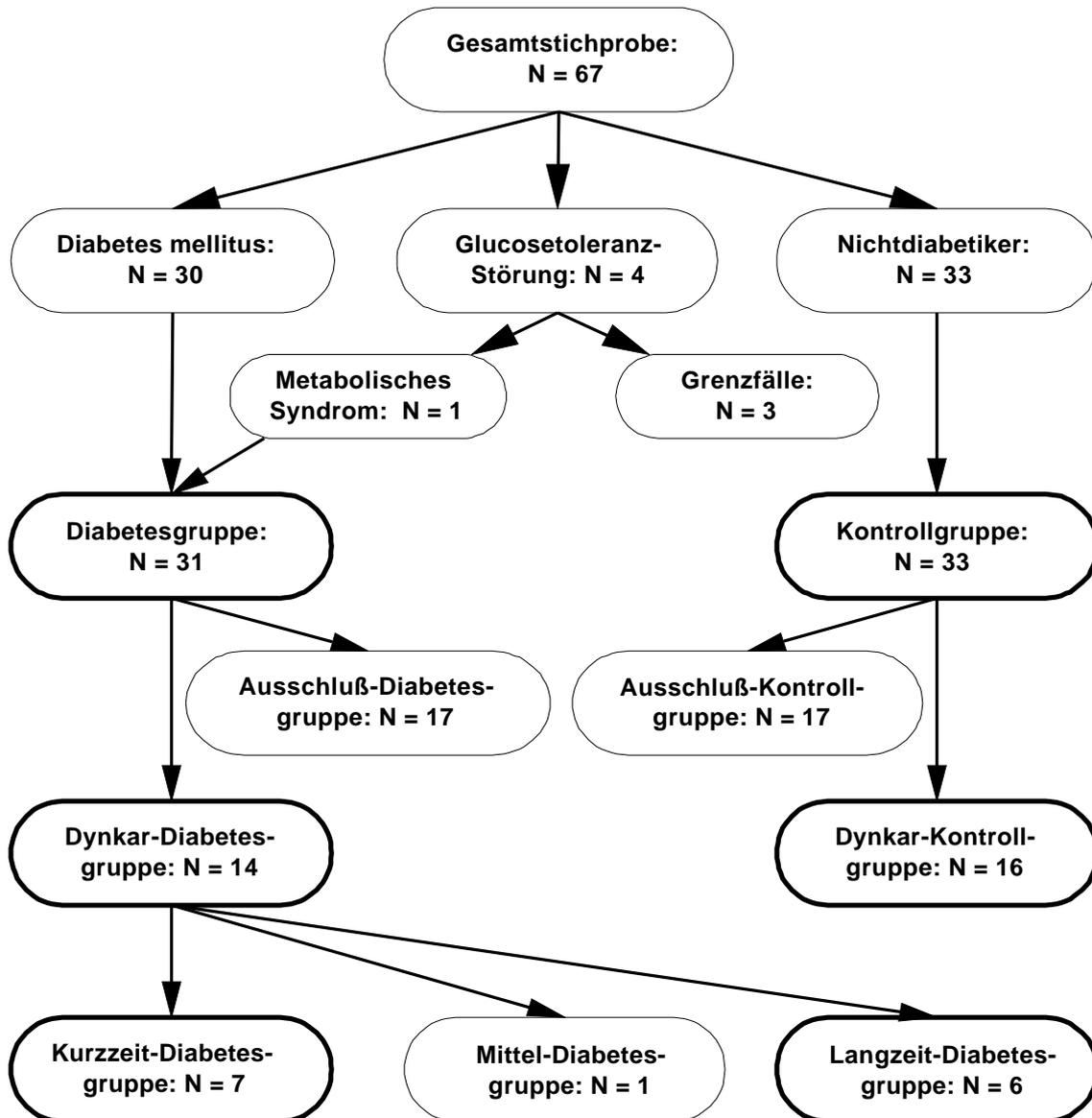


6. DIE ERGEBNISSE

6.1. Die Untersuchungsgruppen

Die folgende Abbildung stellt die Aufteilung der Probanden auf die einzelnen Untersuchungsgruppen grafisch dar.



Aufteilung der Probanden auf die Untersuchungsgruppen (N = Anzahl Probanden)

Von den insgesamt 67 Probanden der Gesamtstichprobe wiesen 30 Probanden eine haus- bzw. fachärztlich nachgewiesene diabetische Erkrankung auf oder wurden antidiabetisch therapiert. 4 Probanden wussten von einer gestörten Glucosetoleranz. 33 Probanden verneinten die Frage nach dem Vorhandensein einer diabetischen Erkrankung.

Ein Proband (ID 4019) mit einem metabolischen Syndrom wusste von einem Diabetes mellitus, der durch einen oralen Glucosetoleranztest, jedoch noch nicht durch ein erhöhtes HbA1c bestätigt worden war. Der Body mass Index lag mit $25,3 \text{ kg/m}^2$ um $1,3 \text{ kg/m}^2$ über

dem oberen Normbereich. Aufgrund einer ebenfalls positiven Familienanamnese wurde er aus der Gruppe mit einer Glucosetoleranzstörung in die Diabetesgruppe aufgenommen. Damit erhöhte sich die Anzahl diabetischer Probanden von 30 auf 31, während die Grenzgruppe mit fraglichem Diabetes auf 3 Probanden zurückging.

Somit bildeten 31 Probanden die Diabetikergruppe, während 33 nicht-diabetische Probanden die Kontrollgruppe stellten. Die verbliebenen 3 Probanden mit fraglichem Diabetes mellitus wurden in die Grenzfallgruppe eingeordnet und nicht weiter betrachtet..

Aus der Diabetesgruppe wurden 16 der 31 diabetischen Probanden aufgrund einer Medikamenteneinnahme ausgeschlossen. Alle diabetischen Probanden absolvierten den Untersuchungsgang korrekt. So verblieben 14 diabetische Probanden in der Dynkar-Diabetesgruppe

Aus der Kontrollgruppe mussten 17 der 33 Probanden ausgeschlossen werden, in 13 Fällen infolge einer Medikamenteneinnahme und in 4 Fällen aufgrund einer fehlerhaften Ausführung der Elektrokardio-Respirografie. So verblieben 16 Probanden in der Dynkar-Kontrollgruppe.

Die Dynkar-Diabetesgruppe wurde nun nochmals nach der Dauer des bekannten Diabetes aufgegliedert. So entstanden 3 Gruppen mit einer Diabetesdauer von 0 – 5 Jahren, mit von 5 – 10 Jahren und länger als 10 Jahre bestehendem Diabetes mellitus. Die 5-Jahres-Gruppe umfasste 6 Probanden. Einem Probanden war der Diabetes zwischen 5 und 10 Jahre bekannt und 6 Probanden wussten von ihrer Erkrankung länger als 10 Jahre.

Die Darstellung der Ergebnisse orientiert sich an der obenstehenden Abbildung, wobei die stark hervorgehobenen Gruppen verglichen und besprochen werden. Zuerst werden im nachfolgenden Abschnitt die Ergebnisse der Diabetesgruppe und der Kontrollgruppe dargelegt. Daran schließen sich die Ergebnisse der Dynkar-Diabetesgruppe und der Dynkar-Kontrollgruppe an. Abschließend werden die Ergebnisse der Kurzzeit-Diabetesgruppe mit denen der Langzeit-Diabetesgruppe vorgestellt und verglichen.

6.2. Die Ergebnisse der Diabetes- und der Kontrollgruppe

6.2.1. Die Charakterisierung der beiden Untersuchungsgruppen

Die Tabelle listet die Merkmale der Diabetes- und Kontrollgruppe auf.

Charakterisierung von Diabetes- & Kontrollgruppe		
	Diabetesgruppe	Kontrollgruppe
Anzahl Probanden	31	33
Anzahl Männer	10	12
Anzahl Frauen	21	21
Lebensalter	64,6 ± 9,48 Jahre	57,2 ± 8,81 Jahre
Diabetesdauer	9,87 ± 7,89 Jahre	0 Jahre
BMI	27,8 ± 4,84 kg/m ²	25,7 ± 4,65 kg/m ²

Die 31 Probanden der Diabetesgruppe verteilten sich auf 21 Frauen und 10 Männer. Das Lebensalter erstreckte sich wie oben angeführt von 44 Jahren bis zu einem Höchstalter von 89 Jahren. Der Mittelwert lag bei $64,6 \pm 9,48$ Jahren. Auch hier konnte von keiner Normalverteilung ausgegangen werden, da die Schiefe mit 0,28 und die Kurtosis mit 0,58 ermittelt wurde. Zu dem gleichen Ergebnis kam auch der K-S-Test mit einer 2-seitigen asymptotischen Signifikanz von $p=0,884$.

Auf die Frage, wie lange der Diabetes schon bekannt sei, war eine große Spannweite zu beobachten. Die minimale Diabetesdauer betrug 11 Monate. Das Maximum lag bei 28 Jahren. Im Mittel betrug die Diabetesdauer $9,87 \pm 7,89$ Jahre. Auch hierbei ließ sich keine Normalverteilung feststellen. Das bewiesen Schiefe (0,39), Kurtosis (-0,97) und K-S-Test ($p=0,32$).

Wie oben schon erwähnt, bestand die Kontrollgruppe aus insgesamt 33 Probanden, 21 Frauen und 12 Männern. Das Lebensalter reichte hier ab dem unteren Grenzwert von 44 Jahren bis zum Maximalalter von 82 Jahren über eine Spannweite von 38 Jahren. Der Mittelwert lag bei $57,2 \pm 8,81$ Jahren. Eine Normalverteilung war auch bei der Kontrollgruppe nicht gegeben. Das zeigten Schiefe (0,78) und Kurtosis (0,40) sowie der K-S-Test mit 0,51 an.

Der Body-Mass-Index (BMI) der Diabetesgruppe bewegte sich innerhalb eines Bereichs von 20,2 bis 43,3, bei einem Mittelwert von $27,8 \pm 4,84$. Eine Normalverteilung war nicht

ermittelbar, (Schiefe: 1,23, Kurtosis: 2,34, K-S-Test: 0,18) 24 der 31 diabetischen Probanden waren dem BMI gemäss übergewichtig, 7 Probanden normalgewichtig.

Der BMI der Kontrollgruppe ordnete sich zwischen 18,0 und 43,6 um einen Mittelwert von $25,7 \pm 4,65$ bei fehlender Normalverteilung an. (Schiefe: 1,86, Kurtosis: 5,78, K-S-Test 0,48) 17 Probanden waren übergewichtig, 16 normalgewichtig.

Regelmäßige sportliche Aktivitäten verfolgten 12 Probanden der Diabetesgruppe. 7 Probanden betätigten sich unregelmäßig körperlich und 12 Probanden gaben an, keinerlei Sport zu treiben. In der Kontrollgruppe trieben 11 Probanden regelmäßig Sport. 5 Probanden belasteten sich körperlich nur unregelmäßig. 16 Probanden machten keinen Sport. 1 Proband machte keine Angabe.

Familienanamnestisch stellte sich in der Diabetesgruppe folgende Situation dar: Bei weiteren 14 Probanden gab es diabetische Verwandte 1. Grades. Bei einem Probanden war ein Verwandter mit dieser Erkrankung ab dem 2. Grad bekannt. Bei 14 Probanden war kein Diabetes mellitus bei Angehörigen bekannt. 2 Probanden machten dazu keine Aussage. Die Kontrollgruppe bot dieses Bild: Diabetische Verwandte ersten Grades fanden sich bei 7 Probanden. 21 Probanden war kein Diabetes mellitus in der Familie bekannt. 5 Probanden konnten dazu keine Angaben machen.

Befragt auf das Ausmaß des Alkoholgenusses, antworteten 9 Probanden der Diabetikergruppe, keinerlei Alkohol zu sich zu nehmen. 20 Probanden nahmen gelegentlich bis regelmäßig Alkohol zu sich und 2 Probanden hatten nach einem Abusus eine Therapie hinter sich. 21 Probanden hatten nie geraucht, 4 Probanden waren Ex-Raucher und 6 Probanden rauchten zum gegenwärtigen Untersuchungszeitpunkt.

Zur Kontrollgruppe ist bei 6 Probanden kein Alkoholgenuss und bei 26 Probanden gelegentlicher bis regelmäßiger Alkoholgenuss angegeben worden. 1 Proband hatte nach einem Abusus eine Therapie hinter sich. 23 Probanden hatten bisher kein Nikotin konsumiert, 8 Probanden waren Ex-Raucher und 2 Probanden waren Jetzt-Raucher.

6.2.2. Die Vorerkrankungen

Die Vorerkrankungen und Folgekomplikationen sind in der folgenden Tabelle aufgelistet.

Vorerkrankungen und Folgekomplikationen		
	Diabetesgruppe (N=31) Anzahl Probanden	Kontrollgruppe (N=33) Anzahl Probanden
Chron. Herzerkrankungen	4	1
Hypertonie	9	13
pAVK	2	1
Nephropathie	2	0
Chron. Lungenerkrankung	8	6
Gastrointestinale Neuropathie	13	6
Stress-/Dranginkontinenz	15	7
Erektile Dysfunktion	7	2
Ejakulationsstörung	2	1

6.2.3. Die allgemeinmedizinisch-neurologische Untersuchung

6.2.3.1. Die ophthalmologische Untersuchung

Die Prüfung der Pupillenreaktion war für beide Augen getrennt auf direkte und indirekte Lichtreaktion sowie auf Konvergenz vorgenommen worden. Bei normaler Reaktion ergab sich ein Maximalwert von 12 Punkten, bei völliger Reaktionslosigkeit der Pupillen ein Minimalwert von 0 Punkten. Einen Überblick zur Pupillenreaktion gibt die folgende Tabelle.

Pupillenreaktion von Diabetes- & Kontrollgruppe		
	Diabetesgruppe (N=31) Anzahl Probanden	Kontrollgruppe (N=33) Anzahl Probanden
12 Punkte	25	29
10 Punkte	1	2
8 Punkte	2	0
6 Punkte	2	1
4 Punkte	0	1
2 Punkte	0	0
0 Punkte (reaktionslos)	1	0

Die ophthalmoskopische Untersuchung zeigte folgende Häufigkeiten von Retinopathien:

Retinopathien von Diabetes- & Kontrollgruppe		
	Diabetesgruppe (N=31) Anzahl Probanden	Kontrollgruppe (N=33) Anzahl Probanden
Keine diabetische Retinopathie	11	26
Präproliferative Retinopathie	8	0
Proliferative Retinopathie	7	0
Nicht beurteilbar / abgelehnt	5	7
Keine arteriosklerotische Retinopathie	1	7
Arteriosklerotische Retinopathie	20	19
Nicht beurteilbar / abgelehnt	10	7

6.2.3.2. Die Prüfung des Gehör- und Gleichgewichtssinns

Die Prüfung des Gehörsinnes ergab bis auf 9 bzw. 5 Fälle von Presbyakusis keine pathologischen Befunde. Auffällig war eine Diskrepanz in den Koordinationstests. Während der Finger-Nase-Versuch problemlos von allen Probanden ausgeführt werden konnte, war dies für 10 diabetische Probanden für den Knie-Fersen-Versuch nicht möglich, wie die folgende Tabelle auflistet.

Prüfung von Gehör & Koordination der Diabetes- & Kontrollgruppe		
	Diabetesgruppe (N=31) Anzahl Probanden	Kontrollgruppe (N=33) Anzahl Probanden
Presbyakusis	9	5
path. Finger-Nase-Versuch	0	0
path. Knie-Fersen-Versuch	10	1

6.2.3.3. Die Prüfung der Motorik und des Reflexstatus

Die Häufigkeit von Kraftminderungen sowie den Reflexstatus zeigen die folgenden Tabellen.

Prüfung der Motorik von Diabetes- & Kontrollgruppe		
	Diabetesgruppe (N=31) Anzahl Probanden	Kontrollgruppe (N=33) Anzahl Probanden
Kraftminderung obere Extremitäten	9	3
Kraftminderung obere Extremitäten	6	4

Prüfung des Reflexstatus der Diabetes- & Kontrollgruppe				
	Diabetesgruppe (N=31) Anzahl Probanden		Kontrollgruppe (N=33) Anzahl Probanden	
Punkte	Obere Extremitäten	Untere Extremitäten	Obere Extremitäten	Untere Extremitäten
12	0	0	2	2
11	0	0	0	0
10	5	1	7	6
9	1	0	1	0
8	4	4	4	3
7	0	0	0	1
6	16	5	9	4
5	1	0	0	1
4	4	7	4	4
3	0	1	0	2
2	0	5	5	5
1	0	3	0	0
0	0	5	0	3
Nicht getestet	0	0	1	1

Die Reflexe wurden wie oben bereits beschrieben von „sehr lebhaft“ bis „nicht auslösbar“ mit 3 bis 0 graduiert und für obere und untere Extremitäten getrennt aufsummiert. Der Maximalwert von 12 Punkten für die oberen Extremitäten wurde von keinem der Probanden der Diabetesgruppe erreicht.

6.2.3.4. Die Prüfung der Sensibilität

Die Veränderungen der Sensibilität sind der folgenden Tabelle zu entnehmen.

Sensibilitätsstörungen von Diabetes- & Kontrollgruppe		
	Diabetesgruppe (N=31) Anzahl Probanden	Kontrollgruppe (N=33) Anzahl Probanden
Berührungsempfinden gestört	4	3
Dysästhesien / Parästhesien	12	2

6.2.3.5. Die Prüfung der Vibrationsempfindung

Die folgende Tabelle listet die Anzahl der Probanden mit pathologischen Vibrationsempfindungsschwellen auf und nennt den durch Summierung beider Extremitätenseiten entstandenen Mittelwert für beide Gruppen.

Vibrationsempfindung am Caput metacarpale II		
	Diabetesgruppe (N=31) Anzahl Probanden	Kontrollgruppe (N=33) Anzahl Probanden
Vibrationsempfinden ungestört	30	33
Vibrationsempfinden pathologisch	0	0
Keine Testung	1	0
Mittelwert Vibrationstestung	14,8 ± 1,33	15,3 ± 1,11

Vibrationsempfindung am Caput metatarsale I		
	Diabetesgruppe (N=31) Anzahl Probanden	Kontrollgruppe (N=33) Anzahl Probanden
Vibrationsempfinden ungestört	19	30
Vibrationsempfinden pathologisch	11	3
Keine Testung	1	0
Mittelwert Vibrationstestung	9,8 ± 3,7	13,0 ± 3,29

Resümieren kann festgestellt werden, dass die Ergebnisse der körperlichen Untersuchung beider Gruppen in der Häufigkeit des Auftretens diabetischer Retinopathien und peripherer Dysästhesien sowie in einem herabgesetzten Vibrationsempfindungsvermögen der unteren Extremitäten unterschieden.

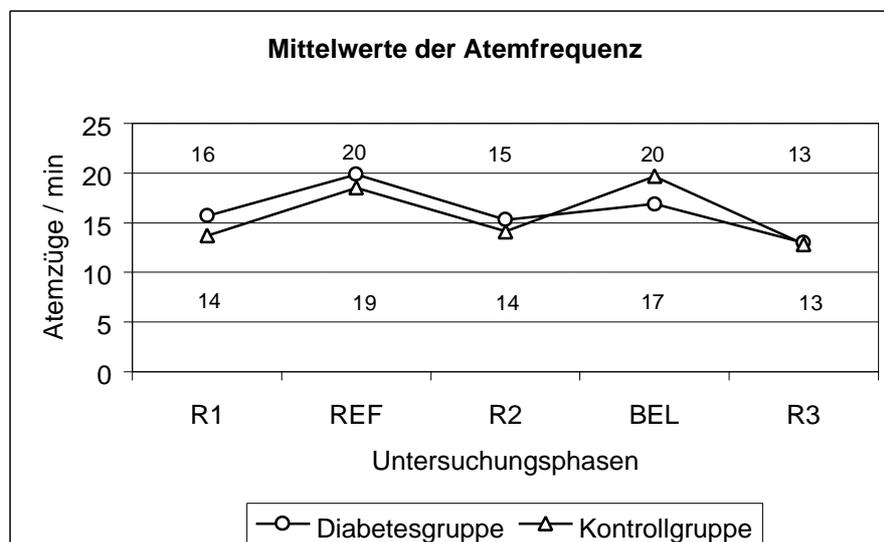
6.2.4. Die Ergebnisse der Elektrokardio-Respirografie

Eine spektralanalytische Auswertung der Herzfrequenzvariabilitätsmessungen wurde in der Dynkargruppe und der Kontrollgruppe aufgrund der Einnahme von Medikamenten sowie der teilweise fehlerhaften Ausführung des Untersuchungsganges nicht durchgeführt.

Vor und nach der Elektrokardio-Respirografie wurde der Blutdruck nach Riva-Rocci ermittelt. Der mittlere Blutdruck der Diabetesgruppe und der Kontrollgruppe wird von folgender Tabelle aufgelistet. Signifikante Unterschiede waren nicht nachweisbar, weder zwischen den beiden untersuchten Gruppen noch innerhalb einer Gruppe zwischen den Messungen vor und nach Belastung.

Blutdruckwerte der Diabetes- & Kontrollgruppe		
	Diabetesgruppe (N=31)	Kontrollgruppe (N=33)
Blutdruck vor Dynkar	135 / 71 mmHg	130 / 79 mmHg
Blutdruck nach Dynkar	129 / 71 mmHg	129 / 75 mmHg

Während der Elektrokardio-Respirografie wurde mit Hilfe eines anpassbaren Thoraxgürtels die Atemfrequenz aufgezeichnet. Die Atemfrequenz-Mittelwerte zeigt folgende Abbildung.



Ein kontinuierliches Signal der Thoraxbewegungen konnte bei 12 Probanden der Diabetesgruppe und bei 8 Probanden der Kontrollgruppe nicht aufgezeichnet werden, da aufgrund der Adipositas dieser Probanden der Messbereich des Gürtels zu gering bemessen war. So wurde die Atemfrequenz bei 19 Probanden der Diabetesgruppe und 25 Probanden der Kontrollgruppe ausgewertet. Es zeigten sich nach Mann-Whitney keine signifikanten Differenzen ($0,053 < p < 0,920$) zwischen den beiden Gruppen. Die Werte der einzelnen Untersuchungsphasen zeigt die nachstehende Abbildung.

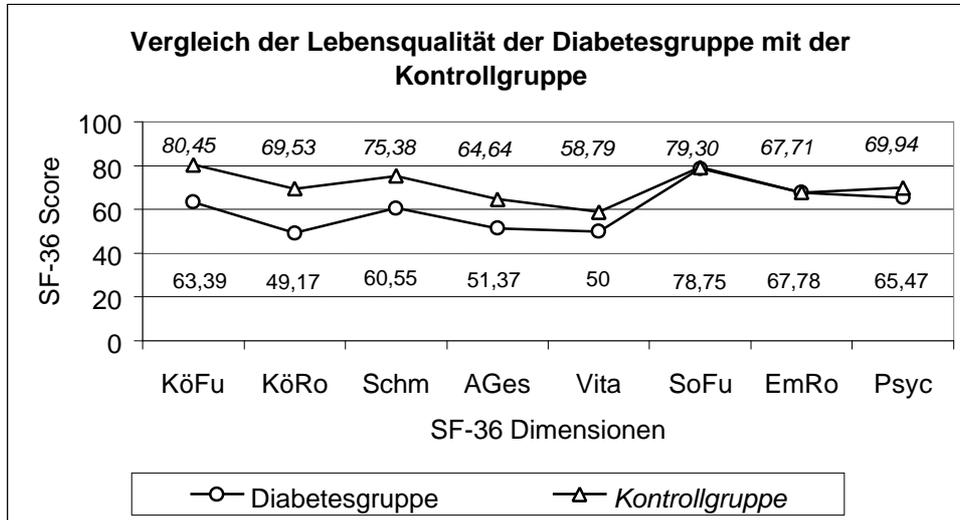
6.2.5. Die Ergebnisse der Lebensqualitätsmessung

Die folgende Tabelle listet die Scores der Diabetesgruppe in den 8 Dimensionen des SF-36 körperliche Funktion (KöFu), körperliche Rolle (KöRo), Schmerz (Schm), allgemeine Gesundheitswahrnehmung (AGes), Vitalität (Vita), soziale Funktion (SoFu), emotionale Rolle (EmRo), und psychisches Wohlbefinden (Psyc) auf.

Ergebnisse des SF-36 in der Diabetesgruppe									
		KöFu	KöRo	Schm	AGes	Vita	SoFu	EmRo	Psyc
N	Gültig	31	30	31	30	30	30	30	30
	Fehlend	0	1	0	1	1	1	1	1
Mittelwert		63,39	49,17	60,55	51,37	50,00	78,75	67,78	65,47
s		25,80	44,28	27,00	21,75	18,05	23,01	44,19	17,66

Ergebnisse des SF-36 in der Kontrollgruppe									
		KöFu	KöRo	Schm	AGes	Vita	SoFu	EmRo	Psyc
N	Gültig	33	32	32	33	33	32	32	33
	Fehlend	0	1	1	0	0	1	1	0
Mittelwert		80,45	69,53	75,38	64,64	58,79	79,30	67,71	69,94
s		19,62	38,49	30,68	20,20	17,37	18,41	41,03	17,41

Im folgenden Diagramm werden die SF-36-Scores der Diabetesgruppe mit denen der Kontrollgruppe grafisch verglichen und signifikante Differenzen zwischen den beiden Gruppen kenntlich gemacht.



Signifikanz p der Differenzen der Lebensqualität von Diabetes- und Kontrollgruppe							
KöFu	KöRo	Schm	AGes	Vita	SoFu	EmRo	Psyc
0,005	0,065	0,030	0,015	0,026	0,783	0,848	0,192

Die körperbetonten Dimensionen, ausgehend von der körperlichen Funktion bis hin zur Vitalität, sind bei der Diabetesgruppe deutlich reduziert und unterscheiden sich signifikant bis hoch signifikant von denen der Kontrollgruppe

6.2.6. Die Lebensqualität-Herzfrequenz-Korrelation der Diabetesgruppe

In der Diabetesgruppe finden sich geringe bis mittlere negative Korrelationen zwischen dem psychischen Wohlbefinden und der Herzfrequenz (HR - heart rate). Die Korrelationskoeffizienten r sind in der folgenden Tabelle aufgelistet. Für andere HFV-Indizes und den Dimensionen der Lebensqualität bestehen nur sehr geringgradige Korrelationen.

Korrelationskoeffizient R für die Diabetesgruppe					
	HR R1	HR REF	HR R2	HR BEL	HR R3
Psychisches Wohlbefinden	-0,446	-0,515	-0,485	-0,407	-0,475

6.3. Die Ergebnisse der Dynkargruppen

Zur Auswertung der dynamischen Elektrokardio-Respirografie (Dynkar) wurden diejenigen Probanden herangezogen, welche keine herzfrequenz- bzw. variabilitätsbeeinflussenden oder antihypertensiv wirkende Medikamente einnahmen. Weiterhin mussten sie die Elektrokardio-Respirografie vollständig und korrekt absolviert haben. Aus der Diabetesgruppe wurden 16 der 31 diabetischen Probanden aufgrund einer Medikamenteneinnahme ausgeschlossen. Alle diabetischen Probanden absolvierten den Untersuchungsgang korrekt. So verblieben 14 diabetische Probanden in der Dynkar-Diabetesgruppe.

Aus der Kontrollgruppe mussten 17 der 33 Probanden ausgeschlossen werden, in 13 Fällen infolge einer Medikamenteneinnahme und in 4 Fällen aufgrund einer fehlerhaften Ausführung der Elektrokardio-Respirografie. So verblieben 16 Probanden in der Dynkar-Kontrollgruppe.

6.3.1. Die Charakterisierung der beiden Dynkar-Gruppen

Die beiden Gruppen waren durch folgende Charakteristika gekennzeichnet.

Charakterisierung der Dynkar-Gruppen		
	Dynkar-Diabetesgruppe	Dynkar-Kontrollgruppe
Anzahl Probanden	14	16
Anzahl Männer	4	7
Anzahl Frauen	10	9
Lebensalter	64,43 ± 12,0 Jahre	53,75 ± 4,73 Jahre
Diabetesdauer	8,93 ± 8,25 Jahre	0 Jahre
BMI	25,71 ± 3,83 kg/m ²	24,78 ± 2,53 kg/m ²

6.3.2. Die allgemeinmedizinisch-neurologische Untersuchung

Die Auswertung der allgemeinmedizinisch-neurologische Untersuchung beider Dynkargruppen soll sich auf die klinisch erhebbaren diabetischen Folgeerkrankungen an Auge und Nerven beschränken. Im folgenden werden die Pupillenreaktion, das Vorhandensein diabetischer und arteriosklerotischer Retinopathien, die Störungen der Sensibilität und der Vibrationsempfindungsschwelle beider Dynkargruppen tabellarisch dargestellt.

Pupillenreaktion der Dynkargruppen		
Punkte	Dynkar-Diabetesgruppe (N=14) Anzahl Probanden	Dynkar-Kontrollgruppe (N=16) Anzahl Probanden
12	11	16
10	1	0
8	1	0
0	1	0

Häufigkeiten von Retinopathien der Dynkargruppen		
	Dynkar-Diabetesgruppe (N=14) Anzahl Probanden	Dynkar-Kontrollgruppe (N=16) Anzahl Probanden
Keine diabetische Retinopathie	4	16
Präproliferative Retinopathie	2	0
Proliferative Retinopathie	4	0
Nicht beurteilbar	4	0
Keine arteriosklerotische Retinopathie	0	5
Arteriosklerotische Retinopathie	7	11
Nicht beurteilbar	7	0

Bezüglich der Pupillenreaktion unterscheiden sich die beiden Dynkar-Gruppen nur wenig voneinander. Lediglich 3 Probanden zeigten eine verminderte Pupillenreaktion bei der ophthalmologischen Untersuchung, während diese in der Dynkar-Kontrollgruppe völlig ungestört war.

Ein anderes Bild bietet sich bei der ophthalmologischen Fundoskopie. 6 Probanden der Dynkar-Diabetesgruppe zeigten Symptome einer diabetischen Retinopathie, wogegen kein Proband der Dynkar-Kontrollgruppe diesbezüglich auffiel. Einschränkend muss konstatiert werden, dass 4 Probanden der Dynkar-Diabetesgruppe nicht beurteilbar waren.

Arteriosklerotische Retinopathie traten in der Dynkar-Diabetesgruppe in 7 Fällen, in der Dynkar-Kontrollgruppe in 11 Fällen auf. Bei 7 diabetischen Probanden war eine Beurteilung nicht möglich.

Veränderungen der Sensibilität der Dynkargruppen		
	Dynkar-Diabetesgruppe (N=14) Anzahl Probanden	Dynkar-Kontrollgruppe (N=16) Anzahl Probanden
Berührungsempfinden gestört	2	1
Dysästhesien / Parästhesien	5	0

Ein verändertes Berührungsempfinden trat in der Dynkar-Diabetesgruppe 2 mal auf. In der Dynkar-Kontrollgruppe war nur ein Proband dadurch auffällig. Über Dysästhesien klagten 5 Probanden der Dynkar-Diabetesgruppe. In der Dynkar-Kontrollgruppe traten solche Beschwerden überhaupt nicht auf.

Veränderungen des Vibrationsempfindungsfähigkeit der Dynkargruppen		
	Dynkar-Diabetesgruppe (N=14) Anzahl Probanden	Dynkar-Kontrollgruppe (N=16) Anzahl Probanden
Vibrationsempfinden ungestört	9	16
Vibrationsempfinden pathologisch	5	0
Mittelwert Vibrationstestung	9,93 ± 3,36	13,81 ± 1,91

Bei 5 diabetischen Probanden war eine reduzierte Empfindung für Vibrationen feststellbar, wogegen alle Probanden der Dynkar-Kontrollgruppe ein ungestörtes Vibrationsempfinden aufwiesen. Der Mittelwert der Vibrationstestung ergab bei der Dynkar-Diabetesgruppe einen Wert von $9,93 \pm 3,36$, während der Vibrationsmittelwert der Dynkar-Kontrollgruppe bei $13,81 \pm 1,91$ lag. Auch die Standardabweichung der diabetischen Probanden ist größer als die der Dynkar-Kontrollgruppe.

6.3.3. Die Ergebnisse der Elektrokardio-Respirografie

6.3.3.1. Die Messung der Reaktionszeiten und der manuellen Tastungen

Folgende Tabelle gibt, getrennt für die Referenz- und die Belastungsphase, Aufschluss über die Anzahl der korrekten, fehlerhaften und unterbliebenen Tastungen, die mittlere Reaktionszeit und die Reaktionszeitdifferenz beider Gruppen.

Reaktionsindizes der Referenz- & Belastungsphase				
	Dynkar-Diabetesgruppe (N=14)		Dynkar-Kontrollgruppe (N=16)	
	Referenzphase (REF)	Belastungsphase (BEL)	Referenzphase (REF)	Belastungsphase (BEL)
Anzahl der präsentierten Ringe	230	230	230	230
Tastungen - richtig	211	135	223	187
Tastungen - falsch	1	66	0	34
Tastungen - fehlend	18	29	7	9
Mittlere Reaktionszeit	0,421 ms ± 0,222 ms	0,655 ms ± 0,249 ms	0,303 ms ± 0,165 ms	0,697 ms ± 0,153 ms
Reaktionszeitdifferenz BEL - REF	0,234 ms		0,394 ms	

Die Diabetikergruppe zeigt im Vergleich zur Kontrollgruppe sowohl während der Referenz- wie auch während der Belastungsphase eine größere Anzahl von falschen und fehlenden Tastungen. Auch die mittlere Reaktionszeit der Referenzphase ist reduziert. Auffällig ist, dass die Reaktionszeit der Diabetiker unter Belastung geringer ist als die der Kontrollgruppe. Aus beiden letztgenannten Fakten wird die geringere Reaktionszeitdifferenz der Diabetikergruppe verständlich.

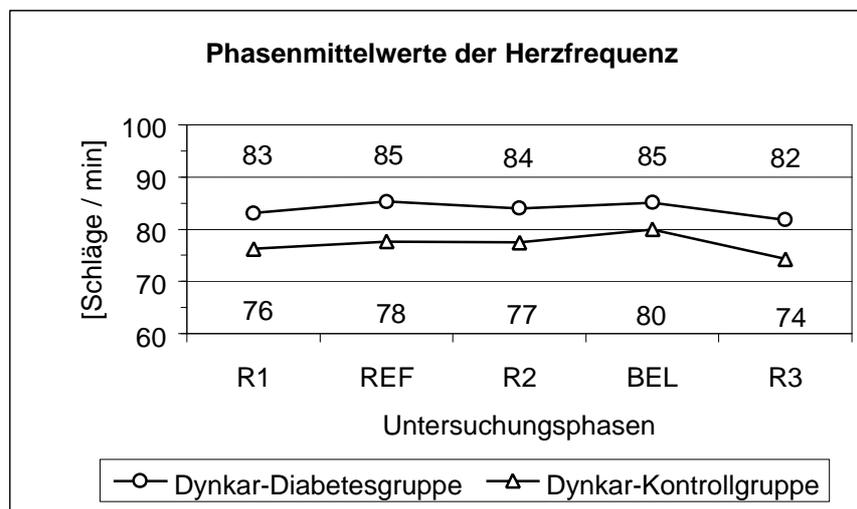
6.3.3.2. Die Messung des Blutdruckes

Die Blutdruckmessung ergab auch in den beiden Dynkar-Gruppen nur geringe, nicht signifikante Unterschiede (Signifikanz nach Mann-Whitney zwischen $p=0,208$ und $p=0,918$).

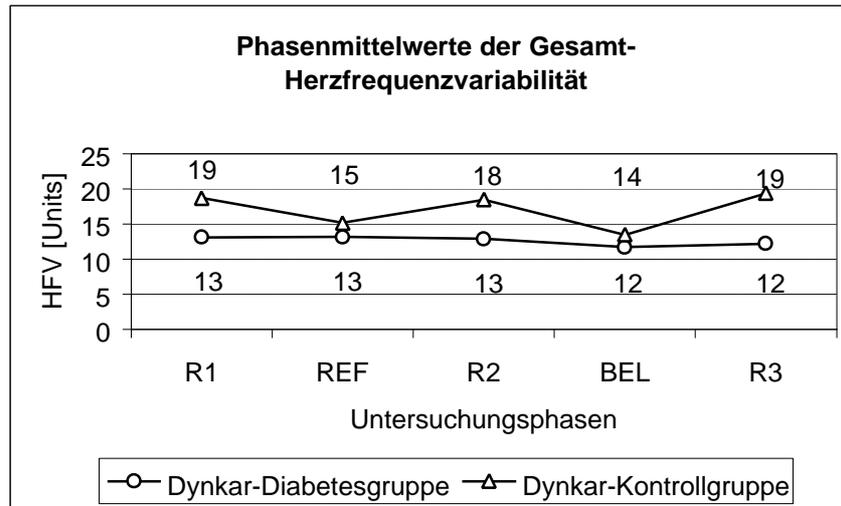
Blutdruckwerte der Dynkar-Gruppen		
	Dynkar-Diabetesgruppe (N=14)	Dynkar-Kontrollgruppe (N=16)
Blutdruck vor Dynkar	135 / 71 mmHg	130 / 79 mmHg
Blutdruck nach Dynkar	128 / 78 mmHg	126 / 73 mmHg

6.3.3.3. Die Messung der Herzfrequenz und der Gesamtvariabilität

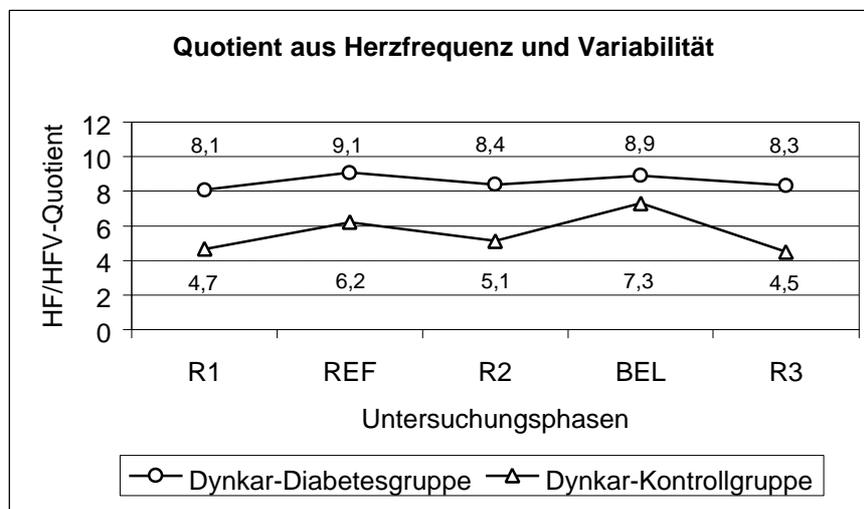
Bei der Betrachtung der Herzfrequenz-Mittelwerte fällt bei den Diabetikern eine durchgehend höhere Herzfrequenz auf, die unabhängig von Ruhe (Phasen R1, R2 & R3) oder einer Belastungssituation (Phasen REF & BEL) bestehen bleibt. Signifikante Differenzen bestehen bei einem p zwischen 0,093 und 0,313 im Mann-Whitney-Test jedoch nicht.



Die Gesamt-Herzfrequenzvariabilität ist das vollständige Integral aller Spektralbereiche der HFV. Es umfasst den HF- und LF-Bereich ebenso wie den VLF- und ULF-Bereich. Die Phasen-Mittelwerte der gesamten HFV weisen bei den Probanden der Dynkar-Diabetesgruppe in allen 5 Phasen geringere Werte auf und zeigen auch geringere Schwankungen als die Dynkar-Kontrollgruppe. Die Differenzen sind jedoch mit einem $p=0,06$ (R3) und $p=0,27$ (BEL) nicht signifikant.



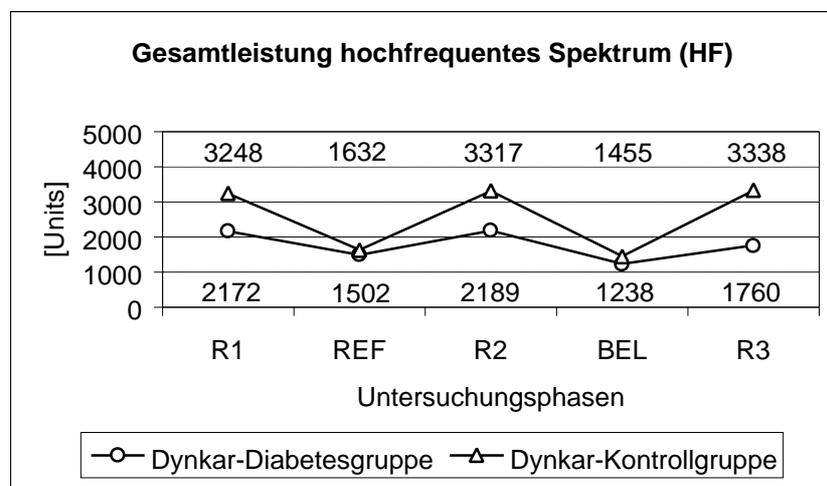
Wird aus den Phasenmittelwerten der Herzfrequenz und den Phasenmittelwerten der Gesamtherzfrequenzvariabilität ein Quotient gebildet, bietet sich folgendes Bild. Die Probanden der Diabetesgruppe zeigen höhere Absolutbeträge als die Kontrollgruppe. Dies ist durch die im Durchschnitt größere Herzfrequenz und die geringere Gesamtvariabilität bedingt.



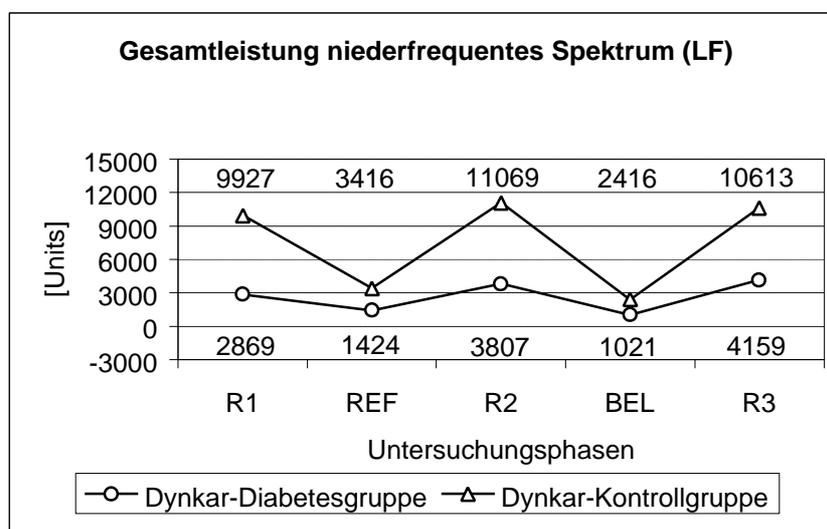
6.3.3.4. Die Ergebnisse im hoch- und niederfrequenten Spektralbereich

Ein differenzierteres Bild zeigt die Betrachtung der einzelnen Spektralbereiche. Die Gesamtleistung (total power) stellt das Integral des jeweiligen Spektralbereichs dar. Dieses ist durch den Betrag des Areal unter der Kurve definiert. Während der Untersuchung werden alle Amplitudenschwankungen für den hoch- und den niederfrequenten Spektralbereich getrennt registriert und zu einem Absolutbetrag für jede einzelne Phase integriert.

Die Phasenwerte des hochfrequenten Spektralbereichs (high frequency – HF) repräsentieren das Integral aller Amplitudenschwankungen des Parasympathikus, welche innerhalb des Bereiches von 0,4 Hz bis 0,15 Hz liegen.



Analog werden die durch den Sympathikus bewirkten Schwankungen im niederfrequenten Spektralbereich (low frequency – LF) innerhalb des Frequenzbereichs von 0,15 Hz bis 0,04 Hz integriert.



Die Absolutbeträge der Gesamtleistungen im hochfrequenten und im niederfrequenten Leistungsspektrum sind in der Diabetesgruppe verringert. Dies lässt den Schluss auf eine eingeschränkte parasymphatische und sympathische Aktivität zu.

Die Werte für Herzfrequenz und Variabilität zeigten im K-S-Test keine Normalverteilung. Aus diesem Grund wurde zur Berechnung der Signifikanz p zwischen der Dynkar-Diabetesgruppe und der Dynkar-Kontrollgruppe der Mann-Whitney-U-Test für zwei unabhängige Stichproben eingesetzt. Im hoch- und niederfrequenten Spektralbereich bestanden folgende, 2-seitige, asymptotische Signifikanzen.

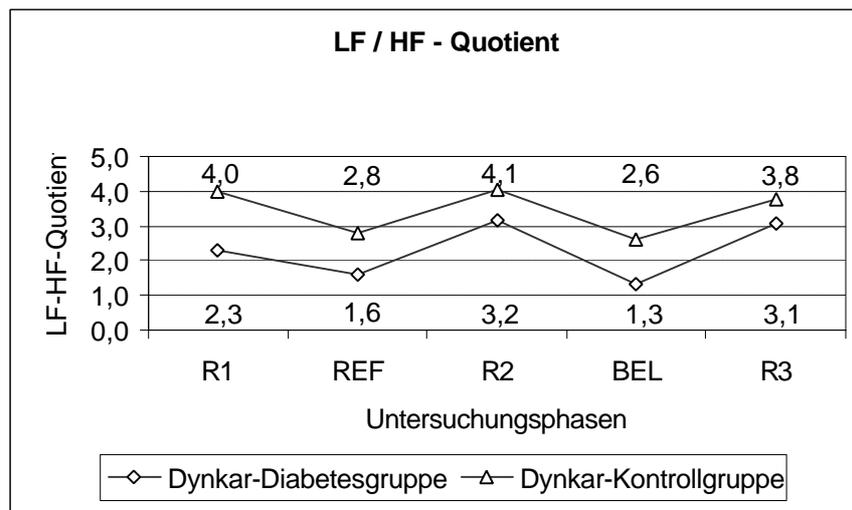
Signifikanz p der Differenzen im HF- & LF-Bereich zwischen Dynkar-Diabetesgruppe und Dynkar-Kontrollgruppe					
	R1	REF	R2	BEL	R3
Hochfrequenz- Bereich (HF)	0,077	0,608	0,154	0,697	0,025*
Niederfrequenz- Bereich (LF)	0,000016***	0,0079**	0,0015***	0,019*	0,003**

Diese Ergebnisse zeigen, dass sowohl im hochfrequenten als auch im niederfrequenten Spektralbereich signifikante Unterschiede zwischen Dynkar-Diabetes- und Dynkar-Kontrollgruppe bestehen. Die Gesamtleistungen sind in beiden Spektralbereichen reduziert. Dieses Ergebnis deckt sich mit dem von PAGANI, MALPAS, BELLAVERE und MALLIANI beschriebenen Merkmal einer kardiovaskulären Neuropathie, welches im Abschnitt Die Messung der Herzfrequenzvariabilität bei Diabetes mellitus unter Punkt a) vorgestellt wurde.

6.3.3.5. Der LF/HF-Quotient

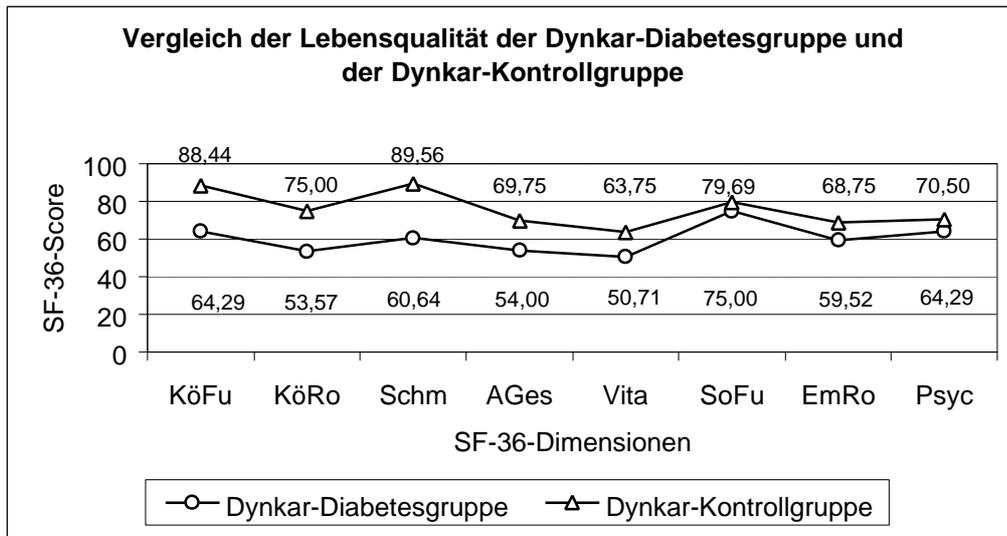
Das im gleichen Abschnitt Die Messung der Herzfrequenzvariabilität bei Diabetes mellitus unter Punkt b) beschriebene Merkmal einer unveränderten LF-HF-Quotienten soll im folgenden betrachtet werden.

Der LF/HF-Quotient zeigt für die beiden untersuchten Gruppen einen ähnlichen Verlauf. Alle Werte liegen für die Dynkar-Diabetesgruppe gering unterhalb der Werte der Dynkar-Kontrollgruppe. Es besteht keine signifikante Differenz für die Phasen REF bis R3 zwischen einem $p=0,058$ (BEL) und $p=0,728$ (R3). Daraus folgt, dass für die Phasen REF bis R3 das frequenzbezogene Kriterium eines unveränderten LF/HF-Quotienten besteht. Einzig für die erste Ruhephase R1 besteht eine signifikante Differenz mit einem $p=0,034$. In dieser Phase ist der LF/HF-Quotient verändert, entspricht somit nicht mehr dem erwarteten Merkmal. eines unveränderten LF/HF-Quotienten.



6.3.4. Die Ergebnisse der Lebensqualität beider Dynkargruppen

In den SF-36 Scores der beiden Dynkargruppen finden sich bei den diabetischen Probanden in den körperbetonten Dimensionen stark reduzierte Werte. Zwei Dimensionen, die körperliche Funktion bis Schmerz zeigen eine signifikante Differenz von $p = 0,01$. Die absolute Reduktion beträgt in der körperlichen Funktion 24,15% und in der Dimension des Schmerzes 28,92%. Die sozialen und emotionalen Dimension sind dagegen weniger stark eingeschränkt.



6.3.5. Die Korrelationen der Dynkar-Diabetesgruppe

In der Dynkar-Diabetesgruppe finden sich mittlere negative Korrelationen zwischen der körperlichen Rolle und der Herzfrequenz. Eine mittlere bis hohe positive Korrelation zeigt sich zwischen der emotionalen Rolle und der sympathischen Komponente der Herzfrequenzvariabilität (low frequency - LF).

Korrelationskoeffizient R für die Dynkar-Diabetesgruppe					
	Herzfrequenz R1	Herzfrequenz REF	Herzfrequenz R2	Herzfrequenz BEL	Herzfrequenz R3
Körperliche Rolle	-0,633	-0,636	-0,615	-0,56	-0,61
	LF R1	LF REF	LF R2	LF BEL	LF R3
Emotionale Rolle	0,661	0,548	0,706	0,713	0,66

6.4. Die Ergebnisse der Kurzzeit- und der Langzeit-Diabetesgruppe

Innerhalb der Dynkar-Diabetesgruppe wurde weiter nach der Dauer des bekannten Diabetes unterteilt. Die Ergebnisse der Gruppe mit einem weniger als 5 Jahre bestehenden Diabetes mellitus (Kurzzeit-Diabetesgruppe) und der Gruppe, deren Erkrankungen länger als 10 Jahre bekannter ist (Langzeit-Diabetesgruppe), sollen in diesem Abschnitt vorgestellt werden.

6.4.1. Die Charakterisierung der beiden Gruppen

Charakterisierung von Kurzzeit- & Langzeit-Diabetesgruppe		
	Kurzzeit-Diabetesgruppe	Langzeit-Diabetesgruppe
Anzahl Probanden	7	6
Anzahl Männer	2	1
Anzahl Frauen	5	5
Lebensalter	65,7 ± 11,7 Jahre	64,0 ± 14,0
Diabetesdauer	1,57 ± 1,51 Jahre	17,67 ± 2,58 Jahre
BMI	26,41 ± 5,11 kg/m ²	25,12 ± 2,29 kg/m ²

6.4.2. Die allgemeinmedizinisch-neurologische Untersuchung

Wie im vorangegangenen Abschnitt werden vorrangig die Ergebnisse der ophthalmologischen und neurologischen Untersuchungen vorgestellt.

Pupillenreaktion von Kurzzeit- & Langzeit-Diabetesgruppe		
	Kurzzeit-Diabetesgruppe (N=7) Anzahl Probanden	Langzeit-Diabetesgruppe (N=6) Anzahl Probanden
12 Punkte	5	6
10 Punkte	1	0
8 Punkte	1	0

Die Pupillenreaktion war in 2 Fällen der Kurzzeit-Diabetesgruppe, jedoch in keinem Fall der Langzeit-Diabetesgruppe reduziert.

Retinopathien von Kurzzeit- & Langzeit-Diabetesgruppe		
	Kurzzeit-Diabetesgruppe (N=7) Anzahl Probanden	Langzeit-Diabetesgruppe (N=6) Anzahl Probanden
Keine diabetische Retinopathie	3	1
Präproliferative Retinopathie	0	2
Proliferative Retinopathie	1	2
Nicht beurteilbar	4	1
Keine arteriosklerotische Retinopathie	0	0
Arteriosklerotische Retinopathie	3	4
Nicht beurteilbar	4	2

Diabetische Retinopathien traten bei der Kurzzeit-Diabetesgruppe in einem Fall auf, wogegen 4 Fälle in der Langzeit-Diabetesgruppe auftraten. Allerdings waren 4 bzw. 1 Proband nicht beurteilbar. Die arteriosklerotische Retinopathie fand sich hingegen in ähnlicher Häufigkeit und zwar in 3 Fällen bei der Kurzzeit- und in 4 Fällen in der Langzeit-Diabetesgruppe.

Sensibilitätsstörungen von Kurzzeit- & Langzeit-Diabetesgruppe		
	Kurzzeit-Diabetesgruppe (N=7) Anzahl Probanden	Langzeit-Diabetesgruppe (N=6) Anzahl Probanden
Berührungsempfinden gestört	1	1
Dysästhesien / Parästhesien	1	4

Bei jeweils einem Probanden beider Gruppen war das Berührungsempfinden gestört. In der Langzeit-Diabetesgruppe gaben 4 der 6 Probanden Dysästhesien an, während in der Kurzzeit-Diabetesgruppe nur ein Proband über dieses Symptom klagte. So kann festgestellt werden, dass das Berührungsempfinden in beiden Gruppen etwa gleich häufig gestört ist, Dysästhesien jedoch mit größerer Häufigkeit diagnostizierbar waren.

Vibrationstestung von Kurzzeit- & Langzeit-Diabetesgruppe		
	Kurzzeit-Diabetesgruppe (N=7) Anzahl Probanden	Langzeit-Diabetesgruppe (N=6) Anzahl Probanden
Vibrationsempfinden ungestört	5	3
Vibrationsempfinden gestört	2	3
Mittelwert Vibrationstestung	11,0 ± 2,08	8,5 ± 4,46

Zwei der fünf Probanden der Kurzzeit-Diabetesgruppe weisen eine eingeschränkte Vibrationsempfindungsfähigkeit auf. Im Mittel lag die Vibrationsschwelle bei 11,0. Die Vibrationsschwelle der Langzeit-Diabetesgruppe lag dagegen nur bei 8,5. Hier hatten auch 3 von 6 Probanden ein eingeschränktes Vibrationsempfindungsvermögen.

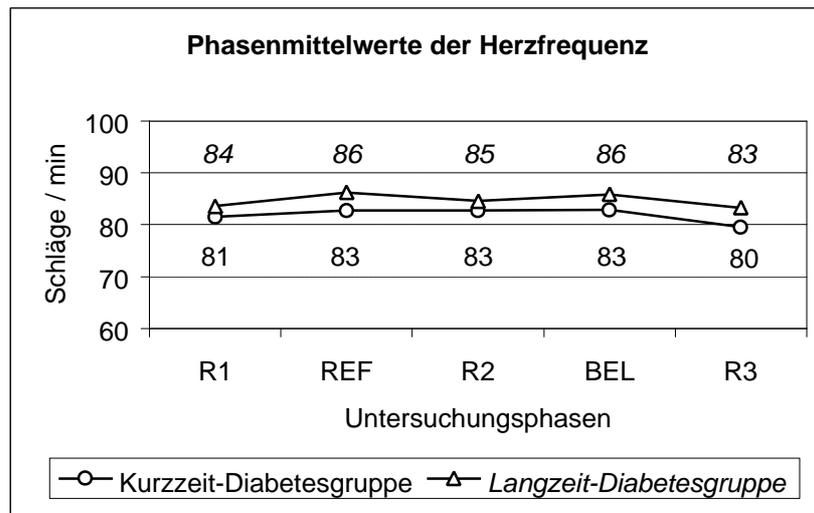
6.4.3. Die Messung des Blutdrucks

Die Messung des Blutdruckes ergab keine signifikanten Differenzen zwischen den beiden Gruppen, weder systolisch noch diastolisch, als auch weder vor und nach der Belastung.

Blutdruckwerte der Kurzzeit- & Langzeit-Diabetesgruppe		
	Kurzzeit-Diabetesgruppe (N=7)	Langzeit-Diabetesgruppe (N=6)
Blutdruck vor Dynkar	134 / 73 mmHg	138 / 71 mmHg
Blutdruck nach Dynkar	128 / 70 mmHg	132 / 73 mmHg

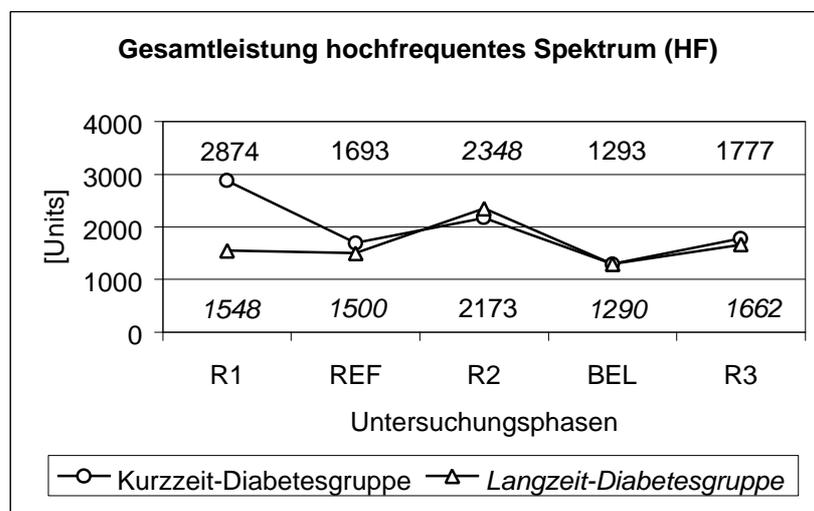
6.4.4. Die Ergebnisse der Elektrokardio-Respirografie

Die Herzfrequenz während der Elektrokardio-Respirografie erreicht bei beiden Gruppen fast identische Werte. Die Herzfrequenz der Langzeit-Diabetesgruppe liegt geringfügig über der Kurzzeit-Diabetesgruppe. Die Herzfrequenz beider Gruppen verändert sich während des Untersuchungsganges kaum. Sie zeigen sich beide frequenzstarr. Die folgende Grafik zeigt die Herzfrequenz-Mittelwerte während der Elektrokardio-Respirografie.

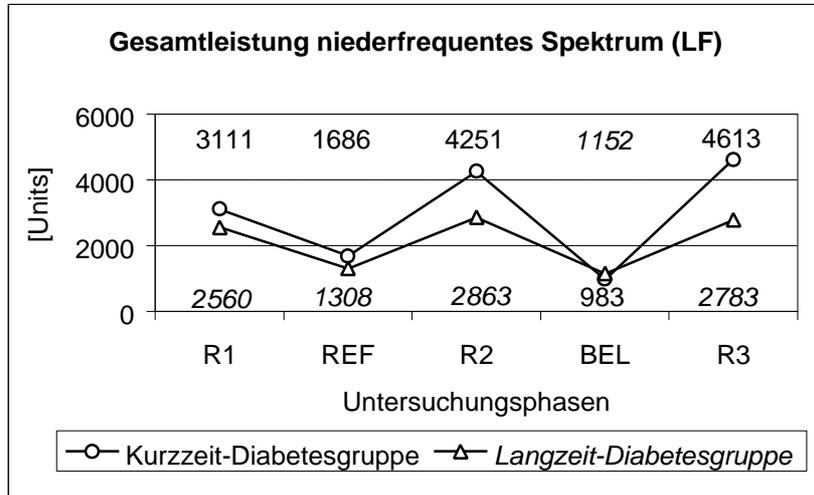


6.4.4.1. Die Ergebnisse in den HFV-Spektralbereichen

Im hochfrequenten Spektralbereich (HF) liegen die Werte bis auf die erste Referenzphase dicht beieinander. Signifikante Differenzen bestehen nicht ($0,366 < p < 0,628$).

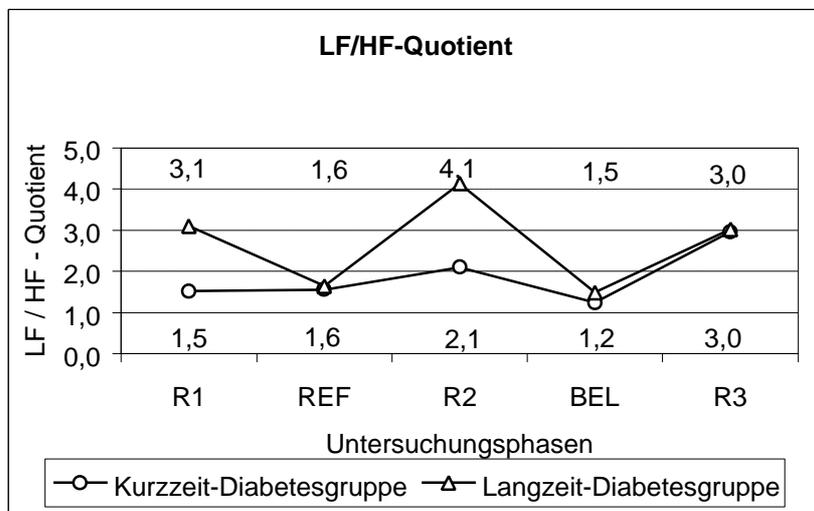


Im niederfrequenten Spektrum (LF) liegen die Werte beider Gruppen während der Belastungsphasen (REF, BEL) dicht nebeneinander, wogegen größere Differenzen während der Ruhephasen sichtbar werden. Signifikanz besteht jedoch nicht ($0,234 < p < 0,534$).



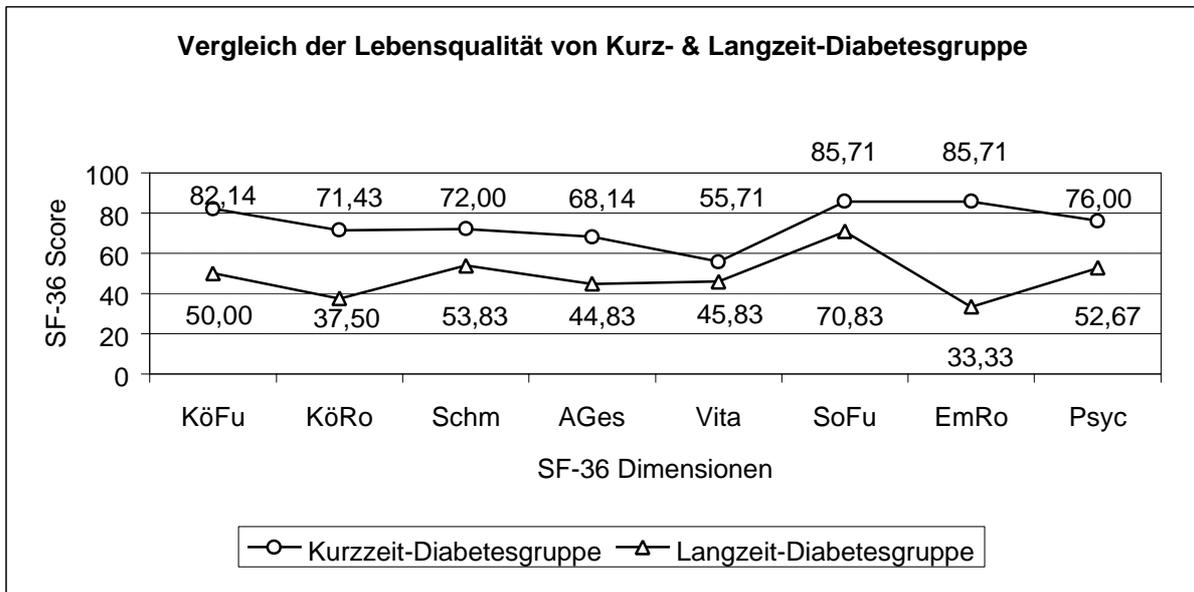
6.4.4.2.LF-/HF-Quotient

Auffällig an der folgenden Abbildung ist die größere Schwankungsbreite des LF/HF-Quotienten bei der Langzeit-Diabetesgruppe. Dagegen bleibt der LF/HF-Quotient der Kurzzeit-Diabetesgruppe relativ konstant. Signifikante Differenzen liegen hier nicht vor ($0,181 < p < 0,628$). Das stützt die bereits vorgestellte Beobachtung, dass der LF/HF-Quotient statistisch unverändert bleibt.



6.4.5. Die Ergebnisse der Lebensqualitätsmessung der beiden Dynkargruppen

Die Beurteilung der Lebensqualität ergibt folgendes Bild.



Die körperbetonten Dimensionen der Probanden mit langjährig bestehendem Diabetes mellitus sind reduziert. Signifikante Unterschiede sind jedoch nur in der Dimension der körperlichen Funktion und des psychischen Wohlbefindens feststellbar. ($p = 0,03$). Die anderen Dimensionen zeigten keine Signifikanz ($0,10 < p < 0,29$). Grafisch auffallend ist die starke Reduktion des emotionalen Rollenwertes, jedoch ohne Signifikanz ($p = 0,14$).

6.4.6. Die Lebensqualität –Herzfrequenz-Korrelation in der Kurzzeit-Diabetesgruppe

In der Kurzzeit-Diabetesgruppe finden sich mittlere bis hohe negative Korrelationen zwischen dem psychischen Wohlbefinden und der Herzfrequenz. Die Korrelationskoeffizienten r sind in der folgenden Tabelle aufgelistet.

Korrelationskoeffizient R für die Kurzzeit-Diabetesgruppe					
	Herzfrequenz	Herzfrequenz	Herzfrequenz	Herzfrequenz	Herzfrequenz
	R1	REF	R2	BEL	R3
Psychisches Wohlbefinden	-0,704	-0,898	-0,852	-0,852	-0,778