- Suunto Training Manager 2. Kalkulation:

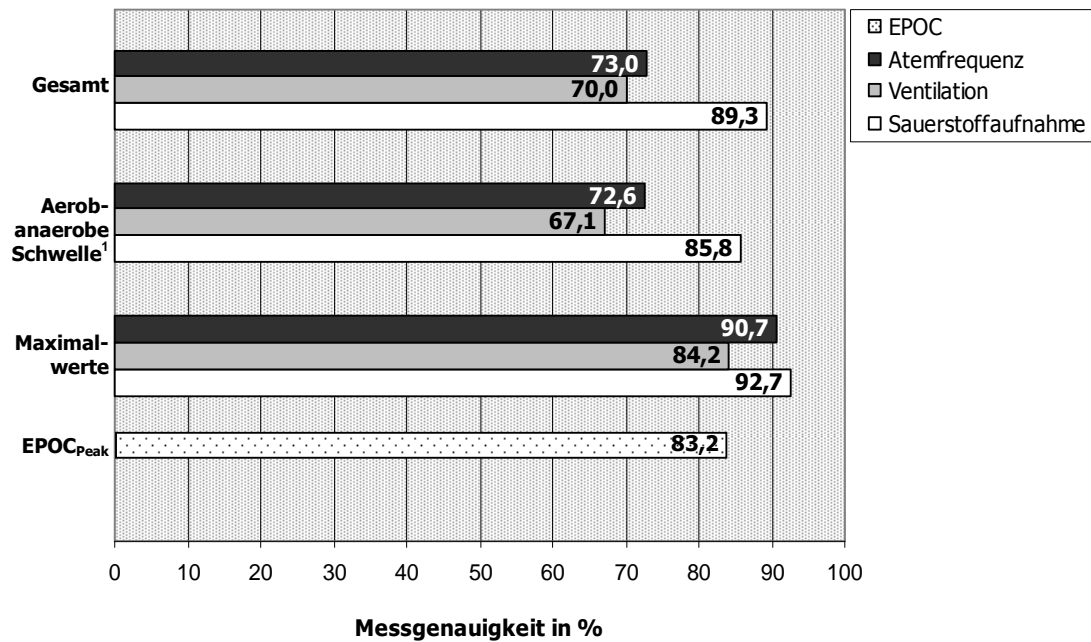


Abbildung 2: Vergleich der Messgenauigkeit des Suunto t6 für die Parameter Atemfrequenz, Ventilation, Sauerstoffaufnahme und EPOC_{Peak} bei unterschiedlichen Belastungsbereichen des Stufentests (2. Kalk.).
¹: +1,5 mmol/l-Methode nach Dickhuth zur Bestimmung der IAS

Die Ergebnisse zur Validität des Sportcomputers bei 40%, 60%, 80%, 100% und 110% der maximalen Intensität werden in den folgenden Abbildungen wiedergegeben:

- Suunto Training Manager 1. Kalkulation:

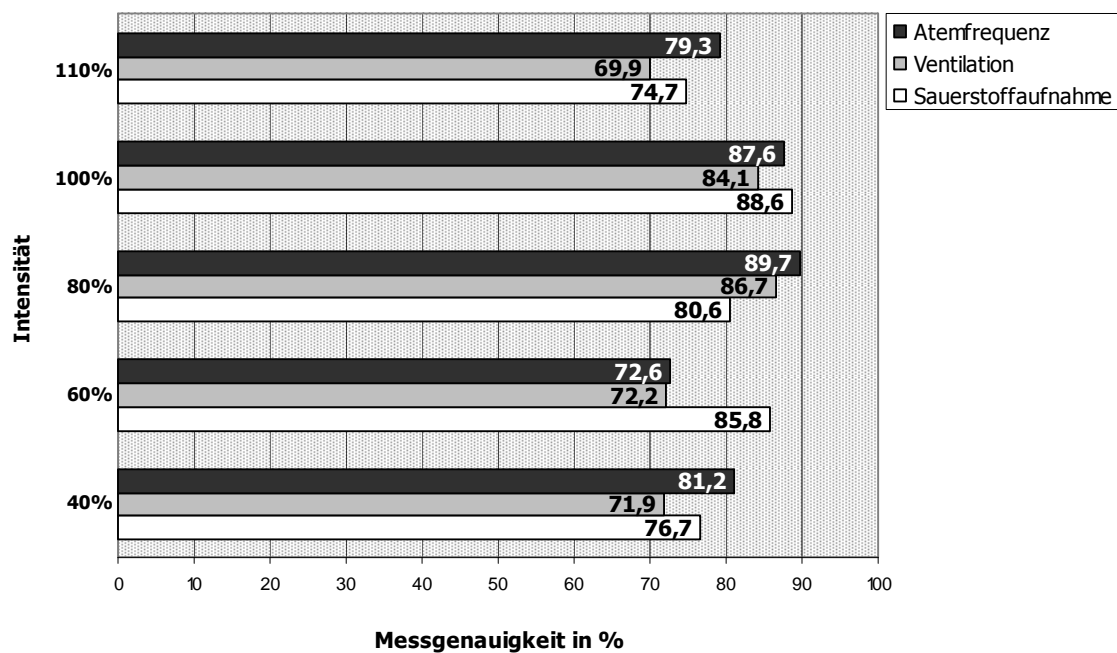


Abbildung 3: Vergleich der Messgenauigkeit des Suunto t6 für die Parameter Atemfrequenz, Ventilation und Sauerstoffaufnahme bei unterschiedlichen Belastungsintensitäten (1. Kalk.).



- Suunto Training Manager 2. Kalkulation:

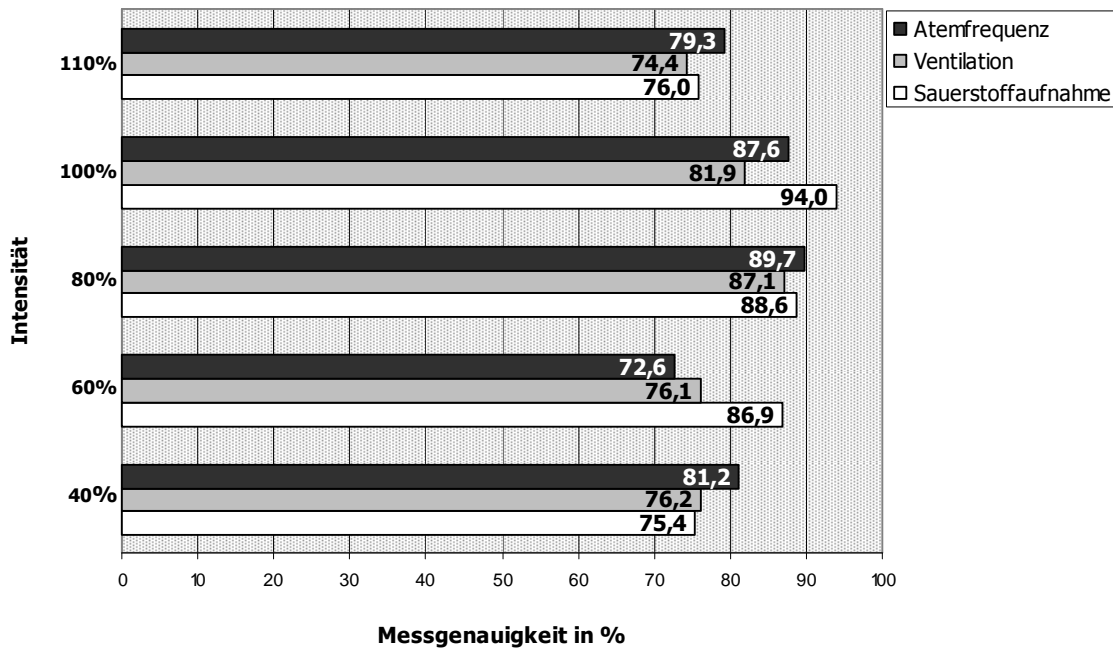


Abbildung 4: Vergleich der Messgenauigkeit des Suunto t6 für die Parameter Atemfrequenz, Ventilation und Sauerstoffaufnahme bei unterschiedlichen Belastungsintensitäten (2. Kalk.).

Labortests – Reliabilität

Der typical error as a CV für die Atemfrequenz-, Ventilations- und sVO₂-Werte beläuft sich exemplarisch beim 60%- und 80%-Test auf einen Bereich zwischen 1% und 5%.

Bei Betrachtung der gemittelten Regressionsparameter des 60%- und 80%-Tests ist zu erkennen, dass zwischen den Messergebnissen des Sportcomputers von Test und Retest ein sehr starker Zusammenhang besteht. Tendenziell liegen die mittleren Bestimmtheitsmaße und der Regressionsparameter Steigung sehr nahe am Optimalwert von „Eins“:

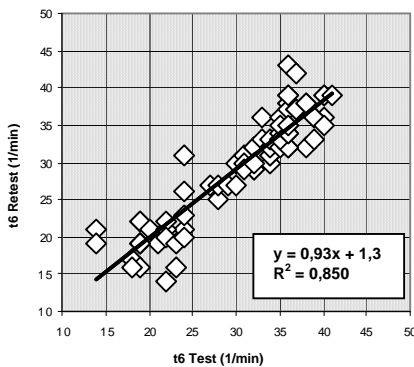


Abbildung 5: Beziehung der Af-Werte von Suunto t6 (Test und Retest) für einen Probanden während der Einfahr- und Belastungsphase des 80%-Tests.

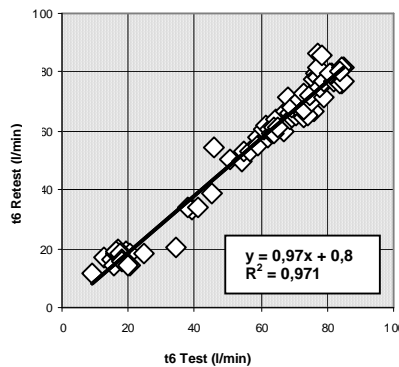


Abbildung 6: Beziehung der VE-Werte von Suunto t6 (Test und Retest) für einen Probanden während der Einfahr- und Belastungsphase des 80%-Tests.

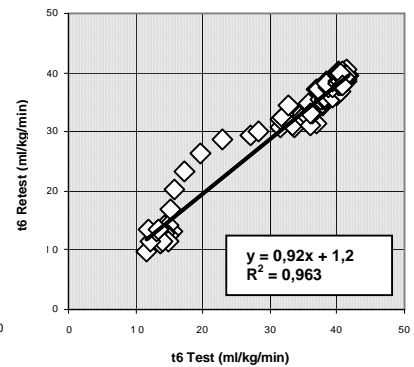


Abbildung 7: Beziehung der sVO₂-Werte von Suunto t6 (Test und Retest) für einen Probanden während der Einfahr- und Belastungsphase des 60%-Tests.



Labortests – EPOC und Laktat

Ein hochinteressanter Sachverhalt zeigte sich bei Gegenüberstellung der physiologischen Parameter EPOC und Laktat. Sowohl die Kinetik beider Größen als auch ein sehr hoher Korrelationskoeffizient ($r = 0,987$) bestätigten den äußerst starken Zusammenhang zwischen den EPOC-Daten der Sportuhr und den im Labor gemessenen Laktatwerten.

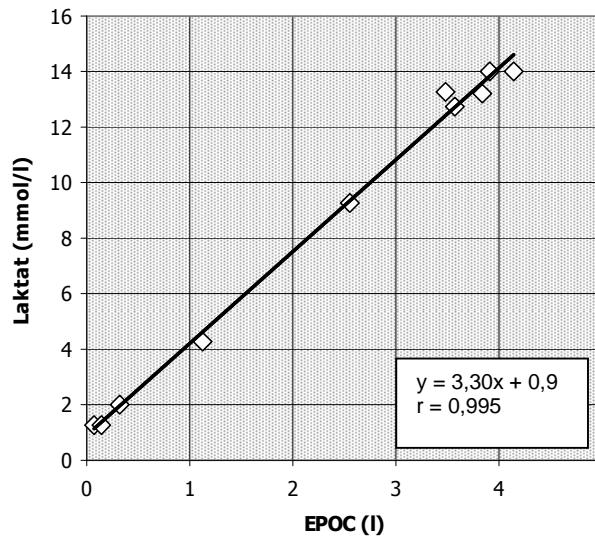


Abbildung 8: Beziehung der Laktat- und EPOC-Werte (Suunto t6 – 1. Kalk.) für einen Probanden während des gesamten Ausbelastungstests.

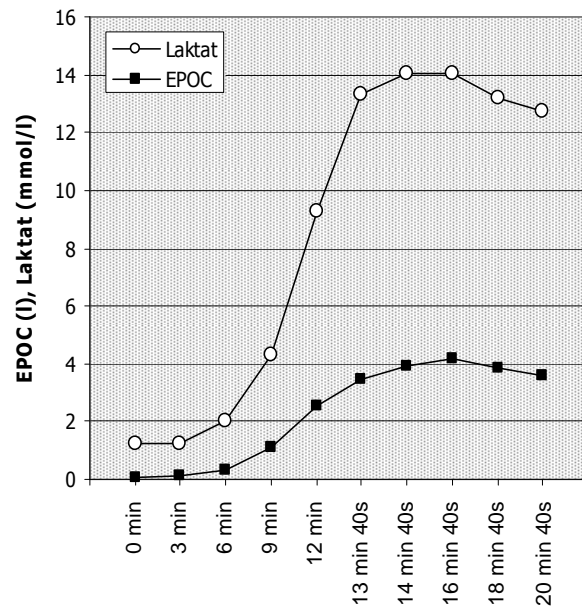


Abbildung 9: Vergleich der Laktat- und EPOC-Werte (Suunto t6 – 1. Kalk.) für einen Probanden im Zeitverlauf des gesamten Ausbelastungstests.

Feldtests – Validität

Im Rahmen dieser Studie ist die Überprüfung des Suunto t6 unter Feldbedingungen von essentieller Bedeutung, da für den Aussagewert einer wissenschaftlichen Arbeit nicht nur Labortests, sondern auch Feldtests notwendig sind. Im Zuge der drei Untersuchungen Krafttraining, Walken und Joggen sollte aufgezeigt werden, wie genau der Suunto t6 die Parameter Atemfrequenz, Ventilation und Sauerstoffaufnahme unter sportartspezifischen Feldbedingungen kalkuliert. Da die meisten Trainingseinheiten auf submaximalem Niveau stattfinden, sind diese Tests von besonderer Bedeutung. Aus diesem Grund wurde für die Trainingseinheiten eine Arbeitsintensität im submaximalen Bereich gewählt, um trainingstypische und praxisnahe Belastungen festzulegen. Die nachfolgenden Abbildungen geben einen Überblick über die Messgenauigkeit des Sportcomputers für die Parameter Atemfrequenz, Ventilation und Sauerstoffaufnahme:



- Suunto Training Manager 1. Kalkulation:

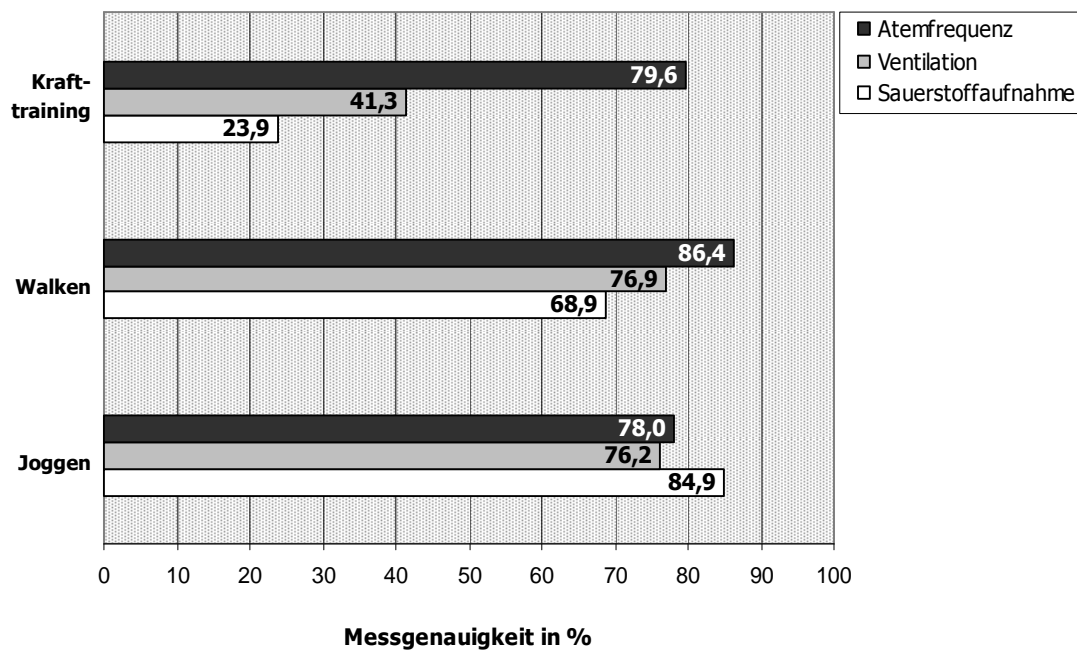


Abbildung 10: Vergleich der Messgenauigkeit des Suunto t6 für die Parameter Atemfrequenz, Ventilation und Sauerstoffaufnahme bei den Feldtests Krafttraining, Walken und Joggen (1. Kalk.).

- Suunto Training Manager 2. Kalkulation:

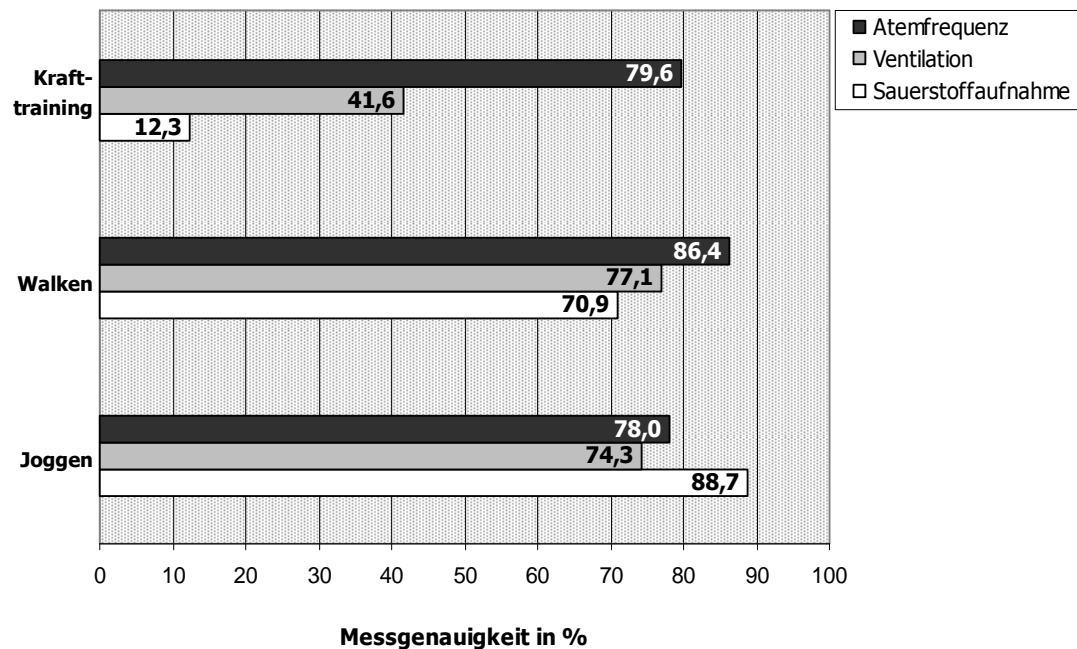


Abbildung 11: Vergleich der Messgenauigkeit des Suunto t6 für die Parameter Atemfrequenz, Ventilation und Sauerstoffaufnahme bei den Feldtests Krafttraining, Walken und Joggen (2. Kalk.).



4 Diskussion

Labortests

Der Suunto t6 erreichte über den gesamten Belastungsverlauf des Stufentests hinweg im Rahmen der 1. Kalkulation (Abb. 1) durchschnittlich die höchste Validität für den aus physiologischer Sicht aussagekräftigsten Parameter Sauerstoffaufnahme (87,2%). Deutlich ungenauer wurden die Atemfrequenz- und Ventilationswerte vom Sportcomputer berechnet (73,0% bzw. 68,6%).

Mit Ausnahme der Sauerstoffaufnahme (85,5%) blieb der Suunto t6 im Bereich der aerob-anaeroben Schwelle, die für die Trainingspraxis eine wichtige Rolle spielt, hinter den Erwartungen zurück: so konnte dem Armbandcomputer bei den Parametern Atemfrequenz und Ventilation lediglich eine Validität von 72,6% bzw. 66,8% attestiert werden.

Wenngleich die Sportuhr zur Bestimmung der maximalen Leistungsgrößen eine Laboranalyse nicht ersetzen kann, kalkulierte der Suunto Training Manager im Maximalbereich bezüglich aller drei Parameter mit einer sehr hohen Messgenauigkeit. Die validesten Ergebnisse konnten mit 90,7% bei der Atemfrequenz festgestellt werden. Auch für die Ventilation und die Sauerstoffaufnahme ergaben sich äußerst genaue Werte (85,7% bzw. 87,5%).

Vor dem Hintergrund, dass EPOC bislang nur im Labor gemessen werden konnte, ist eine Messgenauigkeit von 82,1% im Rahmen der exemplarisch durchgeführten Überprüfung der Größe EPOC als überaus gutes Ergebnis des Sportcomputers einzuschätzen. Zu betonen ist allerdings, dass dieses Resultat aufgrund von Berechnungsschwierigkeiten relativiert werden muss und keine Allgemeingültigkeit beanspruchen kann.

Nach manueller Eingabe der tatsächlichen Leistungsgrößen in den Suunto Training Manager im Zuge der 2. Kalkulation (Abb. 2) verbesserte sich die Messgenauigkeit des Sportcomputers bei den meisten Teiluntersuchungen des Ausbelastungstests. Insgesamt betrachtet lieferte der Armbandcomputer im Rahmen der 2. Kalkulation für die Sauerstoffaufnahme eine Messgenauigkeit zwischen 72,1% und 95,2%. Bezüglich der Ventilation erstreckte sich der Bereich auf 59,8% bis 84,2%. Die Validität des Suunto t6 für die Atemfrequenzwerte zeigte durch die Zweitberechnung keinerlei Veränderungen.

Die gemittelten Messgenauigkeiten der einzelnen Kenngrößen über alle Belastungsbereiche hinweg (40%, 60%, 80%, 100% und 110% der maximalen Intensität) manifestieren (vgl. Abb. 3), dass der Suunto t6 mit einer Validität von durchschnittlich 82,1% die Atemfrequenz am genauesten kalkulierte. Die Tatsache, dass für die Leistungsgröße Sauerstoffaufnahme nur marginal ungenauere Abweichungen zum Spirometer ermittelt wurden (81,3%), ist positiv zu beurteilen: im aeroben Trainingsbereich gilt die Sauerstoffaufnahme als wichtige und zentrale Messgröße zur Beurteilung der Belastungsintensität. Die geringste Validität unter Einbeziehung aller fünf Tests ergab sich mit durchschnittlich 76,9% für den Parameter Ventilation.

Mit Ausnahme des 80%-Tests war der Kenngröße Ventilation auf allen Belastungsebenen die geringste Messgenauigkeit zuzuschreiben. Hingegen konnte den Parametern Atemfrequenz und Sauerstoffaufnahme eine durchgehend höhere Validität bescheinigt werden.

Unter Einbeziehung aller drei Kenngrößen ermittelte der Suunto t6 tendenziell für die Bereiche bei 80% und 100% der maximalen Leistung die genauesten Ergebnisse. Die insgesamt schlechtesten Trainingswerte lieferte der Sportcomputer für Belastungen auf supramaximalem Niveau (110%) sowie für den submaximalen 40%-Test.

Auch bei den einzelnen Untersuchungen kam es mit Ausnahme der Ventilationswerte im maximalen Belastungsbereich sowie der sVO_2 -Werte beim 40%-Test im Zuge der Zweitberechnung (Abb. 4), wie vom Hersteller proklamiert, zu einer Verbesserung der Validität. Insbesondere die Veränderungen der Sauerstoffaufnahme bei 80% und 100% der maximalen Leistung unterstreichen dieses Ergebnis.

Die Gegenüberstellung von Test und Retest (vgl. Abb. 5-7) zeigte, dass sowohl für den 60%- als auch für den 80%-Test bezüglich der drei untersuchten Parameter sehr zuverlässige Messdaten vom Armbandcomputer berechnet wurden. Der direkte Vergleich bescheinigte dem Suunto t6 bei einer Intensität von 80% eine noch größere Zuverlässigkeit als im 60%-Bereich. Bei beiden Intensitätsstufen war der klare Trend zu erkennen, dass die Reliabilität der Atemfrequenz- und sVO_2 -Werte etwas höher lag als bei der Ventilation.

Zudem kann bestätigt werden, dass der Suunto t6 in der Lage ist, mit Hilfe der EPOC-Messungen (Abb. 8 und 9) Rückschlüsse auf den Grad der Ermüdung und die vom Training hervorgerufene Belastung zu geben. Um diese Erkenntnisse abzusichern, müssten allerdings noch tiefergehende Untersuchungen zur Klärung der Beziehung zwischen EPOC und Laktat erfolgen.



Feldtests

Abgesehen vom Krafttraining unterstreichen die Resultate aus den Feldtests die Anwendbarkeit des Suunto t6 in der Sportpraxis (vgl. Abb. 10 und 11). Für den Walking- und Joggingtest bewegte sich die Messgenauigkeit der Sportuhr bei der Sauerstoffaufnahme im Bereich von 68,9% und 84,9%, bei der Ventilation zwischen 76,2% und 76,9%. Die Atemfrequenzwerte wurden mit einer Validität von 78,0% (Joggen) bzw. 86,4% (Walken) vom Suunto t6 berechnet.

Die 2. Kalkulation im Suunto Training Manager lieferte für die Sportarten Walken und Joggen bei der Sauerstoffaufnahme zu 70,9% bzw. 88,7%, bei der Ventilation zu 77,1% bzw. 74,3% valide Daten. Die größte Verbesserung der Messgenauigkeit konnte den sVO_2 -Werten beim Joggen bescheinigt werden (3,8%). Wie schon im Rahmen der Labortests blieb der Parameter Atemfrequenz auch für die Untersuchungen unter Feldbedingungen unverändert.

➡ Im Zuge der gesamten Suunto t6-Studie zeichnete sich der Trend ab, dass die Messgenauigkeit des Suunto t6 für die Atemfrequenz bei mittlerer Belastung abnahm, bei niedrigen und hohen Intensitäten hingegen anstieg. Bezüglich der Parameter Ventilation und Sauerstoffaufnahme konnte dem Armbandcomputer auf hohen Belastungsstufen eine weitaus geringere Abweichung von der Referenzmethode bescheinigt werden als bei leichter Arbeit.

Bei Berücksichtigung aller Testreihen (mit Ausnahme des Krafttrainings und des 110%-Intervalltests) konnte dem Sportcomputer bezüglich der Ventilation durchschnittlich eine Validität von 76,7% (1. Kalk.) bzw. 77,5% (2. Kalk.) attestiert werden. Wesentlich genauere Messergebnisse lieferte die Sportuhr für die Größen Atemfrequenz (81,2%) und Sauerstoffaufnahme (1. Kalk.: 81,8%; 2. Kalk.: 84,8%).

Die Ausblendung des 110%-Tests und des Krafttrainings ist darauf zurückzuführen, dass der Sportcomputer die Kinetik der drei untersuchten Größen im Wechsel von Belastung und Pause bei diesen Untersuchungen nicht annähernd korrekt wiedergegeben konnte und die drei Parameter mit einer nur unzureichenden Validität kalkulierte.

5 Zusammenfassung

Zusammenfassend kann bestätigt werden, dass der Suunto t6 sowohl unter Labor- als auch unter Feldbedingungen ein genaues und zuverlässiges Messgerät zur Leistungsdiagnostik und Trainingssteuerung ist. Abgesehen vom 110%-Test und vom Krafttraining kann der Sportuhr bezüglich der Parameter Atemfrequenz, Ventilation und Sauerstoffaufnahme für die Labortests und die Untersuchungen im Felde eine mittelhohe bis sehr hohe Validität bescheinigt werden. Insgesamt betrachtet erzielte der Suunto t6 bei der Überprüfung der Reliabilität im submaximalen Bereich (60% und 80%) für alle drei Belastungsgrößen sehr gute Resultate. Während das äußerst gute Resultat des Sportcomputers für die Größe EPOC aufgrund von Berechnungsschwierigkeiten unter Vorbehalt betrachtet werden muss, ist zwischen den vom Suunto t6 kalkulierten EPOC-Werten und den entsprechenden Laktatdaten ein sehr starker Zusammenhang feststellbar, wodurch Rückschlüsse auf den Grad der Ermüdung gezogen werden können.