

7. DIE DISKUSSION

7.1. Die Diskussion der Ergebnisse der Diabetes- und Kontrollgruppe

7.1.1. Die Diskussion der Ergebnisse aus Anamnese und klinischem Status

Die durch Selbstauskunft erhobenen Häufigkeiten boten in beiden Gruppen ein breites Spektrum an Vorerkrankungen. Geringe Differenzen ergaben sich in der angegebenen Häufigkeit makroangiopathischer Erkrankungen wie koronarer Herzerkrankung, peripherer Gefäßerkrankungen oder erektiler Dysfunktionen. Es ist anzunehmen, dass diabetische Patienten häufiger von Herz-Kreislaufferkrankungen berichten als im Ergebnisteil dargelegt. Diese Annahme konnte nicht bestätigt werden.

In der Diabetesgruppe traten sogar eine geringer Anzahl von hypertensiven Patienten auf als in der Kontrollgruppe. Das könnte damit zusammenhängen, dass Diabetiker früher antihypertensiv, z.B. mit ACE-Hemmern behandelt werden, als Patienten mit einem allein bestehenden Hypertonus.

Ein große Differenz war bei Beschwerden im Sinne einer gastrointestinalen Neuropathie beobachtbar. Während 41 % der Diabetesgruppe solche Symptome beschrieb, waren es in der Kontrollgruppe nur 19 %, also weniger als die Hälfte.

Ebenso war die Rate von Stress- und Dranginkontinenz in der Diabetesgruppe doppelt so hoch wie in der Kontrollgruppe und zwar 48 % vs. 21 %.

In der allgemeinmedizinisch-neurologischen Untersuchung zeigte sich eine höhere Rate an diabetischen Augenhintergrundsveränderungen. 48 % der diabetischen Probanden wiesen eine stabile oder proliferative Retinopathie auf, während kein Kontrollproband Symptome dieser Spätkomplikation zeigte. Demgegenüber war die Häufigkeit der arteriosklerotischen Retinopathie beider Gruppen etwa gleich (64 % vs. 57 %). Einschränkungen bei der Beurteilung des Augenhintergrundes waren jedoch bei bis zu einem Drittel der Probanden zu beobachten.

Auch in der Prüfung von Sensibilitätsstörungen fielen Unterschiede auf. 39 % der Diabetesgruppe klagte über Dysästhesien. Dagegen waren es in der Kontrollgruppe nur 6 %.

35 % der diabetischen Probanden hatten ein pathologisch verändertes Vibrationsempfinden, während nur 9 % der Kontrolle diese Einschränkung aufwies.

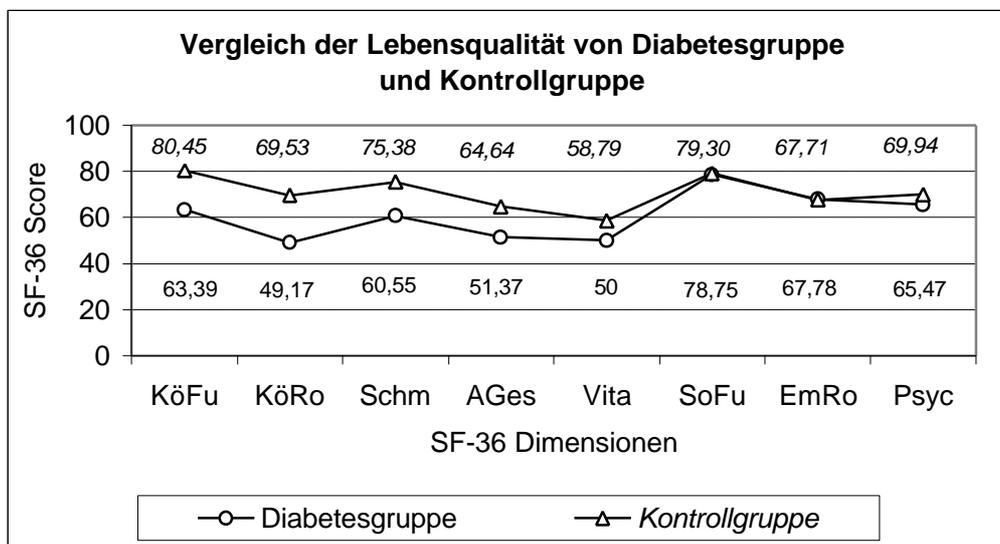
7.1.2. Die Diskussion der Lebensqualitätsmessung

7.1.2.1. Die Lebensqualität von Diabetes- und Kontrollgruppe

Signifikante Differenzen von $0,005 < p < 0,03$ bestanden in den ersten, den körperbetonten Dimensionen des MOS SF-36. Im Vergleich zur Kontrollgruppe war bei der Diabetesgruppe eine Reduktion der körperlichen Funktion um 17,06 %, der Dimension des Schmerzes um 14,83 %, der allgemeinen Gesundheitswahrnehmung um 13,27 % und der Vitalität um 8,79 % beobachtbar.

In der hier untersuchten Diabetesgruppe ist außerdem eine Reduktion in der Dimension Schmerz beobachtbar. Das bedeutet, dass in der Diabetesgruppe häufiger und stärkere Schmerzen aufgetreten sind als in der Kontrollgruppe. Gleichzeitig ist auch anzunehmen, dass nichtdiabetische Komorbiditäten in die Lebensqualitätsbeurteilung der Probanden mit eingeflossen sind.

Die sozialen und psychischen Komponenten der Lebensqualität sind hingegen nur in geringem Umfang vermindert. Das lässt auf eine gute Unterstützung im sozialen Umfeld der diabetischen Probanden schließen.



Ursache für die körperbetonte Reduktion der Lebensqualität sind die Entwicklung von diabetischen Spätkomplikationen. AHRONI beobachtete zwischen 1996 und 1998 an 331 weißen, männlichen U.S.-Veteranen mit Typ-2-Diabetes die Entwicklung von Folgeschäden.⁹⁰ Er zeigte, dass beim Auftreten einer diabetischen Neuropathie 4 der 8 Skalen des SF-36 reduziert sind. Dies sind die Skalen der Körperfunktion (KöFu), der körperlichen Rollenfunktion (KöRo), der allgemeinen Gesundheitswahrnehmung (AGes) sowie die Vitalität (Vita).

1998 untersuchte HANNINEN 260 Typ-2-Diabetiker und eine gleichgroße Kontrollgruppe mit dem MOS SF-20, der Kurzform des SF-36. Er konnte dabei nachweisen, dass bei Diabetikern 6 der 8 Dimensionen signifikant um 11 bis 27 % im Vergleich zur Kontrollgruppe reduziert sind. Dieses Ergebnis war nicht abhängig von Alter, Geschlecht oder Familienstand. Einschränkungen in den körperbetonten Dimensionen waren nicht nur mit der Dauer des Diabetes mellitus assoziiert, sondern auch mit dem Bestehen einer koronaren Herzerkrankung oder einer peripheren Gefäßerkrankung.⁹¹

Die United Kingdom Prospective Diabetes Study Group (UKPDS 37) fand bei Typ-2-Diabetikern heraus, dass die gesundheitsbezogene Lebensqualität weniger durch intensive Therapien, als durch das Auftreten diabetischer Spätkomplikationen herabgesetzt wird.⁹² SCHIEL argumentiert 1999 in gleicher Weise an einer Stichprobe von 117 insulin-geführten Typ-2-Diabetikern in Jena (Thüringen) bei der Entscheidung zwischen konventioneller und intensivierter Insulin-Therapie.⁹³

Diese von AHRONI, HANNINEN, SCHIEL und der U.K. Prospective Diabetes Study Group (UKPDS 37) beschriebenen Beobachtungen konnten in dieser Untersuchung erneut bestätigt werden.

7.1.2.2. Die Lebensqualität von Diabetesgruppe und den Normstichproben

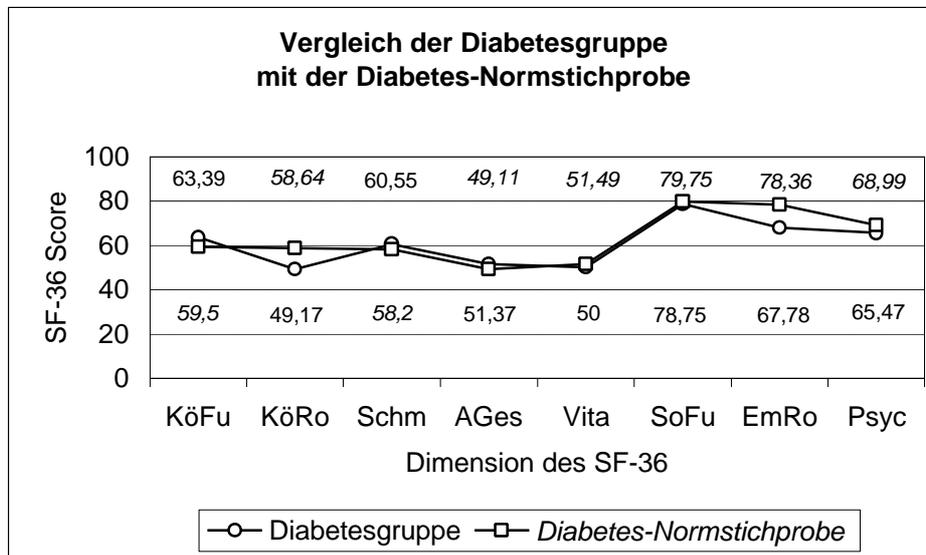
Die folgende Tabelle listet nochmals die Lebensqualitäts-Werte der Diabetesgruppe auf. Als Vergleich dient nun die Normstichprobe des Gesundheitssurveys von BULLINGER für Diabetes mellitus. Die Werte der Normstichprobe sind in der jeweils zweiten Zeile *kursiv* gedruckt. Weiterhin ist die Differenz sowie die Standardabweichung aufgeführt.

Diabetesgruppe Breitenbach / Diabetes-Normstichprobe Bullinger								
	KöFu	KöRo	Schm	AGes	Vita	SoFu	EmRo	Psyc
Mittelwert	63,39	49,17	60,55	51,37	50,00	78,75	67,78	65,47
	<i>59,50</i>	<i>58,64</i>	<i>58,20</i>	<i>49,11</i>	<i>51,49</i>	<i>79,75</i>	<i>78,36</i>	<i>68,99</i>
Differenz in %	3,89	9,47	2,35	2,26	1,49	1,00	10,58	3,52
s	25,80	44,28	27,00	21,75	18,05	23,01	44,19	17,66
	<i>27,41</i>	<i>38,45</i>	<i>28,06</i>	<i>20,34</i>	<i>19,99</i>	<i>22,28</i>	<i>34,94</i>	<i>17,65</i>

Das Lebensalter der Diabetesgruppe betrug im Mittel $64,6 \pm 9,48$ Jahre. 68 % waren Frauen. Das Lebensalter der Diabetes-Normstichprobe betrug $62,2 \pm 15,74$ Jahre. 60 % waren Frauen. Die beiden Gruppen lassen sich nicht vollständig zur Deckung bringen. Das Lebensalter der Diabetesgruppe ist mit 2,4 Jahren höher als in der Diabetes-Normstichprobe. Das Gleiche gilt auch für den Frauenanteil, der um 8 % höher liegt. Die Standardabweichung des Lebensalters ist dagegen um 6,26 geringer.

Die Differenzen der Dimensionsscores bieten kein einheitliches Bild. Für die körperliche Funktion (KöFu), die Schmerzen (Schm) und das allgemeine Gesundheitsempfinden (AGes) liegen sie mit 3,89%, 2,35% und 2,26% geringgradig oberhalb der Werte, die für die Diabetes-Normstichprobe angegeben werden. Vitalität (Vita), soziale Funktion (SoFu) und psychisches Wohlbefinden (Psyc) liegen mit 1,49% , 1,00% und 3,52% in ähnlichem Rahmen unterhalb der Diabetes-Normstichprobe. Einzig die körperliche und die emotionale Rollenfunktionen (KöRo, EmRo) liegen mit 9,47% und 10,58% auffällig unterhalb den Vergleichswerten.

Das folgende Diagramm zeigt die arithmetischen Mittelwerte der beiden Stichproben nochmals grafisch.



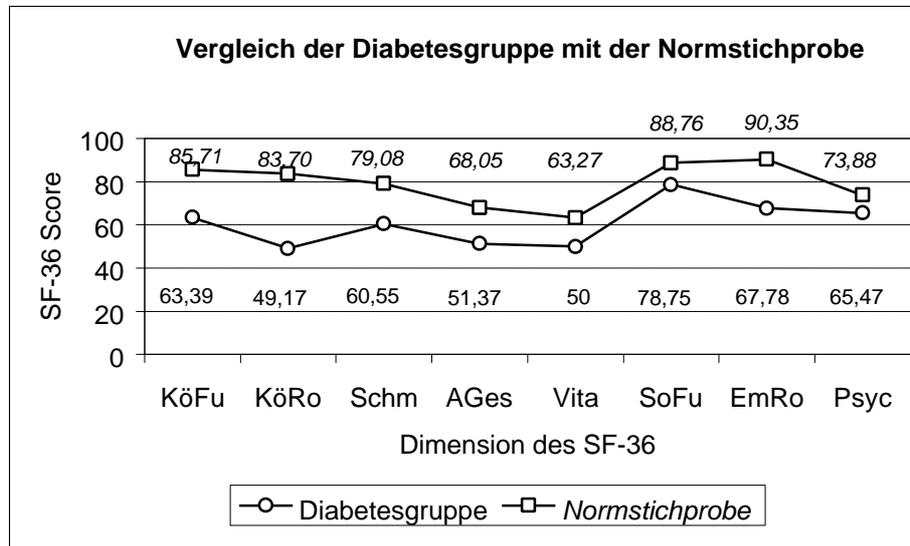
In den sechs Dimensionen Körperfunktion (KöFu), Körperliche Rollenfunktion (KöRo), Schmerz (Schm), allgemeine Gesundheitswahrnehmung (AGes), Vitalität (Vita), soziale Funktion (SoFu) und psychisches Wohlbefinden (Psyc) zeigt sich somit eine angenäherte Übereinstimmung der Diabetesgruppe mit der Diabetes-Normstichprobe des Bundesgesundheits surveys. Auffällig ist die Differenz der Scores für die körperliche und die emotionale Rollenfunktion (KöRo, EmRo), welche in der Diabetesgruppe geringer ausfällt.

Bis auf die Dimensionen der körperlichen und emotionalen Rolle stimmen die Scores gut mit denen der Normstichprobe überein.

Ursachen für die reduzierte körperliche Rollenfunktion könnten Alterseffekte sein, da das Lebensalter der Diabetesgruppe um 2,6 Jahre erhöht, die Standardabweichung jedoch um 6,26 Jahre reduziert war. Ob sich diese Unterschiede in solchem Umfang auswirken können, bedarf weiterer Untersuchungen.

Unklar bleibt weiterhin, warum allein die Dimension der emotionalen Rolle in solch starkem Maße von der Normstichprobe abweicht.

Die Einschränkungen der Lebensqualität der diabetischen Probanden werden besonders deutlich im Vergleich der SF-36-Scores zur Norm-Stichprobe des Bundesgesundheits surveys, welche an gesunden Probanden gewonnen wurde.



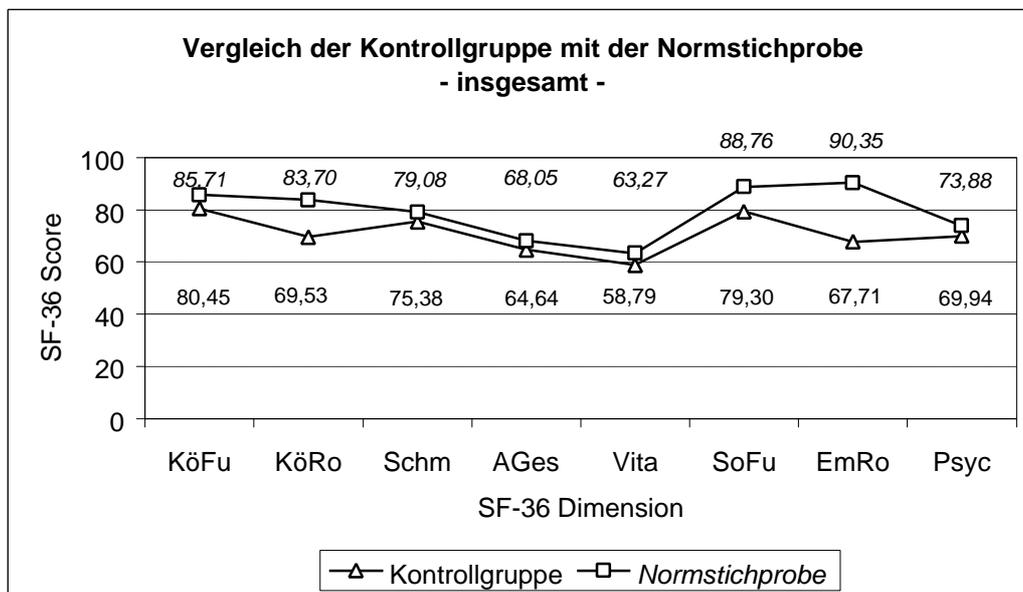
Hier zeigt sich, dass besonders die körperbezogenen Dimensionen der Diabetes-Gruppe im Vergleich zur Normalstichprobe des Bundesgesundheits surveys deutlich reduziert sind. Auch hier zeigen sich besondere Einschränkungen der körperlichen und emotionalen Rolle.

7.1.2.3. Die Lebensqualität von Kontrollgruppe und der Normstichprobe

Die Kontrollgruppe wurde ebenfalls einem Vergleich mit der Normstichprobe von BULLINGER unterzogen. Im Bundesgesundheits survey sind die Lebensqualitäts-Werte (Scores) der 8 Dimensionen zum einen insgesamt, als auch nach Geschlecht allein sowie nach geschlechtsspezifischen Altersgruppen in 10-Jahres-Schritten aufgelistet. Aufgrund der geringen Stichprobengröße dieser Studie wurde auf eine Aufschlüsselung nach Altersgruppen jedoch verzichtet.

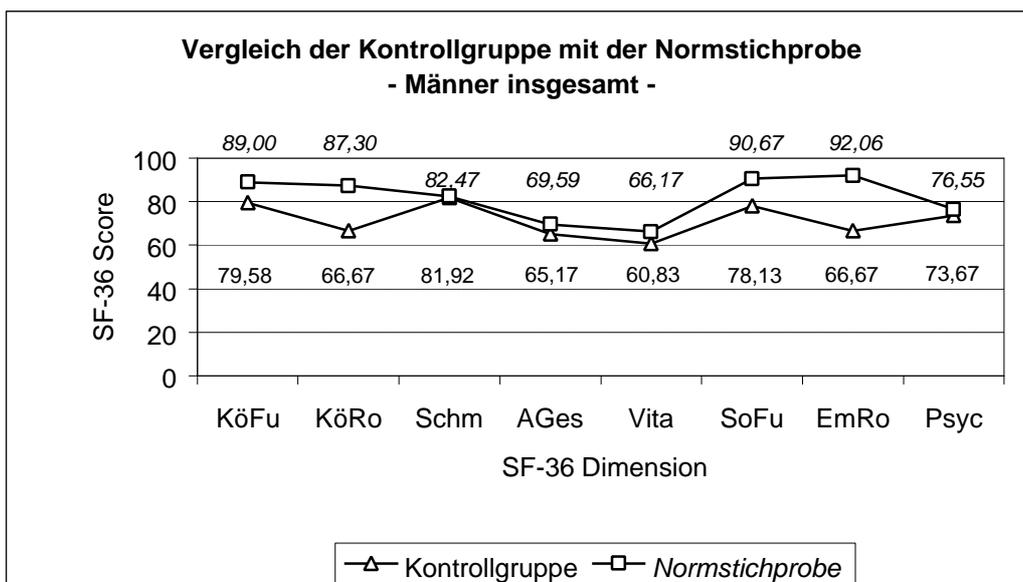
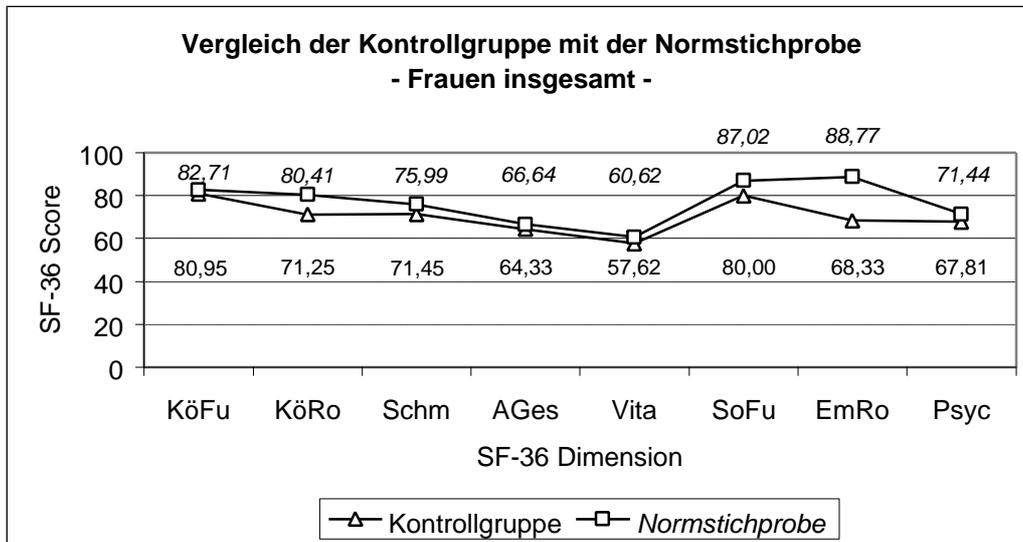
Die folgende Tabelle listet die arithmetischen Mittelwerte, die Standardabweichung und die Differenz der Kontrollgruppe im Vergleich zur Normstichprobe des Bundesgesundheits surveys von BULLINGER auf. Diese sind in der jeweils zweiten Zeile gedruckt. Die darauf folgende Abbildung verdeutlicht die Differenzen der beiden Gruppen nochmals grafisch.

Kontrollgruppe Breitenbach / Normstichprobe Bullinger									
		KöFu	KöRo	Schm	AGes	Vita	SoFu	EmRo	Psyc
Mittelwert		80,45	69,53	75,38	64,64	58,79	79,30	67,71	69,94
		85,71	83,70	79,08	68,05	63,27	88,76	90,35	73,88
Differenz in %		5,26	14,17	3,70	3,41	4,48	9,46	22,64	3,94
s		19,62	38,49	30,68	20,20	17,37	18,41	41,03	17,41
		22,10	31,73	27,38	20,15	18,47	18,40	25,62	16,38



Alle Scores der Kontrollgruppe liegen unterhalb denen der Normstichprobe des Bundesgesundheits surveys. Werden die die Differenzen der Scores der Diabetesgruppe zu denen der Normstichprobe, so finden sich für 6 der 8 Dimensionen Werte, die sich zwischen 3,41% und 5,26% bewegen. Die soziale Rolle ist bei der Kontrollgruppe mit einer Differenz von 9,46% sichtbar stärker eingeschränkt. Auffällig ist jedoch die große Differenz der körperlichen Rolle mit 14,17% und der emotionalen Rolle von sogar 22,64%.

Die Mittelwerte von Kontrollgruppe und Normstichprobe sind in den folgenden Abbildungen für weibliche und männliche Probanden getrennt dargestellt.



Auch bei der Kontrollgruppe sind Alterseffekte wahrscheinlich, da auch die Kontrollgruppe den Bereich jünger als 44 Jahre unberücksichtigt lässt. Das wird aus der reduzierten körperlichen Rolle ersichtlich, welche mit zunehmendem Lebensalter nachweislich abnimmt.²⁴ Allerdings wäre demnach auch zu erwarten, dass allgemeines Gesundheitsempfinden sowie Vitalität ebenfalls eingeschränkt sind. Diese Diskrepanz innerhalb der körperlichen Dimensionen der gesundheitsbezogenen Lebensqualität bleibt somit erklärungsbedürftig.

Die Lebensqualität der männlichen Probanden der Kontrollgruppe ist für die körperliche Funktion sowie die körperliche, soziale und emotionale Rolle im Vergleich zu den weiblichen Probanden vermindert. Das kollidiert mit den Ergebnissen anderer Studien, in denen Männer eine durchgehend höhere Lebensqualität zeigen. Als Ursache ist die geringe Anzahl männlicher Probanden anzuschuldigen.

Eine nochmalige Betrachtung verdient die Dimension der emotionalen Rolle, welche in der Diabetesgruppe und der Kontrollgruppe praktisch identische Werte erreichte. In beiden Gruppen waren jedoch zu den Normstichproben gravierende Unterschiede feststellbar. Daher ist anzunehmen, dass durch die oben beschriebene Weise der Probandenrekrutierung einzelne Bevölkerungsgruppen in dieser Untersuchung überrepräsentiert sind. Das wäre eine Erklärung für die Differenzen zu den entsprechenden Normstichproben.

7.1.3. Die Korrelation von Lebensqualität und Herzfrequenz der Diabetesgruppe

Es zeigte sich eine mittlere negative Korrelation zwischen dem psychischen Wohlbefinden und der Herzfrequenz. Das heißt, je geringer das psychische Wohlbefinden der Diabetesgruppe ausfiel, desto höher war die Herzfrequenz während der Elektrokardi-Respirografie.

Die deckt sich mit bereits bestehenden Erkenntnissen, nach denen die Herzfrequenz bei diabetischer kardiovaskulärer Neuropathie ansteigt und infolge der Spätkomplikation die Lebensqualität sinkt. Überraschend jedoch ist die Beobachtung, dass das psychische Wohlbefinden eine Korrelation zur Herzfrequenz aufweist. Vielmehr wäre zu erwarten, dass körperbetonte Dimensionen der Lebensqualität mit kardialen Indizes korrelieren. Näheren Aufschluss können weitere Untersuchungen erbringen.

7.2. Die Diskussion der Ergebnisse der Dynkargruppen

7.2.1. Die Diskussion der neurologischen Untersuchungsergebnisse

Die Analyse der ophthalmoskopischen Untersuchung der Dynkar-Diabetesgruppe und der Dynkar-Kontrollgruppe ergab ähnliche Häufigkeiten arteriosklerotischer Retinopathien. Im Gegensatz dazu trat die diabetische Retinopathie bei 15 Probanden (50%) der Dynkar-Diabetesgruppe auf, während bei keinem Probanden der Dynkar-Kontrollgruppe diesbezügliche Veränderungen nachweisbar waren. Die Sensibilitätsprüfungen zeigten einen gravierenden Unterschied bei der Häufigkeit von Dysästhesien. Während kein Proband der Dynkar-Kontrollgruppe dieses Symptom beklagte, fand es sich bei 5 Probanden (35 %) der Dynkar-Diabetesgruppe. Ebenfalls bei 5 Probanden (35 %) der Dynkar-Diabetesgruppe war die Vibrationsempfindung an beiden Großzehengrundgelenken reduziert, was zu einem summierten Mittelwert von 9,93 für diese Gruppe führte. Im Gegensatz dazu wies in der Dynkar-Kontrollgruppe kein Proband ein pathologisches Vibrationsempfinden auf. Der für beide Großzehengrundgelenke summierte Mittelwert dieser Gruppe lag bei 13,81.

7.2.2. Die Diskussion der elektrokardio-respirografischen Ergebnisse

Die Spektralanalyse ist ein weitgehend akzeptiertes Werkzeug zur Bestimmung der Leistung einzelner Spektralbereiche der Herzfrequenzvariabilität. Wie im Ergebnisteil bereits dargelegt wurde, ist in der Diabetesgruppe im Vergleich zur Kontrollgruppe eine durchweg höhere Herzfrequenz beobachtbar. Als Ursache wird die frühzeitigere Schädigung von kardialen, vagal vermittelten, parasymphatischen Nervenfasern angesehen. Vagale Fasern aus dem Hirnstamm ziehen über eine größere Strecke zu ihrem Zielorgan als die sympathischen Fasern aus dem Grenzstrang. Diese mögliche Erklärung bietet BARRON 1994 an. Er untersuchte an 100 insulin-geführten Diabetikern im Alter von 18 bis 72 Jahren die Häufigkeit der kardialen Denervation des Herzens und der Pupille mit Hilfe der Spektralanalyse und der Pupillometrie auf Lichtreize. Kardiale Nervenfasern waren im Vergleich zur Pupille doppelt so häufig geschädigt. Er folgert daraus, dass die Länge der Nervenfasern mit dem Ausmaß der Schädigung zusammenhängen müsse.⁹⁴

YOSHIOKA zeigt 1994 eine Korrelation zwischen den Leistungen des hoch- und niederfrequenten Spektralbereiches und der peripher zu testenden Vibrationsempfindungsfähigkeit (vibration perception threshold).⁹⁵ Eine eingeschränkte Vibrationsempfindung ging mit der Verringerung der Indizes in den hoch- und niederfrequenten Spektralbereichen einher. Diese Beobachtung war in der hier vorgestellten Untersuchung ebenfalls nachweisbar.

Die Absolutbeträge im hochfrequenten und im niederfrequenten Spektrum sind in der Diabetesgruppe reduziert. Im hochfrequenten Spektralbereich ist in der dritten Ruhephase (R3) eine signifikante Differenz zur Dynkar-Kontrollgruppe nachweisbar. Im niederfrequenten Spektralbereich sind alle fünf Untersuchungsphasen der beiden Dynkargruppen signifikant bis höchst signifikant voneinander verschieden.

Bei der durchgeführten Untersuchung von Diabetikern bleibt der LF/HF-Quotient gleich. Dies steht im Übereinstimmung zu den von Malik aufgestellten Kriterien einer diabetischen Neuropathie, nach denen der LF/HF-Quotient im Vergleich zu einer Kontrollgruppe gleich bleibt, die Absolutwerte der einzelnen Spektralbereiche aber sinken.

Resümierend ist daraus zu schließen, dass bei der Dynkar-Diabetesgruppe mit hoher Wahrscheinlichkeit eine autonome kardiovaskuläre Neuropathie vorliegt. Die Methode der dynamischen Elektrokardio-Respirografie unter psychischer Belastung scheint daher zur Diagnose dieser Erkrankung geeignet zu sein.

Die in dieser Pilotstudie erstmals vorgestellten elektrokardio-respirografischen Ergebnisse zeigen, dass die Elektrokardio-Respirografie bei Diabetikern mit vermuteter kardiovaskulärer Neuropathie einsetzbar ist.

7.2.3. Die Kritik und Optimierung der dynamischen Elektrokardio-Respirografie

Es konnte bisher gezeigt werden, dass die Elektrokardio-Respirografie an Diabetikern mit vermuteter kardiovaskulärer Neuropathie einsetzbar ist. Gleichzeitig soll an dieser Stelle auf inhaltlich-konzeptionelle Differenzen und praktische Optimierungsmöglichkeiten verwiesen werden.

MICHEL schreibt, das Verfahren der „Dynamischen Elektrokardio-Respirografie“ sei unabhängig von der Intelligenz des Probanden.⁹⁶ Dem widerspricht der Autor. Wie bei anderen neurologischen Untersuchungen ist auch hier die aktive Mitarbeit des Probanden oder Patienten zur Anwendbarkeit der Methode notwendig. Weiterhin ist das Verständnis von Sprache sowie die intellektuelle Fähigkeit, optische Muster unter Zeitdruck diskriminieren zu können, eine notwendige Voraussetzung.

MICHEL schreibt weiter: „Zum einen wird der Proband nicht physisch, sondern psychisch belastet.“ Hier plädiert der Autor für eine Begriffskorrektur. Die Belastung sollte anstatt der „psychischen Belastung“ besser als „mentale Belastung“ bzw. als „mentaler Stress“ bezeichnet werden. Erstens ist der Begriff „psychisch“ in seiner Bedeutung unscharf. Der Ausdruck „mental“ grenzt die Belastung klar von der körperlichen Belastung ab. Zweitens wird in der englischsprachigen Literatur überwiegend mit den Begriffen „mental stress“ bzw. „mental load“ gearbeitet. Die einschlägigen, medizinischen Datenbanken liefern unter diesen Schlagwörtern die meisten Literaturstellen. Der Begriff „psychic load“ wird selten gebraucht.

Zur besseren Vergleichbarkeit mit bereits bestehenden Studienergebnissen sollten folgende Messgrößen durch die Software zusätzlich ermittelt werden:

- Standardabweichung und RMSSD zur Vergleichbarkeit mit anderen Untersuchungen,
- LF / HF - Quotient,
- Zentralfrequenzen der beiden Spektralbereiche,
- Markierung einer Linksverschiebung der Zentralfrequenz innerhalb des Spektrums als Zeichen einer bestehenden Neuropathie.
- Nutzung geometrischer und auch nicht-linearer Verfahren der HRV-Bestimmung
- Einbeziehung von Umrechnungsfaktoren für die HFV-Indizes zum Vergleich mit bereits bestehenden Daten anderer Studien

Einige Vorschläge zur Verbesserung der Ergonomie und des Benutzerkomforts sind notwendig.

Mehrere Probanden nahmen die Maus in beide Hände. Es sollte daher geprüft werden, ob der Benutzerkomfort erhöht werden kann, indem die Steuerung über eine Spielkonsole erfolgt, welche in beiden Händen gehalten und mit beiden Daumen bedient wird.

Eine Verbesserung der Ergonomie und Benutzerfreundlichkeit ist durch die Schaffung eines normierten Software-Interfaces zum Datenexport in übliche Statistik-Software (beispielsweise SPSS[®] oder Microsoft Excel[®]) möglich. Auf diese Weise wird ein kontinuierlicher Datenfluss gewährleistet und menschlicher Einfluss minimiert.

Bei mehreren Probanden war keine Registrierung der Atemfrequenz möglich. Der Messbereich des Thoraxgürtels sollte daher erweitert werden, um die Atemfrequenz auch bei Probanden mit pathologisch erhöhtem Body mass Index zuverlässig registrieren zu können.

Eine grafische Benutzeroberfläche (z.B. Microsoft - Windows[®]) sollte die textorientierte Darstellung ersetzen.

Die beiden letzten Empfehlungen sind nach Abschluss der Untersuchungen zu dieser Studie bereits positiv aufgenommen worden und führten zu einer verbesserten Registrierung der Thoraxbewegungen sowie zu einem einfacheren Softwarehandling.

7.2.4. Die Elektrokardio-Respirografie in der allgemeinärztlichen Praxis

Mehrere Faktoren sprechen für den Einsatz der Methode in der allgemeinärztlichen Praxis.

Positiv zu werten sind:

- Die Verbesserung der Patientenbetreuung: Diabetisch erkrankten Patienten kann eine verbesserte kardiale Diagnostik angeboten werden. Weiterhin ist bei Bestehen einer autonomen kardiovaskulären Neuropathie der Befund in Form von Absolutwerten objektivierbar. Verlaufskontrollen durch wiederholte Untersuchungen wären möglich.
- Eine verstärkte Kooperation mit Internisten und Diabetologen wäre möglich.
- Die häufigere Anwendung dieser Methode kann zu einer ärztlichen Sensibilisierung für diese bisher zu selten apparativ diagnostizierte Komplikation des Diabetes mellitus führen.
- Es besteht weiterer Forschungsbedarf zur Verbesserung von Diagnostik und Therapie sowohl des Diabetes mellitus als auch anderer Erkrankungen, die mit Störungen des autonomen kardiovaskulären Systems einhergehen.
- Verbesserung der Lehre und der Ausbildung von Studenten.

Limitierende Faktoren betreffen vorhandene Ressourcen:

- Zeitlich: Mit einer Untersuchungsdauer von 20 Minuten ist die Elektrokardio-Respirografie sehr zeitintensiv. Einweisung, Simulation und Nachbesprechung gemeinsam mit dem Patienten benötigen zusätzliche, individuell unterschiedliche Zeit.
- Personell: Es werden Praxismitarbeiter zur Einweisung des Patienten, zur Simulation und Durchführung der Untersuchung benötigt, welche zunächst selbst geschult und eingewiesen sein müssen.
- Räumlich: Es wird ein ruhiger Raum benötigt, der eine Abschirmung von störenden sensorischen Fremdeinflüssen bietet.
- Finanziell: Investitionen zur Anschaffung von Technik und Software sind notwendig. Ebenso ist mit den Krankenkassen zu klären, inwieweit die Abrechnung der Diagnose „Diabetische autonome Neuropathie“ (ICD-10: G99.0) mit dieser Methode möglich ist.

Die hier vorgestellte Untersuchung zeigt, dass die Methode der Elektrokardio-Respirografie in der allgemeinmedizinischen Praxis anwendbar ist. Der Autor plädiert daher für den weiteren Einsatz an ambulanten Patienten. Seiner Ansicht überwiegen die positiven Faktoren, entscheidend ist jedoch der finanzielle und personelle Faktor.

7.2.5. Die Prophylaxe und Therapie der autonomen kardiovaskulären Neuropathie

Die oben vorgestellten Ergebnisse und die Kenntnis der ernststen kardiovaskulären Risiken bei einer eingeschränkten HFV lassen nach Beratungs- und Therapiemöglichkeiten suchen.

An erster Stelle ist eine gute Stoffwechseleinstellung mit nahezu normoglykämischen Werten und einem möglichst niedrigen HbA1c anzustreben. Dies ist bislang die einzige Möglichkeit, der Entwicklung von diabetischen Spätkomplikationen vorzubeugen.

REICHARD zeigt im Jahr 2000 an 88 Patienten der Stockholm Diabetes Intervention Studie welche entweder intensiviert konventionell (ICT) oder nach Standard (ST) therapiert wurden, dass erstere niedrigere Blutzuckerniveaus (HbA1c) aufwiesen und sowohl in den Ewing-Tests als auch in der Spektralanalyse höhere Leistungen in beiden Frequenzbändern aufwiesen. Er folgert daraus, dass ein niedrigeres HbA1c mit einer geringeren Schädigung des autonomen kardiovaskulären Systems einhergeht.⁹⁷

HOWORKA wies 1997 auf den positiven Effekt eines moderaten physischen Trainings bei eingeschränkter HFV hin.⁹⁸ Er ließ 22 Typ-1-Diabetiker (Krankheitsdauer 18.6 ± 10.6 Jahre) im Alter von $49,5 \pm 8,7$ Jahren über 12 Wochen ein Fahrradergometer-Training von zwei mal 30 Minuten Dauer pro Woche und bei 65% der Maximalbelastung absolvieren. Bei Patienten ohne oder mit nur gering ausgeprägter kardiovaskulärer autonomer Neuropathie führte das Training zu einem signifikanten Anstieg der Leistungen im hoch- und niederfrequenten Spektralbereich, während kein Einfluss bei einer schweren Neuropathie sichtbar wurde. Bei allen Patienten erhöhte sich die physische Fitness. Beide Effekte verloren sich jedoch 6 Wochen nach Absetzen des Trainings wieder.

LIAO zeigte 1998 an einer Stichprobe der Atherosclerosis Risk in Communities (ARIC) Study, welche 2.359 Personen im Alter von 45-64 Jahren umfasste, dass bereits bei noch nicht manifestem Diabetes mellitus sondern auch schon bei Bestehen eines metabolischen Syndroms eine höhere Ruheherzfrequenz sowie reduzierte Werte im HF- und LF-Spektrum der HFV auftreten.⁹⁹

Diese Studien belegen die Wichtigkeit einer guten Blutzuckereinstellung und regelmäßiger körperlicher Aktivität nicht nur bei oral- oder insulingeführtem Diabetes mellitus sondern

auch schon bei metabolischen Risikofaktoren. Die Aufrechterhaltung eines ausreichenden autonomen Tonus führt zu physischer Fitness und zur Abwendung kardiovaskulärer Risiken.

7.2.6. Die Diskussion der Lebensqualitätsmessung

Die Ergebnisse zeigen eine signifikante Reduktion der Lebensqualität in den Dimensionen der körperlichen Funktion um 24,15 % und des Schmerzes um 28,92 %. Dies deckt sich mit den bereits beschriebenen Einschränkungen der Lebensqualität bei Diabetikern. Allerdings sind diese Ergebnisse nicht nur auf diabetologische Unterschiede zurückzuführen, sondern auch auf den bereits erwähnten Altersunterschied beider Dynkargruppen.

7.2.7. Die Diskussion der Korrelation zur Lebensqualität der Dynkar-Diabetesgruppe

Die körperliche Rolle zeigt eine negative mittlere Korrelation zu der Herzfrequenz während der fünf Untersuchungsphasen. Das bedeutet, dass die körperliche Rolle umso niedriger ist, je höher die Herzfrequenz ansteigt. Das stimmt mit bereits bekannten Ergebnissen überein, wonach es bei Vorliegen einer kardiovaskulären Neuropathie zum Ansteigen der Herzfrequenz kommt. Gleichzeitig sind durch die Spätkomplikationen die körperbetonten Dimensionen der Lebensqualität eingeschränkt. Es wäre aber gleichzeitig zu erwarten, dass auch andere körperbetonte Dimensionen (körperliche Funktion, Schmerz und allgemeine Gesundheitswahrnehmung) ein solches Verhalten zeigten. Zusätzliche Erkenntnisse böten weiterführende Untersuchungen.

7.3. Die Ergebnisdiskussion von Kurz- und Langzeit-Diabetesgruppe

7.3.1. Die Diskussion der neurologischen Untersuchungsergebnisse

Im klinischen Status können die Differenzen zwischen diesen beiden Gruppen aufgrund der geringen Probandenanzahl nur eine Tendenz angeben. Eine Differenz fand sich bei der diabetischen Retinopathie, die in 4 Fällen in der Langzeit-Diabetesgruppe, aber nur in einem Fall in der Kurzzeit-Diabetesgruppe auftrat. Ebenso war in der Langzeit-Diabetesgruppe die Häufigkeit von Dysästhesien erhöht. Eine geringe Differenz war ebenfalls bei der Vibrationstestung an beiden Großzehengrundgelenken feststellbar. Bei 3 von 6 Probanden der Langzeit-Diabetesgruppe war das Vibrationsempfinden gestört. Im Mittel lag die Schwelle der Vibrationsempfindung in der Langzeit-Diabetesgruppe bei 8,5. Die Empfindungsschwelle der Kurzzeit-Diabetesgruppe lag bei 11,0.

Diese Befunde sprechen für die Entwicklung einer diabetischen Retinopathie sowie einer peripheren Neuropathie im Verlauf der Erkrankung. Die Probanden mit einer längeren Erkrankungsdauer wiesen eine höhere Rate der vorgestellten Störungen auf als die der Kurzzeit-Diabetesgruppe.

Keine Differenzen konnten für die Untersuchungen der Pupillenreaktion, die Häufigkeit arteriosklerotischer Retinopathien und die Veränderung des Berührungsempfindens gefunden werden.

7.3.2. Die Diskussion der Ergebnisse der Elektrokardio-Respirografie

Weder bei der Messung der Herzfrequenz noch den Indizes der hoch- und niederfrequenten Spektralbereiche waren signifikante Differenzen feststellbar. Der LF/HF-Quotient blieb ebenfalls unverändert

Folgender Aspekt könnte als Erklärung eine Rolle spielen. Keiner der Probanden der Dynkar-Diabetesgruppe, aus der sich die Probanden der Kurzzeit- und der Langzeit-Diabetesgruppe rekrutierten, nahm kardiologische oder antihypertensive Pharmaka ein.

Es ist eine klinische Erfahrung, dass sich diabetische Spätkomplikationen interindividuell höchst unterschiedlich und bei Auftreten zu einem sehr unterschiedlichem Grade ausprägen.

Genetische Faktoren scheinen dabei ebenfalls eine Rolle zu spielen.¹⁰⁰

Daher wäre anzunehmen, dass durch die Selektion dieser Untersuchung solche Langzeit-Probanden ausgewählt wurden, bei denen sich aufgrund ihrer genetischen Veranlagung eine kardiovaskuläre Neuropathie gar nicht oder nur mit geringer Progredienz entwickelt.

Bei der Kurzzeit-Diabetesgruppe könnte eine kardiovaskuläre Neuropathie eine größere Progredienz zeigen, da bereits nach relativ kurzer Zeit Einschränkungen der HFV-Indizes vorlagen.

Bei dem hier erfolgten Vergleich ohne signifikante Differenz wäre es daher möglich, dass Probanden mit einer sich schnell entwickelnden kardiovaskulären Neuropathie in der Kurzzeit-Diabetesgruppe und einer sich langsam entwickelnden Neuropathie in der Langzeit-Diabetesgruppe miteinander verglichen wurden.

7.3.3. Die Diskussion der Lebensqualitätsmessung

Lebensqualitätsbezogene Differenzen zeigten sich in diesen beiden kleinen Gruppen nur in der Dimension der körperlichen Funktion und des psychischen Wohlbefindens. Das könnte mit der weiter oben vorgestellten größeren Häufigkeit von diabetischen Retinopathien und der Einschränkung des Vibrationsempfindens in der Langzeit-Diabetesgruppe zusammenhängen, da sich die Lebensqualität bei Entwicklung von Spätkomplikationen verringert. Alle anderen Dimension zeigten zwar absolute und grafische Differenzen, jedoch keine statistische Signifikanz.

7.3.4. Die Diskussion der Korrelation der Kurzzeit-Diabetesgruppe

In der Kurzzeit-Diabetesgruppe sind mittlere bis hohe negative Korrelationen zwischen dem psychischen Wohlbefinden und der Herzfrequenz nachweisbar. Wie schon in der Diabetesgruppe gezeigt, so fällt auch hier auf, dass nicht die körperbetonten Dimensionen sondern das psychische Wohlbefinden mit der Erhöhung der Herzfrequenz negativ korreliert. Das heißt, je höher die Herzfrequenz, welches ein Merkmal für die Schädigung des parasympathischen Armes des vegetativen Nervensystems darstellt, umso niedriger wird das psychische Wohlbefinden sein.