

# Einfluß eines Windsimulators auf die in standardisierten Leistungstests ermittelte aktuelle Leistungsfähigkeit von Pferden

Irene Boos, K. A. von Plocki, M. Hermann\* und H. D. Lauk

Schwarzwald-Tierklinik Neubulach  
\*Veterinär-Medizinische Klinik  
der Universität Zürich

## Einleitung

Für die Durchführung von Belastungstests zur Bestimmung der momentanen Leistungsfähigkeit im Rahmen der Trainingsplanung und -überwachung sowie einer umfassenden medizinischen Leistungsdiagnostik zur Abklärung von Leistungsschwächen haben Laufbandergometer ausgedehnte Verwendung gefunden. Durch ihre Installation in geschlossenen Räumen erhalten sie eine hohe Praktikabilität und ermöglichen eine standardisierte Durchführung diagnostischer und therapeutischer Maßnahmen.

Diverse Parameter zur Standardisierung der Testbedingungen wurden eingeführt, um objektive Ergebnisse zu erhalten. Unter den Klimafaktoren wurde die Luftbewegung bisher aber weitgehend außer acht gelassen, obwohl ihr Einfluß auf die Thermoregulation unbestritten ist (Scheu-*nert* und *Trautmann*, 1976; *Schmidt* und *Thews*, 1980). Den thermoregulativen Vorgängen selbst kommt jedoch – neben Gesundheits-, Ernährungs- und Trainingszustand und psychischen Faktoren – eine große Bedeutung als leistungsbeeinflussender Faktor zu. Belastungsbedingte hyperthermische Zustände, wie sie bei langen Ausdauerbelastungen (*Carlson*, 1983) und Maximalbelastungen (*Lindholm* und *Saltin*, 1974) beobachtet werden können, wirken sich leistungsmindernd bis lebensbedrohlich aus. Die der Entwicklung einer Hyperthermie entgegenwirkende Wärmeabgabe durch Schwitzen führt bei hohen Schweißverlusten zu Dehydratation und Elektrolytimbalancen, die für die Entwicklung des Erschöpfungssyndroms verantwortlich gemacht werden (*Carlson* 1983, 1987).

In der vorliegenden Arbeit wird der Einfluß eines speziell konstruierten, „Fahrtwind“ erzeugenden Windsimulators auf die in standardisierten Leistungstests ermittelte Leistungsfähigkeit von Warmblutpferden untersucht. Damit soll ein Beitrag zur Erforschung von Standardisierungsparametern und leistungsbeeinflussenden Faktoren geliefert werden. In diesem Zusammenhang sind die Fragen zu klären,

## Zusammenfassung

10 gesunde Warmblutpferde im Alter zwischen 5 und 15 Jahren, beiderlei Geschlechts und in unterschiedlichen Trainingszuständen, dienten als Testpferde. Zwei sich in ihrer Dauer unterscheidende Belastungstests wurden jeweils mit und ohne Wiedereinsatz auf einem im geschlossenen Raum installierten Pferdelaufband durchgeführt. Das Verhalten der mit und ohne Einsatz des Windsimulators bestimmten klinischen und hämatologischen Parameter sowie der Leistungskennwert  $V_{150}$  wurden verglichen und bezüglich der Windwirkung ausgewertet.

Der Einfluß des Windsimulators führt über eine Verbesserung der konvektiven und evaporativen Wärmeabgabe zu einer optimierten Thermoregulation und zu einer signifikant verbesserten  $V_{150}$ . Thermoregulatorische Vorgänge stellen selbst bei vergleichsweise geringen Belastungen einen leistungsbeeinflussenden Faktor dar.

Es wird die Notwendigkeit einer möglichst weitgehenden Standardisierung von Testbedingungen betont. Dies gilt für sämtliche Umwelt- und Klimafaktoren sowie für den Testaufbau hinsichtlich Belastungsintensität und -dauer.

Der Einsatz des Windsimulators für Leistungstests und Training auf Laufbandergometern im geschlossenen Raum erscheint sinnvoll und kann empfohlen werden.

## The influence of a high forced airstream simulating fan on the results of exercise tests at horses on the treadmill

10 healthy standardbred horses of between 5 and 15 years of age, of both sexes and in different state of training underwent two different exercise tests, which differed in exercise duration and were absolved with and without use of an airstream simulating fan, on a treadmill set up in a closed room. The reaction of the clinical and haematological parameters determined with and without the application of wind as well as the performance index value  $V_{150}$  were compared and evaluated with regard to the effect of the wind.

Under the influence of the airstream simulating fan, thermal regulation is optimized as a result of an improvement in the convective and evaporative heat loss and the  $V_{150}$  is statistically-significant improved. Thermoregulatory processes have an influence on performance, even in case of relatively moderate exercises.

The importance of standardizing all environmental and climatic factors as far as possible, as well as the test set-up with regard to exercise intensity and duration is emphasized.

The use of the airstream simulating fan when carrying out exercise tests and training on a treadmill in a closed room, seems to be useful and can be recommended.

- ob die Thermoregulation des Pferdes während der Durchführung unserer Leistungstests einen die Leistung beeinflussenden Faktor darstellt,
- ob unser Windsimulator geeignet ist, über eine Förderung der Luftbewegung im geschlossenen Raum Einfluß auf die Thermoregulation des Pferdes zu nehmen und
- wie und wann sich der Einfluß des Windsimulators auf Leistungsparameter auswirkt.

## Material und Methodik

10 gesunde Warmblutpferde verschiedener Rasse und Geschlechts im Alter zwischen 5 und 15 Jahren, die der Schwarzwald-Tierklinik zur Trainingsdurchführung und -überwachung anvertraut wurden, dienten als Testpferde (Tab. 1). Sie verfügten über Sommerfell und in den Wintermonaten über ein vergleichbares, kurz geschorenes Winterfell und befanden sich entsprechend ihrer sonstigen Nutzung im Freizeit- und Turniersport in unterschiedlichem Trainingszustand.

Tab. 1: Probandengut

Pferd Nr.	Name	Rasse	Alter in J.	Geschlecht	Nutzung
1	Andex	Württemberg	5	Stute	Freizeit
2	April	Trakehner	15	Wallach	Freizeit
3	Chico	Oldenburger	8	Wallach	Freizeit
4	Delta	Hannoveraner	11	Wallach	Dressur
5	Negro	Württemberg	7	Wallach	Freizeit
6	Nobje	Württemberg	13	Wallach	Freizeit
7	Panja	Württemberg	5	Stute	Fahren
8	Poppi	Württemberg	5	Stute	Fahren
9	Rüpel	Württemberg	8	Wallach	Dressur
10	Waterloo	Hannoveraner	12	Hengst	Dressur

Die Untersuchungen wurden auf dem in einem geschlossenen Raum montierten Pferdelaufband „Mustang 2200“ (Fa. Kagra, Fahrwangen, Schweiz) durchgeführt, dem ein Datenerfassungs- und -verarbeitungssystem (Hippocard Data System, Fa. Bioengineering Isler, Zürich, Schweiz) angegliedert ist. Frontal vor dem Laufbandergometer befindet sich ein Windsimulator (Konstruktion und technische Ausführung: Fa. Heizbross, Nagold). Durch 60 Weitwurfdüsen (Fa. Schako, Villingen-Schwenningen) wird Raumluft gegen das laufende Pferd geblasen (Lüftungsgerät: Fa. Wolf Klimatechnik, Mainburg). Diese Luft weist, mittels eines mit dem Pferdelaufband verbundenen Frequenzumformers (Fa. Danfoss, Offenbach/Main), die gleiche Geschwindigkeit auf wie das Laufband. Dieses Prinzip wurde gewählt, um sicher gehen zu können, daß die bewegte Luft nicht wie ein Gegenwind wirkt, gegen den das laufende Pferd eine zusätzliche Kraft aufwenden müßte. In dieser Versuchsanordnung wird somit ein Fahrtwind simuliert, wie er durch die Bewegung des Pferdes bei Windstille auch entstehen würde.

Nach einer Eingewöhnungszeit von einigen Tagen, während der die eingestellten Testpferde auch mit dem Laufband und dem Windsimulator vertraut gemacht wurden, unterzogen wir die Probanden zwei verschiedenen Leistungstests zur Bestimmung der Ausdauerleistungsfähigkeit, die sich in der Belastungsdauer voneinander unterscheiden (Tab. 2 + 3). Jeder der beiden Tests wurde zweimal ausgeführt, und zwar einmal mit und einmal ohne Einsatz des Windsimulators. Die somit für jedes Pferd zu absolvierenden vier Tests wurden an verschiedenen Tagen in zufallsbedingter alternierender Reihenfolge durchgeführt. Zwischen zwei Tests wurde eine mindestens 24stündige Ruhepause gewährt. An testfreien Tagen erhielten die Pferde leichte Bewegung an der Hand.

Haltung und Fütterung der Testpferde, die Tageszeit der Testdurchführung sowie der zeitliche Abstand zur letzten Fütterung, Raumtemperatur und Luftfeuchtigkeit im Testraum wurden soweit wie möglich standardisiert. Die Laufgeschwindigkeiten wurden individuell für jedes Pferd so gewählt, daß sie in komfortabler Art einzuhalten waren. Sie lagen im Schritt zwischen 1,7 und 1,9 m/sec und im Trab zwischen 3,0 und 4,2 m/sec. Die Raumtemperatur bewegte sich zwischen 17,5 und 18,7° C und die relative Luftfeuchtigkeit zwischen 60 und 71 %.

Die Entnahme der Blutproben am laufenden Pferd erfolgte über einen unter aseptischen Kautelen in die Vena jugularis verbrachten, durch eine Naht fixierten und mit einem 75 cm langen Verlängerungsschlauch versehenen Venenkatheter (Größe 4G20, Fa. Braun, Melsungen). Nach jeder Probenahme wurde das System mit physiologischer Kochsalzlösung beschickt, die vor der folgenden Entnahme wieder verworfen wurde. Venöses Blut wurde in mehrere entsprechende Gefäße verbracht und bis zur weiteren Behand-

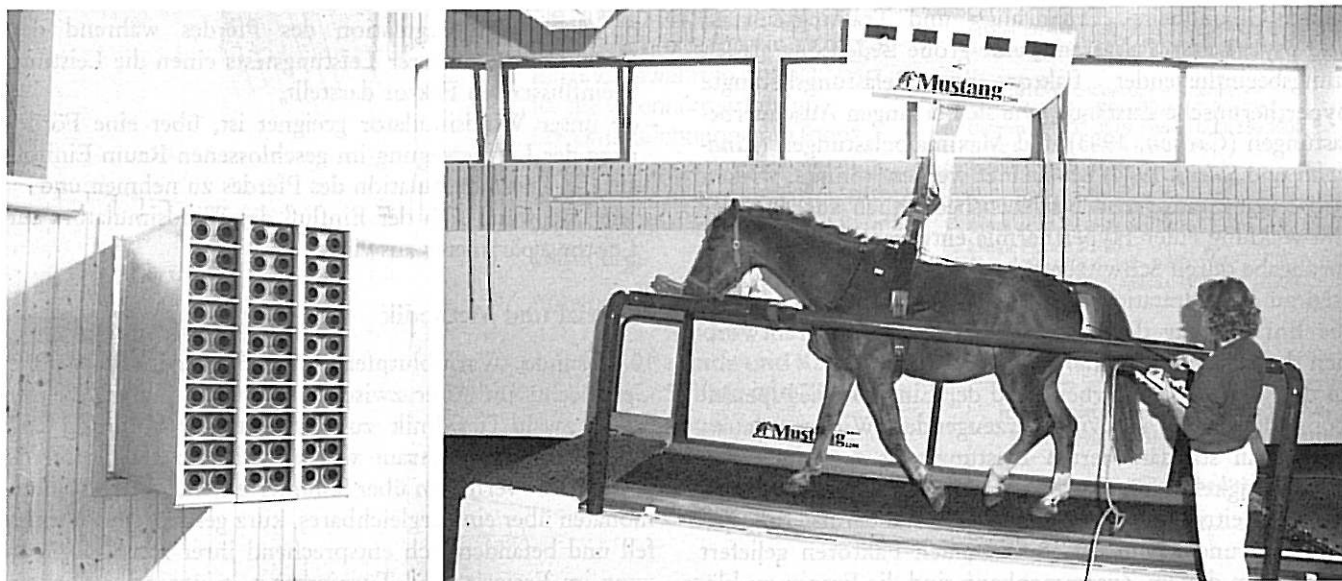


Abb. 1a: Windsimulator; Abb. 1b: Laufband mit 6% Steigung.

lung in Eiswasser gekühlt. Durch Zentrifugation gewonnenes Serum wurde bis zur endgültigen Verarbeitung tiefgefroren.

**Tab. 2:** Testdurchführung Test A – Dreistufenbelastung

Aufwärmphase	10 min Schritt	0% Steigung
Dreistufenbelastung	2 min Trab – Geschwindigkeitsstufe 1	10% Steigung
	2 min Trab – Stufe 2	10% Steigung
	2 min Trab – Stufe 3	10% Steigung
Erholungsphase	9 min Schritt	0% Steigung
gesamte Testdauer: 25 min		
Ausführung a) ohne Wind und b) mit Wind		
Prüfparameter: Herzfrequenz alle 5 sec; zu Testbeginn (t=0), nach der Aufwärmphase (t=10), nach der Dreistufenbelastung (t=16) und zu Testende (t=25); Atemfrequenz, Rektaltemperatur und sichtbare Schweißmenge an den vier Lokalisationen Halsseite, Ellenbogenfalte, Flanken und kaudaler Hinterschenkel		

**Tab. 3:** Testdurchführung Test B – Ausdauer – plus Dreistufenbelastung

Aufwärmphase	10 min Schritt	0% Steigung
Ausdauerbelastung	15 min Trab	6% Steigung
Erholungsphase	2 min Schritt	6% Steigung
Dreistufenbelastung	2 min Trab – Stufe 1	10% Steigung
	2 min Trab – Stufe 2	10% Steigung
	2 min Trab – Stufe 3	10% Steigung
Erholungsphase	7 min Schritt	0% Steigung
gesamte Testdauer: 40 min		
Ausführung a) ohne Wind und b) mit Wind		
Prüfparameter: Herzfrequenz alle 5 sec; zu Testbeginn (t=0), nach der Aufwärmphase (t=10), nach der Ausdauerbelastung (t=25), nach der Dreistufenbelastung (t=33) und zu Testende (t=40); Atemfrequenz, Rektaltemperatur, sichtbare Schweißmenge an den vier Lokalisationen, Plasmalaktatgehalt, Natrium-, Kalium- und Chlorid-Serumkonzentration, Hämokrit und Serumproteinengehalt		

Die Herzfrequenz wurde telemetrisch erfasst mittels zweier am Thorax des Pferdes angebrachter Pulselektroden. Aus den während der Dreistufenbelastung gemessenen Frequenzen wurde über das Pulsfrequenz-Geschwindigkeitsverhältnis die V150 berechnet (Hippocard Data System, Fa. Bioengineering Isler, Zürich/CH).

Die Rektaltemperatur wurde mit einer tief ins Rektum verbrachten elektronischen Temperatursonde (Digitemp D 2000/20, Fa. TfA) gemessen. Die Bestimmung der Atemfrequenz erfolgte durch direktes Auszählen. Die sichtbare Schweißmenge an den vier Lokalisationen Halsseite, Ellenbogenfalte, Flanken und kaudaler Hinterschenkel wurde subjektiv mit Hilfe eines 4-Punkte-Schemas beurteilt.

Die Methoden für die Messung der venösen Blutparameter können der Tab. 4 entnommen werden.

Für die statistische Auswertung im Vergleich der in Tests mit Wind zu den in Tests ohne Wind erhaltenen Daten wurde der t-Test für unabhängige und der für paarige Stichproben (Sachs, 1984 a und b) angewendet. Für die statisti-

sche Auswertung der Beobachtungen bezüglich der gebildeten Schweißmenge stand kein geeignetes Verfahren zur Verfügung, so daß wir uns auf die rein deskriptive Auswertung beschränkten.

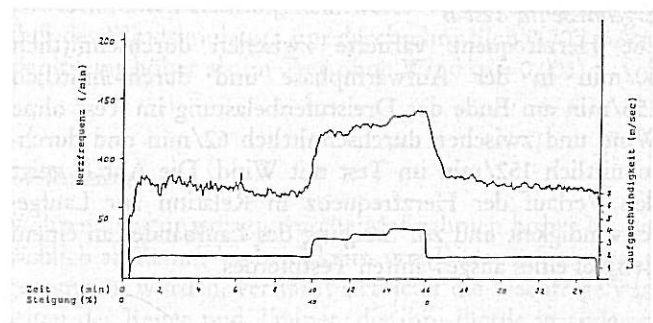
**Tab. 4:** Verwendete Methoden und Geräte zur Bestimmung venöser Blutparameter

Parameter	
Laktat	enzymatischer UV-Test, Methode modifiziert nach Noll, Monotest® Laktat, vollenzymatisch, Arbeitsanleitung der Fa. Boehringer, Mannheim; Lange-Photometer
Hämokrit	Mikrohämokritverfahren; Hettich-Zentrifuge
Serumprotein	Refraktometer
Elektrolyte Na, K, Cl	ionenselektive Elektroden; Autoanalyser „STAT5“ (Fa. NOVA)

## Ergebnisse

### Ergebnisse im Test A

Die Herzfrequenz variierte entsprechend der relativen Belastungsintensität zwischen durchschnittlich 63/min in der Aufwärmphase und durchschnittlich 154/min am Ende der Dreistufenbelastung. Die Abb. 2 zeigt den Verlauf der Herzfrequenz in Relation zur Laufgeschwindigkeit und Steigung des Laufbandes an einem als Beispiel ausgewählten Testpferd.



**Abb. 2:** Pferd „Waterloo“ im Test A ohne Wind. Die untere Linie stellt die Laufgeschwindigkeit dar (Werteskala rechts), die obere Linie den Verlauf der Herzfrequenz (Werteskala links).

Die Atemfrequenz stieg mit der Belastungsintensität an und fiel während der Erholungsphase wieder ab. Höchstwerte zwischen 100/min und 128/min wurden nach der Dreistufenbelastung erreicht.

Die Rektaltemperatur der Probanden stieg im Verlauf des Leistungstests an. Höchstwerte am Ende des Tests lagen zwischen 37,7 und 38,8° C. Der Gesamtanstieg  $\Delta RT_{0-25}$  war im Test ohne Wind um durchschnittlich 0,19° C höher als im Test mit Wind.

Im Test A wurden hauptsächlich gering- bis mittelgradige Schweißabsonderungen beobachtet. Im Vergleich der beiden Tests mit bzw. ohne Wind bestanden nach der Aufwärmphase noch keine Unterschiede in der sichtbaren Schweißmenge. Zu den Zeitpunkten t=16 und t=25 war



unter Windeinfluß jedoch eine Reduktion der Schweißmenge festzustellen (Tab. 5 + 6).

Tab. 7 zeigt die Leistungskennwerte  $V_{150}$ , die aus der Herzfrequenz-Geschwindigkeits-Relation im Dreistufentest zwischen der 11. und 16. Minute ermittelt wurden.

**Tab. 5:** Effekt der Windeinwirkung an den vier Lokalisationen zu dem Zeitpunkt  $t=16$  bei 10 Pferden im Test A

Lokalisation	Anzahl der Pferde, die unter Wind weniger Schweiß bildeten als im Test ohne Wind	Anzahl der Pferde, die unter Wind gleich viel Schweiß bildeten wie im Test ohne Wind
Hals	6 (1, 2, 4, 5, 6, 9)	4 (3, 7, 8, 10)
Ellenbogen	3 (3, 6, 9)	7 (1, 2, 4, 5, 7, 8, 10)
Flanken	6 (1, 3, 4, 5, 9, 10)	4 (2, 6, 7, 8)
Schenkel	4 (1, 3, 9, 10)	6 (2, 4, 5, 6, 7, 8)

Identifikations-Nummern der Pferde in Klammern

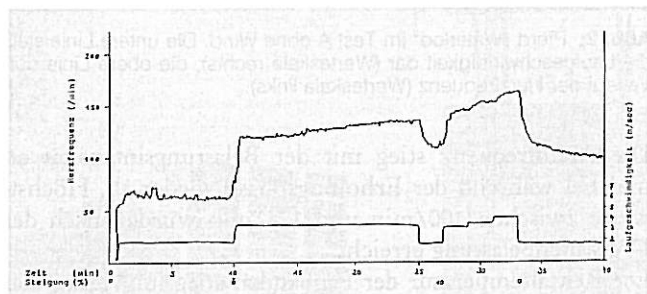
**Tab. 6:** Effekt der Windeinwirkung an den vier Lokalisationen zu dem Zeitpunkt  $t=25$  bei 10 Pferden im Test A

Lokalisation	Anzahl der Pferde, die unter Wind weniger Schweiß bildeten als im Test ohne Wind	Anzahl der Pferde, die unter Wind gleich viel Schweiß bildeten wie im Test ohne Wind
Hals	7 (1, 2, 4, 5, 7, 8, 9)	3 (3, 6, 10)
Ellenbogen	4 (1, 6, 7, 8)	6 (2, 3, 4, 5, 9, 10)
Flanken	6 (1, 2, 4, 6, 7, 8)	4 (3, 5, 9, 10)
Schenkel	4 (1, 3, 5, 10)	6 (2, 4, 6, 7, 8, 9)

Identifikations-Nummern der Pferde in Klammern

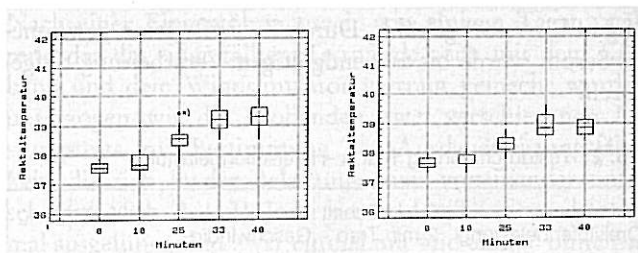
**Ergebnisse im Test B**

Die Herzfrequenz variierte zwischen durchschnittlich 60/min in der Aufwärmphase und durchschnittlich 155/min am Ende der Dreistufenbelastung im Test ohne Wind und zwischen durchschnittlich 62/min und durchschnittlich 152/min im Test mit Wind. Die Abb. 3 zeigt den Verlauf der Herzfrequenz in Relation zur Laufgeschwindigkeit und zur Steigung des Laufbandes an einem Beispiel eines ausgewählten Testpferdes.



**Abb. 3:** Pferd „Andex“ im Test B ohne Wind. Die untere Linie stellt die Laufgeschwindigkeit dar (Werteskala rechts), die obere Linie den Verlauf der Herzfrequenz (Werteskala links).

Die Atemfrequenz stieg entsprechend der Belastungsintensität an und fiel während der Erholungsphase wieder ab. Nach der Dreistufenbelastung betrug die Höchstwerte zwischen 115/min und 180/min. Die Rektaltemperatur der Probanden stieg bis zum Ende



**Abb. 4:** Boxplot-Darstellung des Verlaufes der Rektaltemperatur von 10 Pferden im Test B ohne Wind (links) und mit Wind (rechts). \*) Statistischer Extremwert, gemessen bei Poppi

**Tab. 7:** Leistungskennwerte bei 10% Laufbandsteigung und Korrelationskoeffizient  $r$  für das Puls-Geschwindigkeits-Verhältnis für 10 Pferde im Test A

Pferd	ohne Wind		mit Wind	
	$V_{150}$ (m/sec)	$r$	$V_{150}$ (m/sec)	$r$
Andex	4,16	0,94	4,18	0,90
April	3,07	0,87	3,38	0,94
Chico	4,53	0,84	4,59	0,84
Delta	4,91	0,86	4,72	0,89
Negro	3,88	0,86	3,80	0,89
Nobje	5,18	0,87	5,20	0,85
Panja	3,45	0,82	3,38	0,89
Poppi	4,79	0,84	4,45	0,94
Rüpel	4,45	0,85	4,20	0,93
Waterloo	4,75	0,95	5,34	0,91

der Dreistufenbelastung an; die höchste gemessene Temperatur betrug im Test ohne Wind  $40,2^{\circ}\text{C}$ , im Test mit Wind  $39,6^{\circ}\text{C}$ . Während der Erholungsphase kam es im Test ohne Wind zu einem weiteren Anstieg oder einer Beibehaltung der letzten gemessenen Temperatur, im Test mit Wind blieb sie konstant oder fiel ab (Abb. 4). Der Gesamtanstieg der Rektaltemperatur  $\Delta RT_{0-40}$  war unter Einsatz des Windsimulators um durchschnittlich  $0,48^{\circ}\text{C}$  geringer. Die Schweißabsonderungen der Pferde waren nach der Aufwärmphase noch gering und nach der Ausdauerbelastung gering- bis mittelgradig. Am Ende der Dreistufenbelastung und am Testende überwogen die mittel- bis hochgradigen Schweißabsonderungen, bei denen das Fell der Probanden sichtbar feucht bzw. naß war und Schweiß herabtropfte. Nach der Aufwärmphase bestanden noch keine Unterschiede zwischen den im Test ohne Wind und den im Test mit Wind beobachteten Schweißmengen. Zu den späteren Meßzeitpunkten war unter Windeinfluß eine Reduktion der Schweißmenge festzustellen (Tab. 8, 9, 10).

**Tab. 8:** Effekt der Windeinwirkung an den vier Lokalisationen zu dem Zeitpunkt  $t=25$  bei 10 Pferden im Test B

Lokalisation	Anzahl der Pferde, die unter Wind weniger Schweiß bildeten als im Test ohne Wind	Anzahl der Pferde, die unter Wind gleich viel Schweiß bildeten wie im Test ohne Wind
Hals	7 (2, 4, 5, 6, 7, 8, 10)	3 (1, 3, 9)
Ellenbogen	6 (1, 2, 3, 7, 9, 10)	4 (4, 5, 6, 8)
Flanken	2 (4, 6)	8 (1, 2, 3, 5, 7, 8, 9, 10)
Schenkel*	2 (1, 3)	7 (2, 5, 6, 7, 8, 9, 10)

\*) „Delta“ (Pferd Nr. 4) zeigte an dieser Lokalisation zu diesem Zeitpunkt als einziges Pferd eine stärkere Schweißabsonderung unter Windeinfluß.

Identifikations-Nummern der Pferde in Klammern



**Tab. 9:** Effekt der Windeinwirkung an den vier Lokalisationen zu dem Zeitpunkt  $t=33$  bei 10 Pferden im Test B

Lokalisation	Anzahl der Pferde, die unter Wind weniger Schweiß bildeten als im Test ohne Wind	Anzahl der Pferde, die unter Wind gleich viel Schweiß bildeten wie im Test ohne Wind
Hals	6 (1, 4, 5, 6, 7, 8)	4 (2, 3, 9, 10)
Ellenbogen	6 (2, 3, 5, 7, 9, 10)	4 (1, 4, 6, 8)
Flanken	6 (2, 3, 4, 5, 9, 10)	4 (1, 6, 7, 8)
Schenkel	4 (1, 2, 3, 9)	6 (4, 5, 6, 7, 8, 10)

Identifikations-Nummern der Pferde in Klammern

**Tab. 10:** Effekt der Windeinwirkung an den vier Lokalisationen zu dem Zeitpunkt  $t=40$  bei 10 Pferden im Test B

Lokalisation	Anzahl der Pferde, die unter Wind weniger Schweiß bildeten als im Test ohne Wind	Anzahl der Pferde, die unter Wind gleich viel Schweiß bildeten wie im Test ohne Wind
Hals	5 (1, 4, 6, 7, 8)	5 (2, 3, 5, 9, 10)
Ellenbogen	6 (2, 3, 5, 7, 9, 10)	4 (1, 4, 6, 8)
Flanken	8 (1, 2, 3, 4, 5, 6, 9, 10)	2 (7, 8)
Schenkel	5 (1, 2, 3, 5, 9)	5 (4, 6, 7, 8, 10)

Identifikations-Nummern der Pferde in Klammern

**Tab. 11:** Leistungskennwerte bei 10% Laufbandsteigung und Korrelationskoeffizient  $r$  für das Puls-Geschwindigkeits-Verhältnis für 10 Pferde im Test B

Pferd	ohne Wind		mit Wind	
	$V_{150}$ (m/sec)	$r$	$V_{150}$ (m/sec)	$r$
Andex	3,61	0,91	3,74	0,90
April	2,61	0,93	2,96	0,90
Chico	4,58	0,92	4,65	0,95
Delta	5,03	0,79	5,40	0,86
Negro	4,27	0,86	4,46	0,92
Nobje	4,84	0,93	5,20	0,92
Panja	2,73	0,87	2,79	0,90
Poppi	4,32	0,89	4,43	0,89
Rüpel	4,22	0,95	4,51	0,90
Waterloo	4,28	0,96	4,40	0,97

Die aus der Herzfrequenz-Geschwindigkeits-Relation zwischen der 28. und 33. Minute im Dreistufentest ermittelten Leistungskennwerte  $V_{150}$  (Tab. 11) lagen unter Einfluß des Windsimulators um durchschnittlich 0,205 m/sec höher als im Test ohne Wind.

Die Plasmalaktatkonzentrationen stiegen mit der Belastungsintensität an und erreichten Höchstwerte am Ende der Dreistufenbelastung. In der Erholungsphase fielen sie wieder ab. Die gemessenen Konzentrationen lagen bei allen Pferden zu allen Zeitpunkten deutlich unterhalb der anaeroben Schwelle von 4 mmol/l.

Die Hämatokritwerte lagen vor Testbeginn zum Zeitpunkt  $t=0$  höher als nach der Aufwärmphase und stiegen nach der Aufwärmphase bis zum Testende hin an. Sie lagen immer im Bereich der physiologischen Norm und waren unter Windeinfluß tendenziell niedriger als im Test ohne Wind.

Die Serumproteinkonzentrationen stiegen während der Trabarbeit geringfügig an und blieben während der Erho-

lungsphase nahezu konstant. Sie lagen immer im Bereich der physiologischen Norm.

Die Natrium- und Chloridkonzentrationen blieben während des gesamten Leistungstests nahezu konstant. Die Serumkaliumspiegel stiegen während der Aufwärmphase und der Ausdauerbelastungsphase an, fielen während des Dreistufentests etwas ab und stiegen in der Erholungsphase auf Höchstwerte an. Sie lagen bereits nach der Aufwärmphase oberhalb des Normalbereiches und erreichten Höchstwerte von mehr als 6 mmol/l.

### Statistik

Zur Bewertung der Windeinwirkung wurde das Verhalten der unter Windeinsatz bestimmten klinischen und hämatologischen Parameter mit denen im Test ohne Wind verglichen.

Im Test A wurden folgende Parameter statistisch untersucht: Erholungsherzfrequenz nach Testende, Atemfrequenz und Rektaltemperatur zu den vier Meßzeitpunkten, Gesamtanstieg der Rektaltemperatur und der Leistungskennwert  $V_{150}$ . Für keinen lagen statistisch signifikante Unterschiede vor. Für die im Test B statistisch untersuchten Parameter Pulsfrequenzanstieg während der Ausdauerbelastung (sog. „Ermüdungsanstieg“), Erholungsherzfrequenz, Atemfrequenz und Rektaltemperatur zu den fünf Meßzeitpunkten, sowie für alle hämatologischen Parameter lagen keine statistisch signifikanten Unterschiede vor. Der Gesamtanstieg der Rektaltemperatur  $\Delta RT_{0-40}$  war unter Windeinsatz um durchschnittlich 0,48° C geringer; dieser Unterschied war statistisch signifikant ( $p=0,01$ ). Die ermittelten Leistungskennwerte  $V_{150}$  lagen unter Einfluß des Windsimulators um durchschnittlich 0,205 m/sec signifikant höher als im Test ohne Wind ( $p=0,001$ ).

### Diskussion

Während leistungsdiagnostische Maßnahmen bisher hauptsächlich an Renn-, Vielseitigkeits- und Distanzpferden vorgenommen wurden, verstärkt sich jetzt die Nachfrage vonseiten der Reiter und Trainer, die ihre Pferde in anderen sportlichen Disziplinen einsetzen. Hierbei handelt es sich meist um Warmblutpferde, die im Spring-, Dressur-, Fahr- oder Voltigiersport eingesetzt werden und infolge dessen hauptsächlich aerobe Leistungen zu vollbringen haben. Hier ist deshalb der Leistungskennwert  $V_{150}$  (Laufgeschwindigkeit bei einer Pulsfrequenz von 150/min im steady-state) als Maß der aeroben Kapazität des Pferdes geeignet (Ehrlein et al., 1970 a; v. Engelhardt, 1977; Persson, 1967, 1968; Gysin, 1982; Isler et al., 1982; Straub et al., 1982). Seine Bestimmung hat sich aufgrund der einfachen Möglichkeiten mit Hilfe nicht-invasiver Techniken auch bei Reitern und Trainern durchgesetzt. Entsprechend den Empfehlungen von Ehrlein et al. (1973) und Persson (1967) konzipierten wir Dreistufenbelastungstests mit individuell angepaßten Geschwindigkeitsstufen, die in ihrer Belastungsdauer und -intensität so ausfielen, daß sie auch von Pferden mit schlechter Kondition bewältigt werden konnten.

In unseren Tests beobachteten wir einen Anstieg der Rektaltemperatur in Abhängigkeit der Belastungsintensität und -dauer. Der Temperaturanstieg war unter Windeinfluß stets geringer als in Tests ohne Wind. Für die Ergebnisse im Test B (Ausdauerbelastung plus Stufenbelastung) konnte eine hohe statistische Signifikanz festgestellt werden, für die im Test A (nur Stufenbelastung) nicht. Der kritische Bereich einer sich pathologisch auswirkenden Rektaltemperatur von 41° C (Lindholm und Saltin, 1974) wurde auch ohne Kühlung durch den Wind nie erreicht. Wir gingen davon aus, daß bei gleichbleibender Belastungsintensität im Test ohne und im Test mit Wind die gleiche Menge metabolischer Wärme im Organismus gebildet wird. Die zur Überwindung des Gegenwindes eventuell benötigte Mehrleistung ist als vernachlässigbar anzusehen. Die Tatsache, daß unter Windeinfluß die Rektaltemperatur weniger stark ansteigt, spricht für eine gesteigerte Wärmeabgabe unter Windeinfluß.

Bezüglich der konvektiven und evaporativen Wärmeabgabe über die Haut war dieser Einfluß zu erkennen. Die sichtbare Schweißmenge an den vier Lokalisationen Hals, Ellenbogen, Flanken und Kaudalseite der Hinterschenkel war unter Wind deutlich geringer. Unter der Voraussetzung, daß durch die induzierte Luftbewegung Konvektion und Evaporation begünstigt werden, wären diese Effekte vor allem an Hals und Flanken zu erwarten, welche der Luftbewegung am stärksten ausgesetzt sind. Ellenbogenfalte und Kaudalseite der Hinterschenkel befinden sich dagegen eher im Windschatten. An Hals und Flanken war der schweißmindernde Effekt auch am deutlichsten sichtbar, doch auch an den anderen Lokalisationen war die Schweißbildung vermindert. Diese Beobachtungen könnte man neben günstigeren lokalen Verdunstungsbedingungen auch einer Verbesserung der allgemeinen Verdunstungsbedingungen im Testraum sowie auch einer insgesamt geringeren Schweißbildung zuschreiben.

Die Auswirkungen der Schweißverluste auf den Wasser- und Elektrolythaushalt wurden im Test B anhand der Messungen des Hämatokrits, des Serumproteingehaltes sowie der Serumkonzentrationen an Natrium, Kalium und Chlorid untersucht.

Im Verlaufe des Tests konnte ein geringer Anstieg des Hämatokrit- und Serumproteingehaltes festgestellt werden, der aber immer im Bereich der physiologischen Norm lag. Dieser Anstieg ist daher nicht als Anzeichen einer Dehydratation zu bewerten, sondern ist Ausdruck einer belastungsinduzierten Milzentspeicherung. Ebenfalls die vor Beginn der Belastung gemessenen, erhöhten Ruhe-Hämatokritwerte sind auf einen „streß“-bedingten, erhöhten Sympathikotonus zum Zeitpunkt der Blutentnahme zurückzuführen.

Während für Military- und Rennbelastungen ein Anstieg des Serumnatriumgehaltes im Rahmen einer Hämokonzentration durch Dehydratation (Keenan, 1979; Rose et al., 1980 a) und für Distanzbelastungen ein Verlust an Natrium und Chlorid (Rose et al., 1980 b) beschrieben wurde, blieben in unserer Untersuchung, deren Belastungsanforderungen in einem mittleren Bereich lagen, Natrium- und Chloridkonzentrationen im Serum weitgehend konstant.

Der Serumkaliumspiegel wies Schwankungen auf. Anstiege des Kaliumspiegels werden bei Kurz- und Langzeitbelastungen festgestellt (Rose et al., 1977; Keenan, 1979; Rose et al., 1980 a) und beruhen auf einem Übertritt von Kalium aus der Muskelzelle ins Blutserum. Dessen Ursachen sind eine vermehrte Membrandurchlässigkeit während der Muskelkontraktionen (Carlson und Mansman, 1974; Schmidt und Thews, 1980), der von einem Kaliumausstrom gefolgte Glykogenabbau (Milne, 1974) und der Ausstrom von an freigesetzte Phosphatreste gebundenem Kalium (Knuttggen, 1962; Coester et al., 1973). Nach Snow et al. (1982) reicht bereits eine Schrittbelastung von 20 bis 50 Metern aus, einen Übertritt von Kalium aus der Muskelzelle ins Blut hervorzurufen. Eine Hyperkaliämie aufgrund einer bestehenden Azidose kann für unsere Untersuchungen ausgeschlossen werden, da sich bei der gewählten Belastungsintensität die bei den Testpferden ermittelten Plasmalaktatkonzentrationen weit unter der anaeroben Schwelle von 4 mmol/l befanden.

Senkungen des Kaliumwertes können auftreten als Folge eines starken Schweißverlustes, da Kalium direkt über den stark kaliumhaltigen Pferdeschweiß (Milne, 1974; Rose et al., 1980 a; Lindner, 1983) verlorengeht. Ebenfalls beitragen kann die zur Erhaltung des intravaskulären Flüssigkeitsvolumens erfolgende Rückresorption von Natrium in der Niere, da sie im Austausch gegen Wasserstoff- und Kaliumionen erfolgt und so zu einer erhöhten Kaliumausscheidung führt (Carlson und Mansman, 1974; Carlson, 1979). Auch nach Belastungsende sinkt der Kaliumgehalt des Serums weiter, da Kalium allein oder an Phosphate gebunden in den intrazellulären Raum zurückdiffundiert (Coester et al., 1973; Snow et al., 1982; Keenan, 1979; Judson et al., 1983).

Die bezüglich Wasser- und Elektrolythaushalt vorliegenden Ergebnisse geben keinen Hinweis auf Dehydratationszustände und sich pathologisch auswirkende Elektrolytverschiebungen. Die für unsere Leistungstests gewählte Belastungsintensität und -dauer läßt Pferde einen Grenzbereich erreichen, in dem die auftretenden Verluste gerade noch durch Rückresorptionsmechanismen kompensiert werden können.

Unterschiede zeigten sich im Test B (Dauerbelastung plus Stufentest) zwischen der im Test mit Wind und der im Test ohne Wind ermittelten  $V_{150}$ . Sie war unter Einfluß signifikant besser als im Test ohne Wind. Im Test A (nur Stufentest) war dagegen kein Einfluß auf den Leistungskennwert festzustellen.

Störungen des Wasser- und Elektrolythaushaltes können als leistungsbegrenzende Ursachen innerhalb unseres Testaufbaus weitgehend ausgeschlossen werden und spielen somit kaum eine Rolle als Ursachen für die verbesserte Leistungsfähigkeit unter Windeinwirkung. Auch ein verbesserter Trainingszustand, der durch einige Tage zuvor durchgeführte Leistungstests erzeugt werden könnte, ist auszuschließen. Diese Annahme wird durch die Beobachtungen von Persson (1967) bestärkt, der keinen Trainingseffekt nach Leistungstests feststellen konnte. Zudem wurden unsere Tests vom Pferd in zufallsbedingter, alternierender

Reihenfolge absolviert, um einen Trainingseffekt zu vermeiden.

Die in der vorliegenden Untersuchung festgestellten verbesserten Leistungskennwerte unter Windeinfluß sind mit großer Wahrscheinlichkeit der durch ihn verbesserten Thermoregulation zuzuschreiben. Mit einer erleichterten Wärmeabgabe unter Windeinfluß könnte auch mit einer geringeren Hautdurchblutung eine ausreichende Kühlung erzielt werden. Das Herzzeitvolumen kann in diesem Fall kleiner sein, was nach *Ehrlein et al.* (1973) über eine reduzierte Herzfrequenz geregelt wird. Diese drückt sich dann im Verhältnis zur Laufgeschwindigkeit in einer verbesserten  $V_{150}$  aus. Doch auch die durch thermische Belastung erzeugten psychischen Einflüsse (*Schmidt und Thews*, 1980) könnten eine zusätzliche Bedeutung als leistungsbegrenzender Faktor haben.

Die Anforderungen im Test A waren zu gering, um eine bedeutende Erhöhung der Körpertemperatur und eine Nachfrage nach optimierten thermoregulatorischen Maßnahmen zu erzeugen, weshalb die ermittelten Leistungskennwerte sich kaum voneinander unterscheiden konnten. Erstaunlicherweise bestand darüber hinaus ein Unterschied zwischen den im Test A und den im Test B für jedes Pferd ermittelten  $V_{150}$ . So erbrachten die Pferde Nr. 4 und 5 nach der Ausdauerbelastung im Test B eine bessere Leistung als im Test A; die Pferde Nr. 1, 2, 7 und 10 hingegen erbrachten nach der Ausdauerbelastung im Test B eine schlechtere Leistung als im Test A. Bei den übrigen Pferden war sie gleich.

Die Ausdauerbelastungsphase im Test B war in ihrer Intensität und Dauer so gewählt, daß sie für alle Pferde unterhalb der anaeroben Schwelle lag. Eine muskuläre Ermüdung, die während der Ausdauerphase entsteht und im nachfolgenden Stufenbelastungstest die Leistungsfähigkeit zu beeinflussen vermag, kann ausgeschlossen werden. Die Ursache für die unterschiedlichen Leistungskennwerte können noch im Bereich der jeweiligen Tagesform gesucht werden. Ein durch einen vorausgegangenen Leistungstest erzeugter Trainingseffekt kann dagegen ausgeschlossen werden (*Persson*, 1967).

Bleibt eine gesicherte Erklärung für die in dieser Untersuchung beobachteten Leistungsunterschiede zwischen Test A und B auch aus, so weist das Ergebnis um so deutlicher auf die Notwendigkeit der möglichst absoluten Standardisierung von Testbedingungen hin, will man mit der  $V_{150}$  arbeiten. Dies gilt nicht nur für Umwelt- und Klimafaktoren, sondern auch für den Testaufbau hinsichtlich Belastungsintensität und -dauer. Wir halten es ferner für unumgänglich, einen Leistungstest mit einem Pferd erst dann vorzunehmen, wenn es an die neue Umwelt, das Personal und die Testbedingungen gewöhnt ist. Nur so ist die in Belastungsintensität und -dauer vorgegebene Testdurchführung einzuhalten und erlaubt eine möglichst objektive Beurteilung des aktuellen Leistungsvermögens.

### Schlußfolgerungen

Die Thermoregulation des Pferdes stellt auch bei relativ geringen Anforderungen, wie sie in Leistungstests zur

Bestimmung der aktuellen Leistungsfähigkeit gestellt werden, einen die Leistung beeinflussenden Faktor dar. Unser Windsimulator nimmt durch die Verbesserung konvektiver und evaporativer Wärmeabgabe Einfluß auf die Thermoregulation des Pferdes auf dem Laufband. Der Einfluß des Windsimulators ist um so deutlicher und bedeutender, je länger die Belastung andauert und kann bei länger dauernden Leistungstests den Leistungskennwert  $V_{150}$  verbessern.

Um die Vergleichbarkeit von in Abständen gemessenen Leistungskennwerten zu gewährleisten, sollen die Testbedingungen konstant gehalten werden. Testergebnisse, die in Tests erzielt wurden, bei denen eine Luftbewegung vorhanden war, lassen sich nicht mit solchen vergleichen, die im Raum ohne Luftbewegung ermittelt wurden. Des weiteren ist ein konstanter Testaufbau hinsichtlich Belastungsintensität und -dauer nötig, um vergleichbare Ergebnisse zu erhalten.

Der Einsatz unseres Windsimulators erscheint sinnvoll und kann empfohlen werden, um den Pferden höhere Belastungen in Test und Training zu erleichtern.

### Literatur

- Carlson, G. P.* (1979): Physiologic Response to endurance exercise. Proc. 25th Ann. Conv. Am. Ass. Eq. Pract. 25, 459-468.
- Carlson, G. P.* (1983): Thermoregulation and fluid balance in the exercising horse. In: Equine Exercise Physiology, eds. D. H. Snow, S. G. B. Persson and R. J. Rose, Granta Editions, Cambridge, 291-309.
- Carlson, G. P.* (1987): Hematology and body fluids in the equine athlete: a review. In: Equine Exercise Physiology II, eds. J. R. Gillespie and N. E. Robinson, ICEEP Publications, Davis, California, 393-426.
- Carlson, G. P., und Mansman, R. A.* (1974): Serum electrolyte and plasma protein alterations in horses used in endurance rides. J. Am. Vet. Ass. 165, 262-264.
- Coester, N., Elliot, J. C., und Luft, U. C.* (1973): Plasma electrolyte, pH and ECG during and after exhaustive exercise. J. Appl. Physiol. 34, 677-682.
- Ehrlein, H. J., Engelhardt, W. v., Hörnicke, H., Tolkmitt, G., und Dusek, J.* (1970): Untersuchungen über die Beziehungen zwischen Herzschlagfrequenz und Leistung bei Pferden. Zbl. Vet. Med. A 17, 577-591.
- Ehrlein, H. J., Hörnicke, H., Engelhardt, W. v., und Tolkmitt, G.* (1973): Die Herzschlagfrequenz während standardisierter Belastung als Maß für die Leistungsfähigkeit von Pferden. Zbl. Vet. Med. A 20, 188-208.
- Engelhardt, W. v.* (1977): Cardiovascular effects of exercise and training in horses. Adv. Vet. Sci. Comp. Med. 21, 173-205.
- Gysin, J.* (1982): Arbeits- und trainingsbedingte Anpassungsprozesse im Stoffwechsel von Halbbluthengsten. Dissertation Vet. Med. Bern.
- Islar, R., Straub, R., Appenzeller, Th., und Gysin, J.* (1982): Beurteilung der aktuellen Leistungsfähigkeit zur Festlegung der optimalen Belastungsintensität für Intervalltraining bei Warmblutpferden. Schweizer Archiv Tierheilk. 123, 603-612.
- Judson, G. J., Frauenfelder, H. C., und Mooney, G. J.* (1983): Biochemical changes in Thoroughbred race horses following submaximal and maximal exercise. In: Equine Exercise Physiology, eds. D. H. Snow, S. G. B. Persson and R. J. Rose, Granta Editions, Cambridge, 408-415.
- Keenan, D. M.* (1979): Changes of blood metabolites in horses after racing with particular reference to uric acid. Aust. Vet. J. 55, 54-57.
- Knuttgen, H. G.* (1962): Oxygen debt, lactate, pyruvate and excess lactate after muscular work. J. Appl. Physiol. 17, 639-644.
- Lindholm, A., und Saltin, B.* (1974): The physiological and biochemical response of standardbred horses to exercise of varying speed and duration. Acta Vet. Scand. 15, 310-324.
- Lindner, A.* (1983): Untersuchungen zum Natriumstoffwechsel des Pferdes bei marginaler Versorgung und zusätzlicher Bewegungsleistung. Tierärztliche Hochschule Hannover, Dissertation.



Milne, D. W. (1974): Blood gases, acid-base balance and electrolyte and enzyme changes in exercising horses. *J. S. Afr. Vet. Ass.* 45, 345-354.

Persson, S. G. B. (1967): On blood volume and working capacity in horses. *Acta Vet. Scand.*, (Suppl.), 19, 1-189.

Persson, S. G. B. (1968): Blood volume, state of training and work capacity of race horses. *Equine Vet. J.* 1, 52-64.

Rose, R. J., Purdue, R. A., und Hensley, W. (1977): Plasma biochemistry alterations during an endurance ride. *Equine Vet. J.* 9, 122-126.

Rose, R. J., Ilkiw, J. E., Arnold, K. S., Backhouse, J. W., und Sampson, D. C. (1980 a): Plasma biochemistry changes in the horse during three-day event competition. *Equine Vet. J.* 12, 3, 132-136.

Rose, R. J., Arnold, K. S., Church, S., und Paris, R. (1980 b): Plasma and sweat electrolyte concentrations in the horse during long distance exercise. *Equine Vet. J.* 12, 1, 19-22.

Sachs, L. (1984 a): Vergleich zweier empirischer Mittelwerte normalverteilter Grundgesamtheiten. In: Sachs, L.: *Angewandte Statistik*, Springer Verlag, Berlin, 6. Aufl., 209-216.

Sachs, L. (1984 b): Der t-Test für paarweise angeordnete Meßwerte. In: Sachs, L.: *Angewandte Statistik*, Springer Verlag, Berlin, 6. Aufl., 242-243.

Scheuermert, A., und Trautmann, A. (1976): *Lehrbuch der Veterinärphysiologie*. Verlag Paul Parey, Berlin/Hamburg, 6. Aufl.

Schmidt, R. F., und Thews, G. (1980): *Physiologie des Menschen*. Springer Verlag, Berlin/Heidelberg/New York, 20. Aufl.

Straub, R., Hoppeler, H., Dettweiler, M., Isler, R., und Gysin, J. (1982): Beurteilung der Trainierbarkeit und der momentanen Leistungskapazität mit Hilfe von Muskeluntersuchungen beim Pferd. *Schweizer Archiv Tierheilk.* 124, 529-548.

Dr. Irene Boos  
Schwarzwald-Tierklinik  
Bühlstraße 5  
D-7265 Neunbulach

## Ultraschall für Tierärzte

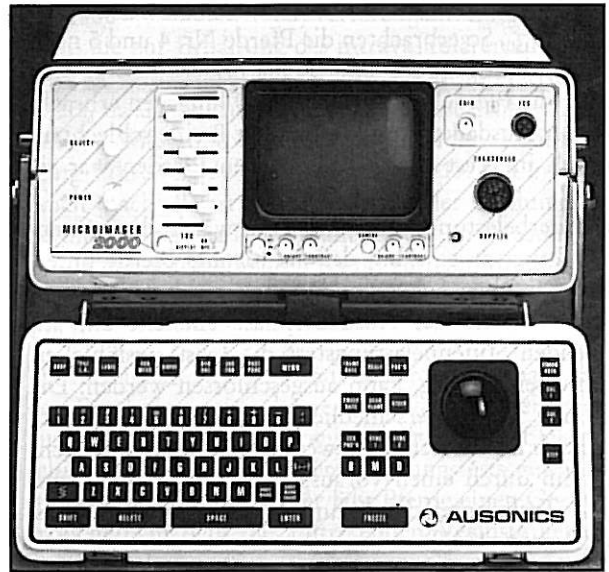


### ALOCA SSD-210 DX II

**Linearscanner** mit hoher Auflösung, einfacher Bedienung und hoher Mobilität. Handlich leicht (8 kg), schlanker Spezialschallkopf 5 MHz mit besonders langer Zuleitung (3 m) für die Gynäkologie bei Großtieren. Auf Wunsch unverbindliche Vorführung. Bitte rufen Sie uns einfach an.



Unser Geräteprogramm, dessen Schallköpfe speziell für die Anwendung bei Groß- und Kleintieren geschaffen wurden.



### SONOVET II, Neues Modell

**Sectorscanner** mit umfassendem Anwendungsspektrum bei Groß- und Kleintieren. Hohe Bildqualität, übersichtliche Bedienungselemente, tragbar (14,4 kg), Spezialschallköpfe für Kleintiere, Gynäkologie, Organ- und Sehendiagnostik beim Pferd.



**VET Eickemeyer**

Vet.-Instrumente-Praxisbedarf  
Eltastraße 8 · D-7200 Tuttlingen  
Telefon (0 74 61) 7 20 54  
Telefax (0 74 61) 39 05