
Aus dem Institut für Veterinär-Physiologie
des Fachbereichs Veterinärmedizin
der Freien Universität Berlin

**HERZFREQUENZVARIABILITÄT BEIM PFERD
IN RUHE UND NACH BELASTUNG**

INAUGURAL-DISSERTATION

zur Erlangung des Grades eines
Doktors der Veterinärmedizin
an der
Freien Universität Berlin

vorgelegt von
Elke Witte
Tierärztin aus Varel in Oldenburg

Berlin 2001
Journal – Nr. 2483

Gedruckt mit Genehmigung
des Fachbereichs Veterinärmedizin
der Freien Universität Berlin

Dekan:	Univ.-Prof. Dr. M. F. G. Schmidt
Erster Gutachter:	Prof. Dr. H. Krzywanek
Zweiter Gutachter:	Prof. Dr. E. Mohr
Dritter Gutachter:	Univ.-Prof. Dr. A. Grabner

Tag der Promotion: 29.06.2001

Erklärung

Hiermit versichere ich, daß ich die vorliegende Arbeit selbständig und ohne fremde Hilfe angefertigt und nur die angegebenen Hilfsmittel benutzt habe.

Berlin, den 12.02.2001

- Elke Witte -

...zum Gedenken an meine Mutter...

LEBENS LAUF

Persönliche Daten

Name: Elke Waltraut Witte
Geburtsdatum: 22.11.1963
Geburtsort: Varel in Oldenburg
Familienstand: Ledig

Schulbesuch

1970–1980 Grund- und Realschule in Bremen
1980–1984 Gymnasium an der Langen Reihe, Bremen
14.06.1984 Abitur

Tätigkeit vor dem Studium

1984–1986 Praktikantentätigkeit bei Dr. Wolfhard Jensen, Bremen

Berufsausbildung

8/1986–1/1989 Ausbildung zur Arzthelferin, Dr. Heidi Kovac, Bremen
30.01.1989 Vorgezogene Abschlußprüfung zur Arzthelferin

Berufstätigkeit

1/1989–3/1990 Angestellte Arzthelferin, Dr. Heidi Kovac, Bremen
8/1997–9/2000 Angestellte Arzthelferin, Dr. Friedrich Kater, Berlin

Studium

4/1990–5/1996 Studium der Veterinärmedizin, Freie Universität Berlin
30.05.1996 3. Teil der Tierärztlichen Prüfung
02.07.1996 Approbation als Tierärztin
11/1996–01/2001 Arbeit an der Dissertation am Institut für Veterinär-
Physiologie der Freien Universität, Berlin

Tierärztliche Tätigkeit

5/1996–7/1997 Betreuung des Vollblut-Gestütes Görldorf im Verbund mit
der Klinik für Fortpflanzung der FU-Berlin
1998 und 1999 Vertretungen in der Praxis Dr. Henriette Harbort, Achim
seit 01.10.2000 Key Account Manager Pferd bei der ESSEX-Tierarztnei,
München

9 DANKSAGUNG

An dieser Stelle möchte ich mich ganz besonders herzlich bei **Herrn Prof. Dr. Elmar Mohr** bedanken. Nicht nur für die Überlassung des interessanten Themas, sondern auch für die immerwährende Hilfe, persönliche Betreuung und Unterstützung beim Entstehen dieser Arbeit. Ich danke ihm auch für seine unendliche verständnisvolle Geduld, mit der er immer ein offenes Ohr für meine oft nervenden Fragen hatte, und für seinen Humor, mit dem er diese beantwortete. Er fand immer eine Lösung für die großen und kleinen Probleme und hat mich immer wieder aufs neue motiviert.

Ein großer Dank geht auch an **Herrn Prof. Dr. Hans-Dieter Krzywanek** für seine menschliche und fachliche Unterstützung und für die überaus schöne und lustige Zeit am Institut für Veterinär-Physiologie der FU-Berlin. Nie werde ich die „Ausfahrten“ zum Kloster Banz und nach Hamburg vergessen. An der Flora ging´s immer rechts ab...

Herrn Dr. Andreas Faulstich, Frau Marlies Elker und weiteren Partnern und Mitarbeitern an der Pferdeklinik Seeburg danke ich dafür, daß ich an der Klinik so nett aufgenommen wurde und meine Untersuchungen an den Pferden durchführen durfte.

Ich danke auch **Herrn Norbert Sass** für die problemlose Bereitstellung seiner Trabrennpferde zur EKG-Aufnahme auf der Trabrennbahn in Hamburg-Bahrenfeld.

Frau Dr. Susanne Dahms vom Institut für Biometrie und Informationsverarbeitung gilt mein Dank für die wertvolle Hilfe und Anregung bei der Bearbeitung der statistischen Fragestellung.

Weiterhin möchte ich mich ganz herzlich bei **Frau Doro Plaumann** für die liebevolle Hilfe bei der Erstellung des Manuskripts und der Beratung in Lay-Out-Fragen bedanken. Vielen Dank auch an **Herrn Bernd Anders**, der immer sofort reparierend zur Stelle war, wenn der EKG-Gurt mal wieder Defekte aufwies. Danke auch an **Herrn**

Michael Dörner, der mir den Computer oft wieder „zurechtrückte“. Allen anderen Mitarbeitern des Institutes für Veterinär-Physiologie möchte ich ebenfalls herzlich für die nette Atmosphäre und die freundliche Aufnahme danken.

Ein ganz lieber Dank gilt auch allen **meinen Freunden** für die moralische Unterstützung, ihre Anregungen und ihre Hilfe, die sie mir immer zukommen liessen.

Ganz besonders möchte ich mich aber bei **Martin** bedanken, der mir diesen Weg ermöglicht hat. Ohne sein Verständnis, seine Geduld, seine Wärme, seine stetige Unterstützung und die von ihm ausgehende Motivation, wäre diese Arbeit wohl nie fertig geworden.

INHALTSVERZEICHNIS

1	EINLEITUNG UND FRAGESTELLUNG	5
2	LITERATURÜBERSICHT	6
2.1	Was bedeutet der Begriff: Herzfrequenzvariabilität?.....	6
2.2	Die nervale Beeinflussung der Herzfunktion.....	8
2.2.1	Die reflektorische Herzfrequenzsteuerung	8
2.2.2	Parasympathische und Sympathische Interaktionen.....	10
2.2.3	Der Einfluß des Parasympathikus (Nervus vagus) auf die Herztätigkeit ..	10
2.2.4	Der Einfluß des Sympathikus auf die Herztätigkeit	12
2.3	Das Elektrokardiogramm	15
2.3.1	Das Elektrokardiogramm beim Pferd.....	19
2.4	Parameter zur Analyse der Herzfrequenzvariabilität	22
2.4.1	Parameter des Zeitbereiches	22
2.4.2	Parameter des Frequenzbereiches	24
2.4.3	Nicht-lineare Komponenten	26
2.5	Herzfrequenz bei Pferden mit Lungenerkrankungen.....	30
2.6	Herzfrequenz und Herzfrequenzvariabilität bei und nach Belastung.....	32
2.7	Beeinflussungen der Herzfrequenzvariabilität	37
2.7.1	Pharmakologische Einflüsse auf die Herzfrequenzvariabilität	37
3	EIGENE UNTERSUCHUNGEN	41
3.1	Material und Methoden	41
3.1.1	Tiermaterial	41
3.1.2	Datenaufnahme.....	42
3.1.2.1	Elektrokardiogramm.....	42
3.1.2.1.1	Bearbeitung erhaltener EKG-Daten	45
3.1.3	Analyseparameter	46
3.1.3.1	Zeitbereichs-Parameter (Time-Domain-Parameters)	46
3.1.3.2	Frequenzbereichs-Parameter (Frequency-Domain-Parameters)	47
3.1.3.3	Nicht-lineare Komponenten.....	49
3.1.3.3.1	Recurrence Plot-Parameter	49
3.1.3.3.2	Maximaler Lyapunow-Exponent.....	51
3.1.4	Statistische Auswertung	52
3.2	Ergebnisse.....	53
3.2.1	Pferde der Gruppe II: chronisch obstruktive Bronchitiker	53
3.2.1.1	Herzfrequenz und Inter-Beat-Intervalle	53
3.2.1.2	Zeitbereichs-Parameter	56
3.2.1.3	Frequenzbereichs-Parameter	59
3.2.1.4	Nicht-lineare Komponenten.....	62
3.2.1.4.1	Recurrence-Plot-Parameter	62
3.2.1.4.2	Maximaler Lyapunow-Exponent.....	68
3.2.2	Pferde der Gruppe III: Trabrennpferde.....	70
3.2.2.1	Herzfrequenz und Inter-Beat-Intervalle in der Erholungsphase	70
3.2.2.2	Zeitbereichs-Parameter	73
3.2.2.3	Frequenzbereichs-Parameter	75
3.2.2.4	Nicht-lineare Komponenten.....	77
3.2.2.4.1	Recurrence-Plot-Parameter	77
3.2.2.4.2	Der maximale Lyapunow-Exponent	80

4	DISKUSSION	82
4.1	Methodendiskussion	82
4.1.1	EKG-Datenerfassung	82
4.1.2	Analyseparameter	82
4.1.2.1	Zeitbereichs-Parameter	82
4.1.2.2	Frequenzbereichs-Parameter	83
4.1.2.3	Nicht-lineare Komponenten.....	84
4.1.2.3.1	Recurrence-Plot-Parameter	84
4.1.2.3.2	Maximaler Lyapunow-Exponent.....	85
4.2	Ergebnisdiskussion	86
4.2.1	Pferde der Gruppe II: Chronisch obstruktive Bronchitiker	86
4.2.1.1	Inter-Beat-Intervall- und Herzfrequenz-Daten	86
4.2.1.2	Zeitbereichs-Parameter	87
4.2.1.3	Frequenzbereichs-Parameter	88
4.2.1.4	Nicht-lineare Komponenten.....	89
4.2.1.4.1	Recurrence-Plot-Parameter	89
4.2.1.4.2	Maximaler Lyapunow-Exponent.....	91
4.2.1.5	Zusammenfassung: Pferde der Gruppe II	91
4.2.2	Pferde der Gruppe III: Trabrennpferde.....	94
4.2.2.1	Inter-Beat-Intervall-Daten und Herzfrequenzen in der Erholungsphase	94
4.2.2.2	Zeitbereichs-Parameter	95
4.2.2.3	Frequenzbereichs-Parameter	96
4.2.2.4	Nicht-lineare Komponenten.....	97
4.2.2.4.1	Recurrence-Plot-Parameter	97
4.2.2.4.2	Maximaler Lyapunow-Exponent.....	99
4.2.2.5	Zusammenfassung: Pferde der Gruppe III	100
4.2.3	Vergleich der Ergebnisse beider Gruppen	102
5	ZUSAMMENFASSUNG	105
6	SUMMARY	107
7	ANHANG	109
7.1	Tabellen: Pferde der Gruppe II.....	109
7.2	Tabellen: Pferde der Gruppe III.....	114
8	LITERATURVERZEICHNIS	120
9	LEBENS LAUF	128
10	DANKSAGUNG	129

Verzeichnis der verwendeten Abkürzungen

Abb.	Abbildung
AMP	Adenosinmonophosphat
AV-Block	Atrio-Ventrikular-Block
AV-Intervall	Atrio-Ventrikular-Intervall
AV-Knoten	Atrio-Ventrikular-Knoten
COB	Chronisch obstruktive Bronchitis
COMT	Catechol-O-Methyltransferase
COPD	Chronic obstructive pulmonary disease
bpm	Beats per minute
dHPD	Mittlere absolute Differenz aufeinanderfolgender Herzperiodendauern
DSQ	Diastolen-Systolen-Quotient
ED	Einbettungsdimension
EKG	Elektrokardiogramm
FFT	Fast-Fourier-Transformation
HF	Herzfrequenz
HF-Power	High frequency power
HFV	Herzfrequenzvariabilität
HRV	Heart rate variability
Hz	Hertz
IBI	Inter beat intervall
IHR	Intrinsic heart rate
LE	Lyapunow-Exponent
LF-Power	Low frequency power
MAD	Mediandeviation
MAO	Monoaminoxidase
max.	maximal
ms	Millisekunde
m/s	Meter pro Sekunde
mV	Millivolt
n	Anzahl
NN	Normal to normal
N. vagus	Nervus vagus

RSA	Respiratorische Sinusarrhythmie
s	Sekunde
SDNN	Standard deviation of NN
SDANN	Standard deviation of 5 minute averages of NN
RMSSD	Root mean square of successive differences between adjacent NN intervals
Tab.	Tabelle