

Wolfgang Auhagen

## Zu Fragen der Klangfarbenwahrnehmung und der Klanggestaltung durch Musiker

Im ersten Teil des Beitrages wird ein Überblick über Forschungsergebnisse und aktuelle Fragen zum Themenkomplex Klangfarbe gegeben. Der zweite Teil ist einer Untersuchung gewidmet, die zur Zeit am musikwissenschaftlichen Seminar der Humboldt-Universität zu Berlin durchgeführt wird. Bei dieser Untersuchung geht es um die klangliche Realisierung verbal vorgegebener Klangattribute wie z. B. „tragend“ oder „dunkel“ durch Instrumentalisten.

Untersuchungen zur Klangfarbe lassen sich in zwei große Richtungen einteilen: bei dem einen Forschungsansatz steht die Klangproduktion im Zentrum der Betrachtung, bei dem anderen die Klangrezeption, die Klangwirkung. Innerhalb der Forschung zur Klangproduktion ist eine weitere Differenzierung möglich nach Untersuchungen an einzelnen Musikinstrumenten, einzelnen Instrumentalisten, Sängerinnen und Sängern sowie am Gesamtklang eines Ensembles bzw. Orchesters. Ein Schwerpunkt der Untersuchungen zu einzelnen Musikinstrumenten ist es, klangliche Besonderheiten von Musikinstrumentengruppen, z. B. den Streichinstrumenten, in Abgrenzung zu anderen Gruppen herauszuarbeiten, dann aber auch eine Differenzierung innerhalb der einzelnen Instrumentengruppen vorzunehmen. Als wichtige klangunterscheidende Parameter wurden in solchen Untersuchungen herausgearbeitet:

- die Periodizität bzw. Aperiodizität der Zeitfunktion des abgestrahlten Klanges,
- die Hüllkurve des Betragspektrums,
- Formanten, also klangprägende Gebiete relativ erhöhter Energie im Spektrum, deren Frequenzbereich von der wechselnden Grundfrequenz weitgehend unabhängig ist,
- Geräuschanteile,
- zeitabhängige Veränderungen des Klangspektrums im quasistationären Abschnitt,
- Ein- und Ausschwingvorgänge.

Zu vielen Musikinstrumenten gibt es bereits eingehende Untersuchungen, die sich mit dem Einfluß des Materials und bautechnischer Besonderheiten auf den Klang befassen, z. B. die Untersuchungen Gregor Widholms<sup>1</sup> und Gerald Sonnecks<sup>2</sup> zu Besonderheiten des Wiener Horns und der Wiener Oboe im Vergleich zu den französischen

<sup>1</sup> Gregor Widholm: *Der Einfluß des Instrumentariums auf den Klang der Wiener Philharmoniker, aufgezeigt am Beispiel des Wiener Horns*, in: Klang und Komponist. Ein Symposium der Wiener Philharmoniker. Kongressbericht, hrsg. v. Otto Biba u. Wolfgang Schuster, Tutzing 1992, S. 343-366; ders.: *Die Wiener Oboe als Teil eines spezifischen orchestralen Klangkonzeptes*, in: Zur Situation der Musiker in Österreich, hrsg. v. Paul W. Fürst, Wien 1994, S. 169-176.

<sup>2</sup> Gerald Sonneck: *Ergebnisse von Klanganalysen Wiener und Französischer Oboen*, in: Zur Situation der Musiker in Österreich, hrsg. v. Paul W. Fürst, Wien 1994, S. 151-168.

Bautypen. Besonders schwierig ist es allerdings, Qualitätsparameter eines Instrumentenklanges zu ermitteln und diese auf konkrete bautechnische Merkmale zu beziehen. Schwierig ist dies insbesondere deshalb, weil sowohl die Perspektive des Instrumentalisten als auch diejenige des Hörers zu berücksichtigen ist. Arbeiten auf diesem Gebiet, zum Beispiel Jürgen Meyers Untersuchungen an Gitarren<sup>3</sup> oder Heinrich Dünwalds Untersuchungen an Violinen<sup>4</sup>, zeigten, daß es keine isolierten physikalischen Parameter sind, die die Klangqualität prägen, sondern daß es sich stets um ein komplexes Zusammenwirken mehrerer Faktoren, z. B. der Ausgeprägtheit einzelner Resonanzen und den Pegelverhältnissen zwischen verschiedenen Frequenzbereichen des Spektrums, handelt. In der Tatsache, daß die Klangqualität von Musikinstrumenten offensichtlich durch Merkmalskonstellationen geprägt ist, kann man einen Hinweis darauf sehen, daß Klangfarbe als Wahrnehmungsqualität nicht nur das Ergebnis einer peripheren Schallanalyse im Gehörorgan ist, sondern auf einer höheren kognitiven Ebene verarbeitet wird.

Nicht nur bautechnische Details und Material des Resonanzkörpers können die Klangfarbe eines Instruments prägen, sondern auch die Art der Anregung. So haben z. B. die Untersuchungen Jobst Fricke zur Klangentstehung bei Klavieren<sup>5</sup> gezeigt, daß die Dauer des Kontaktes von Hammer und Saite entscheidende Bedeutung für die Art der zyklischen Gliederung des Klangspektrums hat. Es ist eine kontrovers beantwortete Frage, ob nicht die Anregungsfunktion und damit auch die Spieltechnik den Klang eines Instruments am stärksten prägen. Allerdings sind Untersuchungen zur Klanggestaltung durch Instrumentalisten oder Sänger bisher nur sehr selten durchgeführt worden, z. B. von Ekkehard Jost<sup>6</sup> und von Karel Krautgartner<sup>7</sup> an Klarinettenisten. Die Performance-Forschung hat sich bisher vor allem Fragen der expressiven Gestaltung musikalischer Strukturen zugewandt. Die Gestaltung des einzelnen Klanges ist sozusagen ein Grenzgebiet zwischen Akustik und Musikpsychologie, das noch nicht aufgearbeitet wurde. So gibt es auch im Hinblick auf klangliche Qualitätsparameter des Instrumentalspiels bzw. Gesanges bisher keine auf breiter Basis gesicherten Ergebnisse. Bram Gätjen ist der Auffassung, daß stark gegliederte Klangspektren, also eine Hervorhebung von Formantbereichen, ein Qualitätsmerkmal des Oboenklanges

<sup>3</sup> Jürgen Meyer: *Akustik der Gitarre in Einzeldarstellungen*, Frankfurt a. M. 1985.

<sup>4</sup> Heinrich Dünwald: *Die Klangqualität von Violinen unter besonderer Berücksichtigung der Herkunft der Instrumente*, in: *Zum Streichinstrumentenbau des 18. Jahrhunderts. Bericht über das 11. Symposium zu Fragen des Musikinstrumentenbaus*, Michaelstein, 9.-10. November 1990, Michaelstein 1994, S. 71-82.

<sup>5</sup> Jobst Peter Fricke: *Hammer-Berührungsdauer und Saitenform bei der angeschlagenen Klaviersaite*, in: *Fortschritte der Akustik, FASE/DAGA 82*, Göttingen, S. 891-894; ders.: *Zyklische Spektren tiefer Klaviersaiten*, in: *Fortschritte der Akustik, FASE/DAGA 85*, Stuttgart, S. 439-442.

<sup>6</sup> Ekkehard Jost: *Akustische und psychometrische Untersuchungen an Klarinettenklängen* (= Veröffentlichungen des Staatlichen Instituts für Musikforschung PK, Bd. 1), Köln 1967.

<sup>7</sup> Karel Krautgartner: *Untersuchungen zur Artikulation bei Klarinetteninstrumenten im Jazz*, Diss. phil. Köln 1982 (maschr.).

sein.<sup>8</sup> Vor dem Hintergrund der an der Humboldt-Universität durchgeführten Studie scheint dieses Ergebnis einer Überprüfung auf breiterer Basis zu bedürfen.

Ein bisher ebensowenig bearbeitetes Gebiet ist der interkulturelle Vergleich der Klangproduktion unter ästhetischem Gesichtspunkt. Walter Graf wies schon 1969 auf die große Bedeutung hin, die der Klangfarbe in außereuropäischen Musikkulturen zukommt, und führte einige sonographische Untersuchungen durch.<sup>9</sup> Dennoch gibt es nur wenige umfangreichere vergleichende Studien, die wie diejenige Helmut Rösings zum Spalt- und Verschmelzungsklang<sup>10</sup> oder diejenige Rudolf Maria Brandls zur Schwebungsdiaphonie<sup>11</sup> auf allgemeinere klangästhetische Prinzipien schließen lassen.

Durch Computereinsatz können inzwischen auch komplette Musikstücke in Sonagrammen erfaßt werden. Mittels solcher Langzeitsonagramme lassen sich einerseits Interpretationsunterschiede auf klanglicher Ebene untersuchen, wie dies von Fördermayr, Deutsch und Jena an Symphonien von Mozart und Bruckner gezeigt wurde,<sup>12</sup> andererseits ist es auch möglich, der Klangfarbe als formkonstituierendes Element auf die Spur zu kommen, wie dies Alexandra Hettergott exemplarisch an Anton Weberns Symphonie opus 21 demonstriert hat.<sup>13</sup> In folgender Übersicht sind die verschiedenen Forschungen zur Klangproduktion noch einmal zusammengestellt:

## 1. Untersuchungen zur Klangproduktion

### 1.1. Einzelne Musikinstrumente

- Erfassung von Besonderheiten der Musikinstrumentenfamilien und Untergruppen
- Einfluß des Materials und bautechnischer Besonderheiten auf den Klang
- Qualitätsparameter von Musikinstrumenten-Klängen und ihre Beeinflußbarkeit durch bautechnische Maßnahmen
- Einfluß der Anregungsfunktion / der Spieltechnik auf den Klang

<sup>8</sup> Bram Gätjen: *Qualitätsmerkmale von Oboenklängen*, in: Flöten, Oboen und Fagotte des 17. und 18. Jahrhunderts (= Bericht über den 1. Teil des 12. Symposiums zu Fragen des Musikinstrumentenbaus Michaelstein, 8./9. November 1991), Michaelstein 1994, S.77-85.

<sup>9</sup> Walter Graf: *Die musikalische Klangforschung. Wege zur Erfassung der musikalischen Bedeutung der Klangfarbe*, Karlsruhe 1969.

<sup>10</sup> Helmut Rösing: *Probleme und neue Wege der Analyse von Instrumenten- und Orchesterklängen*, Wien 1970; ders.: *Die Bedeutung der Klangfarbe in traditioneller und elektronischer Musik*, München 1972.

<sup>11</sup> Rudolf Maria Brandl: *Die Schwebungs-Diaphonie aus musikethnologischer und systematisch-musikwissenschaftlicher Sicht*, in: Volks- und Kunstmusik in Südosteuropa, Regensburg 1989, S. 51-67; ders.: *Die „Schwebungsdiaphonie“ im Epiros und verwandte Stile im Lichte der Psychoakustik*, in: Von der Vielfalt musikalischer Kultur: Festschrift für Josef Kuckertz zur Vollendung des 60. Lebensjahres, Anif/Salzburg 1992, S. 43-80.

<sup>12</sup> Franz Fördermayr, Werner A. Deutsch u. Stefan Jena: *Digitale Langzeitanalysen als neue Methode der Untersuchung von Orchesterklängen*, in: Klang und Komponist. Ein Symposium der Wiener Philharmoniker. Kongressbericht, hrsg. v. Otto Biba u. Wolfgang Schuster, Tutzing 1992, S. 311-326.

<sup>13</sup> Alexandra Hettergott: *Spektrale Visualisierung (ausgewählter) musikalischer Strukturen mit Kognitionswissenschaftlichem Bezug*, in: Systematische Musikwissenschaft 2 (1994) 2, S. 295-308.

## 1.2. Einzelne Instrumentalisten / SängerInnen

- Interindividuelle Gemeinsamkeiten / individuelle Besonderheiten der Klanggestaltung
- Qualitätsparameter des Instrumentalspiels / des Gesanges

## 1.3. Ensemble- und Orchesterklang

- Interkultureller Vergleich angestrebter Klangwirkungen
- Interpretationsvergleich bei bestimmten Kompositionen
- Formbildende Funktion von Klängen

Die Vielzahl der Untersuchungen zur Klangrezeption lassen sich entsprechend in fünf große Gruppen einteilen:

## 2. Untersuchungen zur Klangrezeption, zur Klangwirkung

### 2.1. Diskrimination / Ähnlichkeit zwischen einzelnen Klängen

- Einfluß physikalischer Parameter (Hüllkurve des Betragspektrums, Formanten, Phasenlage der Partialtöne, Geräuschanteil, Zeitabhängige Veränderungen des Klangspektrums im quasistationären Abschnitt, Einschwingvorgang, Ausschwingvorgang)
- Einfluß psychischer Faktoren (Training, Gedächtnis: Vorstellung versus Wahrnehmung)
- Einfluß des musikalischen Kontextes
- Kategoriale Klangfarbenwahrnehmung
- Neuronale Modelle der Klangfarbenwahrnehmung

### 2.2. Trennbarkeit / Verschmelzung von Klängen bei simultaner Darbietung mehrerer Einzelklänge (Einfluß physikalischer und psychischer Faktoren)

### 2.3. Verbale Beschreibung von Klangfarben (Einzelne Klänge, Klangkombinationen)

### 2.4. Interaktion mit anderen Qualitäten (Tonhöhe, Lautstärke, Konsonanz / Dissonanz)

### 2.5. Formbildende Funktion von Klangfarbe unter dem Wahrnehmungsaspekt

Verallgemeinernd läßt sich feststellen, daß die physikalischen Faktoren, die sich in Untersuchungen zur Klangproduktion als bedeutsam herauskristallisierten, durch rezeptionsorientierte Untersuchungen bestätigt wurden, daß aber die Gewichtung des Beitrages der einzelnen Faktoren in bestimmten Hörsituationen umstritten ist. Ein übergeordnetes Ziel der Klangrezeptionsforschung ist herauszufinden, wie die im Gehörorgan eintreffende Schallwelle weiterverarbeitet wird. In den Untersuchungen von Bismarcks<sup>14</sup> und Benedinis<sup>15</sup> hat sich die „Schärfe“ als wesentlicher Aspekt der

<sup>14</sup> Gottfried von Bismarck: *Timbre of steady sounds: a factorial investigation of its verbal attributes*, in: *Acustica* 30 (1974), S. 146-159; ders.: *Sharpness as an attribute of the timbre of steady sounds*, in: *Acustica* 30 (1974), S. 159-172.

Klangwahrnehmung herausgestellt. Sie ließ sich mit der absoluten Lage der maximalen Energiekonzentration in den Frequenzgruppen des Gehörs, die Kopplungsbereichen auf der Basilarmembran entsprechen, in Verbindung bringen. Dies deutete darauf hin, daß Klangfarbe primär das Ergebnis einer peripheren Schallanalyse ist. Andere Untersuchungen, die als wichtige Parameter die obere Grenzfrequenz des Betragspektrums und den Verlauf der spektralen Hüllkurve ermittelten, deuten in dieselbe Richtung. Hinsichtlich der Frage, wie bei mehreren simultan erklingenden Musikinstrumenten eine Verschmelzung bzw. Trennung der Klänge stattfindet, fand Gregory Sandell<sup>16</sup> als wichtige Parameter die absolute Lage der aus den beteiligten Klängen resultierenden Gesamtenergiekonzentration, des „composite centroid“, sowie die Frequenzdifferenz zwischen den einzelnen Energiemaxima. Auch dieses Ergebnis ist mit der Annahme einer einfachen peripheren Analyse vereinbar. Neben der Hüllkurve des Spektrums spielen auch zeitliche Veränderungen in Frequenz und/oder Amplitude der einzelnen Partiaaltöne eine wichtige Rolle. Albert Bregman konnte zeigen, daß ein resynthetisierter Oboenklang, bei dem geradzahlige und ungeradzahlige Partiaaltöne in ihrem zeitlichen Verhalten getrennt gesteuert und über verschiedene Lautsprecher abgestrahlt wurden, bei stärkeren Unterschieden nicht mehr als einheitlicher Klang wahrgenommen wurde, sondern sich in zwei Klänge aufspaltete.<sup>17</sup> Solche zeitlichen Fluktuationen können durch raumakustische Besonderheiten verstärkt werden, so daß der Raum zur Instrumententrennung beitragen kann.<sup>18</sup>

Umstritten ist bei der Auswertung zeitlicher Information die Rolle von Ein- und Ausschwingvorgängen. Diese dürfte wohl am stärksten situationsabhängig sein. Bei isolierten Klängen und einzelnen Klangpaaren kommt den Transienten offensichtlich eine gewisse Bedeutung zu: so beobachtete Paul Iverson, daß in zweistimmigen Vierteltonfolgen Klänge mit deutlich unterschiedenen Einschwingzeiten besser zu trennen sind, als solche mit ähnlichen.<sup>19</sup> Giovanni de Poli und Paolo Prandoni stellen die Hypothese auf, daß der Einschwingvorgang bei Instrumentalklängen das einzige Merkmal sei, das vergleichsweise konstant bliebe und daher für die Identifikation von zentraler Bedeutung sei, während das Klangspektrum die individuelle Qualität von Klängen bestimmen würden.<sup>20</sup> Andererseits ist zu bedenken, daß es in einem musikalischen Kontext – wie Rösing schon 1970 bemerkte – häufig gar nicht zu kompletten Ein- bzw. Ausschwingvorgängen kommt. Zudem zeigte ein Experiment von Mark

<sup>15</sup> K. Benedini: *Klangfarbenunterschiede zwischen tiefpaßgefilterten harmonischen Klängen*, in: *Acustica* (44), 1980, S. 129-134.

<sup>16</sup> Gregory J. Sandell: *Roles for spectral centroid and other factors in determining „blended“ instrument pairings in orchestration*, in: *Music Perception* 13 (1995), S. 209-246.

<sup>17</sup> Albert S. Bregman: *Timbre, orchestration, dissonance et organisation auditive*, in: *Le timbre – Métaphore pour la composition*, I.R.C.A.M. 1991, S. 204-216.

<sup>18</sup> Pamela J. Goad u. Douglas H. Keefe: *Timbre discrimination of musical instruments in a concert hall*, in: *Music Perception* 10 (1992), S. 43-62.

<sup>19</sup> Paul Iverson: *Auditory stream segregation by musical timbre: effects of static and dynamic acoustic attributes*, in: *Journal of Experimental Psychology, Human Perception and Performance* 21,4 (1995), S. 751-763.

<sup>20</sup> Giovanni de Poli u. Paolo Prandoni: *Sonological models for timbre characterization*, in: *Journal of New Music Research* 26 (1997), S. 170-197.

Pitt und Robert Crowder, bei dem real erklingende Töne mit vorgestellten, also aus dem Gedächtnis abgerufenen Klängen verglichen werden sollten, daß der Einschwingvorgang keinen Einfluß auf das Ähnlichkeitsurteil hatte, sondern nur spektrale Unterschiede eine Rolle spielten.<sup>21</sup> Und schließlich sprechen auch die experimentellen Ergebnisse Christoph Reuters zur Wiedererkennbarkeit von manipulierten Instrumentenklängen<sup>22</sup> gegen diese These.

Wenn im Gedächtnis also nicht alle Schallinformationen gleichermaßen präsent sind bzw. nicht für alle Aufgaben in gleicher Weise herangezogen werden, stellt sich die Frage nach Prinzipien der kategorialen Klangwahrnehmung, die mit dem Problem der Objektkonstanz in der visuellen Wahrnehmung vergleichbar ist: auf welche Art und Weise gelingt es einem Hörer, unter verschiedenen raumakustischen Bedingungen und in unterschiedlichem musikalischen Kontext den Klang eines Musikinstruments als „Objekt“ von anderen Klängen zu trennen? Diese Fähigkeit ist nicht mehr alleine durch eine periphere Analyse zu erklären, sondern erfordert die Beteiligung höherer kognitiver Prozesse. Klangfarbenwahrnehmung wäre demnach durchaus mit der Gestaltwahrnehmung in anderen Bereichen zu vergleichen. So behandelt auch Bregman die Klangfarbentrennung und -zuordnung als spezielles Problem seiner Untersuchungen zur Gestaltwahrnehmung bei komplexen akustischen Informationen, der „Auditory Scene Analysis“.<sup>23</sup>

Die Kategoriengrenzen von Klangfarben scheinen allerdings nicht sehr scharf zu sein: John Michael Grey führte Versuche mit Klängen durch, deren Spektrum und zeitlicher Verlauf sich als Mischung zweier Ausgangsklänge mit jeweils unterschiedlichen Anteilen ergaben. Der Anteil, den einer der Ausgangsklänge an dem neuen Klang haben mußte, damit dieser in die Kategorie des betreffenden Ausgangsklanges eingeordnet wurde, unterlag großen Schwankungen. Diese waren besonders von der Richtung der Änderung, also der allmählichen Entfernung von dem Ausgangsklang bzw. Annäherung an den Ausgangsklang, abhängig. So sieht Grey den Klangfarbenraum als kontinuierlich und nicht durch klar abgegrenzte Kategorien gegliedert an.<sup>24</sup> Es sind demnach noch viele Untersuchungen zur Frage notwendig, unter welchen Bedingungen eine Kategorisierung von Klangfarben stattfindet und wie sich kognitive Schemata der Klangfarbe konstituieren.

Im Bereich der Interaktion zwischen Klangfarbe und anderen Klangqualitäten sind die Ergebnisse bisheriger Untersuchungen ebenfalls teilweise stark divergierend, so daß davon auszugehen ist, daß solche Interaktionen von der jeweiligen Hörsituation und Aufgabe abhängig sind. So kann bei Vokalen die Tonhöhenbeurteilung von der

<sup>21</sup> Mark A. Pitt u. Robert G. Crowder: *The role of spectral and dynamic cues in imagery for musical timbre*, in: *Journal of Experimental Psychology, Human Perception and Performance* 18 (1992) 3, S. 728-738.

<sup>22</sup> Christoph Reuter: *Der Einschwingvorgang nichtperkussiver Musikinstrumente* (= Europäische Hochschulschriften, Reihe XXXVI, Bd. 148), Frankfurt a. M. 1995; ders.: *Die auditive Diskrimination von Orchesterinstrumenten* (= Europäische Hochschulschriften, Reihe XXXVI, Bd. 162), Frankfurt a. M. 1996.

<sup>23</sup> Albert S. Bregman: *Auditory Scene Analysis*, Cambridge/Mass. 1990.

<sup>24</sup> John Michael Grey: *An exploration of musical timbre using computer-based techniques for analysis, synthesis and perceptual scaling*, Diss. phil. Stanford University 1975.

Lage des 1. Formanten beeinflusst werden.<sup>25</sup> Jürgen Meyer beobachtete bei Experimenten mit synthetischen Klängen, daß der Einfluß der Klangfarbe auf die Tonhöhenbeurteilung von der Frequenz der zu beurteilenden Klänge abhängt.<sup>26</sup> In solchen Experimenten mit isolierten Klängen kann also eine Interaktion auftreten, während bei Aufgaben, bei denen Versuchspersonen Klänge innerhalb einer Tonsequenz nach Tonhöhe bzw. Klangfarbe klassifizieren sollten, die Klassifikation nach Tonhöhe zwar vom Tonhöhenkontext, nicht aber vom Klangfarbenkontext beeinflusst wurde. Die Klangfarbenkategorisierung wurde überhaupt nicht vom Kontext beeinflusst. Daraus ziehen Krumhansl und Iverson, die diese Experimente durchführten, den Schluß: „It seems, then, that timbres may be encoded in more absolute terms.“<sup>27</sup>

Im folgenden wird die bereits erwähnte, am Musikwissenschaftlichen Seminar der Humboldt-Universität zu Berlin laufende Untersuchung vorgestellt, in der es um die Klanggestaltung durch Musiker geht, speziell um folgende Fragen:

1. Gibt es innerhalb der Gruppe bestimmter Instrumentalisten Übereinstimmungen bei der Realisierung von Klangattributen hinsichtlich einer speziellen Spieltechnik und/oder hinsichtlich der Veränderung bestimmter physikalischer Parameter des abgestrahlten Klanges?

2. Gibt es bei den Klängen einer bestimmten verbal umschriebenen Qualität zwischen verschiedenen Instrumentalistengruppen Übereinstimmungen in physikalischen Parametern des abgestrahlten Klanges?

Untersucht werden aus der Gruppe der Streicher Violinisten und Cellisten, der Gruppe der Holzbläser Fagottisten und Oboisten und der Gruppe der Blechbläser Hornisten. Sämtliche bisherigen Teilnehmerinnen/Teilnehmer des Versuches sind Studierende bzw. ehemalige Studierende der *Hochschule für Musik „Hanns Eisler“* in Berlin. Die Aufnahmen werden in einem Hörsaal mit Podium durchgeführt, der auch für universitätsinterne Konzerte genutzt wird.<sup>28</sup> Die Registrierung des Instrumentalspiels erfolgt zum einen durch Videoaufnahmen (Camcorder Panasonic SX30). Bei den Streichern ist die Kameraposition so ausgerichtet, daß Grifftechnik, Vibrato usw. der linken Hand und die Bogenführung (Strichstelle, Geschwindigkeit) der rechten Hand aufgenommen wird. Die Bläser werden von der Seite aus aufgenommen, so daß Lippen- und Kieferstellung registriert werden können. Die Auswertung erfolgt an einem digitalen Videosystem ('Casablanca' von MacroSystem Computer GmbH); für die Auswertung wird das auf DAT aufgenommene Audiosignal mit 44,1 kHz Abtastrate bildsynchron dem Videomaterial zugemischt.

<sup>25</sup> Gerhard Schulte: *Untersuchungen zum Phänomen des Tonhöhenindrucks bei verschiedenen Vokalfarben* (= Kölner Beiträge zur Musikforschung, Bd. 46), Köln 1967.

<sup>26</sup> Jürgen Meyer: *Einfluß der Klangfarbe auf die Tonhöhenempfindung*, in: *Instrumentenbau – musik international* 32 (1978), S. 362-363.

<sup>27</sup> Carol L. Krumhansl und Paul Iverson: *Perceptual interactions between musical pitch and timbre*, in: *Journal of Experimental Psychology, Human Perception and Performance* 18,3 (1992), S. 747.

<sup>28</sup> B: 18,2 m, T: 16 m, H: 7 m; mittlere Nachhallzeit bei 500-1000 Hz im unbesetzten Zustand: 1,7 Sekunden.

Für die Audioaufnahmen<sup>29</sup> werden zwei Mikrofone an unterschiedlichen Stellen des Saales positioniert. Ein Mikrofon, das sozusagen die Spielerperspektive erfaßt, steht unmittelbar neben dem Instrumentalisten in Höhe der Ohrmuschel, ein zweites, das die Hörerperspektive erfaßt, vor dem Instrumentalisten im Abstand des Hallradius. Die Auswertung der Audiodaten erfolgt mittels computergestützter Spektralanalyse, wobei sowohl die Hüllkurve des Betragspektrums als auch die zeitlichen Veränderungen des Spektrums z. B. infolge eines Vibratos berücksichtigt werden.<sup>30</sup>

Den Aufnahmen geht ein Interview-Teil voraus, in dem die Teilnehmer zur Dauer der Ausbildung und zum Instrument sowie zur Bedeutung verbaler Klangumschreibungen bzw. anderer Methoden bei der Vermittlung eines differenzierten Klangbewußtseins im Unterricht befragt werden. Bei den bisher ausgewerteten acht Personen spielten verbale Umschreibungen eine große Rolle, wobei bestimmte Begriffe offensichtlich immer wieder verwendet werden, also nicht instrumentenspezifisch sind, andere hingegen eine Art „terminus technicus“ für bestimmte Gruppen bilden. Hierzu zählt das Adjektiv *muffig*, das ausschließlich von Fagottisten gebraucht wurde. Die Spieler werden dann gebeten, zunächst bei einzelnen Klängen solche Klangbeschreibungen umzusetzen, wobei wir folgende Adjektive vorgeben: *dunkel, hell, tragend, groß, schön, aggressiv, traurig*.

Die Auswahl erfolgte unter der Maßgabe, daß sinneseindrucksbeschreibende, klangästhetische und emotionsbeschreibende Adjektive berücksichtigt werden. Der Begriff *tragend* wurde berücksichtigt, da er zwar gängig, aber nicht näher definiert ist. Die Tonhöhe und Dynamikstufe können die Instrumentalisten zunächst frei wählen. Hierdurch ist es möglich festzustellen, ob es für bestimmte Klangattribute bevorzugte Stärkegrade und Höhenbereiche gibt. Um den Analysen aber auch direkt vergleichbares Material zugrundelegen zu können, werden die Teilnehmer anschließend gebeten, bestimmte Töne, z. B. *D, E* und *F*, in verschiedenen Oktavlagen zu spielen und – sofern ihnen dies möglich zu sein scheint – eine bestimmte Klangqualität, z. B. *hell*, in unterschiedlichen Dynamikstufen zu realisieren. Diese Aufgabe, die Dynamik soweit wie möglich von den zu realisierenden Klangattributen zu trennen, ist insofern sehr aufschlußreich, als in bisherigen Untersuchungen die Veränderung des Klanges in Abhängigkeit von der gespielten Dynamikstufe im Vordergrund stand, und dementsprechend spektrale Veränderungen in erster Linie unter dem Aspekt einer Klangfarbendynamik interpretiert wurden. Abschließend werden die Teilnehmer gebeten, eine musikalische Phrase zu spielen, die sie mit dem betreffenden Adjektiv kennzeichnen würden.

Zu den bisherigen Ergebnissen ist folgendes zu bemerken: Bei den vielen nicht kontrolliert variierenden bzw. nicht konstant gehaltenen Parametern, wie Instrument, verwendeter Bogen bzw. verwendetes Rohrblatt usw., ist nicht mit quantitativ exakt

<sup>29</sup> Sony DAT-Recorder Typ TCD-D8; Mikrofone: Neumann, Typ UM 57, eingestellte Richtcharakteristik: Kugel.

<sup>30</sup> Analyseprogramm: *Soundscope 16* der Firma GW Instruments; Abtastrate: 44,1 kHz; Daten der FFT: Hamming-Fenster mit einer Länge von 2<sup>14</sup> Punkten, entsprechend 0,37 Sekunden; Daten der Sonagramm-Analyse: Hamming-Fenster mit einer Länge von 33 ms, Fenstervorschub 5 ms per Einzelbildanalyse.



übereinstimmenden Ergebnissen zum Beispiel hinsichtlich der Ausprägtheit bestimmter spektraler Anteile zu rechnen. Es wurde daher nach Übereinstimmung hinsichtlich der qualitativen Veränderung bestimmter Klangmerkmale in Abhängigkeit von den verbalen Klangattributen gesucht. Die emotionsbeschreibenden Adjektive in Klang umzusetzen, fiel den Teilnehmern bei einzelnen Klängen sehr schwer. Ebenso problematisch erschien einem Teil von ihnen der Begriff *groß*, da er ihrer Meinung nach einen besonderen Qualitätsanspruch darstellte. Daher wurde die Auswertung mit den Begriffen *dunkel*, *hell* und *tragend* begonnen und zunächst 200 Klänge der Fagottisten und Cellisten ausgewertet.

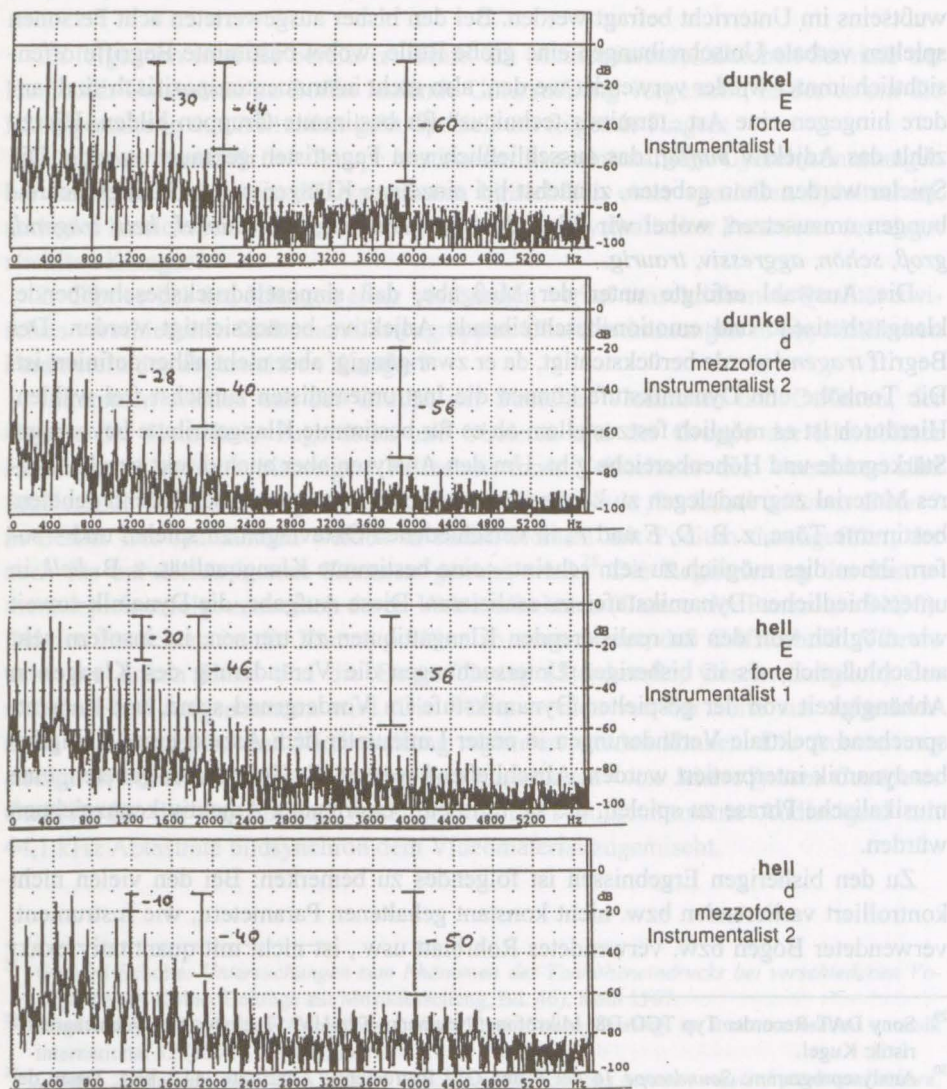


Abbildung 1: Klangspektren heller und dunkler Fagottklänge.

Zur Realisierung aller drei vorgegebenen Klangattribute wurden von den Fagottisten die große und kleine Oktave gegenüber höheren Oktaven deutlich bevorzugt. Dies deutet darauf hin, daß der Klang des Instruments im tiefen Bereich am stärksten variiert werden kann. In der Abbildung 1 sind die Betragspektren jeweils eines dunklen und eines hellen Fagottklanges derselben gespielten Dynamikstufe zweier Fagottisten zusammengestellt. Die Klänge wurden am Ohr der Instrumentalisten aufgenommen. Diese Spektren können als repräsentativ für unsere Stichprobe angesehen werden, zumindest für die Klänge der großen und kleinen Oktave. Man erkennt deutlich, daß die dunklen Klänge beider Instrumentalisten – unabhängig von der Grundfrequenz – starke Partialtöne im Bereich um 400-600 Hz aufweisen und die Amplituden oberhalb dieses Bereiches schnell abnehmen. Der hervortretende Bereich ist bereits in früheren Untersuchungen beobachtet worden und kann als 1. Formant bezeichnet werden. Bei den hellen Klängen hingegen wird ein weiterer eng begrenzter Bereich relativ erhöhter Energie angehoben, der um 1200-1400 Hz sein Maximum aufweist und ebenfalls in weiten Grenzen unabhängig von der Grundfrequenz ist. Dieser 2. Formant ist nicht in allen bisherigen Untersuchungen aufgetreten. Hier ist also ein deutlicher Einfluß der Klangvorstellungen der Spieler festzustellen, denn bei gleichbleibender Dynamikstufe können offensichtlich sehr unterschiedliche Klangspektren erzeugt werden. So sind die divergierenden Ergebnisse bisheriger Analysen zumindest zum Teil darauf zurückzuführen, daß vor allem die Abhängigkeit der Spektren von der Dynamik untersucht wurde, ohne die farbliche Schattierung zu kontrollieren. Bei den dunklen Klängen war ein zurück und nach unten gezogenes Kinn zu beobachten, also ein großes Mundraumvolumen, verbunden mit versetzten Lippenaufgestellen auf dem Rohrblatt; bei den hellen Klängen hingegen ein nach vorne geschobenes angehobenes Kinn, also ein kleines Mundvolumen, verbunden mit direkt übereinanderliegenden Lippen.

Eine klare Abgrenzung der hellen von den tragenden Fagottklängen ist auf der Basis der bisher vorliegenden Daten nicht möglich, allerdings zeichnen sich Tendenzen ab. So weisen die tragenden Klänge gegenüber den dunklen Klängen ebenfalls ein teiltonreicheres Spektrum auf, wobei – wie Abbildung 2 zeigt – gegenüber den hellen Klängen keine Beschränkung der Amplitudenanhebung auf den Bereich um 1200-1400 Hz zu beobachten ist, sondern zusätzlich ein Bereich um 1900-2100 Hz stärker hervortritt. Die Mund- und Lippenstellung bei tragenden Klängen ähnelt derjenigen bei dunklen Klängen. Wie die unterschiedliche klangliche Wirkung produziert wird, könnte also nur durch Messungen des Lippendruckes auf das Rohrblatt und der Zungenstellung herausgefunden werden. Tendenziell weisen die als tragend realisierten Klänge ein stärkeres Vibrato auf als die dunklen und hellen Klänge.

Hierin deutet sich nun eine Übereinstimmung mit den tragenden Klängen der Cellisten an. Bei diesen ist ein ganz ausgeprägtes Vibrato festzustellen. Die Frequenz des Vibratos ist dabei für alle untersuchten Klänge recht einheitlich und liegt bei 5-6 Hz. Aber das Ausmaß der Fingerbewegung und damit der Frequenzhub des Vibratos ist bei den tragenden Klängen erheblich stärker. Die Auswirkungen eines Vibratos auf

das Klangspektrum von Streichinstrumenten sind bekannt.<sup>31</sup> Durch die periodische Frequenzänderung verschiebt sich die Lage der Partialtöne der Anregungsfunktion gegenüber der Resonanzkurve des Corpus, so daß je nach Aufeinandertreffen von Spitzen bzw. Tälern der Resonanzkurve mit den Partialtönen diese verstärkt bzw. abgeschwächt werden.

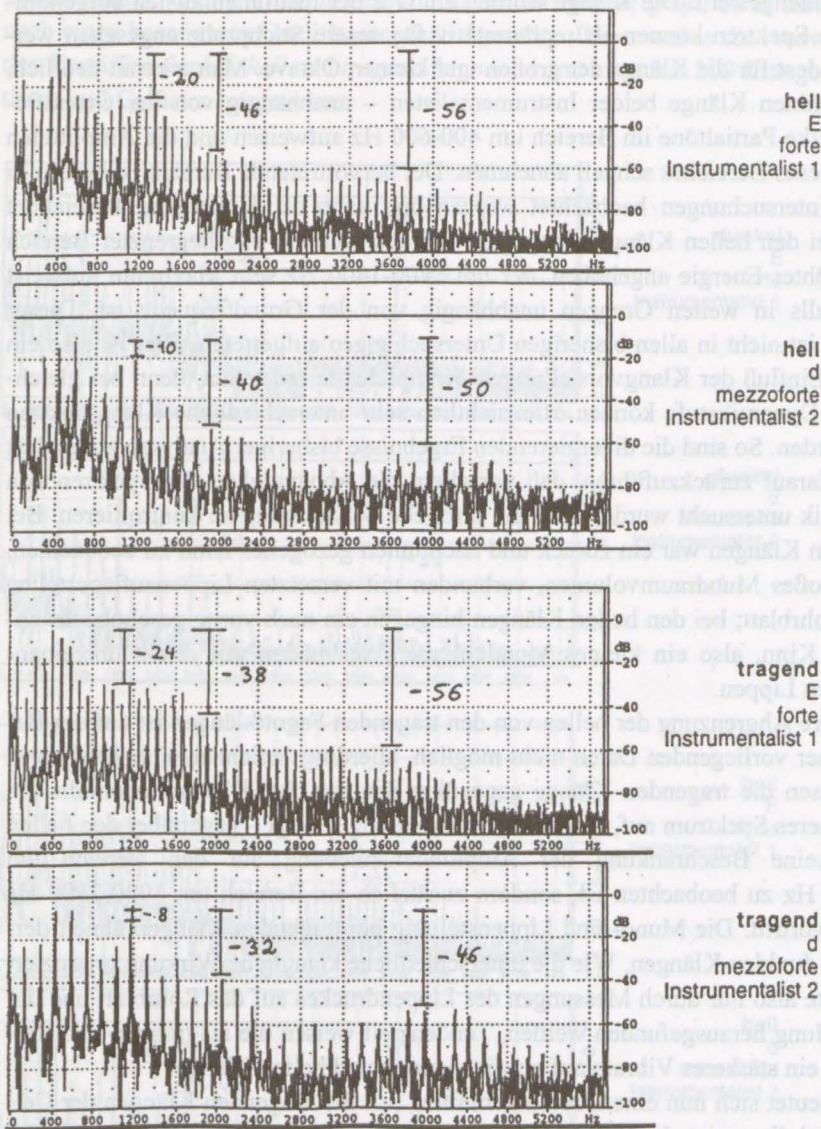


Abbildung 2: Klangspektren tragender und heller Fagottklänge.

<sup>31</sup> S. z. B. Wernfried Güth: *Einführung in die Akustik der Streichinstrumente*, Stuttgart u. Leipzig 1995.

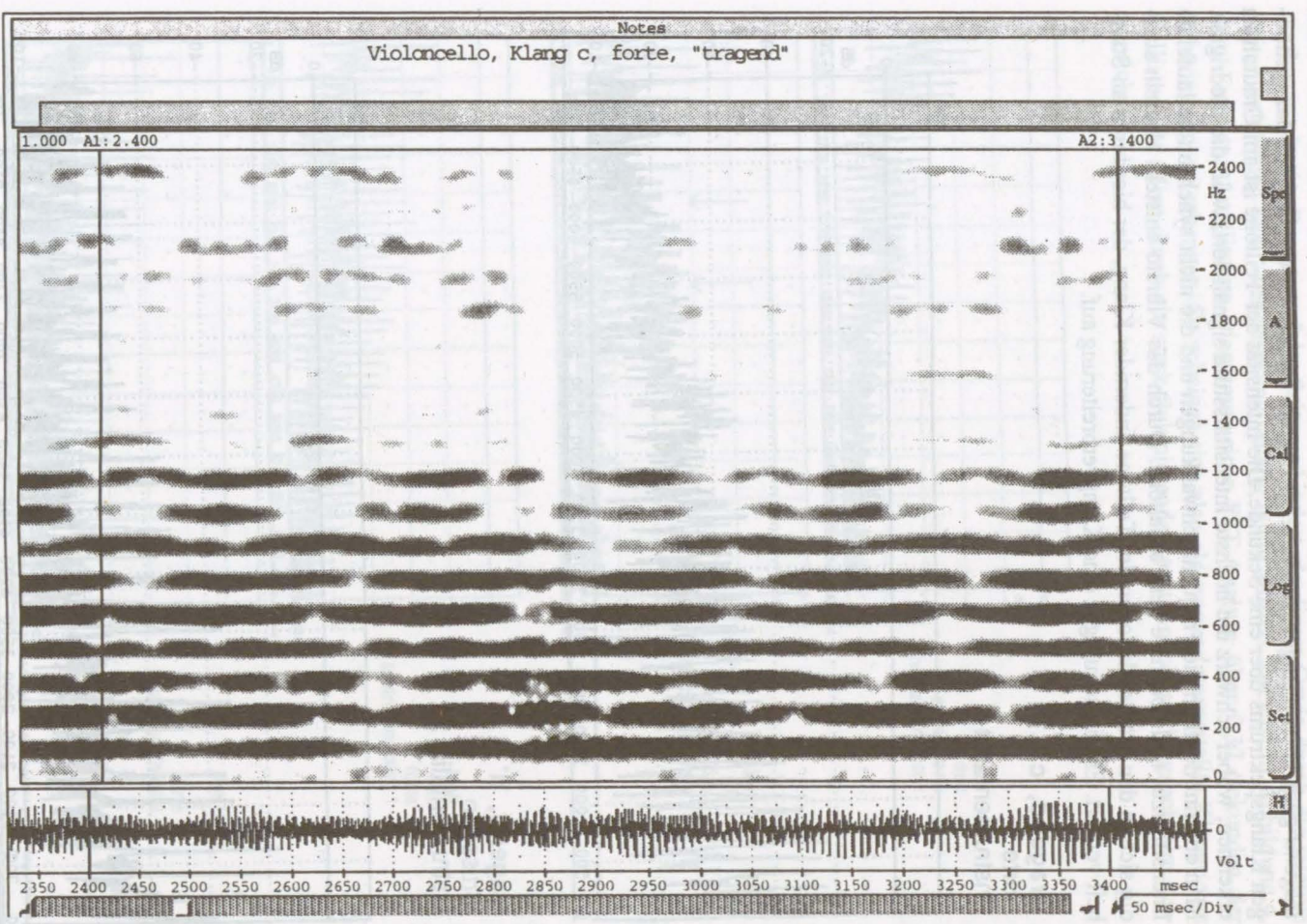
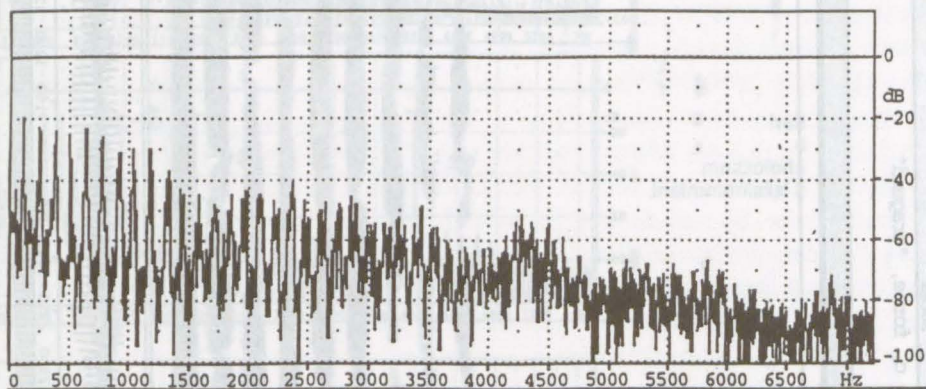


Abbildung 3: Sonagramm eines tragenden Violoncello-Klanges.

Im unteren Teil der Abbildung 3 ist von links nach rechts die Zeitfunktion eines *tragend* gespielten Klanges zu sehen, im oberen Teil der Zeitverlauf des dazugehörigen Klangspektrums über eine Sekunde. Die Intensität der Teiltöne ist am Grauton zu erkennen, wobei schwarz die höchste Intensitätsstufe signalisiert, weiß die niedrigste. Man erkennt deutlich die Frequenzschwankungen und die nicht synchron verlaufende Intensitätszu- und abnahme der Partialtöne. Durch das Vibrato entsteht also ein ständig sich in den Stärkerelationen der Teiltöne ändernder Klang, der hierdurch an Starrheit verliert. Es tritt sozusagen eine Klangverbreiterung auf.

**tragend, c**  
forte  
Instrumentalist 1



**tragend, d'**  
fortissimo  
Instrumentalist 2

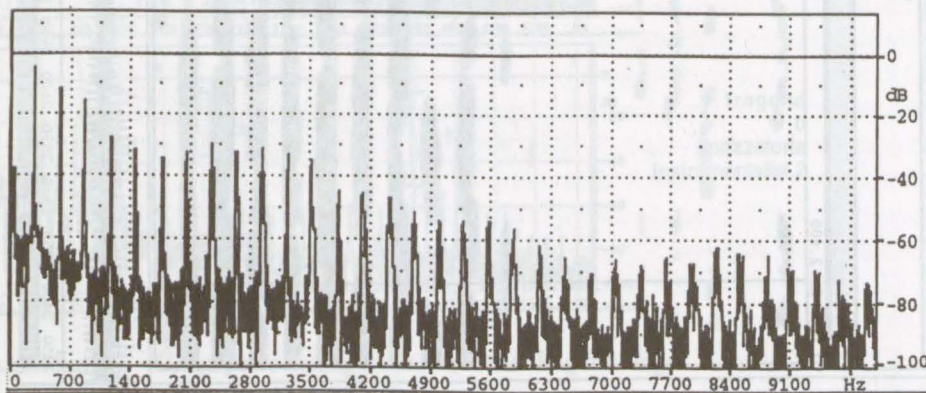


Abbildung 4: Klangspektren tragender Violoncello-Klänge.

Parallel hierzu wird eine klare zyklische Gliederung des Spektrums durch den Auflagepunkt des Bogens auf der Saite verhindert, da dieser Ort ja durch die relative Saitenverkürzung bzw. -verlängerung ständig leicht variiert. Dies ist in Abbildung 4, dem Frequenz-Amplituden-Diagramm einer FFT-Analyse über 0,37 Sekunden der Schwingung, zu erkennen. So scheinen sich also als *tragend* vorgestellte Klänge von Cellisten vor allem durch ein stark fluktuierendes, teiltonreiches Klangspektrum auszuzeichnen.

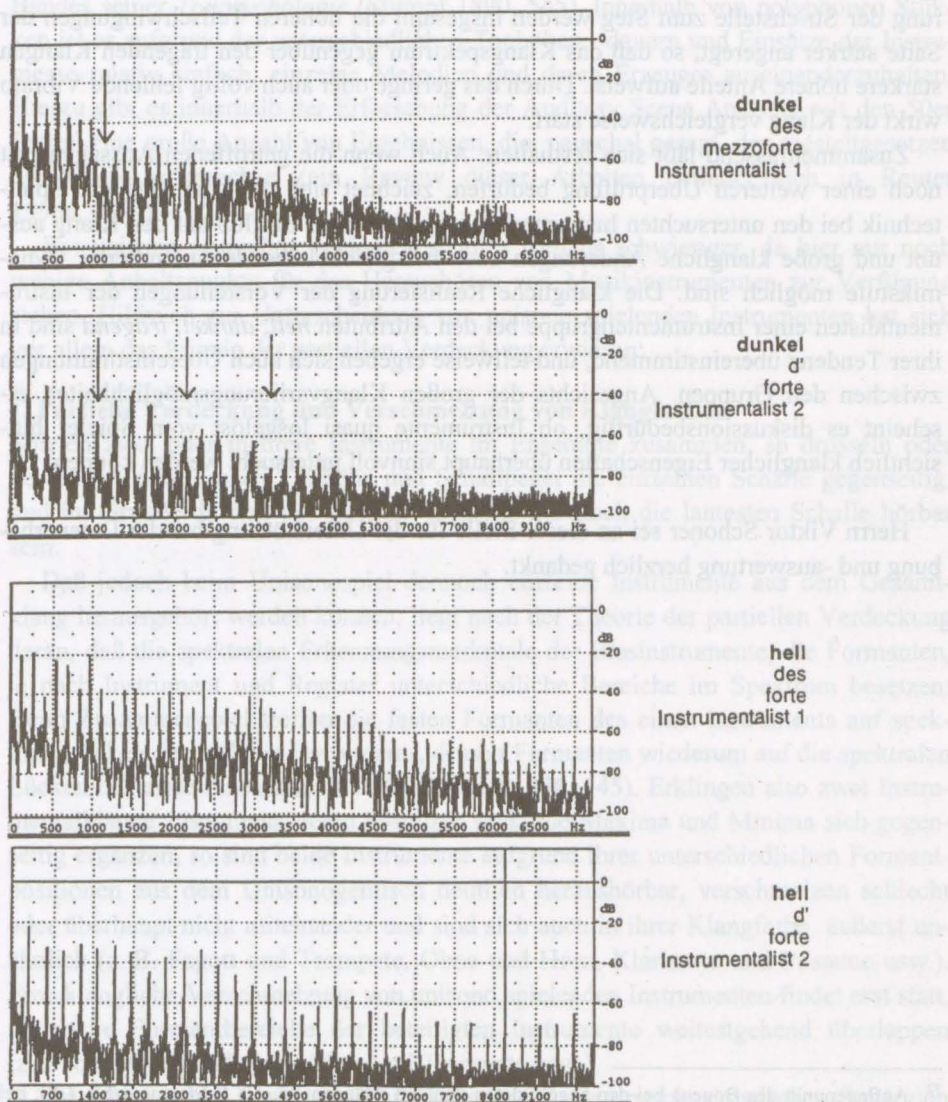
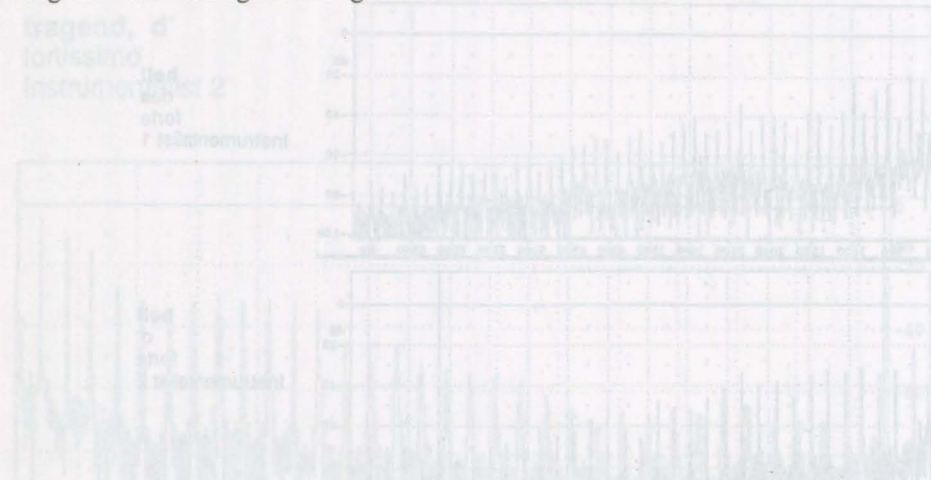


Abbildung 5: Klangspektren dunkler und heller Violoncello-Klänge.

Ein exemplarisch in Abbildung 5 zu sehender Vergleich von dunklen und hellen Violoncello-Klängen schließlich zeigt, daß bei den dunklen Klängen eine Gliederung des Spektrums entsprechend dem Bogenauflagepunkt zu beobachten ist, diese hingegen bei den hellen Klängen fehlt. Im Gegensatz zu den tragenden Klängen wird dies aber nicht durch ein starkes Vibrato bewirkt, sondern dadurch, daß der Bogen sehr nahe am Steg geführt wird, etwa bei  $1/12$  bis  $1/16$  der Saitenlänge.<sup>32</sup> Hier bewirken schon kleine Änderungen der Anstrichstelle eine Verlagerung der entsprechenden spektralen Minima, so daß sich diese nicht mehr klar ausprägen. Durch die Verlagerung der Strichstelle zum Steg werden insgesamt die höheren Teilschwingungen der Saite stärker angeregt, so daß das Klangspektrum gegenüber den tragenden Klängen stärkere höhere Anteile aufweist. Durch das geringe oder auch völlig fehlende Vibrato wirkt der Klang vergleichsweise starr.

Zusammenfassend läßt sich festhalten: Auch wenn die getroffenen Aussagen erst noch einer weiteren Überprüfung bedürfen, zeichnet sich doch ab, daß die Spieltechnik bei den untersuchten Instrumenten einen enormen Einfluß auf den Klang ausübt und große klangliche Änderungen auch bei gleichbleibender intendierter Dynamikstufe möglich sind. Die klangliche Realisierung der Vorstellungen der Instrumentalisten einer Instrumentengruppe bei den Attributen *hell*, *dunkel*, *tragend* sind in ihrer Tendenz übereinstimmend, und teilweise ergeben sich auch Übereinstimmungen zwischen den Gruppen. Angesichts der großen Klangvariierungsmöglichkeiten erscheint es diskussionsbedürftig, ob Instrumente quasi losgelöst vom Spieler hinsichtlich klanglicher Eigenschaften überhaupt sinnvoll untersucht werden können.

Herrn Viktor Schoner sei an dieser Stelle für die Unterstützung bei der Datenerhebung und -auswertung herzlich gedankt.



<sup>32</sup> Auflagepunkt des Bogens bei den abgebildeten dunklen Klängen: ca.  $1/8$  L (*des*) u.  $1/5$  L (*d'*); bei den abgebildeten hellen Klängen: ca.  $1/12$  L (*des*) u.  $1/14$  L (*d'*).