

Anthroposophische Musiktherapie bei Hämodialysepatienten

Anthroposophic Music Therapy in Patients on Renal Dialysis

**Barbara Wälti, Raphaela Wyss, Marlise Maurer, Matthias Frühwirth,
Peter Heusser M.D., Dominik E. Uehlinger M.D.**

Abteilung für Nephrologie und Hypertonie, Universität Bern, Schweiz in
Zusammenarbeit mit KIKOM (Kollegiale Instanz für
Komplementärmedizin), Dozentur für Anthroposophische Medizin,
Universität Bern, Schweiz

Korrespondenz: Dominik E. Uehlinger
Abteilung für Nephrologie und Hypertonie
Universität Bern
Freiburgstrasse 3
3010 Bern

E-mail: uehlinger@mph.unibe.ch

Schlüsselwörter: Anthroposophie, Komplementärmedizinische Therapien, Nierenversagen, Musiktherapie, Hämodialyse

Key words: Anthroposophy, Complementary Therapies, Kidney Failure, Music Therapy, Renal Dialysis

ZUSAMMENFASSUNG

Hintergrund: Die Hämodialyse stellt für die betroffenen Patienten* eine grosse physische und psychische Belastung dar. Während des Dialyseverfahrens können unter anderem Instabilitäten des Herz-Kreislaufsystems auftreten. Musiktherapie wird in verschiedenen Bereichen der Medizin erfolgreich eingesetzt.

Studienziel: Mit dieser Studie sollte der Einfluss der anthroposophischen Musiktherapie auf das physische und psychische Befinden der Hämodialyse-Patienten geprüft werden.

Methode: Mit neun dialysepflichtigen Patienten wurde während der Hämodialyse über zwei Monate anthroposophische Musiktherapie durchgeführt. Zur Objektivierung wurden klinische und laborchemische Parameter gemessen, die Herzfrequenzvariabilität aufgezeichnet und die Befindlichkeit mittels Fragebogen (Basler Befindlichkeits Skala (BBS)) eruiert.

Ergebnisse: Ein Einfluss der anthroposophischen Musiktherapie auf die Gesamtgruppe konnte weder für die, während der Musiktherapiestunden mehrmals klinisch erhobenen Vitalzeichen, noch für die biochemischen Parameter gezeigt werden. Bei einzelnen Patienten wurde ein wellenförmiger Verlauf der Blutdruck- und Pulskurven während der Studiendauer beobachtet, welcher auf eine mögliche Reaktion auf die aMT hinwies. Aufgrund dieses rein inspektorischen Befundes wurden die Patienten in die Gruppe der "Responders" (N=5) bzw. "Non-Responders" (N=4) eingeteilt. Die Responders unterschieden sich von den Non-Responders durch generell tiefere diastolische Blutdruckwerte. Anhand der jeweils kontinuierlich während der Dauer einer Musiktherapiestunde computertechnisch aufgezeichneten Herzfrequenzvariabilität und der daraus berechneten Parameter wurde bei den Responders eine Verbesserung der Herzfrequenz, der Atemfrequenz und des Einflusses des autonomen Nervensystems festgestellt, welche mit einer gleichzeitigen Verbesserung der Befindlichkeit (BBS) einherging. Bei den Non-Responders fanden sich unter Musiktherapie weder signifikante Veränderungen in den Vitalparametern noch in der Befindlichkeit.

Schlussfolgerungen: Eine Wirkung der Musiktherapie konnte nur bei der Hälfte der Patienten nachgewiesen werden. Bei jenen Patienten, die auf die Musiktherapie ansprachen, zeigte sich deren Wirkung im Sinne einer Verstärkung der Vagusaktivität. Die Herzfrequenz und die Atemfrequenz waren in diesen Fällen jeweils signifikant tiefer - was einem ruhigen und entspannten Zustand entspricht, und eine beruhigende Wirkung der Musiktherapie mit Vermeidung von Kreislaufproblemen unter Hämodialyse bestätigt.

*Der Einfachheit halber wird in Zukunft nur die männliche Form verwendet, selbstverständlich sind die Patientinnen inbegriffen.

SUMMARY

Background: Hemodialysis therapy results in a great psychological and physical burden for those patients requiring renal replacement therapy. During hemodialysis treatment sessions instabilities of the cardiovascular systems are observed. Music therapy has been successfully used in various fields of medicine.

Study goal: to investigate the influence of anthroposophical music therapy (aMT) on the psychological and physical well being of hemodialysis patients.

Methods: Nine patients on regular hemodialysis therapy were treated with aMT for an observation period of two months. Objective and clinical parameters were measured, heart rate variability was recorded, and the patients' well being was evaluated by questionnaire (Basler Befindlichkeits Skala (BBS)).

Results: No influence of anthroposophical music therapy was observed neither for the vital signs obtained several times during music therapy lessons, nor for any of the biochemical parameters measured, when all patients were analysed as a whole. Some of the patients showed periodic variations of the heart rate and/or blood pressure curves during the whole observation period that were consistent with a possible response of these patients to aMT. Based on these visual inspections of the blood pressure and/or heart rate curves, the patients were categorized into Responders (N=5) and Non Responders (N=4). Responders had consistently lower diastolic blood pressure values and during the continuous computerized monitoring of the heart rate variability during music therapy session, an improvement of heart rate, respiratory frequency, and the influence on the autonomic nervous system was detected in these patients, resulting in a concomitant improvement of subjective patient well being. In the residual four patients

no influence of music therapy was detected neither on vital parameters nor subjective patient well being.

Conclusions: A possible influence of aMT was detected in only half of the studied patients. In those patients who showed a reaction to music therapy, this reaction was consistent with an increase in vagal activity. Heart rate and respiratory frequency were significantly lower in these patients, corresponding to a quiet and relaxed state, resulting from a relaxing effect of music therapy and including a diminished cardiovascular instability during hemodialysis sessions.

EINFÜHRUNG

Die Hämodialysebehandlung (HD) als Nierenersatzverfahren bedeutet für Patienten mit fortgeschrittener Niereninsuffizienz eine zeitliche, aber auch eine physische und psychische Belastung. Die Patienten verbringen dreimal pro Woche drei bis vier Stunden an einem Dialysegerät. Bei der Elimination von harnpflichtigen Substanzen und der Regulation des Wasser- und Elektrolythaushalts während der HD kann, als Zeichen einer Destabilisierung des vegetativen Nervensystems, unter anderem eine kardiovaskuläre Instabilität auftreten^[1]. Die Mehrheit der Dialysepatienten ist über 60 Jahre alt und viele leiden an Diabetes mellitus, einer arteriellen Hypertonie, renalen Anämie und Knochenstoffwechselstörung im Rahmen der Niereninsuffizienz, welche einer medikamentösen Therapie bedürfen.

In der vorliegenden Studie sollte geprüft werden, ob die schwierige HD-Situation dieser schwerkranken Patienten durch die anthroposophische Musiktherapie (aMT) erleichtert und eine Verbesserung des physischen und psychischen Wohlbefindens erreicht werden kann.

Bisher liegen ueber die Anwendung von Musiktherapie bei Dialysepatienten keine kontrollierten Daten vor. Im Oberwalliser Kreisspital wurde mit Dialysepatienten Musiktherapie durchgeführt, welche sich laut Erfahrungsbericht der Musiktherapeutin^[2] besonders schwierig gestaltete, während bei anderen Indikationen im gleichen Spital bessere Erfahrungen^[3] gemacht wurden.

In der herkömmlichen psychotherapeutischen, psychoanalytischen Musiktherapie wird in Einzel- und Gruppentherapien aktiv vorallem mit Schlaginstrumenten und passiv mit Musik ab Tonträgern gearbeitet und das Gespielte und Gehörte in Gesprächen analysiert. Studien und Berichte über die Anwendung dieser Art von Musiktherapie liegen in folgenden Bereichen vor: Psychiatrie, Rehabilitation, Kardiologie, Anästhesie, Onkologie, Neurologie und Heilpädagogik^[4-9]. Aus den verschiedenen Anwendungen sind die Wirkung der Musik auf die allgemeine Befindlichkeit, auf den Blutdruck, den Puls und die Atemfrequenz gut belegt^[10-17]. Escher unterscheidet zwischen *trophotroper* Musik mit vagotoner Wirkung wie Blutdruckabfall, Pulsverlangsamung, Atemabflachung, Pupillenverengung, Entspannung sowie *ergotroper* Musik mit sympathikotoner Wirkung wie Blutdruckanstieg, Puls- und Atembeschleunigung, Pupillenerweiterung und Antriebsförderung^[18]. Ebenfalls gut untersucht ist die

anxiolytische, relaxierende und analgetische Wirkung der Musiktherapie bei chirurgischen Eingriffen sowie die antiemetische Wirkung bei Chemotherapie^[19-22]. In der aMT, die sowohl aktiv (gemeinsames Spielen) als auch passiv (Therapeutin spielt vor) angewandt werden kann, werden die Skalen, die Grundelemente Melodie, Harmonie, Rhythmus sowie das Instrumentarium (alle Gattungen und Gesang) je nach Indikation für jeden Patienten individuell ausgewählt. Die aMT wird in den verschiedensten medizinischen Gebieten angewendet, was vorallem anhand von Erfahrungsberichten dokumentiert ist^[23,24], kontrollierte Studien fehlen bisher. Die Durchführung und Wirkungsweise der aMT wird in der Appendix näher dargestellt.

METHODIK

Patienten

Neun Langzeithämodialysepatienten (5 Frauen und 4 Männer) mit einem Durchschnittsalter von 76 Jahren (27 bis 88 Jahre) (Median (Range)) wurden entsprechend der Dialysesaalgrößen in zwei Gruppen à fünf und vier Patienten aufgeteilt. Die terminale Niereninsuffizienz war bei drei Patienten auf Nephroangiosklerose, bei zwei Patienten auf eine Analgetikanephropathie, bei je einer Patientin auf eine Nierenrindennekrose im Rahmen eines HELLP Syndromes, eine chronische Pyelonephritis und eine autosomal dominante polyzystische Nephropathie zurückzuführen. Ein Patient litt an einer Niereninsuffizienz unklarer Aetiologie. Bei sechs Patienten lag zusätzlich eine behandlungsbedürftige arterielle Hypertonie vor, ein Patient hatte einen Herzschrittmacher (VVIR). Die Patienten waren zu Beginn der Studie unterschiedlich lange dialysepflichtig gewesen, im Durchschnitt 3 Jahre (1 Monat bis 15 Jahre). Die Angaben zu den einzelnen Patienten sind der Tabelle 1 zu entnehmen.

Die Studie war vorgängig von der Ethik Kommission der Universität Bern geprüft und genehmigt worden, die Patienten wurden über die Studie informiert und akzeptierten eine Teilnahme an derselben.

Zeitlicher Ablauf

Die Studie wurde über einen Zeitraum von sechs Monaten durchgeführt. In jeder Gruppe wurden während fünf Monaten Messungen erhoben (Tabelle 2). Beide Gruppen nahmen alternierend an je zwei Musiktherapieperioden (Perioden mit aMT) zu je einem

Monat teil (Perioden 2 und 4), zwischen welche ein Monat ohne Musiktherapie (Periode 3) eingeschaltet war. Vor der ersten Musiktherapieperiode und nach der zweiten Musiktherapieperiode wurden während eines Monats dieselben Messungen gemacht wie unter Musiktherapie (Perioden 1 und 5). Die aMT fand zweimal wöchentlich während der Dialyse statt und dauerte jeweils 45 Minuten.

Musiktherapie

Die aMT war so konzipiert, dass sie jedesmal aktiv begann, indem alle Patienten ein Instrument spielten. Anschliessend spielte die Musiktherapeutin auf einem Instrument etwas vor. Im weiteren wurden Singübungen gemacht und gemeinsam Lieder gesungen. Die aMT wurde immer mit der gleichen Schlussübung beendet, die darin bestand, dass die Musiktherapeutin auf Klangstäben eine Tonfolge spielte, die durch Gesang ergänzt wurde. Weitere Details zur aMT sind der Appendix zu entnehmen.

Untersuchte Parameter

Die folgenden klinischen Parameter wurden durch das medizinische Personal dreimal, dh. vor, während und nach der Dialyse erhoben: Blutdruck, Puls und Atemfrequenz. Die Messungen während der Dialyse erfolgten unmittelbar nach der aMT, respektive zum entsprechenden Zeitpunkt während der Perioden, in denen keine aMT durchgeführt wurde.

Die Herzfrequenzvariabilität wurde mit einem speziellen Gerät, dem "HeartMan", während der gesamten aMT-Dauer bestimmt^[25]. Da nur ein solches Gerät zur Verfügung stand, wurde es im Turnus jedesmal einem andern Patienten angeschlossen. Der HeartMan, welcher durch ein Team unter Prof. Max Moser des Physiologischen Instituts der Universität Graz entwickelt wurde, zeichnet die RR-Intervalle im EKG mittels drei Brustwandelektroden über längere Zeiträume auf (bis zu 36 Stunden). Aus den RR-Intervallen wird die Herzfrequenzvariabilität (HRV) abgeleitet^[26]. Aus dieser HRV kann die Standarddeviation und mit Hilfe einer Fast Fourier Transformation die respiratorische Sinusarrhythmie (RSA) sowie die Atemfrequenz^[27] berechnet werden. Ebenfalls berechnet und berücksichtigt wurde der Quotient aus Puls und Atemfrequenz (Puls-Atem-Quotient Q_p/a), der im Idealfall 4:1 beträgt. Die Herzfrequenzvariabilität (HRV) wird durch das autonome Nervensystem (ANS) und die Atmung beeinflusst^[28,29]. Am deutlichsten ist dieser Einfluss bei der respiratorischen

Sinusarrhythmie (RSA). Mittels Spektralanalyse kann die HRV in die durch die Wirkung des ANS entstehenden und die HRV beeinflussenden Einzelfrequenzen zerlegt werden, die verschiedenen Frequenzbereichsparameter lnHF, lnLF und der Quotient lnLF/HF können berechnet und im autonomen Bild (AI für autonomic image) graphisch dargestellt werden. Die hohen Frequenzen lnHF (high frequency, schnelle Variationen der Herzfrequenz) entsprechen dem die HRV beeinflussenden Vagotonus und der Atemaktivität, die niederen Frequenzen lnLF (low frequency) dem Sympathikotonus und der Durchblutungsrhythmik^[28,29], der Quotient lnLF/HF widerspiegelt die Aktivität und Balance des gesamten autonomen Nervensystems^[28,29]. Im AI wird die Amplitudenstärke der einzelnen Frequenzen farbig dargestellt, so dass alle die HRV beeinflussenden Parameter in ihrer Stärke und im zeitlichen Ablauf sichtbar sind^[30] (Bild 1).

Die folgenden biochemischen Laborparameter wurden vierzehntägig vor und nach der Dialyse gemessen: Natrium, Kalium, Calcium, Phosphat, Kreatinin und der Harnstoff. Zusätzlich wurden monatlich hämatologische Parameter (Hb, Hk, Leuk, Tc) vor der Dialyse bestimmt.

Das subjektiven Befindens der Patienten wurde mit der Basler Befindlichkeits Skala (BBS)^[31] quantifiziert. Es handelt sich dabei um einen validierten Fragebogen, der die vier Faktoren Vitalität (VT), Intrapyschischer Gleichgewichtszustand (IG), Soziale Extravertiertheit (SE) und Vigilität (VG) mit je vier Items (Fragen) untersucht und der von den Patienten im Sinne einer Selbsteinschätzung selber ausgefüllt wird. Dieser Originalfragebogen wurde vor der ersten und nach der letzten Musiktherapiesitzung eingesetzt und vermittelte einen Eindruck über das Grundbefinden der Patienten. Befindlichkeitveränderungen durch die aMT wurden mit einem modifizierten Fragebogen vierzehntägig jeweils nach den Dialysen (mit oder ohne aMT) ausgefüllt. (Die Originalversion des Fragebogens erfragte den momentanen Befindlichkeitszustand, die modifizierte Version die Änderung der Befindlichkeit).

Die Musiktherapeutin hielt nach jeder aMT Sitzung das Verhalten der einzelnen Patienten bezüglich Mitspielen, Mitsingen, Konzentration und Zuhören auf einer Skala von 1 bis 7 fest, ebenso Beobachtungen zur Atmung und zur Stimmung jedes Patienten zu Beginn und zum Schluss der aMT Sitzung.

Statistik

Die über den Zeitraum von sechs Monaten erhobenen Daten aller neun beteiligten Patienten wurden ausgewertet. Die statistische Analyse der erhobenen klinischen Daten und derjenigen des Fragebogens erfolgte mit dem Software Paket SYSTAT 9.0 (SPSS Inc., Evenstone, IL). Zur Verlaufsanalyse der Vitalzeichen wurden jeweils die Werte der letzten drei Dialysen jeder Periode gemittelt. Als statistische Methoden wurden Varianzanalysen (ANOVA), gepaarte T-Tests und für nichtparametrische Vergleiche Rangsummentests (Wilcoxon) verwendet. Die Analyse der HeartMan Daten erfolgte mit dem Programm Matlab (The MathWorks Inc, Natick, MA).

RESULTATE

Die Studie konnte bei allen Patienten bis zum Ende durchgeführt werden. Über die gesamte Beobachtungszeit veränderten sich weder Blutdruck, Puls noch Atemfrequenz vor der Dialysebehandlung (Tabelle 3). Nach Dialysebehandlung gemessene Blutdruckwerte waren am Ende der Beobachtungszeit signifikant höher als zu Beginn der Studie ($149/69 \pm 18/9$ mmHg vs. $163/77 \pm 14/12$ mmHg, $P < 0.01$ / $P < 0.05$). Die biochemischen und hämatologischen Parameter blieben während der gesamten Beobachtungszeit unverändert, mit Ausnahme des Serum Harnstoffes, welcher vor der Dialysebehandlung von 30.1 ± 7.2 auf 24.8 ± 5.2 mmol/l sank ($P < 0.05$).

Die verabreichte Dialysemenge, ausgedrückt als Kt/V (Harnstoffclearance * Dialysebehandlungszeit / Verteilungsvolumen des Harnstoffs) und geschätzt aus den Harnstoffwerten vor und nach Dialyse blieb über die gesamte Beobachtungszeit unverändert ($Kt/V = 1.56 \pm 0.34$ zu Beginn und 1.51 ± 0.25 am Ende der Beobachtungszeit). Die Proteinzufuhr wurde aus der Erscheinungsrate, respektive der Entfernung des Harnstoffs, welcher das Endprodukt des Proteinmetabolismus darstellt, abgeschätzt (Normalized protein catabolic, NPCR). Die NPCR nahm während der Beobachtungszeit von 1.4 ± 0.3 auf 1.1 ± 0.2 g/kg Körpergewicht /Tag ab, während das Körpergewicht der Patienten stabil blieb (69.5 ± 11.4 versus 69.5 ± 11.0 kg vor und 67.9 ± 11.7 versus 68.4 ± 11.2 kg nach Hämodialysebehandlung).

Ein Einfluss der aMT auf die Gesamtgruppe konnte weder für die Vitalzeichen noch für die biochemischen Parameter gezeigt werden. Die beiden Musiktherapieperioden 2 und 4 unterschieden sich nur im Kreatininwert vor HD und im Harnstoffwert vor und nach HD signifikant ($P < 0.05$). In Periode 4 war der Kreatininwert vor HD mit $679 \mu\text{mol/l}$ signifikant tiefer als in Periode 2 mit $728 \mu\text{mol/l}$.

Die geprüften Parameter der BBS (Originalversion), blieben über die ganze Zeit betrachtet unverändert. Vergleicht man die Befindlichkeit aller Patienten über die sechs Monate, veränderte sie sich nur in zwei Bereichen signifikant ($P < 0.05$): die Patienten schätzten sich am Schluss als zerstreuter und unsicherer ein.

Die Musiktherapeutin beurteilte nach jeder aMT Sitzung das Verhalten der einzelnen Patienten während der Musiktherapie. Im Vergleich zur ersten aMT Periode konnten die Patienten während der zweiten aMT Periode schlechter zuhören (Median (Range): 2 (1-6) vs. 1 (1-3), $P < 0.001$) und sangen weniger mit (6 (1-7) vs. 5 (1-7), $P < 0.02$). Keine Unterschiede zwischen den beiden aMT Perioden fanden sich bezüglich Mitspielen, Konzentration, Atmung sowie der Stimmung zu Beginn und zum Schluss der aMT Sitzung.

Bei der visuellen Inspektion der individuellen Blutdruck- und Pulskurven über die gesamte Beobachtungszeit fielen bei einzelnen Patienten tendentiell wellenförmige Kurven auf, die eine Reaktion auf die aMT vermuten liessen (Figur 1). Aufgrund des Vorhandenseins oder Fehlens von solchen Ondulation, wurden die Patienten in die Gruppen der "Responders" bzw. "Non-Responders" eingeteilt. Zu den Responders wurden die Patienten 1, 3, 4, 6 und 9 gezählt, zu den Non-Responders gehören die restlichen vier Patienten (Tabelle 1).

Im statistischen Vergleich der Vitalzeichen und Laborparameter unterschieden sich die Responders signifikant von den Non-Responders durch tiefere diastolische Blutdruckwerte zu verschiedenen Zeitpunkten in allen Perioden ausser der zweiten (Tabelle 3). Die diastolischen Werte lagen zwischen 66 und 77 mmHg, wobei die Werte der Responders zwischen 60 und 71, diejenigen der Non-Responders zwischen 72 und 87 mmHg lagen. Die systolischen Blutdruckwerte vor und nach Dialyse, mit oder ohne aMT blieben während der Gesamtperiode bei allen Patienten unverändert und betrugen zwischen 145 und 163 mmHg (Tabelle 3).

Die Analyse der BBS ergab für die Responders nach der aMT in drei der vier getesteten Bereiche Vitalität (VT), Intrapyschischer Gleichgewichtszustand (IG), Soziale Extravertiertheit (SE) und Vigilität (VG) eine Verbesserung, nämlich in IG ($P < 0.05$), SE ($P < 0.05$) und VG ($P < 0.001$). Die Responders fühlten sich im Gegensatz zu den Non-Responders nach der aMT im Vergleich zu vorher ruhiger, frischer, aufmerksamer, ausgeglichener, wachsender, kontaktfreudiger, konzentrierter und geselliger.

Die Analyse der Patientenbeurteilungen durch die Musiktherapeutin ergab, dass die Responders während der aMT Sitzungen weniger konzentriert waren (4 (1-7) vs. 5 (1-7), $P < 0.001$) und weniger mitsangen 5 (1-7) vs. 7 (1-7), $P < 0.01$) als die Non-Responders.

In der Analyse der HeartMan Daten unterschieden sich die Responders während der beiden Perioden mit aMT und der dritten Periode ohne aMT (Perioden 2,4 und 5) signifikant von den Non-Responders ($P < 0.05$) für Herzfrequenz, im Mass für die respiratorische Sinusarrhythmie logRSA, die niederen Frequenzen lnLF, die hohen Frequenzen lnHF und den die Aktivität und Balance des gesamten autonomen Nervensystems widerspiegelnden lnLF/HF. Das heisst, die Herzfrequenz und die Atemfrequenz waren jeweils signifikant tiefer bei den Responders ($P < 0.05$), was einer erhöhten Vagusaktivität, einem ruhigen und entspannten Zustand entspricht. LF und HF geben allgemeine Hinweise auf die Aktivität des autonomen Nervensystems, bei minimaler Wirkung des autonomen Nervensystems gehen diese Werte gegen minus unendlich. Weder lnLF noch lnHF unterschieden sich in unseren Daten zwischen den Responders und Non-Responders. Der Quotient der beiden (lnLF/HF) war aber bei den Non-Responders signifikant höher als bei den Responders ($P < 0.05$), was einer Verbesserung der Aktivität und des Einflusses des ANS der Responders durch aMT entspricht. In den Perioden 1 und 3, d.h. vor und nach der ersten aMT-Periode, waren statistisch keine signifikanten Unterschiede festzustellen.

Beim direkten Vergleich der Puls-Atem-Quotient-Werte (Qp/a-Werte) für alle Patienten vor, während und nach aMT ergaben sich folgende Resultate: bei allen Patienten war der Qp/a vor aMT generell kleiner als 4:1, bei vier Patienten sogar kleiner als 3:1. Während und nach aMT ergab sich aus unseren Messresultaten im Vergleich der

Responders mit den Non-Responders keine signifikante Verbesserung des Qp/a in Richtung 4:1.

Bezüglich der autonomen Bilder (AI) beschränkten wir uns auf eine rein deskriptive Auswertung einiger ausgewählter Bilder, da diverse andere Bilder Störartefakte (vor allem durch Dialysegeräte, Muskelbewegungen, Elektrodenplatzierung) aufwiesen. Bei der jungen Patientin mit HELLP- Syndrom (Nr. 5, Tab. 1) zeigte das AI der Messungen ohne aMT eine geringe Sympathikusaktivität und im Hochfrequenzspektrum der HRV eine schlecht abgegrenzte Atemaktivität, der Qp/a war immer kleiner 4:1 (Bild 2, Abb. 1). Während der ersten aMT Periode zeigte dann das AI eine deutlicher sichtbare Atemaktivität, während der zweiten aMT Periode eine sehr deutlich abgegrenzte Atemaktivität, der Qp/a war dabei meistens im Idealbereich von 4:1 (Bild 2, Abb. 2 u.3).

Die AI von zwei Patienten, welche sowohl mit einem α -, als auch einem β -Blocker (Prazosin und Bopindolol) behandelt wurden (Nr. 6 und 8 in Tab. 1), zeigten eine fast vollständig fehlende Sympathikusaktivität, welche sich auch unter aMT nicht änderte (Bild 2, Abb. 4). Auch der Patient mit Herzschrittmacher (Nr. 3, Tab. 1) zeigte im AI eine fast vollständig fehlende Diskriminierung der einzelnen Frequenzen in der HRV. Während der zweiten aMT Periode war eine geringe Verstärkung der niederen Frequenzen auszumachen (Bild 2, Abb. 5).

DISKUSSION

Die Bedingungen unter welcher die aMT auf der Dialysestation durchgeführt wurde, waren keineswegs ideal. Die Patienten waren dialysebedingt teilimmobil, d.h., liegend oder halbsitzend positioniert, der für die Dialyse verwendete Arm an der Armstütze fixiert. Nicht alle Patienten waren – obwohl grundsätzlich mit dem durchgeführten Projekt einverstanden- leicht zu aktivieren. Sie waren unterschiedlich motiviert zum Mitmachen, gewisse beteiligten sich möglicherweise nur, weil die andern Patienten im gleichen Saal auch mitmachten. Kontinuierliche technische Geräusche mit einem Lautstärkepegel zwischen 57 und 62 Dezibel wurden in den Dialysesälen gemessen und es herrschte oft, bedingt durch die notwendige Kontrolle der Dialysemaschinen und die

Überwachung der Patienten, ein hektischer Betrieb. Ebenfalls stellte sich heraus, dass durch gewisse Instrumente der Alarmton der Dialysemaschine teilweise überdeckt werden konnte, was eine Belastung für das Pflegepersonal darstellte. Die Anordnung der Patienten im Raum war für eine Gruppenarbeit nicht besonders förderlich, da sich zwischen zwei Patienten jeweils eine Dialysemaschine befand, die die Sicht auf die andern Teilnehmer teilweise behinderte. Die aMT musste diesen äusseren Umständen soweit angepasst werden, dass nur noch einzelne Kernstücke als für die aMT typisch bezeichnet werden können, so z.B. der pro Gruppe in zwei Therapieperioden aufgeteilte Ablauf mit der einmonatigen Pause zwischen den Therapieperioden, spezifische speichelanregende Singübungen und die von der Musiktherapeutin auf die nierenkranken Patienten abgestimmte und konsequent in gleicher Weise von ihr vorgetragene Schlussübung. Spezielle Aufhänge- und Haltevorrichtungen für die Instrumente machten es möglich, dass zumindest ein Teil der in der aMT verwendeten Instrumente eingesetzt werden und in liegender oder halbsitzender Position der Dialysepatienten einhändig gespielt werden konnte. Der Anteil des Gesangs an der Therapie war den Umständen entsprechend gross, wobei sich die Patienten zum Teil Lieder wünschen konnten, was ein Anreiz zum Mitmachen war. Unter diesen Voraussetzungen erstaunt es nicht, dass in der Beurteilung der Gesamtgruppe unter der aMT keine Veränderungen gegenüber der Zeit ohne MT auftraten. Eine gesteigerte Wirkung der aMT wäre möglicherweise zu erwarten, wenn sie zeitlich getrennt von der HD angewendet würde. Zudem wird die aMT typischerweise in einem individuellen „Therapiesetting“ durchgeführt, was hier aus organisatorischen Gründen nicht möglich war.

Zusätzlich gab es innere Umstände, die erschwerend für den Ablauf der aMT waren, da sie dazu beitrugen, dass die Einsatzfreudigkeit der einzelnen Teilnehmer von Mal zu Mal verschieden war: die von der Musiktherapeutin gemachte Beobachtung, dass alle Patienten sehr stark ihren Gefühlen und Emotionen unterlagen, starke Stimmungsschwankungen zeigten, Mühe hatten sich zu konzentrieren, zuzuhören und an ihren Gewohnheiten des Ablaufs der Dialyse festhielten und der aMT gegenüber teilweise trotz ihrer Zustimmung eher kritisch bis abweisend eingestellt schienen. Diese Beobachtung kann man von anthroposophischem Gesichtspunkt aus mit dem in der Appendix erwähnten Umstand in Zusammenhang bringen, dass die Niere die organische Grundlage bildet für die Gefühle und die Empfindungsfähigkeit, welche durch eine Erkrankung dieses Organs gestört werden.

Die aus Gründen der Motivation und der äusseren Störungen eher geringe innere Beteiligung an der aMT wiederum könnte sich negativ auf die Messresultate ausgewirkt haben. Dies wird durch die statistisch signifikanten Unterschiede von Responders versus Non-Responders zwischen den Resultaten der BBS und des HeartMan wahrscheinlich gemacht. Entsprechend der „Second Hit Theory“ treffen zwei auf den ersten Blick voneinander unabhängige Ereignisse gleichzeitig ein. Bei den Responders wurde jeweils gleichzeitig eine Veränderung der Befindlichkeit und der Herzfrequenzvariabilität festgestellt. Dieses gemeinsame Auftreten zweier Parameter und die Veränderung im Sinne einer statistisch relevanten Verbesserung in beiden Bereichen erscheint mehr als zufällig, es deutet auf die Wirkung der aMT, die im Menschen sowohl das Physische wie auch das Seelisch-Geistige umfasst. So könnte erklärt werden, warum einerseits Patienten unter Sympathikusblocker und mit Pacemaker zu den Responders gehören, andererseits aber die junge Patientin, welche keine β -Blocker einnahm und gut reagieren könnte, was die autonomen Bilder zeigen, die aber der aMT gegenüber eher ablehnend eingestellt war, zu den Non-Responders gehört. D.h. entsprechend der „Second Hit Theory“ ist für eine entsprechende Wirkung der aMT nicht nur ein Körper notwendig, der reagieren kann (z.B. keine β -Blocker), sondern auch das seelische Dabeisein, das Interesse der Patienten an der aMT notwendig.

Die Reaktion der einzelnen Patienten auf die aMT war nicht voraussagbar. Dies zeigt die Tatsache, dass diejenigen Patienten, die auf der Skala der Musiktherapeutin die besten Werte erreichten, eher nicht in die Gruppe der Responders eingeteilt wurden.

Mit Hilfe des HeartMan konnte eine Wirkung der aMT auf die Herzfrequenz, die Atemfrequenz und auf das autonome Nervensystem, vor allem im Sinne einer Verstärkung der Vagusaktivität, festgestellt werden. Die Herzfrequenz und die Atemfrequenz waren bei den Responders jeweils signifikant tiefer - was einem ruhigen und entspannten Zustand entspricht, und die von uns erwartete, beruhigende Wirkung der aMT mit Vermeidung der Kreislaufprobleme unter Hämodialyse bestätigt. Im AI (Bild 2, Abb. 2 u. 3) zeigte sich während der ersten aMT-Periode eine deutlicher sichtbare Atemaktivität, während der zweiten aMT Periode eine sehr deutlich abgegrenzte Atemaktivität, der Qp/a war dabei meistens im Idealbereich von 4:1. Diese

Verdeutlichung der in der HRV sichtbaren Atemaktivität und die Verbesserung des Qp/a während der aMT sind anthroposophisch-geisteswissenschaftlich insofern interessant, als, gemäss Angaben von Rudolf Steiner, die Musik direkt auf die Atmung und dadurch heilend wirke (s. Appendix).

Bei allen Patienten war der Qp/a vor aMT generell kleiner als 4:1, bei vier Patienten sogar kleiner als 3:1. (Dies könnte bestätigen, dass, wie in der Appendix „Die Niere aus anthroposophischer Sicht“ dargestellt ist, das Verhältnis von Puls zu Atem bei Erkrankungen der Stoffwechselorgane, zu welchen auch die Niere gezählt werden kann, sinkt.)

Zusätzlich zeigte sich auch, dass für eine entsprechende Wirkungsentfaltung mindestens zwei aufeinanderfolgende aMT Perioden notwendig zu sein scheinen, da erst in der Pause nach der zweiten aMT Periode (Periode 5) eine signifikante Wirkung festzustellen war, welche in der Pause nach der ersten aMT-Periode (Periode 3) fehlte.

Wie die Patientenbeispiele (s. Bild 2, Abb. 4 und 5) zeigen, wurden die durch aMT unerschütterlichen Einflüsse von α - und β -Blockern auf die HRV sowie die Auswirkungen eines Herzschrittmachers auf dieselbe festgestellt. Interessant wäre noch die Untersuchung der Wirkung von Ca^{2+} - Antagonisten und ACE- Hemmern auf das Frequenzspektrum in der HRV. Wegen der durch diese Medikamente bewirkten Vasodilatation müsste es zu einer Verstärkung der Durchblutungsrhythmik, also der niederen Frequenzen, kommen. Diese Vermutung kann mit unseren Bildern wegen der Artefakte und wegen der bei zwei Patienten bestehenden Kombinationstherapie mit α - und β - Blockern nicht erhärtet werden.

Während der Gesamtperiode blieben die systolischen Blutdruckwerte bei allen Patienten unverändert, während sich zwischen Responders und Non-Responders signifikante Unterschiede bei den diastolischen Werten fanden. Die niedrigeren diastolischen Blutdruckwerte bei den Responders sind wahrscheinlich durch eine Vasodilatation bedingt.

Die Interpretation der Laborwerte ist schwierig, da die Dialyseverordnungen laufend den Bedürfnissen der Patienten angepasst werden. Eine Abnahme der Harnstoff- und Kreatininwerte kann generell unter zwei Bedingungen beobachtet werden. Einerseits

durch eine vermehrte Dialysemenge (Clearance und/oder Dialysezeit) und/oder durch eine verminderte Proteinzufuhr. Beide Mechanismen führen zu einer konsekutiven Abnahme der Serum Kreatininspiegel (durch eine vermehrte Elimination von Kreatinin während der Behandlung und/oder durch einen Verlust der Muskelmasse, mit entsprechender Abnahme der Serum Kreatininwerte bei Proteinmangelernährung). Aus der Literatur ist bekannt, dass gut dialysierte Patienten mit höheren Harnstoffwerten besser ernährt sind und deshalb auch in einem besseren Allgemeinzustand sind und länger leben als diejenigen mit tieferen Werten^[32].

Bei gleichgebliebener Dialysequalität und einer Abnahme der NPCR, entspricht die beobachtete Abnahme der Serum Harnstoffwerte einer rückläufigen Harnstoffproduktion bei verminderter Proteineinnahme. Von einer eigentlichen Proteinmangelernährung kann aber kaum gesprochen werden, da das Körpergewicht über die Beobachtungszeit stabil blieb. Die Ursache der rückläufigen Eiweisszufuhr bleibt unklar. Eine saisonale Variabilität ist nicht ausgeschlossen.

Eine als Langzeiteffekt der aMT vom anthroposophischen Gesichtspunkt als denkbar erachtete Zunahme des Hämoglobinwertes, die zu einer Reduktion der Erythropoietindosis führen könnte, blieb in dieser Studie, die über eine verhältnismässig kurze Zeitperiode durchgeführt wurde, aus.

Anhand der statistischen Auswertung der Vitalzeichen konnten keine signifikanten Unterschiede in den Puls- und Atemfrequenzen zwischen den Perioden wie auch zwischen Responders und Non-Responders gefunden werden. Dies spricht für die Notwendigkeit einer konstanten Aufzeichnung der Herz- und Atemfrequenz, beziehungsweise deren Veränderungen mit dem HeartMan, wenn feine Unterschiede herausgearbeitet werden sollen. Unabhängig voneinander betrachtet liefern die Puls- und Atemfrequenzen bezüglich Nutzen der aMT keine statistisch signifikanten Resultate, werden sie aber in ein Verhältnis zusammen gebracht, wie es nur durch die gleichzeitige Aufzeichnung beider Parameter beziehungsweise deren Variabilität möglich ist, ergeben sich signifikante Unterschiede.

Aus den Aufzeichnungen der Musiktherapeutin geht hervor, dass die Durchführung dieser Arbeit für sie anstrengend war und keine Therapiestunde zu ihrer vollen Zufriedenheit ausfiel. Dennoch deutet sie darin auch auf ein positives

Auseinandersetzen der Patienten mit der aMT hin und auf vergnügliche Momente, die uns das Projekt als wertvoll erscheinen lassen.

APPENDIX

Die Niere aus anthroposophischer Sicht

Im Zusammenhang mit der am Inselspital Bern durchgeführten Studie über anthroposophische Musiktherapie bei Hämodialysepatienten soll an dieser Stelle die Physiologie und Pathologie der Niere aus anthroposophisch- geisteswissenschaftlicher Sicht sowie die anthroposophische Musiktherapie und deren Indikation bei Nierenerkrankungen kurz dargestellt werden.

Physiologie

In der von Dr. R. Steiner begründeten Anthroposophie wird durch geisteswissenschaftliche Erkenntnisse, deren Methoden in seinen Werken dargestellt sind^[33-37], der Mensch nicht nur als aus einem physischen Körper bestehend gesehen, welcher aus Substanzen der physischen Aussenwelt besteht, deren Gesetzen unterliegt und durch naturwissenschaftliche Methoden erforscht werden kann. In der anthroposophischen Geisteswissenschaft werden neben diesem physischen Leib noch drei weitere, geistige Leiber unterschieden. Weil diese Unterscheidung für das anthroposophische Verständnis von Physiologie und Pathologie der Niere wichtig ist, sollen diese drei Leiber hier kurz dargestellt werden^[35-37]:

Der Aetherleib oder Lebensleib: er durchdringt den physischen Leib, belebt ihn, gibt ihm und seinen Organen Gestalt und Form und ermöglicht dessen Wachstum, er besitzt also aufbauende Tätigkeit. Der Aetherleib wirkt im Flüssigkeitsorganismus des Menschen, d.h. in all dem, was im menschlichen Organismus den Zustand des Flüssigen einnimmt.

Der Astralleib: er ist der Träger des Seelischen. Seine Tätigkeit ist eine abbauende, ausscheidende. Dank der ausscheidenden Organtätigkeiten erleben wir uns überhaupt als ein eigenes, in uns abgeschlossenes Wesen^[38], denn alle Ausscheidungsprozesse stehen mit Bewusstseinsprozessen in Zusammenhang, und zwar nicht nur diejenigen des Gehirns (z. B. Neurotransmitter) sondern auch diejenigen der übrigen Organisation^[39]. Dem Astralleib ist also das Bewusstsein eigen. Im Aetherleib löst er dessen aufbauende Tätigkeit aus und hat insofern auch eine aufbauende Funktion. Denn der Körper muss auf die Seele hin, d.h. auch nach deren Gesetzen, aufgebaut werden. Deshalb können sich seelische Bewusstseinsfunktionen erst dann entfalten, wenn der Organismus ihnen

entsprechend aufgebaut wird^[37]. Ferner bewirkt er alle Bewegungen der quergestreiften und glatten Muskulatur und somit alle Bewegungsimpulse; Herzschlag und Blutdruck werden durch ihn bestimmt. Er wirkt im Luftorganismus, d.h. in allem was den menschlichen Organismus im Zustand des Luftförmigen durchdringt, und durch diesen auf den übrigen Organismus.

Das Ich: es bildet den Mittelpunkt, den Kern der Seele und ist die eigentliche geistige Wesenheit des Menschen. Dank des Ich hat der Mensch ein Selbstbewusstsein und die Fähigkeit der selbstbewusst gehandhabten Intelligenz. Das Ich wirkt im Wärmeorganismus des Menschen und durch diesen auf den übrigen Organismus.

Diese vier Wesensglieder (Leiber) wirken ineinander. Sie wirken in jedem einzelnen physischen Organ in ihrer organspezifischen Weise. Aber jedes Wesensglied hat sein physisches Organ, durch welches es im besonderen Mass seine Wirkung entfalten kann. So hat der Astralleib eine besondere Beziehung zur Niere.

Wie uns aus der Physiologie bekannt ist, ist die Niere das am meisten durchblutete Organ. 20% des Herzminutenvolumens, d.h. ca 1,2 l/min arterielles Blut durchströmen die Nieren. Dadurch ist auch deren Versorgung mit Sauerstoff sehr gross im Verhältnis zu Gesamtorganismus und Organgewicht. Der O₂- Verbrauch ist mit ca 50ml O₂/min. kgGew. sehr hoch (hauptsächlich für die aktive Na⁺- Rückresorption benötigt), der relative Ausnutzungsgrad (13ml/l) jedoch gering infolge der starken Durchblutung^[40]. Die Niere reguliert anhand des O₂- Gehaltes des Blutes die Erythropoetin- Produktion und somit die Erythropoese. Jede Hypoxie führt zu einem Anstieg der Erythropoetin-Konzentration und somit zu einer Steigerung der Erythropoese^[41].

Die Physiologie zeigt uns also einen deutlichen Zusammenhang zwischen Niere und Sauerstoff.

R. Steiner weist 1920^[42] auf den Zusammenhang zwischen Niere und Sauerstoff hin.

Wie oben erwähnt, wirkt der Astralleib über den Luftorganismus auf den Menschen und macht diesen zu einem beseelten Wesen, zu einem Wesen, welches Empfindungen, Gefühle und Bewusstsein hat. Nun ist die Niere dasjenige Organ, welches am meisten mit O₂ (Luft) versorgt wird. Entsprechend ist die Niere dasjenige physische Organ, diejenige physische Grundlage, durch welche der Astralleib den Menschen über den Luftorganismus beseelen kann.

R. Steiner: "... (die Niere) ist in ihrer gasigen Grundlage das Ausstrahlungsorgan für den astralischen Organismus, der nun das Gasige durchsetzt und von da aus unmittelbar

das Flüssige und Feste im menschlichen Organismus. So dass wir im Nierensystem dasjenige haben, was uns von der organischen Grundlage aus durchsetzt mit Empfindungsfähigkeit, mit Beseeltheit usw...“^[43].

Die Niere bildet also anthroposophisch- geisteswissenschaftlich gesehen die organische Grundlage für die Empfindungsfähigkeit.

Die Tätigkeit des Astralleibes ist, wie wir erwähnt haben, eine abbauende, ausscheidende. Die Aufgabe der Niere besteht ja auch in der Ausscheidung N- haltiger Endprodukte des Eiweissstoffwechsels, von Fremdstoffen (Medikamente) und in der Regulation des Wasser- und Flüssigkeitshaushaltes.

R. Steiner weist nun aber auch darauf hin, dass die Niere nicht nur Ausscheidungs- sondern auch Aufbaufunktion hat^[44]. Husemann/Wolff^[45] sehen die aufbauende Tätigkeit der Niere in der aktiven Rückresorption und Harnkonzentrierung der Tubuli und im Renin- Angiotensin- Aldosteron- System, welches der Blutdruckregulation dient (der Blutdruck ist ein Mass für das Eingreifen des Astralleibes). Auch die übrige endokrine Funktion der Niere wie Vit. D₃- Produktion für den Knochenaufbau und die Erythropoetinproduktion für die Regulierung der Erythropoese sind aufbauende Funktionen.

An anderer Stelle spricht R. Steiner^[46] von der Niere als von einem auf das Blutsystem harmonisierend wirkenden Organ. In diesem stehen sich die durch die Atmung aufgenommene Luft (Aussenwelt) und die durch Verdauung und Stoffwechsel nach eigenen Gesetzmässigkeiten (Innenwelt) umgewandelte Nahrung gegenüber. Im Herzen treffen diese beiden aufeinander, im linken Herzen wirkt der Atemstrom, im rechten Herzen der Nahrungsstrom. Die Herzfunktion ist Folge der Wechselwirkung zwischen diesen beiden Strömen^[39]. Die Niere nun wirkt harmonisierend auf diese beiden Ströme, schafft Ausgleich, wenn einer überwiegt. Damit wird eine gesunde Herzfunktion ermöglicht.

Die Herzfunktion drückt sich u.a. aus im Herzschlag, die Atmung drückt sich u.a. aus in der Atemfrequenz. Das Verhältnis von Puls zu Atemfrequenz beträgt bei einem ruhenden gesunden Menschen im Idealfalle 4:1 (72 Pulsschläge auf 18 Atemzüge). Im Pulsschlag drückt sich das Wirken des Stoffwechsel- Gliedmassen- Systems, im Atemzug drückt sich das Wirken des Nerven- Sinnes- Systems aus^[43]. Puls und Atem bilden zusammen u.a. das rhythmische System. Im rhythmischen System begegnen sich also die beiden andern Systeme, die funktionell in einem polaren Verhältnis zueinander stehen. (Weiteres über diese Dreigliederung des Menschen siehe Kapitel über

Musiktherapie). Wenn bei einer Krankheit eines dieser drei Systeme im Menschen überwiegt, dann ändert sich auch das Verhältnis von Puls zu Atem. Ueberwiegen Funktionen des Stoffwechsel- Gliedmassen- Systems, steigt der Puls - Atem- Quotient (Qp/a) über 4:1, dominieren Funktionen des Nerven- Sinnes- Systems, sinkt der Qp/a unter 4:1. Der Qp/a ist also ein Ausdruck des Masses von Gesundheit und Krankheit im Menschen^[30,43]. Dies ist durch zahlreiche Untersuchungen auf de Gebiet der Rahabilitationsphysiologie nachgewiesen, insbesondere auch was die Bedeutung des Qp/a von 4:1 als ein Funktionsoptimum anbelangt^[47,48]. Wenn nun die gesunde Herzfunktion ermöglicht wird durch eine gesunde Nierenfunktion, so wäre es auch denkbar, dass Nierenkrankheiten zu einer Aenderung des Qp/a führen, weil die aufbauende Funktion der Niere mit dem Bereich des Stoffwechsel- Gliedmassen- Systems, die abbauende Funktion mit dem Erlebnisbereich des Nerven- Sinnes- Systems im Zusammenhang steht. Durch entsprechende Therapie könnte eine Verbesserung des Puls- Atem- Quotienten in Richtung 4:1 erwartet werden, weshalb in unserer Studie neben Puls und Atemfrequenz auch der Qp/a bestimmt wurde.

Pathologie

Die Ursachen der Nierenerkrankungen werden gemäss oben Gesagtem gesehen entweder in zu schwach wirkenden Abbaukräften durch zu schwachen Astralleib, etwa beim nephrotischen Syndrom, oder in zu schwach wirkenden Aufbaukräften durch zu stark eingreifenden Astralleib, etwa bei den Glomerulonephritiden^[49]. Die bei letzteren auftretende arterielle Hypertonie wird dem zu starken Eingreifen des Astralleibes, welcher dann auch auf das Herz- Kreislaufsystem übergreift, zugeschrieben. Die bei der chronischen Niereninsuffizienz auftretende arterielle Hypertonie hingegen wird dem zugeschrieben, dass der Astralleib nur noch eine geringe Tätigkeit in der Niere ausüben kann und sie deshalb auf das Herz- Kreislaufsystem verlagert.

Bei der terminalen Niereninsuffizienz kommt es zu einem Erschlaffen des Astralleibes, dieser hat kein funktionsfähiges physisches Organ mehr für seine normale Tätigkeit. Sowohl Auf- wie Abbaufunktion der Niere fehlen.

Die bei vielen Hämodialyse- Patienten beobachtbare Herz- Kreislaufinstabilität kann als eine Folge dieses Erschlaffens des Astralleibes gesehen werden.

Auch die in unserer Studie gemachte Beobachtung, dass die HD- Patienten starken emotionalen Schwankungen, von vollständiger Gleichgültigkeit und Lethargie bis zu psychotischen Zuständen unterliegen, häufig unkonzentriert sind und an ihren

Gewohnheiten festhalten, kann nach dem Dargestellten durch die ungenügende Tätigkeit der Niere, der organischen Grundlage für die Empfindungsfähigkeit, erklärt werden. Wird diese organische Grundlage bei der chronischen Niereninsuffizienz ungenügend, kommt es auch zu einer Störung des Empfindungs- und Gefühlslebens. Auf diesen Grundlagen der Nierenpathologie basiert auch die medikamentöse Therapie in der anthroposophischen Medizin der einzelnen Erkrankungen, auf die hier nicht näher eingegangen wird^[44,49].

Die anthroposophische Musiktherapie

Die anthroposophische Musiktherapie wurde von den Aerzten Dr. med. H.-H. Engel und Dr. med. K. König, den Musikwissenschaftlern Prof. H. Pfrogner und Annie von Lange sowie der Musikerin und Musiktherapeutin Maria Schüppel in jahrzehntelanger Arbeit aus musikwissenschaftlichen, anthroposophischen (Angaben von Rudolf Steiner)^[50-53] und goetheanistischen (Goethes Tonlehre und Phänomenologie)^[54,55] Gesichtspunkten entwickelt^[23,56-58]. Die erstmals seit den 20iger Jahren bestehenden anthroposophischen Kliniken sind historisch gesehen die ersten Spitäler, in denen auch innere Erkrankungen systematisch auch mit Musiktherapie behandelt werden.

Im Unterschied zu der herkömmlichen psychotherapeutischen Musiktherapie wird in der anthroposophischen Musiktherapie mit verschiedensten Instrumenten, mit Blas-, Schlag- sowie gestrichenen und gezupften Saiteninstrumenten gearbeitet, und zwar aktiv, d.h. der Patient spielt selber das entsprechende Instrument, oder passiv indem der Musiktherapeut das Instrument spielt und der Patient zuhört: der Therapeut ist dabei in jedem Moment schöpferisch tätig, der Patient wird zu einem aktiven Zuhören angeregt, die Musik wird jedesmal am Instrument schöpferisch neu interpretiert, wobei darin der Zustand und die momentane Hörfähigkeit des Patienten berücksichtigt werden. Dem unmittelbaren Erleben und Empfinden der Musik wird für deren heilende Wirkung besondere Bedeutung beigemessen. Gearbeitet wird individuell je nach Krankheit und Indikation mit den verschiedenen Instrumenten und Gesang, mit den Tönen (jedem Organ werden Tonwirkungen zugeordnet), Intervallen, Skalen und den Grundelementen Melodie, Harmonie, Rhythmus. Mechanische Tonträger werden keine eingesetzt, analysierende Gespräche werden keine geführt. Die Betonung liegt auf dem unmittelbaren Erleben und Empfinden als solchem.

Für das Verständnis der anthroposophischen Musiktherapie ist die Dreigliederung der menschlichen Organisation wichtig^[43,50,59]: Den geisteswissenschaftlichen

Forschungsergebnissen Rudolf Steiners zeigt sich die menschliche Organisation sowohl physiologisch-organisch als auch seelisch als dreigliedert in das Nerven- Sinnes- System, das rhythmische System und das Stoffwechsel- Gliedmassen- System. Zum Nerven- Sinnes- System gehört alles, was im Menschen funktionell Sinnes- und Nervenorgan ist, zum rhythmischen System alles, was in der menschlichen Organisation in Rhythmen sich vollzieht, v.a Herz- Kreislauf- und Atmung, Schlaf- Wach - Rhythmus usw.^[30,40,60,61], zum Stoffwechsel-Gliedmassen- System alles, was im Menschen Stoffwechseltätigkeit ist. Die drei Seelentätigkeiten Denken, Fühlen und Wollen sind an sie gebunden: an das Nerven- Sinnes- System das Denken, an das rhythmische System das Fühlen, an das Stoffwechsel- Gliedmassen- System das Wollen.

Das Musikalische erlebt der Mensch in seiner Seele. Dabei wird die musikalische Harmonie rein im Fühlen erlebt, die Melodie leitet das Fühlen über in das Vorstellen, so dass die Melodie mehr im Kopfe erlebt wird. Dadurch wird der Kopf nicht nur dem Denken, sondern auch dem Fühlen zugänglich. Der Rhythmus tendiert aus dem Fühlen zum Wollen hin, macht das Wollen, und dadurch das Gliedmassen- Stoffwechsel- System dem Fühlen zugänglich^[52].

Auch die verschiedenen Musikinstrumente werden vom Menschen verschieden erlebt. Die Blasinstrumente erlebt er vor allem mit dem Kopf, dem Vorstellen, die Streichinstrumente mit der Brust, dem Fühlen, und die Schlaginstrumente mit den Gliedmassen, dem Wollen^[59].

Diese von Rudolf Steiner erwähnten Tatsachen werden in der Musiktherapie therapeutisch verwendet, weil die Krankheiten des Menschen geisteswissenschaftlich als Ungleichgewicht des Wirkens zwischen Nerven- Sinnes- System, Stoffwechsel- Gliedmassen- System und rhythmischem System gesehen werden. Die Musiktherapie schafft durch die Arbeit mit den genannten Elementen einen Ausgleich und bringt diese drei Glieder der menschlichen Organisation wieder in ein Gleichgewicht. Sie kann das, weil die Musik in der Seele erlebt wird und somit im Astralleib wirkt^[53]. Der Astralleib seinerseits formt den physischen Leib nach musikalischen Gesetzmässigkeiten^[51,62]. Deshalb ist es möglich, dass der erkrankte physische Organismus durch Musik günstig beeinflusst wird.

Nierenerkrankungen (wie z.B. die chronische Niereninsuffizienz im Rahmen unserer Studie) stellen eine Indikation für anthroposophische Musiktherapie dar. Wie im Kapitel „Die Niere aus anthroposophischer Sicht“ dargestellt wurde, ist die Niere

anthroposophisch- geisteswissenschaftlich gesehen die organische Grundlage für den Astralleib. Bei Erkrankung der Niere besteht auch eine Störung im Astralleib. Die anthroposophische Musiktherapie wirkt vom Astralleib aus, womit eine gesundende Wirkung auf die Nierenfunktion intendiert werden kann. Eine solche Wirkung zu untersuchen war Ziel unserer Studie.

In unserer Studie wurde mit allen drei Instrumentenarten gearbeitet. Begonnen wurde immer mit aktivem Spielen von Instrumenten, dann über das Hören im Wiedererkennen, sich Erinnern zum Höhepunkt des Tages geführt bis zu therapeutischen Singübungen und Singen von gewünschten Liedern. Am Schluss der Musiktherapie wurde von der Musiktherapeutin jeweils dieselbe Übung gespielt, welche von dem dem Organ Niere zugeordneten Ton ausging und in der Niere die entsprechenden Lebensprozesse bewegen sollte. Damit wurde eine Anregung der Nierentätigkeit sowie ein Ausklingen ganz in lauschender Tätigkeit angestrebt.

Dank:

Die Studie wurde finanziell durch die KIKOM und den Schweizerischen Nationalfonds (Projekt # 32-49585.96) unterstützt. Wir danken Matthias Frühwirth und Dietrich von Bonin für die Auswertung und Interpretation der HeartMan Daten.

Referenzen:

1. Daugirdas J, Todd SI: Handbook of Dialysis. Boston, Little Brown & Company, 1994.
2. Hermann U: Dialysegruppe. Ein Erfahrungsbericht; in: Decker-Voigt H, Escher J (ed): Neue Klänge in der Medizin. Musiktherapie in der Inneren Medizin. Bremen, Trialog, 1994, pp 50-54.
3. Escher J: Die Bedeutung von Musik in der modernen Medizin. Schweiz Rundschau Med Prax 1998;87:987-996.
4. Aldridge D: Music therapy research 1: A review of the medical research literature within a general context of music therapy research. The Arts In Psychotherapy 1993;20:11-35.

5. Guzzetta CE: Effects of relaxation and music therapy on patients in a coronary care unit with presumptive acute myocardial infarction. *Heart Lung* 1989;18:609-616.
6. Koger S, Chapin K, Brotons M: Is Music Therapy an Effective Intervention for Dementia? A Meta-Analytic Review of Literature. *Journal of Music Therapy* 1999;36:2-15.
7. Kumar A, Tims F, Cruess D, Mintzer M, Ironson G, Loewenstein D, Cattan R, Fernandez JB, Eisdorfer C, Kumar M: Music therapy increases serum melatonin levels in patients with Alzheimer's disease. *Alternative Therapies* 1999;5:49-57.
8. Lengdobler H, Kiessling WR: Gruppenmusiktherapie bei multipler Sklerose: Ein erster Erfahrungsbericht. *Psychother.med.Psychol.* 1989;39:369-373.
9. Vollert JO, Möckel M: Die Entwicklung therapeutischer Musik für herz- und kreislaufkranke Patienten auf der Basis physiologischer Studien. *Erfahrungsheilkunde* 1999;48:729-738.
10. Ahmad H, Brophy K, Grant GR, Brandstetter RD: Benefit of music therapy for our intensive care unit (ICU) patients [letter]. *Heart Lung* 1999;28:79-80.
11. Aldridge D: Physiological change, communication, and the playing of improvised music: some proposals for research. *The Arts In Psychotherapy* 1991;18:59-64.
12. Escher J, Evéquo D: [Music and heart rate variability. Study of the effect of music on heart rate variability in healthy adolescents]. *Schweiz Rundsch Med Prax* 1999;88:951-952.
13. Haas F, Distenfeld S, Axen K: Effects of perceived musical rhythm on respiratory pattern. *J Appl Physiol* 1986;61:1185-1191.
14. Montello L, Coons E: Effects of Active Versus Passive Group Music Therapy on Preadolescents with Emotional, Learning, and Behavioral Disorders. *Journal of Music Therapy* 1998;35:49-67.

15. Spintge R, Droh R: Musik Medizin: Physiologische Grundlagen und praktische Anwendungen. Stuttgart, Jena, New York, Gustav Fischer Verlag, 1992.
16. van der Molen M, Somsen R, Jennings J: Does the heart know what the ears hear? A heart rate analysis of auditory selective attention. *Psychophysiology* 1996;33:547-554.
17. Vincent S, Thompson JH: The effects of music upon the human blood pressure. *The Lancet* 1929;1:534-537.
18. Escher J, Höhmann U, Wasem C: [Music therapy and internal medicine]. *Schweiz Rundsch Med Prax* 1993;82:957-963.
19. Barnason S, Zimmerman L, Nieveen J: The effects of music interventions on anxiety in the patient after coronary artery bypass grafting. *Heart Lung* 1995;24:124-132.
20. Kaufmann M: [The value of music in postoperative care]. *Schweiz Rundsch Med Prax* 1999;88:953-955.
21. Müller-Busch H: Schmerz und Musik: Musiktherapie bei Patienten mit chronischen Schmerzen. *Praxis der Musiktherapie* ed. Stuttgart; Jena; Lübeck; Ulm, 1997.
22. Updike P: Music Therapy Results for ICU Patients. *Dimension of critical care nursing* 1990;9:39-45.
23. Reinhold S: Anthroposophische Musiktherapie: Eine Hinführung. Soziale Hygiene. Verein für anthroposophisch erweitertes Heilwesen (ed), Stuttgart, 1996.
24. Ruland H: Musik als erlebte Menschenkunde. Stuttgart; New York, Gustav Fischer, 1990.
25. Moser M: HeartMan: Benutzerhandbuch Version 2. Physiologisches Institut der Universität Graz, 1997.
26. Pelzer M, Hafner D: Minimal internal length for safe determination of short-term heart rate variability. *Zeitschrift für Kardiologie* 1995;84:986-994.

27. Engelke P, Bettermann H, Heckmann C, van Leeuwen P, Kümmell H: Die Registrierung der Atemfrequenz aus der Respiratorischen Sinus-Arrhythmie. *Biomedizinische Technik* 1996;41:319-323.
28. Moser M, Lehofer M, Sedminek A, Lux M, Zapotoczky H, Kenner T, Noordergraaf A: Heart rate variability as a prognostic tool in cardiology. A contribution to the problem from a theoretical point of view. *Circulation* 1994;90:1078-1082.
29. Task force of the European Society of Cardiology and the North American Society of Pacing and Electrophysiology: Heart Rate Variability. *Circulation* 1996;93:1043-1065.
30. Moser M, Frühwirth M, von Bonin D, Cysarz D, Penter R, Heckmann C, Hildebrandt G: Das autonome Bild als Methode zur Darstellung der Rhythmen des menschlichen Herzschlags; in Heusser P (ed): *Akademische Forschung in der anthroposophischen Medizin*. Bern, Verlag Peter Lang, 1999, vol 3, pp 207-223.
31. Hobi V: *Basler Befindlichkeits-Skala (BBS)*. Beltz Test ed. Weinheim, Beltz Test Gesellschaft, 1985.
32. Uehlinger D, Keen M, Gotch F: Patient survival with shorttime high flux dialysis therapy. *J Am Soc Nephrol* 1993;4:392-392. Abstract.
33. Steiner R: *Grundlinien einer Erkenntnis der Goetheschen Weltanschauung (1886)*. Dornach/Schweiz, Rudolf Steiner Verlag, 1979.
34. Steiner R: *Wie erlangt man Erkenntnisse der höheren Welten? (1909)*. Dornach/Schweiz, Rudolf Steiner Verlag, 1982.
35. Steiner R: *Theosophie (1904)*. Dornach/Schweiz, Rudolf Steiner Verlag, 1987.
36. Steiner R: *Anthroposophie - eine Zusammenfassung nach einundzwanzig Jahren (1927)*. Dornach/Schweiz, Rudolf Steiner Verlag, 1994.
37. Wegman I, Steiner R: *Grundlegendes für eine Erweiterung der Heilkunst nach geisteswissenschaftlichen Erkenntnissen (1925)*. Dornach/Schweiz, Rudolf Steiner Verlag, 1977.

38. Steiner R: Eine okkulte Physiologie (1927). Vortrag vom 24.3.1911.
Dornach/Schweiz, Rudolf Steiner Verlag, 1991, p 96.
39. Steiner R: Geisteswissenschaft und Medizin (1937). Vortrag vom 22.3.1920.
Dornach/Schweiz, Rudolf Steiner Verlag, 1976, p 35ff.
40. Rohen J: Funktionelle Anatomie des Menschen. Stuttgart, New York, Schattauer,
1994.
41. Schmidt R, Thews G, Lang F: Physiologie des Menschen. Berlin, Springer-
Verlag, 2 A.D.
42. Steiner R: Geisteswissenschaft und Medizin (1937). Vortrag vom 1.4.1920.
Dornach/Schweiz, Rudolf Steiner Verlag, 1976, p 233.
43. Steiner R: Physiologisch-Therapeutisches auf Grundlage der Geisteswissenschaft
(1965). Vortrag vom 27.10.1922. Dornach/Schweiz, Rudolf Steiner
Verlag, 1989, p 110.
44. Steiner R: Anthroposophische Menschenerkenntnis und Medizin (1971). Vortrag
vom 17.7.1924. Dornach/Schweiz, Rudolf Steiner Verlag, 1982, p 157.
45. Husemann F, Wolff O: Das Bild des Menschen als Grundlage der Heilkunst.
Stuttgart, Verlag Freies Geistesleben, 1993.
46. Steiner R: Eine okkulte Physiologie (1927). Vortrag vom 23.3.1911.
Dornach/Schweiz, Rudolf Steiner Verlag, 1991, p 76.
47. Akademische Forschung in der Anthroposophischen Medizin. Bern, Peter Lang,
1999.
48. Hildebrandt G: Physiologische Grundlagen der Hygiogenese; in: Heusser P, (ed):
Akademische Forschung in der Anthroposophischen Medizin. Bern, Peter
Lang, 1999, pp 57-82.
49. Wegman I: Nierenpathologie und -therapie im Lichte der anthroposophischen
Menschenerkenntnis. Beiblatt der Zeitschrift "Natura" 3/1931.

50. Steiner R: Anthroposophische Menschenerkenntnis und Medizin (1971). Vortrag vom 21.7.1924. Dornach/Schweiz, Rudolf Steiner Verlag, 1982
51. Steiner R: Das Zusammenwirken von Aerzten und Seelsorgern (1973). Vortrag vom 9.9.1924. Dornach/Schweiz, Rudolf Steiner Verlag, 1984.
52. Steiner R: Das Wesen des Musikalischen und das Tonerlebnis im Menschen. Vorträge vom 7. und 8.3.1923. Dornach/Schweiz, Rudolf Steiner Verlag, 1989.
53. Steiner R: Kunst im Lichte der Mysterienweisheit. Vortrag vom 29.12.1914. Dornach/Schweiz, Rudolf Steiner Verlag, 1990.
54. Der Briefwechsel zwischen Goethe und Zelter. M. Hecker (ed). Leipzig, Insel, 1913.
55. Goethes Werke. Weimarer Ausgabe II. Abtheilung, Goethes Naturwissenschaftliche Schriften. 1891. vol 11, p 287.
56. Engel H: Musikalische Anthropologie. Dornach, Medizinische Sektion am Goetheanum, 1999.
57. Jacobs R: Zur Indikationsfrage anthroposophisch-orientierter Musiktherapie. Der Merkurstab 1995;3:255-260.
58. Jacobs R: Ueber die Wirkungen der Musik. Der Merkurstab 1996;5:393-399.
59. Steiner R: Von Seelenrätseln (1917): Die physischen und die geistigen Abhängigkeiten der Menschen-Wesenheit. Dornach/Schweiz, Rudolf Steiner Verlag, 1983.
60. Hildebrandt G, Moser M, Lehofer M: Chronobiologie und Chronomedizin - kurzgefasstes Lehr- und Arbeitsbuch. Stuttgart, Hippokrates, 1998.
61. Rohen J, Lütjen-Drecoll E: Funktionelle Histologie. Stuttgart, New York: Schattauer, 1996.

62. Steiner R: Meditative Betrachtungen und Anleitungen zur Vertiefung der Heilkunst (1967). Vortrag vom 22.4.1924. Dornach/Schweiz: Rudolf Steiner Verlag, 1987, p 167.

Tabellen

Tabelle 1: Alter, Geschlecht, Diagnosen, Dauer der Niereninsuffizienz sowie der Dialysetherapie der neun teilnehmenden Patienten. In der Spalte rechts aussen ist die Einteilung in responders und non responders ersichtlich.

Patientennummer	Alter in Jahren	Geschlecht	Grunderkrankung und wichtigste Nebendiagnosen	Dauer der NI in Jahren	Dauer der Dialyse in Jahren	Responder / Non-Responder
1	75	w	Analgetikanephropathie	35	15	Responder
2	76	m	Nephroangiosklerose Koronare und hypertensive Kardiopathie, Diabetes mellitus Typ II	19	6	Non-Responder
3	81	m	Nephroangiosklerose mit Schrumpfnieren bds. Pacemaker VVIR Metronic Cappa 6/98	10	0.08	Responder
4	77	w	chron. Pyelonephritis bds., akutes Nierenversagen 1995 arterielle Hypertonie, Kardiopathie bei Vorhofseptumdefekt	22	3	Responder
5	27	w	HELLP-Syndrom / Präeklampsie mit akuter Niereninsuffizienz bei bilateraler Nierenrindennekrose Kardiomyopathie	0.8	0.8	Non-Responder
6	77	m	Nephroangiosklerose bei art. Hypertonie		1	Responder
7	69	w	Analgetikanephropathie paroxysmale supraventrikuläre Tachykardie	20	3	Non-Responder
8	61	w	autosomal-dominante polyzystische Nephropathie, arterielle Hypertonie	14	0.66	Non-Responder
9	88	m	Schrumpfnieren bds. unklarer Ätiologie		3	Responder

Tabelle 2: Der zeitliche Ablauf der Studie: Verteilung der Perioden mit und ohne Musiktherapie in den beiden Gruppen.

Gruppe I	(1)	MT (2)	(3)	MT (4)	(5)	
Gruppe II		(1)	MT (2)	(3)	MT (4)	(5)
Monate	November	Dezember	Januar	Februar	März	April

Musiktherapie
 Leermessungen
 keine Messungen
 (): Periodennummer

Tabelle 3: Verlauf der Vitalparameter unter anthroposophischer Musiktherapie

Periode	1	2	3	4	5	
Therapie	keine MT	aMT	keine MT	aMT	keine MT	
Alle Patienten (N=9)						
Blutdruck vor HD, mmHg	151/74 (26/10)	155/74 (25/9)	160/76 (19/10)	154/73** (14/13)	154/77 (19/15)	Formatiert: Block
nach aMT ⁺	135/66** (16/8)	146/69 (15/10)	145/73 (14/11)	145/69** (17/12)	152/76** (9/8)	Formatiert: Block
nach HD	149/69** (14/7)	149/72 (18/9)	150/72** (17/10)	156/73 (19/10)	163/77** (14/12)	Formatiert: Block
Puls vor HD, min ⁻¹	68 (11)	66 (11)	68 (12)	68 (12)	75 (14)	Formatiert: Block
nach aMT ⁺	65 (9)	64 (10)	68 (9)	68 (9)	72 (10)	Formatiert: Block
nach HD	69 (12)	66 (12)	72** (10)	72 (11)	75 (11)	Formatiert: Block
Atemfrequenz vor HD, min ⁻¹	20 (3)	20 (3)	21 (4)	19 (3)	19 (2)	Formatiert: Block
nach aMT ⁺	19 (2)	18 (2)	19 (3)	18 (2)	17** (2)	Formatiert: Block
nach HD	20 (2)	20 (2)	20 (3)	18 (2)	19 (2)	Formatiert: Block
Responders (N=5)						
Blutdruck vor HD, mmHg	159/73 (30/13)	158/71 (27/10)	163/71 (19/10)	156/66** (18/9)	154/71 (23/15)	Formatiert: Block
nach aMT ⁺	138/60** (19/5)	153/64 (16/8)	147/69 (7/12)	147/62** (20/10)	152/70** (9/6)	Formatiert: Block
nach HD	151/65** (17/3)	155/69 (16/7)	153/66** (20/7)	161/69 (24/10)	162/69** (14/7)	Formatiert: Block
Puls vor HD, min ⁻¹	67 (9)	65 (9)	64 (14)	63 (10)	73 (11)	Formatiert: Block
nach aMT ⁺	63 (9)	64 (8)	65 (10)	65 (10)	72 (13)	Formatiert: Block
nach HD	64 (8)	62 (7)	65** (3)	66 (9)	70 (10)	Formatiert: Block
Atemfrequenz vor HD, min ⁻¹	20 (4)	20 (2)	21 (5)	20 (4)	19 (2)	Formatiert: Block
nach aMT ⁺	19 (2)	19 (2)	20 (3)	19 (2)	19** (2)	Formatiert: Block
nach HD	20 (2)	20 (3)	21 (3)	19 (2)	19 (2)	Formatiert: Block
Non-Responders (N=4)						
Blutdruck vor HD, mmHg	140/76 (17/5)	151/79 (24/8)	154/83 (21/4)	152/82** (10/11)	155/85 (17/11)	Formatiert: Block
nach aMT ⁺	131/72** (11/7)	138/76 (11/10)	143/78 (21/7)	143/78** (15/7)	152/83** (11/5)	Formatiert: Block
nach HD	147/75** (12/5)	142/75 (20/11)	148/80** (14/7)	150/78 (12/7)	164/87** (16/9)	Formatiert: Block
Puls vor HD, min ⁻¹	71 (15)	67 (15)	73 (9)	75 (12)	77 (18)	Formatiert: Block
nach aMT ⁺	66 (11)	64 (13)	73 (6)	73 (7)	71 (5)	Formatiert: Block
nach HD	75 (15)	71 (15)	80** (8)	79 (8)	81 (12)	Formatiert: Block
Atemfrequenz vor HD, min ⁻¹	19 (3)	20 (3)	21 (3)	18 (1)	18 (1)	Formatiert: Block
nach aMT ⁺	19 (3)	17 (1)	18 (1)	17 (2)	16** (1)	Formatiert: Block
nach HD	20 (1)	20 (2)	19 (2)	18 (1)	18 (1)	Formatiert: Block
Die Werte entsprechen dem Mittelwert (SD).						
* verglichen mit dem entsprechenden Zeitpunkt ohne aMT in den Perioden, in denen keine Musiktherapie durchgeführt wurde.						
**: P < 0.05 verglichen zwischen Responders und Non-Responders						

Figur 1

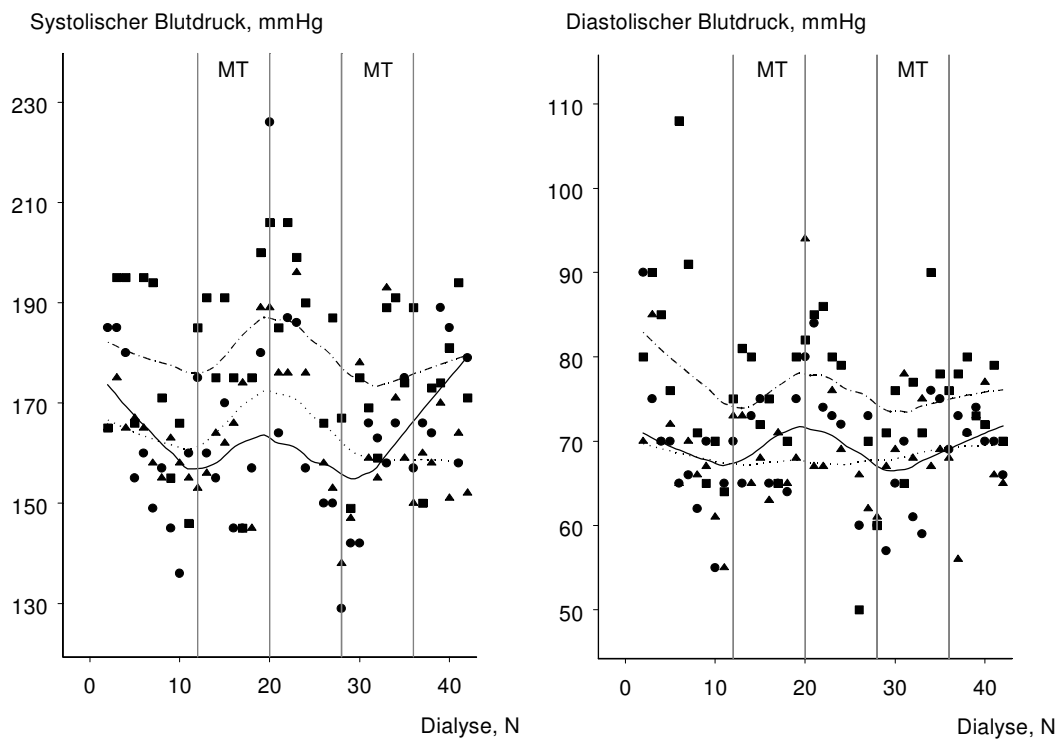
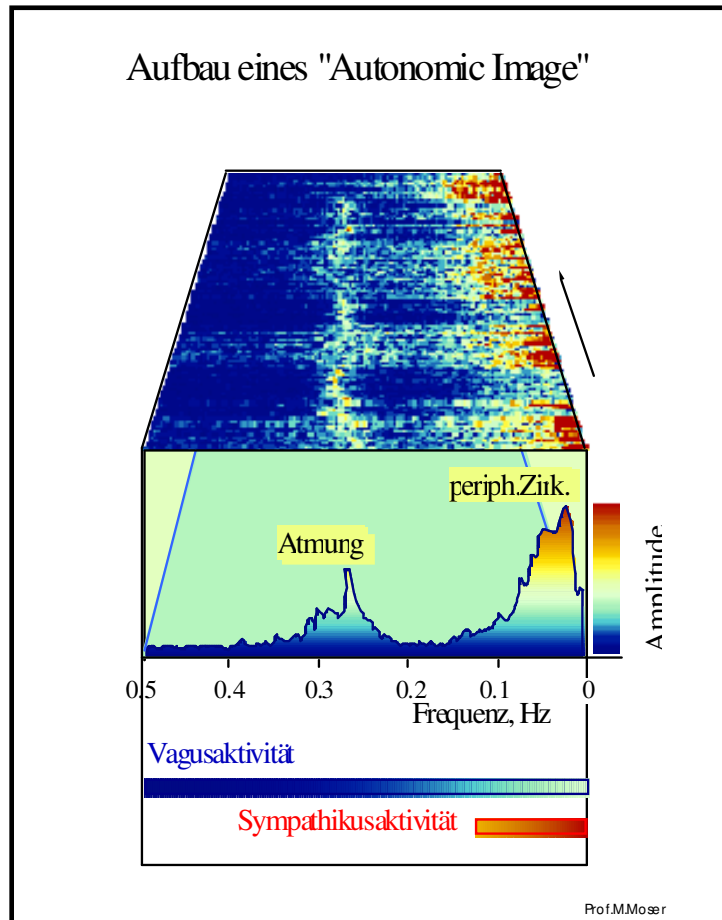


Bild 1



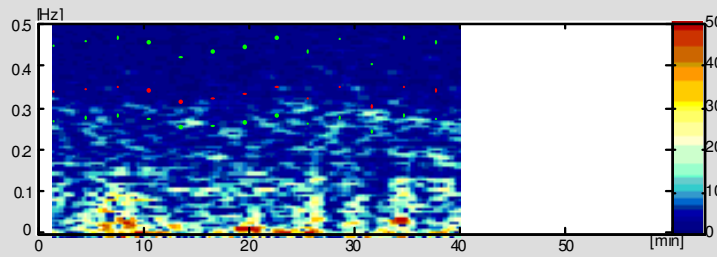


Abb. 1
Patientin mit HELLP-Syndrom.
(Nr. 5 in Tab. 1)
Ohne Musiktherapie.
Schlecht abgegrenzte Atemaktivität in der HRV

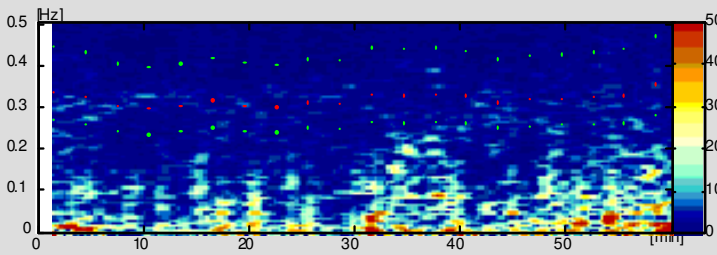


Abb. 2
Gleiche Patientin
(Nr. 5 in Tab. 1) in erster Musiktherapieperiode.
Deutlicher abgegrenzte Atemaktivität in der HRV.

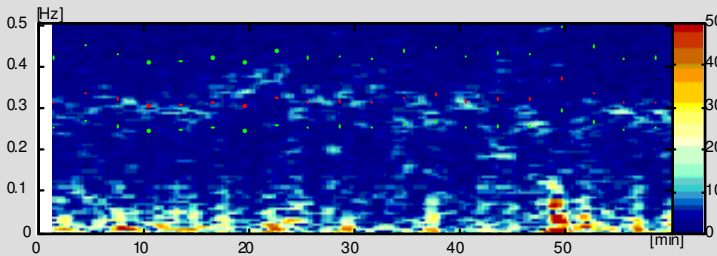


Abb.3
Gleiche Patientin
(Nr. 5 in Tab. 1) in zweiter Musiktherapieperiode.
Klar abgegrenzte Atemaktivität in der HRV.
Qp/a häufig 4:1.

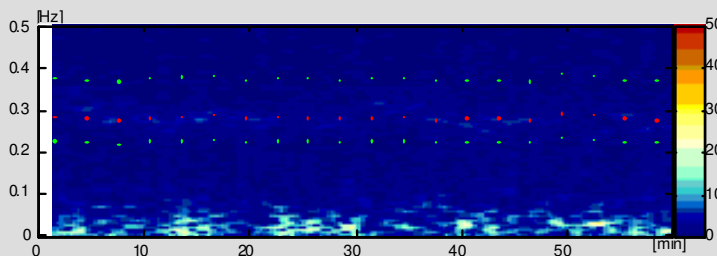


Abb. 4
Patientin (Nr. 8 in Tab. 1)
mit α - und β - Blocker.
Weitgehend fehlende Sympathicusaktivität.

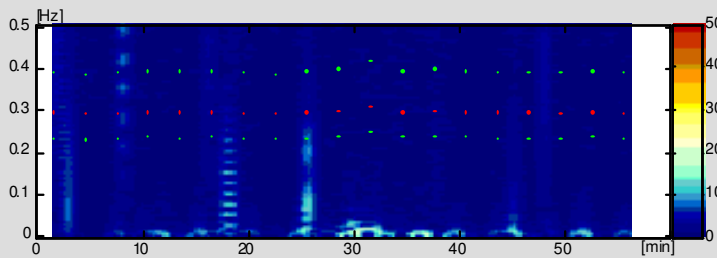


Abb.5
Patient (Nr. 3 in Tab. 1)
mit Herzschrittmacher.
Unter Musiktherapie geringe Sympathicusaktivität

Bild 2

Legenden

Bild 1:

Aufbau eines autonomen Bildes (AI): Jede Zeile ist das Ergebnis einer Frequenzanalyse (Mitte) einer Zeitreihe, z.B. einer Herzschlagfolge. Die Amplitude des Signals wird farbig kodiert. Zeile für Zeile wird das Bild zusammengesetzt und eine zeitvariante Darstellung aller in der Herzschlagfolge enthaltener Rhythmen resultiert^[30].

Bild 2:

Die Abbildungen 1-5 zeigen die im Text erwähnten Beispiele autonomer Bilder