

UNIVERSITÄTSKLINIKUM HAMBURG-EPPENDORF

Zentrum Innere Medizin,
III. Medizinische Klinik und Poliklinik

Direktor: Prof. Dr. med. R. Stahl

EKG-Parameter und kardiovaskuläre Risikofaktoren - Daten der Strategy-Studie -

Dissertation

zur Erlangung des Grades eines Doktors der Medizin
an der Medizinischen Fakultät der Universität Hamburg.

vorgelegt von:

Jasmin Franziska Natalie Woitalla
Hamburg

Hamburg 2010

**Angenommen von der
Medizinischen Fakultät der Universität Hamburg am: 17.05.2011**

**Veröffentlicht mit Genehmigung der
Medizinischen Fakultät der Universität Hamburg.**

Prüfungsausschuss, der/die Vorsitzende: Prof. Dr. E. Windler

Prüfungsausschuss, zweite/r Gutachter/in: Prof. Dr. C. Bamberger

Prüfungsausschuss, dritte/r Gutachter/in: PD Dr. J. Aberle

Inhaltsverzeichnis

Inhaltsverzeichnis	III
Abbildungsverzeichnis	VII
Abkürzungsverzeichnis	XII
1 Einleitung	1
1.1 Einführung in die Thematik und Stand der Wissenschaft	1
1.1.1 Epidemiologie	1
1.1.2 Ursachen der KHK und Atherosklerose	3
1.1.3 Kardiovaskuläre Risikofaktoren	3
1.1.4 Einteilung der kardiovaskulären Risikofaktoren der Atherosklerose	5
1.1.5 Berechnung des individuellen Risikos.....	6
1.1.6 Risikoabschätzung im medizinischen Alltag.....	7
1.1.6.1 Möglichkeiten der Risikoabschätzung.....	7
1.1.6.2 Risikoabschätzung in der Praxis.....	7
1.1.6.3 EKG-Parameter der Herzfrequenzvariabilität und des Herzzustands Vicardio und Vipot.....	8
1.2 Arbeitshypothese und Fragestellung/Zielsetzung.....	9
2 Material und Methoden	11
2.1 Aufbau der Studie, Studiendesign und Auswahl der Probanden	11
2.2 Studienablauf und Untersuchungsmethoden	12
2.2.1 Anthropometrische Messung	13
2.2.2 Kardiale Untersuchung	15
2.2.3 Blutentnahme	16
2.2.4 Geräte Messungen	17
2.2.5 Befragung.....	22
2.3 Datenmanagement und statistische Auswertung	23
2.4 Ethische Belange und Auswertung	23
3 Ergebnisse	25
3.1 Geschlechts- und altersspezifische Unterschiede der Probanden in Bezug auf klinische kardiovaskuläre Risikofaktoren	27
3.1.1 Anthropometrische Parameter	27
3.1.1.1 Körpergewicht.....	27
3.1.1.2 Körpergröße	28
3.1.1.3 BMI.....	28
3.1.1.4 Taillenumfang.....	29
3.1.1.5 Körperfett.....	30
3.1.2 Kardiale Parameter.....	30
3.1.2.1 Herzfrequenz.....	30

Inhaltsverzeichnis

3.1.2.2	Systolischer Blutdruck vormittags	31
3.1.2.3	Systolischer Blutdruck nachmittags	32
3.1.2.4	Systolischer Blutdruck vor- und nachmittags der Frauen im Vergleich	33
3.1.2.5	Systolischer Blutdruck vor- und nachmittags der Männer im Vergleich	34
3.1.2.6	Diastolischer Blutdruck vormittags	35
3.1.2.7	Diastolischer Blutdruck nachmittags	36
3.1.2.8	Diastolischer Blutdruck vor- und nachmittags der Frauen im Vergleich	37
3.1.2.9	Diastolischer Blutdruck vor- und nachmittags der Männer im Vergleich	38
3.1.3	Laborparameter	39
3.1.3.1	Nüchternblutzucker	39
3.1.3.2	LDL-Cholesterin	40
3.1.3.3	HDL-Cholesterin	41
3.1.3.4	Triglyzeride	42
3.1.4	Geräteparameter	43
3.1.4.1	Vicardio Stresswert vormittags	43
3.1.4.2	Vicardio Stresswert nachmittags	43
3.1.4.3	Viport Stresswert vormittags	44
3.1.4.4	Viport Stresswert nachmittags	45
3.1.4.5	Vicardio Herzzustand vormittags	46
3.1.4.6	Vicardio Herzzustand nachmittags	47
3.2	Mittelwerte der Vicardio Stresswerte der Vor- und Nachmittagsmessungen und klinische kardiovaskuläre Risikofaktoren	48
3.2.1	Vicardio Stresswert und Anthropometrische Parameter	48
3.2.1.1	Alter	48
3.2.1.2	Körpergewicht	49
3.2.1.3	BMI	50
3.2.1.4	Taillenumfang	51
3.2.1.5	Körperfett	52
3.2.2	Vicardio Stresswert und kardiale Parameter	53
3.2.2.1	Herzfrequenz	53
3.2.2.2	Systolischer und diastolischer Blutdruck vor- und nachmittags gemessen	54
3.2.3	Vicardio Stresswert und Laborparameter	57
3.2.3.1	Nüchternblutzucker	57
3.2.3.2	LDL-Cholesterin	58
3.2.3.3	HDL-Cholesterin	59
3.2.3.4	Triglyzeride	60

Inhaltsverzeichnis

3.3	Mittelwerte der Viport Stresswerte aus den Vor- und Nachmittagsmessungen und klinische kardiovaskuläre Risikofaktoren	61
3.3.1	Viport Stresswert und Anthropometrische Parameter	61
3.3.1.1	Alter	61
3.3.1.2	Körpergewicht	62
3.3.1.3	BMI	63
3.3.1.4	Taillenumfang	64
3.3.1.5	Körperfett	65
3.3.2	Viport Stresswert und kardiale Parameter	66
3.3.2.1	Herzfrequenz	66
3.3.2.2	Systolischer und diastolischer Blutdruck vor- und nachmittags gemessen	67
3.3.3	Viport Stresswert und Laborparameter	71
3.3.3.1	Nüchternblutzucker	71
3.3.3.2	LDL-Cholesterin	72
3.3.3.3	HDL-Cholesterin	72
3.3.3.4	Triglyzeride	73
3.4	Mittelwert des Vicardio Herzzustandes aus den Vor- und Nachmittagsmessungen und klinische kardiovaskuläre Risikofaktoren	74
3.4.1	Vicardio Herzzustand und Anthropometrische Parameter	74
3.4.1.1	Alter	74
3.4.1.2	Körpergewicht	75
3.4.1.3	BMI	76
3.4.1.4	Taillenumfang	77
3.4.1.5	Körperfett	78
3.4.2	Vicardio Herzzustand und kardiale Parameter	79
3.4.2.1	Herzfrequenz	79
3.4.2.2	Systolischer und diastolischer Blutdruck vor- und nachmittags gemessen	80
3.4.3	Vicardio Herzzustand und Laborparameter	83
3.4.3.1	Nüchternblutzucker	83
3.4.3.2	LDL-Cholesterin	83
3.4.3.3	HDL-Cholesterin	84
3.4.3.4	Triglyzeride	85
3.5	Vicardio und Viport im Vergleich	86
3.5.1	Geräteparameter im Vergleich	86
3.5.1.1	Vicardio Stresswert und Vicardio Herzzustand vormittags und nachmittags	86
3.5.1.2	Vicardio Stresswert und Viport Stresswert vormittags und nachmittags	88

Inhaltsverzeichnis

3.5.1.3	Viport Stresswert und Vicardio Herzzustand vormittags und nachmittags	89
3.5.2	Vergleich und Differenzen zwischen Vor- und Nachmittagsmessungen.....	91
3.5.2.1	Vicardio Stresswert.....	91
3.5.2.2	Viport Stresswert	95
3.5.2.3	Vicardio Herzzustand.....	100
4	Diskussion.....	105
4.1	Beschreibung des Kollektivs	105
4.2	Ergebnisinterpretation.....	106
4.2.1	Interpretation der mit dem Vicardio und Viport gemessenen Geräteparameter	106
4.2.2	Ergebnisinterpretation des Cardio-Stress-Indexes mit Anthropometrischen Parametern	107
4.2.3	Ergebnisinterpretation des Cardio-Stress-Indexes mit Kardialen Parametern.....	107
4.2.4	Ergebnisinterpretation des Cardio-Stress-Indexes mit Laborparametern ..	108
4.2.5	Ergebnisinterpretation des Herzzustandes mit Anthropometrischen Parametern.....	109
4.2.6	Ergebnisinterpretation des Herzzustandes mit kardialen Parametern	110
4.2.7	Ergebnisinterpretation des Herzzustandes mit Laborparametern.....	110
4.3	Kritische Anmerkungen und Limitationen.....	111
4.4	Ausblick	112
5	Zusammenfassung	113
	Literaturverzeichnis.....	115
	Danksagung	124
	Lebenslauf.....	125
	Eidesstattliche Erklärung/Versicherung	127

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Sterbefälle insgesamt 2006 nach den 10 häufigsten Todesursachen der International Statistical Classification of Diseases and Related Health Problems (ICD-10).....	2
Abbildung 2: Häufigste Todesursachen 2006.....	2
Abbildung 3: Aufteilung der Teilnehmer	11
Abbildung 4: Gewichtsklassifikation nach den Kriterien der WHO mit Hilfe des BMI	14
Abbildung 5: Definition und Klassifikation von Blutdruckwerten.....	15
Abbildung 6: Grenzwerte Nüchternblutzucker und Lipide	16
Abbildung 7: Anteile des Elektrokardiogramms mit Farbverlauf in Bezug auf die Messwerte	17
Abbildung 8: Bewertung der Vicardio Messergebnisse	19
Abbildung 9: Formblatt der Strategy-Studie	22
Abbildung 10: Charakterisierung der Studienpopulation.....	26
Abbildung 11: Altersspezifisches Körpergewicht für Männer und Frauen	27
Abbildung 12: Altersspezifische Körpergröße für Männer und Frauen	28
Abbildung 13: Altersspezifischer BMI für Männer und Frauen.....	29
Abbildung 14: Altersspezifischer Taillenumfang für Männer und Frauen	29
Abbildung 15: Altersspezifischer Körperfettanteil für Männer und Frauen	30
Abbildung 16: Altersspezifische Herzfrequenz für Männer und Frauen	31
Abbildung 17: Altersspezifischer systolischer Blutdruck vormittags für Männer und Frauen	32
Abbildung 18: Altersspezifischer systolischer Blutdruck nachmittags für Männer und Frauen	33
Abbildung 19: Korrelation der Messungen des systolischen Blutdruckes am Vor- und Nachmittag der weiblichen Probanden.....	34
Abbildung 20: Korrelation der Messungen des systolischen Blutdruckes am Vor- und Nachmittag der männlichen Probanden	35
Abbildung 21: Altersspezifischer diastolischer Blutdruck vormittags für Männer und Frauen	36
Abbildung 22: Altersspezifischer diastolischer Blutdruck nachmittags für Männer und Frauen	37
Abbildung 23: Korrelation der Messungen des diastolischen Blutdruckes am Vor- und Nachmittag der weiblichen Probanden.....	38
Abbildung 24: Korrelation der Messungen des diastolischen Blutdruckes am Vor- und Nachmittag der männlichen Probanden	39
Abbildung 25: Altersspezifischer Nüchternblutzucker für Männer und Frauen.....	40
Abbildung 26: Altersspezifische LDL-Cholesterinkonzentration für Männer und Frauen...	41
Abbildung 27: Altersspezifische HDL-Cholesterinkonzentration für Männer und Frauen ..	42
Abbildung 28: Altersspezifische Triglyzeridkonzentration für Männer und Frauen.....	42
Abbildung 29: Altersspezifischer Vicardio Stresswert vormittags für Männer und Frauen	43

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 30: Altersspezifischer Vicardio Stresswert nachmittags für Männer und Frauen	44
Abbildung 31: Altersspezifischer Viport Stresswert vormittags der Männer und Frauen ...	45
Abbildung 32: Altersspezifischer Viport Stresswert nachmittags der Männer und Frauen	46
Abbildung 33: Altersspezifischer Vicardio Herzzustand vormittags der Männer und Frauen	47
Abbildung 34: Altersspezifischer Herzzustand nachmittags der Männer und Frauen	48
Abbildung 35: Stresswert mit dem Vicardio gemessen im Verhältnis zum Alter bei Männern und Frauen	49
Abbildung 36: Stresswert mit dem Vicardio gemessen im Verhältnis zum Körpergewicht bei Männern und Frauen	50
Abbildung 37: Stresswert mit dem Vicardio gemessen im Verhältnis zum BMI bei Männern und Frauen	51
Abbildung 38: Stresswert mit dem Vicardio gemessen im Verhältnis zum Taillenumfang bei Männern und Frauen	52
Abbildung 39: Stresswert mit dem Vicardio gemessen im Verhältnis zum prozentualen Körperfettanteil bei Männern und Frauen.....	53
Abbildung 40: Stresswert mit dem Vicardio gemessen im Verhältnis zur Herzfrequenz bei Männern und Frauen	54
Abbildung 41: Vormittags Stresswert mit dem Vicardio gemessen im Verhältnis zum systolischen Blutdruck vormittags bei Männern und Frauen	55
Abbildung 42: Nachmittags Stresswert mit dem Vicardio gemessen im Verhältnis zum systolischen Blutdruck nachmittags bei Männern und Frauen.....	55
Abbildung 43: Vormittags Stresswert mit dem Vicardio gemessen im Verhältnis zum diastolischen Blutdruck vormittags bei Männern und Frauen	56
Abbildung 44: Nachmittags Stresswert mit dem Vicardio gemessen im Verhältnis zum diastolischen Blutdruck nachmittags bei Männern und Frauen	57
Abbildung 45: Stresswert mit dem Vicardio gemessen im Verhältnis zur Nüchternblutzuckerkonzentration bei Männern und Frauen	58
Abbildung 46: Stresswert mit dem Vicardio gemessen im Verhältnis zur LDL-Cholesterinkonzentration bei Männern und Frauen	59
Abbildung 47: Stresswert mit dem Vicardio gemessen im Verhältnis zur HDL-Cholesterinkonzentration bei Männern und Frauen	60
Abbildung 48: Stresswert mit dem Vicardio gemessen im Verhältnis zur Triglyzeridkonzentration bei Männern und Frauen	61
Abbildung 49: Stresswert mit dem Viport gemessen im Verhältnis zum Alter bei Männern und Frauen	62
Abbildung 50: Stresswert mit dem Viport gemessen im Verhältnis zum Körpergewicht bei Männern und Frauen	63
Abbildung 51: Stresswert mit dem Viport gemessen im Verhältnis zum BMI bei Männern und Frauen	64
Abbildung 52: Stresswert mit dem Viport gemessen im Verhältnis zum Taillenumfang bei Männern und Frauen	65
Abbildung 53: Stresswert mit dem Viport gemessen im Verhältnis zum prozentualen Körperfettanteil bei Männern und Frauen.....	66

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 54: Stresswert mit dem Viport gemessen im Verhältnis zur Herzfrequenz bei Männern und Frauen	67
Abbildung 55: Vormittags Stresswert mit dem Viport gemessen im Verhältnis zum systolischen Blutdruck vormittags bei Männern und Frauen	68
Abbildung 56: Nachmittags Stresswert mit dem Viport gemessen im Verhältnis zum systolischen Blutdruck nachmittags bei Männern und Frauen.....	69
Abbildung 57: Vormittags Stresswert mit dem Viport gemessen im Verhältnis zum diastolischen Blutdruck vormittags bei Männern und Frauen	70
Abbildung 58: Nachmittags Stresswert mit dem Viport gemessen im Verhältnis zum diastolischen Blutdruck nachmittags bei Männern und Frauen	70
Abbildung 59: Stresswert mit dem Viport gemessen im Verhältnis zur Nüchternblutzuckerkonzentration bei Männern und Frauen	71
Abbildung 60: Stresswert mit dem Viport gemessen im Verhältnis zur LDL-Cholesterinkonzentration bei Männern und Frauen	72
Abbildung 61: Stresswert mit dem Viport gemessen im Verhältnis zur HDL-Cholesterinkonzentration bei Männern und Frauen	73
Abbildung 62: Stresswert mit dem Viport gemessen im Verhältnis zur Triglyzeridkonzentration bei Männern und Frauen	74
Abbildung 63: Herzzustand mit dem Vicardio gemessen im Verhältnis zum Alter bei Männern und Frauen	75
Abbildung 64: Herzzustand mit dem Vicardio gemessen im Verhältnis zum Körpergewicht bei Männern und Frauen	76
Abbildung 65: Herzzustand mit dem Vicardio gemessen im Verhältnis zum BMI bei Männern und Frauen	77
Abbildung 66: Herzzustand mit dem Vicardio gemessen im Verhältnis zum Taillenumfang bei Männern und Frauen	78
Abbildung 67: Herzzustand mit dem Vicardio gemessen im Verhältnis zum prozentualen Körperfettanteil bei Männern und Frauen.....	79
Abbildung 68: Herzzustand mit dem Vicardio gemessen im Verhältnis zur Herzfrequenz bei Männern und Frauen	80
Abbildung 69: Vormittags Herzzustand mit dem Vicardio gemessen im Verhältnis zum systolischen Blutdruck vormittags bei Männern und Frauen	81
Abbildung 70: Nachmittags Herzzustand gemessen mit dem Vicardio Messgerät im Verhältnis zum systolischen Blutdruck nachmittags bei Männern und Frauen	81
Abbildung 71: Vormittags Herzzustand mit dem Vicardio gemessen im Verhältnis zum diastolischen Blutdruck vormittags bei Männern und Frauen	82
Abbildung 72: Nachmittags Herzzustand mit dem Vicardio gemessen im Verhältnis zum diastolischen Blutdruck nachmittags bei Männern und Frauen	82
Abbildung 73: Herzzustand mit dem Vicardio gemessen im Verhältnis zur Nüchternblutzuckerkonzentration bei Männern und Frauen	83
Abbildung 74: Herzzustand mit dem Vicardio gemessen im Verhältnis zur LDL-Cholesterinkonzentration bei Männern und Frauen	84
Abbildung 75: Herzzustand mit dem Vicardio gemessen im Verhältnis zur HDL-Cholesterinkonzentration bei Männern und Frauen	85

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 76: Herzzustand mit dem Vicardio gemessen im Verhältnis zur Triglyzeridkonzentration bei Männern und Frauen	86
Abbildung 77: Vicardio Stresswert vormittags im Verhältnis zum Vicardio Herzzustand vormittags bei Männern und Frauen	87
Abbildung 78: Vicardio Stresswert nachmittags im Verhältnis zum Vicardio Herzzustand nachmittags bei Männern und Frauen.....	87
Abbildung 79: Vicardio Stresswert vormittags im Verhältnis zum Viport Stresswert vormittags bei Männern und Frauen	88
Abbildung 80: Vicardio Stresswert nachmittags im Verhältnis zum Viport Stresswert nachmittags bei Männern und Frauen.....	89
Abbildung 81: Viport Stresswert vormittags im Verhältnis zum Vicardio Herzzustand bei Männern und Frauen	90
Abbildung 82: Viport Stresswert nachmittags im Verhältnis zum Vicardio Herzzustand nachmittags bei Männern und Frauen.....	90
Abbildung 83: Stresswert vormittags im Verhältnis zum Stresswert nachmittags mit dem Vicardio gemessen bei Frauen	91
Abbildung 84: Differenz zwischen den Vor- und Nachmittagsmessergebnissen des mit dem Vicardio gemessenen Stresswertes bei Frauen	92
Abbildung 85: Differenzen zwischen den Vor- und Nachmittagsmessergebnissen der bei Frauen mit dem Vicardio gemessenen Stresswerte als Bland-Altman-Plot .	92
Abbildung 86: Stresswert vormittags im Verhältnis zum Stresswert nachmittags mit dem Vicardio gemessen bei Männern.....	93
Abbildung 87: Differenz zwischen den Vor- und Nachmittagsmessergebnissen des mit dem Vicardio gemessenen Stresswertes bei Männern	94
Abbildung 88: Differenz zwischen den Vor- und Nachmittagsmessergebnissen des bei Männern mit dem Vicardio gemessenen Stresswertes als Bland-Altman-Plot	94
Abbildung 89: Stresswert vormittags im Verhältnis zum Stresswert nachmittags mit dem Viport gemessen bei Frauen.....	95
Abbildung 90: Differenz zwischen den Vor- und Nachmittagsmessergebnissen des mit dem Viport gemessenen Stresswertes bei Frauen.....	96
Abbildung 91: Differenz zwischen den Vor- und Nachmittagsmessergebnissen des bei Frauen mit dem Viport gemessenen Stresswertes als Bland-Altman-Plot...	97
Abbildung 92: Stresswert vormittags im Verhältnis zum Stresswert nachmittags mit dem Viport gemessen bei Männern	98
Abbildung 93: Differenz zwischen den Vor- und Nachmittagsmessergebnissen mit dem Viport gemessenen Stresswertes bei Männern.....	99
Abbildung 94: Differenz zwischen den Vor- und Nachmittagsmessergebnissen der bei Männern mit dem Viport gemessenen Stresswertes als Bland-Altman-Plot	99
Abbildung 95: Herzzustand vormittags im Verhältnis zum Herzzustand nachmittags mit dem Vicardio gemessen bei Frauen	100
Abbildung 96: Differenz zwischen den Vor- und Nachmittagsmessergebnissen des mit dem Vicardio gemessenen Herzzustandes bei Frauen	101

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 97: Differenz zwischen den Vor- und Nachmittagsmessergebnissen des bei Frauen mit dem Vicardio gemessenen Herzzustandes als Bland-Altman-Plot	102
Abbildung 98: Herzzustand vormittags im Verhältnis zum Herzzustand nachmittags mit dem Vicardio gemessen bei Männern.....	103
Abbildung 99: Differenz zwischen den Vor- und Nachmittagsmessergebnissen des mit dem Vicardio gemessenen Herzzustandes bei Männern	104
Abbildung 100: Differenz zwischen den Vor- und Nachmittagsmessergebnissen des bei Männern mit dem Vicardio gemessenen Herzzustandes als Bland-Altman-Plot	104
Abbildung 101: Stresswert im Verhältnis zur Anzahl der kardiovaskulären Risikofaktoren.....	109

Abkürzungsverzeichnis

Studien

CORA	Coronary Risk Factors for Atherosclerosis in Women
PROCAM	Prospective Cardiovascular Münster Study
STRATEGY	Stress Atherosclerosis and ECG Study

Andere Begriffe

Abb.	Abbildung
ADT III	Adult Treatment Panel III
AHA	American Heart Association
BMI	Body-Mass-Index
CSI	Cardio-Stress-Index
EBCT	Elektronenstrahltomographie
EBT	Elektronenstrahltomographie
ECG	Electrocardiogramm
EKG	Elektrokardiogramm
ESC	European Society of Cardiology
HDL	High-density-Lipoprotein
HRV	Herzfrequenzvariabilität
IAS	International Atherosclerosis Society
ICD 10	International Statistical Classification of Diseases and Related Health Problems
IMT	Intima-Media Dicke
KHK	Koronare Herzkrankheit
LDL	Low-density-Lipoprotein
Lp(a)	Lipoprotein(a)
NECP	National Cholesterol Education Program
pAVK	Periphere Arterielle Verschlusskrankheit
PET	Positronen-Emissions-Computer-Tomographie
PKT	Punkte
TG	Triglyceride
WHO	World Health Organisation

1 Einleitung

1.1 Einführung in die Thematik und Stand der Wissenschaft

1.1.1 Epidemiologie

Nach Angaben des Statistischen Bundesamtes Deutschland waren 2006 wie auch im Vorjahr nach Einteilung der International Statistical Classification of Disease and Related Health Problems (ICD-10) Erkrankungen des Kreislaufsystems mit einer Häufigkeit von 43,7% die häufigste Todesursache (vgl. Abbildung 1).

Somit verstarb fast jeder zweite Mensch in Folge von Herz-Kreislaferkrankungen, wovon 17,5% durch ischämische und 9,5% durch chronische ischämische Herzkrankheit bedingt waren. Die Morbidität liegt jedoch noch höher.

Frauen waren unter anderem aufgrund der durchschnittlich höheren Lebenserwartung (82,08 Jahre im Gegensatz zu Männern 76,64 Jahren) (Statistisches Bundesamt Deutschland 2005/2007a) wie in den vergangenen Jahren häufiger betroffen als Männer. Die Anzahl der Sterbefälle infolge von Erkrankungen des Herz-/Kreislaufsystems betraf 2006 insgesamt 149.578 Männer (41,7%) und 209.375 Frauen (58,3%) (vgl. Abbildung 1). (Statistisches Bundesamt Deutschland 2007a). 2004 verursachten Herzkreislaferkrankungen mit 35,5 Milliarden Euro den größten Anteil der gesamten Krankheitskosten von 224,9 Milliarden Euro (Statistisches Bundesamt Deutschland 2006).

Trotzdem ist eine Abnahme der Sterblichkeit im letzten Jahr um 1,0% zu beobachten. Während 2005 insgesamt 830 227 Menschen verstorben sind, waren es im Jahr 2006 821.627 Personen (Statistisches Bundesamt Deutschland 2007). Vergleicht man die Sterbefälle nach Todesursache von 2004 mit denen von 2006, so ist fest zustellen, dass obwohl 2004 rund 3356 Personen weniger verstorben sind, die Mortalität infolge von ischämischer Herzkrankheit um 8470 Personen höher war. 2004 verstarben 18,7% aller Verstorbenen infolge einer ischämischen Herzkrankheit, 2006 verringerte sich der Anteil auf 17,5%. Zusätzlich dazu verminderte sich der Anteil der verstorbenen Personen infolge von Herz-Kreislauf-Erkrankungen vom Jahr 2004 auf 2006 von 45% auf 43,7% (Statistisches Bundesamt Deutschland 2005/2007a) und lässt auf eine Wirksamkeit präventiver Maßnahmen schließen.

Einleitung

Todesursachen 2006, Deutschland

Pos.Nr.ICD-10 1	Todesursachen	Gestorbene 2006		% - Anteil an		% - Anteil an	
		Insgesamt Anzahl	in %	Männlich Anzahl	der Todesursache	Weiblich Anzahl	der Todesursache
A00-T98	Insgesamt	821.627	100,0	385.940	47,0	435.687	53,0
	darunter:						
C00-C97	Bösartige Neubildungen Krankheiten des Kreis-	211.523	25,7	112.761	53,3	98.762	46,7
I00-I99	laufsystems	358.953	43,7	149.578	41,7	209.375	58,3
I21-I22	Myokardinfarkt	64.796	7,9	35.631	55,0	29.165	45,0
J00-J99	Krankheiten des Atmungs-	54.888	6,7	28.326	51,6	26.562	48,4
K00-K93	systems Krankheiten des Verdauungs-	42.973	5,2	21.153	49,2	21.820	50,8
S00-T98	Verletzungen, Vergiftungen und bestimmte andere Folgen	32.212	3,9	19.984	62,0	12.228	38,0
Folgen äußerer Ursachen							
	darunter nach der äußeren Ursache (S00-T98):						
V01-V99	Transportmittelunfälle	5.359	0,7	3.946	73,6	1.413	26,4
W00-W19	Stürze	8.381	0,1	3.803	45,4	4.578	54,6
X60-X84	Vorsätzliche Selbst- beschädigung (Suizid)	9.765	1,2	7.225	74,0	2.540	26,0

Abbildung 1: Sterbefälle insgesamt 2006 nach den 10 häufigsten Todesursachen der International Statistical Classification of Diseases and Related Health Problems (ICD-10)
Quelle der Abbildung: Statistisches Bundesamt 2007a

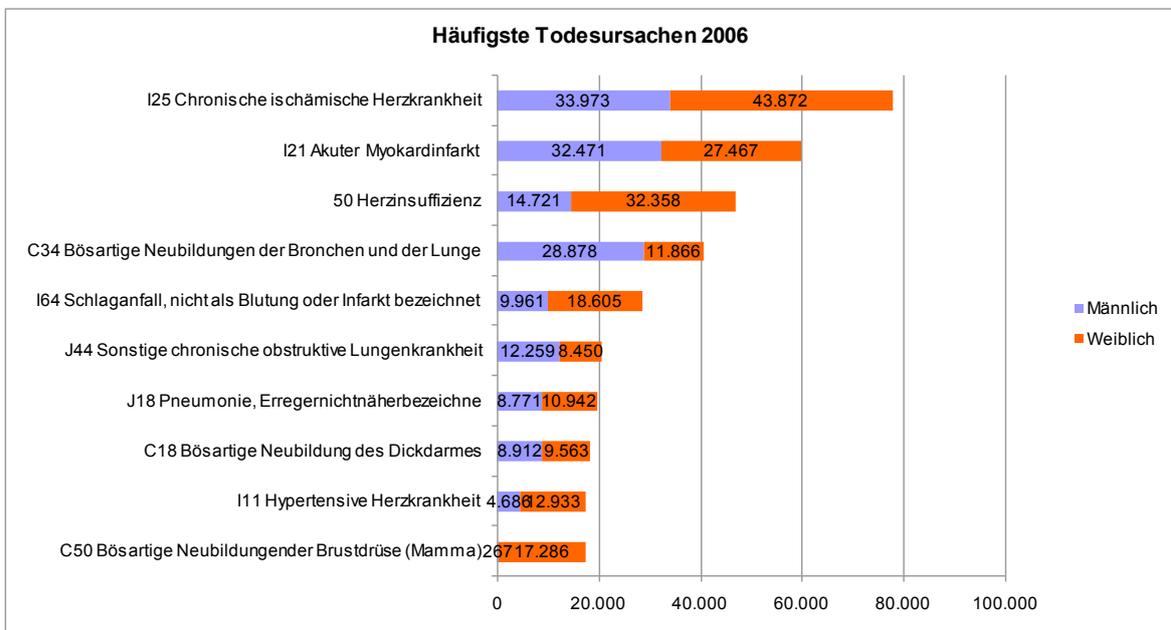


Abbildung 2: Häufigste Todesursachen 2006
Quelle der Abbildung: Statistisches Bundesamt 2007b

1.1.2 Ursachen der KHK und Atherosklerose

Hauptursache für die Entstehung von kardiovaskulärer Erkrankungen bzw. der ischämischen Herzkrankheit, auch unter der Bezeichnung koronare Herzkrankheit (KHK) bekannt, ist eine obstruktive atherosklerotische Veränderung der epikardialen Koronararterien. Somit ist die KHK die Manifestation der Atherosklerose an den Herzkranzarterien (Schmailzl 2005). Nach der Definition der World Health Organisation (WHO) wird Atherosklerose als „eine variable Kombination von Veränderungen der Arterienintima, die mit einer herdförmigen Anhäufung von Lipiden, komplexen Kohlenhydraten, Blut und Blutbestandteilen, mit der Bildung eines fibrösen Gewebes und Kalkablagerungen einhergeht sowie mit Veränderungen der Arterienmedia“ definiert (Assmann 1982). Ähnlich definiert es Baretton (Baretton et al. 2008).

Folge dieser Gefäßwandveränderungen sind Koronarstenosen die zu einem Missverhältnis zwischen Sauerstoffbedarf und Angebot im Herzmuskel führen. Zu den klinischen Syndromen der Myokardischämie zählen u.a. Angina pectoris, Herzrhythmusstörungen, Herzinfarkt und akuter Herztod (Saubier und Bode 2007, Margolis et al. 1973).

1.1.3 Kardiovaskuläre Risikofaktoren

Durch eine Vielzahl von epidemiologischen und experimentellen Untersuchungen sind sogenannte Risikofaktoren, die eine Atherosklerose begünstigen, bekannt. Der Begriff Risikofaktor bezeichnet spezielle Körpermerkmale, Umwelteinflüsse und Verhaltensweisen, bei dessen Präsenz die Atherosklerose rasch fortschreitet (Gorden et al. 1981). Wie sich in einer weltweiten Fall-Kontroll-Studie gezeigt hat, gelten unabhängig von der Herkunft und für beide Geschlechter Dislipidämie, Diabetes mellitus Typ 1 und 2, Nikotinkonsum, Hypertonus, Fettleibigkeit, psychosoziale Faktoren, Obst- und Gemüse-Verzehr, regelmäßige Bewegung und Alkoholkonsum als relevante Risikofaktoren für die Entstehung eines Herzinfarktes (Yusuf et al. 2004).

Nach dem amerikanischen National Cholesterol Education Program (NCEP), Expert Panel on Detection, Evaluation and Treatment of High Blood Cholesterol in Adults, Adult Treatment Panel III (ATP III) zählen zu den Hauptrisikofaktoren Zigarettenkonsum, Hypertonie (130/85 mmHg) oder hypertensive Behandlung, Diabetes mellitus (Nüchternblutzucker ≥ 110 mg/dl), ein Body-Mass-Index (BMI) > 30 kg/m² sowie ein Taillenumfang von > 88 cm bei Frauen und > 102 cm bei Männern. Eine erniedrigte HDL-Cholesterinkonzentration (bei Frauen < 50 mg/dl und bei Männer < 40 mg/dl), erhöhte Triglyzeridwerte (≥ 150 mg/dl), eine Lp(a)-Konzentration von > 50 mg/dl bei rasch progredienter KHK und eine erhöhte LDL-Cholesterinkonzentration gelten als Risikofaktoren. Die

nach dem Cholesterol Education Program vorgeschlagenen Grenzwerte für das LDL-Cholesterin sind von dem Vorkommen weiterer Risikofaktoren und Erkrankungen abhängig. So gilt bei einem sonst Gefäßgesunden mit Vorliegen eines oder keines Risikofaktors ein LDL-Wert von ≥ 160 mg/dl als kritisch. Liegen 2 oder mehrere kardiovaskuläre Risikofaktoren vor, so senkt sich der Grenzwert auf 130-159 mg/dl. Bei Vorliegen einer bekannten KHK oder KHK-äquivalenten Erkrankung wie Diabetes, pAVK und Schlaganfall ist das Risiko für weitere kardiovaskuläre Erkrankungen bereits ab einer LDL-Konzentration < 100 mg/dl erhöht (Grundy et al. 2004a).

Somit findet der Begriff des metabolischen Syndroms indirekt Berücksichtigung in den NECP Leitlinien. Dieser wird nach den ATP-III-Kriterien durch das gemeinsame Vorkommen von mindestens drei der fünf folgenden Kriterien definiert (International Diabetes Federation 2005):

- Stammfettsucht (Taillenumfang größer als 94 cm bei europäischen und amerikanischen Männern und 80 cm bei Frauen der selben Nationalität)
- Hypertonus ($> 130/85$ mmHg),
- Hypertriglyzeridämie (≥ 150 mg/dl)
- erniedrigtes HDL-Cholesterin (Männer: < 40 mg/dl, Frauen: < 50 mg/dl) sowie ein
- Nüchternblutzucker ≥ 100 mg/dl ($\geq 5,6$ mmol/L)

Das metabolische Syndrom gilt als erheblicher Risikofaktor für kardiovaskuläre Erkrankungen (Grundy 2007, Grundy 2004b).

Zusätzlich stellt eine positive Familienanamnese für frühzeitige koronare Herzkrankheit einen Risikofaktor dar. Dazu zählen Erkrankungen bei männlichen Verwandten ersten Grades unter 55 Jahren und bei weiblichen unter 65 Jahren (National Cholesterol Education Program 2001).

Weitere Risikofaktoren, die per Definition des ATP-III Berücksichtigung finden, sind das Alter, Ernährungsgewohnheiten und Bewegungsmangel. Zu den neueren Risikofaktoren gehören das Homocystein, Prothrombotische und Proinflammatorische Faktoren sowie subklinische Atherogenese (Gröchenig 2005) Darüber hinaus haben psychosoziale Faktoren wie Stress, niedriger sozialer Status und Depressionen (Brotman et al. 2007) einen Einfluss auf die Entstehung einer KHK.

So weisen die Ergebnisse der Interheart Studie (Rosengren et al. 2004) darauf hin, dass psychosoziale Belastungen einen wesentlichen, nach diesen Berechnungen den drittstärksten Risikofaktor für die KHK darstellen. Auswertungen der Whitehall-II-Study zeigen, dass insbesondere berufliche Probleme das Risiko für verschiedene chronische Krankhei-

ten erhöhen. Teilnehmerinnen der CORA-Studie (Zyriax et al. 2005) mit manifester koronarer Herzkrankheit nannten vermehrten Stress als den wesentlichen Auslöser ihrer Erkrankung. Psychosoziale Belastungen scheinen nicht nur das Risiko für Herz-Kreislauf-Erkrankungen zu erhöhen, sondern verschlechtern auch die Prognose der Betroffenen (Stansfeld et al. 2002)

Des Weiteren wurde festgestellt, dass prämenopausale Frauen selten an koronarer Herzkrankheit leiden und das Risiko, an einer KHK zu erkranken, mit der Menopause ansteigt (Assman et al. 1999).

Auch eine entzündlich-infektiöse Genese der Atherosklerose durch persistierende Chlamydia Pneumonia-Infektion wird in der Literatur diskutiert (Klose 2002). Hierzu gibt es experimentell widersprüchliche Befunde (Kalayoglu et al. 2002) (Gurfinkel et al. 2000).

1.1.4 Einteilung der kardiovaskulären Risikofaktoren der Atherosklerose

Es liegen verschiedene Einteilungsmodelle für die Risikofaktoren vor, die sich geringfügig unterscheiden. Eine in der Literatur gebräuchliche Einteilung ist die Unterteilung der Risikofaktoren nach der International Atherosclerosis Society (IAS) in Anlehnung an den ATP-III-Report. Die IAS unterteilt die Risikofaktoren für Herz-Kreislauf-Erkrankungen (Cardio vascular disease) in zwei Kategorien: Kategorie A Hochrisiko-Zustände (High-Risk-Conditions) und B Risikofaktoren für kardiovaskuläre Erkrankungen. Zu den Hochrisiko-Zuständen gehören eine bekannte KHK oder andere Manifestationen der Arteriosklerose wie z.B. eine Stenose von > 50% der Arteria Carotis, ein Diabetes mellitus in Verbindung mit weiteren Risikofaktoren sowie ein errechnetes Zehn-Jahresrisiko von > 20%.

Die eigentlichen Risikofaktoren werden nochmals in drei Klassen unterteilt, in zugrundeliegende, wesentliche und neue Risikofaktoren. Zu den zugrundeliegenden Risikofaktoren zählen modifizierbare Einflussgrößen wie Übergewicht/ Fettleibigkeit, Bewegungsarmut und atherogene Diät. Ein BMI von 25-29,9 kg/m² gilt in Deutschland und in den USA als übergewichtig und von über 30 kg/m² als fettleibig/adipös. Genetische Faktoren werden auch in die Kategorie zugrundeliegenden Risikofaktoren gezählt. Bluthochdruck, erhöhte LDL- und erniedrigte HDL-Cholesterinwerte, Diabetes mellitus, Zigarettenkonsum, positive Familienanamnese und das Alter gelten nach der IAS zu den wesentlichen Risikofaktoren.

Bei dem wesentlichen Risikofaktor Alter unterscheidet die IAS zusätzlich zwischen Männern und Frauen. Ein erhöhtes Risiko haben Männer ab dem 45. und Frauen ab dem 55. Lebensjahr. Somit ist das männliche Geschlecht ebenfalls als ein Risikofaktor zu bewerten. Zu den neueren Risikofaktoren zählen Hypertriglyzeridämie, vermehrter Anteil der

small-dense-LDL, Abnormalitäten der Apolipoproteine (erhöhtes Apolipoprotein B) und erhöhte Lipoprotein(a) (LP(a)) Konzentrationen. Weiter gehören Insulinresistenz ± gestörte Nüchtern glukose (impaired fasting glucose) oder Glukosetoleranzstörung (impaired glucose tolerance) sowie proinflammatorische Faktoren (erhöhtes C-Reaktives Protein), prothrombotische Faktoren (Hyperfibrinogenämie), erhöhtes Homocystein und subklinische Artherogenese zu den wesentlichen Risikofaktoren. Im Gegensatz zu den wesentlichen Risikofaktoren sind die neueren Risikofaktoren noch nicht etabliert bzw. wissenschaftlich anerkannt (International Atherosclerosis Society 2003).

1.1.5 Berechnung des individuellen Risikos

Da sich die Risikofaktoren nicht einfach addieren, sondern multiplikativ interagieren bzw. potenzieren (International Task Force for Prevention of Coronary Heart Disease 1998, Mörl und Menges 2000) existieren verschiedene Kalkulationsprogramme die das individuelle Zehn-Jahres-Risiko für atherosklerotische Komplikationen/KHK ermitteln. Zu den bekanntesten Algorithmen und/oder Risiko-Scores gehören die der Münster Heart Study PROCAM für Deutschland (Assmann et al. 2002), der Framingham Heart Study für die USA (International Task Force for Prevention of Coronary Heart Disease 1998), der European Society of Cardiology (ESC) für Europa (De Backer et al. 2003) und die der American Heart Association (AHA) (National Cholesterol Education Programm 2001, National Cholesterol Education Programm 2002). So wurde z. B. basierend auf den Daten der Prospective Cardiovascular Münster (PROCAM) Study ein sogenannter Risiko-Score errechnet (Assmann et al. 2002).

Die PROCAM-Studie ist eine Kohortenstudie bei der von anfangs 5 389 gesunden männliche Probanden 325 in den folgenden 10 Jahren eine KHK entwickelten. Im Rahmen der Studie wurden die unabhängigen Risikofaktoren der 325 Erkrankten errechnet. Der PROCAM-Score beinhaltet verschiedene Risikofaktoren in Form von Kategorien, die mit einem Punktesystem bewertet werden. Dabei werden die Kategorien LDL-Cholesterin in mg/dl, HDL-Cholesterin in mg/dl, Triglyzeride in mg/dl, systolischer Blutdruck in mmHg, Nüchternblutzucker in mg/dl, Diabetes ja/nein, Alter, Zigarettenkonsum, Blutdruck Medikation ja/nein und positive Familienanamnese erfragt und jeweils mit Punktezahlen bewertet. Anhand der addierten Punktzahlen lässt sich das Herzinfarktrisiko in zehn Jahren in Prozent anhand des Scores ablesen. So ist ein Punktwert von z.B. 56 einem Zehn-Jahres-Herzinfarktrisiko von 19% gleichzusetzen.

Probanden mit einem Score über 20% für ein Koronareignis werden in die Hochrisikogruppe Teilnehmer zwischen 10-20% in die Gruppe mit mittlerem Risiko und Männer mit

einem Score von unter 10% in die Gruppe mit niedrigem Risiko eingestuft (International Atherosclerosis Society 2003).

1.1.6 Risikoabschätzung im medizinischen Alltag

1.1.6.1 Möglichkeiten der Risikoabschätzung

Zu den nicht-invasiven Möglichkeiten, mit Hilfe von medizinischen Geräten eine Atherosklerose zu diagnostizieren, stehen den Medizinern heute mehrere Verfahren zur Verfügung. Neben der Beurteilung des linken Ventrikels und der Pumpfunktion des Herzens mit Hilfe des Herzechos kann auch die Ergometrie Hinweise auf eine koronare Erkrankung und eine Belastungshypertonie geben. Flussvermittelte Vasodilatationen und Endotheldysfunktionen lassen sich mit einer Doppler-Sonographie erkennen (Schwandt 2007).

Der Ultraschall der Karotiden erlaubt eine Bemessung der Intima-Media Dicke (IMT). Der Zusammenhang zwischen der IMT und der Ausprägung von kardiovaskulären Risikofaktoren sowie von klinischen kardiovaskulären Erkrankungen wurde in groß angelegten Studien bereits belegt (Chambless et al. 1997, Chambless et al. 2000, O'Leary et al. 1999, Bots et al. 1997, Grewal et al. 2008). Das Risiko steigt mit zunehmender IMT unabhängig von anderen Risikofaktoren (Hodis et al. 1998, Furberg et al. 1994, Bots et al. 1997).

Bei Verdacht auf KHK kann eine Elektronenstrahltomographie (EBT oder EBCT) oder alternativ ein Mehrzeilen-Spiral-CT (mindestens Vier-Zeiler) Aufschluss über den Verkalkungsgrad der Koronargefäße geben (Erbel et al. 2000, Knez 2007). Mit Hilfe der Myokardszintigraphie (Lindner et al. 2007) und der Positronen-Emissions-Computer-Tomographie (PET) werden minderperfundierte Areale detektiert.

1.1.6.2 Risikoabschätzung in der Praxis

In der Praxis erfolgt heute die Abschätzung des kardiovaskulären Risikos anhand der Bestimmung klassischer Risikofaktoren. Mit Hilfe von Algorithmen wie dem PROCAM-Score wie oben schon näher erläutert lässt sich aus der Zusammenschau der Risikofaktoren das individuelle Herzinfarktrisiko ableiten.

Eine kostenintensivere aber ebenfalls nicht-invasive und aussagekräftige diagnostische Möglichkeit zur Beurteilung des tatsächlichen Gefäßstatus besteht in der Untersuchung der Intima-Media-Dicke (IMT) mittels Duplexsonographie und die nicht-invasive Bestimmung der endothelialen Dysfunktion. Insbesondere die IMT kann als Standard dienen. Zur

Erfassung von Veränderungen in der Frühphase der Atherogenese hat sich die Messung der endothelialen Dysfunktion am Unterarm mittels einfacher nicht-invasiver Verfahren etabliert. Darüber hinaus kann die Oberarm-/Unterschenkel-Blutdruck-Differenz als eine zusätzliche kostengünstige Untersuchung im Rahmen der Diagnostik der Atherosklerose genutzt werden, vor allem wenn die Intima-Media Grenzwerte (0,1 mm bzw. 0,9 mm) über- bzw. unterschritten wurden (Erbel und Schmermund 2001).

1.1.6.3 EKG-Parameter der Herzfrequenzvariabilität und des Herzzustands Vicardio und Viport

Seit einiger Zeit ist die Herzfrequenzvariabilität (HRV) als Screening-Verfahren von Gesundheits- und Krankheitszuständen in den Fokus des klinischen und wissenschaftlichen Interesses gerückt. Vor allem im Rahmen der KHK, der psychischen Erkrankungen und der diabetischen Neuropathie lassen sich Zusammenhänge zwischen den oben genannten Erkrankungen und der HRV erkennen.

Allgemein gesprochen zeigt eine hohe Herzfrequenzvariabilität in Ruhe an, dass das Herz flexibel auf eingehende Reize reagiert. Eine geringere Variabilität lässt auf einen trägen Zustand des Herzens schließen, welcher unter Umständen durch gesundheitliche Einschränkungen bedingt ist. Sie liefern Informationen über ein möglicherweise eingeschränktes Reiz-Reaktions-Verhalten des Herzens (Buccelletti et al. 2009, Chattipakorn et al. 2007) und wurde schon in den sechziger Jahren in der Geburtshilfe als diagnostisches Mittel für hypoxische Zustände des Fetus genutzt (Sampson et al. 1980).

Neuere Erkenntnisse, wie sie aus den Ergebnissen der Framingham-Studie und der Stockholm Female Coronary Risk Study hervorgehen, weisen auf einen inversen Zusammenhang zwischen der HRV und der Mortalität von Patienten mit bereits vorliegender KHK hin (Janzyk et al. 2004, Tsuji et al. 1994). Unterstützend dazu konnte Dekker et al. (2000) darüber hinaus bei Patienten ohne bekannte Erkrankungen mit reduzierter HRV feststellen, dass diese nicht nur ein erhöhtes Risiko für kardiale Zwischenfälle sondern im Allgemeinen ein zusätzlich höheres Sterberisiko aufweisen (Dekker et al. 2000).

Ein negativer Zusammenhang zwischen Entzündungsparametern im Blut (erhöhte Leukozytenzahlen, C-reaktives Protein) und der Herzfrequenzvariabilität ist bekannt (Sajadieh et al. 2004). Psychosoziale Belastungen wie Depressionen wirken sich negativ auf das Herz-Kreislauf-System aus (Brotman et al. 2007) und erhöhen das Morbiditätsrisiko für eine KHK (Carney et al. 1993). Andersherum konnte ebenso festgestellt werden, dass herzkranken Patienten, die aufgrund ihrer gesundheitlichen Einschränkung zusätzlich an depressiver Verstimmung leiden, ein erhöhtes Mortalitätsrisiko haben (Carney et al. 2000). Bei depressiv Erkrankten lassen sich eine verminderte Herzfrequenzvariabilität und

eine erhöhte Herzfrequenz feststellen (Carney et al. 1995, Krittayaphong et al. 1997). Interessanterweise lässt sich zusätzlich dazu eine Erhöhung der HRV bei depressiven Patienten beobachten, die sich in einer psychotherapeutischen Behandlung befinden (Carney et al. 2001). Schließlich konnte ein Zusammenhang zwischen der HRV und dem Risiko einer kardiovaskulären Erkrankung bei Diabetikern nachgewiesen werden (Liao et al. 1995). Die HRV Messung findet zusätzlich Anwendung in der Diagnostik der kardiovaskulären autonomen Neuropathie bei Diabetikern (Ziegler et al. 1996, Ziegler und Gries 1996) und wird in der Sportmedizin genutzt (Mourot et al. 2004).

Der Hersteller von 2 innovativen EKG-Geräten hat zu dem oben genannten HRV zusätzlich einen Stressindex sowie ein Herzzustand definiert. Der Stressindex oder auch Cardio-Stress-Index (CSI), ist eine aus neuen Auswertungsalgorithmen der HRV hervorgehende Größe. Dieser kann einen Wert auf einer Skala von 0 bis 100% einnehmen. Ein CSI-Wert $\leq 20\%$ entspricht einer hohen Herzfrequenzvariabilität, höhere Werte einer entsprechend eingeschränkten Herzfrequenzvariabilität. (Energy-Lab Technologies GmbH 2010a). Unter dem Herzzustand versteht der Hersteller eine nach einem Algorithmus errechnete EKG-Note, die vor allem anhand morphologischer Daten der EKG-Kurve den Zustand des Herzens präsentiert. Er kann einen Wert von 1 bis 5 Punkten erreichen, wobei eine hohe Punktzahl auf einen guten und eine niedrige Punktzahl auf einen schlechten Herzzustand hinweist. Er setzt sich aus acht verschiedenen Einflussgrößen eines EKG's zusammen. Zu diesen gehören zum einen das Verhältnis der T-Welle zur R-Zacke sowie das der P-Welle zur R-Zacke und zum anderen die PQ-Zeit, die QT-Zeit, die QRS-Dauer, der QRS-Winkel, die QR- und die ST-Note. Je nach Anzahl eine Malus wird der maximalen EKG-Note fünf ein Punkt abgezogen.

In der bekannten Literatur sind bisher nur Zusammenhänge zwischen der HRV und kardiovaskulären Risikofaktoren untersucht und beschrieben worden. Zur Beurteilung der neu definierten Größen 'CSI' und dem 'Herzzustand' sind bisher noch keine Studien veröffentlicht worden.

1.2 Arbeitshypothese und Fragestellung/Zielsetzung

Herz-Kreislauf-Erkrankungen sind die häufigste Todesursache in der deutschen Gesellschaft. Eine Abnahme der Inzidenz im mittleren Alter weist auf die Wirksamkeit präventiver Maßnahmen hin. Deshalb erscheint es vorteilhaft, beginnende Arteriosklerose frühzeitig zu erfassen. Dafür sind nicht-invasive Techniken besonders vorteilhaft. Neue EKG-Parameter wie die Herzfrequenzvariabilität, der Herzzustand und insbesondere der Cardio-Stress-Index, die sich aus einer Reihe pathologischer EKG-Veränderungen zusammen

setzen, könnten die Aussagekraft der bekannten kardiovaskulären Risikofaktoren ergänzen.

In der nachfolgenden Arbeit soll geklärt werden, inwieweit diese Messparameter, der Stresswert und der Herzzustand, gemessen mit den Geräten der Firma Energy-Lab-Technologies Vicardio (einem stationären Gerät) und Viport (einem transportablen Gerät), mit bekannten klinischen kardiovaskulären Risikofaktoren korrelieren. Dabei soll auch auf Geschlechts- und Altersunterschiede eingegangen werden. Darüber hinaus werden die Messergebnisse der Geräte untereinander verglichen, um eine Aussage darüber treffen zu können, inwieweit die Geräte zu demselben Messergebnis führen. Als letztes soll mit Hilfe einer Ermittlung der Differenz zwischen Vor- und Nachmittagsmessungen des einzelnen Gerätes herausgefunden werden, ob tageszeitliche Messschwankungen zwischen Vor- und Nachmittagsmessungen bestehen.

2 Material und Methoden

2.1 Aufbau der Studie, Studiendesign und Auswahl der Probanden

Die Strategy-Studie (Stress Atherosclerosis and ECG Study) ist eine Querschnittsstudie. 214 Probanden nahmen an dieser Studie teil. Unter den Teilnehmern befanden sich 108 gesunde Frauen und 106 gesunde Männer aus dem Hamburger Stadtgebiet. Um eine gleiche Anzahl beider Geschlechter zu gewährleisten, wurden jeweils 25 Männer und 25 Frauen in vier Altersstufen von 30 bis 40, 40 bis 50, 50 bis 60 und 60 bis 70 Jahren rekruiert, in der Summe also 100 Frauen und 100 Männer (vgl. Abbildung 3). Die Anzahl der Versuchspersonen war notwendig, um aussagekräftige Daten bezüglich der Fragestellung für Menschen beiderlei Geschlechts in der relevanten Altersspanne zu generieren.

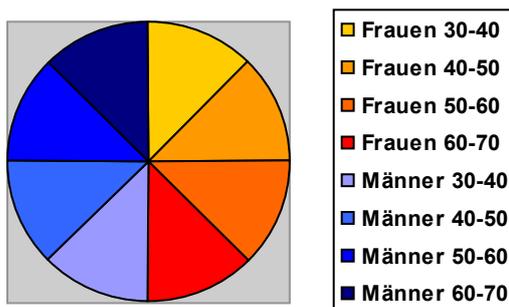


Abbildung 3: Aufteilung der Teilnehmer

Die Probanden wurden durch redaktionelle Beiträge, durch Einladungen von Krankenkassen und in Praxen sowie durch Anzeigen auf das Angebot aufmerksam gemacht. Primär wurde ein Angebot der DAK wahrgenommen, Versicherte mit der Routinepost direkt einzuladen.

Eingeschlossen wurden gesunde Probanden ohne akute oder chronische Erkrankung. Zur Minimierung genetischer Varianz und für eine einheitliche Qualität der Beantwortung der Fragen, insbesondere auch zu psychologischen Einschätzungen, wurden ausschließlich in Deutschland geborene Personen mit Deutsch als Muttersprache im Alter von 30 bis 70 Jahren berücksichtigt.

Teilnehmer mit regelmäßiger Einnahme von Tabletten wegen Herz-Kreislauf-Erkrankungen oder deren Risikofaktoren wurden ausgeschlossen. Insbesondere die Ein-

nahme von Medikamenten, die einen Einfluss auf das psychische Empfinden, den Herzrhythmus oder auf die Lipide haben können, standen einer Teilnahme entgegen. Das galt auch für Probanden mit Fieber oder Erkältung, ungewohnt starker körperlicher Aktivität innerhalb der letzten 24 Stunden oder vorausgegangener exzessiver Ernährungsweise (Feiern, Essstörungen) sowie für Teilnehmer mit akutem Schlafdefizit. Des weiteren schloss eine Schwangerschaft die Teilnahme an der Strategy-Studie aus.

Das Auftreten einer der im vorherigen Absatz genannten Lebensumstände führten aufgrund der Beeinflussung der gemessenen Geräteparameter wie der Stresswert und der Herzzustand zur Verschiebung des zweiten Untersuchungstermins bzw. zum Abbruch.

2.2 Studienablauf und Untersuchungsmethoden

Vor der Untersuchung jedes Teilnehmers erfolgte ein Aufklärungsgespräch und die Unterzeichnung einer Einverständniserklärung. Es wurden zwei Untersuchungstermine pro Proband in Abstand von jeweils zwei Wochen vereinbart. Der erste Termin fand im Zentrum für Klinische Studien in der alten Kollastr. 54 in 22529 Hamburg am Vormittag statt, der zweite im Universitätsklinikum Hamburg-Eppendorf im Zentrum für Innere Medizin in der Martinistr. 52 20246 in Hamburg am Nachmittag. Hauptuntersuchungsschwerpunkte lagen auf den typischen Risikofaktoren für die Entstehung einer Arteriosklerose. Die Hauptrisikofaktoren sind Rauchen, Hypertonus, Dyslipidämie, Diabetes mellitus, höheres Lebensalter, Übergewicht und Bewegungsmangel, psychosoziale Faktoren wie Stress, familiäre Disposition und Inflammation (Enseleit et al. 2007).

Folgende Untersuchungsmethoden und Daten wurden bei jedem Probanden im Rahmen der Strategy-Studie für die vorliegende Dissertation angewandt und schriftlich erfasst:

Anthropometrische Messung:

- Alter
- Körpergewicht
- Körpergröße
- BMI
- Taillenumfang
- Körperfett

Kardiale Parameter:

- Herzfrequenz
- Systolischer Blutdruck (vor- und nachmittags gemessen)
- Diastolischer Blutdruck (vor- und nachmittags gemessen)

Blutuntersuchung:

- Nüchternblutzucker
- LDL-Cholesterin
- HDL-Cholesterin
- Triglyzeride

Zu den erhobenen Parametern der Geräte gehörten:

- Viport Stresswert (vor- und nachmittags gemessen)
- Vicardio Stresswert (vor- und nachmittags gemessen)
- Vicardio Herzzustand (vor- und nachmittags gemessen)

Fragebogen zu Anamnese und Lebensstil

2.2.1 Anthropometrische Messung

Ziel der anthropometrischen Messungen ist es, Übergewicht und Adipositas als Risikofaktoren für Arteriosklerose abzuschätzen. Folgende Messungen wurden durchgeführt:

- Alter (in Jahren)
- Körpergewicht (leicht bekleidet, ohne Schuhe, in kg)
- Körpergröße (in cm)
- Body-Mass-Index (BMI) (kg/m^2)
- Taillenumfang (in cm)
- Körperfett (in%)

Die Körperlänge und das Körpergewicht wurden bei nüchternen Probanden mit leichter Kleidung ohne Schuhe festgelegt. Das Körpergewicht wurde stets mit der gleichen Personenwaage bestimmt. Der BMI wurde aus dem Quotienten des vorher gemessenen Körpergewichtes in kg und der Körpergröße in Quadratmetern errechnet. Der BMI zur Klassifikation des mittleren Körpergewichts nach den Kriterien der WHO beurteilt (vgl. Abbildung 4).

Gewichtsklassifikation (WHO)	BMI (kg/m²)
Untergewicht	< 18,5
Normalgewicht	18,5 – 24,9
Übergewicht	> 25
Präadipositas	25,0 – 29,9
Adipositas Grad 1	30,0 – 34,9
Adipositas Grad 2	35,0 – 39,9
Adipositas Grad 3	40 oder mehr

Abbildung 4: Gewichtsklassifikation nach den Kriterien der WHO mit Hilfe des BMI
Quelle: WHO 2000

Der Taillenumfang wurde mittels Zentimeterband zur Abschätzung des Fettverteilungsmusters bzw. der abdominellen Fettverteilung beim stehenden Probanden zwischen Rippenbogen und Beckenkamm gemessen.

Zur Ermittlung des Körperfettanteils wurde eine bioelektrische Impedanzanalyse durchgeführt. Hierfür mussten die Studienteilnehmer ein Gerät der Firma OMRON mit beiden Händen mit auf Schulterhöhe ausgestreckten Armen fest umfassen. Unter Berücksichtigung von Alter, Körpergröße und Körpergewicht errechnet das Gerät den Körperfettanteil in Prozent.

2.2.2 Kardiale Untersuchung

- Herzfrequenz
- Systolischer Blutdruck (vor- und nachmittags gemessen)
- Diastolischer Blutdruck (vor- und nachmittags gemessen)

Die Herzfrequenz wurde stets nach Ermittlung des Blutdruckes bestimmt und protokolliert, indem für 15 Sekunden der Radialispuls getastet wurde. Die Blutdruckmessung fand an den sitzenden Teilnehmern nach der Riva-Rocci-Methode am Oberarm statt. Dabei erfolgten drei Messungen im Abstand von zwei bis drei Minuten an beiden Untersuchungsterminen.

Der durchschnittliche Blutdruck der Probanden wurde aus den Mittelwerten der zweiten und dritten Messung des jeweiligen Untersuchungstermines (vor- bzw. nachmittags) ermittelt. Zusätzlich wurde der Ort der Messung notiert (dominant/ nicht dominanter Arm). Eine antihypertensive Medikation führte zum Ausschluss aus der Studie.

Als Hypertonie gelten gemäß der WHO Klassifikation systolische Blutdruckwerte Werte ≥ 140 mmHg und diastolische Werte ≥ 90 mmHg und/oder eine entsprechende Medikation (Chalmers et al. 1999).

Systolischer Blutdruck (mmHg)	Diastolischer Blutdruck (mmHg)
Optimal < 120	< 80
Normal < 130	<85
Hochnormal 130-139	85-89
Hypertonus	
Grad 1 ≥ 140	≥ 90
Grad 2 ≥ 160	≥ 100
Grad 3 ≥ 180	≥ 110

Abbildung 5: Definition und Klassifikation von Blutdruckwerten
Quelle: Chalmers et al., WHO / ISH Guidelines-Subcommittee 1999

2.2.3 Blutentnahme

- Nüchternblutzucker
- LDL-Cholesterin
- HDL-Cholesterin
- Triglyzeride

Im Rahmen der Labordiagnostik wurden Risikofaktoren für arteriosklerotische Herz-Kreislauf-Erkrankungen aus dem Lipidstoffwechsel und dem Kohlenhydratstoffwechsel bestimmt.

Dafür wurden jedem Teilnehmer etwa 40 ml Blut und 2 ml Blut 2 Stunden nach Aufnahme von 75 g Glukose abgenommen und folgende Laborwerte in dem Zentrallabor des Universitätsklinikums Hamburg-Eppendorf bestimmt:

Diabetesmarker	Grenzwerte
Nüchtern-Glucose	≤126mg/dl
Lipide	Grenzwerte zur Klassifikation von Fettstoffwechselstörungen
LDL - Cholesterin	< 130 mg/dl (3,5 mmol/l)
HDL- Cholesterin	> 50 mg/dl (1,5 mmol/l)
Triglyceride	< 150 mg/dl (2, 5 mmol/l)

Abbildung 6: Grenzwerte Nüchternblutzucker und Lipide

Die oben genannten Grenzwerte der Lipide und Diabetesmarker stammen aus Empfehlungen internationaler Gremien (vgl. Abbildung 6) (International Task Force for Prevention of Coronary Heart Disease 1998). Alle Laborparameter wurden in der Abteilung für klinische Chemie im Universitätsklinikum Hamburg-Eppendorf bestimmt.

Das akut nicht verwandte Blut wurde im Rahmen des Forschungsprojekts für spätere Untersuchungen im Plasma und an DNA eingefroren und bis zur vollständigen Nutzung des Materials gelagert. Hierzu wurde separat um Einverständnis gebeten.

2.2.4 Geräte Messungen

- Viport Stresswert (vor- und nachmittags gemessen)
- Vicardio Stresswert (vor- und nachmittags gemessen)
- Vicardio Herzzustand (vor- und nachmittags gemessen)

Zur Untersuchung der Herzparameter wurde ein EKG mit zwei verschiedenen Gerätetypen der Firma Energy-LAB-Technologies GmbH abgeleitet. Mit Hilfe eines stationären Gerätes, (Vicardio) und eines transportablen Gerätes, (Viport) wurden der Cardio-Stress-Index (CSI) und der Herzzustand der Probanden ermittelt. Neben der bekannten Erregungsableitung des Herzens zeigen die Geräte unter anderem auch die individuelle Herzfrequenz, den Herzrhythmus, den Stresswert (Cardio-Stress-Index (CSI)) und den Herzzustand des untersuchten Probanden an. Mit Hilfe dieser Daten berechnet Vicardio (stationäres Gerät) und Viport (transportables Gerät) in einem komplizierten Algorithmus, der Grundlage eines Patentes ist, ein 3 dimensionales Electrocardioprotrait (ECP) des Herzens und stellt die Messwerte Stresswert (Cardio-Stress-Index), Herzfrequenz und Herzrhythmus graphisch sowie in Zahlen da (Abbildung 7).

Das Portrait besteht aus 3 Anteilen (vgl. Abbildung 7):

- Cardio-Stress-Index (mittlerer Bereich, ein so genannter „Stressdeckel“)
- Herzfrequenz (oberer Bereich)
- Herzrhythmus (unterer Bereich)

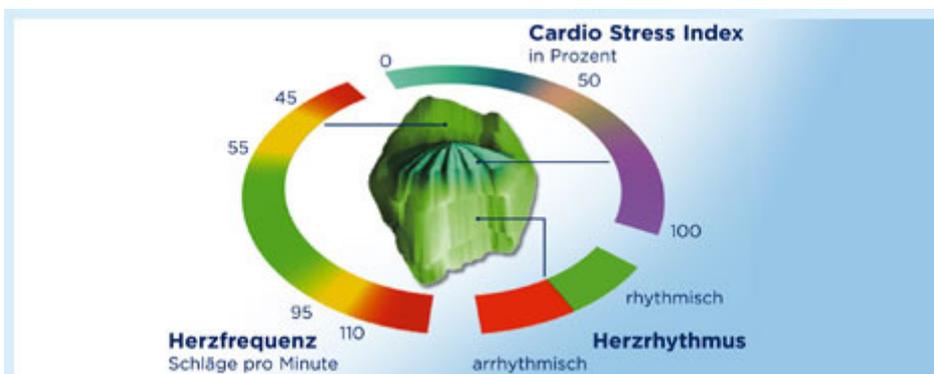


Abbildung 7: Anteile des Electrocardioprotraits mit Farbverlauf in Bezug auf die Messwerte
Quelle der Abbildung: Energy-Lab-Technologies 2006

Das ECP zeigt nach einem Farbprinzip an, ob die gemessenen Werte von denen in den Geräten hinterlegten Standardabweichungen abweichen oder nicht. So bedeuten die Farben Blau (für den CSI) und Grün (für die Herzfrequenz und den Herzrhythmus) keine Abweichungen, Lila bzw. Rot suggerieren eine starke Abweichungen und könnten somit einen Hinweis auf einen pathologischen Befund geben.

Der so genannte Stresswert wird nach einem komplexen Algorithmus aus der Herzfrequenzvariabilität berechnet, der Grundbaustein eines Patentes ist und nur in dieser Form publiziert ist (Internationale Patentveröffentlichungsnummer: WO 2007/ 057032 A1, 15.November 2005).

Zur Berechnung des CSI werden unter anderem die Strecke von Q-Beginn nach S-Ende als Basis für die RR-Intervall Bestimmung sowie der Abstand zwischen 2 R-Zacken in Millisekunden aus der Ableitungskurve des EKGs heran gezogen. Der Mittelwert der Einzelwerte entspricht dabei der mittleren Herzfrequenz, die jeweilige Standardabweichungen der Herzfrequenzvariabilität. Je höher die Standardabweichung, desto höher ist die Herzfrequenzvariabilität, desto besser und schneller passt sich das Herz in- und externen Einflüssen an und als desto gesünder gilt das untersuchte Herz.

Des weiteren fließt die Differenz des Mini- und Maximums (Spannweite der Herzfrequenzvariabilität) sowie die prozentuale Verteilung der einzelnen Intervalldauer in den Stresswert ein. Das Resultat kann eine Größe zwischen 0 und 100% annehmen (vgl. Abbildung 7) Ein Stresswert $\leq 20\%$ entspricht einer hohen Herzfrequenzvariabilität, größere Werte einer eingeschränkten Herzfrequenzvariabilität (Energy-Lab Technologies GmbH, 2010a).

Ebenso wie der CSI geht der Herzzustand aus einem komplizierten patentierten Algorithmus hervor, in den acht verschiedene EKG-Parameter einfließen.

Zu diesen gehören:

- Das T/R-Verhältnis
- Das P/R-Verhältnis
- Die PQ-Zeit
- Die QT-Zeit
- Die QRS-Dauer
- Der QRS-Winkel
- Die ST-Note
- Die QR-Note

Dabei wird der Herzzustand nach einem Punktesystem mit maximal fünf Punkten bewertet. Ein Punkt entspricht einem schlechten, fünf Punkte einem guten Herzzustand (siehe auch Abbildung 8)

vicardio scale				
	gut	normal	bedenklich	kritisch
Herz-zustand	♥	♥♥	♥♥♥	♥♥♥♥
	5.0 - 4.1	4.0 - 3.0	2.9 - 1.0	< 1.0
Stress	~	~	~	~
	< 17%	17 - 50%	50 - 90%	> 90%

vicardio scale - Herzportrait

Abbildung 8: Bewertung der Vicardio Messergebnisse

Quelle der Abbildung: Energy-Lab Technologies, Vicardio the Electro Cardio Portrait 2010b

Der Unterschied zwischen den beiden Geräten Viport und Vicardio liegt in der Form der Ableitung des EKGs.

Bei dem stationären Vicardio Gerät werden konventionell über Ableitungen der Brustwand nach Wilson (V1-V6) und der Extremitäten nach Einthoven (I, II und III) und Goldberger (aVR, aVL, aVF) die Aktionspotenziale mittels drei Elektroden (RA, LA, LL) sowie einer neutralen Referenzelektrode aufgezeichnet. Das transportable Viport Gerät erlaubt hingegen nur eine 3-Kanal-EKG Ableitung direkt über dem Herzen. Darüber hinaus gibt der Viport keinen Herzzustand an.

Um gleiche Messungsvoraussetzungen zu schaffen, musste jeder Studienteilnehmer vor der EKG Ableitung in einem von äußeren Geräuscheinflüssen separierten Raum 10 Minuten ruhig liegen. Die Probanden wurden dazu aufgefordert sich während der Messung zu entspannen und sich so ruhig wie möglich zu verhalten, gleichmäßig zu atmen, nicht zu sprechen und die Augen geschlossen zu halten.

Schwere, physisch oder psychisch anstrengenden Tätigkeiten kurz vor der Messung sowie die Einnahme von Medikamenten welche die Messergebnisse beeinflussen könnte (z.B. Schilddrüsenhormone etc.) schlossen eine Teilnahme an der Studie aus.

Die eigentliche Messung dauerte pro Gerät zwei Minuten. Als erstes wurde die Messung mit dem Vicardio Gerät ECP-12-Professional durchgeführt. Anschließend wurde die Ableitung mit dem transportablen Viport Gerät in derselben Körperposition wiederholt. Dafür wurde das dreieckige handgroße Gerät drei Fingerbreit unter den mittleren Teil des linken Schlüsselbeines auf den Brustkorb platziert.

Das konventionelle EKG wurde pseudonymisiert und einem Rhythmologen zur Beurteilung und Risikokategorisierung vorgelegt. Die ermittelten Werte wurden wie alle anderen erhobenen Daten auf ein Formblatt notiert (siehe Formblatt Abbildung 9)

Heutiges Datum 20

Probandennummer S 0
Tag Monat Jahr

Ihr Geburtsdatum 19

weiblich männlich
Tag Monat Jahr

STRATEGY Studie

– Stress Atherosclerosis and ECG Study –

Größe (auf 1 cm genau): cm

Gewicht (auf 0,1 kg genau): , kg

Taille: , cm Körperfett: , % Puls: pro 15 Sek.

Blutdruck im Sitzen linker Arm rechter Arm (nicht-dominanter Arm)

1. Messung	2. Messung	3. Messung
Systole <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> mmHg	Systole <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> mmHg	Systole <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> mmHg
Diastole <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> mmHg	Diastole <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> mmHg	Diastole <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> mmHg

4. Messung	5. Messung	6. Messung
Systole <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> mmHg	Systole <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> mmHg	Systole <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> mmHg
Diastole <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> mmHg	Diastole <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> mmHg	Diastole <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> mmHg

Blutabnahme: nüchtern: ja nein

Antihypertensive Medikation: ja nein

IMT: A.carotis links , mm Plaque: ja nein

am Gerät links , mm

A.carotis rechts , mm Plaque: ja nein

am Gerät rechts , mm

Stresseinfluss: fühlen Sie sich jetzt ausgeruht und entspannt?: ja nein

Gesundheitsstatus: Fühlen Sie sich z.Zt. gesund?: ja nein

EKG-Herzfrequenzvariabilität: 1. Stresswert: % 2. Stresswert: %

1. Herzzustand: , 2. Herzzustand: ,

VIPORT:

1. Stresswert: % 2. Stresswert: %

Endotheliale Dysfunktion:

1. SI: , m/s 1. RI: %

2. SI: , m/s 2. RI: %

3. SI: , m/s 3. RI: %

Haben Sie noch **Regelblutungen**? ja nein; regelmäßig ja nein

Wenn nein: In welchem Alter sistiert? Jahre; Nehmen Sie HRT? ja nein

Wenn ja: Nehmen Sie hormonelle Antikonzeptiva? ja nein

Datum des ersten Tages der letzten Regelblutung
Tag Monat

Medikamente: Haben Sie in den letzten Wochen regelmäßig Medikamente, Hormone, Vitamin- oder Mineralstoffpräparate eingenommen? ja nein

Wenn ja, um welches Medikament, Hormon, HRT, Antikonzeptiva, Vitamin- oder Mineralstoffpräparat handelt es sich (Name, Stärke)?.....
.....

Abbildung 9: Formblatt der Strategy-Studie

Alle Daten wurden zentral im Deutschen Institut für Ernährungsforschung, Abteilung Epidemiologie, gespeichert und wurden in Kooperation mit Biomathematikern uni- und multivariaten Analysen unterzogen.

2.2.5 Befragung

Die Teilnehmer wurden darüber hinaus in Form von Fragebögen u.a. um Angaben zu Anamnese, Ernährungsgewohnheiten, körperlichen Aktivitäten sowie Stressparametern und zu ihrer Soziodemographie gebeten. Im Rahmen des zweiten Untersuchungstermins, der im Universitätsklinikum Hamburg- Eppendorf im Zentrum für Innere Medizin stattfand, wurde die Ableitung des EKGs mit beiden Geräten sowie die Blutdruckmessung wiederholt. Die ausgefüllten Fragebögen wurden eingesammelt, und die Befunde praxisrelevanter und etablierter Untersuchungen wurden dem Probanden ausgehändigt und erläutert. Bei lebensstilabhängigen Risiken wurde eine entsprechende Umstellung der Lebensgewohnheiten angesprochen. Bei Teilnehmern mit Risikofaktoren erfolgte die Aufklärung über Notwendigkeit und Möglichkeiten einer Behandlung durch den Hausarzt.

2.3 Datenmanagement und statistische Auswertung

Persönliche Daten wurden und werden grundsätzlich nicht weitergegeben. Alle Daten wurden zentral im Deutschen Institut für Ernährungsforschung, Abteilung Epidemiologie, gespeichert und sind als anonymisierte Datensätze den beteiligten Wissenschaftlern zur Auswertung zugänglich.

Die Studienteilnehmer wurden generell darüber informiert, dass alle Daten pseudonymisiert und nur so wissenschaftlich ausgewertet wurden. Die Decodierung bezieht sich nur auf klinisch relevante, in der ärztlichen Praxis etablierte Parameter, so dass es zum Nutzen der Probanden möglich ist, Auskunft über die Untersuchungsergebnisse geben zu können. Auch genetische Bestimmungen wurden ausschließlich pseudonymisiert in Labors ohne Zugriff auf die Decodierungsliste vorgenommen. Die Decodierungsliste wird im Zentrum für klinische Studien aufbewahrt und ist nur den dort arbeitenden Studienleitern zugänglich.

Die im Rahmen der Strategy-Studie erhobenen Daten wurden uni- und multivariaten Analysen unterzogen. Die Auswertungen sollten helfen, Probandengruppen zu identifizieren, bei denen mit ausreichender Wahrscheinlichkeit anhand von CSI und Herzstatus auf das Bestehen kardiovaskulärer Risikofaktoren vorausgesagt werden können.

Mittelwerte wurden mit dem gepaarten t-Test oder mit dem verteilungsunabhängigen zweiseitigen Wilcoxon-Test auf signifikante Differenzen getestet. Trends wurden mit dem Kruskal-Wallis-Test auf Signifikanz geprüft. Steigungen wurden mit der logistischen Regression geprüft. Unterschiede auf einem Niveau von $p < 0,05$ wurden als signifikant angesehen. Alle Evaluationen wurden mit dem SAS Software Package Version 9.1.3 durchgeführt.

2.4 Ethische Belange und Auswertung

Die Probanden wurden bezüglich der körperlichen Untersuchungen und der Blutabnahme aufgeklärt, wobei keine speziellen Risiken erkennbar waren. Die Probanden wurden hinsichtlich eines geeigneten Lebensstils vor der Untersuchung (nüchtern und Vermeidung von Stressbelastung) und dem Verhalten während des Glukosetoleranztests aufgeklärt und hatten jederzeit die Möglichkeit, telefonisch fachspezifische Auskünfte zu erhalten. Da keine Intervention geplant war, wurde keine spezielle Probandenversicherung abgeschlossen. Die beteiligten Ärzte sind berufshaftpflichtversichert.

Die schriftliche Einwilligungserklärung beinhaltete einen Passus über die freiwillige Teilnahme, die jederzeit ohne Nachteil abgebrochen bzw. insgesamt oder in Teilen widerrufen

fen werden konnte. Die Probanden wurden um ihr Einverständnis gebeten, Name, Anschrift, Telefonnummer, evtl. E-Mail-Adresse und Geburtsdatum speichern zu dürfen, um die Möglichkeit zu haben, einmal jährlich einmal Kontakt aufnehmen zu können und so den Verlauf hinsichtlich Morbidität und Mortalität dokumentieren zu können. Die Teilnehmer wurden auch gebeten einzuwilligen, zu einer erneuten Untersuchung unter Umständen innerhalb einer neuen Studie eingeladen zu werden.

Den Probanden wurden die für eine Beratung oder Behandlung relevanten Ergebnisse mitgeteilt. Es wurde davon ausgegangen, dass allen Probanden durch die Teilnahme an der Studie ein Vorteil erwächst, da auch bisher nicht als Patienten geltende Studienteilnehmer von kardiovaskulären Risikofaktoren und Arteriosklerose betroffen sein könnten und diese damit von einer frühzeitigen Diagnose und Aufklärung profitieren können. Die frühzeitige Erkennung kardiovaskulären Risikos durch die besondere Auswertung der einfachen Technik der Ableitung des EKGs mittels Vicardio oder Viport als globale Suchmethode bietet den Betroffenen die Möglichkeit der Prävention und Therapie. Nicht etablierte Parameter, die wissenschaftlich ausgewertet worden sind, sollten nicht mitgeteilt werden. Die Ergebnisse etwaiger genetischer Untersuchungen wurden grundsätzlich nicht mitgeteilt.

3 Ergebnisse

Im Folgenden werden die Basisergebnisse der Auswertungen der 200 untersuchten Teilnehmer der Strategy-Studie vorgestellt. Dabei soll Abschnitt 3.1 dazu dienen, geschlechts- und altersspezifische Unterschiede der Probanden in Bezug auf klinische kardiovaskuläre Risikofaktoren aufzuweisen. Im Anschluss wird in 3.2 der vom Vicardio und in 3.3 der vom Viport gemessene Geräteparameter Stresswert mit diesen klinischen Risikofaktoren dargestellt. 3.4 präsentiert die Ergebnisse in Bezug auf den mit dem Vicardio Gerät ermittelten Herzzustand. Im Abschnitt 3.5 werden die gemessenen Werte der Geräte untereinander verglichen und eine Darstellung der jeweiligen Differenzen zwischen den zwei Messterminen (vor- und nachmittags) präsentiert.

Zu den untersuchten klinischen Parametern gehören:

Anthropometrische Parameter:

- Alter
- Körpergewicht
- Körpergröße
- BMI
- Taillenumfang
- Körperfett

Kardiale Parameter:

- Herzfrequenz
- Systolischer Blutdruck (vor- und nachmittags gemessen)
- Diastolischer Blutdruck (vor- und nachmittags gemessen)

Laborparameter:

- Nüchternblutzucker
- LDL-Cholesterin
- HDL-Cholesterin
- Triglyzeride

Ergebnisse

Zu den erhobenen Parametern der Geräte gehörten:

- Viport Stresswert (vor- und nachmittags gemessen)
- Vicardio Stresswert (vor- und nachmittags gemessen)
- Vicardio Herzzustand (vor- und nachmittags gemessen)

nach dem Geschlecht und dem Alter dargestellt.

Folgende Tabelle zeigt die Charakterisierung der Studienpopulation:

Parameter	Frauen		Männer		Signifikanz p-Wert
	Mittelwert	± SD	Mittelwert	± SD	
Alter [Jahre]	49,5	10,8	49,3	11,2	n.s.
Größe [cm]	166,2	6,5	180,7	7,4	<0,0001
Gewicht [kg]	65,7	9,7	84,5	10,6	<0,0001
Body-Mass-Index [kg/m ²]	23,8	3,3	25,9	2,7	<0,0001
Körperfett [%]	29,9	6	22,3	5,3	<0,0001
Taille [cm]	81,3	9,3	94,8	9,2	<0,0001
Blutzucker [mg/dl]	87,6	7,9	91,6	9	0,001
LDL-Cholesterin [mg/dl]	111	32,8	122,8	31,6	0,006
HDL-Cholesterin [mg/dl]	80,4	17,3	63,6	15,6	<0,0001
Triglyzeride [mg/dl]	83,5	34,4	117,1	67,6	n.s.
Syst. Blutdruck vorm. [mmHg]	120,5	19	125,8	15,1	0,007
Diast. Blutdruck vorm. [mmHg]	73,3	9,4	78,6	11,7	0,0007
Syst. Blutdruck nachm. [mmHg]	126,5	18,5	131,1	14,7	0,014
Diast. Blutdruck nachm. [mmHg]	80,4	9,8	85,9	9,7	0,0002
Puls [pro min]	70	8,9	66,5	9,2	0,01
Vicardio CSI vorm. [%]	26,9	19,2	32,2	24,2	<0,0001
Vicardio CSI nachm. [%]	26	19	36,9	26,7	0,006
Viport CSI vorm. [%]	27,3	17	36,8	23,6	<0,0001
Viport CSI nachm. [%]	28,3	18,3	37,7	24,9	<0,0001
Vicardio Herzzustand vorm.	3,8	0,8	2,9	1,2	<0,0001
Vicardio Herzzustand nachm.	3,9	0,8	2,6	0,9	<0,0001
Herzfrequenzvariabilität vorm. [ms]	49	50,7	62,5	63,7	0,03
Herzfrequenzvariabilität nachm. [ms]	46,8	39,2	47,2	36,1	n.s.

Abbildung 10: Charakterisierung der Studienpopulation

3.1 Geschlechts- und altersspezifische Unterschiede der Probanden in Bezug auf klinische kardiovaskuläre Risikofaktoren

3.1.1 Anthropometrische Parameter

3.1.1.1 Körpergewicht

Das durchschnittliche Körpergewicht der weiblichen Probanden beträgt 65,7 kg, das der männlichen Probanden 84,5 kg. Männer sind also im Mittel um 18,8 kg schwerer als Frauen ($p < 0,0001$) (Abbildung 11).

In beiden Geschlechtern unterscheiden sich die Probanden der unterschiedlichen Altersstufen im durchschnittlichen Körpergewicht geringfügig.

Beide Geschlechter zeigen mit dem Alter einen geringen Trend zur Zunahme des Körpergewichtes, wobei der Alterstrend nur für die männlichen Teilnehmer signifikant ist ($p < 0,0001$). Die Männer erreichen ihr Höchstgewicht in der Altersspanne von 30 - 39 Jahren mit einem durchschnittlichen Gewicht von 86,3 kg. Bei den Frauen entspricht dieses der Altersspanne von 40 - 49 Jahren mit 66,7 kg. Das geringste Gewicht erreichen die männlichen Teilnehmer zwischen 50 - 70 Jahren (83,1 kg), die weiblichen mit 50 - 59 Jahren (65,4 kg).

Alter und Körpergewicht

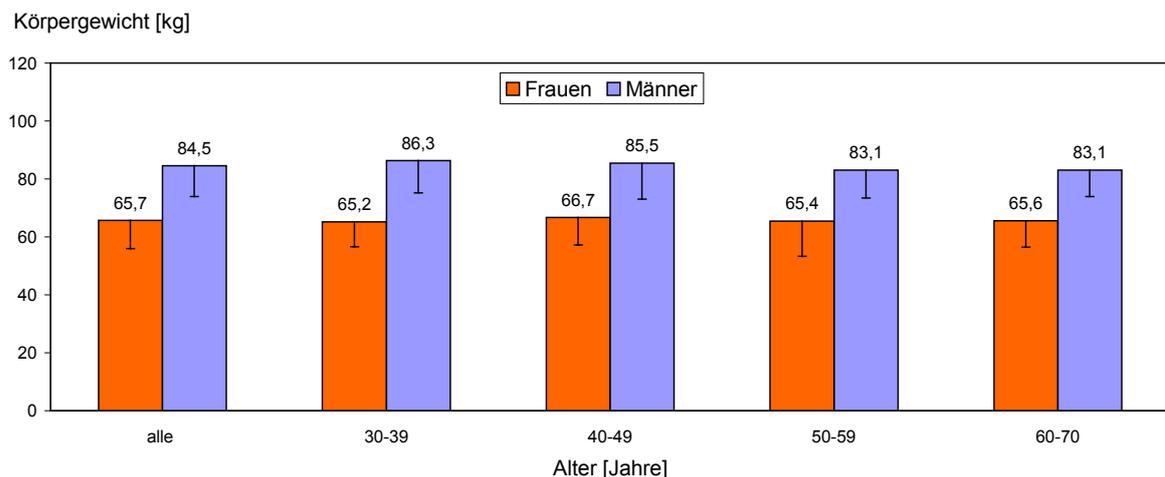


Abbildung 11: Altersspezifisches Körpergewicht für Männer und Frauen

3.1.1.2 Körpergröße

Die durchschnittliche Körpergröße der weiblichen Probanden liegt bei 166,2 cm, die der männlichen bei 180,7 cm. Die Männer sind somit um 14,5 cm größer ($p < 0,0001$) (Abbildung 12). Das Ergebnis zeigt, dass der Größenunterschied zwischen den verschiedenen Altersgruppen der weiblichen sowie zwischen den Altersgruppen der männlichen Probanden gering ist. Somit werden niedrigere Körpergrößen in den älteren Quartilen gefunden (Für beide Geschlechter für den Trend $p < 0,0001$).

Die durchschnittlich größten Frauen sind zwischen 40 – 49 Jahren (169,7 cm). Die durchschnittlich größten Männer sind zwischen 30 – 39 Jahren (183,3 cm). Die kleinste Körpergröße haben bei beiden Geschlechtern die Teilnehmer in der Altersspanne von 60-70 Jahren.

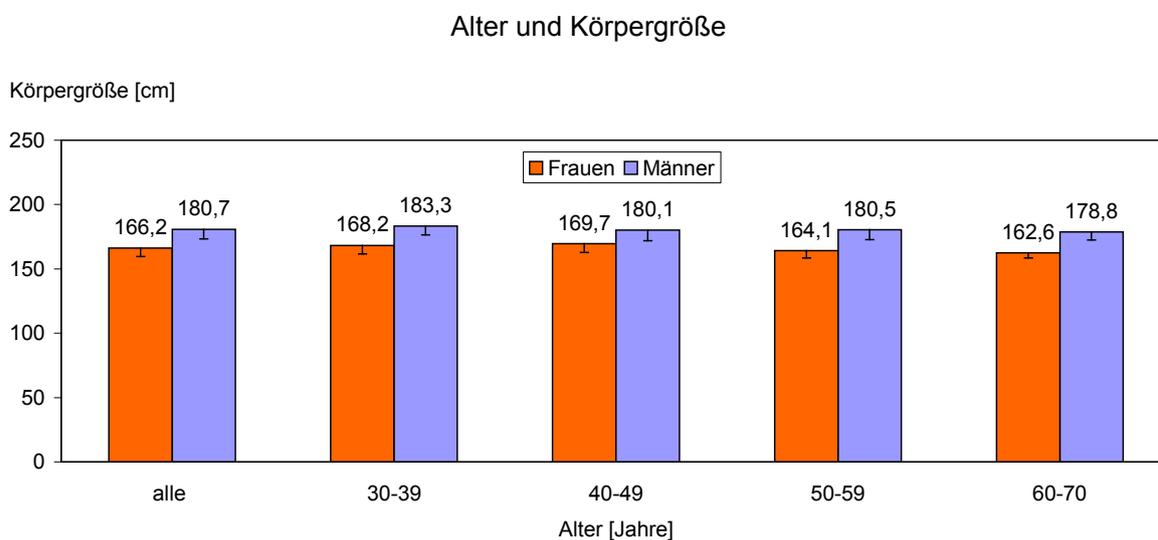


Abbildung 12: Altersspezifische Körpergröße für Männer und Frauen

3.1.1.3 BMI

Der durchschnittliche BMI der weiblichen Probanden liegt bei 23,8 kg/m², der der männlichen Probanden bei 25,9 kg/m². Die männlichen Teilnehmer haben somit einen um 2,1 kg/m² höheren BMI als die weiblichen ($p < 0,0001$) (Abbildung 13).

Beim BMI ist nur bei den weiblichen Probanden der typische Alterstrend signifikant (Trend $p < 0,0001$). Frauen in der Altersgruppe vom 60. – 70. Lebensjahr haben den höchsten (24,8 kg/m²), Frauen in der Altersgruppe von 30 – 39 Jahren den niedrigsten (23 kg/m²) BMI der weiblichen Teilnehmer.

Bei den männlichen Probanden ist nur ein schwacher, kaum erkennbarer und nicht signifikanter Alterstrend bezüglich des BMI zu erkennen. Den höchsten BMI der verschiedenen

Ergebnisse

Altersgruppen bei den männlichen Probanden haben die Teilnehmer im Alter zwischen 40 – 49 Jahren. Die männlichen Teilnehmer im Alter von 50 – 59 haben den geringsten BMI aller männlichen Probanden.

Alter und BMI

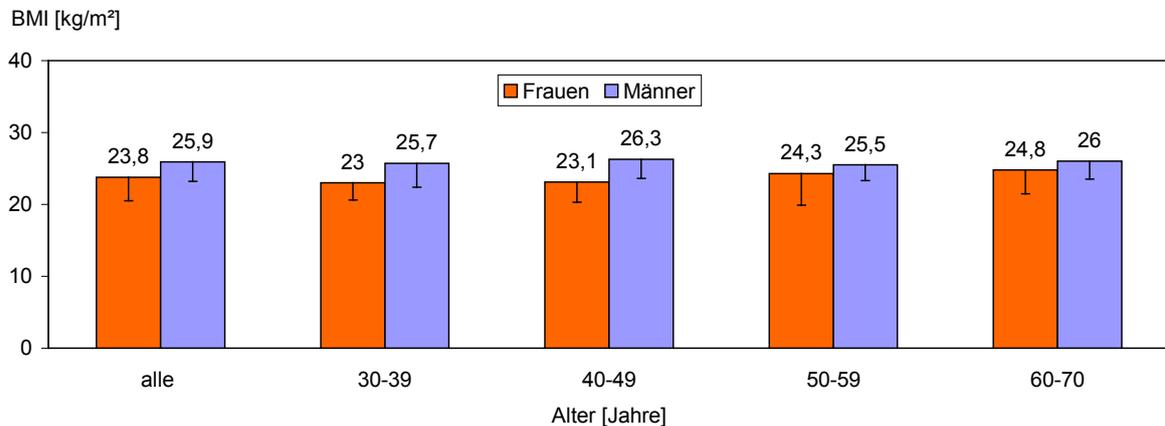


Abbildung 13: Altersspezifischer BMI für Männer und Frauen

3.1.1.4 Taillenumfang

Der durchschnittliche Taillenumfang der männlichen Probanden beträgt 94,8 cm, der der weiblichen Probanden 81,3 cm. Die männlichen Teilnehmer haben demnach einen um 13,5 cm größeren Taillenumfang als die weiblichen Teilnehmer ($p < 0,0001$). Bei beiden Geschlechtern ist ein gut erkennbarer kontinuierlicher Anstieg des Taillenumfanges mit dem Alter zu beobachten (bei beiden Geschlechtern Trend $p < 0,0001$) (Abbildung 14).

Alter und Taillenumfang

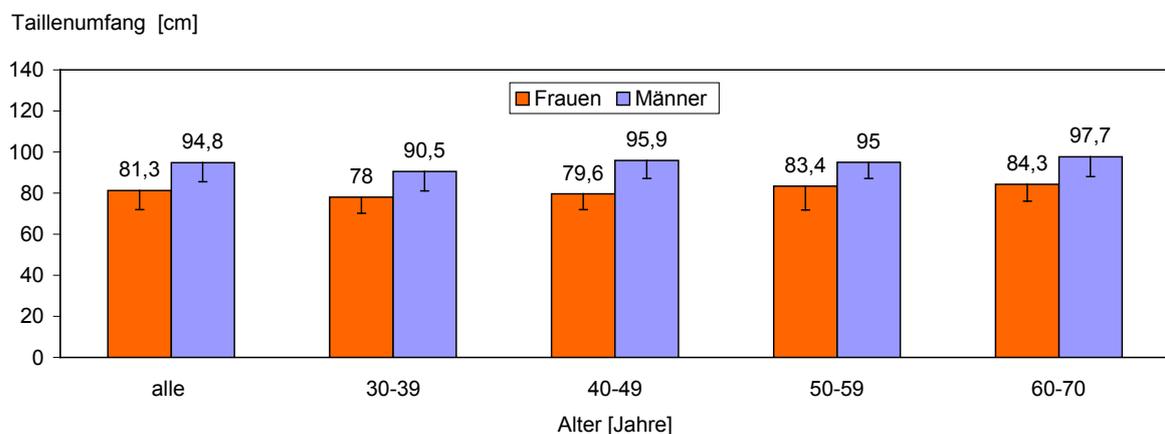


Abbildung 14: Altersspezifischer Taillenumfang für Männer und Frauen

3.1.1.5 Körperfett

Im Gegensatz zum Taillenumfang haben die weiblichen Teilnehmer einen höheren Körperfettanteil. Der durchschnittliche Körperfettanteil der Frauen beträgt 29,9%, der der Männer 22,3%. Die weiblichen Teilnehmer haben somit einen um 7,6% höheren Körperfettgehalt als die männlichen ($p < 0,0001$). Parallel zu dem Taillenumfang steigt bei beiden Geschlechtern das Körperfett mit dem Alter an (Trend $p < 0,0001$) (Abbildung 15).

Die Teilnehmer haben zwischen 30 – 39 Jahren den kleinsten (Frauen: 25%, Männer: 18,6%) und mit 60 – 70 Jahren den größten Körperfettanteil (Frauen: 34%, Männer: 25,7%).

Alter und Körperfett

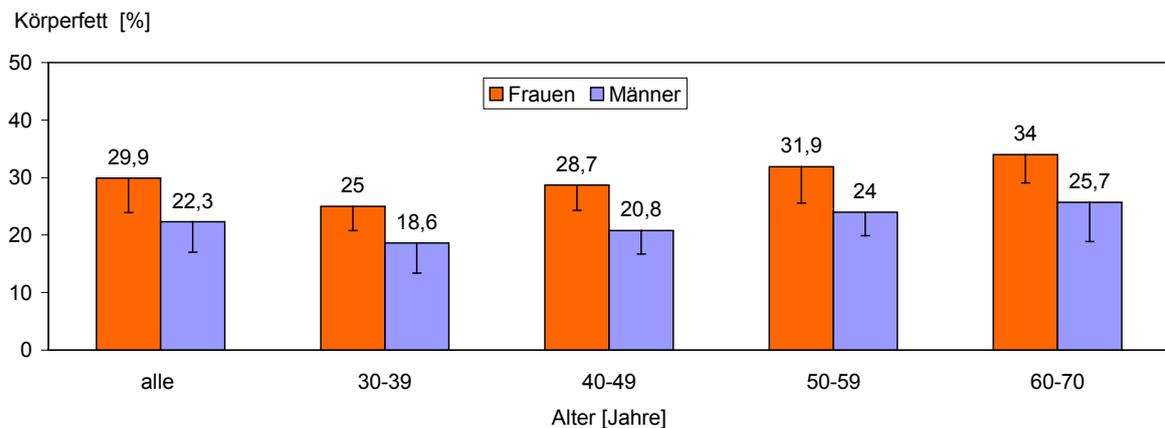


Abbildung 15: Altersspezifischer Körperfettanteil für Männer und Frauen

3.1.2 Kardiale Parameter

3.1.2.1 Herzfrequenz

Das folgende Diagramm lässt erkennen, dass die weiblichen Teilnehmer eine durchschnittliche Herzfrequenz von 70 Schlägen pro Minute und die männlichen Teilnehmer von 66,5 Schlägen pro Minute haben. Die männlichen Probanden haben somit eine niedrigere Herzfrequenz als die weiblichen Probanden ($p = 0,0108$). Dabei sind die Mediane der beiden Geschlechter von 68 Schlägen pro Minute identisch (Abbildung 16).

Der Graphik zur Folge lässt sich kein einheitlicher wesentlicher Alterstrend für die Herzfrequenz erkennen, doch zeigen die statistisch berechneten Ergebnisse, dass ein signifikanter pTrend für beide Geschlechter besteht (Frauen Trend $p < 0,0001$, Männer $p = 0,0004$.)

Ergebnisse

Somit ist der Herzfrequenzunterschied der verschiedenen Altersgruppen der weiblichen Probanden signifikant (p Trend $<0,0001$) (Abbildung 16).

Frauen in der Altersgruppe zwischen 30 – 39 Jahren haben die niedrigste (69,8 Schläge pro Minute), Frauen in der Altersgruppe von 60 – 70 Jahren haben die höchste (71,5 Schläge pro Minute) Herzfrequenz der weiblichen Teilnehmer.

Der Unterschied in der Herzfrequenz der verschiedenen Altersgruppen bei den männlichen Probanden ist ebenfalls signifikant (p Trend $<0,0004$). Die niedrigste Herzfrequenz der verschiedenen Altersgruppen bei den männlichen Probanden haben die Teilnehmer im Alter zwischen 40 – 49 Jahren (65,1 Schläge pro Minute).

Die Männer der Altersgruppe von 60 – 70 Jahren haben die höchste Herzfrequenz aller männlichen Teilnehmer (67,5 Schläge pro Minute).

Alter und Herzfrequenz

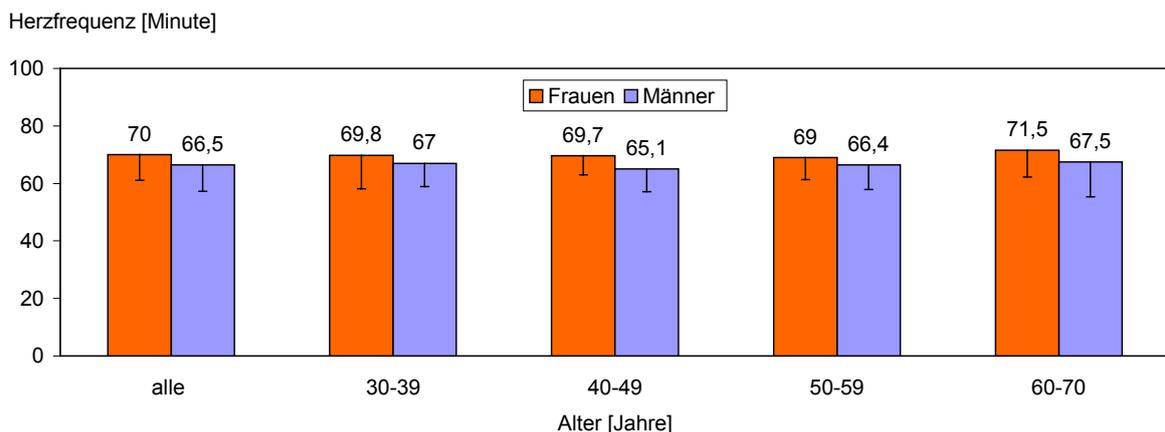


Abbildung 16: Altersspezifische Herzfrequenz für Männer und Frauen

3.1.2.2 Systolischer Blutdruck vormittags

Im Durchschnitt betrachtet haben die männlichen Probanden vormittags gemessen einen um 5,3 mmHg höheren systolischen Blutdruck als die weiblichen Probanden zur selben Tageszeit ($p = 0,0072$).

Dieser beträgt bei den männlichen Teilnehmern 125,8 mmHg und bei den weiblichen Teilnehmer 120,5 mmHg.

Bei Frauen ist ein Anstieg des systolischen Blutdruck mit dem Alter deutlich zu erkennen, während Männer schon in der jüngsten Altersgruppe einen höheren Blutdruck als Frauen haben (bei beiden Geschlechtern für den Trend $p <0,0001$) (Abbildung 17).

Ergebnisse

Männer zwischen 50 – 59 Jahren haben vormittags gemessen den höchsten systolischen Blutdruck (132 mmHg). Bei den Frauen entspricht dieses der Altersspanne von 60 – 70 Jahren (130,1 mmHg). Den geringsten systolischen Blutdruck erreichen die männlichen Teilnehmer zwischen 40 – 49 (121,3 mmHg), Frauen zwischen 30 – 39 Jahren (112,9 mmHg).

Alter und systolischer Blutdruck vormittags

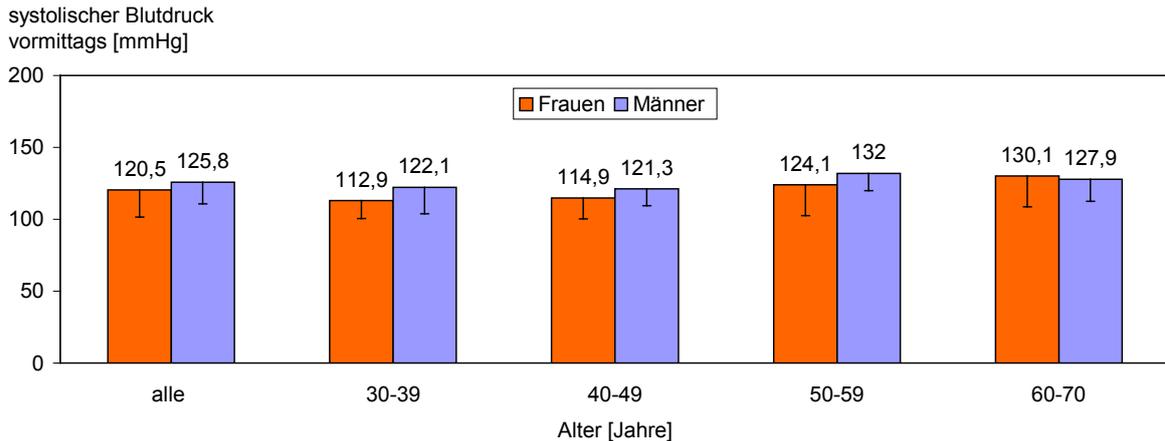


Abbildung 17: Altersspezifischer systolischer Blutdruck vormittags für Männer und Frauen

3.1.2.3 Systolischer Blutdruck nachmittags

Der durchschnittliche systolische Blutdruck der männlichen Teilnehmer am Nachmittag gemessen beträgt 131 mmHg, der der weiblichen Teilnehmer 126,5 mmHg. Der Blutdruck der Männer ist somit wie bei den Vormittagsmessungen höher als der der Frauen. Die Differenz beträgt 4,5 mmHg ($p = 0,0135$) (Abbildung 18).

Anders als bei den Messungen am Vormittag ist eine nahezu gleichförmige Zunahme des Blutdruckes bei beiden Geschlechtern mit dem Alter zu beobachten. Bei den weiblichen Probanden steigt der Wert mit dem Alter kontinuierlich an. Bei den männlichen Probanden hingegen findet sich in der Gruppe zwischen 40 – 49 Jahren ein geringerer Wert als zwischen 30 – 39 Jahren. Anschließend steigt auch bei den männlichen Teilnehmern der systolische Blutdruck mit dem Alter an (Trend bei beiden Geschlechtern $p < 0,0001$) (Abbildung 18).

Der Unterschied im Blutdruck zwischen den einzelnen Altersgruppen ist somit bei beiden Geschlechtern signifikant.

Ergebnisse

Den höchsten systolischen Blutdruck am Nachmittag haben Frauen der Altersklasse zwischen 60 – 70 Jahren (136 mmHg), den niedrigsten Frauen im Alter von 30 – 39 Jahren (118,1 mmHg).

Männer in der Altersgruppe vom 60. – 70. Lebensjahr haben den höchsten (138,8 mmHg), Männer zwischen 40 und 49 Jahren den niedrigsten (124,9 mmHg) systolischen Blutdruck.

Alter und systolischer Blutdruck nachmittags

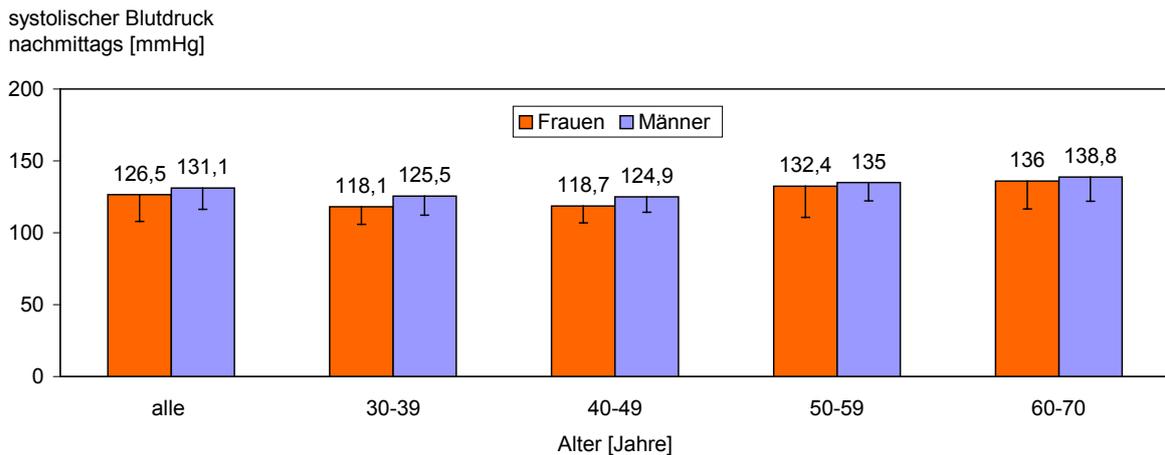


Abbildung 18: Altersspezifischer systolischer Blutdruck nachmittags für Männer und Frauen

3.1.2.4 Systolischer Blutdruck vor- und nachmittags der Frauen im Vergleich

Der systolische Blutdruck liegt bei Frauen am Nachmittag durchschnittlich um 6 mmHg höher als am Vormittag ($p < 0,0001$) (Abbildung 17 und Abbildung 18). Abbildung 19 zeigt die Korrelation zwischen den am Vor- und Nachmittag gemessenen systolischen Blutdruck der weiblichen Probanden. Je höher der Vormittagswert desto höher auch der Nachmittagswert des systolischen Blutdruckes (Abbildung 19). Die Blutdruckdifferenz betrifft insbesondere niedrigere Blutdruckwerte, während sich die Messungen vor- und nachmittags bei höherem Blutdruck angleichen.

Systolischer Blutdruck vor- und nachmittags der Frauen

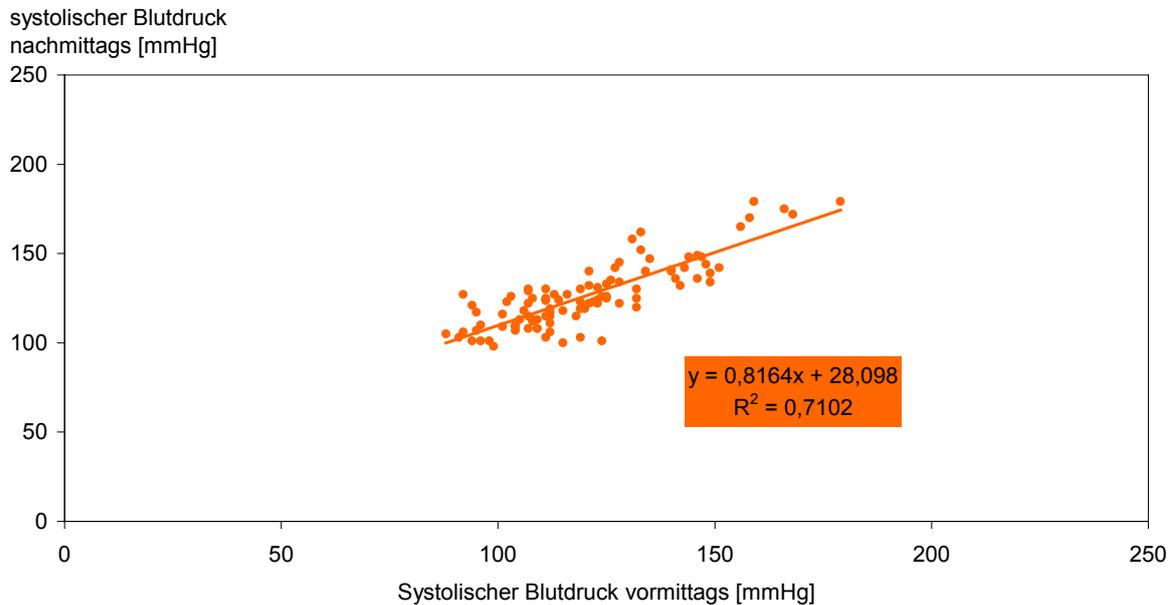


Abbildung 19: Korrelation der Messungen des systolischen Blutdruckes am Vor- und Nachmittag der weiblichen Probanden

3.1.2.5 Systolischer Blutdruck vor- und nachmittags der Männer im Vergleich

Der systolische Blutdruck liegt auch bei Männern am Nachmittag höher als am Vormittag. Die Differenz beträgt 5,3 mmHg ($p < 0,0001$) (Abbildung 17 und Abbildung 18). Abbildung 20 zeigt die Korrelation zwischen den am Vor- und Nachmittag gemessenen systolischen Blutdruck der männlichen Probanden. Je höher der Vormittagswert, desto höher auch der Nachmittagswert des systolischen Blutdruckes (Abbildung 20). Ähnlich wie bei den Frauen ergibt sich die Blutdruckdifferenz stärker bei niedrigeren Blutdruckwerten, während sich der Blutdruck vor- und nachmittags gemessen bei höheren Werten angleicht. Im Mittel haben Männer höhere Blutdruckwerte als Frauen (Abbildung 17 und Abbildung 18).

Systolischer Blutdruck vor- und nachmittags der Männer

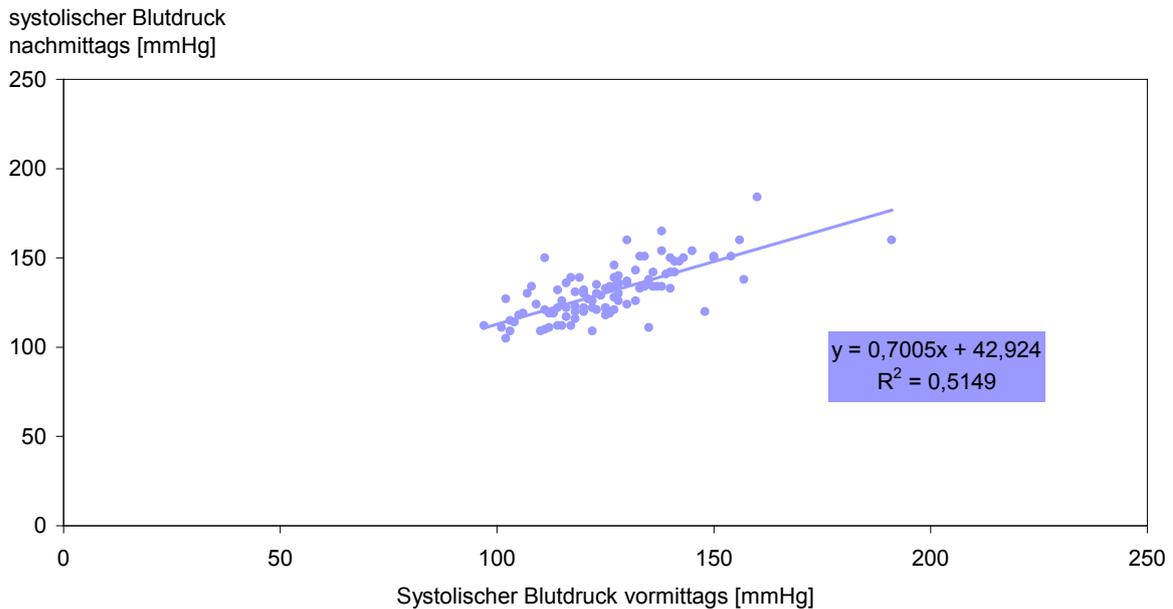


Abbildung 20: Korrelation der Messungen des systolischen Blutdruckes am Vor- und Nachmittag der männlichen Probanden

3.1.2.6 Diastolischer Blutdruck vormittags

Der mittlere diastolische Blutdruck aller männlichen Teilnehmer beträgt 78,6 mmHg, der der weiblichen 73,3 mmHg (Abbildung 21). Die männlichen Probanden haben demnach einen um 5,3 mmHg höheren Blutdruck als die weiblichen ($p = 0,0007$).

Passend zum Verlauf des systolischen Blutdruckes, der am Vormittag gemessen wurde, ist bei Frauen der Anstieg des diastolischen Blutdruckes mit dem Alter deutlicher als bei den männlichen Probanden, die schon in den jüngsten Altersgruppe einen deutlich höheren diastolischen Blutdruck als Frauen haben (Trend Frauen $p < 0,0001$, Männer n.s.) (Abbildung 21). Den höchsten diastolischen Blutdruck, der am Vormittag gemessen wurde, haben die männlichen Probanden in der Altersklasse von 50 – 59 Jahren mit 83,3 mmHg, den niedrigsten Männer zwischen dem 60. und 70. Lebensjahr mit 75,8 mmHg. Frauen im Alter von 60 – 70 Jahren haben den höchsten (75 mmHg), Frauen in der Altersgruppe von 30 – 39 Jahren den niedrigsten diastolischen Blutdruck.

Alter und diastolischer Blutdruck vormittags

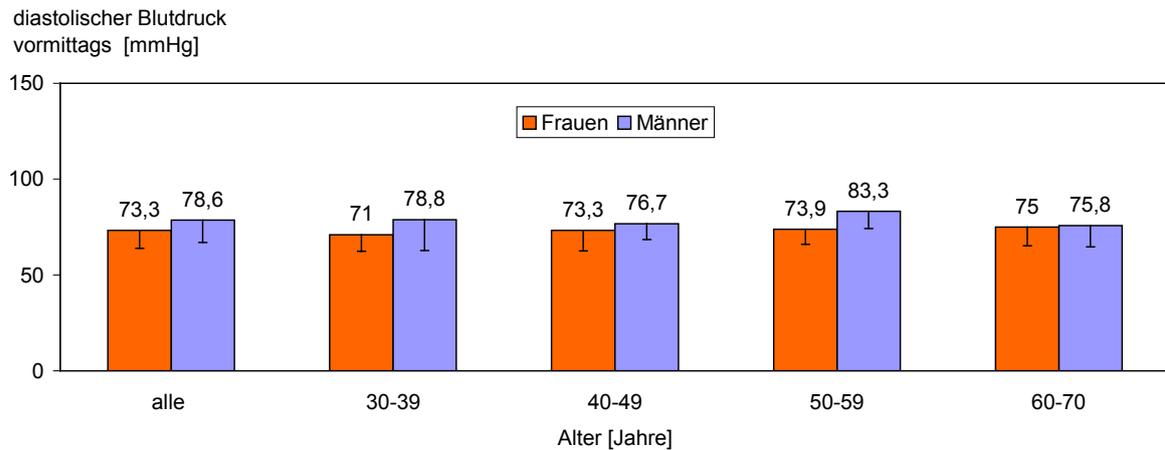


Abbildung 21: Altersspezifischer diastolische Blutdruck vormittags für Männer und Frauen

3.1.2.7 Diastolischer Blutdruck nachmittags

Der durchschnittliche diastolische Blutdruck, der nachmittags bei männlichen Probanden gemessen wurde, ist mit 85,9 mmHg größer als der der weiblichen Probanden von 80,4 mmHg (Abbildung 22). Im Durchschnitt beträgt diese Differenz damit 5,4 mmHg und ist signifikant ($p = 0,0002$).

Vergleichbar mit den Vormittagswerten ergibt sich aus der unten dargestellten Graphik des diastolischen Blutdruckes kein progredienter Anstieg mit dem Alter. Dennoch ergibt sich statistisch für den Trend bei beiden Geschlechtern ein Signifikanzniveau von $<0,0001$.

Die höchsten Werte der männlichen Teilnehmer hat die Altersgruppe zwischen 50 – 59 Jahren (88,7 mmHg), die niedrigsten Männer im Alter von 30 – 39 Jahren (83,3 mmHg). Den höchsten diastolischen Blutdruck der weiblichen Probanden haben die Frauen im Alter zwischen 50 – 59 Jahren (82,7 mmHg). Die weiblichen Teilnehmer im Alter von 30 – 39 Jahren haben den niedrigsten am Nachmittag gemessenen diastolischen Blutdruck (77,9 mmHg) (Abbildung 22).

Alter und diastolischer Blutdruck nachmittags

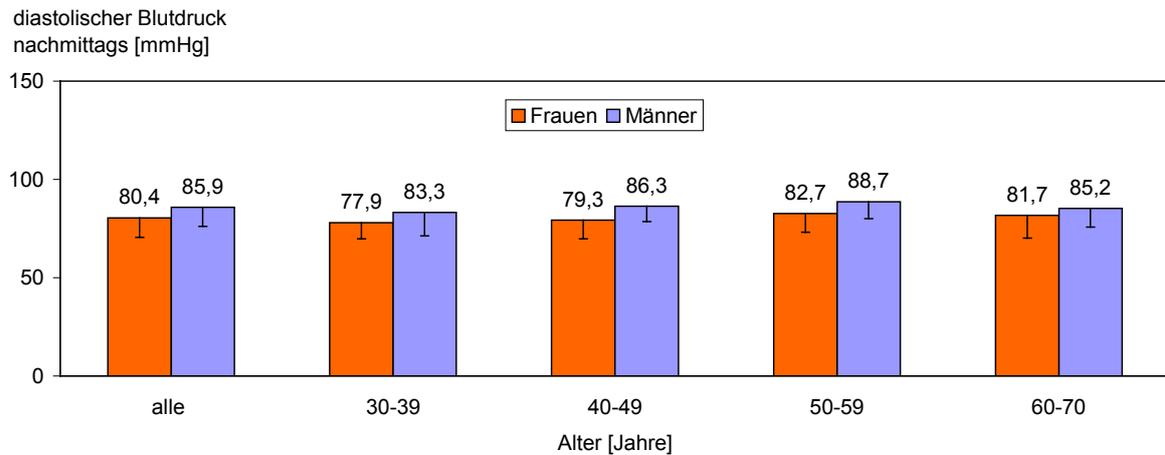


Abbildung 22: Altersspezifischer diastolische Blutdruck nachmittags für Männer und Frauen

3.1.2.8 Diastolischer Blutdruck vor- und nachmittags der Frauen im Vergleich

Der diastolische Blutdruck liegt bei Frauen am Nachmittag durchschnittlich um 7,1 mmHg höher als am Vormittag ($p < 0,0001$) (Abbildung 21 und Abbildung 22). Abbildung 23 zeigt die Korrelation zwischen den am Vor- und Nachmittag gemessenen diastolischen Blutdruckwerten der weiblichen Probanden. Je höher der Vormittagswert, desto höher auch der Nachmittagswert des diastolischen Blutdruckes (Abbildung 23). Die Blutdruckdifferenz betrifft insbesondere niedrigere Blutdruckwerte, während sich die Messungen vor- und nachmittags bei höherem Blutdruck angleichen.

Diastolischer Blutdruck vor- und nachmittags der Frauen

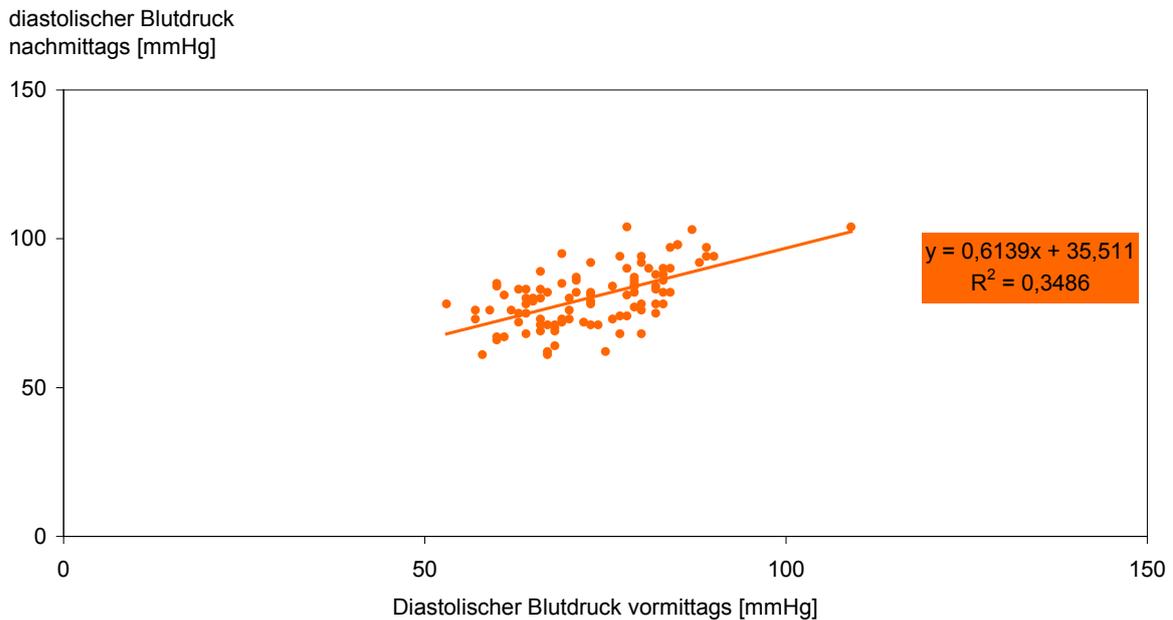


Abbildung 23: Korrelation der Messungen des diastolischen Blutdruckes am Vor- und Nachmittag der weiblichen Probanden

3.1.2.9 Diastolischer Blutdruck vor- und nachmittags der Männer im Vergleich

Der diastolische Blutdruck liegt auch bei Männern am Nachmittag durchschnittlich höher als am Vormittag (Differenz 7,3 mmHg) (Abbildung 21 und Abbildung 22). Abbildung 24 zeigt die Korrelation zwischen dem am Vor- und Nachmittag gemessenen diastolischen Blutdruck der männlichen Probanden. Je höher der Vormittagswert, desto höher auch der Nachmittagswert des diastolischen Blutdruckes ($p < 0,0001$) (Abbildung 24). Ähnlich wie bei den Frauen ergibt sich die Blutdruckdifferenz stärker bei niedrigeren Blutdruckwerten, während sich der Blutdruck vor- und nachmittags gemessen bei höheren Werten angleicht. Im Mittel haben Männer höhere Blutdruckwerte (Abbildung 21 und Abbildung 22).

Diastolischer Blutdruck vor- und nachmittags der Männer

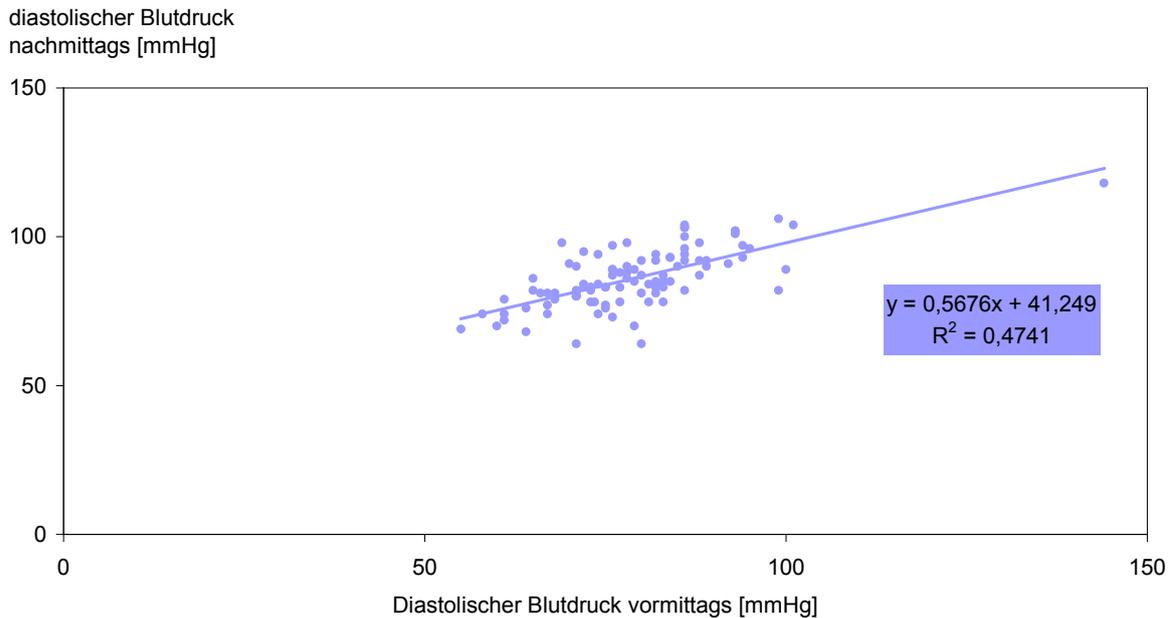


Abbildung 24: Korrelation der Messungen des diastolischen Blutdruckes am Vor- und Nachmittag der männlichen Probanden

3.1.3 Laborparameter

3.1.3.1 Nüchternblutzucker

Der durchschnittliche Blutzuckerwert aller männlichen Probanden liegt bei 91,6 mg/dl, der der weiblichen bei 87,6 mg/dl. Die Differenz beträgt 4 mg/dl ($p = 0,0011$) (Abbildung 25).

Bei beiden Geschlechtern ist ein kontinuierlicher Anstieg des Nüchternblutzuckers mit dem Alter festzustellen.

Bei Männern steigt der Blutzucker um insgesamt 10,1 mg/dl, bei den Frauen um 6,5 mg/dl (Trend bei beiden Geschlechtern $p < 0,0001$) (Abbildung 25).

Ergebnisse

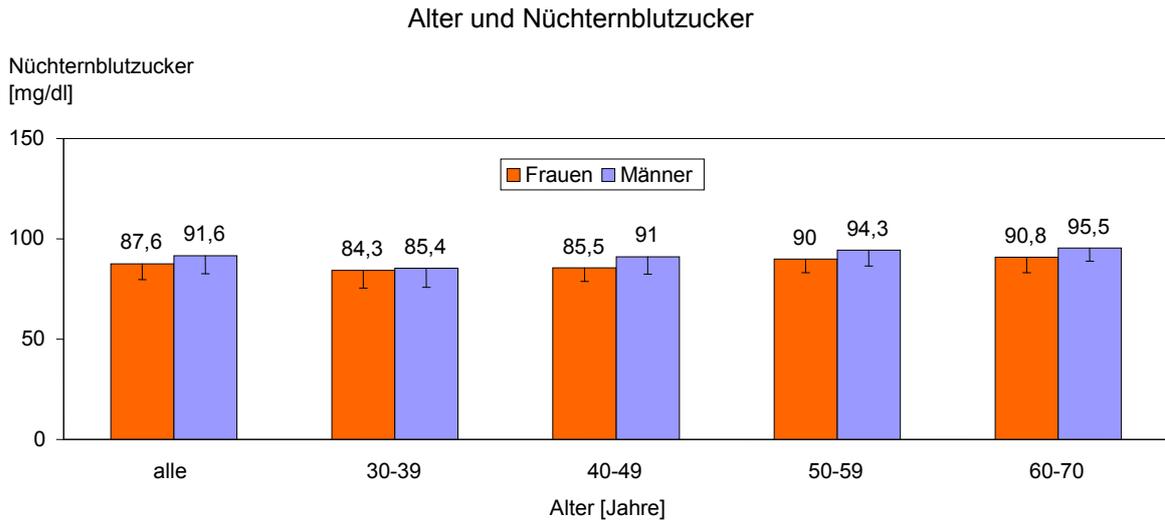


Abbildung 25: Altersspezifischer Nüchternblutzucker für Männer und Frauen

3.1.3.2 LDL-Cholesterin

Die durchschnittliche Konzentration des LDL-Cholesterins der Studienteilnehmerinnen liegt bei 111 mg/dl, die der Studienteilnehmer bei 122,8 mg/dl. Die männlichen Probanden haben somit durchschnittlich betrachtet eine um 11,8 mg/dl höhere LDL-Cholesterinkonzentration im Blut als die weiblichen ($p = 0,0063$) (Abbildung 26).

Der Verlauf der LDL-Cholesterinkonzentration mit dem Alter unterscheidet sich bei Männern und Frauen. Während bei Frauen der LDL-Cholesteringehalt im Blut mit dem Alter stetig ansteigt, scheint das LDL-Cholesterin bei Männern schon in früherem Alter höhere Werte zu erreichen (Trend bei beiden Geschlechtern $p < 0,0001$).

Frauen in der Altersklasse von 60 – 70 Jahren haben die höchste (125 mg/dl), Frauen zwischen 30 – 39 Jahren die niedrigste (93,7 mg/dl) LDL-Konzentration im Blut. Männer in der Altersklasse von 40 – 49 Jahren haben mit 136,8 mg/dl die höchste und Männer zwischen 30 – 39 Jahren die niedrigste LDL-Cholesterinkonzentration im Blut (103,6 mg/dl).

Alter und LDL

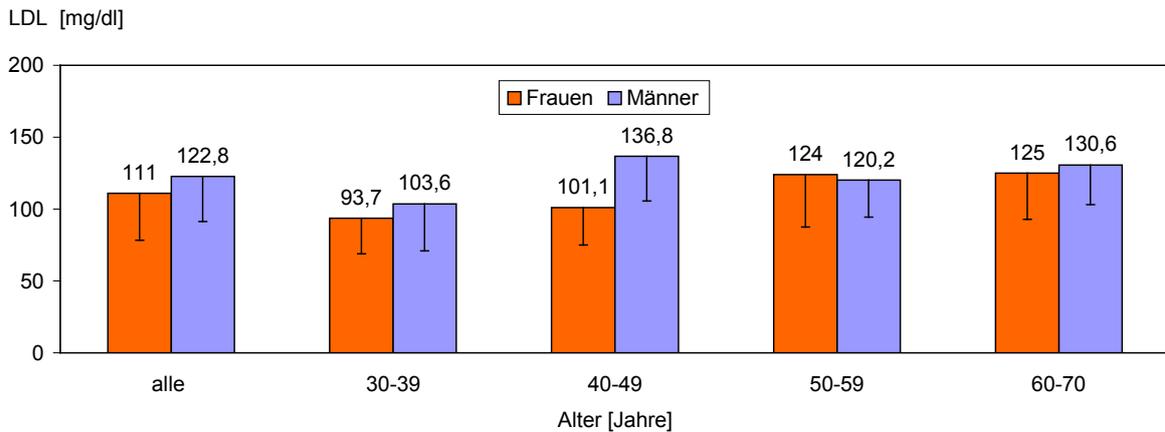


Abbildung 26: Altersspezifische LDL-Cholesterinkonzentration für Männer und Frauen

3.1.3.3 HDL-Cholesterin

Die durchschnittliche Konzentration des HDL-Cholesterins der weiblichen Teilnehmer beträgt 80,4 mg/dl, die der männlichen Teilnehmer 63,6 mg/dl. Der Unterschied der HDL-Cholesterinkonzentration von 16,8 mg/dl zwischen weiblichen und männlichen Probanden ist signifikant ($p < 0,0001$) (Abbildung 27).

Bei Männern findet sich eine stärkere Zunahme des HDL-Cholesterins mit dem Alter als bei Frauen (Trend bei beiden Geschlechtern $p < 0,0001$). Die höchsten HDL-Cholesterinwerte haben Probandinnen im Alter zwischen 50 – 59 Jahren (87,5 mg/dl), die niedrigsten Frauen vom 40. – 49. Lebensjahr (73,3 mg/dl). Bei den männlichen Probanden haben die Männer im Alter von 60 – 70 Jahren die höchste (69,5 mg/dl) und Männer zwischen 40 – 49 Jahren die niedrigste (59 mg/dl) HDL-Cholesterinkonzentration im Blut. Auch hier ist der Unterschied zwischen den verschiedenen Altersgruppen mit einer Differenz von 10,5 mg/dl signifikant ($p < 0,0001$) (Abbildung 27).

Ergebnisse

Alter und HDL

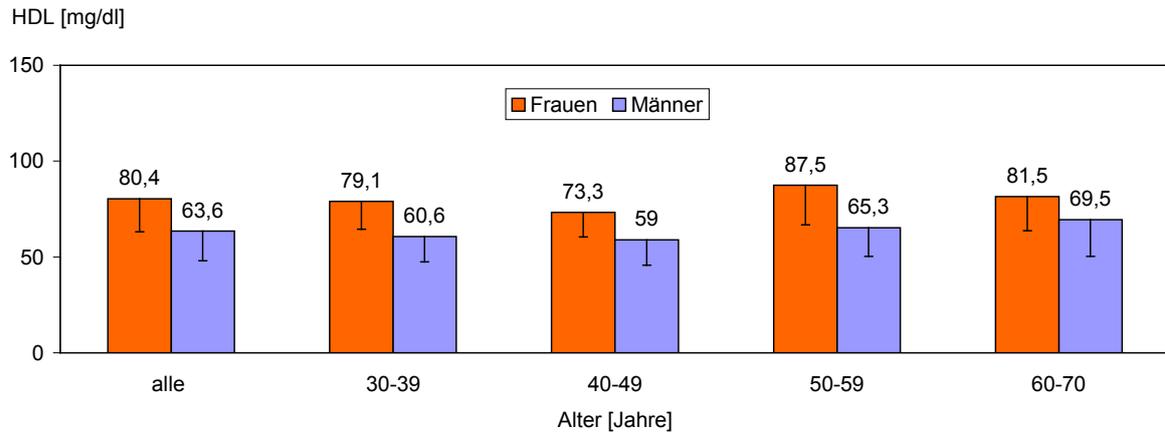


Abbildung 27: Altersspezifische HDL-Cholesterinkonzentration für Männer und Frauen

3.1.3.4 Triglyzeride

Passend zu den Ergebnissen des HDL-Cholesterins ist die durchschnittliche Triglyzeridkonzentration bei den männlichen Probanden höher als bei den weiblichen Probanden.

Die durchschnittliche Triglyzeridkonzentration des Blutes der männlichen Probanden liegt bei 117,1 mg/dl, die der weiblichen bei 83,5 mg/dl. Die männlichen Teilnehmer haben somit einen um 33,6 mg/dl höheren Triglyzeridgehalt als die Frauen. Die breiten Streuungen lassen diesen Unterschied aber nicht signifikant werden (Abbildung 28). Anders als bei den Werten für das HDL-Cholesterin ist kein einheitlicher Alterstrend für die Triglyzeridkonzentration im Blut zu erkennen.

Alter und Triglyzeride

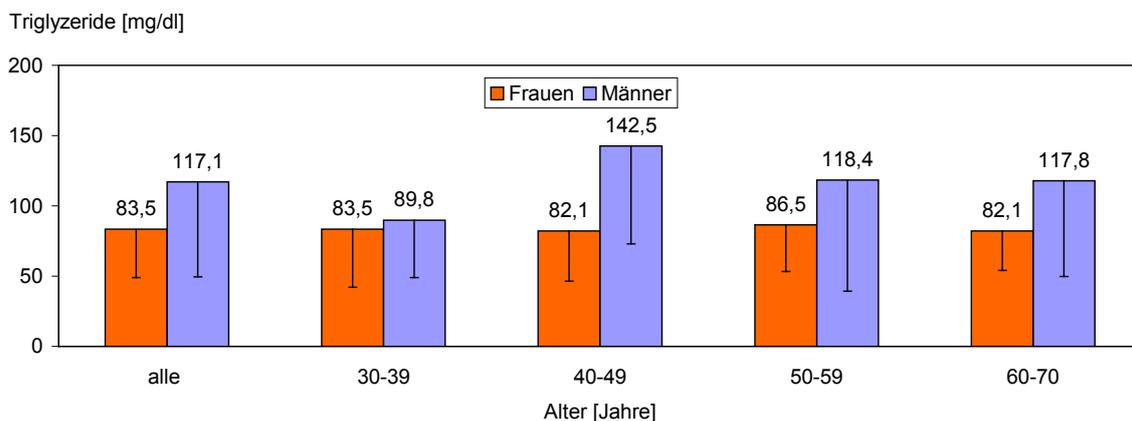


Abbildung 28: Altersspezifische Triglyzeridkonzentration für Männer und Frauen

3.1.4 Geräteparameter

3.1.4.1 Vicardio Stresswert vormittags

Der durchschnittliche Vicardio Stresswert der weiblichen Teilnehmer der vormittags gemessen wurde, liegt bei 26,9%, der der männlichen bei 32,2%. Männer haben dem zu Folge einen um 5,3% höheren Stresswert als Frauen ($p < 0,0001$) (Abbildung 29).

Bei Frauen sowie bei Männern steigt der Stresswert mit dem Alter deutlich an. Es besteht ein deutlicher Anstieg des Stresswertes zwischen den verschiedenen Altersgruppen der weiblichen und männlichen Probanden (Trend bei beiden Geschlechtern $p < 0,0001$).

Die höchsten Stresswerte wurden bei beiden Geschlechtern im Alter zwischen 60 und 70 Jahren gemessen. Bei Frauen beträgt er 35,3% und bei Männern 44,6%. Die niedrigsten Stresswerte haben Probanden und Probandinnen im Alter von 30 – 39 Jahren. Bei Frauen beträgt dieser 16,4%, bei Männern 22,2% (Abbildung 29).

Alter und Vicardio Stresswert vormittags

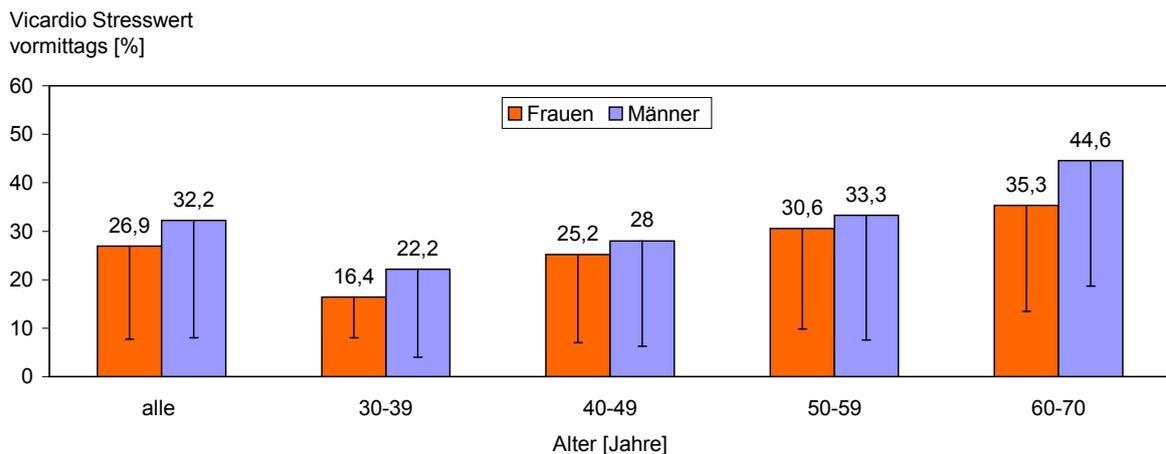


Abbildung 29: Altersspezifischer Vicardio Stresswert vormittags für Männer und Frauen

3.1.4.2 Vicardio Stresswert nachmittags

Der durchschnittliche Vicardio Stresswert am Nachmittag ist bei den männlichen Probanden (36,9%), ähnlich wie bei den Vormittagsmessungen, größer als der der weiblichen Probanden (36,9% zu 26%). Der Unterschied zwischen den Geschlechtern ist signifikant ($p = 0,0057$) (Abbildung 30).

Ergebnisse

Wie bei den Vormittagsmessungen besteht ein deutlicher Trend zu höheren Werten im Alter (Trend bei beiden Geschlechtern $p < 0,0001$). Der Unterschied des Stresswertes am Nachmittag zwischen den weiblichen Altersgruppen ist folglich signifikant.

Den höchsten Stresswert haben Frauen in der Altersspanne von 60 – 70 Jahren (38%), den niedrigsten zwischen dem 30. – 39. Lebensjahr (17%). Bei den männlichen Probanden sieht die Verteilung ähnlich aus. Den höchsten Stresswert haben Männer im Alter von 60 – 70 Jahren, den niedrigsten Männer zwischen 30 und 39 Jahren.

Der Unterschied des Stresswertes am Nachmittag zwischen den männlichen Altersgruppen ist wie oben beschrieben ebenso signifikant wie bei den weiblichen Teilnehmer (Abbildung 30).

Alter und Vicardio Stresswert nachmittags

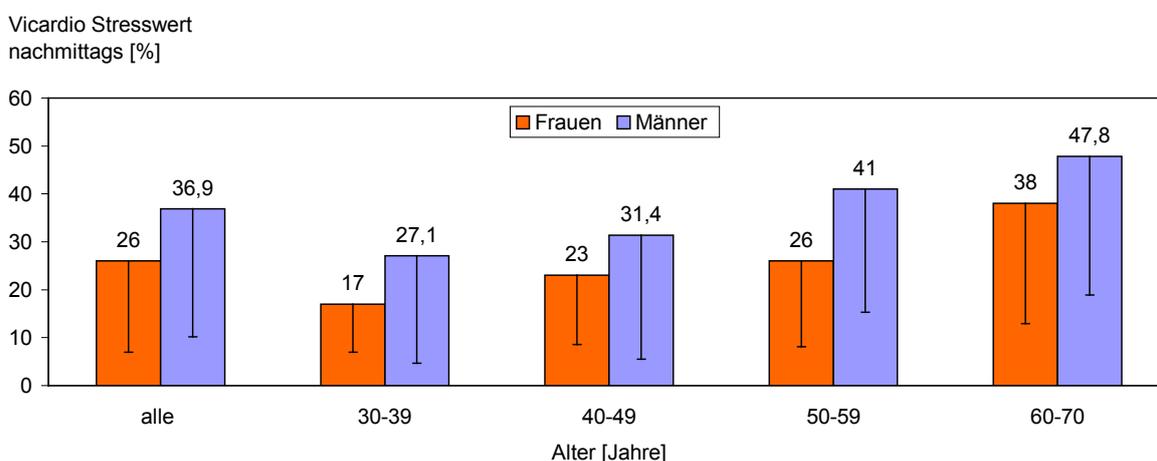


Abbildung 30: Altersspezifischer Vicardio Stresswert nachmittags für Männer und Frauen

3.1.4.3 Viport Stresswert vormittags

Genauso wie mit dem Vicardio Gerät gemessen, haben Männer auch einen höheren Viport Stresswert als Frauen. Der Viport Stresswert, der am Vormittag bei den männlichen Probanden gemessen wurde, beträgt 36,8%, der der weiblichen Probanden 27,3%. Der Unterschied des Stresswertes zwischen den weiblichen und männlichen Teilnehmern ist mit 9,5% signifikant ($p = 0,0052$) (Abbildung 31).

Bei beiden Geschlechtern steigt der Stresswert mit dem Lebensalter an, wobei der Trend nicht so deutlich ist wie bei den Messungen mit Vicardio (Trend bei beiden Geschlechtern $p < 0,0001$) (Abbildung 31). Demnach haben die jüngsten männlichen Teilnehmer den niedrigsten (29,1%) und die ältesten den höchsten (47,8%) Stresswert, der am Vormittag gemessen wurde.

Ergebnisse

Bei den weiblichen Teilnehmern hat die Altersgruppe von 30 – 39 Jahren mit 26,2% die niedrigsten Stresswerte. Die höchsten Werte wurden bei den Frauen zwischen dem 60. – 70. Lebensjahr mit 30,8% gemessen.

Alter und Viport Stresswert vormittags

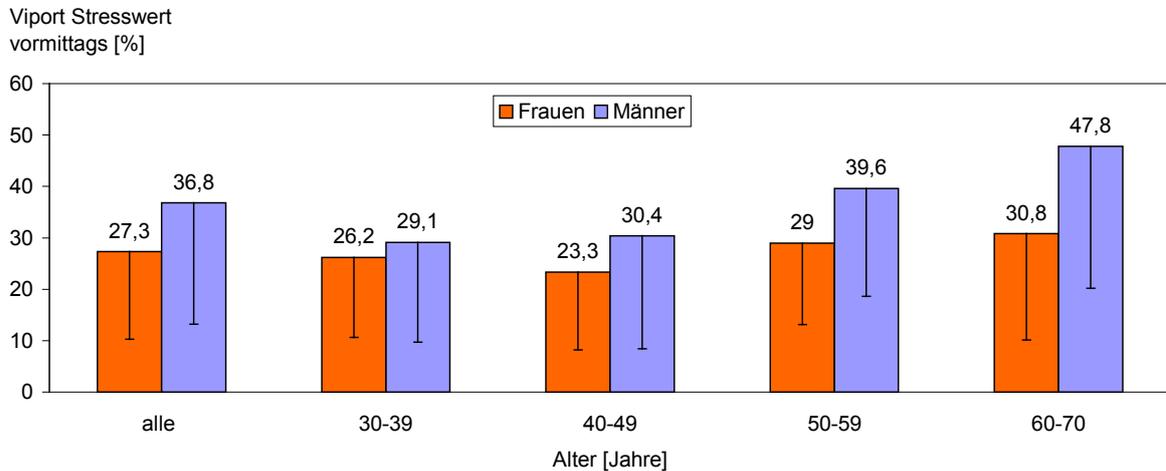


Abbildung 31: Altersspezifischer Viport Stresswert vormittags der Männer und Frauen

3.1.4.4 Viport Stresswert nachmittags

Der durchschnittliche am Nachmittag gemessene Viport Stresswert der männlichen Probanden liegt bei 37,7%, der der weiblichen bei 28,3%. Die männlichen Teilnehmer haben somit einen um 11,4% höheren Stresswert als die weiblichen ($p < 0,0074$). Der Unterschied zwischen den Geschlechtern ist signifikant (Abbildung 32).

Wie bei den Vormittagswerten steigt bei beiden Geschlechtern der Nachmittags-Stresswert mit dem Lebensalter an, wobei der Trend wiederum nicht so deutlich ist wie bei den Messungen mit dem Vicardio Gerät (Trend bei beiden Geschlechtern $p < 0,0001$) (vgl. Abbildung 32, Abbildung 31, Abbildung 30).

Männliche Probanden im Alter von 60 – 70 Jahren haben die höchsten (48%) und die 30 bis 39-Jährigen die niedrigsten (32,9%) Stresswerte aller männlichen Teilnehmer. Bei den weiblichen Probanden haben die 50 – 59-Jährigen Teilnehmerinnen den höchsten (31,7%) und die 30 bis 39-Jährigen den niedrigsten Viport Stresswert.

Alter und Viport Stresswert nachmittags

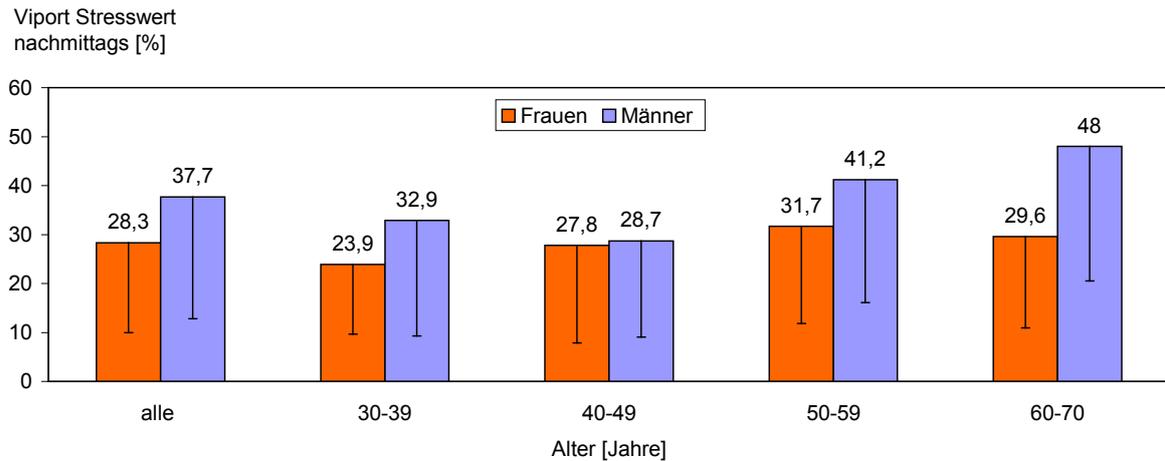


Abbildung 32: Altersspezifischer Viport Stresswert nachmittags der Männer und Frauen

3.1.4.5 Vicardio Herzzustand vormittags

Der mit dem Vicardio Messgerät ermittelte durchschnittliche Herzzustand der männlichen Probanden beträgt am Vormittag 2,9 Punkte, der der weiblichen Probanden 3,8 Punkte. Die männlichen Teilnehmer haben somit einen um 0,9 Punkte niedrigeren Herzzustand als die weiblichen Probanden ($p < 0,0001$) (Abbildung 33). Ein Punkte Unterschied besteht in allen Alterskategorien.

Mit höherem Alter sinkt der Herzzustand. Den besten Herzzustand der untersuchten männlichen Teilnehmer haben die Männer vom 40. – 49. Lebensjahr (3,1 Pkt.), den schlechtesten Männer im Alter von 60 – 70 Jahren (2,6 Pkt.) (Trend $p = 0,0031$).

Noch besser zu erkennen als bei den männlichen Probanden nimmt der am Vormittag gemessene Herzzustand der weiblichen Probanden mit zunehmendem Alter ab (Trend $p < 0,0001$). Der beste Herzzustand wurde bei Frauen im Alter von 30 – 39 Jahren (4,3 Pkt.) gemessen, der schlechteste bei Frauen zwischen dem 50. – 59. und 60. – 70. Lebensjahr (3,4 Pkt.) (Abbildung 33).

Alter und Vicardio Herzzustand vormittags

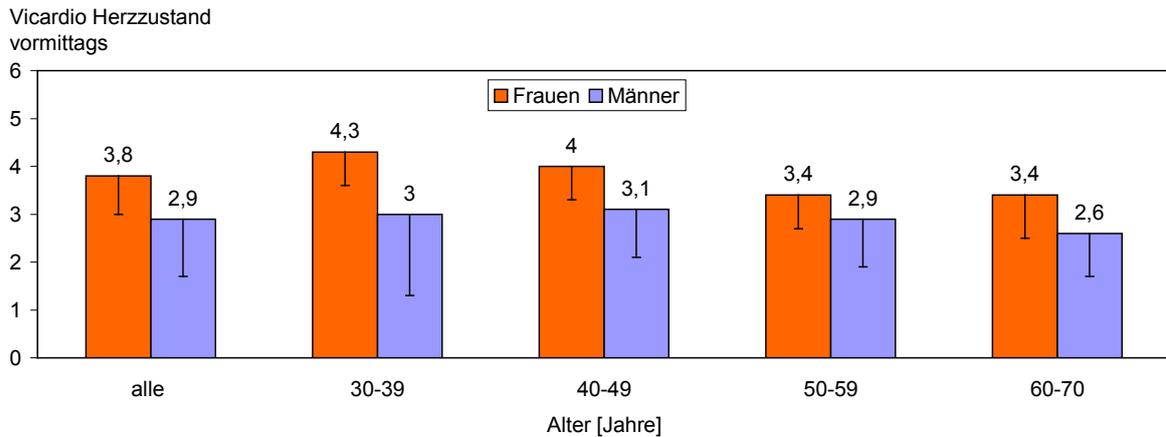


Abbildung 33: Altersspezifischer Vicardio Herzzustand vormittags der Männer und Frauen

3.1.4.6 Vicardio Herzzustand nachmittags

Der mit dem Vicardio Messgerät ermittelte durchschnittliche Herzzustand der männlichen Probanden beträgt am Nachmittag 2,6 Punkte, der der weiblichen Probanden 3,9 Punkte. Die männlichen Teilnehmer haben somit einen um 1,3 Punkte niedrigeren Herzzustand als die weiblichen ($p < 0,0001$) (Abbildung 34). Dieser Unterschied besteht wie bei den Vormittagsmessungen in allen Alterskategorien und zeigt, dass ein Trend zu niedrigeren Werten mit höherem Lebensalter besteht.

Tendenziell den besten Herzzustand der untersuchten männlichen Teilnehmer haben die Männer vom 40. – 49. Lebensjahr (3 Pkt.), den schlechtesten Männer im Alter von 60 – 70 Jahren (2,4 Pkt.) (Trend $p = 0,0194$).

Vergleichbar mit den Ergebnissen bei Männern haben die Frauen im Alter von 40 – 49 Jahren (4,1 Pkt.) den besten Herzzustand, den schlechtesten Frauen zwischen dem 60. – 70. Lebensjahr (3,6 Pkt.) (Trend $p < 0,0001$).

Alter und Vicardio Herzzustand nachmittags

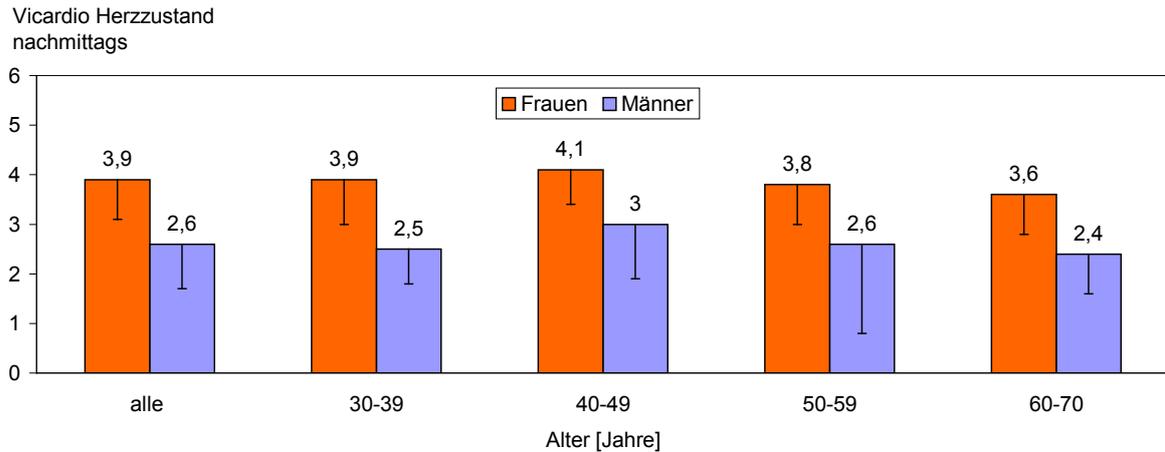


Abbildung 34: Altersspezifischer Herzzustand nachmittags der Männer und Frauen

3.2 Mittelwerte der Vicardio Stresswerte der Vor- und Nachmittagsmessungen und klinische kardiovaskuläre Risikofaktoren

3.2.1 Vicardio Stresswert und Anthropometrische Parameter

3.2.1.1 Alter

Abbildung 35 zeigt, dass der Mittelwert aus den Vor- und Nachmittagsmessungen des Vicardio Stresswertes mit dem Lebensalter bei beiden Geschlechtern erheblich zunimmt ($p < 0,0001$). Männer haben auf das Alter bezogen einen höheren Stresswert als Frauen (vgl. Abbildung 29, Abbildung 30).

Die Zunahme des Stresswertes im Alter in Prozent ist bei den männlichen Teilnehmern geringfügig und nicht signifikant größer als bei den weiblichen Probanden.

Vicardio Stresswert und Alter

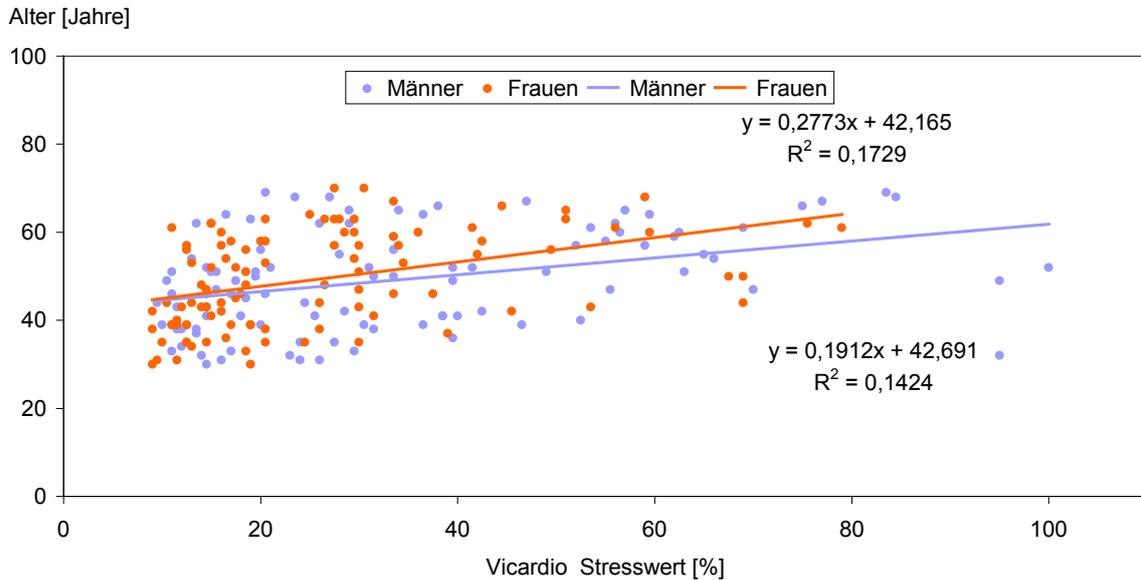


Abbildung 35: Stresswert mit dem Vicardio gemessen im Verhältnis zum Alter bei Männern und Frauen

3.2.1.2 Körpergewicht

Generell haben die männlichen Teilnehmer auf das Alter bezogen ein höheres Körpergewicht als die weiblichen Probanden ($p < 0,0001$) (vgl. Abbildung 11).

Es ist keine nennenswerte Steigung des Vicardio Stresswertes bei beiden Geschlechtern im Zusammenhang mit dem Körpergewicht zu erkennen (beide Geschlechter n.s.) (Abbildung 36).

Vicardio Stresswert und Körpergewicht

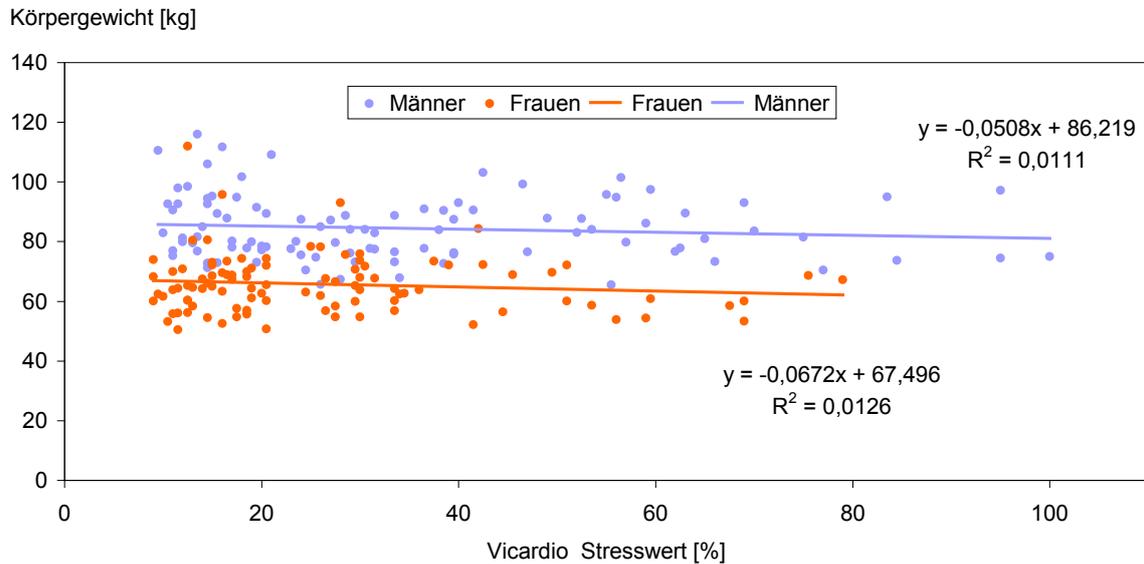


Abbildung 36: Stresswert mit dem Vicardio gemessen im Verhältnis zum Körpergewicht bei Männern und Frauen

3.2.1.3 BMI

In Abbildung 37 zeigt sich, dass die männlichen Probanden einen höheren BMI als die weiblichen haben (vgl. auch altersspezifische Darstellung Abbildung 13). Ein Zusammenhang zwischen dem Vicardio Stresswert und dem BMI ist allerdings nicht zu erkennen (beide Geschlechter n.s.). Allenfalls besteht eine geringe aber nicht signifikante Korrelation in Übereinstimmung mit der Beziehung zum Körpergewicht (vgl. Abbildung 36).

Vicardio Stresswert und BMI

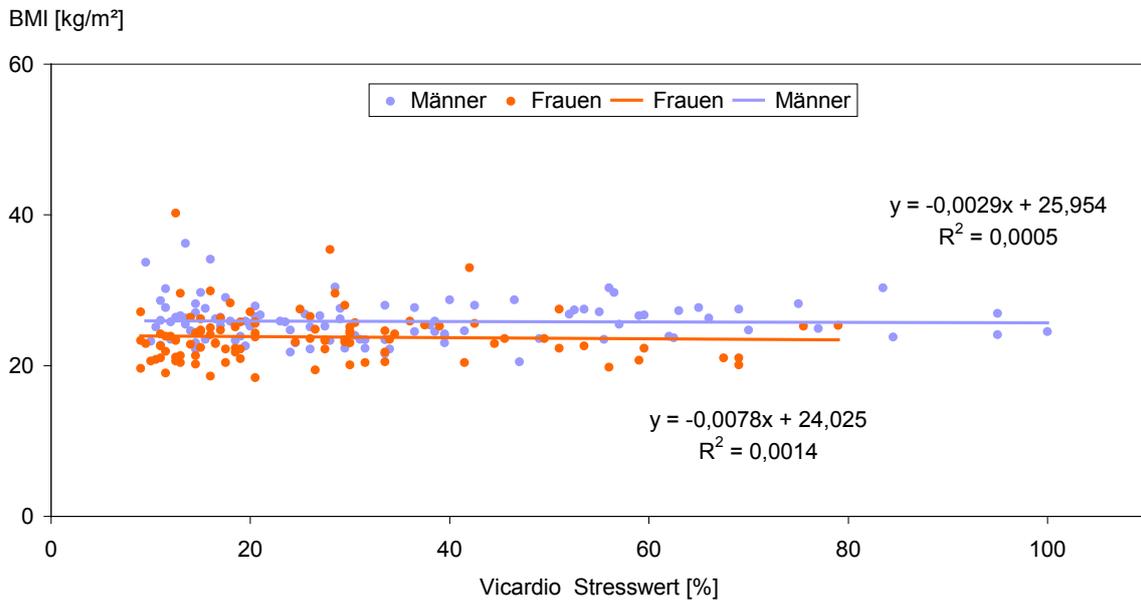


Abbildung 37: Stresswert mit dem Vicardio gemessen im Verhältnis zum BMI bei Männern und Frauen

3.2.1.4 Taillenumfang

In Abbildung 38 lässt sich keine Korrelation zwischen dem Taillenumfang und dem vom Vicardio Gerät ermittelten Stresswert erkennen (beide Geschlechter n.s.).

Weitere altersbezogene Vergleiche zwischen Männern und Frauen sind der Abbildung 14 dargestellt.

Vicardio Stresswert und Taillenumfang

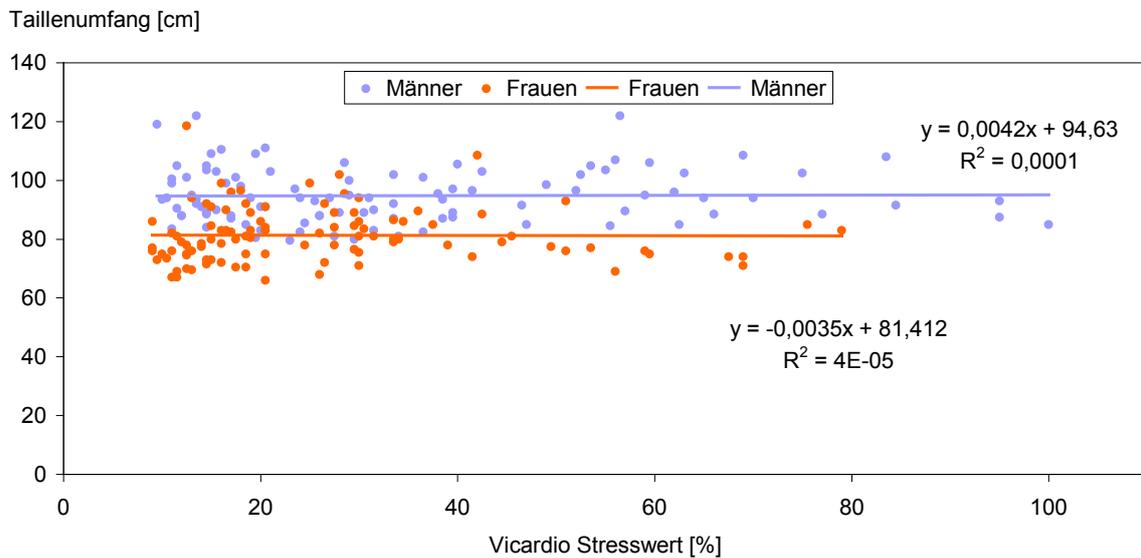


Abbildung 38: Stresswert mit dem Vicardio gemessen im Verhältnis zum Taillenumfang bei Männern und Frauen

3.2.1.5 Körperfett

Im Gegensatz zum Taillenumfang, BMI und Körpergewicht lässt sich in Abbildung 39 erkennen, dass der Vicardio Stresswert mit der Höhe des Körperfettgehaltes ansteigt.

Die Steigung der Korrelationsgeraden der männlichen und weiblichen Probanden verhalten sich dabei parallel zueinander, aber nur bei den männlichen Teilnehmern ist der Anstieg statistisch signifikant (Männer $p = 0,0183$)

Wie der Abbildung 15 zu entnehmen ist, haben die weiblichen Teilnehmer auf das Lebensalter bezogen einen größeren Körperfettgehalt als die männlichen.

Vicardio Stresswert und Körperfett

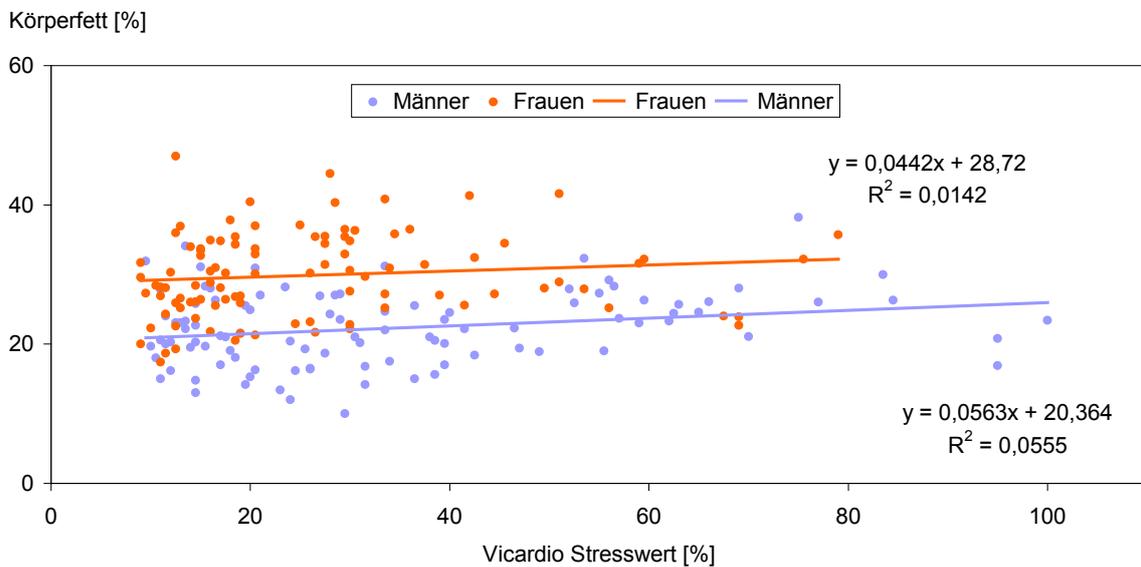


Abbildung 39: Stresswert mit dem Vicardio gemessen im Verhältnis zum prozentualen Körperfettanteil bei Männern und Frauen

3.2.2 Vicardio Stresswert und kardiale Parameter

3.2.2.1 Herzfrequenz

Anhand der Abbildung 40 lässt sich kein Zusammenhang zwischen dem Vicardio Stresswert und der Herzfrequenz feststellen.

Bemerkenswert sind die verschiedenen Verläufe zwischen dem Stresswert und der Herzfrequenz bei Männern und Frauen. Während bei den weiblichen Teilnehmern mit einer Herzfrequenzzunahme der Stresswert tendenziell, aber nicht signifikant ansteigt, sinkt der Stresswert bei den männlichen Teilnehmern bei einer Herzfrequenzzunahme (ebenfalls n.s.). Prinzipiell haben weibliche Probanden eine höhere Herzfrequenz als die männlichen Teilnehmer (Abbildung 16).

Vicardio Stresswert und Herzfrequenz

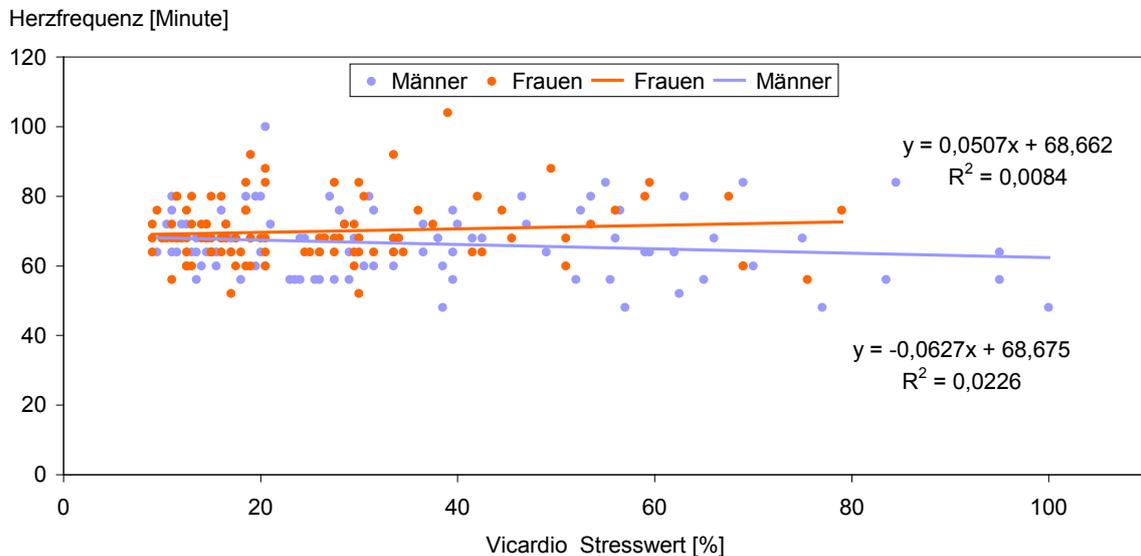


Abbildung 40: Stresswert mit dem Vicardio gemessen im Verhältnis zur Herzfrequenz bei Männern und Frauen

3.2.2.2 Systolischer und diastolischer Blutdruck vor- und nachmittags gemessen

In den folgenden Abbildung 41 bis Abbildung 44 ist das Verhältnis zwischen den Vicardio Stresswerten und den systolischen sowie diastolischen Blutdruckwerten der Vor- und Nachmittagsmessungen dargestellt.

In allen Fällen ist kein nennenswerter statistischer Zusammenhang zwischen dem Vicardio Stresswert und dem Blutdruck der Teilnehmer und Teilnehmerinnen zu erkennen (systolischer Blutdruck vormittags vgl. Abbildung 41) (systolischer Blutdruck nachmittags vgl. Abbildung 42) (diastolischer Blutdruck vormittags vgl. Abbildung 43) (diastolischer Blutdruck nachmittags vgl. Abbildung 44). Im Folgenden können daher die Grafiken nur hinsichtlich möglicher, aber nicht beweisender Zusammenhänge dieser Studie beschrieben werden.

Unabhängig von der Tageszeit haben Männer im Durchschnitt höhere systolische und diastolische Blutdruckwerte als Frauen (vgl. Abbildung 17 und Abbildung 18, sowie Abbildung 21 und Abbildung 22). Die am Nachmittag ermittelten Stresswerte liegen höher als die am Vormittag gemessenen Stresswerte. Darüber hinaus sind in den Vormittagsmessungen geringfügig höhere systolische Blutdruckwerte mit einem deutlich höheren Stresswert verbunden. Dieses trifft auf beide Geschlechter zu. In den Messungen am

Ergebnisse

Nachmittag zeigen sich vergleichbare Tendenzen zu höheren Vicardio Stresswerten mit höheren Blutdruckwerten, etwa in gleichem Maße für Frauen und Männer.

Vicardio Stresswert vormittags und systolischer Blutdruck vormittags

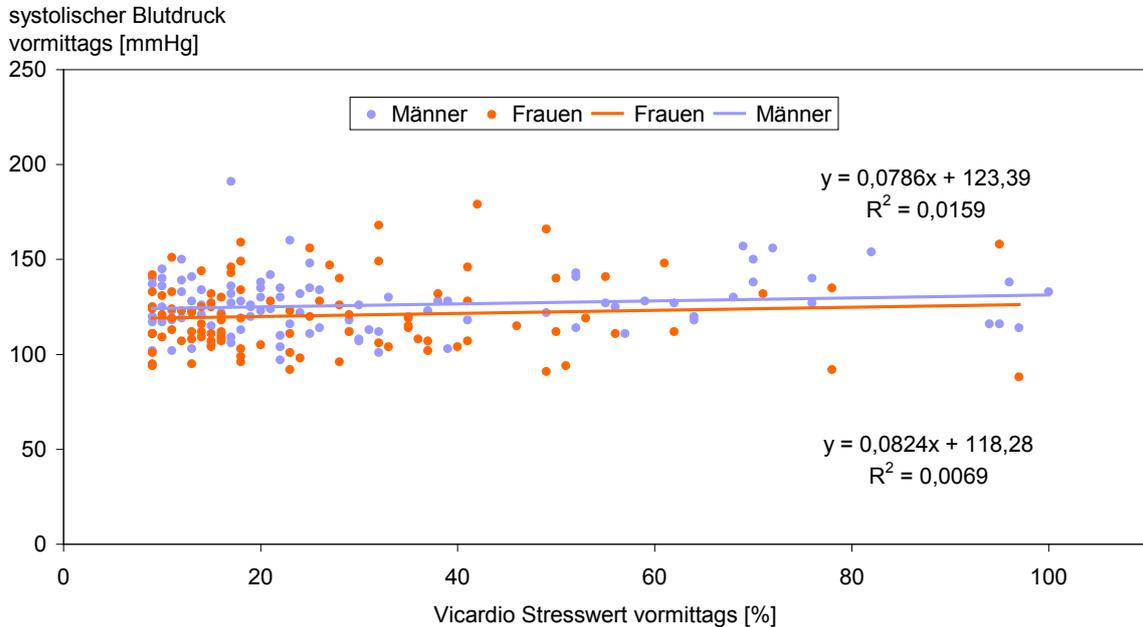


Abbildung 41: Vormittags Stresswert mit dem Vicardio gemessen im Verhältnis zum systolischen Blutdruck vormittags bei Männern und Frauen

Vicardio Stresswert nachmittags und systolischer Blutdruck nachmittags

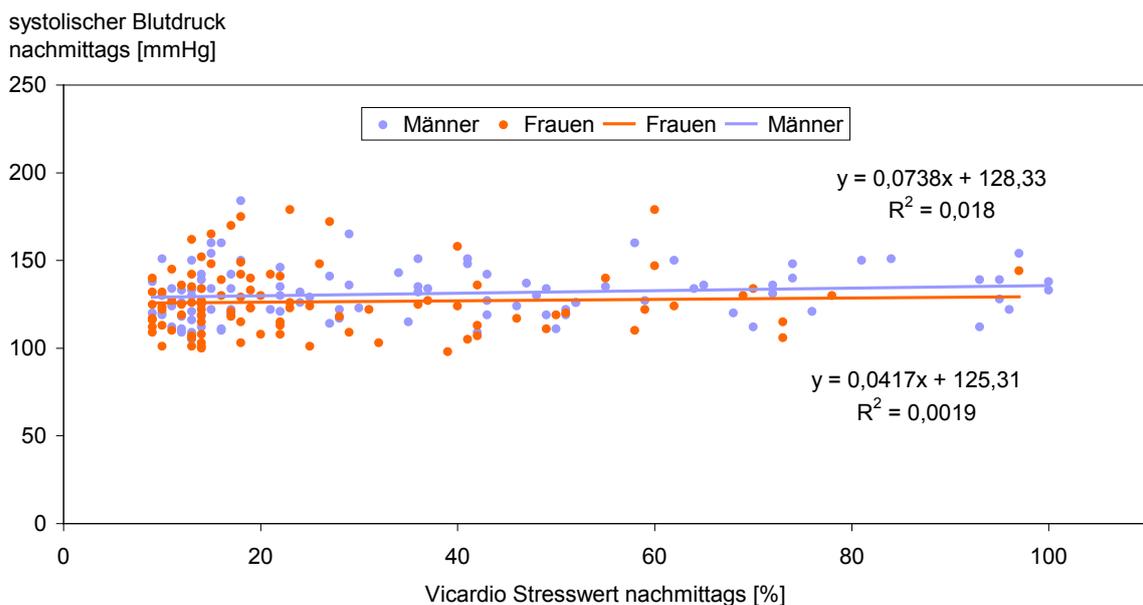


Abbildung 42: Nachmittags Stresswert mit dem Vicardio gemessen im Verhältnis zum systolischen Blutdruck nachmittags bei Männern und Frauen

Ergebnisse

Im Unterschied zum systolischen Blutdruck lässt sich keine eindeutige Beziehung zwischen dem Vicardio Stresswert und dem diastolischen Blutdruck erkennen. In den Vormittagsmessungen ist bei den weiblichen Probanden ein höherer Vicardio Stresswert mit einem geringfügig höheren diastolischen Blutdruck zu beobachten, während bei den Männern eine geringe inverse Beziehung zu bestehen scheint (Abbildung 43).

Die Nachmittagsmessungen des diastolischen Blutdruckes scheinen ebenso wie bei den systolischen Blutdruckmessungen deutlich höher zu liegen als die am Vormittag ermittelten Werte (vgl. Abbildung 23, Abbildung 24).

Am Nachmittag ist die Beziehung zwischen dem diastolischen Blutdruck und Vicardio Stresswert für beide Geschlechter gleich. Allerdings sind, anders als bei dem systolischen Blutdruck, höhere Vicardio Stresswerte mit niedrigeren Blutdruckwerten verbunden (Abbildung 44). Unabhängig von der Tageszeit haben die männlichen Teilnehmer höhere diastolische Blutdruckwerte als Frauen (vgl. Abbildung 21 und Abbildung 22).

Vicardio Stresswert vormittags und diastolischer Blutdruck vormittags

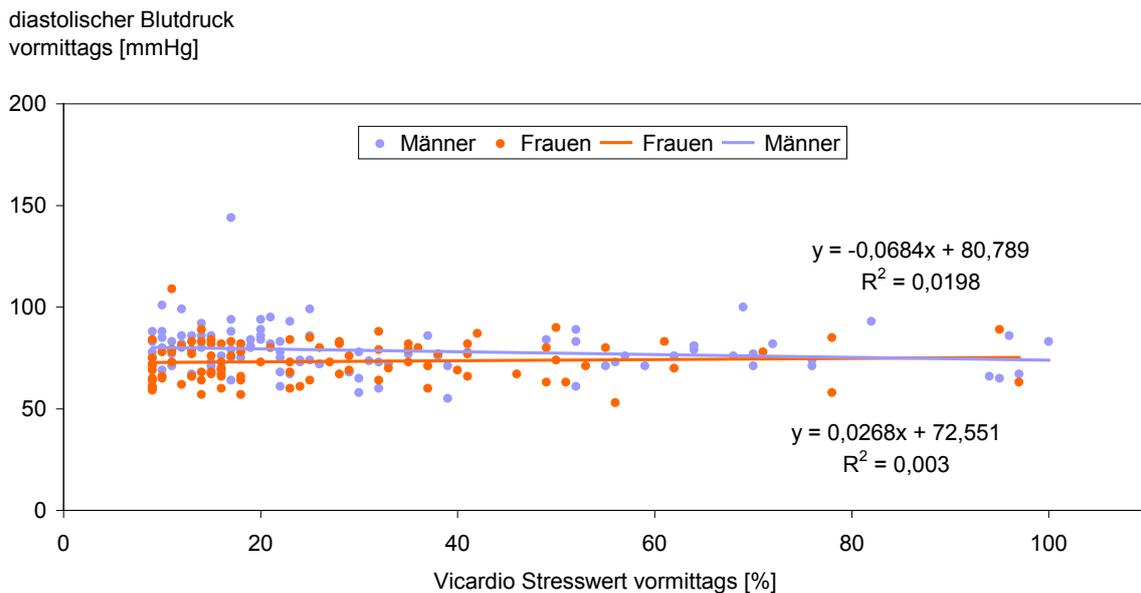


Abbildung 43: Vormittags Stresswert mit dem Vicardio gemessen im Verhältnis zum diastolischen Blutdruck vormittags bei Männern und Frauen

Vicardio Stresswert nachmittags und diastolischer Blutdruck nachmittags

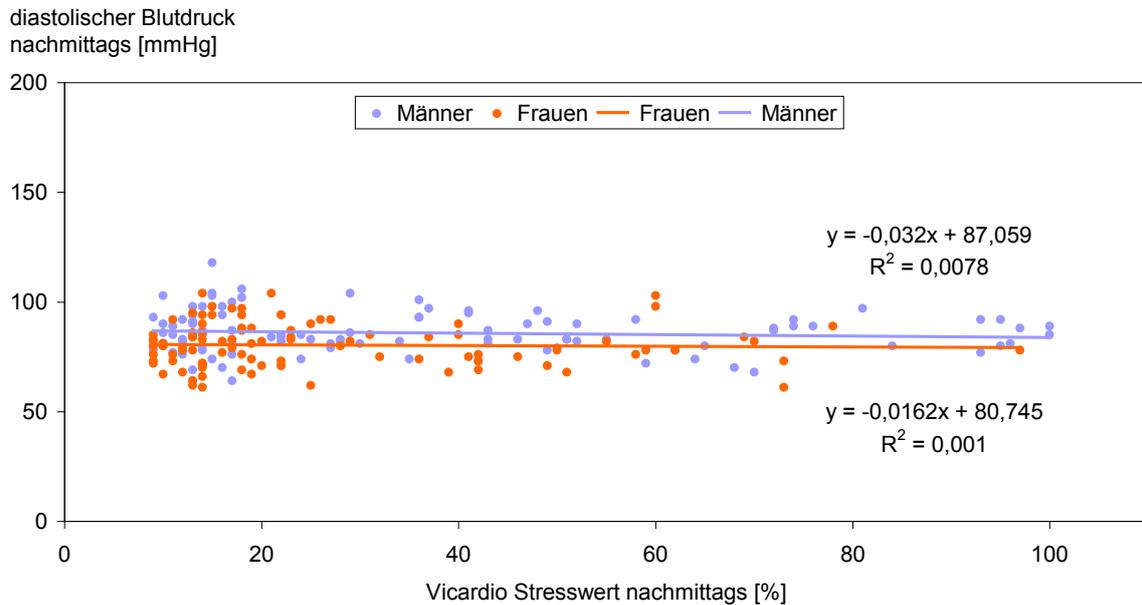


Abbildung 44: Nachmittags Stresswert mit dem Vicardio gemessen im Verhältnis zum diastolischen Blutdruck nachmittags bei Männern und Frauen

3.2.3 Vicardio Stresswert und Laborparameter

3.2.3.1 Nüchternblutzucker

Hinsichtlich der Blutzuckerkonzentration ist ein Anstieg mit Zunahme des Vicardio Stresswertes zu erkennen, wobei sich beide Geschlechter statistisch nicht unterscheiden (Abbildung 45). Dennoch ist die Steigung der weiblichen Probanden steiler als die der männlichen Teilnehmer und erreicht im Gegensatz zu den der männlichen eine statistische Signifikanz (Frauen $p = 0,0053$, Männer n.s.). Männlichen Probanden haben in allen Alterskategorien höhere Blutzuckerwerte als die weiblichen Probanden.

Diese und weitere altersspezifische Vergleiche zwischen Männern und Frauen sind der Abbildung 25 zu entnehmen.

Vicardio Stresswert und Nüchternblutzucker

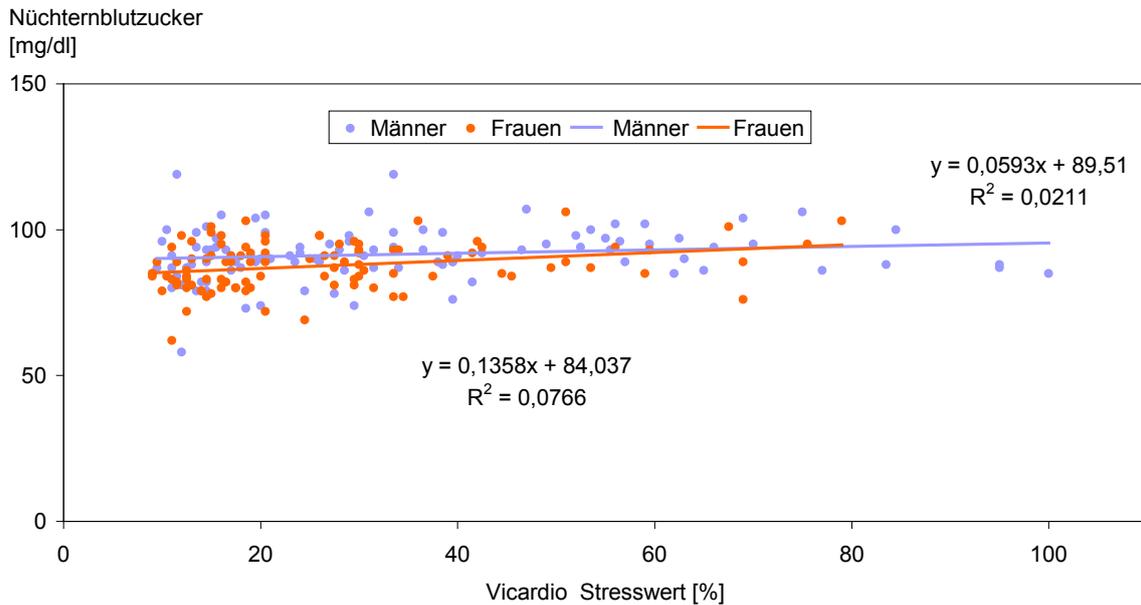


Abbildung 45: Stresswert mit dem Vicardio gemessen im Verhältnis zur Nüchternblutzuckerkonzentration bei Männern und Frauen

3.2.3.2 LDL-Cholesterin

In Abbildung 46 ist das Verhältnis vom Vicardio Stresswert zur LDL-Cholesterinkonzentration der männlichen und weiblichen Teilnehmer dargestellt.

Bei beiden Geschlechtern nimmt die LDL-Cholesterinkonzentration mit höherem Vicardio Stresswert zu. Dieser Zusammenhang ist bei den weiblichen Probanden deutlicher als bei den männlichen Teilnehmern (n.s.) und erreicht bei den Frauen nahezu das Signifikanzniveau ($p = 0,0545$).

Durchschnittlich haben Männer eine höhere LDL-Cholesterinkonzentration im Blut als Frauen (vgl. Abbildung 26).

Vicardio Stresswert und LDL

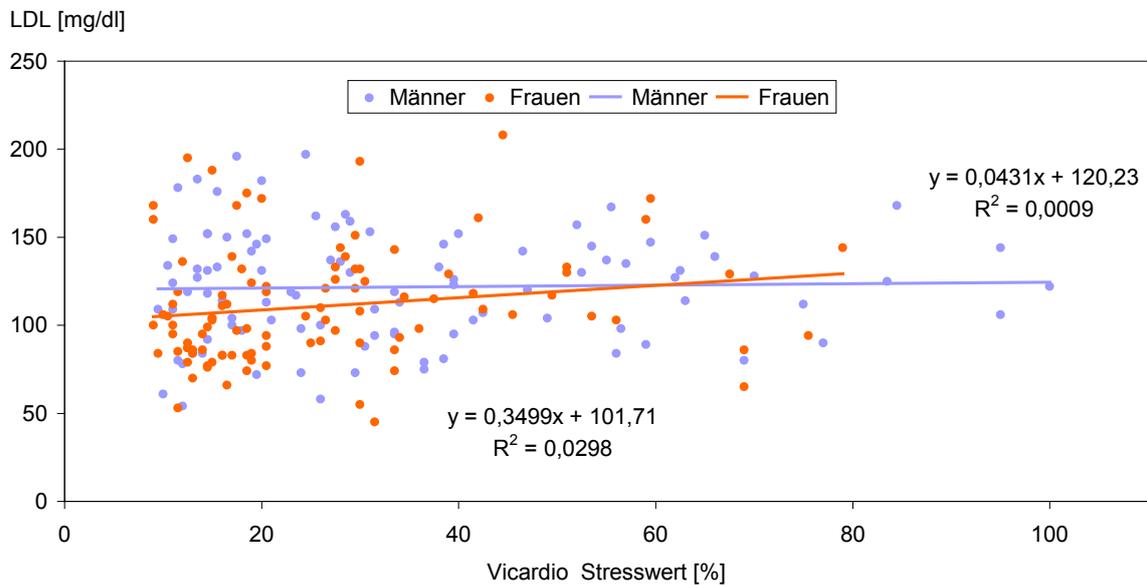


Abbildung 46: Stresswert mit dem Vicardio gemessen im Verhältnis zur LDL-Cholesterinkonzentration bei Männern und Frauen

3.2.3.3 HDL-Cholesterin

Abbildung 47 zeigt den Zusammenhang zwischen dem Vicardio Stresswert und der HDL-Cholesterinkonzentration der männlichen und weiblichen Probanden.

Anders als bei dem LDL-Cholesterin lässt sich bei den weiblichen Probanden zwischen dem Vicardio Stresswert und der HDL-Cholesterinkonzentration kein nennenswerter Zusammenhang erkennen.

Bei den männlichen Probanden hingegen besteht ein gewisser Anstieg des Stresswertes mit der Zunahme der HDL-Cholesterinkonzentration. Dieser ist allerdings nicht signifikant.

Durchschnittlich betrachtet haben Frauen in allen Alterskategorien einen deutlich höheren HDL-Cholesteringehalt als Männer (vgl. Abbildung 27).

Vicardio Stresswert und HDL

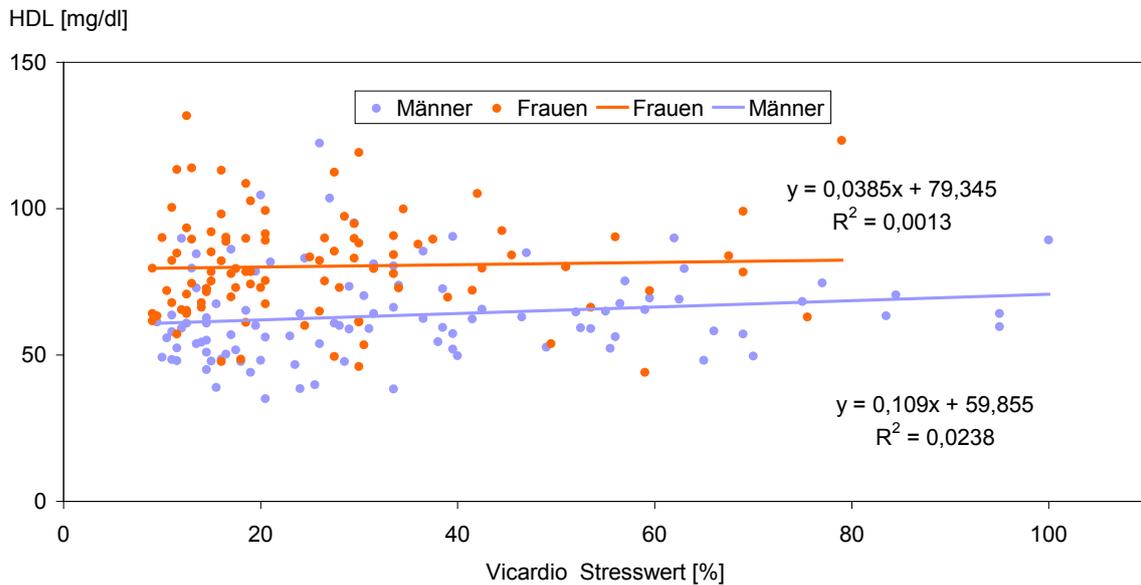


Abbildung 47: Stresswert mit dem Vicardio gemessen im Verhältnis zur HDL-Cholesterinkonzentration bei Männern und Frauen

3.2.3.4 Triglyzeride

Abbildung 48 zeigt, dass kein einheitlicher Zusammenhang zwischen dem Vicardio Stresswert und der Triglyzeridkonzentration im Blut besteht.

Bei den weiblichen Teilnehmern lässt sich eine geringe Senkung, bei den männlichen Teilnehmern eine etwas stärkere Steigung der Triglyzeridkonzentration mit zunehmendem Stresswert feststellen. Dennoch sind diese Ergebnisse nicht signifikant.

Männer haben generell höhere Triglyzeridwerte als Frauen (vgl. Abbildung 28).

Vicardio Stresswert und Triglyzeride

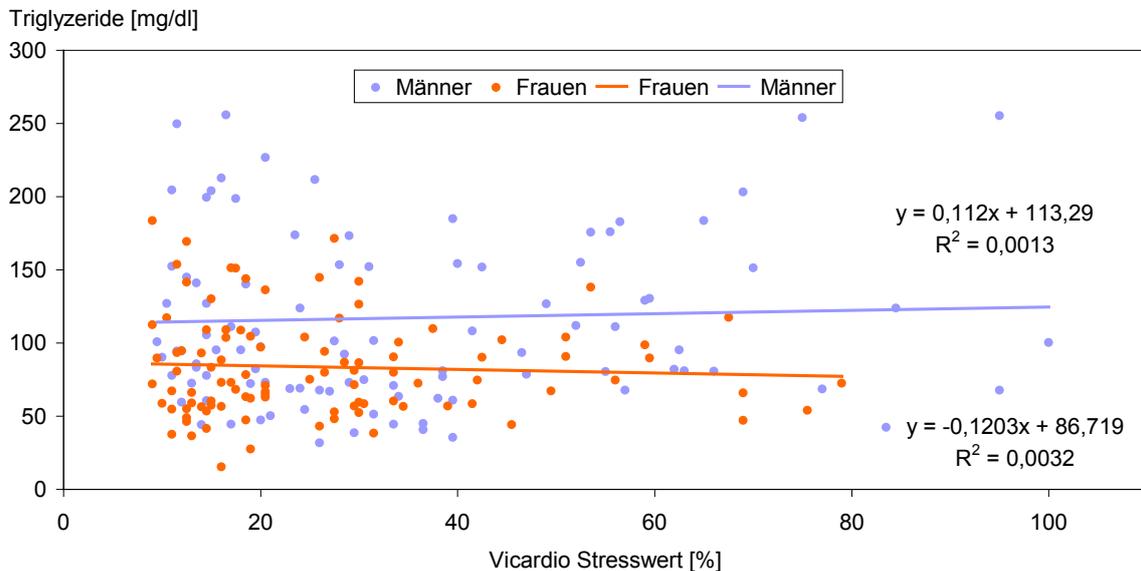


Abbildung 48: Stresswert mit dem Vicardio gemessen im Verhältnis zur Triglyzeridkonzentration bei Männern und Frauen

3.3 Mittelwerte der Viport Stresswerte aus den Vor- und Nachmittagsmessungen und klinische kardiovaskuläre Risikofaktoren

3.3.1 Viport Stresswert und Anthropometrische Parameter

3.3.1.1 Alter

Abbildung 49 ist der Zusammenhang zwischen den Viport Stresswerten und dem Alter der männlichen und weiblichen Teilnehmer dargestellt. Es ist zu erkennen, dass auch der Viport Stresswert mit dem Alter ansteigt.

Die altersentsprechende Zunahme verläuft bei den männlichen Teilnehmern geringfügig steiler als bei den weiblichen Probanden. Auch wenn sich kein Unterschied zwischen dem Verlauf der beiden Geschlechter statistisch sichern lässt ($p = 0,0670$), erreicht nur die Steigung bei den männlichen Teilnehmern statistische Signifikanz ($p = 0,0008$).

Die männlichen Probanden haben in jedem Lebensalter einen höheren Viport Stresswert als die weiblichen Teilnehmer (vgl. Abbildung 31, Abbildung 32).

Viport Stresswert und Alter

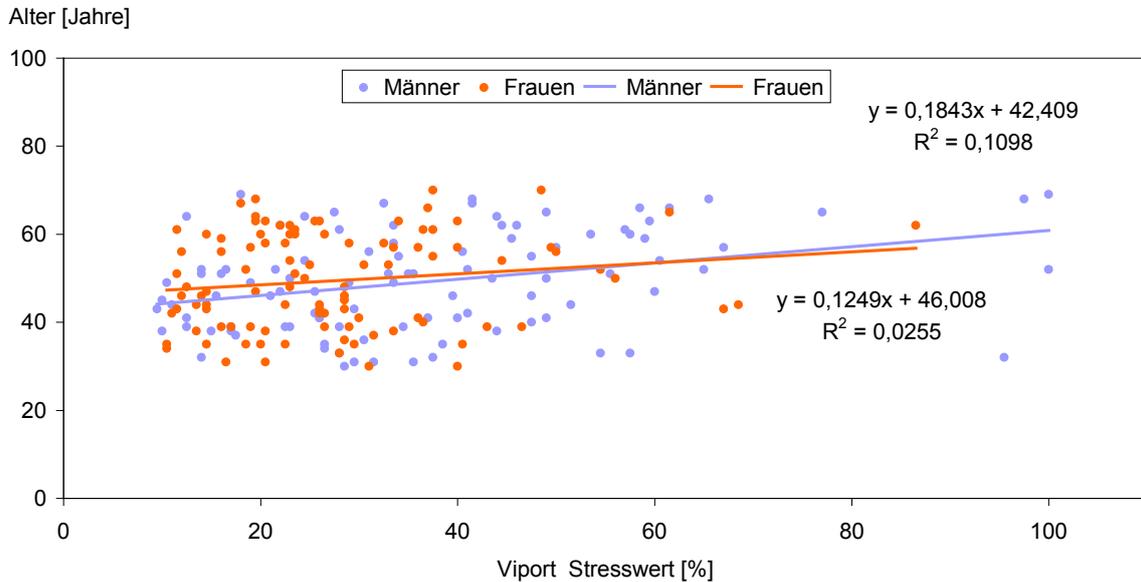


Abbildung 49: Stresswert mit dem Viport gemessen im Verhältnis zum Alter bei Männern und Frauen

3.3.1.2 Körpergewicht

Wie in Abbildung 50 zu erkennen lässt sich kein einheitlicher Zusammenhang zwischen dem Viport Stresswert und dem Körpergewicht feststellen.

Bei den Männern ist mit Anstieg des Körpergewichtes eine leichte Abnahme des Stresswertes zu erkennen, während bei Frauen mit dem Viport Stresswert das Körpergewicht allenfalls zunimmt. Beide Ergebnisse erreichen keine statistische Signifikanz.

Im Durchschnitt haben Männer ein höheres Körpergewicht als die Frauen (vgl. Abbildung 11).

Viport Stresswert und Körpergewicht

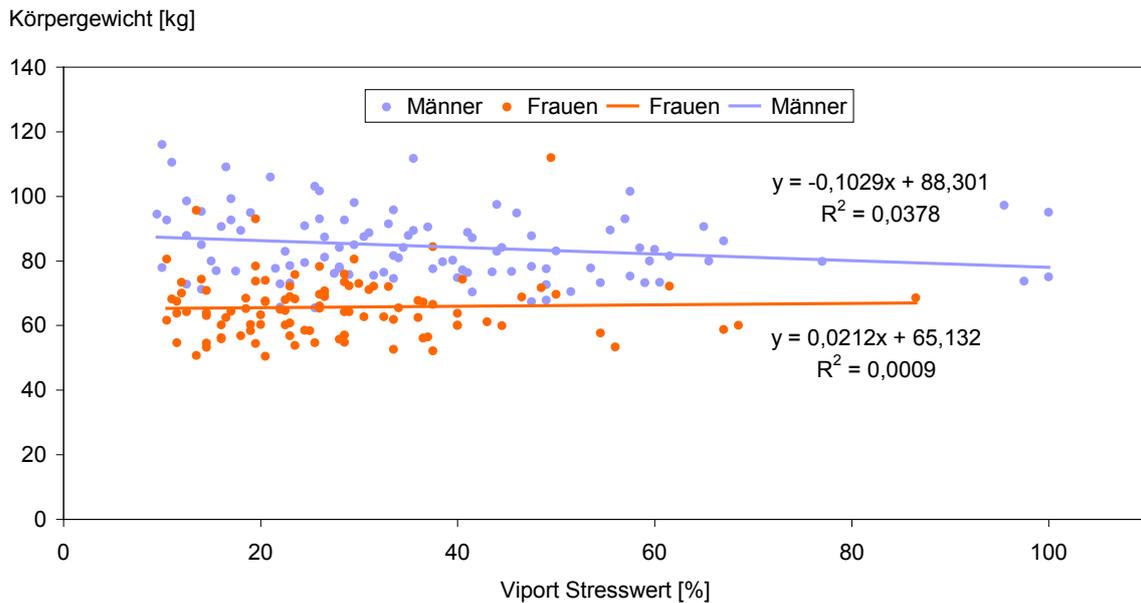


Abbildung 50: Stresswert mit dem Viport gemessen im Verhältnis zum Körpergewicht bei Männern und Frauen

3.3.1.3 BMI

Es ist kein nennenswerter Zusammenhang zwischen dem Viport Stresswert und dem BMI festzustellen, so dass sich auch keine Signifikanzen ergeben (Abbildung 51).

Alters- und geschlechtsspezifische Vergleiche des BMI von Männern und Frauen können auch Abbildung 13 entnommen werden.

Viport Stresswert und BMI

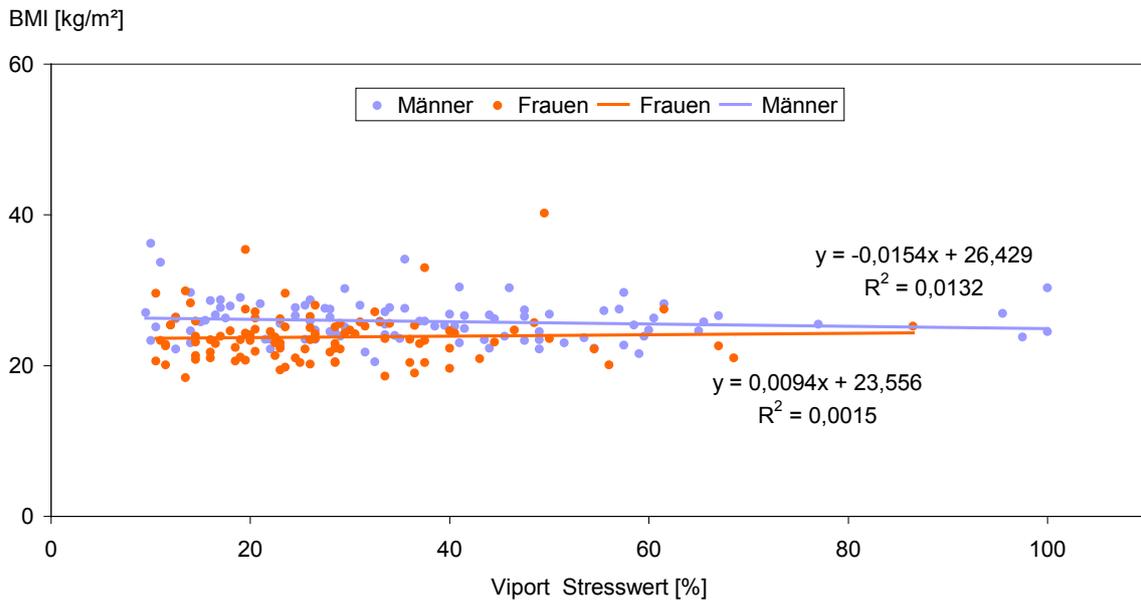


Abbildung 51: Stresswert mit dem Viport gemessen im Verhältnis zum BMI bei Männern und Frauen

3.3.1.4 Taillenumfang

Wie beim BMI lässt sich kein Zusammenhang zwischen dem Viport Stresswert und dem Taillenumfang erkennen (Abbildung 52).

Bei den männlichen Teilnehmern lassen sich leicht niedrigere Stresswerte mit höherem Taillenumfang erkennen, während bei den Frauen das Gegenteil gilt. In beiden Fällen ergibt sich keine Signifikanz.

Viport Stresswert und Taillenumfang

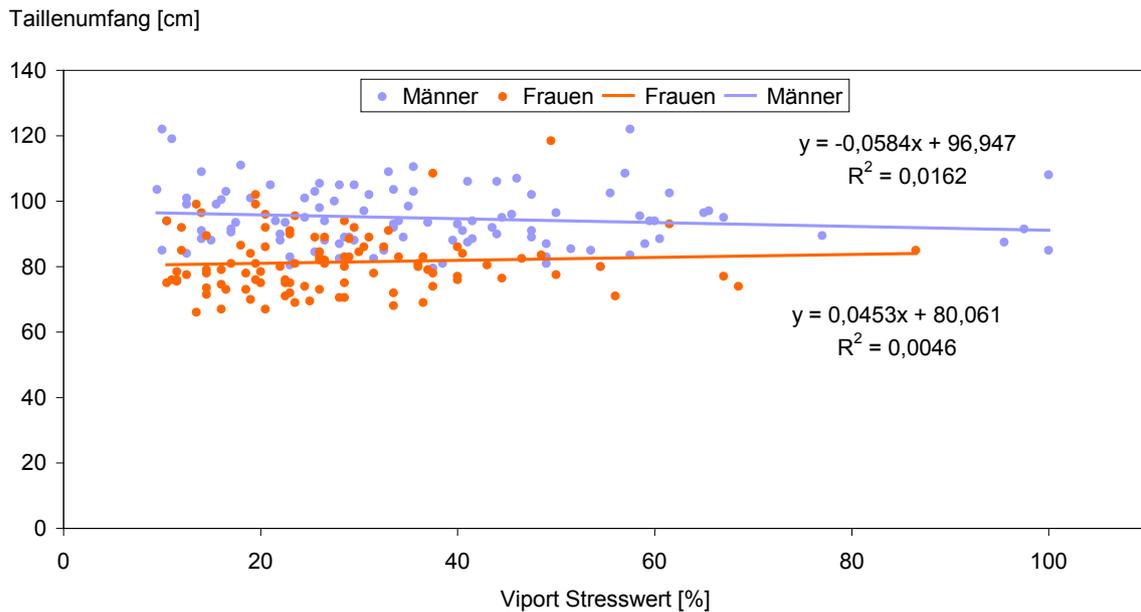


Abbildung 52: Stresswert mit dem Viport gemessen im Verhältnis zum Taillenumfang bei Männern und Frauen

3.3.1.5 Körperfett

Im Gegensatz zum Körpergewicht, BMI und Taillenumfang lässt sich wie beim Viport Stresswert bei beiden Geschlechtern erkennen, dass der Viport Stresswertes mit der Höhe des Körperfettgehaltes leicht ansteigt (Abbildung 53).

Der Anstieg verläuft zwischen den Geschlechtern betrachtet parallel, erreicht aber keine Signifikanz (Frauen $p = 0,5665$, Männer $p = 0,2713$).

Frauen haben einen höheren Körperfettanteil als Männer (vgl. Abbildung 15).

Viport Stresswert und Körperfett

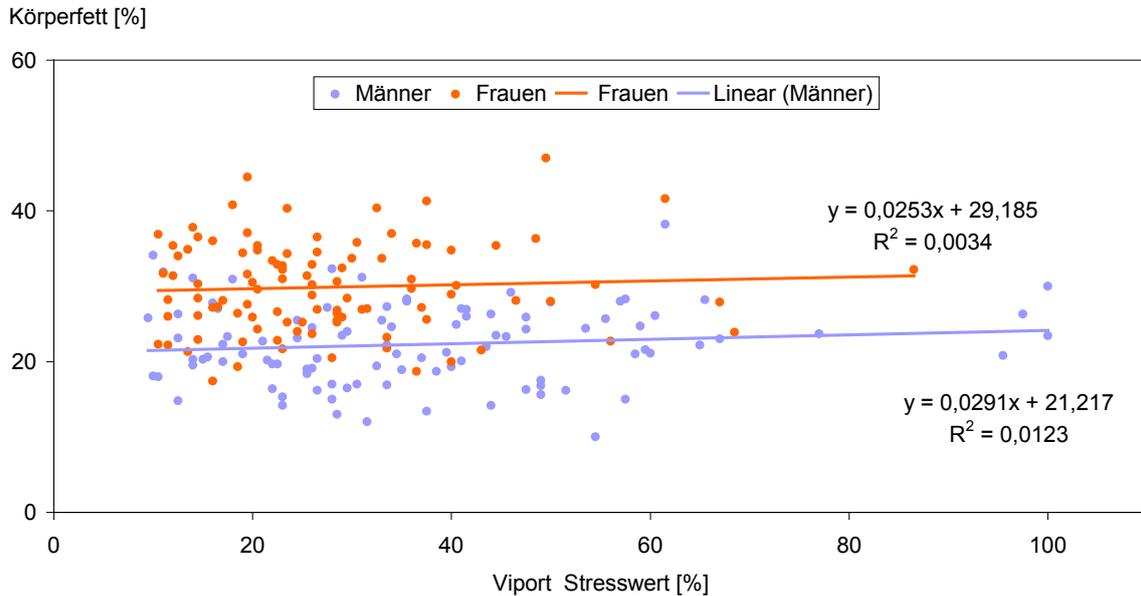


Abbildung 53: Stresswert mit dem Viport gemessen im Verhältnis zum prozentualen Körperfettanteil bei Männern und Frauen

3.3.2 Viport Stresswert und kardiale Parameter

3.3.2.1 Herzfrequenz

Abbildung 54 zeigt, dass eine geringfügige inverse Beziehung zwischen dem Viport Stresswert und der Herzfrequenz bei beiden Geschlechtern zu erkennen ist, die aber nur bei den männlichen Teilnehmern Signifikanz erreicht (Männer $p = 0,0259$). Statistisch lässt sich kein Unterschied zwischen dem Verlauf der Geraden der beiden Geschlechter sichern ($p = 0,1522$).

Alters- und geschlechtsspezifische Unterschiede der Herzfrequenz sind in Abbildung 16 dargestellt.

Viport Stresswert und Herzfrequenz

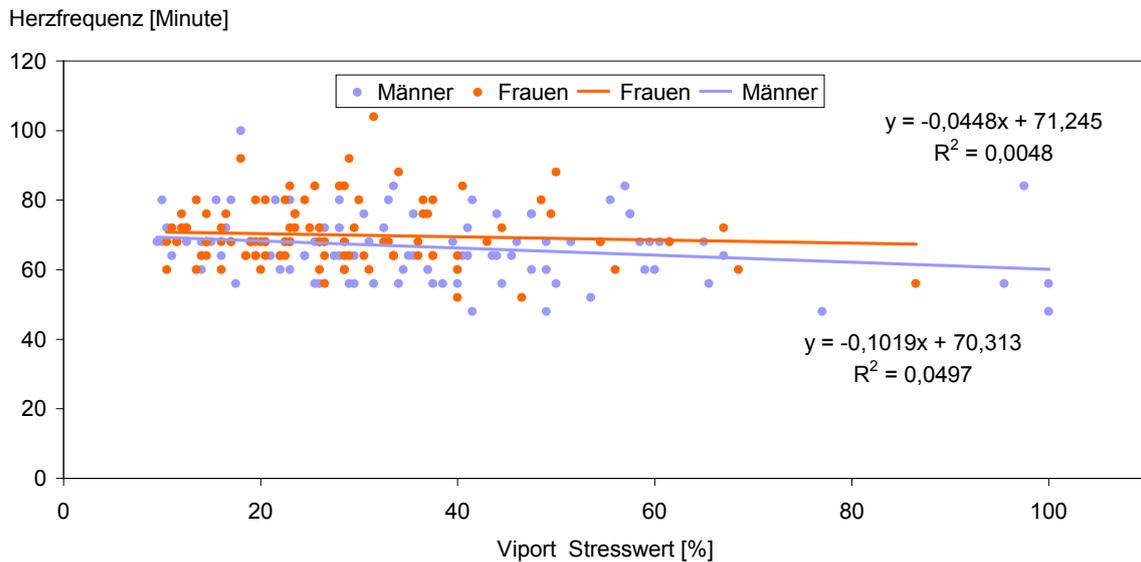


Abbildung 54: Stresswert mit dem Viport gemessen im Verhältnis zur Herzfrequenz bei Männern und Frauen

3.3.2.2 Systolischer und diastolischer Blutdruck vor- und nachmittags gemessen

In den folgenden Abbildung 55 bis ist das Verhältnis zwischen dem Viport Stresswert und den systolischen sowie diastolischen Blutdruckwerten der Vor- und Nachmittagsmessungen dargestellt.

Es ist kein nennenswerter Zusammenhang zwischen dem Viport Stresswert und dem Blutdruck der Teilnehmer und Teilnehmerinnen zu belegen. Beide Geschlechter verhielten sich gleich. Daher werden im Folgenden wie bei der Darstellung des Vicardio Stresswertes im Zusammenhang mit dem systolischen und diastolischen Blutdruck lediglich die Grafiken hinsichtlich möglicher, aber in dieser Studie nicht belegbarer Zusammenhänge beschrieben.

Im Gegensatz zu den Messergebnissen, die mit dem Vicardio Gerät ermittelt wurden, ist kein einheitlicher Zusammenhang zwischen dem Viport Stresswert und dem systolischen Blutdruck zu erkennen. Während bei den Messungen am Vormittag bei den weiblichen Teilnehmern ein inverser Zusammenhang zu beobachten ist, zeigt sich bei den männlichen Teilnehmern, dass geringfügig höhere systolische Blutdruckwerte mit einem deutlich höheren Viport Stresswert einhergehen (Abbildung 55). Die Nachmittagswerte liegen höher als die Vormittagswerte (vgl. Abbildung 17, Abbildung 18, Abbildung 19 und Abbildung

Ergebnisse

20) und zeigen, mit Ausnahme der Frauen am Vormittag, eine Tendenz zu höheren Viport Stresswerten mit höheren Blutdruckwerten (Abbildung 55, Abbildung 56).

Unabhängig von der Tageszeit haben Männer im Durchschnitt höhere systolische und diastolische Blutdruckwerte als Frauen. (vgl. Abbildung 17, Abbildung 18, sowie Abbildung 21, Abbildung 22).

Viport Stresswert vormittags und systolischer Blutdruck vormittags

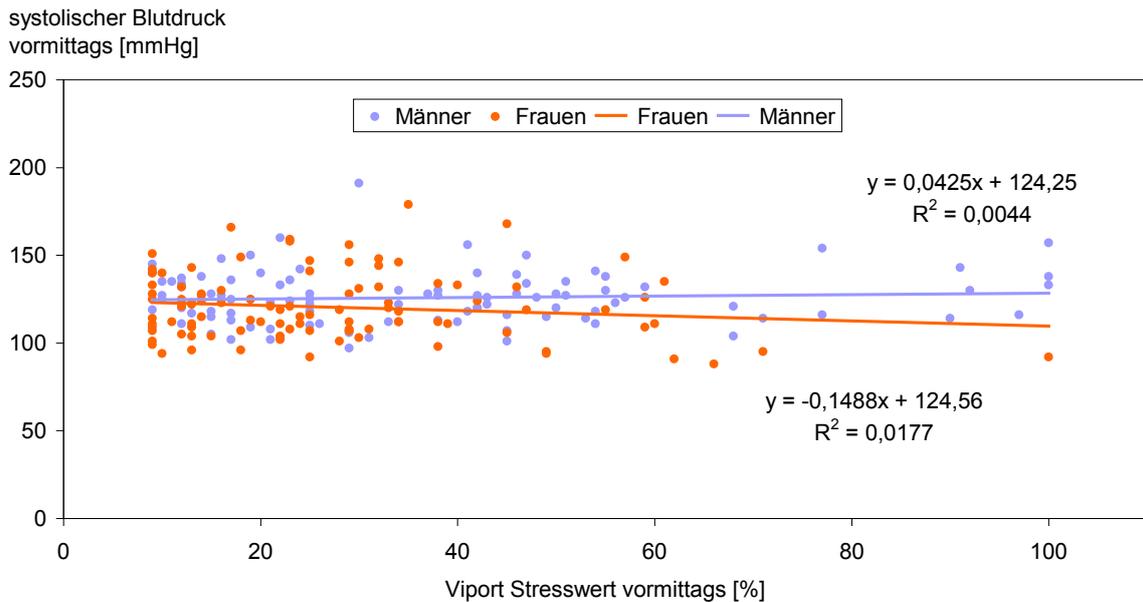


Abbildung 55: Vormittags Stresswert mit dem Viport gemessen im Verhältnis zum systolischen Blutdruck vormittags bei Männern und Frauen

Viport Stresswert nachmittags und systolischer Blutdruck nachmittags

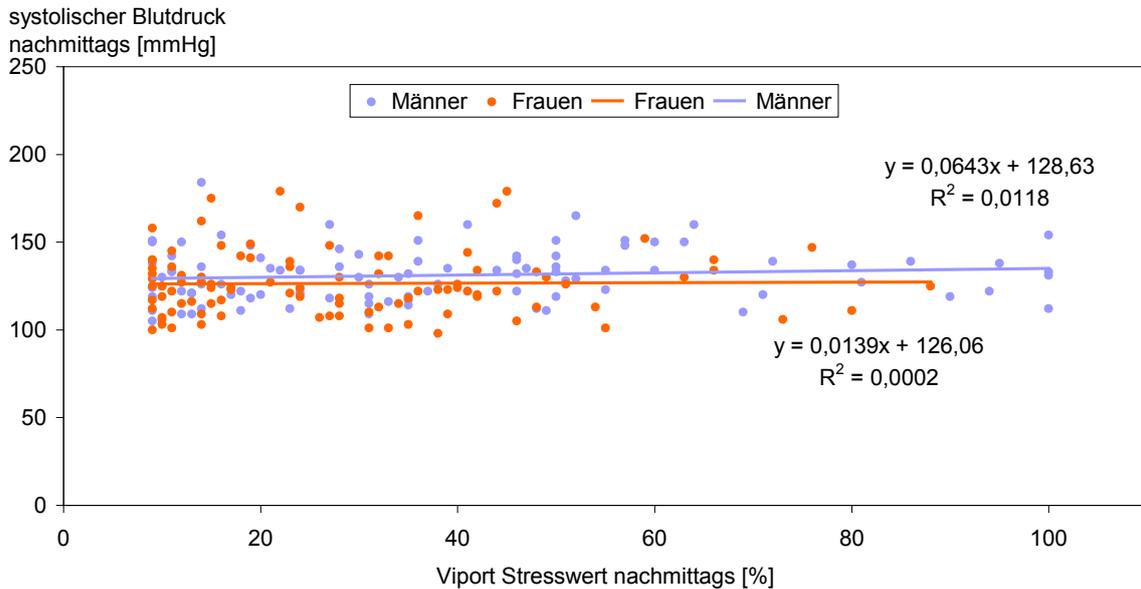


Abbildung 56: Nachmittags Stresswert mit dem Viport gemessen im Verhältnis zum systolischen Blutdruck nachmittags bei Männern und Frauen

Ähnlich wie bei den Messungen mit dem Vicardio Gerät lassen auch die Ergebnisse mit dem Viport Gerät keine eindeutige Beziehung zwischen dem ermittelten Stresswert und dem diastolischen Blutdruck erkennen. Bei den Vormittagsmessungen geht bei beiden Geschlechtern ein höherer Viport Stresswert mit einem geringfügig niedrigeren diastolischen Blutdruck einher (Abbildung 57). Für die Nachmittagsmessungen hingegen besteht eine marginale positive Beziehung zwischen dem Viport Stresswert und dem diastolischen Blutdruck, was im Gegensatz zu den mit dem Vicardio ermittelten Werten steht (Abbildung 58). Unabhängig von der Tageszeit haben Männer im Durchschnitt höhere diastolische Blutdruckwerte als Frauen (vgl. Abbildung 21 und Abbildung 22).

Ergebnisse

Viport Stresswert vormittags und diastolischer Blutdruck vormittags

diastolischer Blutdruck vormittags [mmHg]

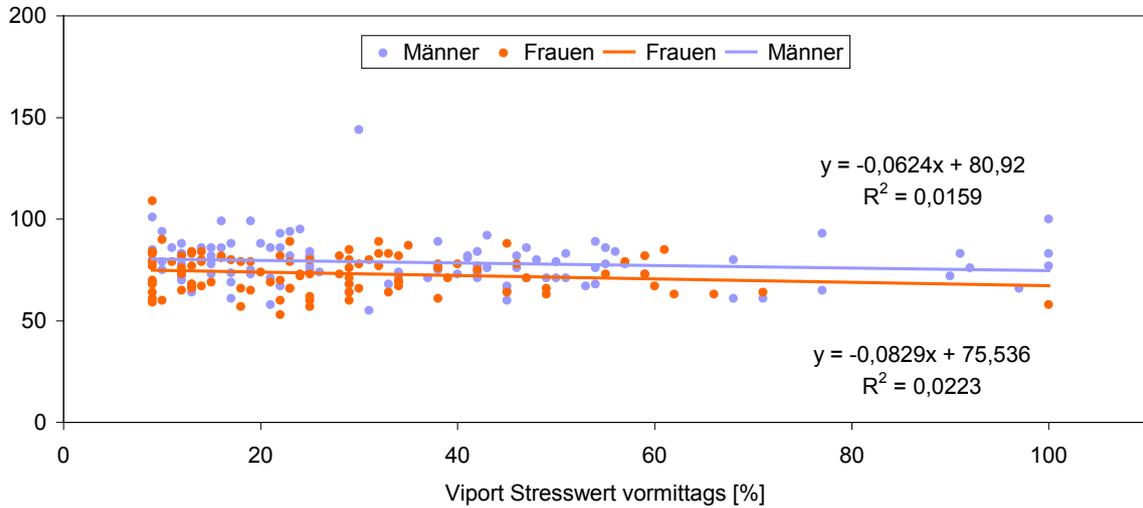


Abbildung 57: Vormittags Stresswert mit dem Viport gemessen im Verhältnis zum diastolischen Blutdruck vormittags bei Männern und Frauen

Viport Stresswert nachmittags und diastolischer Blutdruck nachmittags

diastolischer Blutdruck nachmittags [mmHg]

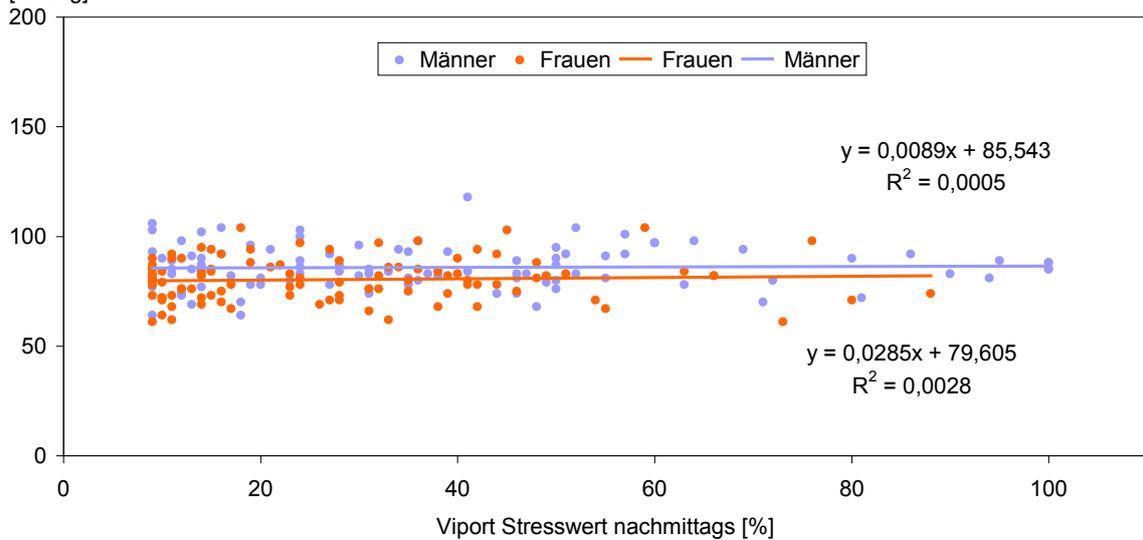


Abbildung 58: Nachmittags Stresswert mit dem Viport gemessen im Verhältnis zum diastolischen Blutdruck nachmittags bei Männern und Frauen

3.3.3 Viport Stresswert und Laborparameter

3.3.3.1 Nüchternblutzucker

In Abbildung 59 ist zu erkennen, dass der Viport Stresswert, ähnlich wie bei dem Vicardio ermittelten Stresswert, mit einer geringfügigen Erhöhung der Blutzuckerkonzentration der Teilnehmer und Teilnehmerinnen einhergeht. Anders als zu den Vicardio Messergebnissen der weiblichen Teilnehmer (Abbildung 45), stellt sich dieser Zusammenhang im Falle der mit dem Viport ermittelten Ergebnissen als statistisch nicht signifikant heraus.

Die Steigung scheint bei beiden Geschlechtern gleich steil zu verlaufen und ist statistisch deshalb ähnlich wie bei den Vicardio Berechnungen nicht zu unterscheiden (Abbildung 45).

Männer haben in allen Alterskategorien einen höheren Blutzuckergehalt als Frauen (vgl. Abbildung 25).

Viport Stresswert und Nüchternblutzucker

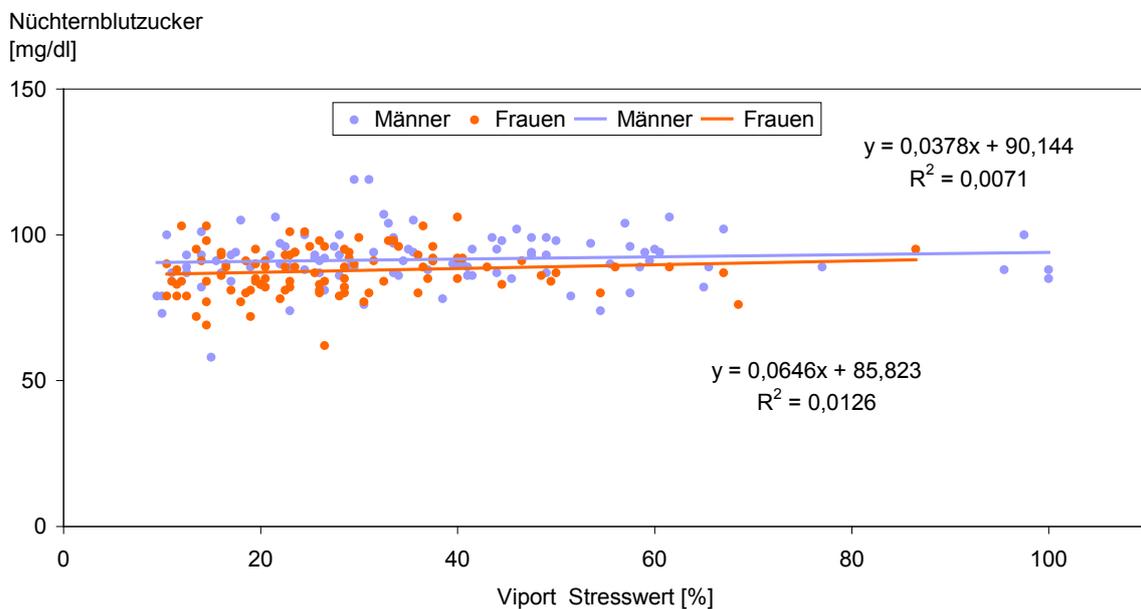


Abbildung 59: Stresswert mit dem Viport gemessen im Verhältnis zur Nüchternblutzuckerkonzentration bei Männern und Frauen

3.3.3.2 LDL-Cholesterin

In Abbildung 60 ist zu erkennen, dass wie bei den Vicardio Stresseswerten (Abbildung 46), eine Zunahme des Viport Stresswertes mit einer leichten Steigerung der LDL-Cholesterinkonzentration einhergeht. Dieser Zusammenhang ist bei den weiblichen Teilnehmern deutlicher als bei den männlichen Teilnehmern, jedoch bei beiden Geschlechtern statistisch nicht signifikant.

Die männlichen Teilnehmer haben eine höhere durchschnittliche LDL-Cholesterinkonzentration im Blut als Frauen (vgl. Abbildung 26).

Viport Stresswert und LDL

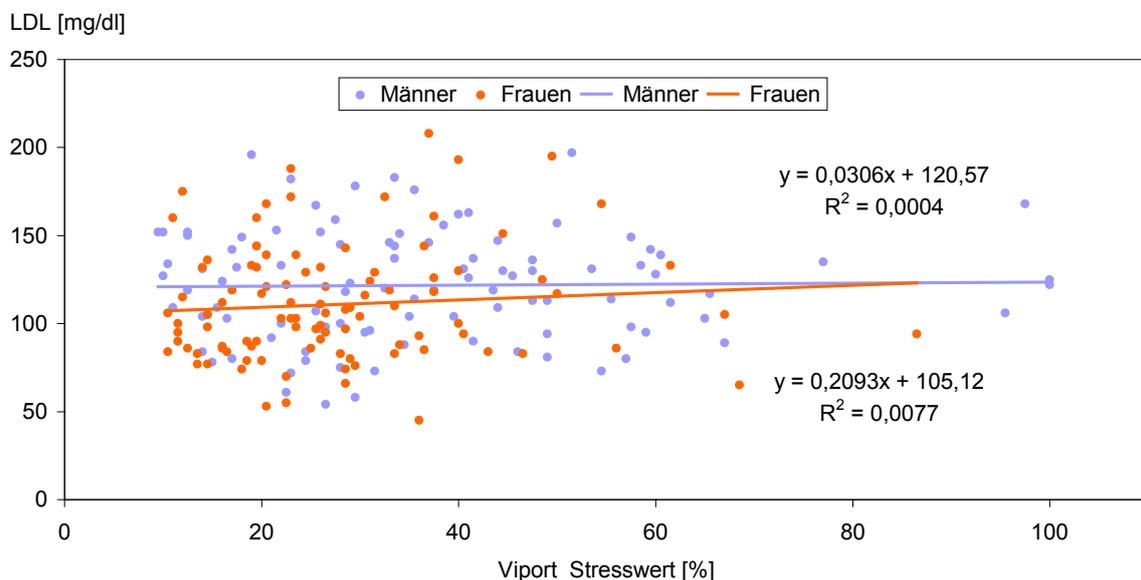


Abbildung 60: Stresswert mit dem Viport gemessen im Verhältnis zur LDL-Cholesterinkonzentration bei Männern und Frauen

3.3.3.3 HDL-Cholesterin

Abbildung 61 zeigt den Zusammenhang zwischen dem Viport Stresswert und der HDL-Cholesterinkonzentration der männlichen und weiblichen Probanden.

Während bei den männlichen Probanden eine Zunahme des Viport Stresswertes mit höheren der HDL-Cholesterinkonzentration einhergeht vergleichbar mit den Ergebnissen mit Vicardio, ist bei den weiblichen Probanden eine geringe Abnahme der HDL-Konzentration festzustellen. Beide Beziehungen stellen sich allerdings als nicht signifikant heraus.

Generell gesprochen haben die weiblichen Teilnehmer jeder Alterskategorie einen höheren HDL-Cholesteringehalt im Blut als die männlichen Probanden (vgl. Abbildung 27).

Viport Stresswert und HDL

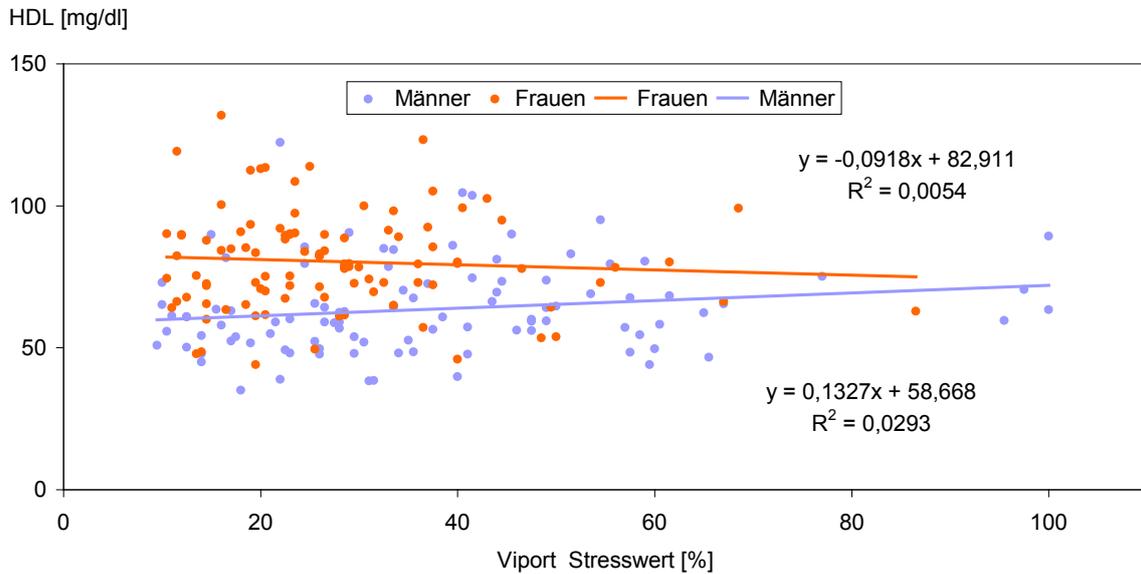


Abbildung 61: Stresswert mit dem Viport gemessen im Verhältnis zur HDL-Cholesterinkonzentration bei Männern und Frauen

3.3.3.4 Triglyzeride

Der gemessene Viport Stresswert bestätigt den uneinheitlichen Zusammenhang zwischen dem Stresswert und der Triglyzeridkonzentration im Blut, wie er oben mit dem Vicardio Gerät ermittelt wurde (vgl. Abbildung 48). Anders als bei den Ergebnissen mit dem Vicardio Gerät geht ein höherer Viport Stresswert bei den Männern mit einer Senkung der Triglyzeridkonzentration einher (n.s.) (Abbildung 62). Bei den weiblichen Probanden lässt sich eine sehr geringe Senkung der Triglyzeridkonzentration mit zunehmendem Stresswert beobachten (n.s.).

Die männlichen Probanden haben in allen Alterskategorien eine höhere Triglyzeridkonzentration im Blut als die weiblichen Probanden (vgl. Abbildung 28).

Viport Stresswert und Triglyzeride

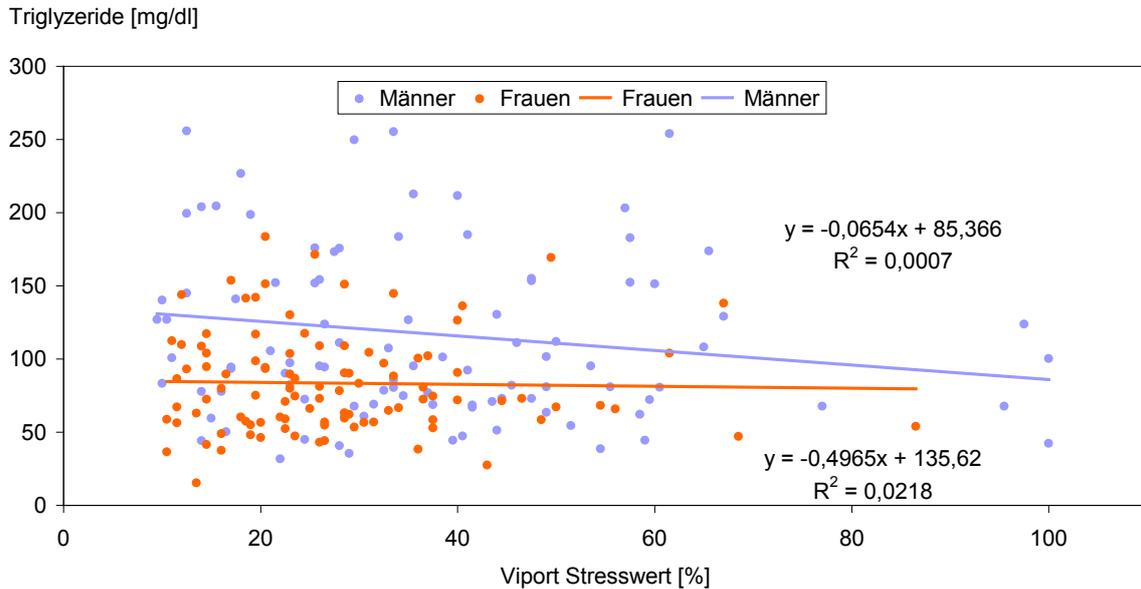


Abbildung 62: Stresswert mit dem Viport gemessen im Verhältnis zur Triglyzeridkonzentration bei Männern und Frauen

3.4 Mittelwert des Vicardio Herzzustandes aus den Vor- und Nachmittagsmessungen und klinische kardiovaskuläre Risikofaktoren

3.4.1 Vicardio Herzzustand und Anthropometrische Parameter

3.4.1.1 Alter

In Abbildung 63 wird deutlich, dass die Mittelwerte des Herzzustandes aus den Vor- und Nachmittagsmessungen im Verhältnis zum Lebensalter zwischen Männern und Frauen gegensätzlich verlaufen ($p = 0,0271$).

Während bei den weiblichen Probanden eine klare Verschlechterung des Herzzustandes mit dem Alter zu erkennen ist ($p = 0,0004$), lässt sich bei den männlichen Teilnehmern allenfalls eine geringfügige nicht signifikante Verschlechterung feststellen.

Frauen haben einen besseren Herzzustand als Männer (vgl. Abbildung 33, Abbildung 34).

Vicardio Herzzustand und Alter

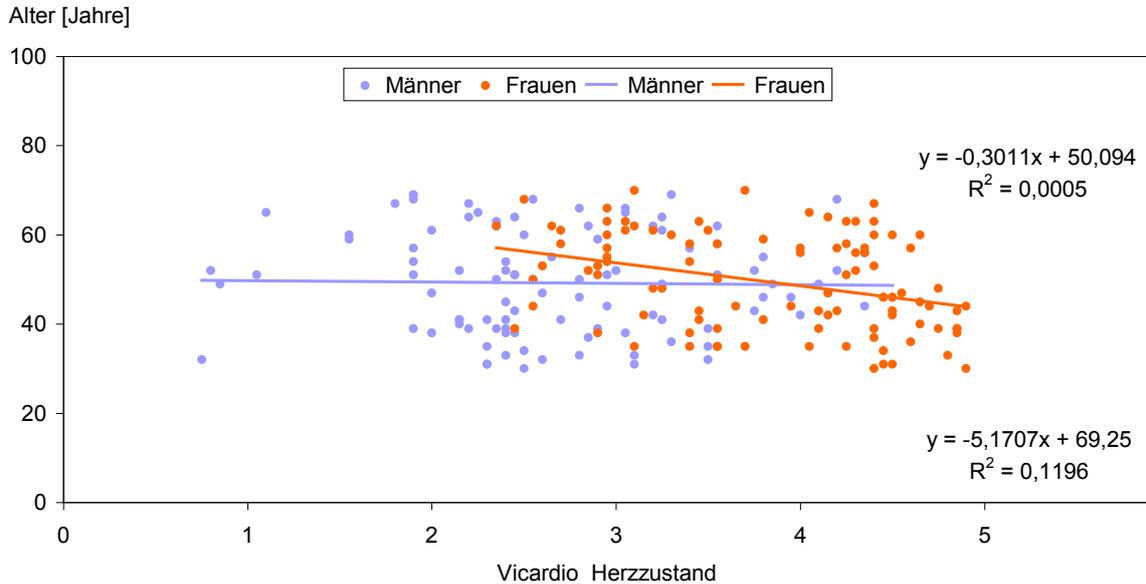


Abbildung 63: Herzzustand mit dem Vicardio gemessen im Verhältnis zum Alter bei Männern und Frauen

3.4.1.2 Körpergewicht

Zwischen dem Körpergewicht und dem Vicardio Herzzustand sind keine relevanten Zusammenhänge zu erkennen (Abbildung 64). Allenfalls erkennt man eine leichte Abnahme des Körpergewichtes mit einer Erhöhung (Verbesserung) des Herzzustandes. Frauen haben in allen Alterskategorien einen besseren Herzzustand als Männer (vgl. Abbildung 33, Abbildung 34).

Vicardio Herzzustand und Körpergewicht

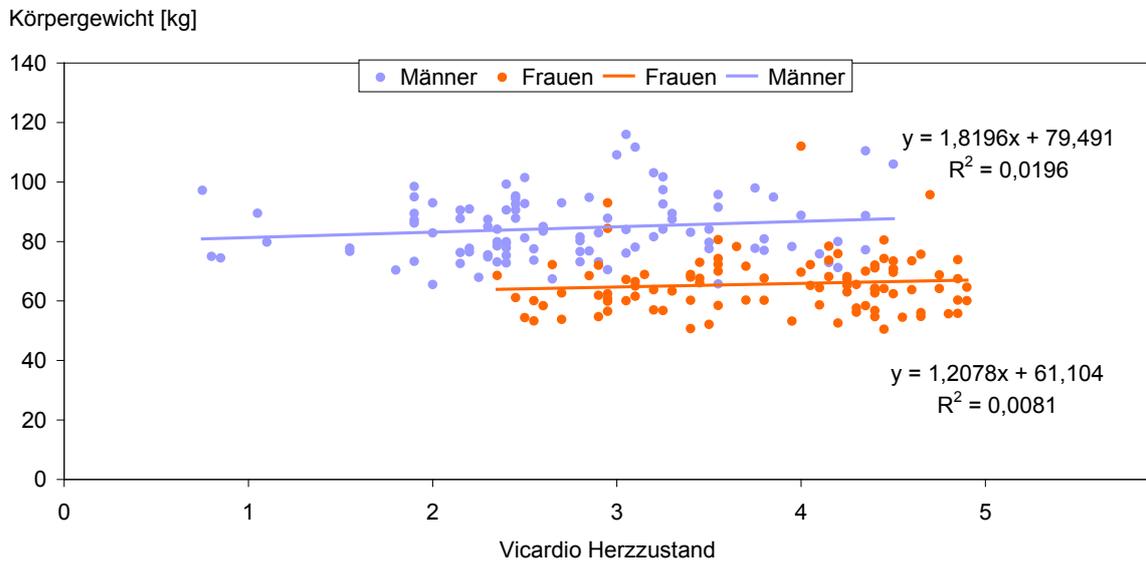


Abbildung 64: Herzzustand mit dem Vicardio gemessen im Verhältnis zum Körpergewicht bei Männern und Frauen

3.4.1.3 BMI

Der BMI nimmt bei beiden Geschlechtern geringfügig mit dem Herzzustand zu (Abbildung 65), wobei sich der Zusammenhang sich zwischen den Geschlechtern nicht unterscheidet (vgl. auch Abbildung 13).

Diese Zunahme ist bei Männern und Frauen nicht signifikant.

Vicardio Herzzustand und BMI

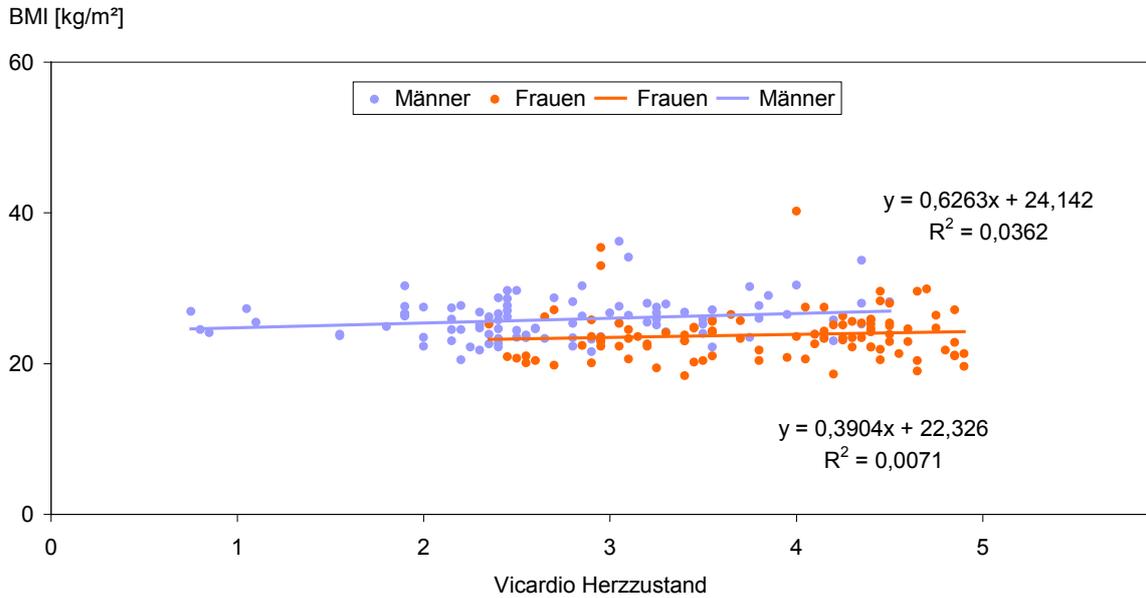


Abbildung 65: Herzzustand mit dem Vicardio gemessen im Verhältnis zum BMI bei Männern und Frauen

3.4.1.4 Taillenumfang

Bei Frauen und Männern ist mit einer Größenzunahme des Taillenumfanges eine Erhöhung des Herzzustandes zu erkennen (Abbildung 66). Dieser Zusammenhang erreicht allerdings nur bei den männlichen Teilnehmern das Signifikanzniveau (Männer $p = 0,0188$). Zwischen den Geschlechtern besteht kein statistisch signifikanter Unterschied ($p = 0,2511$).

Die männlichen Probanden haben generell in allen Alterskategorien einen größeren Taillenumfang als die weiblichen Teilnehmer (Abbildung 14).

Vicardio Herzzustand und Taillenumfang

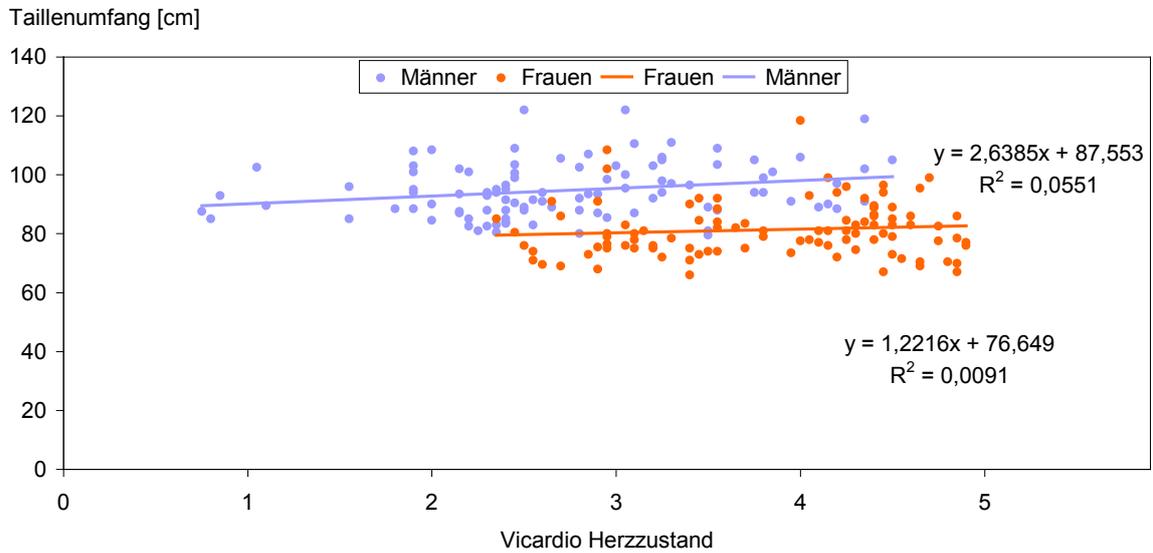


Abbildung 66: Herzstatus mit dem Vicardio gemessen im Verhältnis zum Taillenumfang bei Männern und Frauen

3.4.1.5 Körperfett

In Abbildung 67 ist zu erkennen, dass Frauen generell einen höheren Körperfettanteil haben als Männer (vgl. Abbildung 15).

Für beide Geschlechter besteht anders als beim Stresswert kein deutlicher Zusammenhang zwischen dem Vicardio Herzstatus und dem Körperfett (vgl. Abbildung 39 und Abbildung 53). Es ergeben sich somit auch keine signifikanten Beziehungen zwischen den oben genannten Parametern.

Vicardio Herzzustand und Körperfett

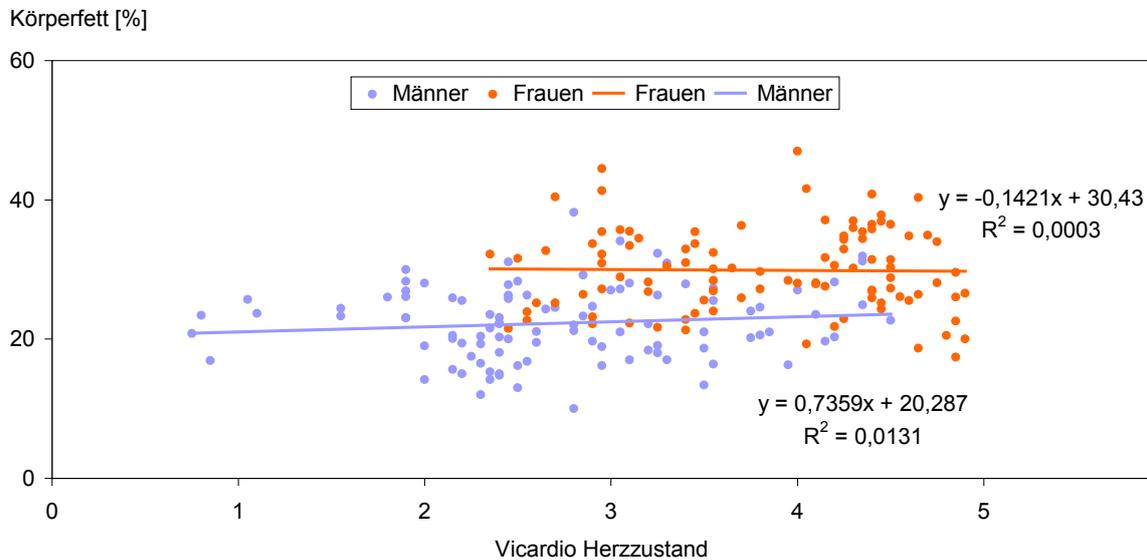


Abbildung 67: Herzstatus mit dem Vicardio gemessen im Verhältnis zum prozentualen Körperfettanteil bei Männern und Frauen

3.4.2 Vicardio Herzstatus und kardiale Parameter

3.4.2.1 Herzfrequenz

Abbildung 68 zeigt, dass eine positive Korrelation zwischen dem Herzstatus und der Herzfrequenz besteht. Dieser Zusammenhang erreicht vergleichbar mit den Stresswert Untersuchungen, keine Signifikanz (Abbildung 40 und Abbildung 54) (mit Ausnahme der weiblichen Teilnehmer mit dem Viport gemessen) und ist zwischen den weiblichen und männlichen Teilnehmer nicht unterscheidbar. Frauen haben in allen Alterskategorien eine höhere Herzfrequenz als Männer (vgl. auch Abbildung 16).

Vicardio Herzzustand und Herzfrequenz

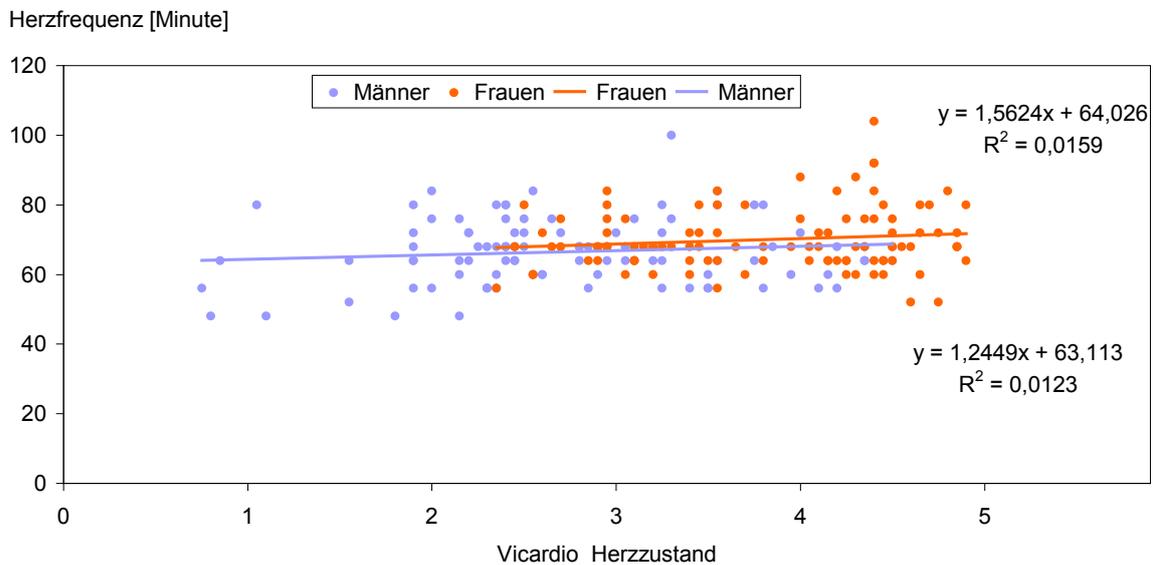


Abbildung 68: Herzzustand mit dem Vicardio gemessen im Verhältnis zur Herzfrequenz bei Männern und Frauen

3.4.2.2 Systolischer und diastolischer Blutdruck vor- und nachmittags gemessen

In den folgenden Abbildung 69Abbildung 72 ist das Verhältnis zwischen dem Vicardio Herzzustand und den systolischen sowie diastolischen Blutdruckwerten der Vor- und Nachmittagsmessungen dargestellt.

Ebenso wie bei den Stresswerten ist kein nennenswerter Zusammenhang zwischen dem Vicardio Herzzustand und dem systolischen oder diastolischen Blutdruck der Teilnehmer und Teilnehmerinnen zu erkennen (n.s.). Beide Geschlechter verhielten sich nicht unterschiedlich. Folglich werden im Folgenden lediglich die Grafiken hinsichtlich möglicher, aber in dieser Studie nicht beweisend erfassbarer Zusammenhänge zum Herzzustand beschrieben.

Niedrigere systolische Blutdruckwerte gehen mit höheren Herzzustandswerten einher. Diese Beziehung ist für beide Geschlechter zu beiden Tageszeiten erkennbar (Abbildung 69 und Abbildung 70).

Unabhängig von der Tageszeit haben Männer im Durchschnitt höhere systolische und diastolische Blutdruckwerte als Frauen (vgl. Abbildung 17, Abbildung 18 und Abbildung 21, Abbildung 22).

Ergebnisse

Vicardio Herzzustand vormittags und systolischer Blutdruck vormittags

systolischer Blutdruck
vormittags [mmHg]

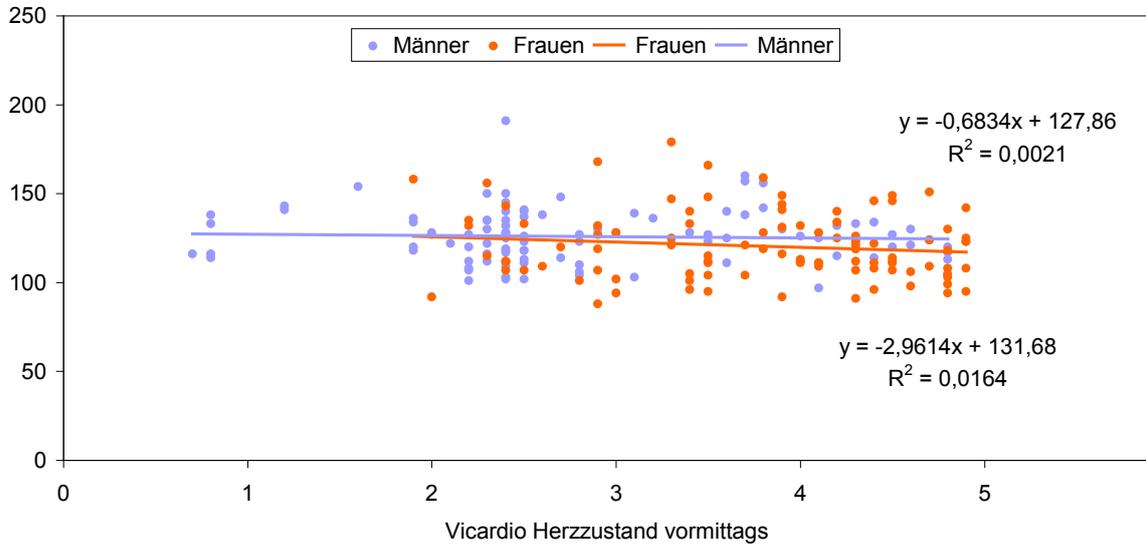


Abbildung 69: Vormittags Herzzustand mit dem Vicardio gemessen im Verhältnis zum systolischen Blutdruck vormittags bei Männern und Frauen

Vicardio Herzzustand nachmittags und systolischer Blutdruck nachmittags

systolischer Blutdruck
nachmittags [mmHg]

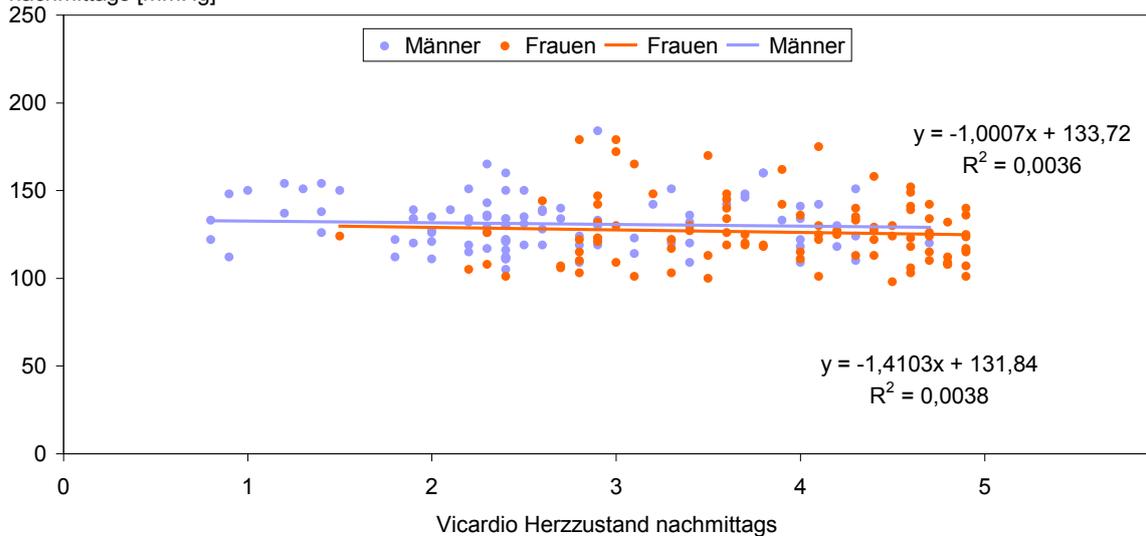


Abbildung 70: Nachmittags Herzzustand gemessen mit dem Vicardio Messgerät im Verhältnis zum systolischen Blutdruck nachmittags bei Männern und Frauen

Ergebnisse

Bei beiden Geschlechtern liegt der diastolische Blutdruck zu beiden Tageszeiten mit zunehmendem Herzzustand gering höher (Abbildung 71 und Abbildung 72). Unabhängig von der Tageszeit haben Männer im Durchschnitt höhere diastolische Blutdruckwerte als Frauen (vgl. Abbildung 21 und Abbildung 22).

Vicardio Herzzustand vormittags und diastolischer Blutdruck vormittags

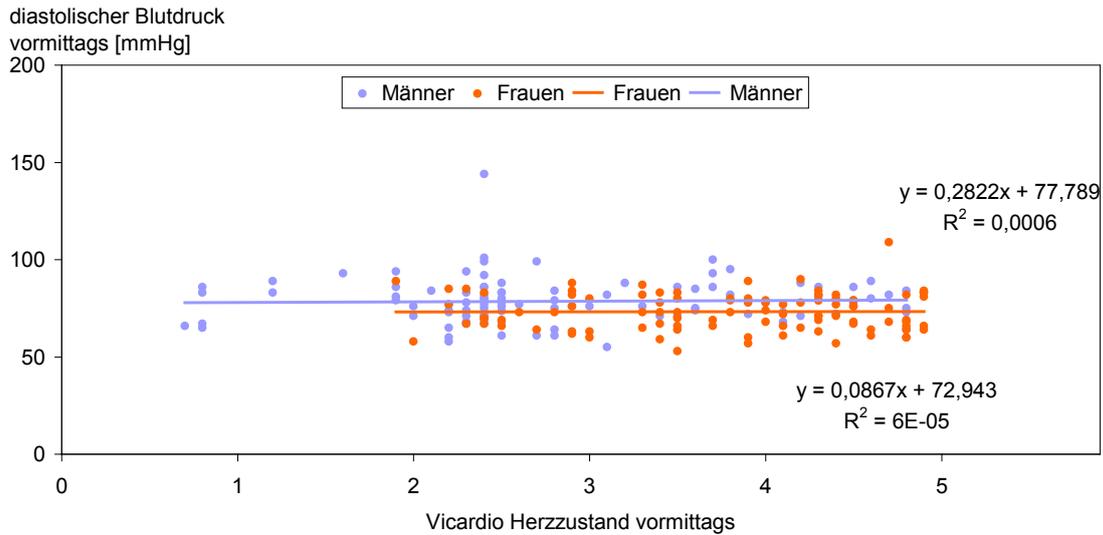


Abbildung 71: Vormittags Herzzustand mit dem Vicardio gemessen im Verhältnis zum diastolischen Blutdruck vormittags bei Männern und Frauen

Vicardio Herzzustand nachmittags und diastolischer Blutdruck nachmittags

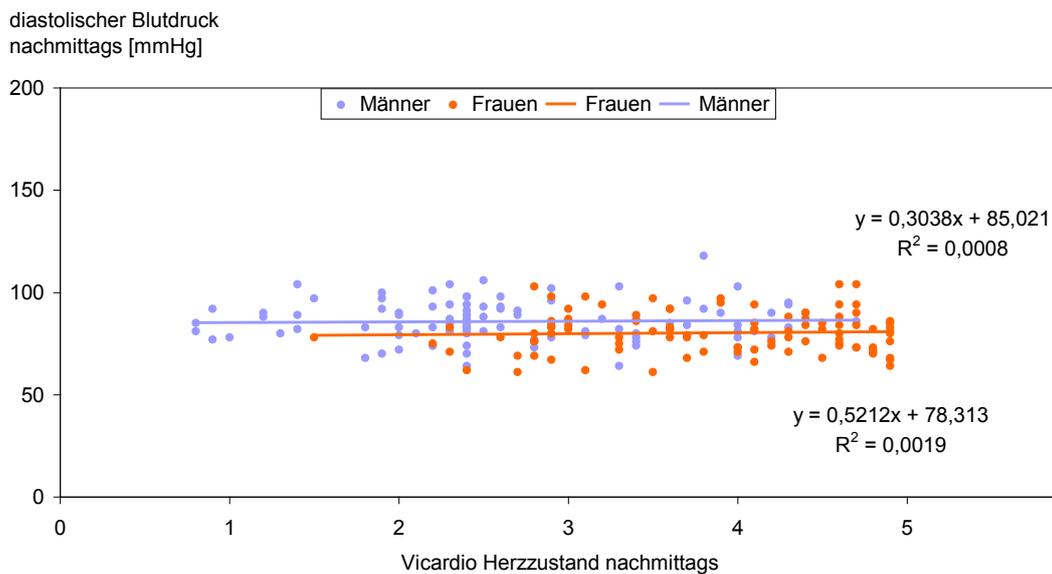


Abbildung 72: Nachmittags Herzzustand mit dem Vicardio gemessen im Verhältnis zum diastolischen Blutdruck nachmittags bei Männern und Frauen

3.4.3 Vicardio Herzzustand und Laborparameter

3.4.3.1 Nüchternblutzucker

In Abbildung 73 ist ein unterschiedlicher Verlauf zwischen dem Herzzustand und den Blutzuckerkonzentrationen bei Männern und Frauen zu beobachten ($p = 0,0029$).

Während der Anstieg des Herzzustands bei den männlichen Teilnehmern mit einer Zunahme der Blutzuckerkonzentration einhergeht ($p = 0,0320$), sinkt der Blutzucker bei den weiblichen Probanden mit zunehmendem Herzzustand ($p = 0,0448$).

Allerdings haben Männer generell höhere Blutzuckerwerte als Frauen und niedrigere Herzzustandswerte (vgl. Abbildung 25, Abbildung 33 und Abbildung 34).

Vicardio Herzzustand und Nüchternblutzucker

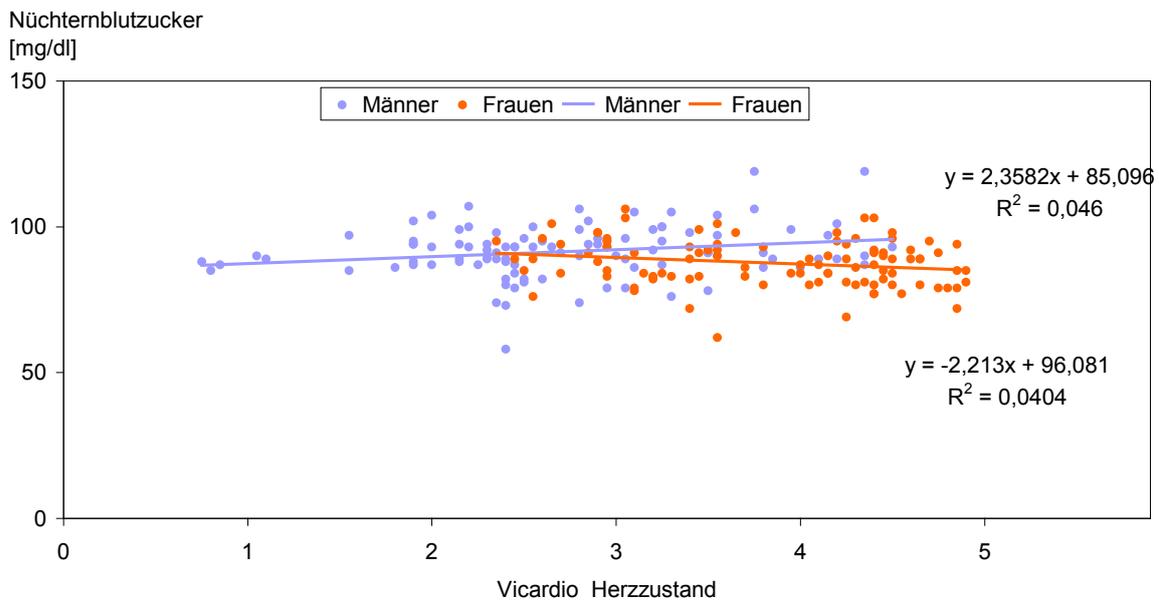


Abbildung 73: Herzzustand mit dem Vicardio gemessen im Verhältnis zur Nüchternblutzuckerkonzentration bei Männern und Frauen

3.4.3.2 LDL-Cholesterin

Der Herzzustand verhält sich zur LDL-Cholesterinkonzentration des Blutes ähnlich wie der Nüchternblutzucker.

In Abbildung 74 ist zu erkennen, dass ein höherer Herzzustand bei den männlichen Teilnehmern mit einer Zunahme der LDL-Cholesterinkonzentration und bei den weiblichen Teilnehmern mit einer Abnahme der LDL-Cholesterinkonzentration einhergeht. Beide Korrelationen erreichen aber keine Signifikanz.

Ergebnisse

Im Durchschnitt haben Männer einen deutlich höheren LDL-Cholesteringehalt im Blut als Frauen (vgl. Abbildung 26).

Vicardio Herzzustand und LDL

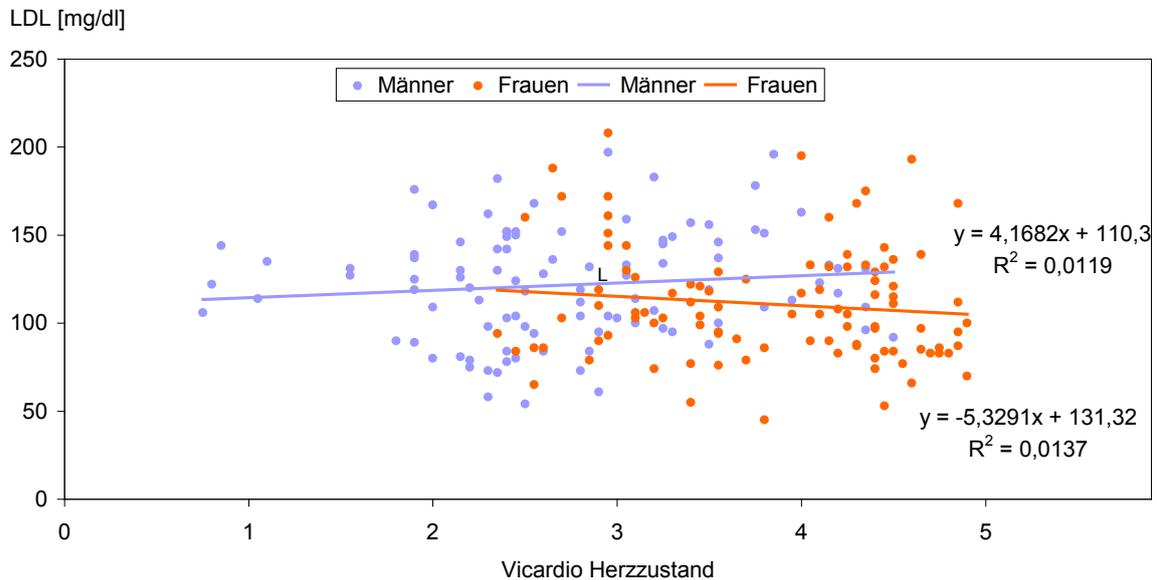


Abbildung 74: Herzzustand mit dem Vicardio gemessen im Verhältnis zur LDL-Cholesterinkonzentration bei Männern und Frauen

3.4.3.3 HDL-Cholesterin

Je höher der Herzzustand ist, desto niedriger sind die HDL-Cholesterinkonzentrationen der männlichen und weiblichen Probanden (Abbildung 75).

Dieser Zusammenhang zwischen Herzzustand und HDL-Cholesterin verläuft bei beiden Geschlechtern nahezu parallel, was sich als statistisch nicht signifikant unterschiedlich herausstellt. Die Steigung erreicht weder bei den männlichen noch bei den weiblichen Teilnehmern eine Signifikanz, wobei die männlichen Teilnehmern diese knapp verfehlen ($p = 0,0681$).

Männer haben im Allgemeinen einen niedrigeren HDL-Cholesterinwert als die Frauen (vgl. Abbildung 27).

Vicardio Herzzustand und HDL

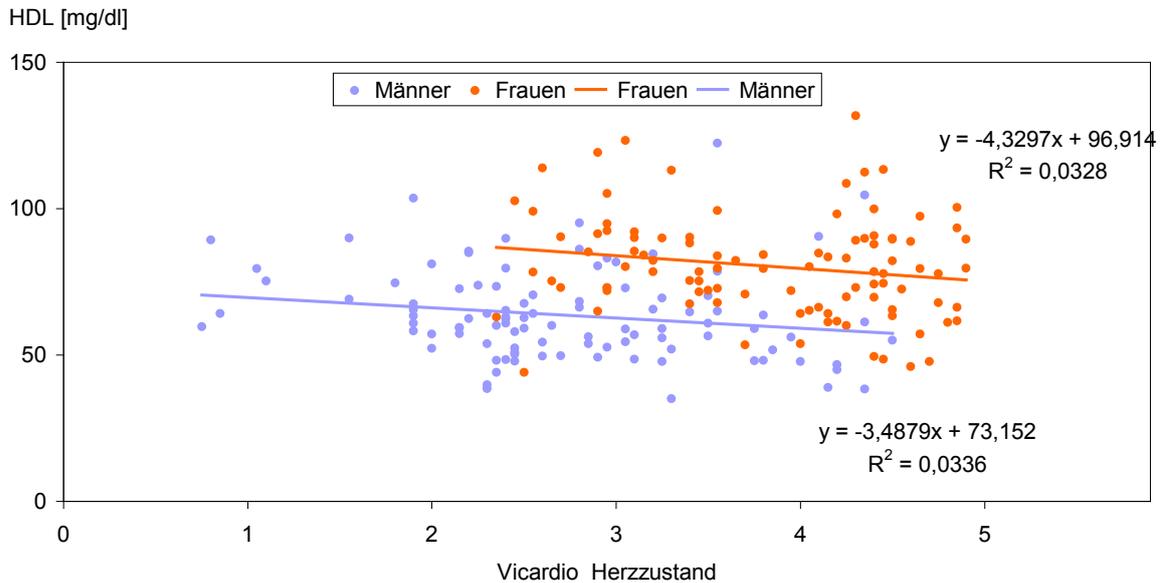


Abbildung 75: Herzzustand mit dem Vicardio gemessen im Verhältnis zur HDL-Cholesterinkonzentration bei Männern und Frauen

3.4.3.4 Triglyzeride

Die Abbildung 76 beschreibt die Beziehung zwischen dem Herzzustand und der gemessenen Triglyzeridkonzentration der männlichen und weiblichen Teilnehmer im Blut.

Männer weisen höhere Triglyzeridwerte auf als Frauen (vgl. Abbildung 28).

Ein Anstieg der Triglyzeridkonzentration bei beiden Geschlechtern geht mit einer Erhöhung des Herzzustandes einher, die aber bei den Männern deutlicher ist und knapp die Signifikanz verfehlt ($p = 0,0637$). Diese Beobachtung passt zur inversen Beziehung von Herzzustand und HDL-Cholesterin (Abbildung 75).

Vicardio Herzzustand und Triglyzeride

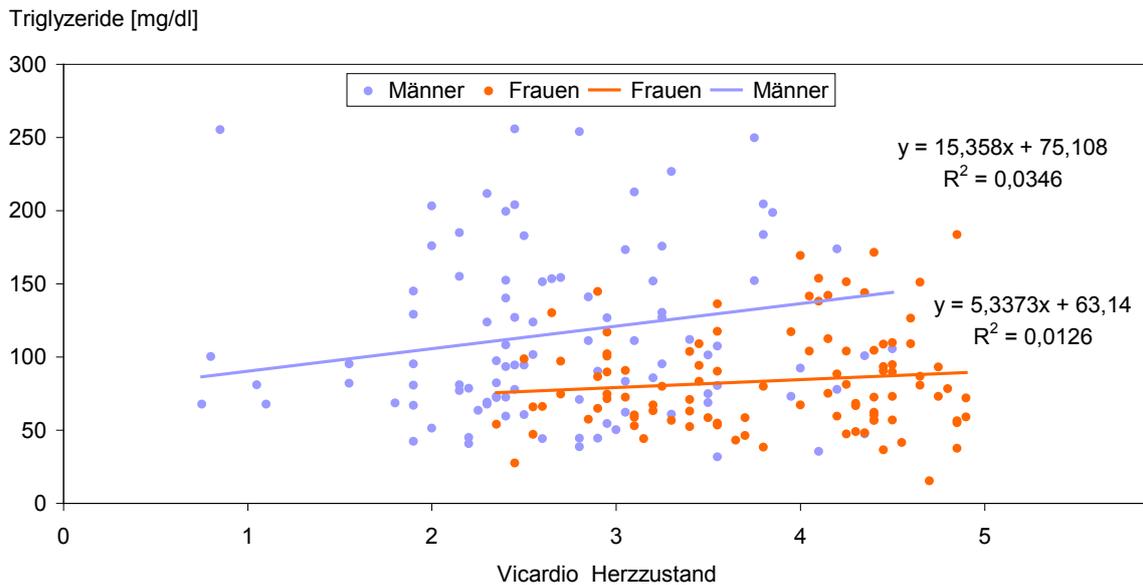


Abbildung 76: Herzzustand mit dem Vicardio gemessen im Verhältnis zur Triglyzeridkonzentration bei Männern und Frauen

3.5 Vicardio und Viport im Vergleich

3.5.1 Geräteparameter im Vergleich

3.5.1.1 Vicardio Stresswert und Vicardio Herzzustand vormittags und nachmittags

Bei den Vormittags- (Abbildung 77) sowie Nachmittagsmessergebnissen (Abbildung 78) ist ein deutlicher Zusammenhang zwischen dem Vicardio Stresswert und dem Herzzustand zu erkennen. Dieses entspricht den zu erwarteten Ergebnissen aufgrund der Gemeinsamkeiten im jeweiligen zugrunde liegenden Algorithmus.

Unabhängig von der Tageszeit geht bei beiden Geschlechtern ein Anstieg des Vicardio Stresswertes mit einer Abnahme des Vicardio Herzzustandes einher. Dieser Zusammenhang ist bei Frauen und Männern bei Vormittags- (beide Geschlechter $p < 0,0001$) sowie Nachmittagsmessergebnissen (beide Geschlechter $p < 0,0001$) signifikant.

Der Anstieg verläuft zwischen den Geschlechtern zu beiden Tageszeiten parallel.

Männer haben generell einen höheren Vicardio Stresswert und einen niedrigeren Vicardio Herzzustand als Frauen (vgl. Abbildung 29 und Abbildung 30 sowie Abbildung 33 und Abbildung 34).

Vicardio Stresswert vormittags und Vicardio Herzzustand vormittags

Vicardio Herzzustand vormittags

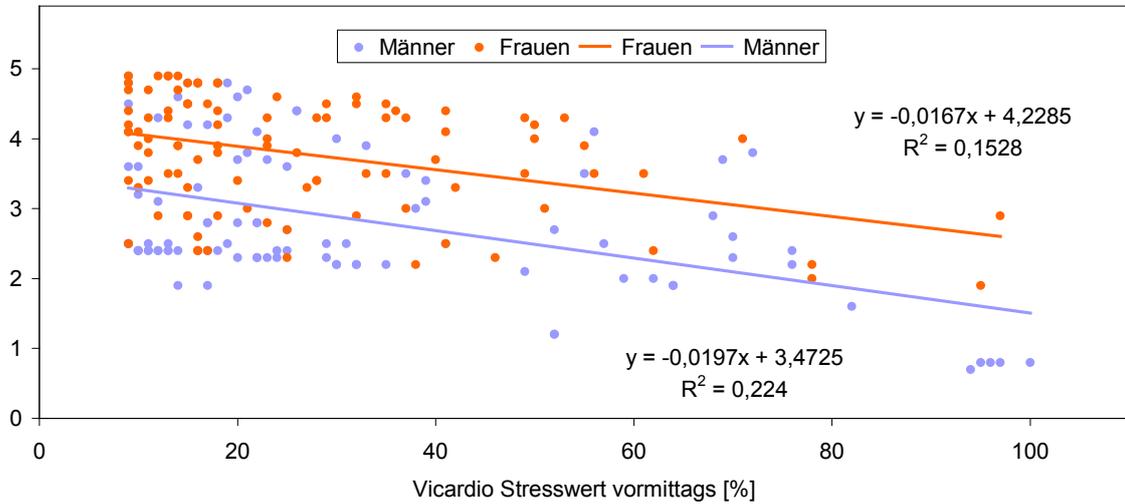


Abbildung 77: Vicardio Stresswert vormittags im Verhältnis zum Vicardio Herzzustand vormittags bei Männern und Frauen

Vicardio Stresswert nachmittags und Vicardio Herzzustand nachmittags

Vicardio Herzzustand nachmittags

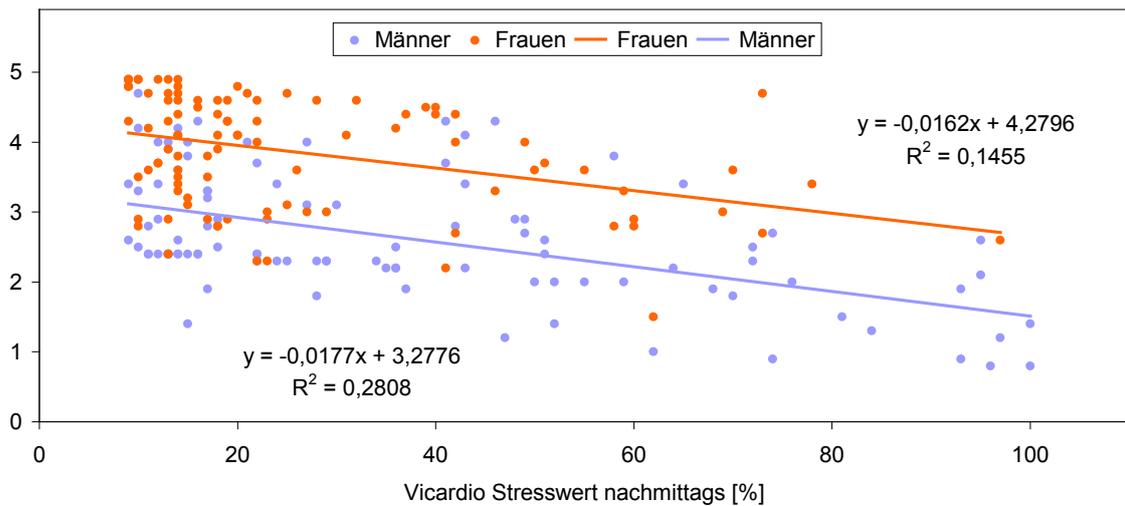


Abbildung 78: Vicardio Stresswert nachmittags im Verhältnis zum Vicardio Herzzustand nachmittags bei Männern und Frauen

3.5.1.2 Vicardio Stresswert und Viport Stresswert vormittags und nachmittags

Die Abbildung 79 und Abbildung 80 zeigen, dass der Anstieg der mit dem Viport gemessenen Stresswerte in Abhängigkeit von dem mit dem Vicardio gemessenen Stresswerten von der Idealgeraden mit dem Anstieg 1 abweicht. Der Korrelationsgeraden ist zu entnehmen, dass mit zunehmendem Anstieg die mit dem Viport gemessenen Stresswerte im Durchschnitt niedriger liegen als die mit dem Vicardio gemessenen Stresswerte.

Das gilt für beide Geschlechter, allerdings vormittags für Männer ($p < 0,0001$) stärker als für Frauen ($p < 0,0002$) ($p = 0,0077$ für den Vergleich der Geschlechter), wobei die Nachmittagsmessungen nicht signifikant zwischen den Geschlechtern variieren (für beide Geschlechter $p < 0,0001$). Allerdings liegen bei niedrigeren Werten die mit dem Viport gemessenen Stresswerte im Durchschnitt höher als die mit dem Vicardio gemessenen Stresswerte. Da niedrigere Stresswerte häufiger vorkommen, liegen die mit dem Viport gemessenen Stresswerte im Durchschnitt der Probanden geringfügig höher als die mit dem Vicardio gemessenen Stresswerte mit der Ausnahme der Vormittagswerte bei Männern sowie der ältesten Probandenkohorte der männlichen Teilnehmer am Nachmittag. (vgl. Abbildung 29, Abbildung 31 für Messergebnisse vormittags und Abbildung 30, Abbildung 32 für nachmittags).

Vicardio Stresswert vormittags und Viport Stresswert vormittags

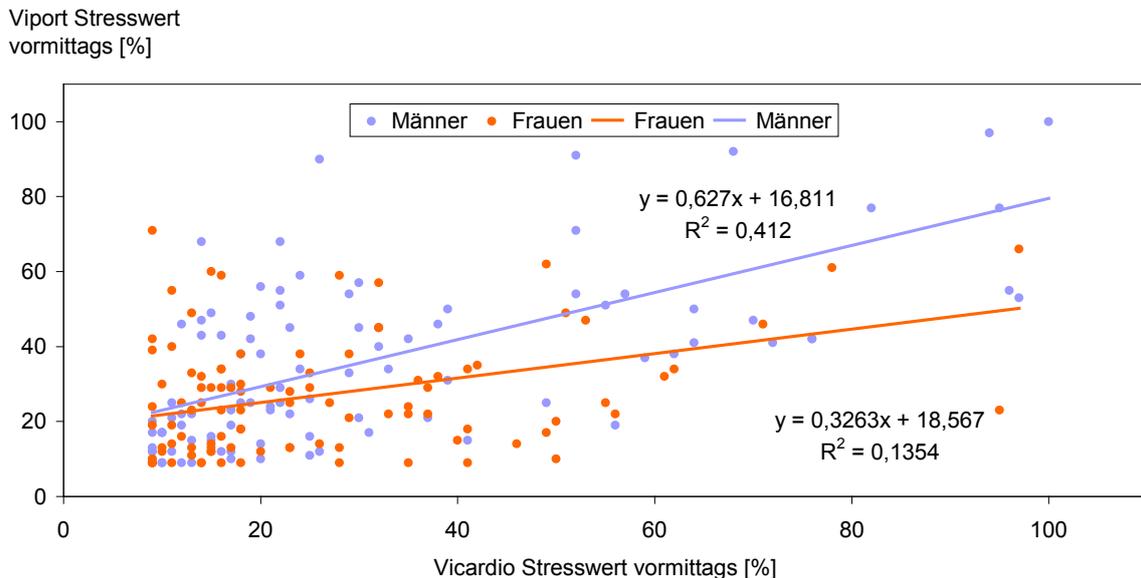


Abbildung 79: Vicardio Stresswert vormittags im Verhältnis zum Viport Stresswert vormittags bei Männern und Frauen

Vicardio Stresswert nachmittags und Viport Stresswert nachmittags

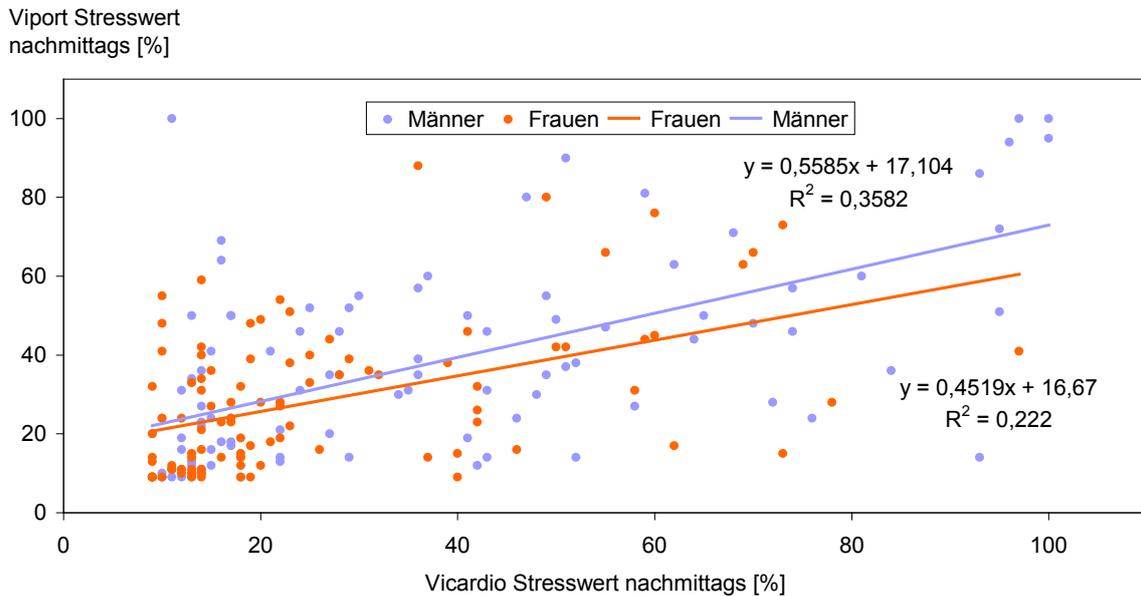


Abbildung 80: Vicardio Stresswert nachmittags im Verhältnis zum Viport Stresswert nachmittags bei Männern und Frauen

3.5.1.3 Viport Stresswert und Vicardio Herzzustand vormittags und nachmittags

In Abbildung 81 und Abbildung 82 ist zu erkennen, dass mit Zunahme des Viport Stresswertes der Vicardio Herzzustand abnimmt.

Somit korreliert ein hoher Stresswert vor- wie nachmittags mit einem niedrigen Herzzustand vergleichbar mit den Ergebnissen für Vicardio (vgl. Abbildung 77 und Abbildung 78).

Dieser Zusammenhang ist bei den Vormittagsmessungen nur für die männlichen Teilnehmer signifikant ($p = 0,0051$) (Abbildung 81), bei den Nachmittagsmessung (Abbildung 82) aber für bei beiden Geschlechtern signifikant (Männer $p = 0,0002$, Frauen $p = 0,0237$).

Der Anstieg verläuft zwischen den Geschlechtern betrachtet nahezu parallel und ist daher nicht signifikant unterschiedlich.

Ergebnisse

Viport Stresswert vormittags und Vicardio Herzzustand vormittags

Vicardio Herzzustand vormittags

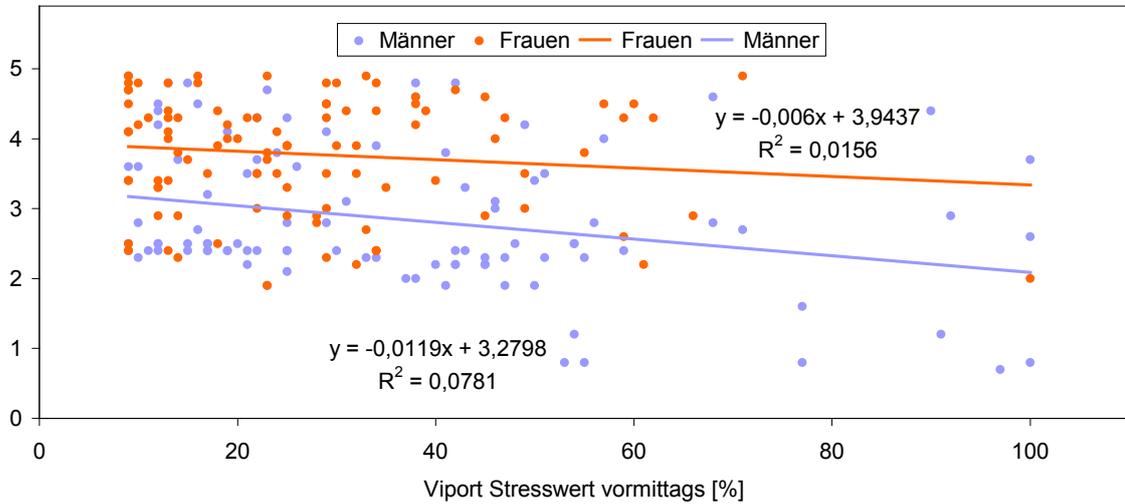


Abbildung 81: Viport Stresswert vormittags im Verhältnis zum Vicardio Herzzustand bei Männern und Frauen

Viport Stresswert nachmittags und Vicardio Herzzustand nachmittags

Vicardio Herzzustand nachmittags

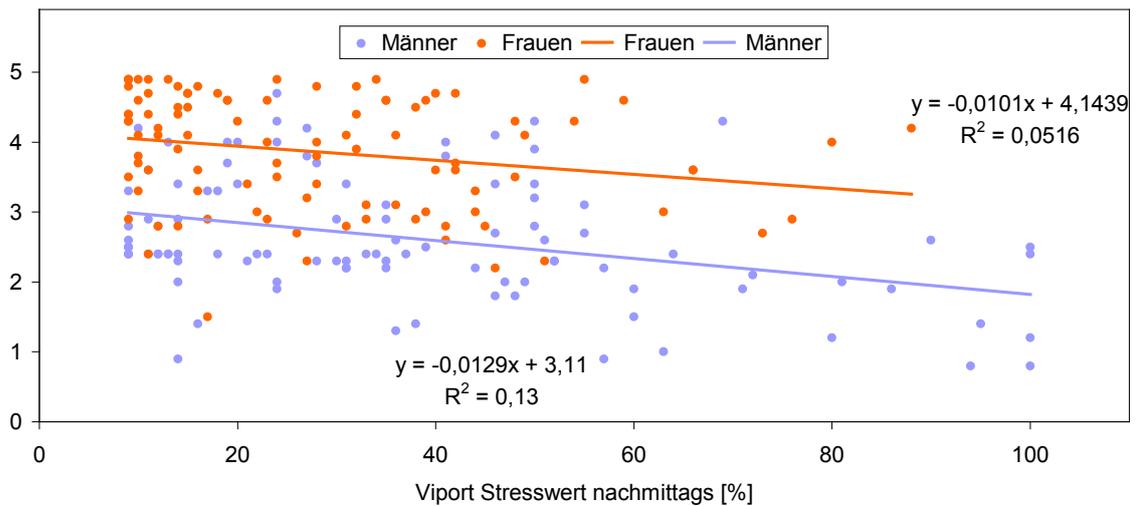


Abbildung 82: Viport Stresswert nachmittags im Verhältnis zum Vicardio Herzzustand nachmittags bei Männern und Frauen

3.5.2 Vergleich und Differenzen zwischen Vor- und Nachmittagsmessungen

3.5.2.1 Vicardio Stresswert

Vicardio Stresswert bei Frauen

Abbildung 83 stellt das Verhältnis zwischen dem vor- und nachmittags gemessenen Vicardio Stresswert der weiblichen Probanden dar. Mit höheren Stresswerten am Vormittag steigen auch die Stresswerte nachmittags ($p < 0,0001$). Jedoch ist der Anstieg der Korrelationsgeraden deutlich unter 1, so dass sich bei höheren Stresswerten am Vormittag weniger hohe Stresswerte am Nachmittag ergeben. Dennoch liegen die Vicardio Stresswerte vormittags durchschnittlich geringfügig aber nicht signifikant höher als die am Nachmittag gemessenen Vicardio Stresswerte (vgl. Abbildung 29 und Abbildung 30)

Vicardio Stresswert vor- und nachmittags der Frauen

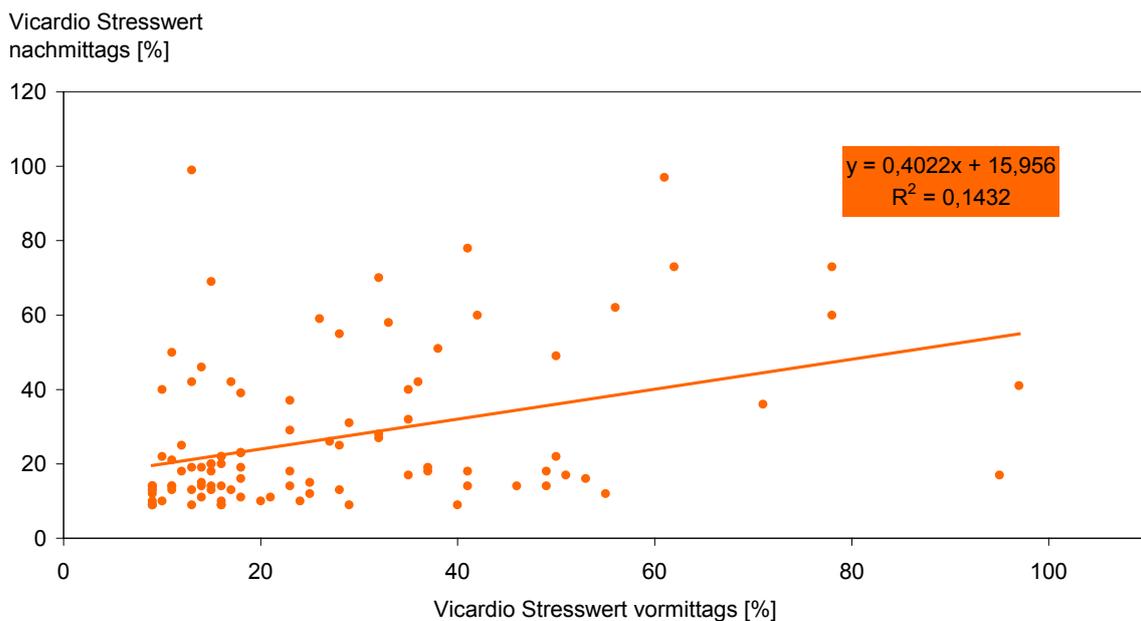


Abbildung 83: Stresswert vormittags im Verhältnis zum Stresswert nachmittags mit dem Vicardio gemessen bei Frauen

Differenz der Vicardio Stresswerte vormittags und nachmittags bei Frauen

In Abbildung 84 ist die Differenz zwischen den Vor- und Nachmittagsmessungen des Vicardio Stresswertes der weiblichen Probanden der Größe nach kumulativ dargestellt.

Ergebnisse

Bei 30% liegt die Abweichung zwischen den beiden Messungen unter 5%, bei 72% unter 20% und nur bei 5% über 40%. Die geringe Abweichung der Messungen am Vor- und Nachmittag, die mit einem höheren Stresswert zunimmt, verdeutlicht Abbildung 85.

Vicardio Stresswert Differenz Frauen

Differenz Vicardio
Stresswert [%]

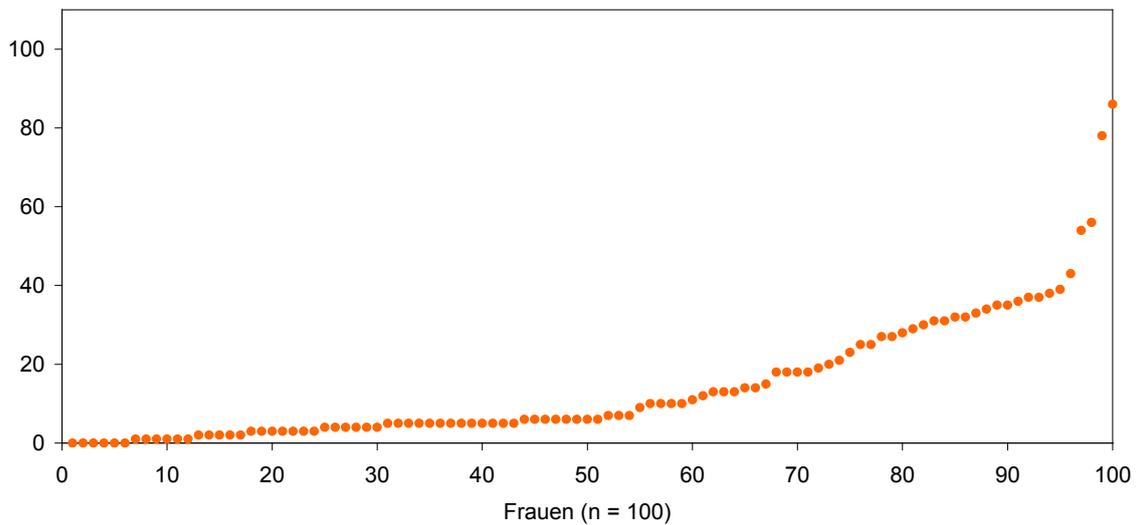


Abbildung 84: Differenz zwischen den Vor- und Nachmittagsmessergebnissen des mit dem Vicardio gemessenen Stresswertes bei Frauen

Mittelwert aus vor- und nachmittags Messwerten des Vicardio Stresswertes und Differenz für Frauen

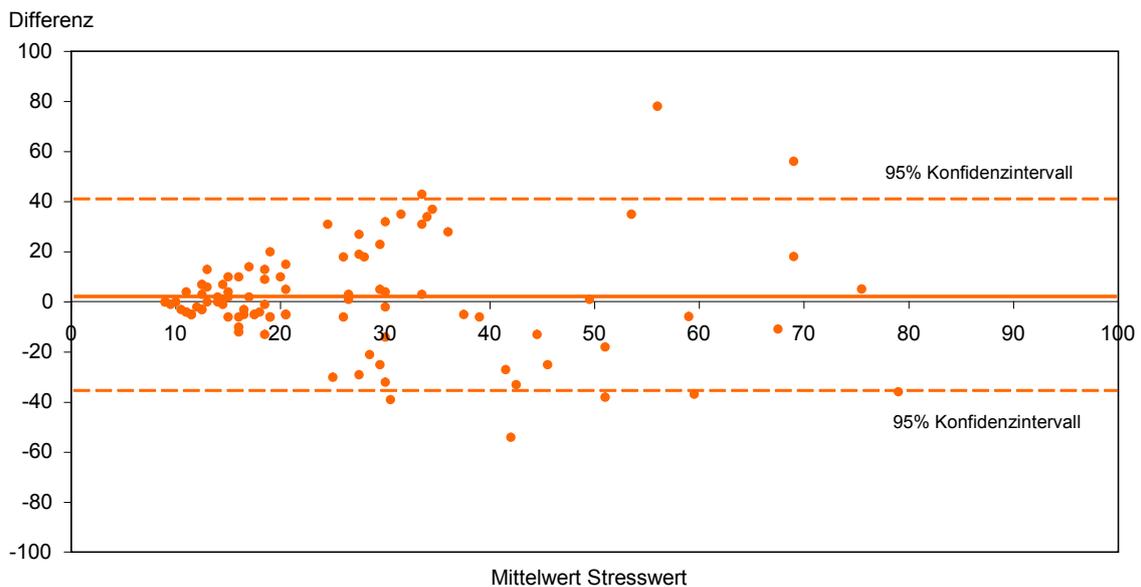


Abbildung 85: Differenzen zwischen den Vor- und Nachmittagsmessergebnissen der bei Frauen mit dem Vicardio gemessenen Stresswerte als Bland-Altman-Plot

Vicardio Stresswert bei Männern

Abbildung 86 stellt das Verhältnis zwischen den vor- und nachmittags gemessenen Vicardio Stresswerten der männlichen Probanden dar.

Mit höheren Stresswerten am Vormittag steigen auch die Stresswerte nachmittags ($p < 0,0001$). Ähnlich wie bei dem Vergleich der weiblichen Teilnehmer (Abbildung 83) liegt der Anstieg der Korrelationsgeraden deutlich unter 1, so dass sich bei höheren Stresswerten am Vormittag weniger hohe Stresswerte am Nachmittag ergeben.

Anders als bei den Frauen ist der Vicardio Stresswert nachmittags bei den Männern durchschnittlich höher als der Vicardio Stresswert, der am Vormittag gemessen wurde. Diese Differenz verfehlt das Signifikanzniveau ($p < 0,056$) (vgl. Abbildung 29 und Abbildung 30).

Vicardio Stresswert vor- und nachmittags der Männer

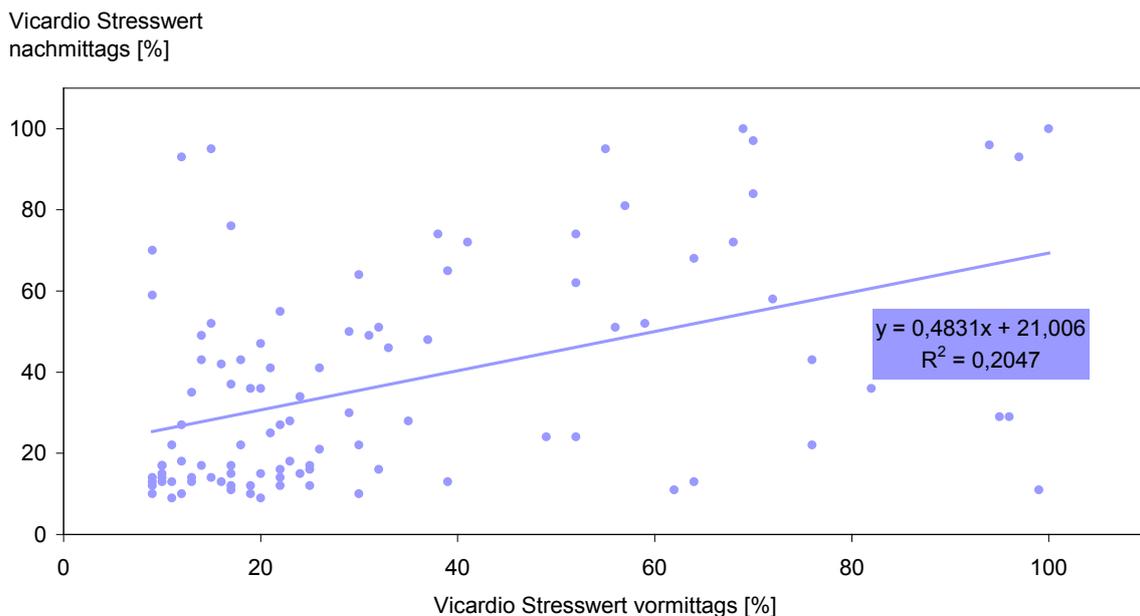


Abbildung 86: Stresswert vormittags im Verhältnis zum Stresswert nachmittags mit dem Vicardio gemessen bei Männern

Differenz der Vicardio Stresswerte vormittags und nachmittags bei Männer

In Abbildung 87 ist die Differenz zwischen den Vor- und Nachmittagsmessungen des Vicardio Stresswertes der männlichen Teilnehmer der Größe nach kumulativ dargestellt.

Bei 23% der Probanden liegt die Abweichung zwischen den beiden Messungen unter 5%, bei 63% unter 20% und nur bei 12% über 40%. Die geringe Abweichung der Messungen am Vor- und Nachmittag, die mit höherem Stresswert zunimmt, verdeutlicht Abbildung 88.

Vicardio Stresswert Differenz Männer

Differenz Vicardio
Stresswert [%]

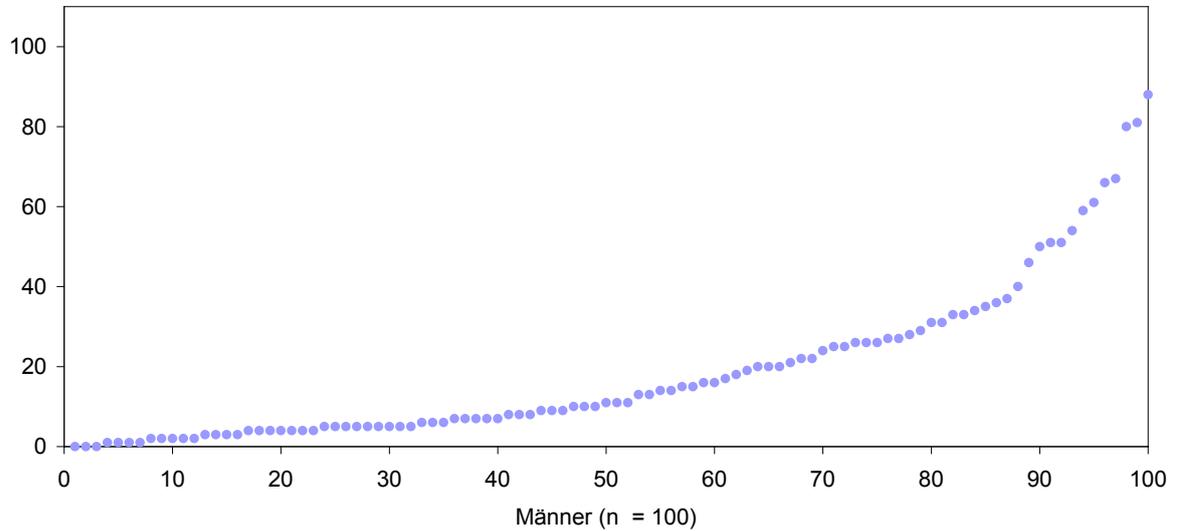


Abbildung 87: Differenz zwischen den Vor- und Nachmittagsmessergebnissen des mit dem Vicardio gemessenen Stresswertes bei Männern

Mittelwert aus vor- und nachmittags Messwerten des Vicardio
Stresswertes und Differenz für Männer

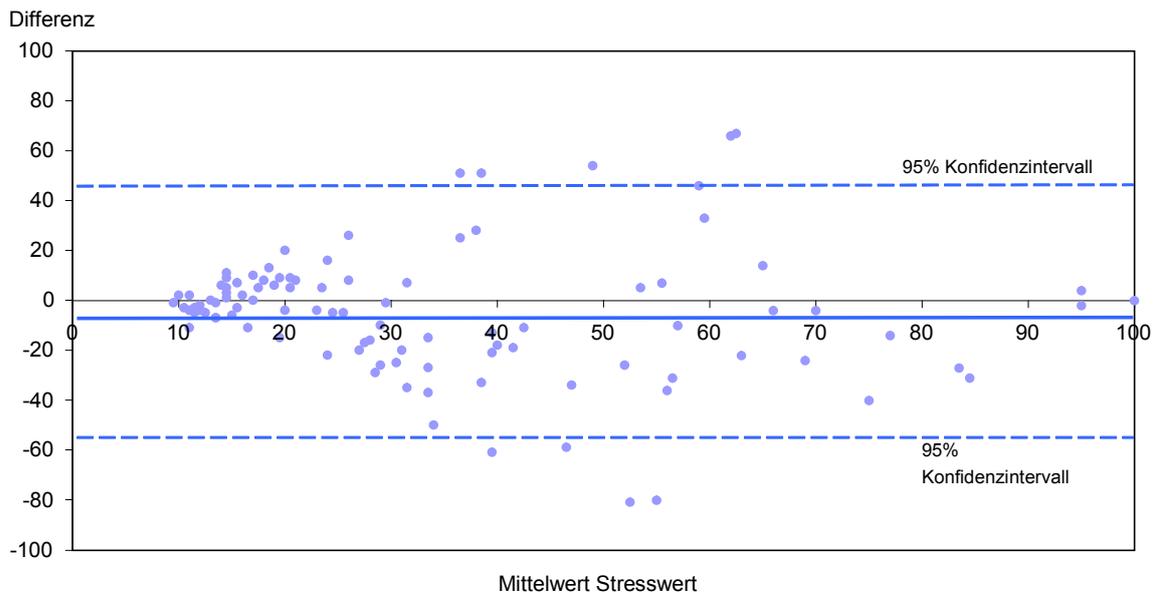


Abbildung 88: Differenz zwischen den Vor- und Nachmittagsmessergebnissen des bei Männern mit dem Vicardio gemessenen Stresswertes als Bland-Altman-Plot

3.5.2.2 Viport Stresswert

Viport Stresswert bei Frauen

Abbildung 89 stellt das Verhältnis zwischen dem vor- und nachmittags gemessenen Viport Stresswert der weiblichen Probanden dar. Mit höheren Stresswerten am Vormittag steigen auch die Stresswerte nachmittags signifikant an ($p = 0,0241$).

Jedoch ist der Anstieg der Korrelationsgeraden deutlich unter 1, so dass sich bei höheren Stresswerten am Vormittag weniger hohe Stresswerte am Nachmittag ergeben.

Anders als bei den Vicardio Messungen (Abbildung 29 und Abbildung 30) sind die durchschnittlichen Viport Stresswerte der Frauen vormittags niedriger als die Nachmittags-Stresswerte was aber nicht signifikant ist (vgl. Abbildung 31 und Abbildung 32).

Viport Stresswert vor- und nachmittags der Frauen

Viport Stresswert
nachmittags [%]

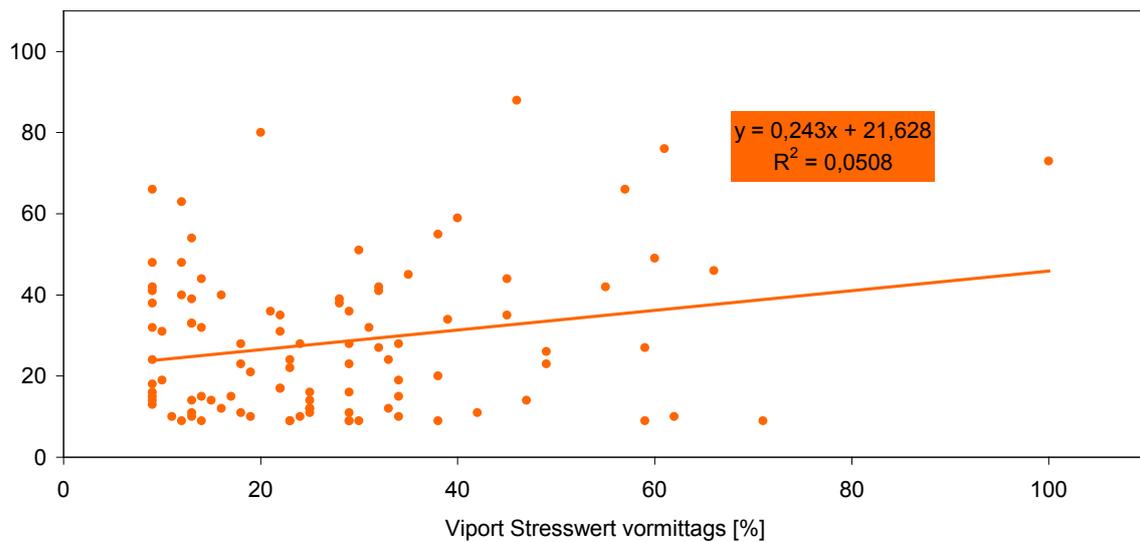


Abbildung 89: Stresswert vormittags im Verhältnis zum Stresswert nachmittags mit dem Viport gemessen bei Frauen

Differenz der Viport Stresswerte vormittags und nachmittags bei Frauen

In Abbildung 90 ist die Differenz zwischen den Vor- und Nachmittagsmessungen des Viport Stresswertes der weiblichen Teilnehmer der Größe nach kumulativ dargestellt.

Bei 17% der Probandinnen liegt die Abweichung zwischen den beiden Messungen unter 5%, bei 65% unter 20% und nur bei 8% über 40%.

Ergebnisse

Somit liegt bei den Viport Messungen im Gegensatz zu den Vicardio Ergebnissen der weiblichen Probanden ein niedrigerer Prozentanteil unter 5% und 20% sowie ein größerer Anteil über 40% (vgl. Abbildung 84).

Die Differenzen des Viport Stresswertes zu beiden Tageszeiten sind also größer als die Differenzen der Vicardio Messungen. Abbildung 91 verdeutlicht die geringe Abweichung der Messungen am Vor- und Nachmittag, die mit höherem Stresswert zunimmt.

Viport Stresswert Differenz Frauen

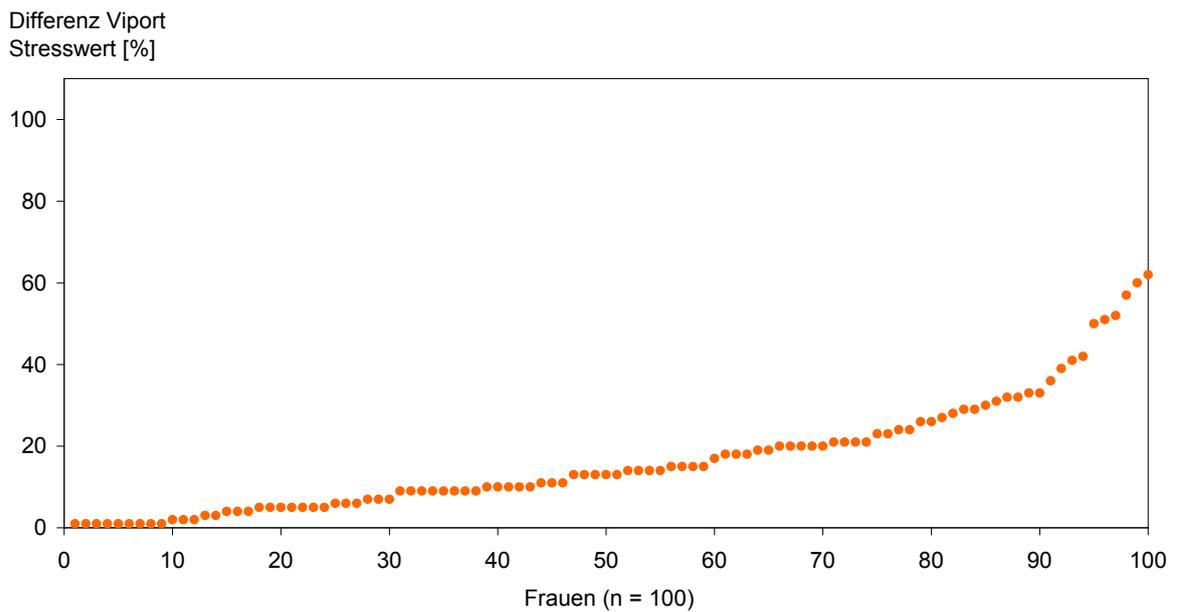


Abbildung 90: Differenz zwischen den Vor- und Nachmittagsmessergebnissen des mit dem Viport gemessenen Stresswertes bei Frauen

Mittelwert aus vor- und nachmittags Messwerten des Viport Stresswertes und Differenz für Frauen

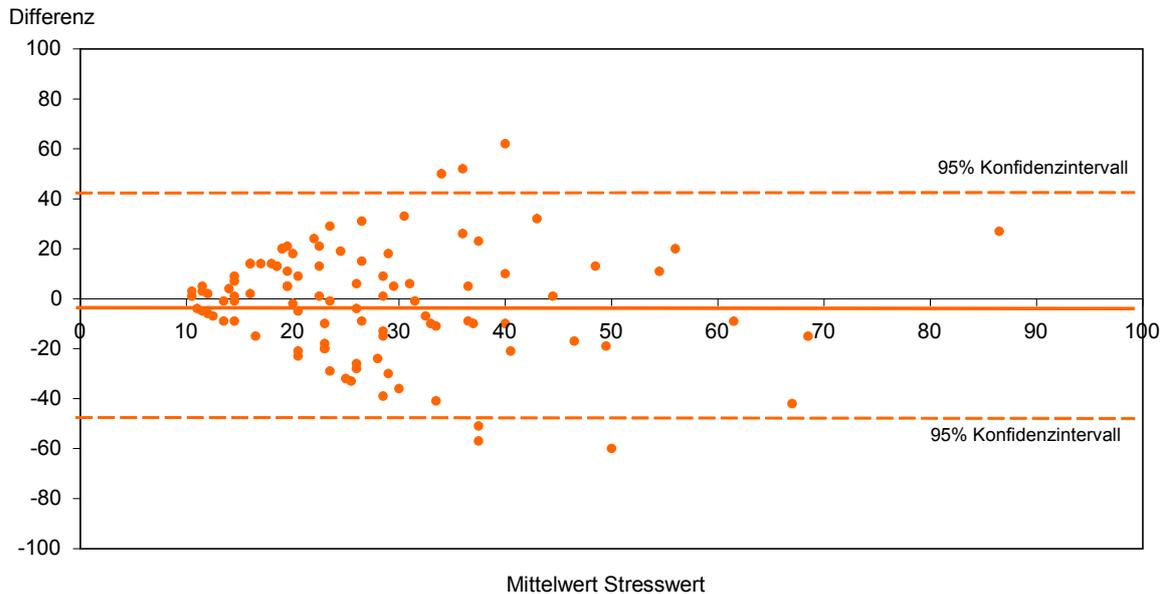


Abbildung 91: Differenz zwischen den Vor- und Nachmittagsmessergebnissen des bei Frauen mit dem Viport gemessenen Stresswertes als Bland-Altman-Plot

Viport Stresswert bei Männer

Abbildung 92 stellt das Verhältnis zwischen den vor- und nachmittags gemessenen Viport Stresswerten der männlichen Probanden dar.

Mit höheren Stresswerten am Vormittag steigen auch die Stresswerte nachmittags ($p < 0,0001$). Ähnlich wie bei dem Vergleich der weiblichen Teilnehmer (Abbildung 83) liegt der Anstieg der Korrelationsgeraden deutlich unter 1, so dass sich bei höheren Stresswerten am Vormittag weniger hohe Stresswerte am Nachmittag ergeben.

Wie bei den Frauen ist der Viport Stresswert nachmittags bei den Männern durchschnittlich höher als der Viport Stresswert, der am Vormittag gemessen wurde. Diese Unterschiede sind allerdings nicht signifikant (vgl. Abbildung 31 und Abbildung 32).

Viport Stresswert vor- und nachmittags der Männer

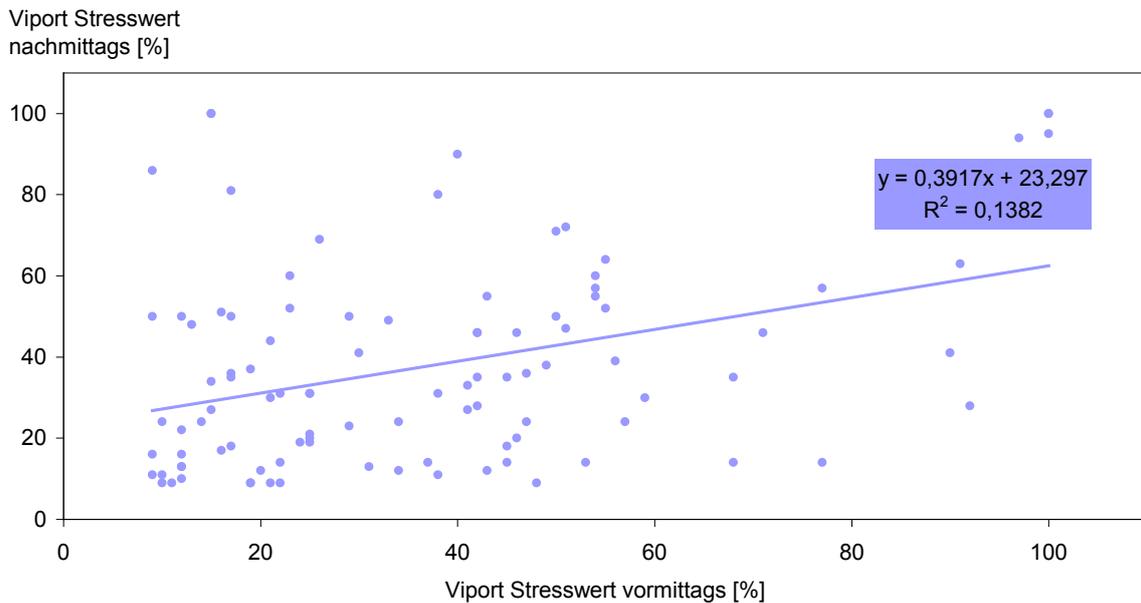


Abbildung 92: Stresswert vormittags im Verhältnis zum Stresswert nachmittags mit dem Viport gemessen bei Männern

Differenz der Viport Stresswerte vormittags und nachmittags bei Männern

In Abbildung 93 ist die Differenz zwischen den Vor- und Nachmittagsmessungen des Viport Stresswertes der männlichen Probanden der Größe nach kumulativ dargestellt.

Bei 22% der Teilnehmer liegt die Abweichung zwischen den beiden Messungen unter 5%, bei 62% unter 20% und nur bei 12% über 40%. Die Differenzen der Viport Messungen sind geringfügig größer als die Vicardio Differenzen. Der Prozentanteil der über 40% liegt entspricht dem der Differenz Messung des Vicardio Gerätes (vgl. Abbildung 87).

Abbildung 94 verdeutlicht die geringe Abweichung der Messungen am Vor- und Nachmittag, die mit höherem Stresswert zunimmt.

Ergebnisse

Viport Stresswert Differenz Männer

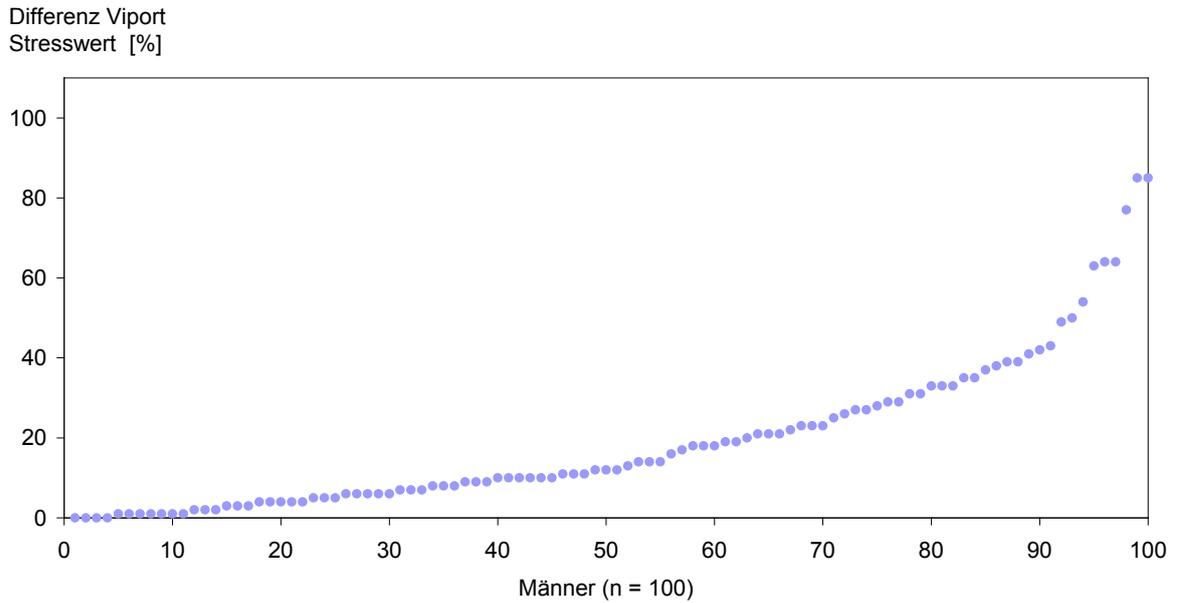


Abbildung 93: Differenz zwischen den Vor- und Nachmittagsmessergebnissen mit dem Viport gemessenen Stresswertes bei Männern

Mittelwert aus vor- und nachmittags Messwerten des Viport Stresswertes und Differenz für Männer

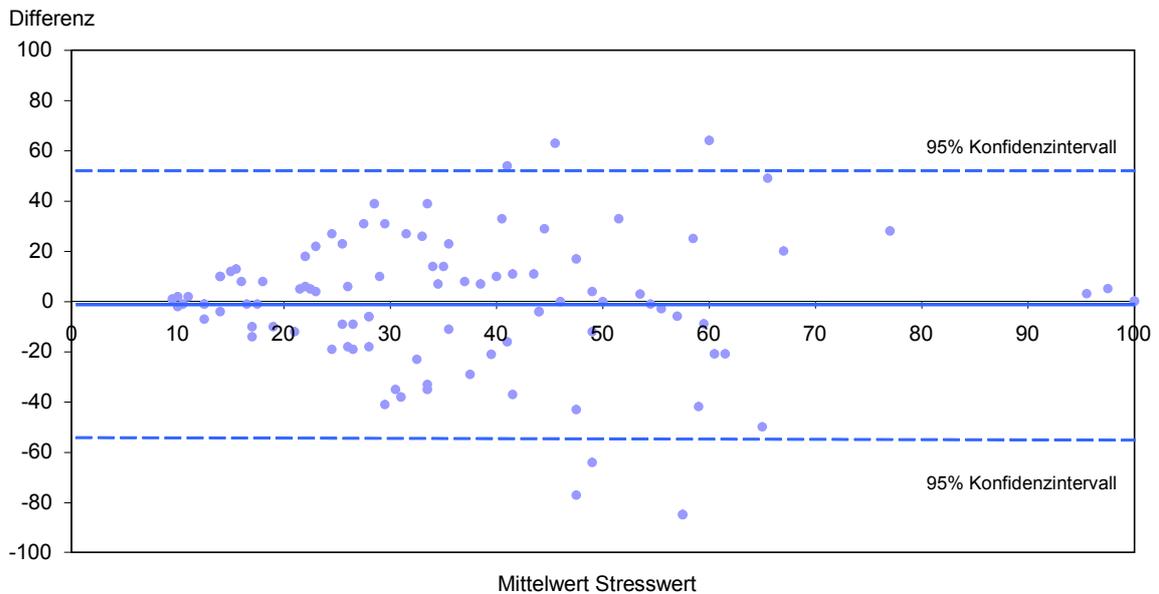


Abbildung 94: Differenz zwischen den Vor- und Nachmittagsmessergebnissen der bei Männern mit dem Viport gemessenen Stresswertes als Bland-Altman-Plot

3.5.2.3 Vicardio Herzzustand

Vicardio Herzzustand bei Frauen

Abbildung 95 stellt das Verhältnis zwischen dem vor- und nachmittags gemessenen Vicardio Herzzustand der weiblichen Teilnehmer dar.

Mit höheren Werten des Herzzustandes am Vormittag steigen auch die Nachmittagswerte des Herzzustandes an ($p < 0,0001$). Jedoch ist auch hier wie bei den Stresswert vor- und nachmittags Vergleichen der Anstieg der Korrelationsgeraden deutlich unter 1, so dass sich bei höheren Werten am Vormittag weniger hohe Herzzustandswerte am Nachmittag ergeben.

Dennoch liegen die Vicardio Herzzustandswerte der Frauen vormittags durchschnittlich geringfügig niedriger als die am Nachmittag gemessenen Werte (n.s.) (vgl. Abbildung 33 und Abbildung 34).

Vicardio Herzzustand vor - und nachmittags der Frauen

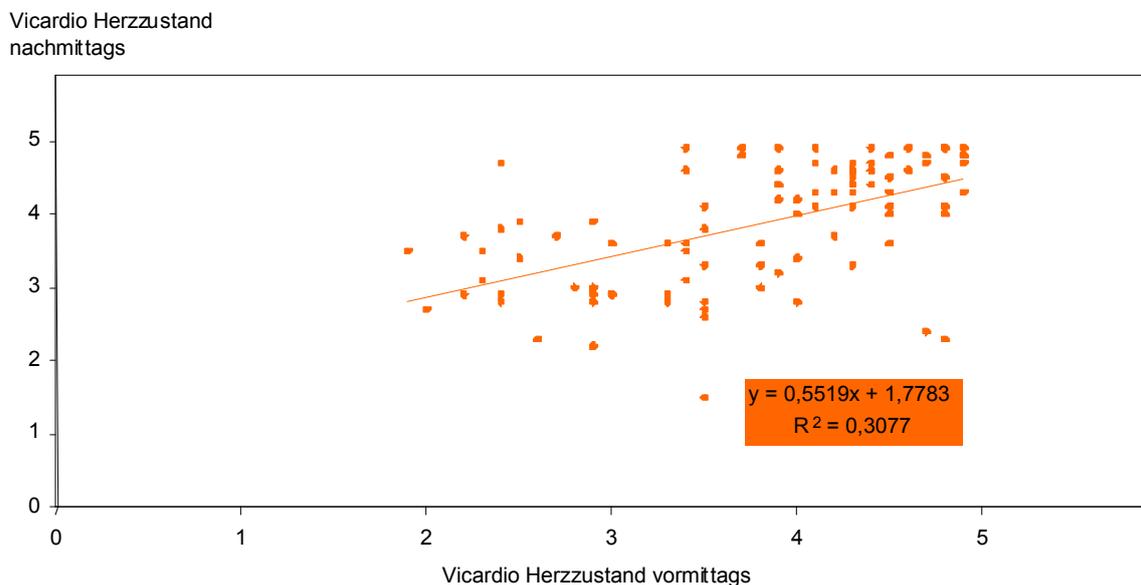


Abbildung 95: Herzzustand vormittags im Verhältnis zum Herzzustand nachmittags mit dem Vicardio gemessen bei Frauen

Differenz der Vicardio Herzzustände vormittags und nachmittags bei Frauen

In Abbildung 96 ist die Differenz zwischen den Vor- und Nachmittagsmessungen des Vicardio Herzzustandes der weiblichen Probanden der Größe nach kumulativ dargestellt.

Bei 80% der weiblichen Teilnehmer liegt die Abweichung zwischen den beiden Messungen unter 1%, bei 6% über 2%. Abbildung 97 verdeutlicht die geringe Abweichung der Messungen am Vor- und Nachmittag, die mit höherem Stresswert zunimmt.

Vicardio Herzzustand Differenz Frauen

Differenz Vicardio
Herzzustand

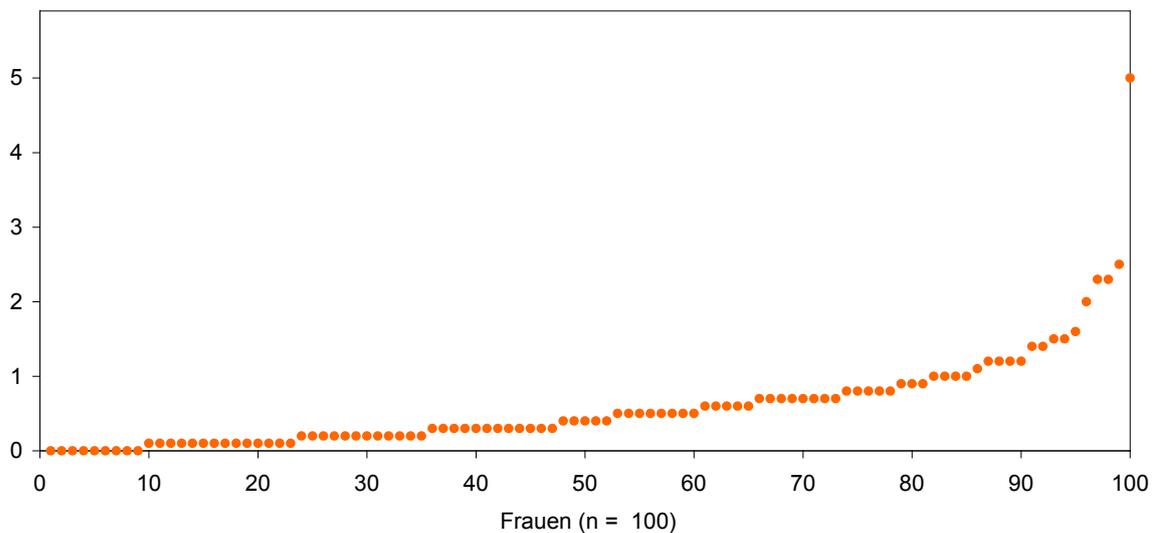


Abbildung 96: Differenz zwischen den Vor- und Nachmittagsmessergebnissen des mit dem Vicardio gemessenen Herzzustandes bei Frauen

Mittelwert aus vor- und nachmittags Messwerten des Herzzustandes und Differenz für Frauen

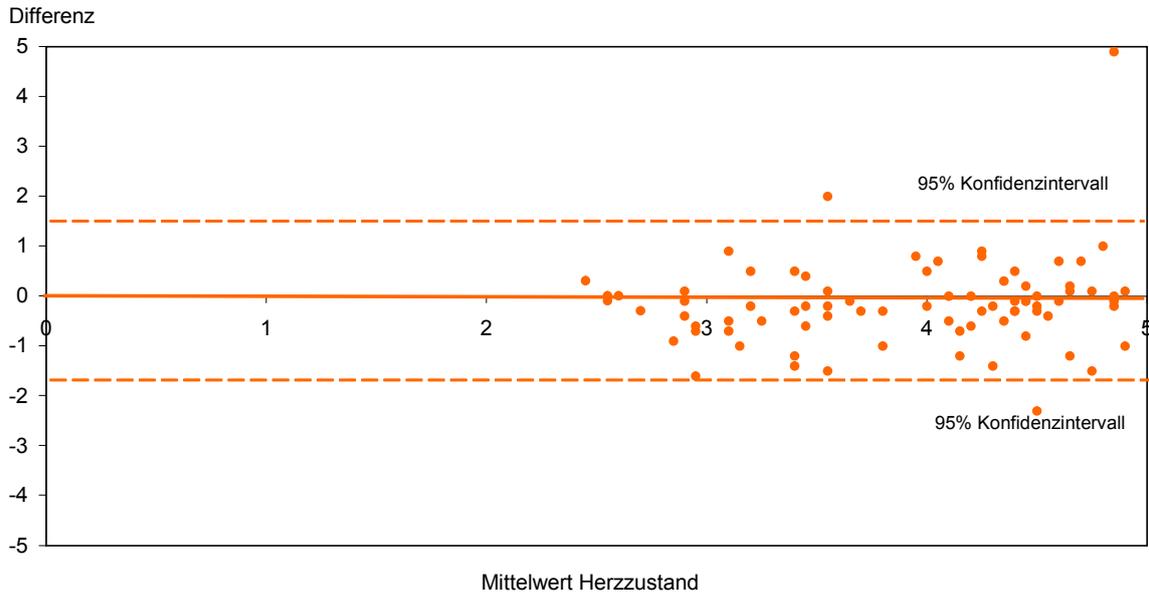


Abbildung 97: Differenz zwischen den Vor- und Nachmittagsmessergebnissen des bei Frauen mit dem Vicardio gemessenen Herzzustandes als Bland-Altman-Plot

Vicardio Herzzustand bei Männern

Abbildung 98 stellt das Verhältnis zwischen den vor- und nachmittags gemessenen Vicardio Herzzuständen der männlichen Probanden dar.

Mit höheren Werten des Herzzustandes am Vormittag steigen auch die Werte der Nachmittagsmessungen an ($p < 0,0001$). Ähnlich wie bei dem Vergleich der weiblichen Teilnehmer (Abbildung 95) liegt der Anstieg der Korrelationsgeraden deutlich unter 1, so dass sich bei höheren Messergebnissen des Herzzustandes am Vormittag weniger hohe Werte als am Nachmittag ergeben.

Anders als bei den Frauen ist der Vicardio Herzzustand nachmittags bei den Männern durchschnittlich signifikant niedriger als der Vicardio Herzzustand, der am Vormittag gemessen wurde ($p = 0,0441$) (vgl. Abbildung 33 und Abbildung 34). Dieses geht mit den Ergebnissen der Stresswerte einher, welche bei den Männern am Nachmittag höher als am Vormittag sind (vgl. Abbildung 29 und Abbildung 30.).

Vicardio Herzzustand vor- und nachmittags der Männer

Vicardio Herzzustand
nachmittags

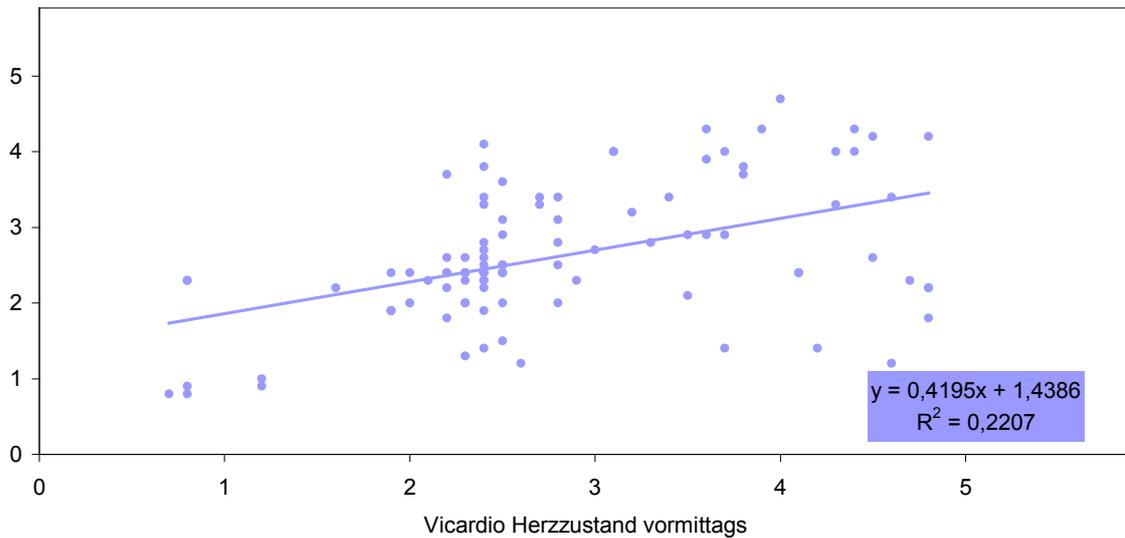


Abbildung 98: Herzzustand vormittags im Verhältnis zum Herzzustand nachmittags mit dem Vicardio gemessen bei Männern

Differenz der Vicardio Herzzustände vormittags und nachmittags bei Männern

In Abbildung 99 ist die Differenz zwischen den Vor- und Nachmittagsmessungen des Vicardio Herzzustandes der männlichen Probanden der Größe nach kumulativ dargestellt.

Bei 73% der Männer liegt die Abweichung zwischen den beiden Messungen unter 1%, bei 10% über 2%.

Abbildung 100 verdeutlicht die geringe Abweichung der Messungen am Vor- und Nachmittag, die mit höherem Stresswert zunimmt.

Ergebnisse

Vicardio Herzzustand Differenz Männer

Differenz Vicardio
Herzzustand

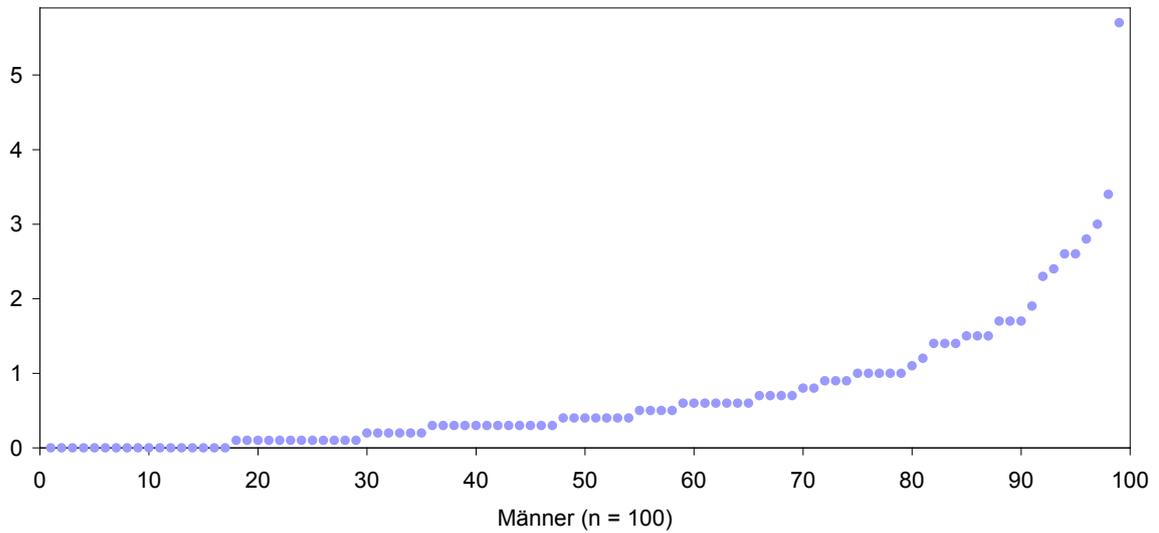


Abbildung 99: Differenz zwischen den Vor- und Nachmittagsmessergebnissen des mit dem Vicardio gemessenen Herzzustandes bei Männern

Mittelwert aus vor- und nachmittags Messwerten des Herzzustandes und Differenz für Männer

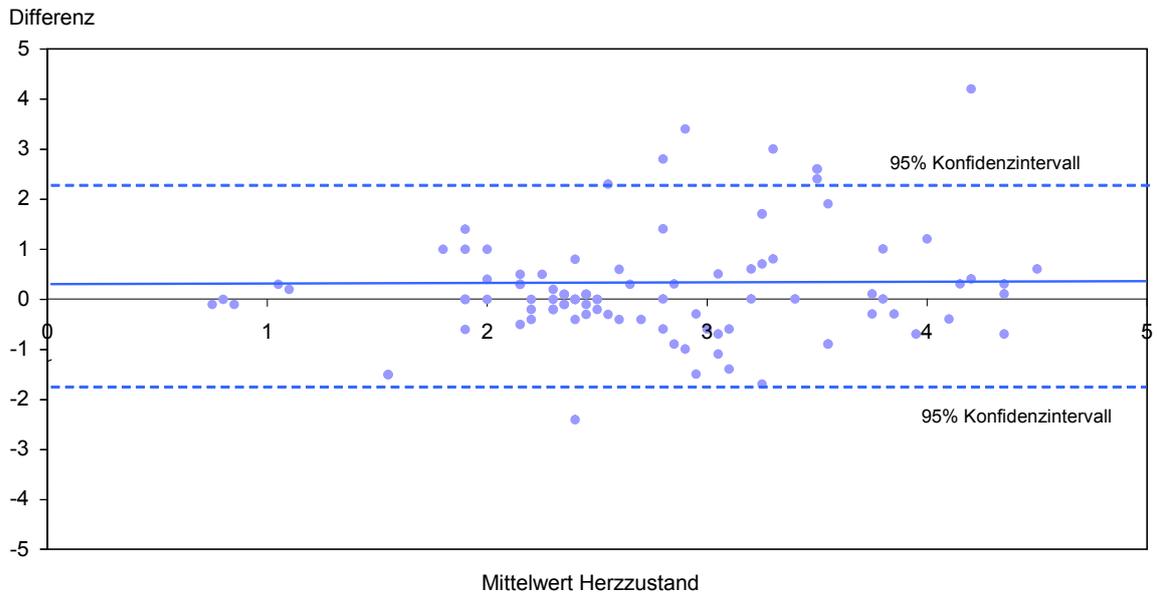


Abbildung 100: Differenz zwischen den Vor- und Nachmittagsmessergebnissen des bei Männern mit dem Vicardio gemessenen Herzzustandes als Bland-Altman-Plot

4 Diskussion

Die Korrelation zwischen dem Cardio-Stress-Index und den bekannten kardiovaskulären Risikofaktoren für Arteriosklerose bzw. für Kardiovaskuläre Erkrankungen ist in keinen bekannten Studien untersucht worden. Bisher wurde in verschiedenen Arbeiten nur der Zusammenhang zwischen der Herzfrequenzvariabilität und einigen kardiovaskulären Risikofaktoren, wie in der Einleitung beschrieben, untersucht.

In der Strategy-Studie wurde der mögliche Zusammenhang zwischen einem aus einem Auswertungsalgorithmus der Herzfrequenzvariabilität (HRV) hervorgehenden Cardio-Stress-Index (CSI) sowie einem aus EKG-Befunden hervorgehenden Herzstatus und dem Vorliegen kardiovaskulärer Risikofaktoren evaluiert. Es wurden zwei verschiedene Geräte der Firma Energy-lab Technologies genutzt, ein transportables Gerät Viport und ein stationäres Gerät Vicardio; beide zeigten eine gute Übereinstimmung. Die Reproduzierbarkeit von Messungen, die sich hinsichtlich Tag und Tageszeit unterschieden, ist ebenfalls gut.

In der Tat ergab sich ein signifikanter Zusammenhang für beide Geschlechter zwischen Alter und dem CSI. Weitere Zusammenhänge konnten zwischen dem Körperfettanteil und dem CSI gefunden werden, die sich aber nur bei den männlichen Probanden als signifikant herausstellten. Dafür zeigte sich bei den Frauen ein statistisch signifikanter Zusammenhang zwischen dem Nüchternblutzuckerspiegel und dem CSI. Andere Ergebnisse der anthropometrischen, laborchemischen und kardialen Risikofaktoren ließen aber bei dieser Studie keine signifikanten Zusammenhänge mit dem CSI erkennen. Dennoch zeichneten sich einige Trends ab, die in weiteren Studien an anderen Probandenkollektiven zu aufschlußreichen Ergebnissen führen könnten.

4.1 Beschreibung des Kollektivs

100 gesunde Frauen und 100 gesunde Männer aus Hamburg und dem Umland wurden in die Querschnittsstudie aufgenommen. Die Teilnehmer waren jeweils in vier gleiche Altersdekaden zwischen 30 und 70 Jahren verteilt. Die vergleichsweise hohe Anzahl der Probanden war notwendig, um aussagekräftige Daten bezüglich der Fragestellung für Menschen beiderlei Geschlechts in der relevanten Altersspanne zu generieren.

4.2 Ergebnisinterpretation

4.2.1 Interpretation der mit dem Vicardio und Viport gemessenen Geräteparameter

Die Messergebnisse mit Vicardio und Viport in der untersuchten Kohorte gesunder Frauen und Männer sind nicht unerwartet. Die Männer haben in allen Alterskategorien einen um 5–10% höheren Cardio-Stress-Index als die Frauen. Bei beiden Geschlechtern nimmt der Cardio-Stress-Index mit dem Alter etwa in gleichem Maße zu. Da ein hoher Cardio-Stress-Index mit einem niedrigem Herzzustand einher geht, haben Männer erwartungsgemäß generell einen niedrigeren Vicardio Herzzustand als Frauen. Dieses Ergebnis ist unabhängig von dem Einsatz des Vicardio oder des Viports Gerätes und unabhängig von der Tageszeit zu beobachten.

Aufgrund von Gemeinsamkeiten im jeweiligen zugrunde liegenden Algorithmus korreliert ein hoher Cardio-Stress-Index mit einem niedrigen Herzzustand. Dies ließ sich sowohl bei den Vor- sowie Nachmittagsmessungen beobachten. Unabhängig von der Tageszeit geht bei beiden Geschlechtern ein Anstieg des Vicardio Cardio-Stress-Indexes mit einer Abnahme des Vicardio Herzzustandes einher. Dabei verläuft der Anstieg bei beiden Geschlechtern zu beiden Tageszeiten gleichsinnig.

Die Reproduzierbarkeit der Messungen ist für beide eingesetzten Geräte sehr gut. Die intraindividuellen Unterschiede zwischen der Messung am Vormittag und zwei Wochen danach am Nachmittag sind erstaunlich gering. Dabei ist zu bedenken, dass die Wiederholungsmessungen überwiegend biologische Schwankungen widerspiegeln und weniger auf gerätebedingte Varianz zurück zu führen sind.

Die Bland-Altman-Plots zeigen bei beiden Geschlechtern sowohl für den Vicardio als auch für den Viport, dass der Mittelwert der Differenzen aus Vormittags- und Nachmittagsmessungen sich nicht signifikant unterscheidet und nahezu Null beträgt. Dieses gilt für beide ermittelten Geräteparameter, d.h. für den Cardio-Stress-Index und den Herzzustand. Das ist sicherlich ein wichtiger Befund für die praktische Anwendung. Interessanterweise ergeben sich mit beiden Geräten bei höheren Cardio-Stress-Indices am Vormittag weniger hohe Cardio-Stress-Indices am Nachmittag. Ob dieser leichten tageszeitlichen Schwankung hoher Cardio-Stress-Indices klinische Relevanz beizumessen ist, lässt sich aus dieser Studie nicht ableiten.

Auch die Streuung der Differenzen zwischen Vormittags- und Nachmittagsmessungen bewegt sich ganz überwiegend innerhalb von $\pm 20\%$ bzw. innerhalb ± 1 Herzzustandseinheit. Es kommt allerdings im Einzelfall auch zu größeren Abweichungen. Das 95%-

Konfidenzintervall liegt bei etwa ± 40 bis 50% für den Cardio-Stress-Index bzw. $\pm 1,5$ bis 2 Herzzustandseinheiten.

Wie aus den kumulativen Plots ablesbar, liegt bei 20 bis 30% die tageszeitliche Varianz des Cardio-Stress-Indexes unter 5%, bei der Mehrheit unter 20% und nur bei 5 bis 12% über 40%. Für den Herzzustand liegen bei 73 bis 80% die Abweichungen zwischen den beiden Messungen unter 1 Punkt und nur bei 6 bis 10% über 2 Punkten. Auch in dieser Hinsicht unterscheiden sich die beiden Geräte Vicardio und Viport nicht. Damit ergeben sich für das Vicardio und den Viport keine signifikanten Unterschiede bei der Messung des Cardio-Stress-Indexes. Aus diesem Grund wird in den folgenden Ergebnisinterpretationen hauptsächlich auf die mit dem Vicardio, als repräsentatives stationäres Gerät, gemessenen Daten eingegangen.

4.2.2 Ergebnisinterpretation des Cardio-Stress-Indexes mit Anthropometrischen Parametern

Bei beiden Geschlechtern nimmt der Cardio-Stress-Index mit dem Alter etwa in gleichem Maße zu ($p < 0,0001$) (Woitalla et al. 2009b). Das Körpergewicht, der BMI und der Taillenumfang haben keinen signifikanten Einfluss auf den Cardio-Stress-Index, während der Körperfettgehalt den Cardio-Stress-Index ansteigen lässt. Dieser Trend ist bei beiden Geschlechtern zu erkennen und ist bei den männlichen Teilnehmern signifikant ($p < 0,02$). Ein Zusammenhang mit dem Alter ist möglich. Das könnte bedeuten, dass sich der Trend zu einem höheren Cardio-Stress-Index mit zunehmendem Alter durch eine höhere Körperfettmasse auch ohne wesentliche Unterschiede im Körpergewicht erklärt.

4.2.3 Ergebnisinterpretation des Cardio-Stress-Indexes mit Kardialen Parametern

Die Messungen lassen keinen eindeutigen Zusammenhang zwischen dem Vicardio Cardio-Stress-Index und der Herzfrequenz erkennen. Es lässt sich auch keine positive oder negative Korrelation zwischen dem Cardio-Stress-Index vormittags oder nachmittags und dem systolischen oder diastolischen Blutdruck statistisch belegen. Dennoch lassen die ermittelten Ergebnisse für beide Geschlechter den deutlichen Trend erkennen, dass höhere systolische Blutdruckwerte mit einem ausgeprägt höheren Vicardio Cardio-Stress-Index verbunden sind. Das gilt sowohl für die am Vormittag als auch für die am Nachmittag gemessenen Werte. Dabei liegen die Blutdruckwerte bei Männern und am Nachmittag signifikant höher. Daher liegt die Vermutung nahe, dass dieselben Untersuchungen an einem anderen Probandenkollektiv, das Hypertoniker einschließt, zu signifikanten Ergebnissen führen könnte.

4.2.4 Ergebnisinterpretation des Cardio-Stress-Indexes mit Laborparametern

Bei den untersuchten Laborparametern sollte besonders der positiven Beziehung zwischen Blutzucker und Cardio-Stress-Index Beachtung geschenkt werden, die bei beiden Geschlechtern zu erkennen ist und sich bei den Frauen als signifikant herausstellte. Besonders interessant ist dabei, dass sich der Trend zwischen den beiden Geschlechtern als nicht signifikant verschieden zeigte.

Die im Nüchternblut bestimmte Blutzuckerkonzentration hat sich in vielen und groß angelegten Studien als verlässlicher Parameter für die Mortalität aufgrund kardiovaskulärer, aber auch anderer Ursachen erwiesen. Zusammen mit der oben beschriebenen Beziehung zum systolischen Blutdruck könnte sich auch ein verlässlicher Parameter für die Diagnose eines Metabolischen Syndroms ergeben.

Da sich in der Tendenz auch eine positive Beziehung zum LDL-Cholesterin abzeichnet, könnte der Cardio-Stress-Index das kardiovaskuläre Risiko global widerspiegeln. Dazu bedürfte es weiteren Untersuchungen, zum Beispiel an einem Probandenkollektiv, das jeweils Teilnehmer mit und ohne Metabolischem Syndrom und unterschiedlich erhöhten LDL-Cholesterinwerten einschließt.

Eine andere Möglichkeit zur Detektion von Probanden mit kardiovaskulären Risikofaktoren mit Hilfe des Cardio-Stress-Indexes könnte die Bildung eines Risikoscores in Anlehnung an den Procam Score sein, wie in der Einleitung beschrieben wurde.

So könnte man die Anzahl folgender Risikofaktoren addieren, daraus einen Score bilden und diesen mit dem CSI korrelieren:

- Blutzucker ≥ 100 mg/dl,
- LDL-Cholesterin ≥ 130 mg/dl,
- HDL-Cholesterin ≤ 40 mg/dl für Männer, ≤ 50 mg/dl für Frauen,
- Triglyzeride ≥ 150 mg/dl

Aus diesen Risikofaktoren ergab sich, wie aus der folgenden Abbildung 101 zu entnehmen ist, für die im Rahmen der Strategy-Studie untersuchten Probandeninnen ein klarer linearer Anstieg mit der Anzahl der Risikofaktoren. Bei den untersuchten männlichen Teilnehmern erkennt man zwar, dass der CSI bei Vorliegen von Risikofaktoren im Mittel höher liegt, nicht aber progressiv verläuft.

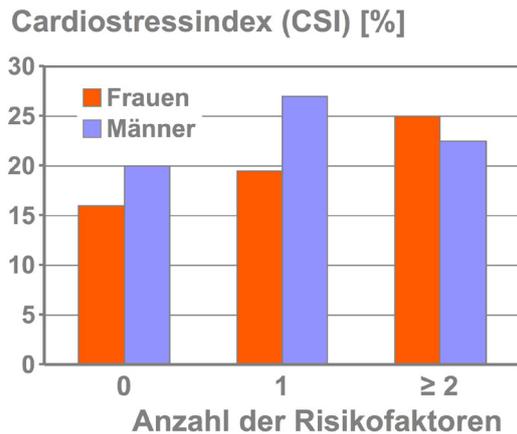


Abbildung 101: Stresswert im Verhältnis zur Anzahl der kardiovaskulären Risikofaktoren
 Quelle der Abbildung: Woitalla et al. 2009a

Um mit Hilfe solch einfach umsetzbarer Scores Patienten mit Risikofaktoren für Herz-Kreislaufkrankungen im Praxisalltag oder im Rahmen von Gesundheitschecks im Fitnessstudio zur Risikoevaluation im Sport zu identifizieren und einsetzen zu können, müssten allerdings noch weitere Untersuchungen im Rahmen größerer Studien mit Probanden mit und ohne Erkrankungen und Risikofaktoren für kardiovaskuläre Erkrankungen durchgeführt werden.

4.2.5 Ergebnisinterpretation des Herzzustandes mit Anthropometrischen Parametern

Die Herzzustandsmessung zeigt in allen Alterskategorien für männliche Teilnehmer einen um etwa 1 Punkt niedrigeren Herzzustand als für die weiblichen Teilnehmer. Die Unterschiede spiegeln sich in den Vormittagswerten wie in den Nachmittagswerten in allen Alterskategorien wider.

Der Herzzustand scheint mit dem Alter abzusinken, was nicht unerwartet ist. Dies spiegelt den gegenläufigen Zusammenhang von Cardio-Stress-Index und Herzzustand wieder. Dennoch ist diese Tendenz in dieser Studie nur bei den weiblichen Probanden eindeutig. Dies könnte darauf zurück zu führen sein, dass die untersuchten Männer dieser Studie insgesamt einen signifikant schlechteren Herzzustand haben als die untersuchten Frauen. Zusätzlich zeichnet sich eine Tendenz mit dem Alter ab.

Ähnlich wie bei den Ergebnissen des Cardio-Stress-Indexes haben sich keine klaren Beziehungen zwischen Herzzustand und Körpergewicht, BMI oder Körperfettmasse ergeben.

Unerwartet ist der Herzzustand bei den Männern mit dem Taillenumfang schwach, aber signifikant assoziiert ($p = 0,0188$). Allerdings hat sich kein signifikanter Zusammenhang zwischen dem Herzzustand und dem Körperfett ergeben, so dass das Ergebnis nicht der anzunehmenden These widerspricht, dass der Herzzustand auch die ungünstigen Wirkungen eines erhöhten Taillenumfangs als Zeichen eines Metabolischen Syndroms wieder spiegeln kann.

4.2.6 Ergebnisinterpretation des Herzzustandes mit kardialen Parametern

Ähnlich wie beim Cardio-Stress-Index ist hinsichtlich des systolischen oder diastolischen Blutdruckes weder vormittags noch nachmittags und bei keinem der Geschlechter eine positive oder negative Korrelation mit dem Herzzustand statistisch nachzuweisen. Dennoch ergeben sich bei niedrigerem systolischen Blutdruckwert höhere Herzzustandswerte. Dieser Zusammenhang ist sowohl bei Männern wie bei Frauen und in den Messungen zu beiden Tageszeiten zu erkennen. Daher würde sich, ähnlich wie bei dem Cardio-Stress-Index, eine Untersuchung an Probanden, die Hypertoniker einschließt, lohnen und zu einer Sicherung des Zusammenhangs führen.

4.2.7 Ergebnisinterpretation des Herzzustandes mit Laborparametern

Der Herzzustand zeigt im Gegensatz zum Cardio-Stress-Index in dieser Studie keine einheitliche Tendenz in Bezug auf Blutzucker und dem Gehalt an LDL-Cholesterin im Blut. Es zeichnet sich aber eine unerwartete negative Korrelation bei dem in unserer Gesellschaft in den Vordergrund rückenden Risikofaktor HDL-Cholesterin ab. Dabei ist zu berücksichtigen, dass die Konzentrationen für das HDL-Cholesterin bei den in dieser Studie untersuchten Probanden deutlich über der des Bevölkerungsdurchschnitts liegen. Dies könnte wiederum auf den ausgesprochen guten Trainingszustand und gesundheitsbewußten Lebensstil dieser gesunden, möglicherweise selektive Kohorte zurückzuführen sein. Somit ist es nicht ausgeschlossen, dass die auffallend niedrigen Herzzustandswerte bei hohem HDL-Cholesterin eine pathologische Trainingsbelastung signalisieren. Dieser Aspekt sollte in geeigneten Untersuchungen näher analysiert werden, um heraus zu finden, inwieweit das Vicardio und das Viport Gerät eventuell zur Identifikation von Übertraining geeignet sein könnten.

4.3 Kritische Anmerkungen und Limitationen

Die in der Strategy-Studie gefundenen positiven Korrelationen erlauben es nicht, eine endgültige Schlussfolgerung auf die ursprüngliche Fragestellung abzuleiten. Umgekehrt dürfen fehlende Signifikanzen der einzelnen Risikofaktoren für kardiovaskuläre Erkrankungen nicht ohne weiteres als fehlender Zusammenhang interpretiert werden.

Im Rahmen dieser Studie zeigte sich eine sehr gute inter- und intraindividuelle Reproduzierbarkeit der Ergebnisse, unabhängig davon, ob diese mit dem Vicardio oder dem Viport ermittelt wurden. Dennoch müssten identische Untersuchungen mit Geräten anderer Hersteller durchgeführt werden, um genauere Aussagen zur Präzision der Messungen machen zu können.

Trotz Einblick in das Patent dieser Geräte ist nicht eindeutig zu erkennen, welche Einflussfaktoren in die komplizierten mathematischen Algorithmen der Software zur Berechnung des CSI mit eingehen. Die Berechnung des CSI mit Hilfe des Vicardio und des Viports ist vom Gerätehersteller patentiert und schwer verständlich.

Mangelnde Signifikanz kann begründet sein durch ein zu kleines Kollektiv. Darüber hinaus kann die vorausgegangene Selektion mit Ausschluss von Probanden mit akuten oder chronischen Erkrankungen sowie von Patienten mit regelmäßiger Einnahme von Medikamenten wegen Herz-Kreislaufkrankungen von entscheidender Bedeutung sein. Folglich handelte es sich bei dem untersuchten Kollektiv um gesunde und arbeitsfähige, eventuell überdurchschnittlich gesunde Personen.

Zu berücksichtigen ist auch, dass es sich um eine nicht-randomisierte Studie handelte. Die Probanden wurden hauptsächlich durch eine Einladung zu einem Herz-Kreislauf Gesundheitscheck mit der Routinepost der DAK auf die Strategy-Studie aufmerksam gemacht. Das legt die Vermutung nahe, dass insbesondere gesundheitsbewusste und interessierte Personen an dieser Studie teilnahmen. Das könnte die statistische Bewertbarkeit einschränken. Dennoch ist dies für die Aussagekraft nicht limitierend, da trotz einer gewissen Selektion dennoch zu gleichen Anteilen beide Geschlechter in vier verschiedenen Altersdekaden eingeschlossen wurden.

Trotz der genannten Limitationen konnten Beziehungen gefunden werden, die durchaus von Bedeutung sein könnten, um den CSI zukünftig als differenziertes diagnostisches Mittel in der Primärprävention zur einfachen nicht-invasiven Identifikation von kardiovaskulären Risikofaktoren einsetzen zu können. Daher ist es sicherlich wünschenswert, die Ergebnisse in anderen Kollektiven, die zum Beispiel Hypertoniker oder Probanden mit Metabolischem Syndrom einschließen, zu überprüfen.

4.4 Ausblick

Mit der Strategy-Studie konnten neue Erkenntnisse in Bezug auf die Korrelation zwischen dem CSI bzw. dem Herzzustand und den bekannten kardiovaskulären Risikofaktoren gefunden werden. So scheinen einige Zusammenhänge zu bestehen. Andere bleiben weiterhin unklar.

Diese neuen Erkenntnisse können in verschiedenen Bereichen von Nutzen sein. Einerseits zeigen die Untersuchungen, dass keine signifikanten Messunterschiede zwischen den eingesetzten Geräten zu verzeichnen sind. Das bedeutet, dass beide Geräte, ob transportabel oder stationär, zu denselben Messergebnissen führen. Auch die Reproduzierbarkeit der Messergebnisse scheint bei beiden Geräten sehr gut zu sein.

Andererseits konnte weder für den CSI noch für den Herzzustand in Bezug auf alle im Rahmen dieser Studie untersuchten anthropometrischen-, kardialen und laborchemischen Parameter eine signifikante Korrelation gefunden werden. Dennoch darf nicht außer Acht gelassen werden, dass sich bei einigen wesentlichen untersuchten Parametern signifikante Ergebnisse sowie eindeutige Trends zeigten. So ist bei beiden Geschlechtern ein signifikanter Anstieg des CSI mit dem Alter zu verzeichnen. Auch zeichnete sich ein deutlicher Trend zwischen dem CSI und dem Körperfettgehalt ab, der bei den männlichen Teilnehmern Signifikanz erreicht.

Ebenso ist bei dem Risikofaktor eines erhöhten Nüchternblutzuckergehalts ein gleichsinniger Trend für beide Geschlechter zu erkennen, der allerdings nur bei den weiblichen Teilnehmern das Signifikanzniveau erreicht. Auch der positive Trend zwischen dem Anstieg des CSI mit erhöhten LDL-Cholesterinwerten sowie mit dem systolischen Blutdruck bei beiden Geschlechtern deutet auf die Möglichkeit hin, den Vicardio und den Viport als nicht-invasive diagnostische Mittel zur Detektion von kardiovaskulären Risikofaktoren zukünftig nutzen zu können. Dazu müssten sicherlich noch weitere Untersuchungen durchgeführt werden, um die in dieser Studie gewonnenen Erkenntnisse zu vertiefen und in anderen Studien, unter Einbezug von zum Beispiel an Hypertonie oder Diabetes erkrankten Teilnehmern, zu sichern. Darüber hinaus ist vorstellbar, nach weiteren Analysen die Geräte als einfache diagnostische Mittel zur Feststellung des Trainingszustandes, zum Beispiel in Fitnessstudios, zu nutzen. Insbesondere der sich in dieser Studie negativ herausgestellte Zusammenhang zwischen dem Herzzustand und der HDL-Cholesterinkonzentration könnte dazu dienen, einen pathologischen Trainingszustand aufzudecken.

5 Zusammenfassung

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass der Cardio-Stress-Index bei den männlichen Teilnehmern signifikant höher lag als bei den weiblichen Probanden (Vicardio vormittags 32,2% vs. 26,9%, $p < 0,0001$; nachmittags 36,9% vs. 26,0%, $p = 0,0057$). Zusätzlich steigt der CSI bei beiden Geschlechtern in den Altersgruppen deutlich an ($p < 0,0001$) und verdoppelt sich etwa zwischen dem 30. und 60. Lebensjahr. Vergleichbare Werte wurden mit dem portablen Viport Gerät ermittelt. Keinen messbaren Einfluss hatten in dieser Studie das Gewicht, der BMI oder der Taillenumfang.

Die Differenzen der vormittags und innerhalb von zwei Wochen nachmittags mit dem Vicardio Gerät gemessenen CSI-Werte betrugen bei Männern in 63% der Fälle weniger als 20%, bei Frauen in 72% der Fälle. Nur 12% bzw. 5% der Werte lagen mehr als 40% auseinander. Die Streuung der Werte an unterschiedlichen Tagen und Tageszeiten war für den Viport nahezu identisch. Darüber hinaus zeigte sich, dass die Mittelwerte der Differenzen bei beiden Geschlechtern vormittags und nachmittags nahe Null lagen (Bland-Altman-Plots).

Der systolische Blutdruck lag nachmittags signifikant höher als vormittags ($p < 0,0001$). Innerhalb derselben Tageszeit waren mit höherem systolischen Blutdruck geringfügig höhere mit dem Vicardio gemessene CSI-Werte verbunden, was aber in dieser Studie keine Signifikanz erreichte. Auch mit höherem Blutzuckergehalt bei den weiblichen Teilnehmern sowie mit dem Körperfettgehalt bei den männlichen Probanden stieg der CSI-Wert signifikant. Dabei unterschied sich die Korrelation für Männer und Frauen in Bezug auf den Blutzuckergehalt jedoch nicht signifikant. Dasselbe galt für den Zusammenhang mit dem LDL-Cholesterin, wobei hier die Korrelation für Frauen beinahe signifikant war ($p = 0,05$).

Die Strategy-Studie hat somit belegt, dass der Vicardio und der Viport sehr reproduzierbar den definierten Cardio-Stress-Index zu messen erlauben. Die Bestimmung ist bei beiden Geschlechtern und zu jeder Tageszeit zuverlässig und reproduzierbar durchführbar. Auch der Herzstatus, den der Vicardio zu ermitteln erlaubt, genügt diesen Anforderungen.

Zumindest zum Teil sind diese Parameter auf den Einfluss konventioneller Risikofaktoren zurückzuführen. So zeigen die Korrelationen mit klinischen Daten, dass eine Kalibrierung zur Definition von Normalwerten des Stresswertes bei beiden Geschlechtern nach Alter, bei den männlichen Teilnehmern nach dem Körperfett und bei den weiblichen Probanden nach dem Blutzuckergehalt notwendig ist. Darüber hinaus haben sich in Rahmen dieser Studie weitere interessante klare Trends zwischen dem CSI bzw. dem Herzstatus und den in dieser Studie untersuchten anthropometrischen-, kardialen und laborchemischen Risikofaktoren für kardiovaskuläre Erkrankungen herausgestellt, die jedoch im Rahmen dieser Studie an einer weitgehend gesunden Population keine Signifikanz erreichten. Der

Zusammenhang der Messergebnisse mit bekannten kardiovaskulären Risikofaktoren lässt somit erkennen, dass die CSI-Messung als eine von der Herzfrequenzvariabilität abgeleitete Größe sowie der Herzzustand durchaus zukünftig als einfaches, aber differenziertes diagnostisches Verfahren zur Ermittlung des globalen kardiovaskulären Risikos geeignet sein könnte.

Da nicht auszuschließen ist, dass die Aussagekraft des CSI sowie des Herzzustandes über diese bekannten Marker hinausgeht, müsste die Spezifität allerdings noch deutlich gesteigert werden. Dazu müssten weitere Faktoren, die den Cardio-Stress-Index sowie den Herzzustand beeinflussen, in ihrer Aussagekraft hinsichtlich des kardiovaskulären Risikos weiter überprüft werden. Darüber hinaus sollten die bereits in dieser Studie neu gewonnenen einheitlichen, jedoch nicht signifikanten Trends in weiteren Analysen verfolgt und vertieft werden. Hierzu wären Studien wünschenswert, die gezielt in ihren Untersuchungen Teilnehmer mit kardiovaskulären Erkrankungen, wie zum Beispiel Hypertoniker oder Diabetiker, mit einbeziehen.

Literaturverzeichnis

Assmann G (1982): Lipidstoffwechsel und Atherosklerose. F.K. Schattauer Verlag GmbH, Stuttgart, Germany. S. 1.

Assmann G, Carmena R, Cullen P, Fruchart JC, Jossa F, Lewis B, Mancini M, Paoletti R (1999) Coronary heart disease: reducing the risk: A worldwide view. International Task Force for Prevention of Coronary Heart Disease *Circulation* 100: 1930-1938.

Assmann G, Cullen P, Schulte H (2002) Simple scoring scheme for calculating the risk of acute coronary events based on the 10-year follow up of the prospective cardiovascular Münster (PROCAM) Study. *Circulation* 105: 310-5.

Baretton GB, Kirkpatrick CJ, Bültmann BD (2008) Gefäße. In Pathologie. Böcker W, Denk H, Heitz Ph U, Moch H, 4. Auflage, Elsevier Urban und Fischer Verlag, München Jena, S. 498.

Bots ML, Hoes AW, Koudstaal PJ, Hofman A, Grobbee DE (1997) Common carotid intima-media thickness and risk of stroke and myocardial infarction: the Rotterdam study. *Circulation* 96: 1432-7.

Brotman DJ, Golden SH, Wittstein IS (2007) The cardiovascular toll of Stress. *Lancet* 370: 1089-100.

Buccelletti E, Gilardi E, Scaini E, Galiuto L, Persiani R, Biondi A, Basile F, Silveri NG (2009) Heart rate variability and myocardial infarction: systematic literature review and meta-analysis. *Eur Rev Med Pharmacol Sci.* 13: 299-307.

Carney RM, Freedland KE, Rich MW, Smith LJ, Jaffe AS (1993) Ventricular tachycardia and psychiatric depression in patients with coronary artery disease. *Am J Med* 95: 23-28.

Carney RM, Saunders RD, Freedland KE, Stein P, Rich MW, Jaffe AS (1995) Association of depression with reduced heart rate variability in coronary artery disease. *Am J Cardiol* 76: 562-564.

Carney RM, Freedland KE, Stein PK, Skala JA, Hoffman P, Jaffe AS (2000) Change in heart rate and heart rate variability during treatment for depression in patients with coronary heart disease. *Psychosom Med* 62: 639-647.

Carney RM, Blumenthal JA, Stein PK, Watkins L, Catellier D, Berkman LF, Czajkowski SM, O'Connor C, Stone PH, Freedland KE (2001) Depression, heart rate variability and acute myocardial infarction. *Circulation* 104: 2024–2028.

Chalmers J, MacMahon S, Mancia G, Whitworth J, Beilin L, Hansson L, Neal B, Rodgers A, Ni Mhurchu C, Clark T. (1999) 1999 World Health Organization-International Society of Hypertension Guidelines for the management of hypertension. Guidelines sub-committee of the World Health Organization. *Clin Exp Hypertens* 21: 1009-1060.

Chambless LE, Heiss G, Folsom AR, Rosamond W, Szklo M, Sharrett AR, Clegg LX. (1997) Association of coronary heart disease incidence with carotid arterial wall thickness and major risk factors: the Atherosclerosis Risk in Communities (ARIC) Study, 1987-1993. *Am J Epidemiol* 146: 483-94.

Chambless LE, Folsom AR, Clegg LX, Sharrett AR, Shahar E, Nieto FJ, Rosamond WD, Evans G (2000) Carotid wall thickness is predictive of incident clinical stroke: the Atherosclerosis Risk in Communities (ARIC) study. *AM J Epidemiol* 151: 478-87.

Chattipakorn N, Incharoen T, Kanlop N, Chattipakorn S (2007) Heart rate variability in myocardial infarction and heart failure. *Int J Cardiol* 120: 289-96.

De Backer G, Ambrosioni E, Borch-Johnsen K, Brotons C, Cifkova R, Dallongeville J, Ebrahim S, Faergeman O, Graham I, Mancia G, Manger Cats V, Orth-Gomér K, Perk J, Pyörälä K, Rodicio JL, Sans S, Sansoy V, Sechtem U, Silber S, Thomsen T, Wood D; Third Joint Task Force of European and Other Societies on Cardiovascular Disease Pre-

vention in Clinical Practice (2003) European guidelines on cardiovascular disease prevention in clinical practice. Third Joint Task Force of European and Other Societies on Cardiovascular Disease Prevention in Clinical Practice. Eur Heart J 24: 1601-10.

Dekker JM, Crow RS, Folsom AR, Hannan PJ, Liao D, Swenne CA, Schouten EG (2000) Low heart rate variability in a 2-minute rhythm strip predicts risk of coronary heart disease and mortality from several causes: the ARIC Study. Atherosclerosis Risk In Communities. Circulation 102: 1239-1244.

Energy-Lab-Technologies (2006) Anwendung des Viport. Erscheinungsort [Online im Internet] URL: <http://www.viport.de/> [Stand: 12.03.2010, 17:00].

Energy-Lab Technologies GmbH (2010a) Viport. Erscheinungsort [Online im Internet] URL: http://www.viport.de/viport/c_14.php#messwerte [Stand: 23.11.2010, 10:00].

Energy-Lab Technologies (2010b) Vicardio, the Electric Cardio Portrait. Erscheinungsort [Online im Internet] URL: http://www.vicardio.de/en/bibliothek/fallbeispiel_detail.php?id=3 [Stand: 23.11.2010, 11:00].

Enseleit F, Ruschitzka F, Noll G, Lüscher TF (2007) Atherosklerose. In: Die Innere Medizin. Gerok W, Huber C, Meinertz T, Zeidler H 11. Auflage, Schattauer Verlag, Stuttgart, Germany, S. 318-328.

Erbel R, Schmermund A, Möhlenkamp S, Sack S, Baumgart D (2000) Electron-beam computed tomography for detection of early signs of coronary arteriosclerosis. Eur Heart J 21: 720-32.

Erbel R, Schmermund A (2001) Hypercholesterinämie. Dtsch med Wochenschr 126: 1381.

Furberg CD, Adams HP, Applegate WB, Byington RP, Espeland MA, Hartwell T, Hunninghake DB, Lefkowitz DS, Probstfield J, Riley WA, Young B. (1994) Effect of Lovastatin on Early Carotid Atherosclerosis and Cardiovascular Events. *Circulation* 90: 1679-87.

Gordon T, Kannel WB, Castelli WP, Dawber TR (1981) Lipoproteins, cardiovascular disease and death. The Framingham study. *Arch Intern Med* 141: 1128-1131.

Grewal J, Anand S, Islam S, Lonn E (2008) Prevalence and predictors of subclinical atherosclerosis among asymptomatic "low risk" individuals in a multiethnic population. *Atherosclerosis* 197: 435-442.

Gröchenig E (2005) Prävention und Behandlung der Atherosklerose. In: *Harrisons Innere Medizin*. Dietel M, Suttorp N, Zeitz M, 16. Auflage, Band 1, ABW Wissenschaftsverlag GmbH, Berlin Deutschland, S. 1533-1535.

Grundy SM, Cleeman JI, Merz CN, Brewer HB Jr, Clark LT, Hunninghake DB, Pasterank RC, Smith SC Jr, Stone NJ, National Heart, Lung, and Blood Institute; American College of Cardiology Foundation; American Heart Association (2004a) Implications of recent clinical trials for the National Cholesterol Education Program Adult Treatment Panel III guidelines. *Circulation* 110: 227-39.

Grundy SM, Brewer HB Jr, Cleeman JI, Smith SC, Lefant C, American Heart Association, National Heart, Lung, and Blood Institute. (2004b) Definition of Metabolic Syndrome: Report of the National Heart, Lung, and Blood Institute/American Heart Association conference on scientific issues related to definition. *Circulation* 109: 433-8.

Grundy SM (2007) Metabolic syndrome: a multiplex cardiovascular risk factor. *J Clin Endocrinol Metab.* 92: 399-404.

Gurfinkel E, Bozovich G, Mautner B, Anderson JL, Muhlestein JB, Carlquist J, Allen A, Trehan S, Nielson C, Hall S, Brady J, Egger M, Horne B, Lim T (2000) Chlamydia pneumoniae in coronary artery disease. *Circulation* 101: E118-9.

Hodis HN, Mack WJ, LaBree L, Selzer RH, Liu CR, Liu CH, Azen SP (1998) The role of carotid arterial intima-media thickness in predicting clinical coronary events. *Ann Intern Med.* 128: 262-9.

International Atherosclerosis Society (2003) Harmonized Clinical Guidelines on Prevention of Atherosclerotic Vascular Disease. Erscheinungsort [Online im Internet] URL: <http://www.athero.org/download/fullreport.pdf> [Stand: 01.03.2008, 14:00].

International Diabetes Federation (2005) The IDF consensus worldwide definition of the metabolic syndrome. Erscheinungsort [Online im Internet] URL: http://www.idf.org/webdata/docs/IDF_Meta_def_final.pdf [Stand: 23.11.2010, 9:00].

International Task Force for Prevention of Coronary Heart Disease (1998) Coronary heart disease: reducing the risk. *Nutr Metabol Cardiovasc Dis* 8: 205-71. Available from <http://www.chd-taskforce.de/guidelines/>.

Janszky I, Ericson M, Mittleman MA, Wamala S, Al-Khalili F, Schenck-Gustafsson K, OrthGomer K (2004) Heart rate variability in long-term risk assessment in middle-aged women with coronary heart disease: The Stockholm Female Coronary Risk Study. *J Intern Med* 255: 13-21.

Kalayoglu MV, Libby P, Byrne GI (2002) Chlamydia pneumoniae as an emerging Risk factor in cardiovascular disease. *JAMA* 288: 2724-31.

Klose G (2002) Epidemiologische und klinische Bedeutung klassischer und neuer Risikofaktoren. In: Therapie von Fettstoffwechselstörungen bei Risikopatienten. Windler E, Uni-Med Verlag Ag, Bremen S.19.

Knez A (2007) Prävention der koronaren Herzerkrankung. Stellenwert bildgebender Verfahren. *Das Herz* 32: 395-403.

Krittayaphong R, Cascio WR, Light KC, Sheffield D, Golden RN, Finkel JB, Glekas G, Koch GG, Sheps DS (1997) Heart rate variability in patients with coronary artery disease: differences in patients with higher and lower depression scores. *Psychosom Med* 59: 231-235.

Liao D, Cai J, Brancati FL, Folsom A, Barnes RW, Tyroler HA, Heiss G (1995) Association of vagal tone with serum insulin, glucose, and diabetes mellitus – The ARIC Study. *Diabetes Res Clin Pract* 30: 211-221.

Lindner O, Rusche H, Schäfers M, Schober O, Buchert W (2007) Aktuelle Konzepte der Myokardperfusionsszintigraphie. *Deutsches Ärzteblatt* 104: A 952-8.

Margolis JR, Kannel WS, Feinleib M, Dawber TR, McNamara PM (1973) Clinical features of unrecognized myocardial infarction-silent and symptomatic. Eighteen year follow-up: The Framingham Study. *Am J Cardiol* 32: 1-7.

Mourot L, Bouhaddi M, Perrey S, Cappelle S, Henriët MT, Wolf JP, Rouillon JD, Regrad J (2004) Decrease in heart rate variability with overtraining: assessment by the Poincaré plot analysis. *Clin Physiol Funct Imaging* 24: 10-18.

Mörl H, Menges HW (2000) *Gefäßkrankheiten in der Praxis*, 7. Auflage, Georg Thieme Verlag, Stuttgart, New York, S. 2-15.

National Cholesterol Education Program, National Heart, Lung, and Blood Institute, National Institutes of Health (2001) Third Report of the National Cholesterol Education Program (NCEP) Expert Panel on Detection, Evaluation, and Treatment of High Blood Cholesterol in Adults (Adult Treatment Panel III). Erscheinungsort [Online im Internet] URL: <http://www.nhlbi.nih.gov/guidelines/cholesterol/atp3xsum.pdf> [Stand: 18.09.2010, 08:00].

National Cholesterol Education Program (NCEP) Expert Panel on Detection, Evaluation, and Treatment of High Blood Cholesterol in Adults (Adult Treatment Panel III) (2002) Third Report of the National Cholesterol Education Program (NCEP) Expert Panel on De-

tection, Evaluation and Treatment of High Blood Cholesterol in Adults (Adult Treatment Panel III) final report. *Circulation* 106: 3143-421.

O'Leary DH, Polak JF, Kronmal RA, Manolio TA, Burke GL, Wolfson SK Jr.(1999) Carotid-artery intima and media thickness as a risk factor for myocardial infarction and stroke in older adults. Cardiovascular Health Study Collaborative Research Group. *N England J Med* 340: 14-22.

Rosengren A, Hawken S, Ounpuu S, Sliwa K, Zubaid M, Almahmeed WA, Blackett KN, Sitthi-amorn C, Sato H, Yusuf S; INTERHEART investigators (2004) Association of psychosocial risk factors with risk of acute myocardial infarction in 11119 cases and 13648 controls from 52 countries (the INTERHEART study): case-control study. *Lancet* 364: 953-62.

Sajadieh A, Nielsen OW, Rasmussen V, Hein HO, Abedini S, Hansen JF (2004) Increased heart rate and reduced heart-rate variability are associated with subclinical inflammation in middle-aged and elderly subjects with no apparent heart disease. *Eur Heart J* 25: 363-370.

Sampson MB, Mudaliar NA, Lele AS (1980) Fetal heart rate variability as an indicator of fetal status, *Postgrad Med* 67: 207-10,213-215.

Saubier B, Bode C (2007) Krankheiten des Koronarkreislaufs. In: *Die Innere Medizin*. Gerok W, Huber C, Meinertz T, Zeidler H 11. Auflage, Schattauer Verlag, Stuttgart, Germany, S. 141, 154.

Schmailzl K JG (2005) Ischämische Herzkrankheit. In: *Harrisons Innere Medizin*. Dietel M, Suttrop N, Zeitz M 16. Auflage, Band 1, ABW Wissenschaftsverlag GmbH, Berlin Deutschland, S.1537.

Schwandt P (2007) Klinische Diagnostik von Fettstoffwechselstörungen und Atherosklerose. In: *Handbuch der Fettstoffwechselstörungen Dislipoproteinämien und*

Atherosklerose: Diagnostik, Therapie und Prävention. Schwandt P, Parhofer KG 3. Auflage, Schattauer Verlag, Stuttgart Germany, S.375.

Stansfeld SA, Fuhrer R, Shipley MJ, Marmot MG (2002) Psychological distress as a risk factor for coronary heart disease in the Whitehall II Study. *Int J Epidemiol.* 31: 248-255.

Statistisches Bundesamt Deutschland (2005) Herz-Kreislaufkrankungen wieder häufigste Todesursache, Pressemitteilung Nr. 460 vom 02.11.2005. Wiesbaden [Online im Internet] URL:http://www.destatis.de/jetspeed/portal/cms/Sites/destatis/Internet/DE/Presse/pm/2005/11/PD05_460_232.psm1 [Stand: 05.02.2010, 11:00].

Statistisches Bundesamt Deutschland (2006) Gesundheit – Ausgaben, Krankheitskosten und Personal 2004. Wiesbaden [Online im Internet] URL: <http://www.destatis.de/jetspeed/portal/cms/Sites/destatis/Internet/DE/Presse/pk/2006/Gesundheit/Statement.property=file.pdf> [Stand:05.02.2010, 11:00].

Statistisches Bundesamt Deutschland (2007a) Herz-/Kreislaufkrankungen weiterhin häufigste Todesursache, Pressemitteilung Nr. 385 vom 21.09.2007. Wiesbaden [Online im Internet] URL: http://www.destatis.de/jetspeed/portal/cms/Sites/destatis/Internet/DE/Presse/pm/2007/09/PD07_385_232.psm1 [Stand:05.02.2010, 10:30].

Statistisches Bundesamt (2007b) Todesursachen in Deutschland - Fachserie 12 Reihe 4 – 2006, Sterbefälle nach ausgewählten Todesursachen, Altersgruppen und Geschlecht; Gestorbene in Deutschland [Online im Internet] URL:<https://www.ec.destatis.de/csp/shop/sfg/bpm.html.cms.cBroker.cls?cmspath=struktur,vollanzeige.csp&ID=1021018>[Stand: 5.2.2010, um 12:30].

Tsuji H, Venditti FJ Jr, Manders ES, Evans JC, Larson MG, Feldman CL, Levy D (1994) Reduced heart rate variability and mortality risk in an elderly cohort. The Framingham Heart Study. *Circulation* 90: 878-883.

WHO (2000) Obesity: preventing and managing the global epidemic. WHO Technical Report Series 894, Genf S. 9.

Woitalla J, Zyriax BC, Klähn T, Weigl M, Schwarz G, Keck A, Windler E (2009a) Bestimmung der Herzfrequenzvariabilität als einfaches Mittel zur Erkennung von kardiovaskulärem Risiko in der Prävention - Daten der STRATEGY Studie. Vorgetragen auf dem Deutschen Internistenkongress Wiesbaden 2009 [Online im Internet] URL: [http://www.keck-medical.de/upload/pdf/Deutscher Internistenkongress 2009 Beitrag Kardiovaskulre_Prvention.pdf](http://www.keck-medical.de/upload/pdf/Deutscher_Internistenkongress_2009_Beitrag_Kardiovaskulre_Prvention.pdf) [Stand: 13.09.2010, 17:00].

Woitalla J, Zyriax BC, Klähn T, Weigl M, Schwarz G, Keck A, Windler E (2009b) Bestimmung eines Cardio-Stress-Indexes mittels zweier innovativer Geräte. In: Herzfrequenzvariabilität: Risikodiagnostik Stressanalyse Belastungssteuerung Schriften der Deutschen Vereinigung für Sportwissenschaft, Internationales Symposium am 1. November 2008 in Halle (Saale). Hottenrott K, Hoos O, Esperer D, Band 192, Czwalina Verlag Hamburg, S.65-72.

Yusuf S, Hawken S, Ounpuu S, Dans T, Avezum A, Lanas F, McQueen M, Budaj A, Pais P, Varigos J, Lisheng L (2004) Effect of potentially modifiable risk factors associated with myocardial infarction in 52 countries (the INTERHEART study): case-control study. *Lancet* 364: 937-52.

Ziegler D, Claus D, Meinertz T, Gries FA (1996) Serie: Diabetische Neuropathie: Klinik, Diagnostik und Therapie der kardiovaskulären autonomen Neuropathie. *Deutsches Ärzteblatt* 93: A1262-1268.

Ziegler D, Gries FA (1996) Serie: Diabetische Neuropathie. Klassifikation, Epidemiologie, Prognose und sozialmedizinische Bedeutung. *Deutsches Ärzteblatt* 93: A680-684.

Zyriax BC, Boeing H, Windler E (2005) Nutrition is a powerful independent risk factor for coronary heart disease in women-The CORA study: a population-based case control-study. *Eur J Clin Nutr* 59: 1201-7.

Danksagung

Mein ganz besonderer Dank gilt Herrn Professor Eberhard Windler vom Universitätsklinikum Hamburg-Eppendorf für seine überaus exzellente Betreuung. Nicht nur seine fachliche und praktische Unterstützung bei anstehenden Problemen, sondern auch seine ständige Gesprächsbereitschaft, Motivation und konstruktiven Vorschläge haben maßgeblich zu dieser Arbeit beigetragen.

Zu besonderem Dank bin ich allen Teilnehmerinnen und Teilnehmern der Strategy-Studie verpflichtet, ohne deren Teilnahme die Durchführung dieser Studie sowie die Verfassung meiner Dissertation nicht möglich gewesen wäre.

In gleicher Weise möchte ich meinen Dank allen Mitarbeitern der beteiligten Betriebe und Laboratorien der Medizinischen Klinik des Universitätsklinikums Hamburg-Eppendorf für deren tatkräftige Unterstützung bei Auswertungen von Blutproben aussprechen.

Auch Herrn Tilman Klähn möchte ich für sein großes Engagement als Studienarzt bei der klinischen Untersuchung der Teilnehmer und Teilnehmerinnen danken.

Herrn G. Schwarz der Firma Energy-Lab Technologies GmbH möchte ich meinen Dank für die Bereitstellung seiner EKG Geräte Vicardio und Viport aussprechen, mit welchen im Rahmen dieser Dissertation die Parameter Cardio-Stress-Index und Herzstatus ermittelt wurden.

Bei Dr. rer. pol. Florian Berthold möchte ich mich für seine gewissenhafte und zügige Korrekturarbeit bedanken.

Abschließend möchte ich noch meiner Familie und meinen Freunden herzlichst danken, die alle auf ihre Weise zum Gelingen dieser Arbeit beigetragen haben. Hervorzuheben sind meine Eltern, insbesondere meine Mutter, die mir nicht nur im Rahmen meiner Dissertation sondern auf meinem gesamten Werdegang zu jeder Zeit und in jeder Lebenslage unterstützend zur Seite stand.

Lebenslauf

Lebenslauf

Eidesstattliche Erklärung/Versicherung

Ich versichere ausdrücklich, dass ich die Arbeit selbständig und ohne fremde Hilfe verfasst, andere als die von mir angegebenen Quellen und Hilfsmittel nicht benutzt und die aus den benutzten Werken wörtlich oder inhaltlich entnommenen Stellen einzeln nach Ausgabe (Auflage und Jahr des Erscheinens), Band und Seite des benutzten Werkes kenntlich gemacht habe.

Ferner versichere ich, dass ich die Dissertation bisher nicht einem Fachvertreter an einer anderen Hochschule zur Überprüfung vorgelegt oder mich anderweitig um Zulassung zur Promotion beworben habe.

Unterschrift: