

Hasselbach, Jutta von

100 Jahre "Physiologic Turn" in der Streichinstrumentalpädagogik

Schläbitz, Norbert [Hrsg.]: *Interdisziplinarität als Herausforderung musikpädagogischer Forschung.*

Essen : Die Blaue Eule 2009, S. 239-262. - (Musikpädagogische Forschung; 30)



Quellenangabe/ Reference:

Hasselbach, Jutta von: 100 Jahre "Physiologic Turn" in der Streichinstrumentalpädagogik - In:

Schläbitz, Norbert [Hrsg.]: *Interdisziplinarität als Herausforderung musikpädagogischer Forschung.*

Essen : Die Blaue Eule 2009, S. 239-262 - URN: urn:nbn:de:0111-pedocs-251399 - DOI:

10.25656/01:25139

<https://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:0111-pedocs-251399>

<https://doi.org/10.25656/01:25139>

in Kooperation mit / in cooperation with:



<http://www.ampf.info>

Nutzungsbedingungen

Gewährt wird ein nicht exklusives, nicht übertragbares, persönliches und beschränktes Recht auf Nutzung dieses Dokuments. Dieses Dokument ist ausschließlich für den persönlichen, nicht-kommerziellen Gebrauch bestimmt. Die Nutzung stellt keine Übertragung des Eigentumsrechts an diesem Dokument dar und gilt vorbehaltlich der folgenden Einschränkungen: Auf sämtlichen Kopien dieses Dokuments müssen alle Urheberrechtshinweise und sonstigen Hinweise auf gesetzlichen Schutz beibehalten werden. Sie dürfen dieses Dokument nicht in irgendeiner Weise abändern, noch dürfen Sie dieses Dokument für öffentliche oder kommerzielle Zwecke vervielfältigen, öffentlich ausstellen, aufführen, vertreiben oder anderweitig nutzen.

Mit der Verwendung dieses Dokuments erkennen Sie die Nutzungsbedingungen an.

Terms of use

We grant a non-exclusive, non-transferable, individual and limited right to using this document.

This document is solely intended for your personal, non-commercial use. Use of this document does not include any transfer of property rights and it is conditional to the following limitations: All of the copies of this documents must retain all copyright information and other information regarding legal protection. You are not allowed to alter this document in any way, to copy it for public or commercial purposes, to exhibit the document in public, to perform, distribute or otherwise use the document in public.

By using this particular document, you accept the above-stated conditions of use.

Kontakt / Contact:

peDOCS

DIPF | Leibniz-Institut für Bildungsforschung und Bildungsinformation

Informationszentrum (IZ) Bildung

E-Mail: pedocs@dipf.de

Internet: www.pedocs.de

Mitglied der


Leibniz-Gemeinschaft

Musikpädagogische Forschung

Norbert Schläbitz
(Hrsg.)

Interdisziplinarität als Herausforderung musikpädagogischer Forschung



Themenstellung: Die Tagung des Arbeitskreises Musikpädagogische Forschung in Paderborn im Jahr 2008 hat sich des Themas der Interdisziplinarität in der Musikpädagogik, die den operativen Normalfall für das Fach darstellt, angenommen. Die versammelten Aufsätze zeigen, wie vielfältig das Zusammenspiel von *Musik → Pädagogik → Nachbarwissenschaften* im Kontext des Forschens ist: Die Aufsätze in diesem Band setzen sich zum einen mit der Interdisziplinarität des Faches selbst auseinander und liefern solchermaßen eine theoretische Reflexion eigenen Tuns. Die Aufsätze führen zum anderen an Forschungsprojekten vor, was es konkret heißt, interdisziplinär zu arbeiten. In den Blick gerät über das Nachdenken interdisziplinärer Forschung einerseits und dem Vorstellen konkreter Forschungsprojekte andererseits auch die methodische Bandbreite: Empirisch-experimentelle Forschung mit einem quantitativen Ansatz zeigt sich in dem Band genauso vertreten wie qualitative Forschung, und mitunter werden beide Forschungsansätze im Zusammenklang vorgeführt.

Der Herausgeber: Norbert Schläbitz, Jg. 1959, Medientheoretiker und Musikpädagoge. Studium Lehramt Sek II/I (Deutsch/Musik). 1984-1992 Filmmusikkomponist. Schuldienst. Promotion. Habilitation. Mitarbeit bis 2004 im Bundesfachausschuss „Musik und Medien“ des Deutschen Musikrates und seit 2005 im Vorstand des AMPF. Seit 2004 o. Professor für Musikdidaktik am Institut für Musikwissenschaft und Musikpädagogik an der Westfälischen Wilhelms-Universität Münster. Forschungsschwerpunkte: „Neue Medien und Musik“, „Neue Lernformen im Musikunterricht“. Herausgeber der Reihe „EinFach Musik – Unterrichtsmodelle“ (Schöningh).

Inhalt

Norbert Schläbitz:

Obligat - Interdisziplinarität 7

Marie Luise Schulten, Kai Lothwesen:

Musikpädagogik und Systematische Musikwissenschaft. Beziehungen der Disziplinen aus fach- und forschungshistorischer Perspektive 13

Stefanie Rhein, Renate Müller:

Auf dem Weg zu einer Musikpädagogischen Jugendsoziologie 31

Lars Oberhaus:

„ ... an den Fransen erkennt man das Gewebe“ 49

Alexander Cvetko, Daniel Meyer:

Problemlösen im Musikunterricht – Interdisziplinarität als Ausgangspunkt für eine kompetenzorientierte Perspektive 67

Susanne Naacke, Andreas Lehmann-Wermser:

MUKUS – Studie zur musisch-kulturellen Bildung an Ganztagschulen. Qualitative Fallstudien 97

Sonja Nonte, Andreas Lehmann-Wermser:

Musisch-kulturelle Bildung in der Ganztagschule 125

Immanuel Brockhaus, Bernhard Weber

Inside the cut. Wahrnehmen digitaler Schnittmuster in populärer Musik 147

Michael Ahlers:

Zur Relevanz des Faktors Usability: Ergebnisse zur Bewertung der Ergonomie von Benutzerschnittstellen ausgewählter Sequenzer-Programme aus Schülersicht 153

Anja Herold:

„... wie ein Stau auf der Autobahn ...“. Lust und Frust beim Instrumentalspiel – Abbrüche und Umbrüche im musikalischen Werdegang 173

Jutta Möhle:

Entwicklungsbegleitung durch Instrumentalunterricht bei Grundschulkindern mit chronischer Erkrankung – Eine Studie am Fallbeispiel 213

Jutta von Hasselbach:

100 Jahre ‚*Physiologic Turn*‘ in der Streichinstrumentalpädagogik 239

Franziska Olbertz:

Musikalische Hochbegabung und ihre Beziehungen zu anderen Fähigkeitsbereichen 263

Christiane Liermann:

Auswirkungen des Zentralabiturs auf die Individualkonzepte von Musiklehrerinnen und Musiklehrern 283

Constanze Rora

Erzähltheoretische Perspektiven auf das musikpädagogische Problem des Sprechens über Musik 309

Kerstin Wilke

„Jungen machen doch keine Mädchensachen“. Musikpräferenzen von Grundschulkindern als Mittel zur Konstruktion von Geschlechtlichkeit 323

Herbert Bruhn

Einsatz von Musiktests in der empirischen Forschung 351

JULIA VON HASSELBACH

100 Jahre ‚*Physiologic Turn*‘ in der Streichinstrumentalpädagogik

Eine Bestandsaufnahme

Bedeutende ‚*turns*‘ in Bezugs-Disziplinen hatten stets eine übergreifende Wirkung auf die Instrumentalpädagogik. So hat beispielsweise die kognitive Wende in der Psychologie oder später die erkenntnistheoretische Wende zum Konstruktivismus Auffassungen von Lernen auch in der Instrumentalpädagogik nachhaltig beeinflusst. In diesem Sinne möchte ich insbesondere in Bezug auf die Streichinstrumentalpädagogik von einem ‚*Physiologic Turn*‘, einer bahnbrechenden Wende hin zur empirischen Bearbeitung physiologischer Forschungsfragen zu Beginn des 20. Jh.s sprechen – wenn auch nicht direkt ‚in‘ der Disziplin Instrumentalpädagogik, so doch zumindest auch ‚für‘ die Instrumentalpädagogik durch Forschungsergebnisse aus anderen Disziplinen wie der Medizin und der Biomechanik. Inwieweit sich diese Wende in der Forschung jedoch auch in der fachdidaktischen Literatur und in der Praxis des Unterrichts ausgewirkt hat, ist eine weitgreifende Frage, die hier nur in Form eines Rückbezugs auf eine Forschungsarbeit von Palac 1992 angedeutet werden kann. Im Anschluss daran wird anhand internationaler peer-reviewed Journal-Artikel¹ exemplarisch dargestellt, welchen Stand die Erforschung des Streichinstrumentspiels mittels Bewegungsanalyse in den Jahren 1994 bis 2008 erreicht hat. Anlass für diese Bestandsaufnahme bietet die Verfügbarkeit neuerer Technologien zu Beginn des 21. Jh.s, wodurch dieser ‚*turn*‘, welcher mit Hilfe opto-mechanischer Messmethoden begann, eine neue Wendung hin zur boomenden digitalisierten dreidimensionalen Bewegungsanalyse und multidimensionaler Signalanalyse erhielt. Eine in ihren Ergebnissen skizzierte eigene Pilotstudie soll Anregungen dazu geben, die derzeitige Fokussierung der Forschung auf medizinische Probleme um künstlerisch-pädagogische Fragestellungen und mehr Expertiseforschung zu erweitern.

¹ Nicht berücksichtigt wurden Artikel aus Zeitschriften wie *The Strad*, z. B. Winold et al. 2002, obgleich darin ein interessanter Expertise-Ansatz verfolgt wird.

1 Ausgangslage

Ihren historischen Anfang nahm die empirische Erforschung der „*Physiologie der Bogenführung auf den Streich-Instrumenten*“ mit international anerkannten Untersuchungen des Berliner Physiologen F.A. Steinhausen aus dem Jahr 1903 (vgl. Palac 1992). Weitere Meilensteine waren die Untersuchungen des ebenfalls deutschen Physiologen Wilhelm Trendelenburg (s. Abb. 1), ab 1922 in Berlin, sowie „*Die gestaltende Dynamik der Bogenmechanik*“ von August Eichhorn² (vgl. Hopfer 1941).

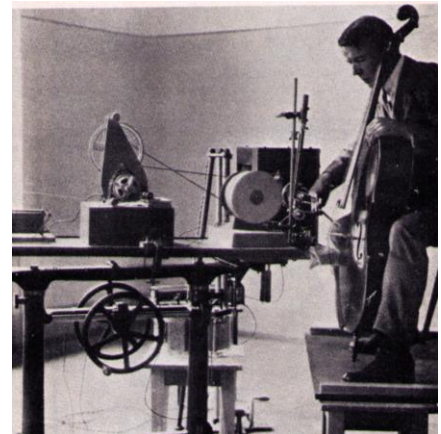


Abb. 1: Aufnahme der Saitenschwingungen am Violoncello um 1925 (Trendelenburg 1925/1974, S. 14)

Während die Erforschung der Biomechanik menschlicher Bewegungen v. a. im Sport eine kontinuierliche Entwicklung aufweist, ist in Bezug auf das Streichinstrumentenspiel um die 1980er Jahre eine längere Brache zu verzeichnen. Die Notwendigkeit der weiteren Erforschung des Streichinstrumentspiels wurde jedoch durch epidemiologische Untersuchungen seit Ende der 1980er Jahre deutlich, welche die Anteile an ausübenden MusikerInnen erfassten, die unter berufsbedingten Erkrankungen leiden. Die erstaunliche Höhe der Ergebnisse wurde durch spätere Untersuchungen bestätigt. (vgl. Fishbein et al. 1988, Fry 1988, Blum/Ahlers 1995, Zaza 1998) StreicherInnen bilden dabei eine Hochrisikogruppe. Insbesondere das professionelle Streichinstrumentenspiel beinhaltet hohe zeitliche Dauern und Intensitäten repetitiver Belastungen, die langfristig zu Erkrankungen führen können. (s. Abb. 2)

Seit Mitte der 1990er Jahre erfolgte daraufhin ein Wiederaufleben an Forschung zum Streichinstrumentenspiel in Bezug auf *Overuse Syndroms*, durch willentliche Tätigkeit ausgelöste Überbeanspruchungsbeschwerden. Mit der Gründung von Instituten für Musikergesundheit bzw. für Musikphysiologie und Musikermmedizin an Universitäten und Musikhochschulen, die sich neben Grundlagenforschung auch Fragen der präventiven Gesunderhaltung von Musikstudierenden und der Behandlung von berufsbedingten Erkrankungen widmen, wurde in vielen Ländern auf diesen Missstand reagiert. Erschwerend bei

² August Eichhorn war nach seinem Studium bei Emanuel Feuermann Solo-Cellist des Gewandhauses in Leipzig und Professor an der HfM Leipzig. Er hatte zuvor zusätzlich zu Forschungszwecken Physik, Physiologie und Anatomie studiert.

der Evaluation von Gesundheitsförderungskursen ist jedoch, dass die meisten spielbedingten Erkrankungen erst im fortgeschrittenen Berufsalter auftreten und zur aussagekräftigen Evaluation Langzeitstudien abzuwarten sind.

Die bislang aufwändigsten Studien zur Biomechanik des Violinspiels anhand digitaler dreidimensionaler Bewegungsanalyse erfolgten in den Jahren 2003 und 2004 durch ein interdisziplinäres kanadisches Forscherteam. Diese beiden Exzellenz-Zeitpunkte: Steinhäusen 1903 und Shan/Visentin 2003 markieren m. E. somit 100 Jahre Forschung zu physiologischen Vorgängen im Streichinstrumentenspiel.

Ergebnisse epidemiologischer Untersuchungen um 1988: Häufigkeit von beeinträchtigenden Beschwerden bei MusikerInnen in %
(vgl. Fishbein et al. 1988, Fry 1988)

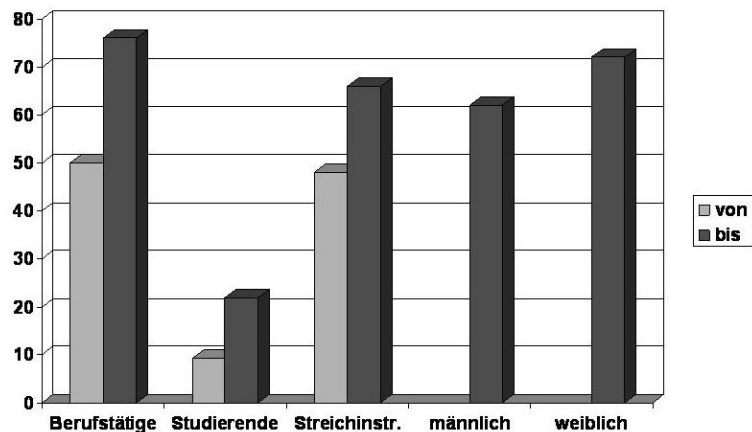


Abb. 2: Zusammenfassende Darstellung der Erfassungsergebnisse um 1988

2 Vorbemerkungen

Ein kürzlich erschienener Fallbericht der Musikermedizinerin Anke Steinmetz (Steinmetz et al. 2008) weist darauf hin, dass die Schmerzsyndrome eines Orchestergeigers mit intensiver manueller Therapie und Physiotherapie alleine nicht gelöst werden konnten. Die spielbedingten Schmerzen waren erst mit Hilfe einer gezielten Veränderung der Bewegungsmuster im Geigenspiel nachhaltig vermeidbar.

Im Bereich der Instrumentalpädagogik sind wissenschaftlich fundierte Vorstellungen von bewegungsphysiologischen Abläufen und insbesondere deren klanglichen Konsequenzen ebenso von Vorteil, wenn nicht sogar als Notwendigkeit zu bezeichnen, um Prävention leisten, Expertise gezielt fördern sowie Störungen effektiv beheben zu können. Wenn beispielsweise ein 60-jähriger Geiger (realer Fall) mit plötzlich verstärktem Bogenzittern davon bedroht ist, sein reguläres Rentenalter nicht mehr arbeitsfähig erreichen zu können, helfen gezielte Hinweise zum Bewegungsablauf, um die „klanglichen

Unfälle' zu vermeiden. Auch wenn es sich dabei nicht um behandlungsbedürftige körperliche Schmerzen handelt, so ist dies doch ein musikalisches ‚Aus‘ im Orchesterberuf und die Erhaltung von weiteren fünf Jahren Arbeitsfähigkeit ein erheblicher wirtschaftlicher und seelischer Faktor. Aber auch spielbedingte körperliche Erkrankungen und psychischer Spielstress können von InstrumentalpädagogInnen ursächlich beeinflusst und vermieden werden. Dieses interdisziplinäre Forschungsfeld ist m. E. von ganz besonderem Interesse.

Die US-amerikanische Geigerin und Musikpädagogin Judith Ann Palac³ unternahm 1992 den Versuch, wissenschaftliche und pädagogische Literatur zur Bogenführung im Violinspiel ab dem Erscheinungsjahr 1903 nach dem multidimensionalen Bewegungsanalysemodell von Higgins 1977 vergleichend zu analysieren. Ihr Ziel war es, GeigenlehrerInnen mit körpergerechten Richtlinien gemäß aktueller Forschungsergebnisse zu unterstützen, damit diese ihre Vorstellungen von Bogentechnik eigenständig wissenschaftlich fundiert bilden und analysieren können. Palac bestätigt mit ihrer Analyse, dass die in ausführlichen Monografien dargelegten Forschungsergebnisse von Wissenschaftlern des 20. Jh.s mit den zur Erscheinungszeit 1992 als gültig erachteten Prinzipien menschlicher Bewegung noch immer weitgehend übereinstimmen. Eine Inhaltsanalyse von 1. wissenschaftlichen Studien und 2. pädagogischer Literatur von LehrerInnen mit Kenntnis wissenschaftlicher Studien sowie 3. pädagogischer Literatur von LehrerInnen weitestgehend ohne Kenntnis wissenschaftlicher Studien ergab, dass PädagogInnen der Gruppe 2 häufiger eine ‚Bogenarm-Pädagogik‘ entwickelt haben, die mit den Prinzipien menschlicher Bewegung kompatibel ist, als PädagogInnen der Gruppe 3. Am wenigsten kompatibel erwiesen sich Beschreibungen von lediglich ausübenden GeigerInnen. Palac zieht daraus den Schluss, dass violinpädagogische Arbeiten der Zukunft sich mehr mit der Entwicklung eines geeigneten *Modells zur Analyse von Bewegungen* beschäftigen sollten als mit dogmatischen Vorschriften.

Leider kann diese bemerkenswerte Studie von Palac hier nicht im Einzelnen dargestellt werden. Der Originalartikel sei zum ergänzenden Lesen empfohlen. (s. Palac 1992) Im Folgenden werden Ergebnisse aus Untersuchungen jüngerer Datums zu dieser ‚Wissensbasis‘ in Bezug gesetzt und diskutiert.

³ Judy Palac ist *Associate Professor* an der *Michigan State University* und Leiterin des dortigen *Musicians' Wellness Team*, eine Kooperation von ExpertInnen für Ausbildung, Forschung, Prävention und klinische Evaluation. Die MSU war im Bereich der Lehrerausbildung zehn Jahre lang in Folge auf Platz 1 im *USA college ranking* (1995-2004).

3 Auf der Suche nach einer normativen Datenbasis

1994 veröffentlichten **Tulchinsky/Riolo** (USA) den ersten Versuch einer quantitativen Studie anhand zweidimensionaler Videoanalyse. Die biomechanische Analyse der Bogenarmbewegungen sollte den Startschuss setzen für eine sukzessive Etablierung einer normativen Datenbasis zur Evaluation der Bewegungen erkrankter GeigerInnen. Bei neun unverletzten professionellen Geigerinnen (9w/0m) wurde die Auslenkung im Ellbogengelenk (ROM) und die vertikale Lageveränderung des Ellbogens in der sagittalen Ebene gemessen. Die Unterschiede in den Ausprägungen der gezeigten Ellbogengelenkwinkel waren überraschend groß. Alle Probandinnen zeigten jedoch dasselbe Bewegungsmuster: eine auffällige Bewegungsrichtungsumkehr in Bezug auf Flexion/Extension im Ellbogengelenk etwa im Bereich des Bogenschwerpunkts, so dass die maximale Flexion jeweils in der Nähe des Schwerpunkts gemessen werden konnte.

Die Werte bewegen sich insgesamt innerhalb der normativen Daten für den Umfang von Alltagsbewegungen (nach Morrey et al. 1981). Das Geigenspiel führt also nicht zu gefährlichen Grenzstellungen des Ellbogengelenks. Das beobachtete Bewegungsmuster wurde auf mögliche Ursachen hin untersucht: Ein mäßiger jedoch nicht signifikanter Zusammenhang bestand zwischen der Ausprägung der Extensions-Bewegung am Frosch und der Armlänge der Probandinnen. Eine mäßige Korrelation bestand zum Heben der Schulter und eine hohe Korrelation zur vertikalen Lageveränderung des Ellbogens in der sagittalen Ebene. Die vertikale Lageveränderung des Ellbogens korrelierte negativ mit der Gesamtauslenkung. Die Messung des Bewegungsmusters wird als erstaunliches Ergebnis dargestellt. Es sollte jedoch bereits aus der Frühzeit optomechanischer Forschung bekannt sein.

1995 folgte ein vierköpfiges Team um **Kihira** (USA) mit einem Versuch, mit Hilfe eines biaxialen flexiblen Elektrogoniometers (Winkelmessung) die Handgelenksbewegungen von GeigerInnen zu analysieren. Ihre Fragen sind rein quantitativ: Wie groß sind die gezeigten maximalen Bewegungsumfänge und wie unterscheiden sich die Werte einerseits zwischen rechtem und linkem Handgelenk und andererseits von ‚normalen‘ funktionalen Bewegungen bzw. von ‚idealen‘ Alltagsbewegungen. Die Verwendung eines lediglich biaxialen Elektrogoniometers für das Handgelenk erlaubte nur die simultane Erfassung von Flexion/Extension und radio-ulnarer Auslenkung (Ab-/Adduktion), jedoch nicht die Erfassung der Unterarmrollung. Es wird außer Acht gelassen, wie

wichtig die Unterarmrollung im funktionalen Geschehen der Bogenbewegung ist. (vgl. Steinhausen 1928, Palac 1992)

Sechs ProbandInnen (4m/2w) aus einem Berufsorchester wurden gebeten, sieben unterschiedliche Testaufgaben im Bereich zwischen pädagogischer Trockenübung, Etüde und einfachem Konzert zu spielen. Die Daten zeigen, dass die Bewegungsradien des Handgelenks im Greifarm in Abhängigkeit von den Anforderungen der gespielten Musik relativ deutlich ausgeprägt sind, wenn auch größtenteils weniger stark als in der Bogenhand. Anhand der gewonnenen Daten hätte bereits eine Vielzahl an Korrelationen zwischen der Bewegungsauslenkung und den Erfordernissen des musikalischen Materials (zu verwendende Bogenmenge, Saiten, Lagewechsel/Verkürzung der Saiten/Verschiebung der optimalen Kontaktstelle) aufgezeigt werden können. In den Ausführungen ist kein Versuch erkennbar, die Ergebnisse anhand von räumlichen und zeitlichen Nebenbedingungen des Testmaterials zu erklären.

Vier der sechs ProbandInnen litten unter Überbeanspruchungsbeschwerden. Aus instrumentalpädagogischer Sicht wäre eine naheliegende Empfehlung an die ProbandInnen mit Problemen in der Greifhand eine Reduktion der radialen Auslenkung sowie der Flexion gewesen bzw. der funktionale Einsatz von Unterarmrollung zur Entlastung der radialen Auslenkung. Im Bogenarm können die Möglichkeiten des gemischten Ausgleichs durch Handgelenk und ‚Griffgelenk‘ (flexible Fingerpositionen) genutzt werden, um eine gesundheitsfördernde Balance in der radio-ulnaren Auslenkung zu erzielen. Die Autoren dieser Studie geben als Mediziner jedoch keine sinnvollen Empfehlungen zur Veränderung der gemessenen Werte im Spiel der Betroffenen.

2002 veröffentlichten **Berque/Gray** (Scotland UK) eine Studie zum Einfluss von Nacken-Schulter-Schmerzen auf die Muskelaktivität des oberen Trapezmuskels. Dabei verglichen sie die Werte von fünf gesunden (2m/3w) mit fünf berufsbedingt erkrankten (2m/3w) professionellen GeigerInnen und BratschistInnen. Analysiert wurde die Aktivität des oberen Trapezmuskels (bilaterales Oberflächen-EMG) im Ruhetonus sowie in funktioneller Bewegung beim Spiel eines leichten Stücks und beim Spiel eines schweren Stücks. Ziel der Studie war es nachzuweisen, dass schmerzbelastete ProbandInnen eine höhere Muskelaktivität im oberen Trapezmuskel aufweisen als schmerzfreie ProbandInnen. Dies ist nicht gelungen. Eine vier-faktorielle Varianzanalyse ergab, dass schmerzfreie ProbandInnen mehr Muskelaktivität verwendeten als schmerzbelastete ProbandInnen. Schmerzfreie ProbandInnen steigerten die Muskelaktivität über die drei Test-Aufgaben signifikant. Schmerzbelastete

ProbandInnen zeigten dagegen Tendenzen zu einem höheren Ruhetonus und weniger Steigerung der Muskelaktivität. Diese Varianz war jedoch nicht signifikant. Die interindividuelle Varianz der Muskelaktivitätswerte war sehr hoch, sowohl bei den schmerzbelasteten als auch bei den schmerzfreien ProbandInnen.

Berque/Gray weisen darauf hin, dass es laut einer Studie von Palmerud et al. 1998 möglich ist, die funktionelle Belastung des oberen Trapezmuskels beim Anheben des Arms durch Verteilung auf andere Muskelpartien bis zu 33% zu reduzieren. Diese Umverteilung wurde durch Biofeedback erzielt. Die Evaluation solcher Strategien zur Entlastung des Trapezmuskels sei weitere Untersuchungen wert. Die AutorInnen räumen ein, dass nicht nur die Ausprägung der Muskelaktivität Ursache von Schmerzen sein kann, sondern auch der Innendruck der Muskulatur und die Durchblutung aufgrund der Qualität der Bewegung, ganz abgesehen von psychischem Stress, der zusätzlich zur Erhöhung der Muskelaktivität führt.

2003 wurde die erste dreidimensionale Analyse der Arm-Kinematik im Violinspiel durch das Wissenschaftler/Künstler Duo **Shan/Visentin** (Canada) veröffentlicht. Die Autoren betrachten die quantitative kinematische Beschreibung der Bewegungen im Violinspiel, hier mit Fokus auf die Arme und den Bogen, als ersten Schritt auf dem langen Weg zur Aufklärung der Ursachen von Überbeanspruchungsbeschwerden bei repetitiven Bewegungen. Acht professionelle GeigerInnen und drei Studierende (6w/5m) dienten zur Analyse der Bewegungen anhand eines zehn Segmente umfassenden biomechanischen Modells. Die 3D-Bewegungsanalyse wurde durch referenzielle Video- und Klängaufnahmen ergänzt.

Im Rahmen der musikalisch sehr eingeschränkten Testaufgabe, einer G-Dur Tonleiter über zwei Oktaven, schienen die Bewegungen des Greifarms nahezu statisch zu sein. Während für die Werte in Schulter und Ellbogen des Greifarms kinematische Charakteristiken gefunden werden konnten, waren die Bewegungen im Handgelenk des Greifarms individuell einzigartig und variierten sehr stark. Die Autoren räumen ein, dass die Ergebnisse dieser Studie mehreren Einschränkungen unterliegen, insbesondere dem Fehlen von Lagewechseln, unterschiedlichen Tempi und Bogenstricharten. Auch die Einflüsse der Fingerpositionierung auf Griffbrett und Bogen auf die kinematische Kette konnten nicht berücksichtigt werden, was bislang unerforscht ist. Eine ergänzende Beobachtung der kinetischen Vorgänge sowie der neuromuskulären Vorgänge sei nötig. Die Autoren erwarteten eine signifikante Änderung der

Greifarm-Schulterauslenkung in Abhängigkeit von der gestrichenen Saite. Dies konnte jedoch nicht bestätigt werden, obwohl viele Lehrwerke dies empfehlen bzw. untersagen. Während also Schulter und Ellbogen relativ stabil bleiben, scheinen sich unbewusste Kompensationsstrategien in den individuell unterschiedlichen Bewegungen des Greifarm-Handgelenks abzuspielen, um Saitenwechsel und Fingerpositionen auszugleichen.

Die Analyse der Bogengeschwindigkeiten konnte bestätigen, dass die Geschwindigkeiten so gleichbleibend wie möglich gehalten wurden und es eine ‚normale‘ Strategie ist, die benötigte Zeit im Bogenrichtungswechsel zu minimieren, um einen konsistenten Klang zu erzeugen. Klangliche Unregelmäßigkeiten korrespondierten mit Unregelmäßigkeiten in der Bogengeschwindigkeit.

In den Gelenken des Bogenarms wurden signifikante Unterschiede beim Spiel auf unterschiedlichen Saiten in den Werten von Schulter- und Ellbogen-Flexion/Extension festgestellt. Relativ gleichbleibend auf jeder Strichebene waren die Bewegungsumfänge aus Ab-/Adduktion der Schulter und der Schulterrotation. Auch das Handgelenk spielte auf den unterschiedlichen Saiten eine gleichbleibend wichtige Rolle. Insgesamt konnte eine sehr hohe intra-individuelle Reliabilität der Ergebnisse festgestellt werden. Dies lege nahe, in Zukunft Expertise-Studien durchzuführen, um methodische Ansätze in der Pädagogik zu verbessern, indem Schlüsselfaktoren in der Wiederholbarkeit einer Fertigkeit identifiziert werden.

Die Interpretationen und Eingeständnisse von Shan/Visentin zeugen bereits von gewinnbringend eingebrachtem künstlerischem Sachverstand. Die signifikanten Unterschiede beim Spiel auf unterschiedlichen Saiten in den Werten von Schulter- und Ellbogen-Flexion/Extension sind m. E. jedoch vor allem auf die systematisch notwendigen Kontaktstellenverschiebungen beim Spiel auf Saiten unterschiedlicher Masse und Frequenz zurückzuführen. Dies reduziert die Validität der Messungen erheblich. (vgl. Trendelenburg 1925, Hopfer 1941, Meyer 1978)

Ebenfalls **2003** veröffentlichte das Duo **Visentin/Shan** eine weitere Studie zu kinetischen Charakteristiken des Bogenarms im Violinspiel, diesmal mit Fokus auf die Muskelkräfte im Verhältnis zum gespielten Tempo. Acht professionelle GeigerInnen (5w/3m) spielten dieselbe Test-Aufgabe wie zuvor, diesmal allerdings mit Temposteigerungen. Veränderungen der Bogenmenge und Bogengeschwindigkeit zur Klangqualitätsoptimierung waren erlaubt. Es

wurde dasselbe zehn Segmente umfassende biomechanische Modell verwendet, wobei jedoch die Berechnung der Muskelkräfte durch inverse dynamische Analyse der kinematischen Daten erfolgte, d. h. Umrechnung der Gelenkmomente in Muskelkräfte. Die Quantität der Muskelkräfte wurde unter dem Einfluss von gespielter Saite und Tempo analysiert. Darüber hinaus wurde die Qualität der Muskelkräfte im Sinne von Belastungsart beachtet: war sie statisch, quasi-statisch, dynamisch, basal oder impulshaft? Auch psychologische und physikalische Bedingungen wurden beachtet.

Die Muskelkräfte in der Bogenarmschulter variierten in ihrer Quantität in Abhängigkeit von der gespielten Saite aufgrund der zu überwindenden Schwerkraft, während die Muskelkräfte in Handgelenk und Ellbogen unabhängig von der gespielten Saite waren. Je schneller gespielt wurde, desto mehr verwandelte sich die grundlegende quasi-statische Muskelkraft in allen Gelenken in eine dynamischere impulshafte Muskelkraft. Dies kann in drei Phasen eingeteilt werden: 1. steigende Anstrengung, 2. Optimierung, 3. Annäherung an die physiologischen Grenzen. Saitenwechsel modulierten die Wirkung von impulshafter Muskelkraft.

Die Bewegungs-Qualität in der Greifarmschulter schien quasi-statisch zu bleiben und die Quantitäten waren insgesamt geringer. (vgl. Shan/Visentin 2003) Dennoch sind die Verletzungsraten auf beiden Armseiten gleich hoch. (vgl. Fry 1988) Die Autoren kommen zu dem Schluss, dass quasi-statische Bewegungsqualitäten ein größeres Potenzial für Verletzungen beinhalten als dynamische Bewegungsqualitäten. Darüber hinaus regen sie zu Spekulationen darüber an, dass bestimmten Bogenführungsbedingungen ein höheres Verletzungsrisiko innewohnen könnte als anderen. Quantität und ‚Intensität‘ im Sinne von Qualität der Muskelbelastung sind nicht gleichzusetzen, sondern spielen beide eine Rolle in der Fry’schen Formel „Zeit x Intensität des Übens“ als ein Faktor, der zur Ausbildung von Überbeanspruchungsbeschwerden führen kann. (vgl. Fry 1988)

Offen bleibt die Frage, inwiefern die Spieltechnik zur Intensität der Belastung bzw. zur Entlastung beitragen kann. Ungeklärt bleibt insbesondere, wo genau Impulse für „ballistische Effekte“ (vgl. Palac 1992) gegeben werden: zentral aus der Schulter oder peripher aus dem Bereich des Handgelenks und des Unterarms? Was ist Aktion und was ist Reaktion? Die auffallende Höhe der impulshaften Kräfte im Handgelenk könnte auf periphere Impulsgebung hindeuten, was genauer zu untersuchen wäre.

2004 erweiterte sich das Duo zu einem Trio: **Shan/Visentin/Schultz** entwickelten eine hochkomplexe multidimensionale Signalanalyse mit dem Ziel einer Integration multipler Beobachtungsperspektiven. Kinematische Beschreibung, Muskelkraft-Analyse, EMG und biomechanische Modellierung wurden zur Aufklärung von Grund-Risikofaktoren zusammengefasst. Vierzehn professionelle GeigerInnen (8w/6m) spielten wiederum dieselbe Testaufgabe mit Temposteigerungen wie 2003.

Gesucht wurden kombinierte Effekte mehrerer Muskeln, die ein einziges Gelenk kontrollieren und differenzierte Effekte einzelner Muskeln, die mehrere Gelenke beeinflussen. Darüber hinaus wurden Effekte der Tiefenmuskulatur unter kinetischen Gesichtspunkten untersucht. Dies sollte gezeigt werden durch die Korrelationen zwischen EMG – Muskelkraft; Muskelkraft – Veränderung der Muskellänge; EMG – Veränderung der Muskellänge. Da die Methode der inversen dynamischen Analyse nur die Summe aller auf ein Gelenk wirkenden Muskelkräfte errechnet, kann daraus nicht auf die Aktivität einzelner Muskeln geschlossen werden. Die Arbeitsmuster einzelner Muskeln sind jedoch ein wichtiger Faktor in der Analyse von Erkrankungen. Diese Arbeitsmuster kann man in statische und dynamische unterteilen. Dies wird aufgrund der Muskellänge definiert: bleibt die Muskellänge nahezu konstant, handelt es sich um ein statisches Arbeitsmuster, unabhängig von der Intensität der Muskelkraft. Dynamische Arbeitsmuster können Muskeln verkürzen oder dehnen, unabhängig davon, ob die Muskelkraft sich verändert oder nicht. Bei Sportunfällen liegt zumeist eine impulshafte übermäßige Dehnung vor, bei Überbeanspruchungsbeschwerden (*Overuse Syndroms*) jedoch nicht.

Es wurde eine starke Interaktion zwischen einzelnen Muskeln und Muskelgruppen gefunden sowie Veränderungen in der motorischen Kontrolle bei unterschiedlichen Geschwindigkeiten. Das bereits 2003 entwickelte Drei-Phasen-Modell konnte gestützt werden: 1. steigende Anstrengung, 2. Optimierung, 3. Annäherung an die physiologischen Grenzen. Das relative Risiko von statischen gegenüber dynamischen Kräften wurde erneut bestätigt. Darüber hinaus wurden folgende Einblicke in die Arbeitsmuster von Muskeln in der kinematischen Kette von Armen und Rumpf beim Violinspiel gewonnen: Für den Bizeps und den langen radialen Handstrecker des Bogenarms konnte auf quantitativer Ebene keine funktionale Veränderung in Abhängigkeit vom gespielten Tempo festgestellt werden. Der Deltamuskel des Bogenarms zeigte jedoch deutliche Veränderungen bei erhöhtem Tempo, größere Maxima und kleinere Minima. Im Handgelenk des Bogenarms stieg die Muskelkraft mit erhöhtem Tempo dynamisch und impulshaft an. Auch im Handgelenk des

Greifarms konnte ein unregelmäßiges dynamisches Arbeitsmuster gefunden werden, dessen Kontrollfunktion jedoch nicht ohne Weiteres erkannt werden konnte. Dieses Ergebnis trat bei höherem Tempo noch stärker hervor. Obwohl die visuellen Ähnlichkeiten klar hervortreten schienen, zeigte die Berechnung der Korrelationen zwischen EMG und Gesamt-Gelenkmoment für den Deltamuskel eine erstaunliche Systematik: Je höher das Tempo, desto weniger entsprach die Muskelbelastung der gemessenen Gelenkbewegung in der Schulter.

Das Ergebnis, dass der lange radiale Handstrecker (zur Extension) keine signifikante Bedeutung im Zusammenhang mit der Handgelenksbewegung hatte, führt zu der Vermutung, dass ein anderer bzw. andere Muskeln für die Bewegung des Handgelenks mehr verantwortlich sein müssen. Dies unterstreicht die Wichtigkeit der seit Steinhausen bekannten Unterarmrollung im Spiel auf Streichinstrumenten. Bizeps und die Pronatoren-Muskelgruppe sind dabei die Antagonisten. Die Pronatoren-Muskelgruppe wurde stellvertretend mit dem Oberarmspeichenmuskel untersucht. Dieser zeigte wie zu erwarten die größte Muskel-Längenänderung von allen untersuchten Muskeln. Allerdings sinken auch seine Werte in der 3. Phase ab, so dass vermutet werden kann, dass auch er letztlich entweder durch eine Schwingung des Arms entlastet wird oder aber an der Leistungsgrenze zur statischen Verfestigung neigt, während er vorher sehr dynamisch genutzt wurde.

Die Suche nach extremen Quantitäten im Hinblick auf eine möglicherweise auftretende Überschreitung der physiologischen Grenzen im Violinspiel scheint mit dieser Studie ein Ende zu haben, denn Überbeanspruchungsbeschwerden entstehen bei Beanspruchungen von meist unter 10% der maximalen willentlichen Kontraktionsfähigkeit. Die Autoren stellen fest, dass ein basales Verständnis der ergonomischen Abläufe im Violinspiel jedoch immer noch unvollständig ist aufgrund der komplexen feinmotorischen Kontrolle. Die Grundursachen müssen vollständiger verstanden werden, um Überbeanspruchungsbeschwerden effektiv vorbeugen zu können. Die multidimensionale Signalanalyse stellt dabei eine empirische Methode dar, welcher es gelingt, Perspektiven auf externe und interne Parameter zu verbinden.

Zum Schluss sei ein Seitenblick auf eine in Deutschland durchgeführte Expertise-Studie erlaubt. Auch wenn es sich dabei um eine Untersuchung der Bewegungen im Schlagzeugspiel handelt, so ist sie doch aufschlussreich im Hinblick auf das aktuelle für künstlerische Expertise relevante Forschungs-Geschehen in Deutschland. (Die kürzlich am Freiburger Institut für Musiker-

medizin erfolgten Studien zum Einfluss der Spielposition auf die Spielbewegungen bei GeigerInnen betreffen vorwiegend medizinische und nur indirekt künstlerische Aspekte des Stehens vs. Sitzens sowie des Sitzens rechts vs. links am Notenpult.)

2008 unternahm ein Team des IfMM Hannover, **Trappe/Katzenberger/Jabusch/Altenmüller**, den Versuch, Expertise bezogene Unterschiede in den Bewegungsmustern von SchlagzeugerInnen zu finden. Zwei solistische Experten wurden mit sechs Studierenden und vier Novizen darin verglichen, wie sie Viertelnoten und Sechzehntelnoten im *forte* auf einem Drum-Pad spielen. Diese repetitiven Bewegungen wurden dreidimensional erfasst und einer vorwiegend visuellen Bewegungsanalyse unterzogen. Ausgehend von Ergebnissen früherer Studien, die belegen, dass Bewegungsstrategien bei professionellen MusikerInnen insbesondere in den distalen Gelenken individuell variieren und von den biomechanischen Eigenschaften des Bewegungsapparats sowie den physikalischen Gegebenheiten des Instruments und schließlich von den individuellen internen Repräsentationen in Bezug auf die intendierte Klanggestaltung abhängen, wurden die kinematischen Unterschiede in den drei Faktorstufen auf charakteristische Merkmale der Expertisestufe untersucht.

Zeitliche Genauigkeit des Spiels und eine nahezu perfekte Reproduzierbarkeit von Bewegungen im Sinne einer charakteristischen konsistenten Form der Flugbahnen von Arm und Stick bei wiederholten Bewegungen korrelierten mit dem Expertisestand. Im Gegensatz zu Novizen zeigten Studierende und Experten eine überwiegende Nutzung distaler Gelenke, wodurch weniger Masse bewegt werden musste. Als Ursache der Verlagerung in zentralere Gelenke bei Novizen wird vermutet, dass durch mangelnde feinmotorische Kontrollmöglichkeit der Bewegung und der bereits ausgelösten Kräfte eine Versteifung der distalen Gelenke erfolgt, wodurch die Bewegung notdürftig wenn auch unökonomisch in zentralere Gelenke wie das Ellbogengelenk verlagert werden muss. Da die Bewegungen noch nicht den physikalischen Gegebenheiten des Instruments angepasst waren, wurden sie beständig von den Rückwirkungen des Instruments gestört. Die Expertisestufe zeigte dagegen systematische Umwandlungen von kinetischer Energie in potentielle Energie, so dass nur ein sehr geringer Teil an Energie mit aktiver Muskelkraft für den nächsten Schlag hinzugefügt werden musste. Novizen zeigten ein aktives Bremsen von Rückschlagkräften statt passiver Entspannung in der Phase der Umkehr hin zum nächsten Schlag. Dieser Mechanismus ist ein wichtiger Bestandteil von Strategien der Ökonomisierung des Spiels.

4 Zur Pilot-Studie (Skizze)

2008 habe ich eine „Pilotstudie zum Vorkommen von Masseaus-gleichsschwingungen in der Bogenführung von GeigerInnen unterschiedlicher Expertisestufen“ anhand dreidimensionaler Bewegungsanalyse durchgeführt.⁴ Insgesamt wurden in Berlin zwölf StreicherInnen getestet, darunter das Spiel auf Violine, Bratsche und Cello. (s. Abb. 3)



Abb. 3: Proband am Cello mit drei Markern (CMS 20) am Bogenarm

Die digitalen Roh-Daten der Ortskoordinaten von sechs GeigerInnen wurden zur statistischen Auswertung über einen mathematischen Algorithmus operationalisiert. Eine Mischung der Streichinstrumente in der Auswertung war u. a. aufgrund des gewählten Mess-Designs nicht sinnvoll, auch wenn die Daten ähnliche Ergebnisse für andere Streichergruppen vermuten lassen, was folgende Visualisierungen in Form eines optischen Eindrucks belegen sollen. Test-Aufgabe war wie bei Shan und Visentin eine G-Dur-Tonleiter über zwei Oktaven in repetitiver Strichart, jedoch in relativ frei wählbarem Tempo. Zur Inspiration wurden 32stel-Noten vorgelegt. Die dreidimensionale Erfassung der Bewegungen im Bogenarm wurde mit dem Gerät CMS 20 der Firma Zebris Medical GmbH durchgeführt, welches zur Erfassung von Genesungsprozessen sensomotorischer Störungen im REHA-Bereich standardisiert wurde. (vgl. Hermsdörfer 2002)

⁴ Zur Durchführung dieser Pilot-Studie erhielt ich technische Unterstützung durch das Institut für Psychologie der Humboldt Universität zu Berlin, das Institut für Linguistik der Universität Potsdam sowie Software der Zebris Medical GmbH/ Isny i. Allgäu, wofür ich mich an dieser Stelle ganz herzlich bedanken möchte! Darüber hinaus danke ich sehr herzlich dem Kurt-Singer-Institut für Musiker-gesundheit Berlin für die Bereitstellung eines Raumes sowie der Universität der Künste Berlin für die Genehmigung der Durchführung dieser Pilot-Studie sowie nicht zuletzt allen ProbandInnen für ihr Engagement. Alle ProbandInnen unterzeichneten eine Informierte Einverständniserklärung (*informed consent*) zur Teilnahme an der Studie. Prospektiv danke ich Prof. Dr. Wilfried Gruhn und Prof. Dr. Albert Gollhofer für die Möglichkeit, meine Studien zum Streichinstrumentenspiel am Institut für Sport und Sportwissenschaft, Arbeitsbereich Sportmotorik, der Albert-Ludwigs-Universität Freiburg fortsetzen zu dürfen.

Die Signale von drei aktiven Ultraschallmarkern wurden mit der Software WinData (Zebris) aufgezeichnet sowie zur Synchronisation zwei Winkelvariablen simultan berechnet.

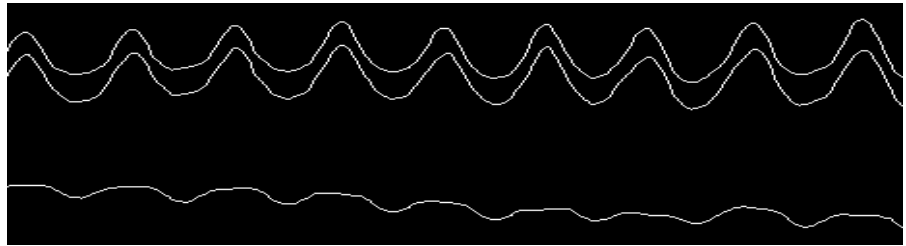


Abb. 4: Violin-Amateur

Da es im Rahmen dieser Studie um die Schwingungstendenz der Armpartien ging und nicht um exakte Positionen, genügte die Auswertung der Bewegungen in vertikaler Richtung.

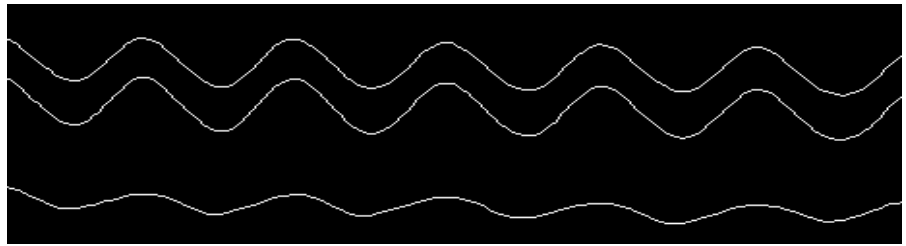


Abb. 5: Lehramt Musikstudentin

Hier sind Ausschnitte charakteristischer Z-Werte der Marker an Zeigefingerknöchel und Kleinfingerknöchel (obere Linien) und am Ellbogen (untere Linie) exemplarisch dargestellt:

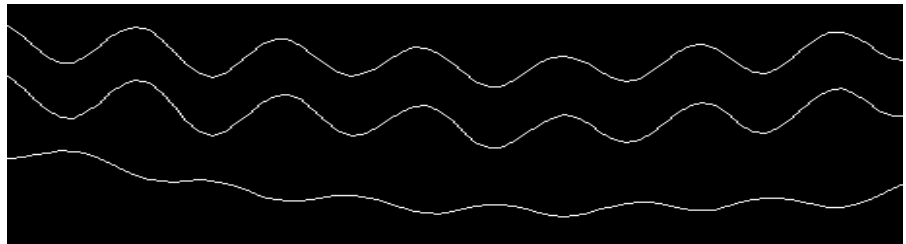


Abb. 6: Hauptfach Violine, Studentin

Die Marker am Ellbogen (Epicondylus lateralis) und an den Fingerknöcheln (MCP-Gelenke) beim Spiel des langjährig fast ungeübten Amateurs zeigen einen phasengleichen Verlauf. Leichte Dellen auf den Hügeln der Ellbogenlinie

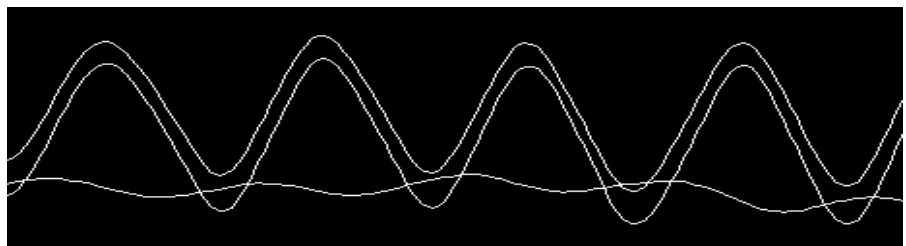


Abb. 7: Solo-Bratschist, Orchester

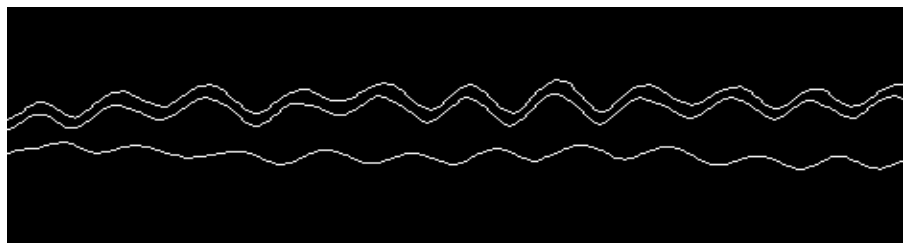


Abb. 8: Solo-Cellist, Professor

können als Versuch des Körpers gedeutet werden, in eine Masseausgleichsschwingung zu gelangen, was jedoch in ungeübter Weise verhindert wird. Dieser ‚Kampf‘ der Selbstorganisationskräfte mit der willentlichen Bewegung war in Form von Bogenzittern und klanglicher Inkonsistenz bemerkbar. Die Lehramt Musik Studierende mit Überbeanspruchungsbeschwerden der Muskulatur hat durch regelmäßiges Üben die Masseausgleichstendenzen des Körpers ‚bezwungen‘ auf Kosten der Vorteile, die eine Ökonomisierung des Kräftespiels mit sich bringt. Der Solo-Bratschist zeigte trotz fast nicht merklicher Ausprägung der Ellbogenschwingung (aufgrund einer von ihm selbst bemerkten leichten Festigkeit im Schulterbereich) bei genauerem Hinsehen bzw. Errechnen dennoch einen weitgehend gegenphasigen Verlauf. Er betonte mehrmals, dass die Qualität seines Spiels von ausgiebigem intensivem Üben abhängt. Die Studentin in künstlerischer Ausbildung und der Solo-Cellist zeigten dagegen ein nahezu spiegelbildliches gegenphasiges Muster.

Kinematische Modelle zur Bogenführung auf Streichinstrumenten wurden bislang nicht empirisch anhand von Expertisestudien überprüft. Eine Möglichkeit, die Triftigkeit eines kinematischen Modells zu stützen, ist die Überprüfung des Vorkommens einer daraus abzuleitenden Eigenschaft in unterschiedlichen Expertisestufen. Zeigen höhere Expertisestufen diese Eigenschaft in überzufällig höherer Ausprägung, klärt dies einen Teil der Varianz, hier des Erreichens bestimmter Expertisestufen, auf. Die Triftigkeit des Ausgangsmodells würde somit gestützt. Eine Beachtung dieser Eigenschaft bzw. die Vermittlung der entsprechenden Fertigkeit in der Lehre des Streichinstrumentspiels könnte folglich mit einer gewissen Wahrscheinlichkeit einen Wettbewerbsvorteil erbringen. Im Rahmen dieser Pilot-Studie wurden Studierende bzw. kürzliche AbsolventInnen der Expertise-Stufen 1. „Lehramt Musik“, 2. „Instrumentalpädagogik“ und 3. „Künstlerisches Hauptfach“ miteinander verglichen, worüber zuvor Aufnahmeprüfungskommissionen befunden hatten. Diese indirekte Einschätzung der klanglichen und künstlerisch gestaltenden Qualitäten der ProbandInnen sollte vorläufig genügen, wozu jedoch grundsätzlich ein Experten-Rating oder die Erfassung mittels Klanganalyse-Software geeigneter scheint.

Da eine lediglich visuelle Interpretation der Daten zu ungenau ist, mussten die Ortskoordinaten über einen mathematischen Algorithmus zur quantitativen Auswertung operationalisiert werden. Der von mir dazu entwickelte Komplementaritätsindex (im Folgenden auch als K.I. abgekürzt) erzeugt einen Messwert auf Intervallskalenniveau, der im Rahmen einer einfaktoriellen Varianz-

analyse die Ausprägung im Faktor „komplementäre Bewegung des Ellbogens im Verhältnis zur Hand“, leicht interpretiert auch als „Masseausgleichsschwingung“ zu bezeichnen, wiedergibt. Da jede Testperson zur Vermeidung von Verspannungen aufgrund von Stress (bei Verwendung eines Metronoms mit vorgegebenem Tempo) ein individuelles Tempo realisiert hat, musste der gemittelte Komplementaritätsindex in dieser Hinsicht bereinigt werden. Die maximal zu erreichende Punktzahl im K.I. ist identisch mit der Anzahl der gespielten Töne in der Testaufgabe.

$$\text{K.I.} = \frac{\text{mittlerer K.I.} \times \text{Anzahl Töne}}{\text{Anzahl Messzeitpunkte}}$$

Die Ergebnisse der ANOVA und einer Post-Hoc-Analyse zeigen, dass die Pb-Gruppen (Faktorstufen) sich trotz der sehr kleinen Stichprobengröße von $N = 6$ systematisch in der untersuchten abhängigen Variable K.I. unterscheiden. Die Daten zeigen eine deutliche Steigerung der Ausprägung mit ansteigender Expertise (s. Abb. 10), welche allerdings nur für die Faktorstufe 1 (Lehramt Musik) im Verhältnis zu den beiden anderen Faktorstufen signifikant war (Signifikanzgrenze 5 %). Es ist somit zu vermuten, dass die Ausprägung im Faktor K.I. den Expertisestand charakterisiert. Im Rahmen dieser Pilot-Studie konnte der K.I. allerdings nicht die Varianz zwischen den beiden höheren Expertisestufen 2 und 3 aufklären. Diese zunächst offensichtlich erscheinende Steigerung könnte rein zufällig gewesen sein. Um diese Tendenz auf Signifikanz zu prüfen, ist die Durchführung einer Studie mit größerem Stichprobenumfang notwendig.

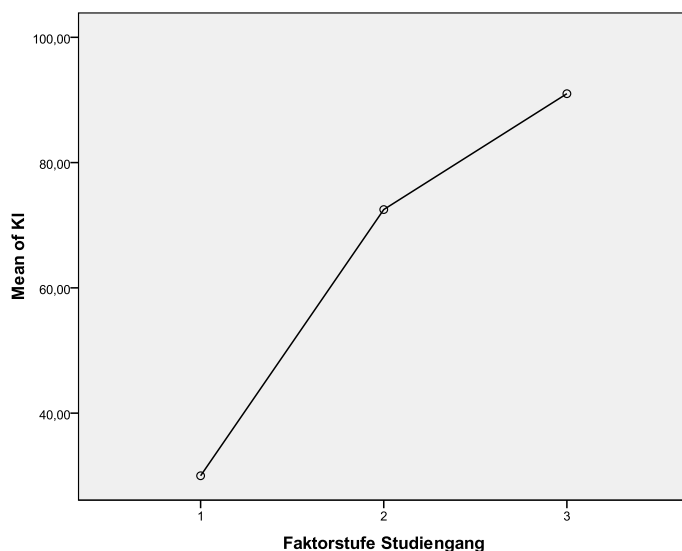


Abb. 9: Mittelwerte des K.I. der Faktorstufen 1) Lehramt Musik Studierende, 2) Instrumentalpädagogik Studierende, 3) Künstlerisches Hauptfach Studierende

Beispiele zur Veranschaulichung

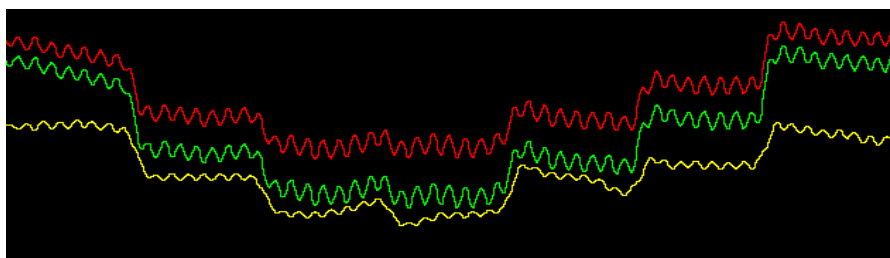


Abb. 10: Probandin (Künstlerisches Hauptfach) zeigt mit dem maximal erreichten K.I. von 95 (von 112) ein im Ellbogen (untere Markerlinie) ausgeprägt komplementär, also gegenphasig schwingendes Bewegungsbild.

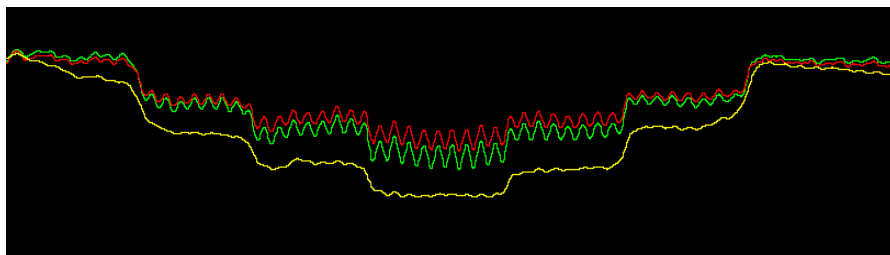


Abb. 11: Probandin (Lehramt Musik) zeigt mit einem K.I. von 40 (von 112) ein im Ellbogen (untere Markerlinie) wenig ausgeprägt schwingendes, tendenziell gleichphasiges Bewegungsbild.

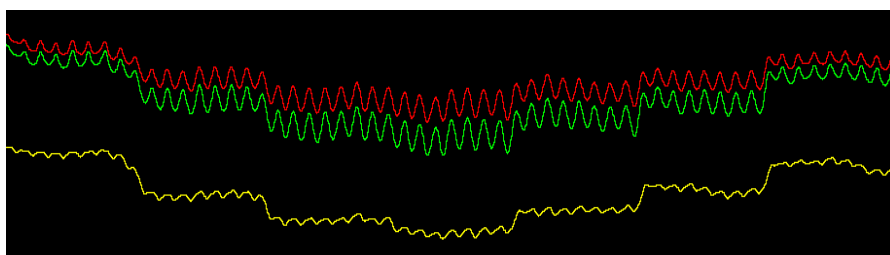


Abb. 12: Probandin (Lehramt Musik) zeigt mit einem K.I. von 20 (von 112) ein im Ellbogen ausgeprägt gleichphasig verlaufendes Bewegungsbild.

ANOVA⁵

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	3913	2	1956,5	24,006	,014
Within Groups	244,5	3	81,5		
Total	4157,5	5			

Descriptives

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Min.	Max.
					Lower Bound	Upper Bound		
1	2	30	14,14214	10	-97,062	157,062	20	40
2	2	72,5	3,53553	2,5	40,7345	104,2655	70	75
3	2	91	5,65685	4	40,1752	141,8248	87	95
Total	6	64,5	28,83574	11,77214	34,2387	94,7613	20	95

Multiple Comparisons Tukey HSD

(I) Faktorstufe Studiengang	(J) Faktorstufe Studiengang	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
					Lower Bound	Upper Bound
1	2	-42,5*	9,02774	,037	-80,2244	-4,7756
	3	-61*	9,02774	,013	-98,7244	-23,2756
2	1	42,5*	9,02774	,037	4,7756	80,2244
	3	-18,5	9,02774	,248	-56,2244	19,2244
3	1	61*	9,02774	,013	23,2756	98,7244
	2	18,5	9,02774	,248	-19,2244	56,2244

* The mean difference is significant at the 0.05 level.

⁵ Einfaktorielle Varianzanalyse, statistische Beschreibung und Post-Hoc-Analyse

5 Diskussion

Aus dem Ergebnis der Analyse von Judy Palac 1992 muss man schließen, dass die eifrig nachgeahmten Bewegungsvorschriften und Übungsvorschriften selbst berühmter KünstlerInnen und LehrerInnen zum Teil weit weniger mit in anderen Disziplinen erforschten Prinzipien menschlicher Bewegung sowie mit neueren Forschungsergebnissen im Bereich des Streichinstrumentspiels bzw. Violinspiels kompatibel sind, als dies von vielen Studierenden und Lehrenden vermutlich angenommen wird.

Retrospektiv können die *Guidelines for Teachers*, die Judy Palac 1992 aufgestellt hat, auch nach der Erfassung aktuellerer Studien bestätigt werden bis auf Nr. 1 c) „*The whole arm is always involved in bowing, and motion originates in large arm parts rather than small, even when smaller arm parts appear more active.*“ (Palac 1992, S. 33) Die Ergebnisse der Studien von Visentin/Shan 2003 und Shan et al. 2004 legen nahe, diese Richtlinie zu überdenken und ggf. zu revidieren, da in der Optimierungsphase und in der Phase der Annäherung an die physiologischen Grenzen der Einsatz zentraler Muskulatur zurückgeht, obwohl die Auslenkung der zentralen Gelenke relativ erhalten bleibt. Die Überprüfung folgender Hypothese wäre also von großem Interesse: „*Der ganze Arm ist stets an der Bogenführung beteiligt, aber Bewegungsfertigkeiten hoher Expertise werden durch die Aktivität distaler Teile des Arms charakterisiert, wodurch sich größere proximale Teile des Arms reaktiv bewegen aufgrund der Bogen und Streichinstrument mit einschließenden kinematischen Kette.*“ Dieser fundamentale Unterschied könnte aus der Gesamtchau der Ergebnisse heraus eine Ursache von berufsbedingten muskuloskeletalen Erkrankungen von GeigerInnen bzw. StreichinstrumentalistInnen sein. Eine Berücksichtigung in der Spieltechnik der Streichinstrumente könnte das Entstehen von *Overuse Syndroms*, der Überbeanspruchungsbeschwerden durch repetitive Mikrotraumata der Muskulatur und des Bindegewebes, deutlich verringern, denn es sind nachgewiesenermaßen keine vordergründig quantitativen Ursachen festzustellen, sondern vielmehr qualitative Unterschiede in den Bewegungsarten und -formen, in welchen die Risiken und Chancen für gesund erhaltendes Streichinstrumentspiel liegen.

Was die Ergebnisse nicht bestätigen konnten, war die von Palac geforderte Wichtigkeit der Berücksichtigung individueller anthropometrischer Bedingungen. Diese hatten kaum nachweisbar signifikanten Einfluss auf die Bewegungen im Violinspiel, zumindest jedoch nicht in Bezug auf die aktuell vermuteten Ursachen von Überbeanspruchungsbeschwerden.

Das Ziel guter Klangbildung konnte bislang wenig in den erfolgten Studien berücksichtigt werden. Es wurde nur stets als Voraussetzung betrachtet, dass MusikerInnen gewissenhaft danach streben und somit auch unter Versuchsbedingungen so spielen, wie sie es nach eigenen ästhetischen Maßstäben jederzeit tun würden. Lediglich die Verwendung einer relativ konstanten Bogengeschwindigkeit zur konsistenten Klangerzeugung, wie dies Helmholtz bereits empfohlen hatte, konnte bestätigt werden sowie die Neigung, im *legato* möglichst schnell und im Klang lückenlos den Wechsel der Bewegungsrichtung des Bogens und somit des Arms zu vollziehen, wobei der Bizeps u. a. als Supinator eine impulshaft aktive Rolle spielt.

Palac stellte dar, dass Vergleiche zwischen Studierenden und professionellen GeigerInnen gezeigt haben, dass auch im Geigenspiel das Bewegungslernen häufig eine Frage des Unterlassens unzweckmäßiger Muskelaktivität ist. (vgl. Sieber 1969) Während Studierende viel konstanter große Muskeln einsetzten, zeigten Professionelle wohl definierte kleine Muskelaktivitäten sowie den Einsatz ballistischer Effekte. Dies wurde durch die Untersuchung am Schlagzeugspiel von Trappe et al. 2008 ebenfalls bestätigt. Die Formulierung einer einheitlichen kinetischen Theorie zu Hebelwirkungen im Violinspiel sei jedoch bis 1992 nicht gelungen, meint Palac und es herrsche Uneinigkeit über die Ursprünge der Kräfte für die Klanggestaltung. Dennoch sei bis dahin deutlich geworden, dass weder alleine durch Handgelenk und Finger noch durch Armgewicht an der Bogenspitze geeignet Kräfte übertragen werden können, sondern dass anzunehmen ist, dass die nötigen Kräfte durch eine Balance zwischen Pronation und Supination (=Unterarmrollung), ein Hebelsystem, effektiv in den Bogen übertragen werden. Ein in den 1930er Jahren in Deutschland entwickelter Ansatz von August Eichhorn konnte von Palac aufgrund einer schlechten Veröffentlichungslage jedoch nicht berücksichtigt werden. August Eichhorn entwickelte eine lediglich in der Praxis überlieferte, jedoch von ihm wissenschaftlich fundierte kinetische Theorie des komplexen Hebelspiels. Die von mir durchgeführte Pilotstudie ging diesem Ansatz nach und überprüfte einen Teil dieses Hebelspiels auf sein Vorkommen in unterschiedlichen Expertise-Stufen. Das Ergebnis ermutigt, diesem Ansatz weiter nachzugehen.

Insgesamt erscheint es bedenkenswert, dass vermutlich aufgrund der großen Aufmerksamkeit und Energie, die der Umgang mit neueren Technologien und Auswertungsmethoden verlangt, in den aufgeführten Studien zuweilen wenig Kapazität für umfassende Recherchen zum Forschungsgegenstand aufgewendet werden konnte und somit zum Teil Ergebnisse außer Acht gelassen wurden, die bereits zu Beginn des 20. Jahrhunderts mit einfachsten opto-

mechanischen Apparaturen nachgewiesen worden sind. Auch scheint es insbesondere ForscherInnen mit anderen Ausbildungs-Schwerpunkten nicht immer gegeben, die Komplexität des Violinspiels zu überblicken und die klangphysikalischen und künstlerischen Nebenbedingungen mit ihren gesetzmäßigen Auswirkungen auf das Bewegungsverhalten einschätzen zu können.

Aufgrund nötiger Laborsituationen bei der Verwendung sehr teurer Geräte (z. B. Vicon oder Selspot Systeme) für die fundierte 3D-Bewegungsanalyse wurden bislang keine experimentellen Studien in Praxissituationen wie dem Instrumentalunterricht an Musikschulen oder Musikhochschulen durchgeführt. Um allerdings experimentelle Studien mit Hilfe einfacher 3D-Bewegungsanalysegeräte wie dem sehr robusten CMS-System der Firma Zeb-ri durchzuführen zu können, bedarf es konkreter Hypothesen, um nach und nach sinnvoll Details überprüfen zu können. Bei Verwendung dieser auch für InstrumentalpädagogInnen leicht handhabbaren Technologie kann man keine umfassenden quantitativen Erfassungen erwarten, da nur 3 statt 30 oder gar 120 Marker zur Verfügung stehen. M. E. können somit jedoch in begrenztem Rahmen gezielt Forschungsfragen zur Qualität von Bewegungsarten und -formen vor Ort, über längere Zeit und in großer Stichprobenzahl durchgeführt werden. Insbesondere das Forschungsfeld der experimentellen Evaluation von gezieltem methodischen Vorgehen in der Instrumentalausbildung, welches bestenfalls aus bisherigen Forschungsergebnissen abgeleitet ist, sollte von InstrumentalpädagogInnen initiativ bearbeitet werden, auch wenn es mit dem erhöhten Aufwand verbunden ist, sich mit empirischen Forschungsmethoden sowie ForscherkollegInnen aus anderen Disziplinen intensiv auseinanderzusetzen bzw. besser gesagt zusammenzusetzen, um sich gegenseitig über die Grenzzäune der eigenen Disziplinen hinausschauen zu helfen.

Ich möchte mit einem Zitat des Forscher- und Autorenteam aus dem Kinesiologen G. Shan, dem Geiger P. Visentin und dem Musikpädagogen E. B. Wasiak von der *University of Lethbridge/Canada* enden, das kürzlich im Rahmen eines Artikels im *International Journal of Music Education* die Situation treffend zusammenfasste:

“Most importantly, this study underscores the need for more systematic and multidisciplinary collaborative inquiry into music performance and pedagogy. It is an additional step toward performance pedagogy informed in part by science and suggests a number of potentialities. For this to occur, more systematic and collaborative research is necessary. Truly collaborative work does not

adopt one disciplinary approach, but engages in interpretive discussions that ultimately transcend the viewpoint of any single discipline. Music education as a profession must continue to encourage and support such endeavors.” (Visentin et al. 2008, S. 85)

Literatur

- Berque, Patrice; Gray, Heather (2002): The Influence of Neck-Shoulder Pain on Trapezius Muscle Activity among Professional Violin and Viola Players. An Electromyographic Study. In: Medical Problems of Performing Artists, H. 17, S. 68–75.
- Blum, Jochen; Ahlers, Jürgen (1995): Medizinische Probleme bei Musikern. Stuttgart: Thieme.
- Fishbein, M.; Middlestadt, S. E.; Ottati, V. et al (1988): Medical problems among ICSOM musicians: overview of a national survey. In: Medical Problems of Performing Artists, H. 3, S. 1–8.
- Fry, H. J. H. (1988): Patterns of over-use seen in 658 affected instrumental musicians. In: International Journal of Music Education, H. 11, S. 3–16.
- Hermsdörfer, J. (2002): Bewegungsmessung zur Analyse von Handfunktionen. Vorschlag einer standardisierten Untersuchung. EKN - Entwicklungsgruppe Klinische Neuropsychologie. München (EKN - Beiträge für die Rehabilitation).
- Hopfer, Margarete (1941): Die Klanggestaltung auf Streichinstrumenten. Das Naturgesetz der Tonansprache ; kurze Einf. in "Die gestaltende Dynamik der Bogenmechanik" von August Eichhorn. Leipzig: Kistner & Siegel.
- Kihira, Masayasu; Ryu, Jaiyoung; Han, JungSoo; Rowen, Bruce (1995): Wrist Motion Analysis in Violinists. In: Medical Problems of Performing Artists, H. 10, S. 79–85.
- Meyer, Jürgen (1978): Physikalische Aspekte des Geigenspiels. Ein Beitrag zur modernen Spieltechnik u. Klanggestaltung für Berufsmusiker, Amateure u. Schüler. Siegburg: Schmitt.
- Morrey, B. F.; Askew, L. J.; An, K.-N. (1981): A biomechanical Study of normal elbow motion. In: The Journal of Bone & Joint Surgery, H. 63 A, S. 872–877.

- Palac, Judith Ann (1992): Violin Bowing Technique. An Analysis of Contemporary Pedagogical Literature According to Principles of Human Movement. In: Medical Problems of Performing Artists, H. 7, S. 30–34.
- Sieber, R. E. (1969): Contraction-Movement Patterns of Violin Performance. Ann Arbor, MI: University Microfilms.
- Shan, Gongbing; Visentin, Peter (2003): A Quantitative Three-dimensional Analysis of Arm Kinematics in Violin Performance. In: Medical Problems of Performing Artists, H. 18, S. 3–10.
- Shan, Gongbing; Visentin, Peter; Schultz, Arlan (2004): Multidimensional Signal Analysis as a Means of Better Understanding Factors Associated with Repetitive Use in Violin Performance. In: Medical Problems of Performing Artists, H. 19, S. 129–139.
- Steinhausen, Friedrich Adolf; Reuter, Florizel von (1928): Die Physiologie der Bogenführung auf den Streich-Instrumenten. 5. Aufl. Leipzig: Breitkopf & Härtel.
- Steinmetz, Anke; Seidel, Wolfram; Niemier, Kay (2008): Shoulder Pain and Holding Position of the Violin. A Case Report. In: Medical Problems of Performing Artists, Jg. 23, H. 2, S. 79–81.
- Trappe, Wolfgang; Katzenberger, Ulrich; Jabusch, Hans-Christian; Altenmüller, Eckart (2008): Expertise-related differences in cyclic motion patterns in drummers: A kinematic analysis. In: Medical Problems of Performing Artists (in revision).
- Trendelenburg, Wilhelm (1925/1974): Die natürlichen Grundlagen der Kunst des Streichinstrumentspiels. Unveränd. photomechan. Nachdr. d. Ausg. 1925. Kassel: Hamecher.
- Tulchinsky, Ellen; Riolo, Lisa (1994): A Biomechanical Motion Analysis of the Violinist's Bow Arm. In: Medical Problems of Performing Artists, H. 9, S. 125–130.
- Visentin, Peter; Shan, Gongbing (2003): The Kinetic Characteristics of the Bow Arm During Violin Performance. In: Medical Problems of Performing Artists, H. 18, S. 91–97.
- Visentin, Peter; Shan, Gongbing; Wasiak, Edwin B. (2008): Informing music teaching and learning using movement analysis technology. In: International Journal of Music Education, Jg. 26, H. 1, S. 73–87.

- Winold, Helga; Thelen, Esther; Feng, Jing (2002): On the rebound. How do you play spiccato, and how do you teach it to someone else. In: *The Strad*, H. May, S. 514–521.
- Zaza, C. (1998): Playing-related musculoskeletal disorders in musicians: a systematic review of incidence and prevalence. In: *Canadian Medical Association Journal*, H. 158, S. 1019–1025.