

- VARIABLEN DER TONERZEUGUNG • VORSTUDIEN UND -VERSUCHE
- „WARM-UP“ - STUDIE ZUM EINBLASVORGANG • STUDIEN ZUR INTONATION AUF TROMPETEN



Studien zur Tonerzeugung auf der Trompete

Matthias Bertsch

Schriftenreihe des Instituts für Wiener Klangstil (Musikalische Akustik)
an der Universität für Musik und darstellende Kunst Wien. Band 4 (2002)

Nachdruck der Dissertation von Matthias Bertsch

(Dissertation zur Erlangung des Doktorats der Philosophie
eingereicht im September 1998 an der
Geisteswissenschaftlichen Fakultät der Universität Wien)

Betreuer:

O.-Univ.Prof. Mag. Dr. Franz Födermayr
O.-Univ.Prof. Dr. Oskar Elschenk

Beurteilung: - sehr gut -

Matthias Bertsch: Studien zur Tonerzeugung auf der Trompete.

- Variablen der Tonerzeugung • Vorstudien und-Versuche
- „Warm-up“-Studie zum Einblasvorgang • Studien zur Intonation auf Trompeten.

Schriftenreihe des Instituts für Wiener Klangstil (Musikalische Akustik) an der
Universität für Musik und darstellende Kunst Wien.
Band 4

Institut für Wiener Klangstil (Musikalische Akustik), Wien 2002.
ISBN: 3-900914-02-8

VORWORT

Diese Forschungsarbeit beruht auf zahlreichen Versuchsreihen und verdankt ihre erfolgreiche Durchführung allen Beteiligten.

Ermöglicht wurde diese Arbeit durch die Unterstützung vom Institut für Wiener Klangstil, an der Musikhochschule Wien, welches die notwendigen Geräte und Infrastrukturen zur Verfügung stellte. Ganz besonders möchte ich Prof. Mag. Gregor Widholm für dessen Betreuung und steten Einsatz danken.

Herzlichen Dank möchte ich meinem »Doktorvater« Professor Dr. Franz Födermayr aussprechen, der mich über meinen gesamten Studienweg lehrte und unterstützte. Ihm, seinen Kollegen sowie insbesondere Professor Dr. Oskar Elschek, bin ich für zahlreiche Anregungen sehr dankbar.

Dr. Thomas Maca ermöglichte und unterstützte die interdisziplinäre Warm-up Studie im AKH und trug wesentlich zum Erfolg der Studie bei, an der nachfolgende Trompeter im Allgemeinen Krankenhaus an der bisher einmaligen Untersuchung teilnahmen:

Tinsobin Günther; Hofbauer Josef; Monsberger Konrad; Mühlfellner Martin; Gruber Andreas; Raab Lorenz; Weber Martin; Brugger Stefan; Budil Bernhard; Buchinger Ernst; Leszkovics Lucia; Kuppelwieser Daniel; Kaiser Julia; Rodharth Lukas und Fritsch Geraldine.

Diesen Musikern, wie auch den 34 anschließend angeführten Trompetern, die im Institut für Wiener Klangstil im "reflexionsarmen Raum" für die Aufnahme zur Intonations-Studie zur Verfügung standen, gilt mein erneuter Dank.

Rudolf Amon, Franz Berger, Petra Böhm, Heinrich Bruckner, Stefan Brugger, Helmut Demmer, Gottfried Eder, Niki Friesenbichler, Thomas Gansch, Hans Gansch, Gottfried Gindlhumer, Alexandra Gläser, Andreas Gruber Norman Handrow, Josef Hofbauer, Rainer Küblböck, Thomas Lachtner, Leonhard Leeb, Augustin Lehfuß, Konrad Monsberger, Martin Mühlfellner, Gerald Pfister, Rhonda Porter, Lorenz Raab, Michaela Rabitsch, Rudolf Ringer, Eva-Maria Schlander, Aneel Soomary, Margit Steinkellner, Emir Tahirovic, Josef Vejvoda, Josef Wagner, Isabella Wilczek, Nora Wurzing

Bei den Aufnahmen, dem Eintippen von riesigen Zahlenkolonnen und auch bei der abschließenden Korrektur der Arbeit fand ich stets Unterstützung beim "Acoustic Research Team", meinen Kollegen am Institut. Ohne die Mithilfe von Alexander Mayer wäre z.B. eine multimediale Dokumentation der Versuche nicht möglich gewesen.

Ganz persönlichen Dank möchte ich an dieser Stelle meiner Frau Isabelle aussprechen, die mir über die lange Phase der Studien und Arbeiten die notwendige Kraft und Unterstützung gab und auf so manche gemeinsame Freizeit verzichtete, damit diese Arbeit in die vorliegende Form gelangte.

Last but not least danke ich meinen Eltern, die mir das Studium im fernen Wien ermöglichten.

INHALTSVERZEICHNIS

VORWORT	2
1. EINLEITUNG	7
2. VARIABLEN DER TONERZEUGUNG	9
2.1 Versuch einer Klassifikation möglicher Einflußfaktoren	9
2.1.1 Spieler	12
2.1.1.1 Zu den instrumentalrelevanten Fähigkeiten des Spielers	12
2.1.1.2 Zur musikalischen Intention des Spielers	13
2.1.1.3 Zur praktischen Umsetzung der Tonerzeugung eines Spielers	14
2.1.2 Instrument	16
2.1.2.1 Zu den objektiven Eigenschaften des Instrumentes	16
2.1.2.2 Zu den subjektiven Eigenschaften des Instrumentes	17
2.1.3 Umgebungsbedingungen	18
2.1.3.1 Zum Faktor "Zeitpunkt"	18
2.1.3.2 Zum Einfluß des Raumes	18
2.1.4. Wahrnehmung	19
2.2 Überblicks-Auflistung möglicher Einflußfaktoren	20
3. VORSTUDIEN UND -VERSUCHE	21
3.1 Medienrecherche	21
3.2 Video-Aufnahmen mit einem Endoskop im Mundstück	21
3.3 Wärmekamera-Aufnahmen in Graz	24
4. "WARM UP" STUDIE	25
Studienziel	25
4.1 Einführung	26
4.2. Methoden und Versuchsaufbau	27
4.2.1 Thermographie-Aufnahmen	27
4.2.2 Statistische Angaben zu den Spielergruppen	32
4.2.3 Zur Dauer des „Warm up“	34
4.2.4 Was bringt das „Warm up“ ?	35
4.2.5 Zum Ablauf der Thermographie-Aufnahmen	36

4.2.6 Begleituntersuchung der Vitalwerte	37
4.2.6.1 Blutdruckänderungen	38
4.2.6.2 Pulsfrequenzänderungen	39
4.2.6.3 Axilläre Temperatur und 4.2.6.4 Fingertemperatur	39
4.2.7 Auswahl der Meßpunkte zur Analyse	40
4.3 Thermobilder und Meßwerte der einzelnen Spieler	43
4.4 Auswertung der einzelnen Meßflächen	74
Meßfläche 1: Die Mundwinkel (anguli oris inferior)	74
Meßfläche 2: Die Augenwinkel (anguli oculi)	75
Meßfläche 3: Die Stirnmitte (front)	76
Meßfläche 4: Nasenseite (perinasal)	77
Meßfläche 5: Die innere Wangenpartie (buccal rostral)	78
Meßfläche 6: Die Wangenmitte (buccal central)	79
Meßfläche 7: Die Wange außen (buccal auriculaer)	80
4.5 Zusammenfassung	81
5. STUDIEN ZUR INTONATION AUF TROMPETEN	84
Studienziele	84
5.1 Einführung	85
5.2 Methoden und Versuchsaufbau	86
5.2.1 Audio- und Video Aufnahmen (AV-Studie)	86
5.2.1.1 Audio-Aufnahmen	86
5.2.1.2 Audio - Geräteeinstellungen	87
5.2.1.3 Digitale Signalverarbeitung	88
5.2.1.4 Ermittlung der Grundfrequenz (f ₀) und Amplitude (RMS)	89
5.2.1.5 Video - Aufnahmen	92
5.2.2 BIAS - Messungen	94
5.2.2.1 Technische Angaben zur Eingangs-Impedanzmessung	94
5.2.2.2 Zur Berechnung der Intonation	95
5.2.3 Referenzinstrument	97
5.2.3.1 Referenztrompete	97
5.2.3.2 Referenzmundstück	97
5.2.4 Zu den Notenvorgaben und Abkürzungen	99
5.2.5 Die Versuchspersonen der Intonations-Studie	101
5.2.5.1 Zu den Trompetern und ihren Instrumenten	101
5.2.5.2 Statistische Verteilung der Spielergruppen	102
5.3 Auswertung der mit BIAS gemessenen Intonation	104
5.3.1 Einfluß der Gewichtungen	105
5.3.1.1 Ungewichtete Messungen	105
5.3.1.2 Standardgewichtete Messungen	106
5.3.1.3 Fortissimogewichtete Messungen	107
5.3.1.4 Gewichtungsunabhängige Merkmale	108
5.3.2 Ventilkombinationen	110
5.3.3 Referenztrompete	113

5.3.4 Instrumentengruppen im Vergleich.....	114
5.3.5 Musikalische Stimmungen	116
5.3.6 Zusammenfassung	117
5.4 Gespielte Intonation der Trompeter	118
5.4.1 G-Dur Tonleiter	118
5.4.2 Dynamik der G-Dur Tonleitern	119
5.4.3 Aufbereitung der Werte der gespielten Tonhöhen	120
5.4.3.1 Zeitlicher Verlauf der gespielten Töne	120
5.4.3.2 Bestimmung der Grundtonhöhe	120
5.4.3.3 Berechnung der individuellen Stimmtonghöhe „a1“	120
5.4.3.4 Schwankungen in der Grundtonhöhe	120
5.4.4 Intonation der gespielten G-Dur Tonleitern	123
5.4.4.1 Gesamtüberblick.....	123
5.4.4.2 Untere versus obere Oktave	125
5.4.4.3 Eigenes Instrument (I) versus Referenztrompete (R)	126
5.4.4.4 Profis versus Studenten	127
5.4.4.5 Drehventilinstrumente versus Perinéttrumpeten	128
5.4.4.6 „Klassiker“ versus „Allrounder“ und „Jazzler“	129
5.4.4.7 Männliche Trompeter versus weibliche Trompeterinnen	130
5.4.4.8 Jüngere versus ältere Spieler	130
5.4.4.9 Auswahlgruppe der professionellen Orchestermusiker	131
5.4.4.10 Auswahlgruppe der Spieler mit Trompeten eines Erzeugers	131
5.4.4.11 Einfluß der Spielerfahrung	132
5.4.4.12 Einfluß des Trompetenlehrers	133
5.4.5 Musikalische Stimmungen	134
5.4.6 Zusammenfassung	136
5.5 "BIAS Intonation" versus "gespielte Intonation"	139
5.5.1 Vergleich der Intonation der einzelnen Spieler	139
5.5.2 Vergleich der Mittelwerte	144
5.5.3 Zusammenfassung	147
5.6 Dynamik, Klangfarbe und Intonation von Einzeltönen	148
5.6.1 Dynamikumfänge verschiedener Spieler (anhand Ton „h1“)	148
5.6.1.1 Auswertung der gespielten Dynamik nach Gruppen	149
5.6.2 Zum Einfluß des Registers auf die Dynamik	150
5.6.3 Dynamik versus Grundfrequenz (f ₀)	151
5.6.4 Zum "Ziehbereich" von Tönen	153
5.6.5 Klangspektrum und Intonation	157
5.6.5.1 Ton „h1“ mit der Referenztrompete im forte	157
5.6.5.2 Variationsbreite des Teiltonaufbaus von as ₀ (88dB)	161
5.6.6 Zusammenfassung	167

6. RESÜMEE	170
6.1 Variablen der Tonerzeugung	170
	170
6.2 "Warm up" Studie	170
6.3 Intonations - Studie	171
7. LITERATURVERZEICHNIS	173
8. ANHANG	177
8.1 Fragebogen zum "Warm up"	178
8.2 Zu den Versuchspersonen der "Warm up" Studie	180
8.3 Einladung der Trompeter zum "Warm up"	181
8.4 Meßwerte-Tabellen zum "Warm up"	182
8.5 Notenvorgaben für das "Warm up"	188
8.6 Notenvorgaben für die AV-Studie	190
8.7 Fragebogen zur AV-Studie	191
8.8 Aufnahmeprotokoll zur AV - Studie	192
8.9 Tabelle der gemittelten BIAS Intonationen	193
8.10 Mensurverlauf der Referenztrompete (nach D. Sharp)	194
8.11 Angaben zur "Audio Recording Hardware"	195
8.12 Zu den Versuchspersonen der "AV-Studie"	196
8.13 Gespielte Werte aller Trompeter im Einzelnen	215
CURRICULUM VITAE	252

1. EINLEITUNG

Neuere wissenschaftliche Arbeiten, wie z.B. jene von Seji Adachi und Masa-aki Sato aus dem Jahr 1995 versuchen mit Hilfe vereinfachter Modelle und mittels Computersimulationen das Prinzip der Tonerzeugung auf Blechblasinstrumenten nachzubilden und damit deren Funktionsprinzip zu erklären. Die Ergebnisse dieser "Physical Modelling"-Studien sind hilfreiche Ansätze zum Verständnis der komplexen Vorgänge, jedoch werden die beeinflussenden Faktoren auf das Wesentliche beschränkt, so daß die synthetisch simulierten Töne zwar nach einem Trompetenton klingen, aber leblos und stereotyp wirken. Wie bei den Klängen von heutigen MIDI Keyboards und Synthesizern (die mittlerweile die natürlichen Klänge einiger Musikinstrumente täuschend echt imitieren können,) fehlen die natürlichen Unregelmäßigkeiten im Ton, die bei jedem wirklich gespielten Ton vorhanden sind. Doch welche Ursache haben die natürlichen Unregelmäßigkeiten und welche Umstände bilden die Grundlage für die Variationsvielfalt von Trompetentönen? Wie groß sind die Schwankungen bei einzelnen Tönen?

Diese und ähnliche Fragen brachten den Autor zur Überlegung, welche Faktoren möglicherweise Einfluß auf die Tonerzeugung bei der Trompete haben. Nach Recherchen in der Fachliteratur und Gesprächen mit Trompetern und Kollegen wurde die erstellte Liste an möglichen Einflußfaktoren immer länger. Einige der Aspekte wurden bereits untersucht, die Bedeutung anderer blieb hingegen bisher unbelichtet. Um einen Gesamtüberblick zu gewinnen, wurde versucht, alle Parameter in einer Systematik unterzubringen. Das Ergebnis dieses Versuches, welches einen Vorschlag für ein Gerüst darstellt, ist im zweiten Kapitel dieser Arbeit wiedergegeben. Die Auflistung der verschiedensten Aspekte zeigt, wie komplex sich das "trompeten" für eine theoretische Betrachtungsweise darstellt.

Von diesen sehr allgemeinen Überlegungen ausgehend wurden neue Ansätze für naturwissenschaftliche Experimente überdacht und in Vorstudien erprobt (siehe Kapitel drei). Nach den Erfahrungen aus den Vorversuchen fiel die Entscheidung zur Durchführung einer Studie zum "Einblasens" von Trompetern (dem "Warm up") sowie zu Studien zur Intonation.

Ein bisher wissenschaftlich nicht untersuchter Aspekt, der jedoch für jeden Spieler täglich von Bedeutung ist, ist der Aufwärmvorgang auf dem Instrument. Das im Deutschen umgangssprachlich als "einblasen" bezeichnete Ritual wird im Englischen als "warm up" bezeichnet. Die Funktion des "Warm up" bei Blechbläsern ist mit dem Aufwärmtraining von Sportlern vergleichbar, das dazu dient, die Muskulatur zu lockern und die Durchblutung in den beanspruchten Körperteilen zu fördern. Angeregt von dem Begriff "Wärme" wurde die Idee geboren, mit einer Wärmekamera Trompeter zu filmen und nachzuprüfen, inwieweit tatsächlich beim Einblasen eine Erwärmung der beim Spielen beteiligten Muskelpartien stattfindet. Könnte dies tatsächlich nach-

gewiesen werden, wäre es interessant zu sehen, ob Unterschiede zwischen Spielern mit unterschiedlicher Erfahrung zu beobachten sind. Außerdem könnte man auf Grund der Bestimmung der erwärmten Gesichtspartien gemeinsame Merkmale und individuelle Besonderheiten von Trompetern dokumentieren und dadurch einen neuen Zugang zur Untersuchung der Spieltechnik von Trompetern erhalten. Die Beschreibung und die Ergebnisse dieser "Warm up"- Studie, welche insbesondere für Bläser und Instrumentalpädagogen interessant sind, sind Inhalt des vierten Kapitels dieser Arbeit.

Neben der Frage, *wie* man einen Ton auf einem Instrument hervorbringt, bestehen viele Fragen nach dem *Ergebnis* der Tonerzeugung. Für jeden Spieler und Zuhörer ist der abgestrahlte Ton bzw. Klang das Wesentliche. Bei auftretenden Problemen stellt sich immer wieder die Frage, "wer oder was" die auf einer Trompete gespielte Tonhöhe, Klangfarbe, Dynamik, etc. in welchem Umfang beeinflusst. In diesem Zusammenhang kommt dem Aspekt der Intonation besondere Bedeutung zu. Sie ist neben der Klangfarbe ein sehr wesentliches Qualitätskriterium für ein Blechblasinstrument. Während ein Ton, der von zwei verschiedenen Spielern beispielsweise auf einem Klavier nacheinander gespielt wird, normalerweise diesselbe Grundfrequenz hat, ist die auf Blechblasinstrumenten gespielte Grundfrequenz spielerspezifisch.

So behauptet zum Beispiel Trompeter A, ein Ton sei auf einem bestimmten Instrument zu tief, Spieler B meint, er sei viel zu hoch und Spieler C sagt, er sei zwar etwas zu hoch, aber man könne ihn locker auf die gewünschte Tonhöhe ziehen.

Hat ein Instrument demnach mehrere "subjektive" Intonationen ?

Auch hinsichtlich der Intonation bei verschiedenen Instrumenten unterscheiden sich die Aussagen von Musikern auf Grund subjektiver Erfahrungen. Nicht selten werden sogar Pauschal-Urteile von Spielern geäußert, wie zum Beispiel: "*das g2 sei auf Pumpventiltrompeten immer zu hoch*" oder "*als Profi gleiche man die Stimmungsabweichung eines Instruments eben aus*".

Das am Institut für Wiener Klangstil entwickelte Blas-Instrumente-Analyse-System (BIAS) ermöglicht es, die Intonation von Blechblasinstrumenten ohne die Mitwirkung und den Einfluß eines Spielers zu ermitteln. Die so gemessene "objektive" Intonation kann nachfolgend der gespielten "subjektiven" Intonation gegenübergestellt werden. Im Anschluß wurde versucht, die Aspekte Klangfarbe und Dynamik mit der gespielten Intonation in Zusammenhang zu bringen. Auch hierzu existieren sehr gegenläufige Meinungen. Während manche z.B. behaupten, beim crescendo werde der Ton tiefer, meinen andere, daß die Grundfrequenz mit der Lautstärke ansteige.

Die einzelnen Abschnitte der Arbeit wurden am Ende der jeweiligen Kapitel zusammengefaßt. Die Schlußfolgerungen und die wesentlichsten Erkenntnisse wurden im Kapitel 6 resümiert.

2. VARIABLEN DER TONERZEUGUNG

2.1 Versuch einer Klassifikation möglicher Einflußfaktoren

Die in dieser Arbeit durchgeführten Studien versuchen, einzelnen Aspekte der Tonerzeugung auf der Trompete nachzugehen. Bei dem Versuch, einzelne Aspekte der Tonerzeugung isoliert zu betrachten, stellt sich die Frage nach dem Einfluß anderer Aspekte, die im komplexen gekoppelten System von organischem und anorganischem Elementen beteiligt sind¹.

Wichtig zu erwähnen ist, daß bei der Durchführung der Studien angestrebt wurde, soviel wie möglich "Konstanten" in den Versuchsreihen zu haben. Zu diesem Zweck wurde der Anlauf unternommen, unter Einbeziehung der eigenen praktischen Erfahrungen des Verfassers im Trompetenspiel und unter Berücksichtigung von wissenschaftlichen Untersuchungen zur Tonerzeugung, sämtliche relevante Faktoren zu sammeln und zu klassifizieren. Eine detaillierte Beschreibung aller Aspekte würde den Rahmen der vorliegenden Arbeit jedoch bei Weitem sprengen.

Ein derart komplexer Vorgang, dessen Teile Aspekte sehr unterschiedlicher wissenschaftlicher Disziplinen darstellen, kann nur durch eine Verbindung einer Vielzahl von interdisziplinären Studien verstanden werden. Die Auflistung verschiedenster Einflußfaktoren und die Beschreibung einiger Aspekte in Zusammenhang mit den durchgeführten Studien sollen einen Einblick in die Vielfältigkeit möglicher Ursachen geben, warum kein Ton einem anderen völlig gleicht.

Der Versuch, alle Aspekte systematisch aufzulisten ist jedoch aufgrund der wechselseitigen Abhängigkeit verschiedener Faktoren nicht eindeutig möglich. Die getroffenen Einteilungen und Zuordnungen stellen daher nur eine Möglichkeit unter vielen dar. Im folgenden Abschnitt wird zunächst versucht, eine allgemeine Definition eines Trompetentons zu formulieren. Anschließend werden die daraus abgeleiteten Kategorien möglicher Einflußfaktoren erläutert und danach über 100 Aspekte aufgezählt und zu einzelnen Variablen Vermerke bezüglich der vom Autor durchgeführten Studien gemacht.

¹ Während es bei anorganischen Elementen noch leichter möglich ist, den Einfluß konstant zu halten (wie z.B. Aufnahme-raum, Aufnahmegerät), wird dies bei organischen oder psychologischen Elementen (spielerbezogene Faktoren) oftmals unmöglich. Zum Beispiel sagen manche Trompeter, ein guter Ansatz sei unter anderem davon abhängig, was sie zuvor gegessen hätten. Während es für jeden nachvollziehbar ist, daß man sich nach einem Essen in anderer körperlicher Verfassung befindet und sich das auf das Musizieren auswirken kann, erscheint für manchen jedoch die Aussage verwunderlich, daß es einen Einfluß hat, was sie gegessen haben. Bedenkt man jedoch, daß beim Blechbläser die Lippenschleimhäute zum Schwingen gebracht werden, kann man sich vorstellen, daß z.B. besonders salzige Speisen oder die Mundhygiene die Beschaffenheit der Schleimhäute beeinflussen. Dies ist lediglich ein Beispiel für einen Aspekt, für den es keine wissenschaftliche Untersuchung gibt.

Was ist ein " gespielter" Trompetenton ?

Durch das Zusammenspiel des gekoppelten Systems von Spieler (Trompeter) und Instrument (Trompete) wird innerhalb einer bestimmten Umgebung ein akustisches Signal abgegeben, welches von einem Zuhörer als ein Trompetenton wahrgenommen werden kann. Dabei fungieren die Lippen des Spielers als Schwingungs-Erreger und das Instrument als Strahler.

Aus dieser Definition werden folgende vier Kategorien abgeleitet:

- 1.) Variablen, welche die Person des Spielers betreffen
- 2.) Einflußfaktoren des Instrumentes
- 3.) Variablen der Umgebungsbedingungen
- 4.) Aspekte bezüglich der Wahrnehmung eines Trompetentons durch den Zuhörer

Die ersten drei Kategorien sind untrennbar in einem geschlossenen Regelkreis miteinander verbunden. Die vierte Kategorie beinhaltet Aspekte der Wahrnehmung, welche einerseits Teilaspekte des Spielers darstellen und somit als wichtige Faktoren direkt in den Regelkreis eingebunden sind. Andererseits müssen weitere Aspekte berücksichtigt werden, wenn der Trompetenton von einer anderen Person als dem Spieler, also einem Zuhörer, wahrgenommen wird.

Abbildung 1 skizziert das Zusammenspiel der Kategorien. Zwischen allen vier Kategorien bestehen Kopplungen und Rückkopplungen. So beeinflusst zum Beispiel die Raumtemperatur, ein Aspekt der Umgebungsbedingungen, sowohl den Spieler, als auch das Instrument und die Wahrnehmung. Umgekehrt werden auch manche Aspekte der Umgebungsbedingungen (wie z.B. die Raumakustik) vom Spieler oder von den Zuhörern beeinflusst.

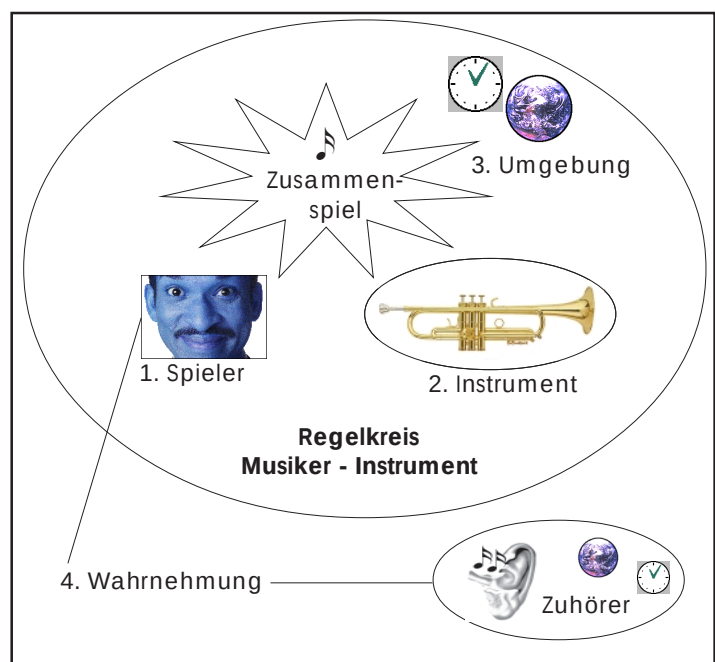
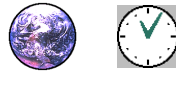


Abb. 1: Gliederung der Einflussfaktoren in 4 Kategorien

 1. Spieler 1.1 Fähigkeiten / Können 1.2 Musikalische Intention 1.3 Realisation (Umsetzung)	 2. Instrument 2.1 Objektive Eigenschaften 2.2 Subjektive Eigenschaften	 3. Umgebung 3.1. Zeit 3.2. Raum (Ort)	 4. Wahrnehmung 4.1 Zuhörer 4.2 Übertragungsweg
--	---	---	---

Die Kategorien werden, wie folgt, untergliedert:

1. Spieler: Das klangliche Resultat eines gespielten Tones ist seitens des Spielers von drei Faktoren abhängig:

- von seinem Können bzw. seinen technischen Fähigkeiten (z.B. seiner Spielerfahrung)
- von seiner musikalischen Intention (z.B. die Dynamikstufe)
- von der tatsächlichen Umsetzung im Moment der Tonerzeugung (z.B. der Ansatz)

2. Instrument: Die Eigenschaften einer Trompete, die direkt oder indirekt die Tonerzeugung beeinflussen können, sind

- entweder für alle Spieler konstant, und daher objektiv (z.B. die Mensur, Lackierung)
- oder subjektiv, da verschiedene Spieler auf bestimmte Aspekte unterschiedlich reagieren (z.B. das Aussehen des Instrumentes, Wert)

3. Umgebung: Die Umgebungsbedingungen betreffen Aspekte von

- Raum (Ort) (z.B. die Raumgröße, Temperatur)
- Zeit (z.B. die Tageszeit)

4. Wahrnehmung: Die Aspekte der Wahrnehmung sind einerseits ein Teil im Regelkreis Musiker- Instrument und bilden ein Bindeglied im gekoppelten System. Andererseits kann die Wahrnehmung des vom Spieler erzeugten Signal für andere Zuhörer durch zusätzliche Faktoren beeinflusst werden. Dazu zählen

- individuelle Merkmale des Zuhörers (z.B. Alter)
- die Einflußfaktoren des Übertragungsweges (z.B. ob der Ton "Live" oder "zeitversetzt" wahrgenommen wird)

2.1.1 Spieler

2.1.1.1 Zu den instrumentalrelevanten Fähigkeiten des Spielers

Das Vorhandensein von spieltechnischen Fähigkeiten, bzw. das "Können" des Spielers ist Grundvoraussetzung für die Tonerzeugung auf dem Instrument. Die Bandbreite des "Könnens" ist jedoch sehr groß und reicht vom Stadium "gerade einen Ton herausbringen" bis zur künstlerisch-technischen Perfektion.

1.1 Fähigkeiten / Können

- 1.1.1 Ausbildungsstand
 - 1.1.1.1 Kreativität
 - 1.1.1.2 Spieltechnische Fähigkeiten
 - 1.1.1.2.1 Unterrichtsmethoden
- 1.1.2 Talent
- 1.1.3 Intelligenz
- 1.1.4 Psyche / Charakter
- 1.1.5 Körperliche Konstitution & Veranlagungen
 - 1.1.5.1 Lippen & Schleimhautbeschaffenheit
 - 1.1.5.2 Zähne
 - 1.1.5.2.1 Zahnpflege
 - 1.1.5.2.2 Zahnprothesen, Spangen
 - 1.1.5.3 Atmung
 - 1.1.5.3.1 Lungenfunktionen
 - 1.1.5.3.2 Atemwege
 - 1.1.5.4 Gehör
 - 1.1.5.5 Muskulatur
 - 1.1.5.6 Ausdauer
 - 1.1.5.7 Geschlecht
 - 1.1.5.8 Alter



Die Fähigkeiten werden einerseits erworben, und hängen daher vom Ausbildungsstand und von der Spielerfahrung des Spielers ab. Andererseits sind bestimmte körperliche Funktionen (z.B. Atmung) wesentlich an der Tonerzeugung beteiligt, deren Verfassung wiederum von verschiedenen Parametern bestimmt wird.

Einige der Parameter sind in der Auflistung 1.1 angegeben. Die Mehrzahl der Aspekte sind relativ allgemein und nicht nur für das Trompetenspiel relevant, so daß an dieser Stelle auf grundlegende Literatur zur Musikpsychologie (z.B. Bruhn, Oertner, Rösing, 1993) und Fachliteratur zur Physiologie (z.B. Bartels, 1995) hingewiesen wird. Manche der Aspekte sind jedoch insbesondere für das Spiel auf Blechblasinstrumenten von Bedeutung und wurden zum Teil wissenschaftlich untersucht. Einer medizinischen Betrachtung des Klangerzeugungsapparates der Blechbläser und neurologischen Problemen widmete sich zum Beispiel Toshio Nemoto (1996), der auch Arbeiten über die Auswirkungen der Mundstruktur veröffentlichte (1995).

In den Studien zur vorliegenden Arbeit wurde versucht, aufgrund der eigenen Angaben der Spieler vergleichbare Spielergruppen einzuteilen und die Ergebnisse der Gruppen statistisch zu untersuchen. Verwendete Kriterien, die möglicherweise in Zusammenhang mit den spieltechnischen Fähigkeiten stehen waren:

Der Status des Spielers (Profi, Student, Amateur, Schüler), das Alter, das Geschlecht¹ und die Spielerfahrung des Musikers.

¹ Mit Ausnahme beim direkten Vergleich der Ergebnisse von männlichen Trompetern und weiblichen Trompeterinnen werden vom Autor aus Gründen der Lesbarkeit unter den Begriffen "Spieler", "Trompeter", "Musiker", usw. beide Geschlechter subsumiert und auf Wortkonstruktionen wie "SpielerInnen" verzichtet.

Der Anstoß, auf den Geschlechter-Aspekt einzugehen, stammt aus den gegenwärtigen Diskussionen um die Aufnahme von weiblichen Musikerinnen bei den Wiener Philharmonikern. Argumente aus dem Kreis des Orchesters stehen entgegen der allgemeinen Gleichstellung der Frau und negieren die oftmals bewiesene Gleichwertigkeit im Bereich des Musiklebens. Die Wurzeln der Argumentation wurden auch in früheren wissenschaftlichen Arbeiten genährt. So schrieb zum Beispiel Heinrich Hoffmann noch 1956 in seinem Buch über den Ansatz der Blechbläser, daß Frauen aufgrund ihres kleineren Lungenvolumens ungeeignet für das Spiel von Blechblasinstrumenten seien.

2.1.1.2 Zur musikalischen Intention des Spielers

Der Begriff "musikalische Intention" bezieht sich auf die Zielvorstellung des Spielers, wie er die Töne auf dem Instrument erzeugen möchte, ungeachtet der praktischen Durchführbarkeit bzw. seiner technischen Fähigkeiten.

Was ein Trompeter spielen möchte, ist im wesentlichen aus seinen Erfahrungen und von seinem Vorstellungsvermögen bestimmt. Sowohl Imitation oder Interpretation von Bekanntem, als auch die Kreation von neuen musikalischen Ideen werden von seiner persönlichen Präferenz und seinem im Gedächtnis abgespeicherten Vorrat an Mustern bestimmt.

Die in der Auflistung 1.2 angegebenen Aspekte umfassen sowohl allgemeine musikalische Erfahrungswerte, als auch den konkreten musikalischen Kontext. Die meisten der Parameter bezüglich dem Kontext sind untrennbar miteinander verbunden und bilden jeweils Teilaspekte eines Musters.

Die allgemeinen Merkmale des musikalischen Backgrounds unterscheiden sich in mannigfaltiger Art und sind nur schwer zu erfassen. In einem sehr groben Ansatz wurde innerhalb dieser Arbeit das Kriterium "Repertoiretyp" ausgewählt, um Spieler zu klassifizieren. Dabei wurde zwischen jenen Spielern unterschieden, die ausschließlich oder überwiegend klassische Musikerfahrung haben und jenen, die auch Erfahrung im Jazz- oder Populärmusikbereich haben.

Sehr wesentlich für die Vergleichbarkeit der Aufnahmen für die Studien zur vorliegenden Arbeit ist jedoch Vorgabe des konkreten musikalischen Kontextes (mit Ausnahme beim dritten Teil der "Warm up" Studie). Neben den jeweiligen schriftlichen Vorgaben, die dem Anhang beigelegt sind, wurden bei fallweisen Unklarheiten mündliche Erklärungen abgegeben. Die Notation von Musik bietet eine (wenn auch beschränkte) Möglichkeit der Konkretisierung einer musikalischen Intention. Die Auffassungs- und Interpretationsunterschiede von Musik sind jedoch sehr subjektiv und vielseitig und daher auch Gegenstand unzähliger musikwissenschaftlicher Arbeiten.

1.2 Musikalische Intention

- 1.2.1 Musikal. Erfahrung / Background
 - 1.2.1.1 Vererbung
 - 1.2.1.2 Umwelt
 - 1.2.1.2.1 Soziale Umgebung (Eltern, Freunde, Schule)
 - 1.2.1.2.2 Medienkonsum
 - 1.2.1.2.3 Musikalischen Idolen & Vorbildern
- 1.2.2 Kulturelle Erfahrungen
 - 1.2.2.1 Klangvorstellungen - Instrumentallehrer (!)
 - 1.2.2.2 Tonsysteme
 - 1.2.2.3 Regionale Einflüsse
 - 1.2.2.4 Zeitgeist
- 1.2.3 Musikalische Gattung
 - 1.2.3.1 Kompositionsregeln - Komponist (!)
- 1.2.4 Musikalischer Kontext
 - 1.2.4.1 Informationsgehalt (Vertrautheit)
 - 1.2.4.2 Register / Lage
 - 1.2.4.2.1 Tonhöhe
 - 1.2.3.2.1.1 zyklische Modulation (Frequenz-Vibrato)
 - 1.2.3.2.1.2 azyklische Modulation (Transienten)
 - 1.2.4.2.2 *Hohe Lage Syndrom
 - 1.2.4.3 Lautstärke
 - 1.2.4.3.1 zyklische Modulation (Amplituden-Vibrato)
 - 1.2.4.3.2 nicht - zyklische Modulation (Dynamik)
 - 1.2.4.4 Artikulation (Anstoß)
 - 1.2.4.4.1 Tonbeginn (Anstoß)
 - 1.2.4.4.2 Tonende
 - 1.2.4.5 Bedeutung des Tones
 - 1.2.4.5.1 Melodischer Kontext
 - 1.2.4.5.2 Zusammenspiel
 - 1.2.4.5.2.1 Hauptstimme
 - 1.2.4.5.2.2 Nebenstimme
 - 1.2.4.5.2.3 Harmonische Bedeutung
 - 1.2.4.6 Klangfarbe
 - 1.2.4.7 Stimmtonhöhe (Kammerton)
 - 1.2.4.8 Intervallzusammenhang
 - 1.2.4.8.1 Vorheriger Ton
 - 1.2.4.8.2 Nächster Ton
 - 1.2.4.9 Rhythmischer Zusammenhang
 - 1.2.4.9.1 Länge des Tones (Tondauer)
- 1.2.5 Erfahrung & Routine



2.1.1.3 Zur praktischen Umsetzung der Tonerzeugung eines Spielers

Die praktische Umsetzung einer musikalischen Intention zu einem akustischen Signal wird durch zahlreiche Parameter bestimmt. Einige dieser Parameter wurde innerhalb der "Warm up" Studie und in einer Vorstudie untersucht.

Die beobachteten Variablen der "Warm up" Studie waren die Vitalfunktionen und die Blutversorgung des Spielers im Ansatzbereich. Diese Aspekte hängen eng mit der gesamten physiologischen und psychologischen Konstitution des Spielers zusammen.

Aus diesem Grund wurden den Spielern einige Vorgaben gegeben, um so gut wie möglich vergleichbare Situationen zu schaffen und einige Konstanten in den Test einzubringen. So sollten sie zum Beispiel vor dem Test einige Zeit nichts essen, nicht rauchen, keine körperliche Arbeit verrichten, usw.. Eine tatsächlich in allen Aspekten gleiche Situation zu schaffen ist unmöglich, da die Körperfunktionen auch von der psychischen Verfassung mitgeprägt wird, die von außen nicht oder nur kaum zu erfassen ist.

Bei der Versuchsreihe zum "Warm up" wurden die für Thermographien üblichen Standardvorgaben berücksichtigt. Aus den Ergebnissen der Studie wurde versucht, Rückschlüsse auf die Spieltechnik zu ziehen, die ebenfalls einen Aspekt der Umsetzung darstellt.

Ein Einblick auf den Ansatz von Trompetern wurde in einer Vorstudie gewonnen. Der Begriff "Ansatz" bezeichnet im engeren Sinne die eigentliche Schnittstelle von Instrument und Spieler. Im weiteren Sinne bezeichnen Blechbläser damit auch ihre generelle Verfassung bzw. die momentane Form. Gegenüber den Unmengen an Meinungen und Erfahrungen von Spielern sowie Ratschlägen und Lehrmeinungen von Pädagogen, die zum Thema Ansatz im weiteren Sinne existieren, ist die Anzahl an wissenschaftlichen Arbeiten zum Ansatz im engeren Sinne eher gering.

Eine Pionierrolle kommt der Studie von Daniel W. Martin zu, der bereits im Jahr 1942 optische Analysen der Ansatzposition und der Schwingungsform der Lippen durchführte. Angeregt von der Notwendigkeit weiterer Forschungen dieser Art, wurden vom Autor Experimente durchge-

1.3. Realisation (Umsetzung)

- 1.3.1 Bekanntheit mit dem Instrument
- 1.3.2 Psychologische Verfassung
 - 1.3.2.1 Konzentration
 - 1.3.2.2 Motivation
 - 1.3.2.3 Tagesverfassung / Gemütslage
 - 1.3.2.4 Stress
- 1.3.3 Körperliche Verfassung
 - 1.3.3.1 Vitalfunktionen
 - 1.3.3.1.1 Blutdruck
 - 1.3.3.1.2 Puls
 - 1.3.3.1.3 andere Vitalfunktionen
 - 1.3.3.2 Blutversorgung (Warm up)
 - 1.3.3.3 Drogeneinfluss
 - 1.3.3.3.1 Alkohol
 - 1.3.3.3.2 Rauchen
 - 1.3.3.4 Befeuchtung der Lippen und Schleimhäute
- 1.3.4 Spieltechnik
 - 1.3.4.1 Ansatz (im engeren Sinne)
 - 1.3.4.1.1 Lippenschwingung
 - 1.3.4.1.1.1 Oberlippe
 - 1.3.4.1.1.2 Unterlippe
 - 1.3.4.1.1.3 Schwingungsrichtung
 - 1.3.4.1.1.4 Form der Lippenöffnung
 - 1.3.4.1.1.5 Amplitude der Lippenöffnung
 - 1.3.4.1.2 Mundstöße
 - 1.3.4.1.3 Ansatzstelle des Mundstückes
 - 1.3.4.1.4 Ansatzrohr
 - 1.3.4.1.4.1 Gaumenlage
 - 1.3.4.1.4.2 Zungenstellung
 - 1.3.4.2 andere Körperarbeiten
 - 1.3.4.2.1 Luftführung
 - 1.3.4.2.1.1 Lungentätigkeit
 - 1.3.4.2.1.2 Zwerchfellaktivität
 - 1.3.4.2.1.3 Luftdruck
 - 1.3.4.2.1.4 Luftmenge
 - 1.3.4.2.1.5 Luftgemisch
 - 1.3.4.2.2 Instrumentenhaltung
 - 1.3.4.2.3 Spielhaltung
 - 1.3.4.2.4 Grifftechnik
 - 1.3.4.2.4.1 Fingerhaltung
 - 1.3.4.3 Gesamtschwierigkeit



führt, die im Kapitel 3.2 näher beschrieben sind. Mit Hilfe eines Endoskops wurden Bilder im Mundstück der Trompete aufgenommen, aus denen interessante Aussagen zu gewinnen sind. Zwei Beispiele sind in Abbildung 2 wiedergegeben.

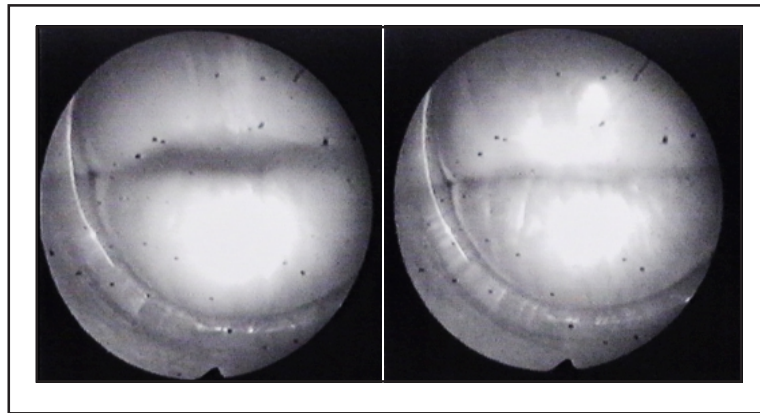


Abb. 2: Bilder der schwingenden Lippen (des Autors), die mittels Endoskop im Trompeten-Mundstück aufgenommen wurden.

Man erkennt zwar deutlich die Ansatzstelle der Lippen, doch sind die schwingenden Lippen, mit einer normalen Videokamera aufgenommen, stark verschwommen. Das linke Bild wurde bei einem tiefen Ton (c1) aufgenommen, das rechte bei einem hohen Ton (g2). Gut sichtbar ist der wesentlich größere Lippenöffnungspalt beim tiefen Ton. Die Ansatzposition bei diesem Spieler ist sehr mittig, d.h. in beiden Registern sind etwa 50 % der Oberlippe und der Unterlippe im Mundstück. Welche der beiden Lippen stärker an der Tonerzeugung beteiligt ist kann aus den Bildern und Filmen nicht abgeleitet werden. Auch die beabsichtigte Ermittlung des Quellspektrums kann mit der angewandten Methode jedoch nicht erreicht werden.

Etwa zur selben Zeit (1995) wurden u.a. von Copley und Strong Versuche mit der besser geeigneten Stroboskop Technik und einem teilweise durchsichtigen Mundstück einer Posaune durchgeführt. Sie erbrachten erste optische Information über den Lippenöffnungspalt und die Lippen-schwingungsformen. 1998 wurde von Vergez et al. die ersten Meßergebnisse mit einem künstlichen Blechbläser präsentiert. Durch den Verzicht auf die menschliche Komponente und den Ersatz der schwingenden Lippen durch Latex-Imitationen konnten aufwendigere technische Meßinstrumente eingesetzt werden. Erwähnenswert ist auch die Neuadaption des von Martin entwickelten Verfahren zur Darstellung schwingenden Lippen mittels Plexiglasmundstück und seitlichem Mundstückschaft von Ayers (1998). Durch die Beobachtung mit Stroboskop und Videokamera konnten praktisch relevante Tonerzeugungsmuster beschreiben werden.

Der optische Untersuchungsgegenstand verlagerte sich im Rahmen dieser Arbeit daher auf die von außen beobachtbare Spieltechnik. Zur Auswertung gelangte u.a. der Aspekt der beim Spielen verwendeten Griffkombinationen, die in Bezug zur gespielten Intonation berücksichtigt wurden.

2.1.2 Instrument

2.1.2.1 Zu den objektiven Eigenschaften des Instrumentes

Die objektiv vergleichbaren Eigenschaften von Blechblasinstrumenten sind die mechanischen Parameter des gesamten Instrumentes sowie die Einzelteile, aus denen das Instrument zusammengesetzt ist. Diese bestimmen auch die physikalischen Parameter, die in der musikalischen Akustik meßtechnisch erfaßt werden können.

Einige Aspekte waren bereits Gegenstand wissenschaftlicher Untersuchungen. Der Einfluß verschiedener Trompetendämpfer war zum Beispiel das Thema der Diplomarbeit des Autors. (1992). Arbeiten zu den Eigenschaften

von Blechblasinstrumenten bilden den Forschungsschwerpunkt am Institut für Wiener Klangstil, in welchem der Verfasser mitarbeitet.

Generell kann man sagen, daß heute zwar prinzipielle Erkenntnisse über das Funktionsprinzip von Blechblasinstrumenten vorhanden sind¹, nach wie vor jedoch viele Detailfragen offen sind. Der Großteil der Erfahrungen im Instrumentenbau basiert auf dem Prinzip von Versuch und Irrtum. Noch immer werden vorwiegend bewährte Modelle nachgebaut oder modifiziert, und kaum naturwissenschaftliche Konstruktionsmethoden verwendet. Vorausberechnungen einer Instrumentalcharakteristik waren bis vor kurzem fast ganz unmöglich. Durch den Einsatz moderner Computertechnologie werden nun seit einigen Jahren sowohl theoretische Modelle als auch praktische Werkzeuge entwickelt. So stellt das am Institut für Wiener Klangstil entwickelte BIAS ein technisches Hilfsmittel dar, um aufgrund der gemessenen Eingangsimpedanz u.a. Rückschlüsse auf Intonation und Ansprache zu erhalten. Die vorliegende Arbeit trägt auch zur Weiterentwicklung dieses Systems bei und überprüft Reliabilität und Variabilität in Bezug auf die berechnete Intonation.

Durch die Verwendung eines Referenzinstrumentes im zweiten Durchgang der Intonationsstudie wurde versucht, die objektiven Eigenschaften des Instrumentes konstant zu halten. Bis auf den Mundstückrand wurde von jedem Spieler dasselbe Instrument verwendet. Die beobachteten Variablen sollten lediglich vom Spieler abhängig sein. Die Möglichkeit einen von vier verschiedenen Mundstückrändern auszuwählen, stellt ein Kompromißangebot für die Spieler da, die normalerweise nur mit ihrem persönlichen, ausgesuchten und bekannten Mundstück spielen möch-

2.1. Objektive Eigenschaften

- 2.1.1 Mechanische Parameter
 - 2.1.1.1 Mensurverlauf
 - 2.1.1.1.1 Dichtigkeit
 - 2.1.1.1.2 Wand-Innenoberfläche
 - 2.1.1.2 Material
 - 2.1.1.2.1 Wandstärke
 - 2.1.1.2 Lackierung
 - 2.1.1.3 Form
 - 2.1.1.3.1 Konstruktion
 - 2.1.1.3.2 Deformierungen
- 2.1.2 Physikalische Parameter
 - 2.1.2.1 Transferfunktion
 - 2.1.2.1.1 Klangfarbe
 - 2.1.2.1.2 Abstrahlung
 - 2.1.2.1.3 Dynamikumfang
 - 2.1.2.2 Impedanz
 - 2.1.2.2.1 Intonation
 - 2.1.2.3 Pulsantwort
 - 2.1.2.3.1 Ansprache (Energiebedarf)
 - 2.1.2.3.1.1 Energiebedarf Tonbeginn
 - 2.1.2.3.1.2 Energiebedarf Tonerhaltung
- 2.1.3 Einzelteile
 - 2.1.3.1 Mundstück
 - 2.1.3.1.1 Kessel
 - 2.1.3.1.2 Bohrung
 - 2.1.3.1 Rand
 - 2.1.3.2 Mundrohr
 - 2.1.3.3 Ventile
 - 2.1.3.3.1 Ventiltyp
 - 2.1.3.3.2 Ventil-I
 - 2.1.3.3.3 Lage der Ventile
 - 2.1.3.3.4 Ventildurchgang
 - 2.1.3.4 Schallstück
 - 2.1.3.5 Stütze
 - 2.1.3.6 Dämpfer



¹ Zu erwähnen sind an dieser Stelle die Arbeiten von Wogram (1972), Bowsher (1980, 82, 89), Adachi (1994,95), Widholm (1996) und Vergez (1998).

ten. Der Mundstückrand, der die direkte Schnittstelle von Instrument und Spieler bildet, hat nach bisherigen Erfahrungen einen geringen Einfluß auf die Intonation, wohingegen die Eigenschaften von Kessel, Seele und Schaft des Mundstück sehr wesentlich die Charakteristik des Instrumentes und seiner Intonation mitbestimmen. (Anglmayer, 1998)

Im Gegensatz zum zweiten Durchgang hat im ersten Durchgang der Studie jeder Spieler sein eigenes Instrument verwendet, so daß die Auswirkungen der verschiedenen Instrumente auf die Intonation beobachtet wurden.

2.1.2.2 Zu den subjektiven Eigenschaften des Instrumentes

Die für jeden Spieler unterschiedlich relevanten Faktoren der subjektiven Eigenschaften von Instrumenten sind nicht unerheblich für das Zusammenwirken von Spieler und Instru-

ment. Akustisch irrelevante Faktoren, wie der Wert eines Instrumentes oder die persönliche Markenpräferenz des Spielers oder auch seine Einschätzungen der Funktionstüchtigkeit eines Instrumentes beeinflussen zum Beispiel die Motivation eines Spielers. Aus diesem Grund werden subjektive Qualitätsurteile von Instrumenten, falls möglich, in Blindversuchen durchgeführt. Die Methode der Blindversuche wird u.a. bei der Bestimmung der Gewinner des "Deutschen Musikinstrumentenpreises" angewendet, die von der Physikalisch Technischen Bundesanstalt in Braunschweig durchgeführt wird. Die Spieler müssen die Blechblasinstrumente im abgedunkelten Raum ausprobieren und beurteilen.

2.2. Subjektive Eigenschaften

- 2.2.1 Optischer Gesamteindruck
- 2.2.2 Name des Erzeugers (Markenname)
- 2.2.3 Besitzer
- 2.2.4 Wert - Händler (!)
- 2.2.5 Alter



Die subjektive Beurteilung des Referenzinstrumentes konnte bei dieser Studie nicht verhindert oder durch Blindversuche minimiert werden, da die Testreihe zum einen die zu spielenden Noten vorgab und zweitens mit Video aufgenommen wurde. Bei der Auswahl des Referenzinstrumentes für diese Studie wurde daher ein Instrument ausgewählt, welches aufgrund von Erfahrungen überwiegend eine grundsätzlich positive Einstellung bei Trompetern bewirkt.

Den kritischsten Aspekt stellt vielleicht die Auswahl eines Instrumentes mit Perinétventilen dar, da die Auswahl des Instrumententyps je nach Spieler auf unterschiedliche Präferenzen trifft. Bei der Durchführung wurde vom Versuchsleiter jedoch keine extreme Reaktion eines Spielers bezüglich des ausgewählten Referenzinstrumentes beobachtet.

2.1.3 Umgebungsbedingungen

2.1.3.1 Zum Faktor "Zeitpunkt"

Der Zeitpunkt kann mehrere Aspekte der Tonerzeugung beeinflussen. Der Einfluß ist jedoch kaum faßbar und wirkt in verschiedener Richtung auf Umgebungsbedingungen und Spielsituation ein, so daß der Aspekt bei den Versuchen zu den Studien in der Dokumentation berücksichtigt wird, in die Auswertung aber nicht eingeht.

Die Tageszeit wurde mit den Spielern individuell vereinbart. Die Dauer der Warm-up Studie erstreckte sich über die Monate September 95 bis Januar 96. Die Aufnahmen für die Intonationsstudie wurden innerhalb eines Dreivierteljahres von September 96 bis Juni 97 durchgeführt.

3.1. Zeitpunkt



- 3.1.1 Jahreszeit
- 3.1.2 Tageszeit
- 3.1.3 historischer Kontext

2.1.3.2 Zum Einfluß des Raumes

Der Ort, an dem die Tonerzeugung stattfindet, stellt ebenfalls eine wesentliche Umgebungsbedingung dar, die auf verschiedene Art einen Einfluß auf Spieler, Instrument und Wahrnehmung haben kann.

Die Orte, an denen die für diese Arbeit durchgeführten Versuchsreihen realisiert wurden, stellten die Versuchsteilnehmer vor eine ungewöhnliche Situation. Aus meßtechnischen Gründen fanden die Versuche zur "Warm up" Studie in einem Labor des Allgemeinen Krankenhauses der Stadt Wien statt. Die Bedingungen waren zwar vom Prinzip für jeden Spieler gleich, doch ist der Umgang der Spieler mit der Situation unterschiedlich.

Die für die Intonationsstudie ausgewerteten Aufnahmen wurden im reflexionsarmen Raum des Instituts für Wiener Klangstil gemacht, um den Einfluß der Raumakustik auf den Klang zu minimieren. Neben den besonderen akustischen Eigenschaften des Raumes bewirkt auch der unbekannte optische und haptische Eindruck des schallarmen Raumes mit den Telwolle-Keilen, daß der Spieler sich in einer ungewöhnlichen Spielsituation wiederfindet. Die außergewöhnliche Raumakustik wurde dadurch entschärft, daß die Spieler über einen Kopfhörer zusätzlichen Nachhall hören konnten, der künstlich erzeugt wurde.

Die objektiven Eigenschaften des Raumes, wie die Temperatur und Luftfeuchtigkeit, wurden innerhalb gewöhnlicher Bereiche gehalten, die von den Spielern subjektiv wahrgenommenen Eigenschaften des Raumes können hingegen nicht beurteilt werden.

3.2. Raum (Ort)



- 3.2.1 Raumakustik
 - 3.2.1.1 Größe und Dimensionen
 - 3.2.1.2 Nachhall
 - 3.2.1.3 Absorption
 - 3.2.1.4 Feuchtigkeit
 - 3.2.1.5 Temperatur
- 3.2.2 Optischer Eindruck
- 3.2.3 Haptischer Eindruck
- 3.2.4 Lage des Raums (örtlicher Kontext)
- 3.2.5 Auditorium

2.1.4. Wahrnehmung

Die Eigenschaften der menschlichen Wahrnehmung bestimmen den subjektiven Höreindruck eines Tones. Zum einen hängt die Wahrnehmung von der individuellen Informationsverarbeitung ab, zum anderen auch vom Transfer des Signals von der Quelle zum Empfänger.

4.1. Zuh rer

4.2. bertragungsweg

- 4.2.1 Erfassungspunkt
- 4.2.2 direkt / "Live"
- 4.2.3 indirekt
 - 4.2.3.1 Gleichzeitig
 - 4.2.3.2 Konserviert
- 4.2.3 Manipulationen / bertragungscharakteristik
- 4.2.4. Art des Mediums



Die Qualität eines Signales wird von verschiedenen Aspekten geprägt. Es besteht zum Beispiel ein großer Unterschied, ob ein Ton vom Spieler während des Spielens direkt wahrgenommen wird und er einen Einfluß auf die Tonerzeugung hat, oder ob ein aufgezeichneter Ton zeitversetzt, und durch die Übertragungscharakteristik der Schallmedien beeinflußt, gehört wird. Vielfältige psychoakustische Faktoren bestimmen die Wahrnehmung von akustischen Reizen.

Die Wahrnehmung der Spieler bei den Aufnahmen im reflexionsarmen Raum war sicher außergewöhnlich, da die Spieler zum einen den Direktschall vom Instrument hören konnte, zum anderen zusätzlichen Nachhall über den Kopfhörer wahrnahm, der von den Signalen erzeugt wurde, die von einem zwei Meter entfernten Mikrophon aufgenommenen wurden.

Von der Mehrzahl der Spieler wurde die zusätzliche Schallquelle, deren Intensität von den Spielern individuell einstellbar war, als positiv wahrgenommen.

2.2 Überblicks-Auflistung möglicher Einflußfaktoren

1. Spieler (Trompeter)

1.1. Fähigkeiten / Kennen

- 1.1.1 Ausbildungsstand
 - 1.1.1.1 Kreativität
 - 1.1.1.2 Spieltechnische Fähigkeiten
 - 1.1.1.2.1 Unterrichtsmethoden
- 1.1.2 Talent
- 1.1.3 Intelligenz
- 1.1.4 Psyche / Charakter
- 1.1.5 Körperliche Konstitution & Veranlagungen
 - 1.1.5.1 Lippen & Schleimhautbeschaffenheit
 - 1.1.5.2 Zähne
 - 1.1.5.2.1 Zahnpflege
 - 1.1.5.2.2 Zahnprothesen, Spangen
 - 1.1.5.3 Luft / Atem
 - 1.1.5.3.1 Lungenfunktionen
 - 1.1.5.3.2 Atemwege
 - 1.1.5.4 Gehör
 - 1.1.5.5 Muskulatur
 - 1.1.5.6 Ausdauer
 - 1.1.5.7 Geschlecht
 - 1.1.5.8 Alter

1.2. Musikalische Intention

- 1.2.1 Musikal. Erfahrung / Background
 - 1.2.1.1 Vererbung
 - 1.2.1.2 Umwelt
 - 1.2.1.2.1 Soziale Umgebung (Eltern, Freunde, Schule)
 - 1.2.1.2.2 Medienkonsum
 - 1.2.1.2.3 Musikalischen Idolen & Vorbildern
- 1.2.2 Kulturelle Erfahrungen
 - 1.2.2.1 Klangvorstellungen
 - 1.2.2.2 Tonsysteme
 - 1.2.2.3 Regionale Einflüsse
 - 1.2.2.4 Zeitgeist
- 1.2.3 Musikalische Gattung
 - 1.2.3.1 Kompositionsregeln
- 1.2.4 Musikalischer Kontext
 - 1.2.4.1 Informationsgehalt (Vertrautheit)
 - 1.2.4.2 Register / Lage
 - 1.2.4.2.1 Tonhöhe
 - 1.2.4.2.1.1 zyklische Modulation (Frequenz-Vibrato)
 - 1.2.4.2.1.2 azyklische Modulation (Transienten)
 - 1.2.4.2.2 Absolute Lage Syndrom
 - 1.2.4.3 Lautstärke
 - 1.2.4.3.1 zyklische Modulation (Amplituden-Vibrato)
 - 1.2.4.3.2 nicht - zyklische Modulation (Dynamik)
 - 1.2.4.4 Artikulation (Anstoß)
 - 1.2.4.4.1 Tonbeginn (Anstoß)
 - 1.2.4.4.2 Tonende
 - 1.2.4.5 Bedeutung des Tones
 - 1.2.4.5.1 Melodischer Kontext
 - 1.2.4.5.2 Zusammenspiel
 - 1.2.4.5.2.1 Hauptstimme
 - 1.2.4.5.2.2 Nebenstimme
 - 1.2.4.5.2.3 Harmonische Bedeutung
 - 1.2.4.6 Klangfarbe
 - 1.2.4.7 Stimmtöne (Kammerton)
 - 1.2.4.8 Intervallzusammenhang
 - 1.2.4.8.1 Vorheriger Ton
 - 1.2.4.8.2 Nächster Ton
 - 1.2.4.9 Rhythmischer Zusammenhang
 - 1.2.4.9.1 Länge des Tones (Tondauer)
- 1.2.5 Erfahrung & Routine

1.3. Realisation (Umsetzung)

- 1.3.1 Bekanntheit mit dem Instrument
- 1.3.2 Psychologische Verfassung
 - 1.3.2.1 Konzentration
 - 1.3.2.2 Motivation
 - 1.3.2.3 Tagesverfassung (Gemütslage)
 - 1.3.2.4 Stress
- 1.3.3 Körperliche Verfassung
 - 1.3.3.1 Vitalfunktionen
 - 1.3.3.1.1 Blutdruck
 - 1.3.3.1.2 Puls
 - 1.3.3.1.3 andere Vitalfunktionen
 - 1.3.3.2 Blutversorgung (Warmup)
 - 1.3.3.3 Drogeneinfluß
 - 1.3.3.3.1 Alkohol
 - 1.3.3.3.2 Rauchen
 - 1.3.3.4 Befeuchtung der Lippen und Schleimhäute
- 1.3.4 Spieltechnik
 - 1.3.4.1 Ansatz
 - 1.3.4.1.1 Lippenschwingung
 - 1.3.4.1.1.1 Oberlippe
 - 1.3.4.1.1.2 Unterlippe
 - 1.3.4.1.1.3 Schwingungsrichtung
 - 1.3.4.1.1.4 Form der Lippenöffnung
 - 1.3.4.1.1.5 Amplitude der Lippenöffnung
 - 1.3.4.1.2 Mundstößdruck

- 1.3.4.1.3 Ansatzstelle des Mundstückes
- 1.3.4.1.4 Ansatzrohr
 - 1.3.4.1.4.1 Gaumenlage
 - 1.3.4.1.4.2 Zungenstellung
- 1.3.4.2 andere Körperarbeiten
 - 1.3.4.2.1 Luftführung
 - 1.3.4.2.1.1 Lungentätigkeit
 - 1.3.4.2.1.2 Zwerchfellaktivität
 - 1.3.4.2.1.3 Luftdruck
 - 1.3.4.2.1.4 Luftmenge
 - 1.3.4.2.1.5 Luftgemisch
 - 1.3.4.2.2 Instrumentenhaltung
 - 1.3.4.2.3 Spielhaltung
 - 1.3.4.2.4 Grifftechnik
 - 1.3.4.2.4.1 Fingerhaltung
- 1.3.4.3 Gesamtschwierigkeit

2. Instrument (Trompete)

2.1. Objektive Eigenschaften / Qualität

- 2.1.1 Mechanische Parameter
 - 2.1.1.1 Messurverlauf
 - 2.1.1.1.1 Dichtheit
 - 2.1.1.1.2 Wand-Innenoberfläche
 - 2.1.1.2 Material
 - 2.1.1.2.1 Wandstärke
 - 2.1.1.2 Lackierung
 - 2.1.1.3 Form
 - 2.1.1.3.1 Konstruktion
 - 2.1.1.3.2 Deformierungen
- 2.1.2 Physikalische Parameter
 - 2.1.2.1 Transferfunktion
 - 2.1.2.1.1 Klangfarbe
 - 2.1.2.1.2 Abstrahlung
 - 2.1.2.1.3 Dynamikumfang
 - 2.1.2.2 Impedanz
 - 2.1.2.2.1 Intonation
 - 2.1.2.2.3 Pulsantwort
 - 2.1.2.2.3.1 Ansprache (Energiebedarf)
 - 2.1.2.2.3.1.1 Energiebedarf Tonbeginn
 - 2.1.2.2.3.1.2 Energiebedarf Tonerhaltung
- 2.1.3 Einzelteile
 - 2.1.3.1 Mundstück
 - 2.1.3.1.1 Kessel
 - 2.1.3.1.2 Bohrung
 - 2.1.3.1 Rand
 - 2.1.3.2 Mundrohr
 - 2.1.3.3 Ventile
 - 2.1.3.3.1 Ventiltyp
 - 2.1.3.3.2 Ventil-I
 - 2.1.3.3.3 Lage der Ventile
 - 2.1.3.3.4 Ventildurchgang
 - 2.1.3.4 Schallstück
 - 2.1.3.5 Stütze
 - 2.1.3.6 Dämpfer

2.2. Subjektive Eigenschaften

- 2.2.1 Optischer Gesamteindruck
- 2.2.2 Name des Erzeugers (Markenname)
- 2.2.3 Besitzer
- 2.2.4 Wert
- 2.2.5 Alter

3. Umgebungsbedingungen

3.1. Zeit

- 3.1.1 Jahreszeit
- 3.1.2 Tageszeit
- 3.1.3 historischer Kontext

3.2. Raum (Ort)

- 3.2.1 Raumakustik
 - 3.2.1.1 Größe und Dimensionen
 - 3.2.1.2 Nachhall
 - 3.2.1.3 Absorption
 - 3.2.1.4 Feuchtigkeit
 - 3.2.1.5 Temperatur
- 3.2.2 Optischer Eindruck
- 3.2.3 Haptischer Eindruck
- 3.2.4 Lage des Raums (räumlicher Kontext)
- 3.2.5 Auditorium

4. Wahrnehmung

4.1. Zuhörer

4.2. Übertragungsweg

- 4.2.1 Erfassungspunkt
- 4.2.2 direkt / Live
- 4.2.3 indirekt
 - 4.2.3.1 Gleichzeitig
 - 4.2.3.2 Konserviert
- 4.2.3 Manipulationen / Übertragungscharakteristik
- 4.2.4. Art des Mediums

3. VORSTUDIEN UND -VERSUCHE

Bei Beginn der Studien zu dieser Arbeit fand eine ausführliche Recherche nach audiovisuellen Medien aus dem Bereich der Tonerzeugung auf der Trompete und verwandten Forschungsgegenständen statt. Des weiteren wurden eigene Experimente durchgeführt, um Erfahrungen mit der technischen Durchführbarkeit zu machen und eine Grundlage zur Anschaffung für spezielles technisches Equipment zu haben.

3.1 Medienrecherche

Neben der routinemäßigen Literatursuche zum Themenbereich wurde im Internet Kontakt zu Trompetern und internationalen Bibliotheken aufgenommen. Dank der Information von Kollegen aus der ganzen Welt konnten interessante Arbeiten recherchiert werden, und von einigen Video-VHS Kopien für die Bibliothek des Institut für Wiener Klangstil angeschafft werden. Eine der Arbeiten ist z.B. die hierzulande unbekannte, aber sehr interessante Dissertation von Joe Meidt, der im Jahre 1956 einen Röntgentonfilm von Trompetern hergestellt hat, um die Zungenposition beim Spielen zu dokumentieren.

Eine umfassende Beschreibung aller Literatur und Medien, die einen Aspekt der Tonerzeugung thematisieren, würde den Rahmen dieser Arbeit bei weitem sprengen. Im zweiten Kapitel dieser Arbeit wurde versucht die zahlreichen Einflußmöglichkeiten auf die Tonbildung aufzulisten und anhand einiger Beispiele deren Weitläufigkeit zu vermitteln.

3.2 Video-Aufnahmen mit einem Endoskop im Mundstück

Die schwingenden Lippen des Bläasers bilden die Quelle der Tonerzeugung bei Blechblasinstrumenten. Ziel des Experimentes, das als Vorstudie zu dieser Arbeit durchgeführt wurde, war die filmische Dokumentation der Lippenposition und der Bewegungsabläufe von Ober- und Unterlippe.

Um filmtechnisch fachmännische Unterstützung zu erhalten, wurde Kontakt mit Dir. Hofrat Univ.-Doz. DI Dr. Siegfried Herrmann vom Österreichischen Institut für wissenschaftlichen Film (ÖWF) aufgenommen. Dank seines Einsatzes entstand eine Zusammenarbeit mit DI Wilhelm Ziegler vom ÖWF.

Das zur Durchführung der Experimente benötigte Endoskop (siehe Abb. 6) und die Lichtquelle (siehe Abb. 4) wurde freundlicherweise von der Firma Olympus für die Vorversuche zu Verfügung gestellt.

Der Versuchsaufbau ist in Abbildung 3 skizziert. Ein Trompetenmundstück wurde angebohrt, so daß ein Endoskop mit einem 30 Grad Fokus genau von vorne auf die Lippen blickte. Der Abstand von den Lippen betrug nur einige cm. Das in den Mundstückkessel hineinragende Endoskop hatte kaum Einfluß auf das Spielgefühl. Einige der dennoch auftretenden, filmtechnischen Probleme konnten behoben werden. Die Tröpfchenbildung (Kondensation und Speichel) auf der Endoskoplinse konnte z.B. mit einem Antibeschlagspray für kurze Zeitspannen minimiert werden. Abbildung 5 zeigt den optischen Einblick.

Zur tatsächlichen Untersuchung der Lippenschwingung, die mit einer Grundfrequenz von 160 Hz bis über 1000 Hz vibrieren, sind die mit einer herkömmlichen Video-

kamera aufgenommenen 50 Halbbilder unbrauchbar. Zur Ermittlung des Quellspektrums der Tonerzeugung wäre eine weit höhere Abtastfrequenz nötig. Zwei verschiedene technische Möglichkeiten ermöglichen die Dokumentation von hochfrequenten Schwingungen, bedürfen jedoch teure Ausrüstung: "Stroboskop"- oder "High Speed" Aufnahmetechniken. Die zweite Variante wurde ausgewählt, um Experimente damit durchzuführen.

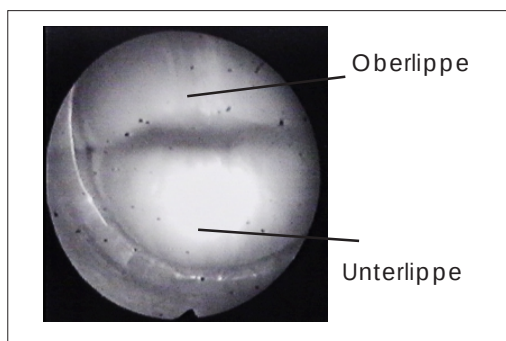


Abb. 5: Bild aus dem Mundstück das mittels Endoskop aufgenommen wurde.

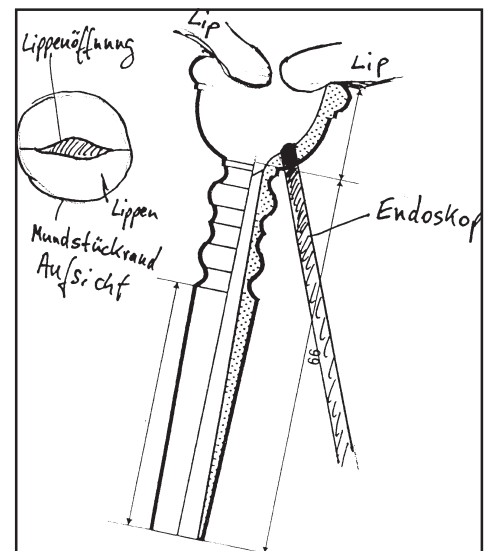


Abb. 3: Schematische Skizze der Anordnung des Endoskops im Mundstück, mit Blickrichtung auf die schwingenden Lippen.



Abb. 4: 300 Watt Xenon- Lichtquelle der Firma Olympus.

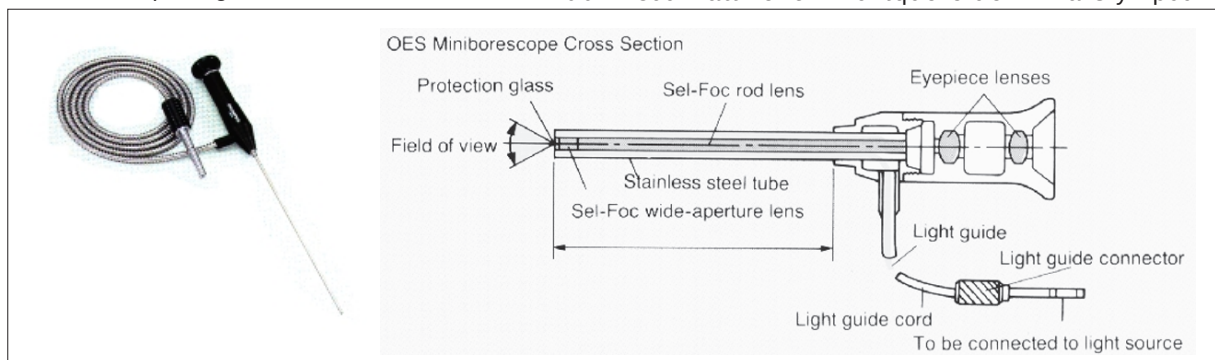


Abb. 6: Bild und Schema eines Miniborescope (Endoskop) der Firma Olympus.

In Zusammenarbeit mit den nachfolgend genannten Personen und Instituten, denen ich an dieser Stelle erneut danken möchte, wurde im Universitäts Sport-Institut der Versuch unternommen, mit einer "High Speed Video"- Kamera und einem Endoskop direkt im Mundstück der Trompete Bilder aufzunehmen.

- Herr DI Ziegler vom Österreichischen Institut für wissenschaftlichen Film, ÖWF
- Herr DI Huber von der Firma Olympus Austria
- Ing. Oliver Redl vom Universitäts Sport-Institut, USI
- A.Prof. Mag. Gregor Widholm vom Institut für Wiener Klangstil, IWK

Tatsächlich gelang es mit dieser Methode, einen Einblick auf die schwingenden Lippen eines Bläasers zu erhalten. Die zur Ermittlung des Quellspektrums notwendige hochfrequente Filmaufnahme scheiterte jedoch an den Lichtverhältnissen im Mundstück. Die von der Fa. Olympus zur Verfügung gestellte 300 Watt Xenon Lichtquelle war zwar heiß genug, um die Lippen des Bläasers zu verbrennen, reichte jedoch nicht für die maximale Aufnahmefrequenz von 1000 Bildern pro Sekunde aus. Die Abbildungen 7-9 demonstrieren die Lichtverhältnisse bei unterschiedlichen Aufnahmegeschwindigkeiten. Aufgrund des notwendigen technischen Mehraufwandes, sowie durch den Umstand, daß etwa zur selben Zeit (1994/95) u.a. in den USA Forschungen von David Copley und William Strong mit der alternativen Stroboskop Technik durchgeführt wurden, wurde dieser Ansatz nicht weiterverfolgt. Stattdessen wurden andere Aspekte in den Mittelpunkt der Forschungen gerückt. Einige der dennoch aus diesen Experimenten gewonnenen Erkenntnisse werden im dritten Kapitel dieser Arbeit beschrieben.

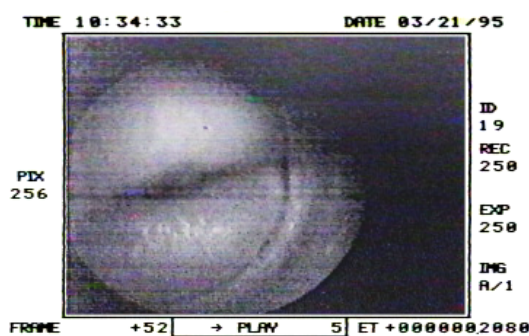


Abb. 7: High Speed Video Aufnahme mit 250 Bildern pro Sekunde

"High Speed Video"- Aufnahmen mit einem Endoskop im Mundstück der Trompete

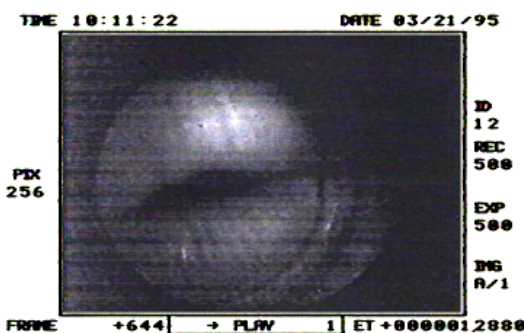


Abb. 8: High Speed Video Aufnahme mit 500 Bildern pro Sekunde



Abb. 9: High Speed Video Aufnahme mit 1000 Bildern pro Sekunde

3.3 Wärmekamera-Aufnahmen in Graz

Den Aspekt des "Einblasens", des "Aufwärmens" (engl. warm up), mit Wärme in Verbindung zu bringen, scheint naheliegend. Inwiefern jedoch tatsächlich Temperaturänderungen beim Musiker auftreten, wurde bislang noch nicht untersucht. Auf der Suche nach einer technischen Möglichkeit, dem Wärmeaspekt nachzugehen, wurde durch Vermittlung von Dir. Hofrat Univ.-Doz. DI Dr. Siegfried Herrmann vom Österreichischen Institut für wissenschaftlichen Film (ÖWF) der Kontakt zu Dr. Stabentheiner von der Universität Graz (Institut für Zoologie) hergestellt.

Zu Beginn des Jahres 1994 wurden vom Autor gemeinsam mit dem Zoologen Dr. Stabentheiner und zwei Versuchspersonen (Leonhard Leeb [Trompete] und Gregor Widholm [Horn]) Experimente durchgeführt, um festzustellen ob überhaupt, und wenn ja, in welchem Ausmaß, Erwärmungen im Ansatzbereich von Blechbläsern mit Wärmekameras zu erkennen sind. In mehreren Durchläufen wurde jeweils der ganze Ablauf des Einblasens in einem kontinuierlichen Wärmebildfilm festgehalten. Im Anschluß daran wurden Einzelbilder vor und nach dem Einblasen von einem Monitor abfotografiert und verglichen. Bei der Auswertung der Aufnahmen konnten tatsächlich Unterschiede in der Wärmeverteilung festgestellt werden, (ein Beispiel ist in den Abbildungen 10-11 wiedergegeben), sodaß eine systematische Untersuchung des "Warm up" mittels Thermokamera in Zusammenarbeit mit einem Mediziner als aussichtsreich erschien.

Die Notwendigkeit medizinischer Fachkenntnisse wurde bei der Analyse der Vorstudie offensichtlich. Die nachfolgende Studie, Gegenstand des vierten Kapitels, wurde daher mit der Unterstützung eines Arztes, dem Angiologen Dr. Thomas Maca durchgeführt.

*Wärmekamerabilder eines Trompeters
vor und nach dem Einblasen (Warm up)*

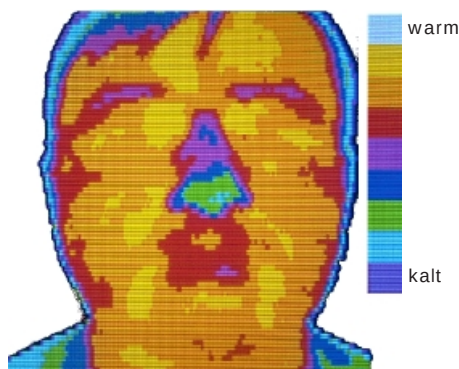


Abb. 10: **vorher**

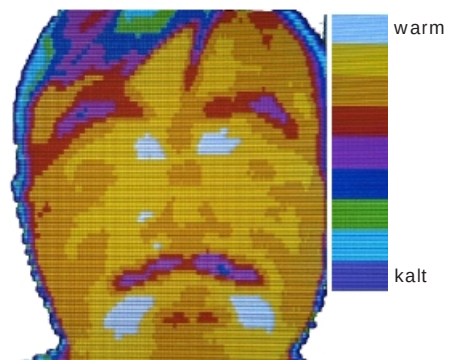


Abb. 11: **nachher**

4. "WARM UP" STUDIE

Thermostudie zum Einblasvorgang auf der Trompete

Studienziel

Als "Warm up" bezeichnet man das Einblasen bzw. das Aufwärmtraining mit der Trompete. Ziel der Studie war es, die Temperaturänderung der Hautoberfläche im Ansatzbereich des Trompeters beim "Warm up" zu dokumentieren, und dadurch auf die beim Ansatz beteiligte Muskulatur Rückschlüsse zu gewinnen.

4.1 Einführung

Sportler wärmen sich vor dem Training oder Wettkampf auf und versuchen, sich anschließend warmzuhalten. Dies ist allgemein bekannt. Auch jeder Blechbläser macht in der Regel täglich zu Beginn einige Aufwärmübungen mit dem Instrument. Im Fachjargon wird dieser Vorgang "einblasen" oder "warm up" genannt. Ohne diese Prozedur kann die ausreichende Beherrschung der feinmotorischen Spielmechanismen fehlen. Die Bedeutung ist zum Teil auch temperaturabhängig. Welcher Bläser kennt nicht das Problem in einer kalten Kirche spielen zu müssen oder bei normaler Temperatur nach einer längeren Spielpause eine schwierige Passage zu blasen, da die beteiligten Muskelpartien kalt sind. Zuhörern sind meist nur die daraus resultierenden „Kieker“ oder „Aussetzer“ bekannt.

Bei jeder Art von Muskeltätigkeit ist der Aufwärmvorgang von großer Wichtigkeit. Durch die Beanspruchung der Muskulatur wird die Durchblutung in dieser Gegend verstärkt und daher vermutlich auch die Hautoberfläche wärmer. Das Erwärmen der Hautoberflächentemperatur kann mit einer Wärmekamera demonstriert werden. Erste Vorversuche mit drei Versuchspersonen im Januar 1995 gemeinsam mit Dr. Anton Stabentheiner vom Institut für Zoologie an der Universität in Graz zeigten deutlich Erwärmungen bestimmter Regionen, was den Autor zu dieser umfassenderen Studie ermutigte.

Um eine genaue physiologische Lokalisation der beteiligten Muskeln und Regionen zu sichern, wurde die Zusammenarbeit mit Medizinern gesucht. Gemeinsam mit Dr. Thomas Maca - Assistenzarzt an der Universitätsklinik für Innere Medizin II, Abteilung für Angiologie (Vorstand: Univ.-Prof. Dr. Herbert Ehringer) am AKH Wien - wurde im Oktober 1995 eine Versuchsreihe mit 16 Versuchspersonen gestartet.

Zielsetzungen

- Nachweis der Erwärmung der Hauttemperatur im Bereich der Ansatzmuskulatur beim "Warm up"
- Dokumentation der graduell unterschiedlich starken Erwärmung verschiedener Gesichtspartien beim "Warm up"
- Untersuchung der Auswirkung der Dauer des "Warm up"
- Untersuchung von Unterschieden bei Schülern, Studenten und Profis
- Vergleich der Beteiligung der rechten und linken Seite (Symmetrie)
- Erhebung der Einblas-Gewohnheiten mittels Fragebogen
- Untersuchung der veränderten Vitalwerte beim "Warm up"
- Versuch von Schlußfolgerungen mit Allgemeingültigkeit

4.2. Methoden und Versuchsaufbau

4.2.1 Thermographie-Aufnahmen

Ort: Allgemeines Krankenhaus (AKH) Wien. Institut für Angiologie.

Zeit: 1. Oktober bis 5. November 1995

Projektleiter: Mag. phil. Matthias Bertsch

Medizinischer Betreuer: Dr. med. Thomas Maca

Aufnahme Kontroll-Videokamera: Alexander Mayer, Roland Schwarz

Die Thermokamera¹:

Typ: Thermo Tracer TH1101

Hersteller: NEC San-ei Instruments, Ltd.

Das System besteht aus drei Einheiten:

- Der Kamera / Empfänger Einheit, (Detector section), die die Infrarot - Energie einfängt und in elektronische Signale umwandelt (s. Abb. 12).
- Der Steuereinheit (Control section), welche die Signale verarbeitet, auf einem kleinen Monitor darstellt, abspeichert oder weiterleitet (s. Abb. 13).
- Dem PC und der Software IRIS, welche es ermöglicht, die Bilder darzustellen, zu speichern, zu bearbeiten und zu analysieren.

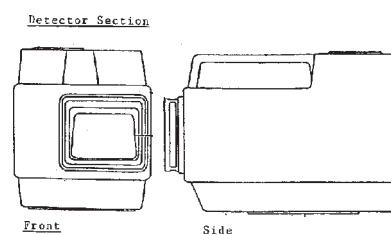


Abb. 12: Thermokamera

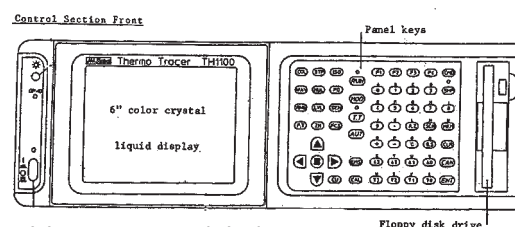


Abb. 13: Steuereinheit

Die Thermokamera (Thermo Tracer) ist ein hochempfindliches Infrarot-Thermometer, das ohne Kontakt arbeitet. Die Kamera fängt die Infrarot-Energie, die von jeder Objektoberfläche abgestrahlt wird, ein und wandelt sie mit Hilfe des Infrarot-Empfängers in elektronische Signale um. (Dieser Empfänger wird mit flüssigem Stickstoff laufend gekühlt.) Die optisch erfaßte Infrarot-Energie wird schließlich als farbkodiertes Wärmebild dargestellt.

¹ siehe NEC San-ei Instruments, Ltd. TH1101 Manual.

Zur Temperaturmessung nach dem Prinzip der Infrarot-Strahlung:

Infrarot-Strahlen sind elektromagnetische Wellen mit einer Wellenlänge von etwa $0,72\mu$ bis 1000μ , die oberhalb des sichtbaren Bereiches und unterhalb des Mikrowellenbereiches liegen. Die Infrarot Strahlen sind eng mit der Temperatur von physischen Körpern verbunden. Jedes Objekt, dessen Temperatur oberhalb des absoluten Nullpunkts (-273° Celsius) liegt, strahlt kontinuierlich Infrarot Energie ab.

Technische Spezifikationen der Kamera:

Temperatur-Meßbereich : von -50° bis 200° Celsius

Die weiteren Meßbereiche (von 100 bis 600° Celsius und von 400 bis 2000° Celsius) wurden nicht verwendet)

Temperatur-Auflösung : $0,1^{\circ}$ Celsius (bei 30° Celsius)

Auflösungsbereiche : $0,1^{\circ}$ Celsius bis 30° Celsius

Zur Darstellung wurde in der vorliegenden Arbeit eine Auflösung der Farbstufen von $0,5^{\circ}$ Celsius gewählt.

Brennweite (Fokus Abstand): $>20\text{cm}$

Bei den Aufnahmen wurde stets ein gleicher Objektabstand von 66cm eingehalten. (Bei diesem Abstand war der ganze Kopfbereich im Bildausschnitt.) Der fixe Abstand stellte sich bei Vorversuchen als wesentlichen Konstante ein, um vergleichbare Ergebnis zu erhalten.

Horizontale Bildauflösung: 344 Linien oder mehr

Zeilenauflösung: 207 Linien pro Sekunde

Frame time: 1 Sekunde

Meßgenauigkeit: $\pm 0,5\%$ des Meßbereiches

Software: IRIS Version 1.1

Die IRIS Software der Firma NBN Elektronik Graz läuft auf einem Standard PC (IBM-kompatibler i386) unter der Windows-Emulation PicWin.

Aufbau der Kamera

Das Kameraobjektiv wurde bei jedem Spieler auf die Höhe der Mundpartie eingestellt. Der Abstand zur Unterlippe betrug exakt 66cm und wurde vor jeder Aufnahme mit einem Abstandsmesser kontrolliert, um vergleichbare Aufnahmen zu erhalten.

Der zeitliche Ablauf

Der zeitliche Ablauf der Thermobilder-Aufnahmen wird im Kapitel 4.2.5 beschrieben und skizziert. Der Versuch war in drei Spielphasen gegliedert. Für das Warm up des ersten und zweiten Teiles wurde Notenmaterial vorgelegt (siehe Kapitel 8.5 im Anhang). Das erste "Warm up" wird als einfach oder "simple" bezeichnet und wurde von allen Trompetern gespielt. Das zweite "Warm up" war etwas schwieriger und wurde als mittelschwer oder "Medium" bezeichnet. Dieser Teil wurde ebenso von allen - mit Ausnahme der jüngsten Schüler- gespielt. Der dritte und längste Teil des "Warm up" war frei und wurde individuell von jedem Spieler gestaltet. Manche spielten ganz frei, manche hatten Übungen, die sie auswendig oder mit Noten spielten. Die Dauer des freien Teiles war auch unterschiedlich lang, jedoch mindestens 5 Minuten und höchstens 16 Minuten (Siehe Tabelle 24 im Kapitel 8.4 des Anhangs).

Nach jeder der drei Spielphasen wurden Thermobilder aufgenommen. Es wurde versucht, möglichst bald nach dem Absetzen der Trompete Bilder aufzunehmen. Zuvor mußten jedoch in manchen Fällen Schweiß- oder Speichelreste abgewischt werden, sowie die Entfernung zur Kamera ausgemessen werden, wodurch sich etwas unterschiedliche Abstände vom Absetzen des Instrumentes bis zum abgespeicherten Bildes ergeben. In zwei Fällen hat ein PC-Absturz die Aufnahme noch mehr verzögert. Die genauen Abstände können aus den Abbildungen 14-16 sowie aus der Tabelle 25 im Kapitel 8.4 des Anhangs abgelesen werden.

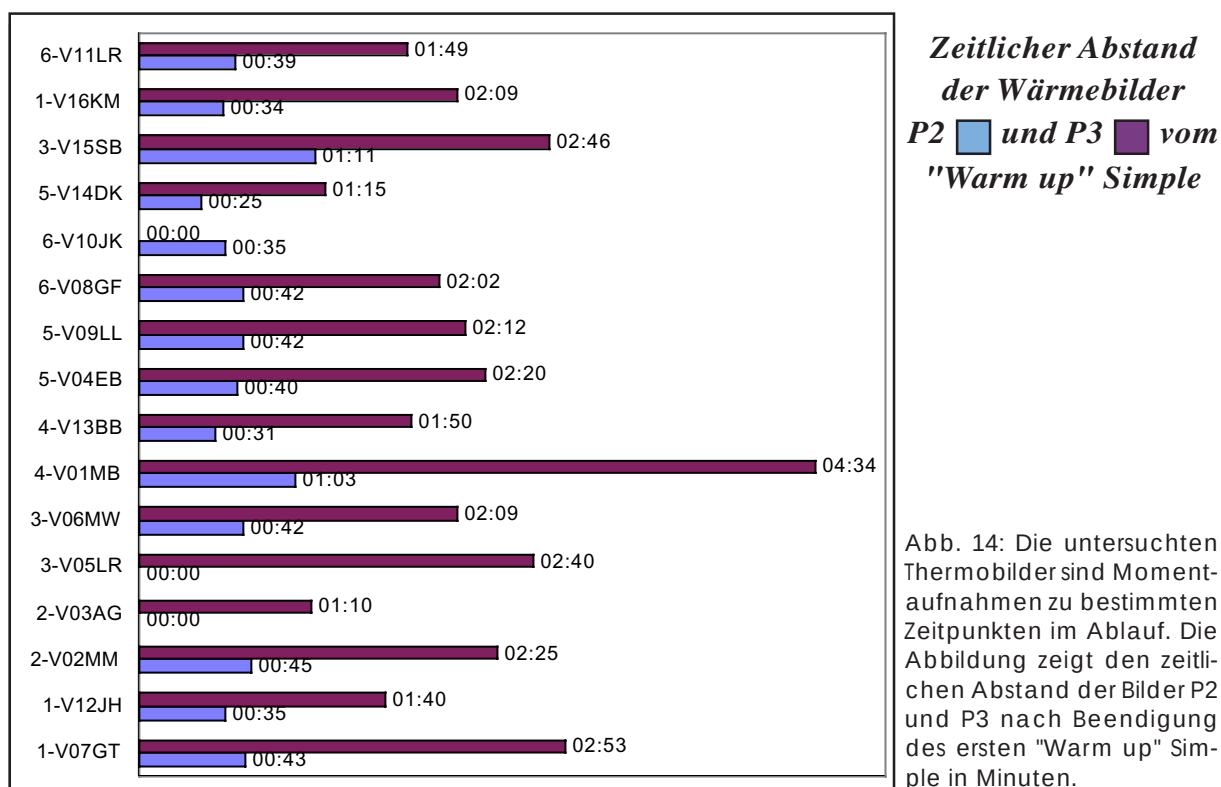
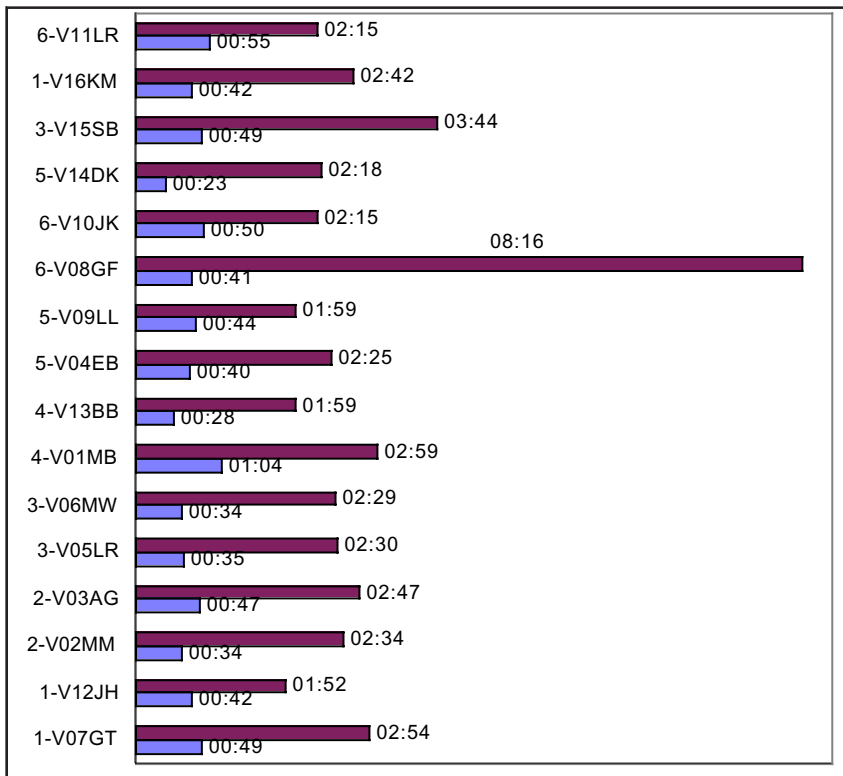
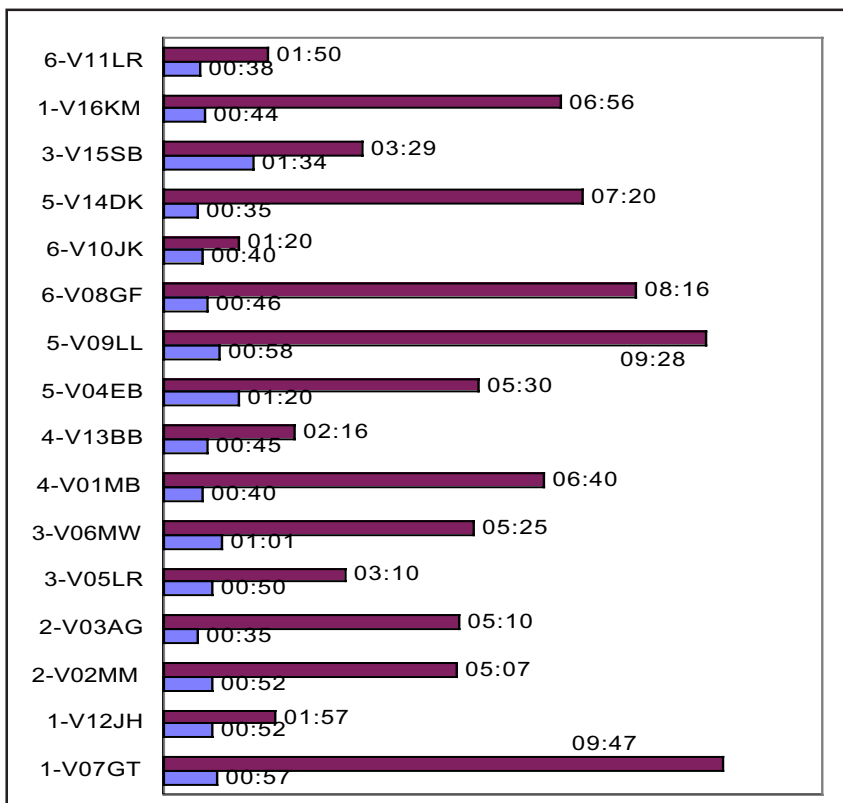


Abb. 14: Die untersuchten Thermobilder sind Momentaufnahmen zu bestimmten Zeitpunkten im Ablauf. Die Abbildung zeigt den zeitlichen Abstand der Bilder P2 und P3 nach Beendigung des ersten "Warm up" Simple in Minuten.



**Zeitlicher Abstand der
Wärmebilder
P4 und P5 vom
"Warm up" Medium**

Abb. 15: Die Abbildung zeigt den zeitlichen Abstand der Thermobilder P4 und P5 nach Beendigung des zweiten "Warm up" Medium in Minuten.



**Zeitlicher Abstand der
Wärmebilder
P6 und P7 vom
"Warm up" ad libidum**

Abb. 16: Die Abbildung zeigt den zeitlichen Abstand der Thermobilder P6 und P7 nach Beendigung des dritten "Warm up" ad lib in Minuten.

Instruktionen an die Versuchspersonen

Die Trompeter erhielten vor dem Versuch schriftliche Instruktionen, (siehe Einladungsbrief im Kapitel 8.3 des Anhangs), um möglichen Störfaktoren vorzubeugen.

Eine wesentliche Voraussetzung für richtige Meßwerte ist die Akklimatisierung des Spielers an die Raumtemperatur. Dies wurde durch eine mindestens 30-minütige Verweildauer der Versuchsperson im Raum gewährleistet.

Um mögliche Einflüsse der Stoffwechselfunktionen auszugrenzen, wurden die Spieler angehalten, mindestens vier Stunden vor dem Versuch keine Nahrung und Getränke (außer Wasser) zu sich zu nehmen. Auch das Rauchen sollte zuvor unterlassen werden.

Untersuchung der Vitalwerte

Zu drei Zeitpunkten während des Versuches wurden die Vitalwerte der Spieler gemessen.

- a.) vor dem allerersten "Warm up" (Zeitpunkt T1)
- b.) nach dem dritten, freien "Warm up" (Zeitpunkt T6)
- c.) nach einer mindestens 15-minütigen Ruhephase am Ende (Zeitpunkt T8)

Festgehalten wurden folgende Werte:

Blutdruck¹ (RR systolisch/ RR diastolisch) in mmHg

Pulsfrequenz /min

Axilläre Temperatur in °C

Fingertemperatur °C

Die Auswertung dieser Meßwerte steht im Kapitel 4.2.6. Die Werte sind in Tabelle 26 und 27 im Kapitel 8.4 aufgelistet.

¹ arterielle Blutdruckmessung (RR systolisch/ RR diastolisch) nach Riva-Rocchi in mmHg.

4.2.2 Statistische Angaben zu den Spielergruppen

Insgesamt nahmen 16 Trompeter und Trompeterinnen in unterschiedlichen Altersstufen und mit unterschiedlicher Spielerfahrung als Versuchspersonen an der Studie teil. Um die Spieler zu kategorisieren wurden die 3 Hauptgruppen - Schüler, Student und Profimusiker - ausgewählt. Nach ihren eigenen Angaben wurden sie folgendermaßen zugeordnet:

Schüler	{	6 = Trompeten-Anfänger mit Grundkenntnissen
		5 = Hobbytrompeter oder fortgeschrittener Schüler
Student	{	4 = erfahrener Amateur oder Musikstudent in den ersten Semestern
		3 = semiprofessionell aktiv oder fortgeschrittener Musikstudent
Profimusiker	{	2 = Student mit professioneller Erfahrung
		1 = hauptberuflich Trompeter

Für die Auswertung aus den drei Hauptgruppen wurden je fünf Spieler ausgewählt.

Zur Spielerfahrung der Versuchspersonen ¹

Die mittlere Spielerfahrung liegt bei 4,6 Jahren bei den Schülern, 14,2 Jahren bei den Studenten und 21,8 Jahren bei den Profimusikern. Diese typischen Werte, deren Abweichungen innerhalb einer Gruppe relativ klein sind, bestätigen die getroffene Auswahl (siehe Abb. 17).

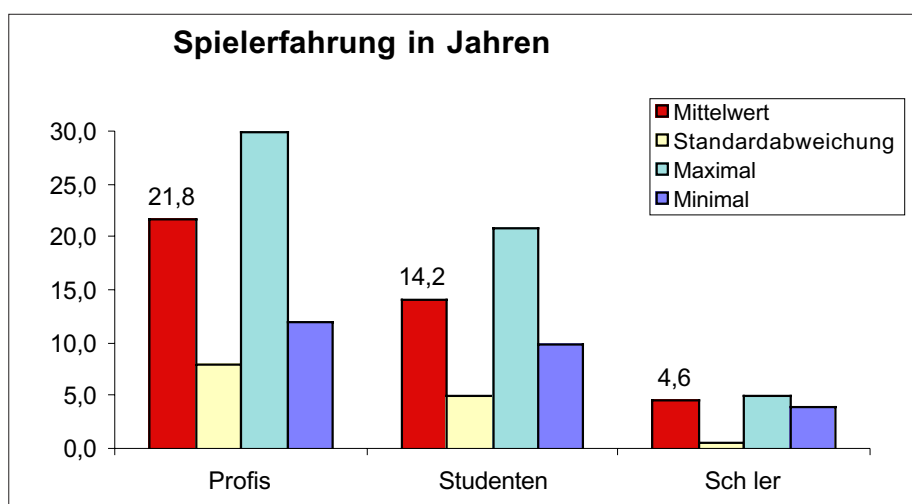


Abb. 17: Die Spielerfahrungen (in Jahren) der drei Gruppen: Schüler, Studenten und professionelle Musiker, nach eigenen Angaben.

¹ Die Tabelle, die den Grafiken zugrunde liegt, ist als Tabelle 22 im Anhang (Kap. 8.2) aufgelistet. Die Werte basieren auf eigenen Angaben der Versuchspersonen im Fragebogen.

Die nachstehende Tabelle 1 zeigt die Gruppeneinteilung der Versuchspersonen nach ihrem Bläserstatus, ihrer Altersklasse und ihrer Spielerfahrung in Jahren (zum Zeitpunkt der Aufnahme im Herbst 1995). Ferner zeigt die Tabelle 1 die in dieser Arbeit verwendeten Kürzel für die Spieler. (Bei manchen Kürzelangaben ist der Bläserstatus vorangestellt. Die zweistellige Ziffer hinter dem „V“ kennzeichnet die chronologische Abfolge der Aufnahme. Die beiden Buchstaben sind die Initialen der Versuchspersonen.

Die angeführten Daten beruhen auf eigenen Angaben der Spieler und werden mit ihrer im Fragebogen bekundeten Erlaubnis, zur Veröffentlichung im wissenschaftlichen Rahmen, hier wiedergegeben.

Die zuletzt angeführte Schülerin V08GF wurde nicht in die Thermo-Analyse miteinbezogen, da sie einerseits wenig Spielerfahrung hatte und andererseits gerade bei ihr die Thermo-Kamera zweimal ausfiel, sodaß der zeitliche Abstand zu ihren Thermo-Bildern zu groß war.

	Name des Versuchsteilnehmers	Bläser-Status	Kürzel	Altersklasse	Spiele Erfahrung in Jahren
Gruppe der "Profis"	Tinsobin Günther	1 Profi	V07GT	über 40	30
	Hofbauer Josef	1 Profi	V12JH	25-30	17
	Monsberger Konrad	1 Profi	V16KM	30-40	30
	Mühlfellner Martin	2 Profi & Student	V02MM	20-25	20
	Gruber Andreas	2 Profi & Student	V03AG	20-25	12
Gruppe der "Studenten"	Raab Lorenz	3 Student - Semi Profi	V05LR	20-25	12
	Weber Martin	3 Student - Semi Profi	V06MW	20-25	10
	Brugger Stefan	3 Student - Semi Profi	V15SB	25-30	21
	Bertsch Matthias	4 Student Amateur	V01MB	25-30	18
	Budil Bernhard	4 Student Amateur	V13BB	25-30	10
Gruppe der "Schüler"	Buchinger Ernst	5 Schüler	V04EB	13-16	5
	Leszkovics Lucia	5 Schüler	V09LL	20-25	5
	Kuppelwieser Daniel	5 Schüler	V14DK	13-16	4
	Kaiser Julia	6 Schüler jung	V10JK	bis 12	4
	Rodharth Lukas	6 Schüler jung	V11LK	bis 12	5
unbewertet	Fritsch Geraldine	6 Schüler jung	V08GF	16-19	0,5

Tab. 1: Überblick über die Versuchspersonen der "Warm up" Studie.

4.2.3 Zur Dauer des „Warm up“

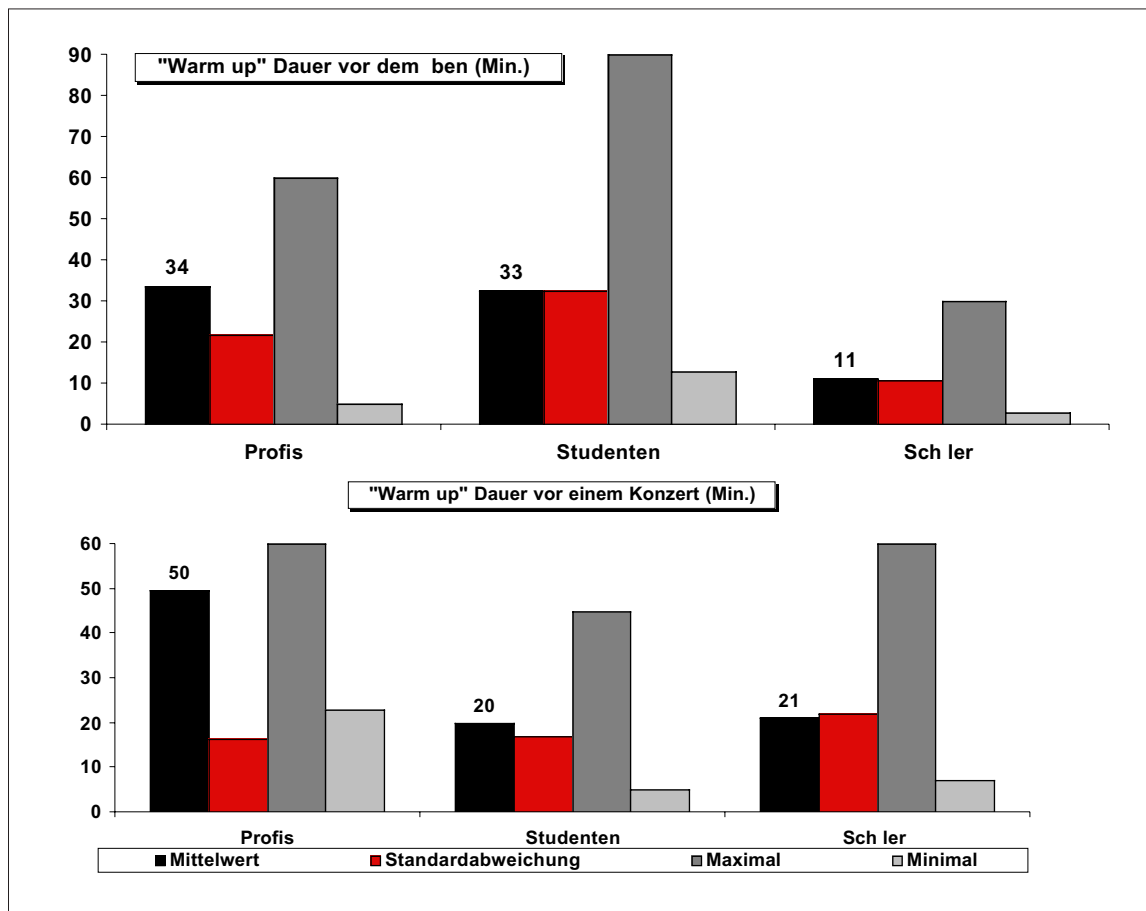


Abb. 18: Die Dauer des „Warm up“ vor dem alltäglichen Üben (oben) und vor einem Konzert (unten) der drei Gruppen: Schüler, Studenten und professionelle Musiker.

Um einen Einblick in die Bedeutung des „Warm up“ in der täglichen Routine der Trompeter zu bekommen, wurden die Musiker nach der ungefähren Dauer gefragt, die sie sich für das „Warm up“ vor dem Üben bzw. vor einem Konzert nehmen. Die Angaben schwanken zwischen 0 und 90 Minuten. Aus der Statistik (s. Abb. 18.) kann man folgendes ableiten :

- Fast alle Trompeter blasen sich sowohl vor dem Konzert als auch beim Üben mehr oder weniger lange ein.
- Der Mittelwert aller ergibt ca. eine halbe Stunde Aufwärmphase
- Die Dauer des „Warm up“ ist eher eine Typfrage des Spielers und hängt weniger vom Status des Spielers ab (ob Student oder Profi).
- Vor einem Konzert blasen sich Profis im Schnitt 50 Minuten ein, (mindestens aber 25 Minuten), Studenten und Schüler hingegen weit weniger.

4.2.4 Was bringt das „Warm up“ ?

Das „Warm up“ hat verschiedene Auswirkungen. Einerseits fördert das Erwärmen der Muskulatur den feinen Kontrollmechanismus über die vielen beteiligten Muskelpartien. Zum anderen dient es bei den meisten Spielern als Auflockerung der Ansatzmuskulatur. Ferner wird mittels Konzentration die geistige Bereitschaft für das Musizieren begünstigt.

Die Feinabstimmung der Kontrollmechanismen - die Tonerzeugung ist ja ein gekoppeltes System aus der Interaktion Spieler und Instrument - ist besonders wichtig für die kritischen Bereiche des Zusammenspiels. Hohe Töne sind meist am schwierigsten zu erzeugen, besonders, wenn sie kontrolliert und leise zu spielen sind. Um den Einfluß des „Warm up“ zu verdeutlichen, wurden die Versuchsteilnehmer gebeten, ihre Trefferquote für das c3 (klingend b2) im Piano zu schätzen. Obwohl eine genaue Einschätzung der Trefferquote unmöglich ist, kann der Mittelwert aller Schätzungen doch zu der Aussage führen, daß das „Warm up“ die Treffsicherheit bei allen deutlich erhöht (außer den Schülern, die prinzipielle Schwierigkeiten beim Spielen derart hoher Töne haben). Bei den Profis erhöht sich die geschätzte Trefferquote im Schnitt von 61% auf 83% und bei den Studenten von 34% auf 64% ! (siehe Abb. 19).

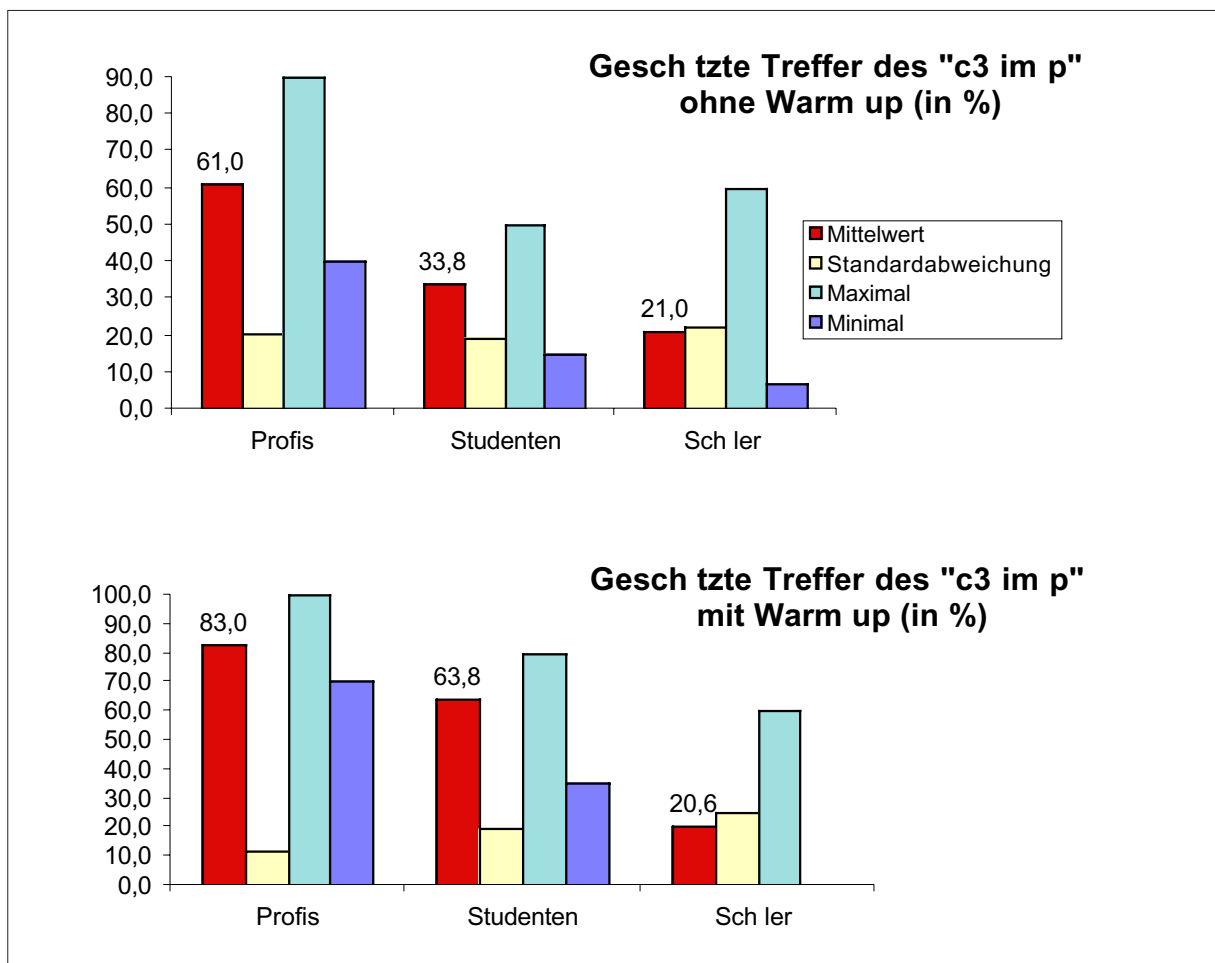
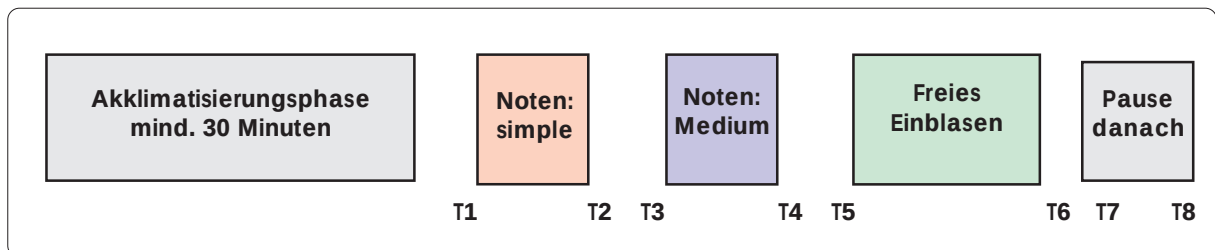


Abb. 19: Schätzungen der Schüler, Studenten und professionellen Musikern über den Einfluß des „Warm up“ auf die Treffsicherheit des c3 im Piano.

4.2.5 Zum Ablauf der Thermographie-Aufnahmen

Die Thermographie-Aufnahmen dauerten im Schnitt 90 Minuten pro Spieler. Der Ablauf war vorgegeben und wie im abgebildeten Blockbild der Abbildung 20 gegliedert.



Die Abb. 20 zeigt die fünf Blöcke im zeitlichen Ablauf. Die Akklimationierungsphase, die drei Spielphasen des „Warm up“ sowie die abschließende Ruhepause.

Die Akklimationierungsphase von 30 Minuten hat die Funktion der Anpassung der Versuchsperson an die Raumtemperatur. In dieser Zeit wurde von ihnen ein Fragebogen zum „Warm up“ ausgefüllt. Die Spieler wurden außerdem mit dem Versuchsablauf vertraut gemacht.

Bei den Zeitpunkten T1, T6 und T8 wurden die Vitalwerte der Spieler gemessen. Dies umfaßte den Blutdruck, den Puls, die axillare Körpertemperatur sowie die Fingertemperatur (siehe Kap. 4.2.6)

Bei den Zeitpunkten T1, T2, T4, T6 und T8 wurden die frontalen, rechten (dex) und linken (sin) Wärmekamerabilder auf den PC abgespeichert.

Bei den Zeitpunkten T3, T5, und T7 wurden nur die frontalen Wärmekamerabilder auf den PC abgespeichert. Insgesamt ergab dies 18 Bilder pro Versuchsperson.

Falls die Spieler sichtbar Schweiß auf der Stirn oder feuchte Lippen hatten, wurde versucht, diese Feuchtigkeit abzutupfen. Nur wenige Aufnahmen konnten aufgrund extremer Schweißbildung nicht zur Auswertung herangezogen werden.

4.2.6 Begleituntersuchung der Vitalwerte

Bei jeder Versuchsperson wurden zu den Zeitpunkten T1, T6, und T8 folgende Vitalwerte gemessen:

- Arterieller Blutdruck¹ (RR systolisch/ RR diastolisch) in mmHg
- Pulsfrequenz /min
- Axilläre Temperatur in °C
- Fingertemperatur °C

Um die Änderungen der Werte vergleichbar zu machen, wurde von den Meßwerten zu den drei Zeitpunkten die Differenzen gebildet. Die Werte sind in der nachfolgenden Tabelle 2 abzulesen. Aufgelistet wird außerdem der berechnete Wert des mittleren arteriellen Blutdrucks MAP². (Weitere Tabellen mit diesen Meßwerten und Differenzen sind im Kapitel 8.4 des Anhang wiedergegeben).

Änderung nach dem "Warm up" (T6-T1)	RR sys.	RR dia.	MAP	Pulsfrequenz	axilläre Temp.	Fingertemp.
1-V07GT	-5	5	1,7	0	0,0	5,0
1-V12JH	0	10	6,7	-3	0,5	-0,6
1-V16KM	-15	-5	-8,3	-9	-0,2	-2,1
2-V02MM	-15	-15	-15,0	-9	0,5	-0,9
2-V03AG	20	10	13,3	3	0,0	2,9
3-V05LR	-10	-20	-16,7	0	0,3	1,3
3-V06MW	0	-10	-6,7	-3	0,1	1,1
3-V15SB	15	15	15,0	18	0,4	2,4
4-V01MB	10	-20	-10,0	9	0,2	3,7
4-V13BB	10	0	3,3	12	0,2	0,7
5-V04EB	10	10	10,0	12	0,3	2,3
5-V09LL	-10	-10	-10,0	0	-0,1	1,1
5-V14DK	-20	-5	-10,0	-3	0,1	-2,5
6-V08GF	-5	-5	-5,0	-6	-0,4	1,7
6-V10JK	0	5	3,3	9	-0,1	8,1
6-V11LR	0	5	3,3	6	0,0	5,1
Profis fl	-3,0	1,0	-0,3	-3,6	0,2	0,9
Profis (Stab.abw.)	14,4	10,8	11,4	5,4	0,3	3,0
Studenten fl	5,0	-7,0	-3,0	7,2	0,2	1,8
Studenten (Stab.abw.)	10,0	14,8	12,4	8,6	0,1	1,2
Schüler fl	-5,0	-1,0	-2,3	2,4	-0,0	2,1
Schüler (Stab.abw.)	11,2	8,2	8,8	7,8	0,3	3,8
Alle fl	-1,0	-2,3	-1,9	2,0	0,1	1,6
Alle (Stab.abw.)	12,0	11,3	10,2	8,2	0,3	2,7

Tab. 2: Vitalwertänderungen. Die Werte resultieren aus der Differenz der Meßwerte vom Zeitpunkt T6 und T1. (Ø=Mittelwert ; Stab.abw=Standardabweichung)

¹ arterielle Blutdruckmessung (RR systolisch/ RR diastolisch) nach Riva-Rocchi in mmHg.

² MAP: Mean Arterios Pressure. Die Berechnung erfolgt mit der Formel: $RR \text{ dia.} + ((RR \text{ sys.} - RR \text{ dia.}) / 3)$.

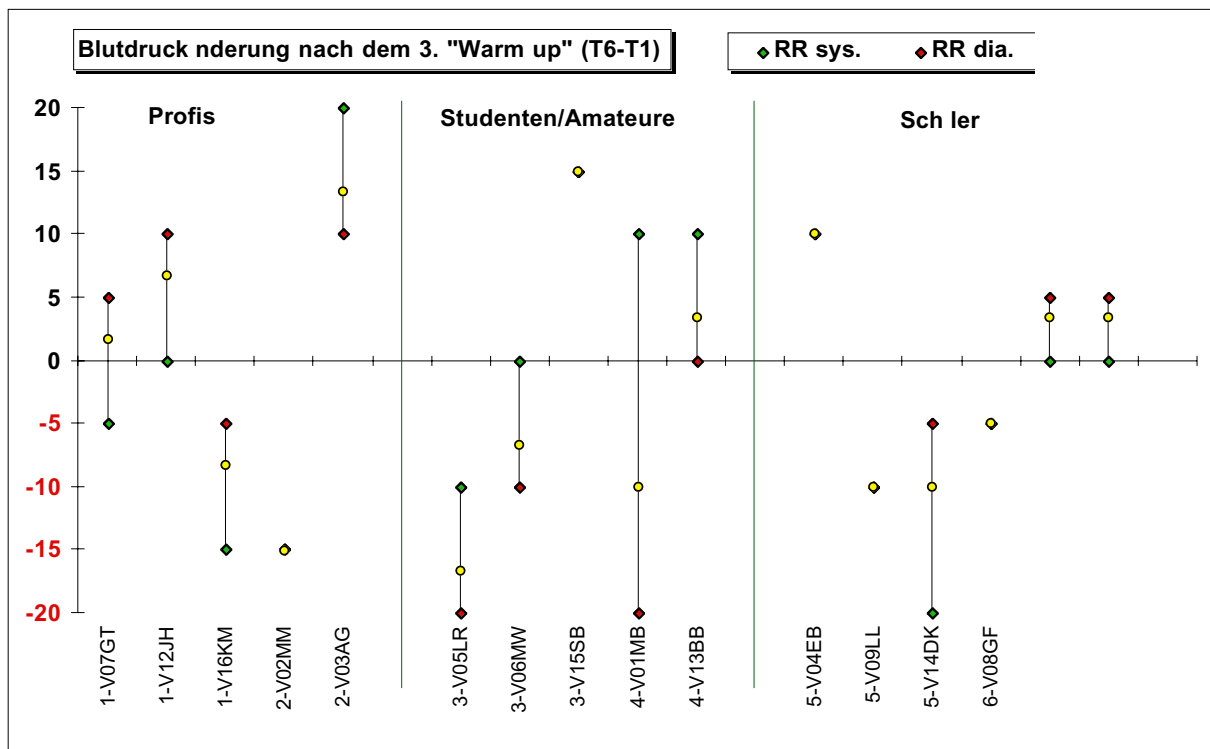


Abb. 21: Blutdruckänderungen der Spieler. Die Werte resultieren aus der Differenz vom Zeitpunkt T6 - T1.

4.2.6.1 Blutdruckänderungen

Der Vergleich der Blutdruckänderungen in Abbildung 21 zeichnet kein einheitliches Bild. Bei 9 Versuchspersonen fällt der diastolische Wert ab, bei 7 steigt er an. Der Blutdruck sollte vor allem durch den Einfluß von Streßfaktoren (körperlich, geistig, psychisch) ansteigen und sollte dementsprechend beim entspannten Spiel eher abfallen.

Der systolische Blutdruck steigt nur bei 5 Versuchspersonen an, bei den anderen 11 fällt er ab oder bleibt unverändert. Der systolische Blutdruck wird durch das Herzminutenvolumen und den peripheren Gefäßwiderstand geprägt. Sowohl eine Erhöhung des Herzminutenvolumens wie auch eine Engstellung der peripheren Widerstandsgefäße resultieren in Blutdruckerhöhung. Entscheidend für den Blutfluß ist die mittlere arterielle Blutdruck (MAP), der ebenfalls in der Abbildung 21 eingetragen ist.

Der Status der Spieler scheint keinen großen Einfluß auf die Werte zu haben. Vielmehr sind die individuellen Veranlagungen der Spieler ausschlaggebend. Einfluß hatte sicher auch die außer-gewöhnliche Situation, auf die jede Versuchsperson unterschiedlich reagiert.

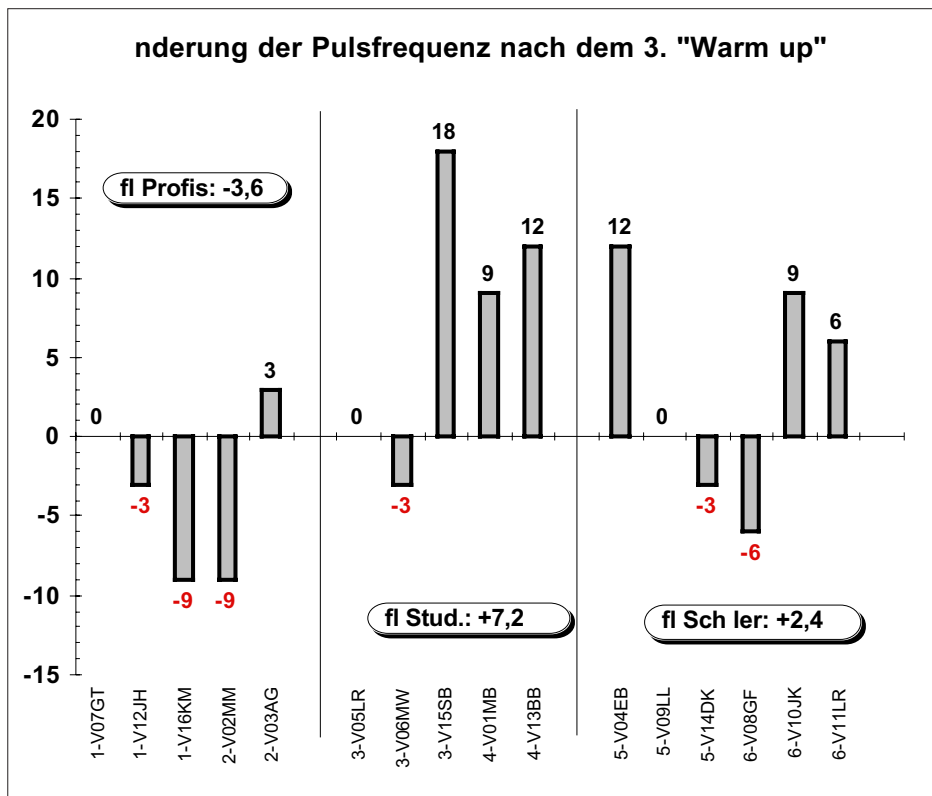


Abb. 22: Die Pulsfrequenzänderungen der Spieler. Die Werte resultieren aus der Differenz vom Zeitpunkt T6 - T1.

4.2.6.2 Pulsfrequenzänderungen

Beim Vergleich der Pulsfrequenzänderungen in Abb. 22 kann man sehr wohl einen Einfluß des Spielerstatus erkennen. Bei den professionellen Trompetern ist überwiegend ein Abfallen der Pulsschläge zu beobachten. Die Profis sind eher „cooler“ und routinierter und werden trotz der ungewohnten Umgebungsbedingungen beim „Warm up“ ruhiger. Zudem dürften sie sich in einem besseren Trainingszustand befinden.

Der Puls fast aller Studenten steigt hingegen an. Die beim „Warm up“ beobachteten Anstrengungen dieser Gruppe war auch deutlich höher. Ferner dauerte bei Ihnen das dritte „Warm up“ ohne Notenvorgaben im Schnitt länger.

Bei den sechs beobachteten Schülern ist der Pulsverlauf je nach Typus unterschiedlich.

4.2.6.3 Axilläre Temperatur und 4.2.6.4 Fingertemperatur

Diese Werte dienten der Kontrolle der Umgebungsbedingungen und Konstitution der Versuchspersonen und werden nicht weiter ausgewertet.

4.2.7 Auswahl der Meßpunkte zur Analyse

Beim Vergleich der abgespeicherten Thermobilder auf der Analysestation im AKH fielen deutlich bei fast jeder der 15 Versuchspersonen folgende "hot spots" auf: Der Bereich um die Mundwinkel, insbesondere in Richtung unten außen (Anguli oris inferior) sowie die Augenwinkel, also der Grenzbereich der Augen zur Nasenwurzel hin. Aufgrund dieser Beobachtungen wurden die nachfolgend bezeichneten und in Abb. 23 skizzierten frontalen und seitlichen, je 1cm² großen Temperatur-Meßflächen ausgewählt :

- 1s (links) 1d (rechts) **Mundwinkel** { anguli oris inferior } *angorsin angordex*
- 2s (links) 2d (rechts) **Augenwinkel** { anguli oculi } *oculisin oculidex*
- 3 (mitte) **Stirnmitte** { frontal } *front*
- 4s (links) 4d (rechts) **Nasenseite** { perinasal } *nasalsin nasaldex*
- 5s (links) 5d (rechts) **Wange innen** { buccal rostral } *brostsinn brostdex*
- 6s (links) 6d (rechts) **Wangenmitte** { buccal central } *bcentsinn bcentdex*
- 7s (links) 7d (rechts) **Wange außen** { buccal auricular } *baurisin bauridex*

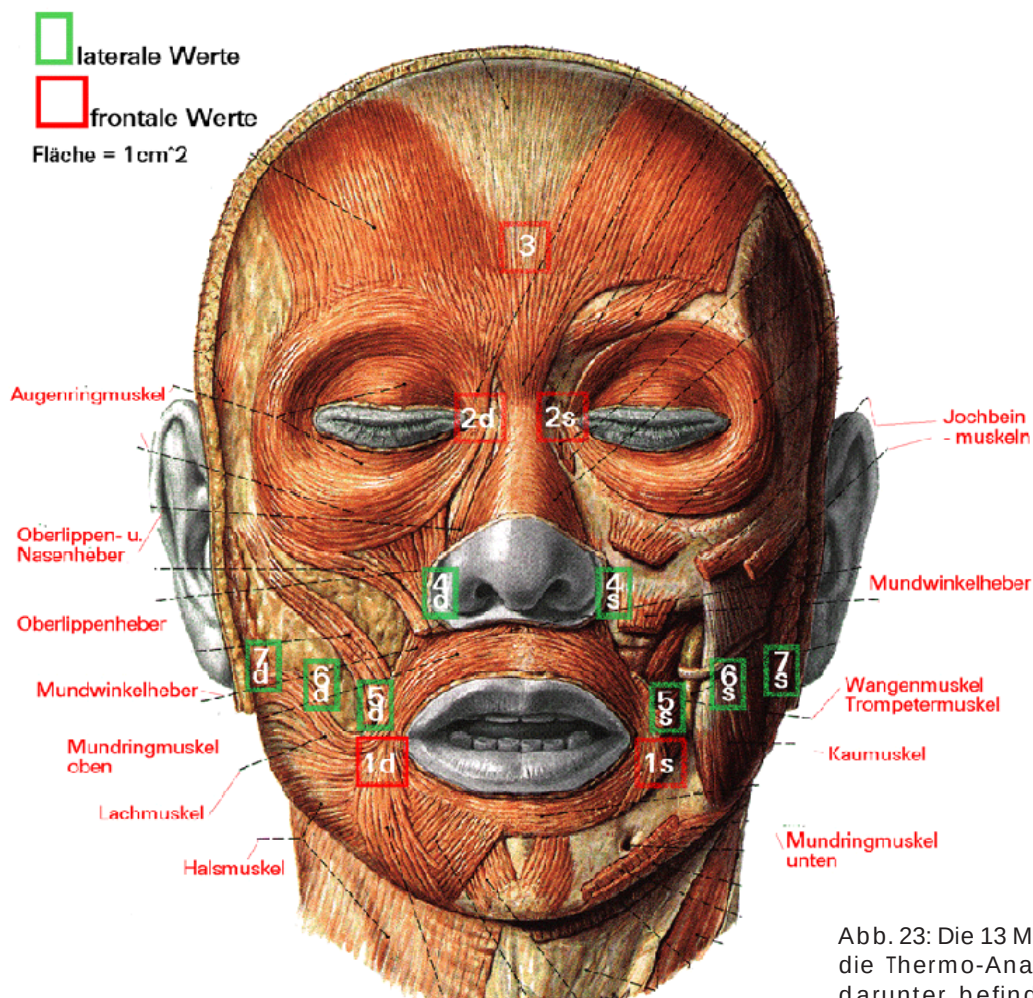


Abb. 23: Die 13 Meßflächen für die Thermo-Analyse und die darunter befindlichen Muskeln. (Quelle: Sobotta: Atlas der Anatomie des Menschen. 1995)

**Durchblutungs-
verhältnisse am
Gehirnschädel**

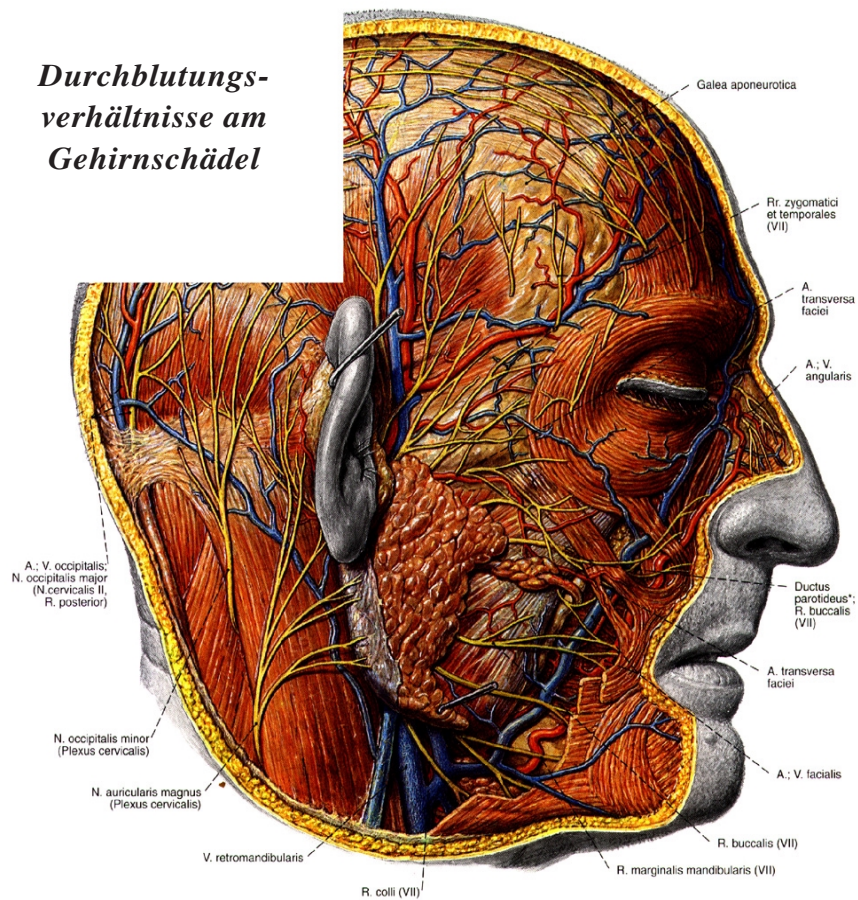


Abb. 24: Arterielle Blutzufuhr (rot) und venöse Abströmverhältnisse (blau) am Kopf. Dargestellt werden die Muskeln, Gefäße und Nerven des Kopfes (Quelle: Sobotta: Atlas der Anatomie des Menschen. 1995)

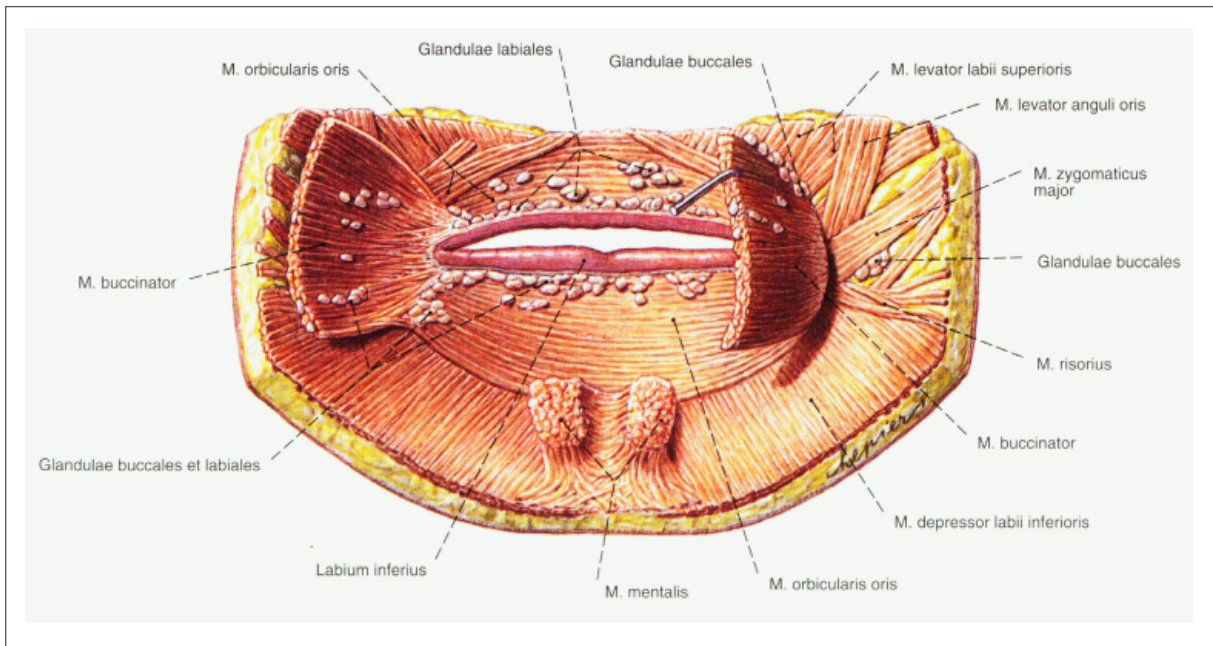


Abb. 25: Muskulatur im Ansatzbereich (nach Entfernung der Schleimhaut; kleine Speicheldrüsen sind zum Teil erhalten) aus der Perspektive von innen. (Quelle: Sobotta: Atlas der Anatomie des Menschen. 1995)

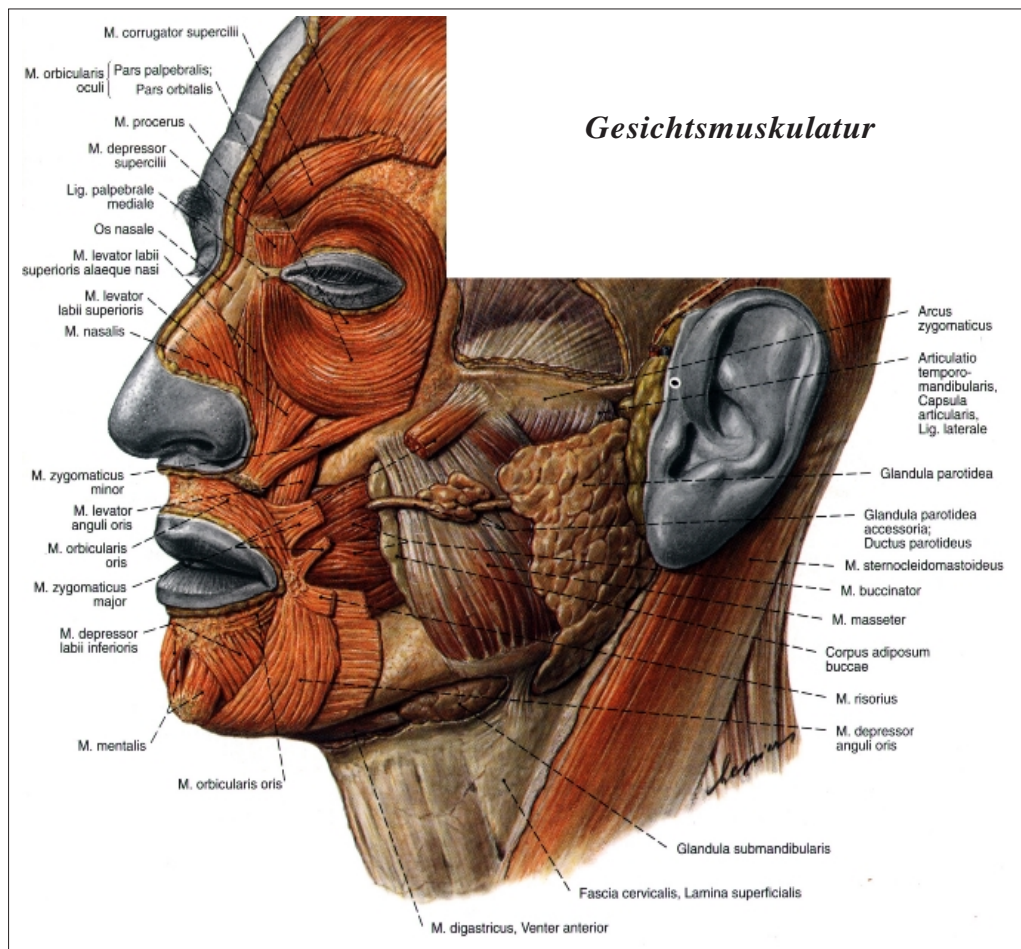


Abb. 26: Gesichtsmuskeln von lateral. (Kaumuskulatur)
(Quelle: Sobotta: Atlas der Anatomie des Menschen. 1995)

4.3 Thermobilder und Meßwerte der einzelnen Spieler

Von jeder Versuchsperson wurden von den laufenden Echtzeit-Wärmebildern Momentaufnahmen auf den PC abgespeichert. Diese konnten im weiteren jederzeit mit der IRIS Software (siehe Kap. 4.2.1) aufgerufen und analysiert, oder in einem Standard Grafikformat (z.B. .bmp oder .tif) abgespeichert werden.

Die Auswertung der Daten fand an der Thermo Workstation im AKH statt. Die Auflösung der Temperaturskala ist bis auf 0.1° Celsius genau einstellbar. Die Bilder in der vorliegenden Arbeit haben eine Auflösung von 1 Grad Celsius und werden anhand 10 verschiedener Farben dargestellt. Die Temperaturskala wurde auf den jeweiligen Probanden adjustiert und ist dementsprechend leicht unterschiedlich. Sie umfaßt entweder Werte von 26° - 36° , von 26.5° - 36.5° oder von 27° - 37° Celsius.

Die Zeitpunkte der abgebildeten Aufnahmen sind:

- T1 : vor dem ersten Spiel
- T2 : nach dem ersten, einfachen „Warm up“
- T4 : nach dem zweiten, mittelschweren „Warm up“
- T6 : nach dem dritten, freien „Warm up“

Ausnahmen:

Aufgrund starker Schweißbildung, (erkennbar an großflächiger, in Vergrößerung feinkörniger Regionen auffallend niedriger Temperatur,) der Versuchsperson wurde in manchen Fällen der Zeitpunkt T6 statt T4 zur Analyse herangezogen. Dies war der Fall bei: V06MW; V15SB und V09LL.

Durch Systemfehler oder PC-Überlastung fehlt bei drei Versuchspersonen je eine Aufnahme. In diesen Fällen wurde der Zeitpunkt T3 statt T2 zur Analyse herangezogen. Dies war der Fall bei: V03AG und V05LR. Aus dem gleichen Grund mußte bei V04EB T4 statt T2 verwendet werden. Beim Spieler V01MB fand nach dem Zeitpunkt T1 ein starke Auskühlung statt, da der Spieler den Versuch im Unterhemd durchführte. Damit die partiellen Erwärmungen im Gesicht nicht aufgrund dieser Abkühlung verschleiert werden, wurden für die Analysen die Werte zum Zeitpunkt T8 statt T1 verwendet. Diese wurden 18 Minuten nach dem letzten Spiel aufgenommen und kommen der eigentlichen Ausgangsposition am nächsten.

Aufgrund einer wichtigen beruflichen Verpflichtung fehlt beim Spieler V02MM aus Zeitgründen die Aufnahme zum Zeitpunkt T8, die nicht für die Analysen benötigt wurde.

Auf den nächsten Seiten sind die wesentlichen Thermo-Aufnahmen jeder Versuchsperson abgebildet. Die daraus gemessenen Werte sind in den Tabellen 3-17 aufgelistet und den Abbildungen 27-70 grafisch aufbereitet. Die Reihenfolge der Spieler entspricht der chronologischen Ordnung der Aufnahmen.

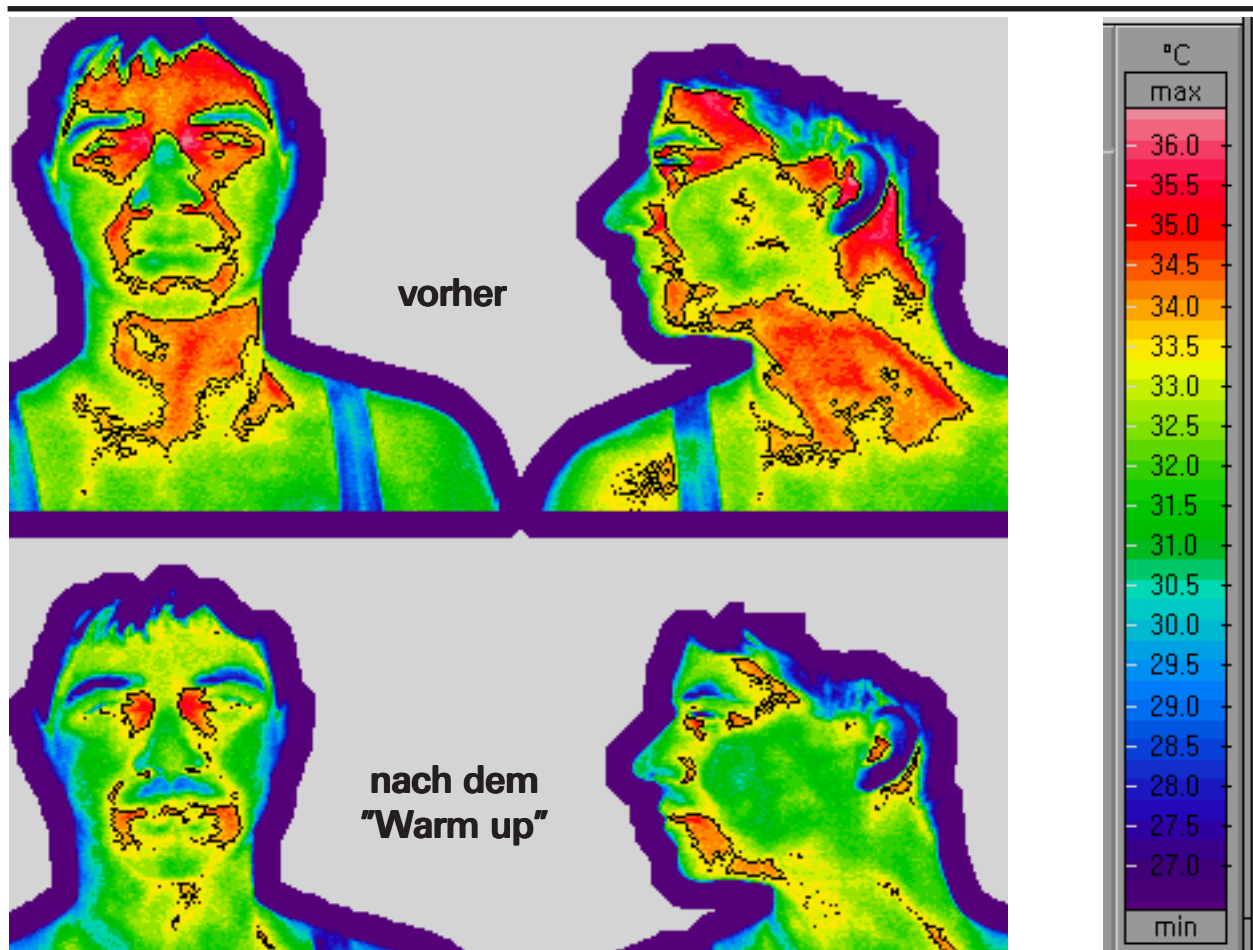
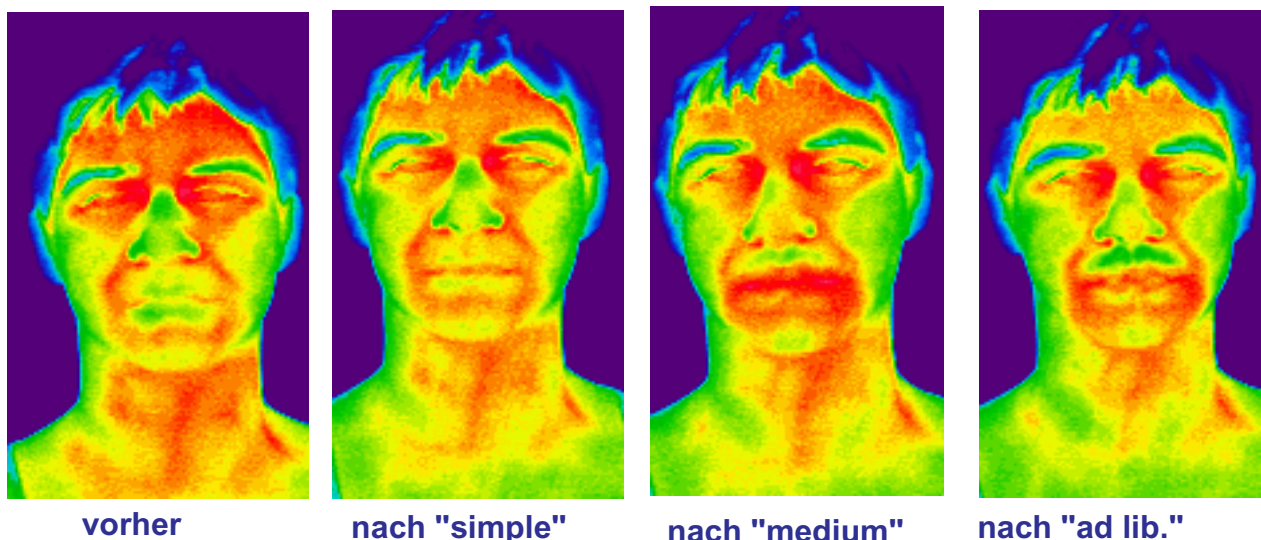
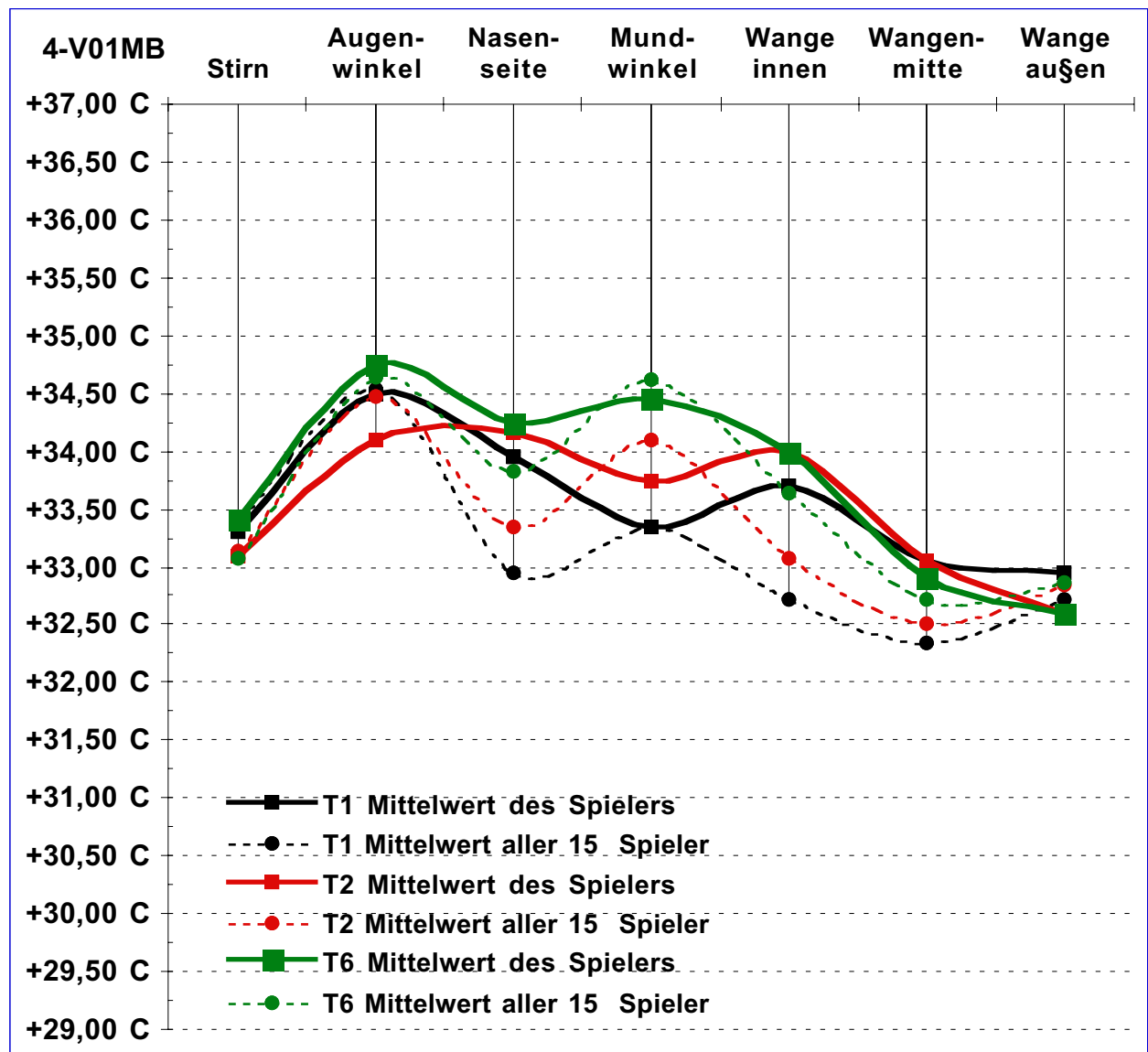


Abb. 28 (unten) : Frontal aufgenommene Thermographien zu den Zeitpunkten T1 („vorher“) T2 (nach dem ersten „Warm up“ simple) T4 (nach dem zweiten „Warm up“ medium) und T6 („nach dem dritten „Warm up“ ad libitum ohne Zeit und Notenvorgabe). Die Farbskala der Temperaturwerte ist für alle 4 Bilder einheitlich, die absoluten Werte weichen jedoch leicht von der obigen Farbskala ab.



4-V01MB	Stirn	Augen- winkel	Nasen- seite	Mund- winkel	Wange innen	Wangen mitte	
"Vorher" - rechte Seite (T1 dex)	33,3 C	34,5 C	34,0 C	33,5 C	33,9 C	32,9 C	32,9 C
"Vorher" - linke Seite (T1 sin)	33,3 C	34,5 C	33,9 C	33,2 C	33,5 C	33,2 C	33,0 C
"Vorher" Mittelwert aller Spieler (T1 MW)	33,4 C	34,5 C	33,0 C	33,3 C	32,7 C	32,3 C	32,7 C
nach 1. Warm up - rechte Seite (T2 dex)	33,1 C	34,0 C	34,2 C	33,8 C	34,1 C	32,7 C	32,5 C
nach 1. Warm up - linke Seite (T2 sin)	33,1 C	34,2 C	34,1 C	33,7 C	33,9 C	33,4 C	32,7 C
Nach 1 "Warm up"- Mittelwert aller Spieler (T2 MW)	33,1 C	34,5 C	33,3 C	34,1 C	33,1 C	32,5 C	32,8 C
nach 3. Warm up - rechte Seite (T6 dex)	33,4 C	34,7 C	34,2 C	34,4 C	34,0 C	32,7 C	32,4 C
nach 3. Warm up - linke Seite (T6 sin)	33,4 C	34,8 C	34,3 C	34,5 C	34,0 C	33,1 C	32,8 C
Nach 3 "Warm up"- Mittelwert aller Spieler (T6 MW)	33,1 C	34,6 C	33,8 C	34,6 C	33,6 C	32,7 C	32,9 C

Tabelle 3 zeigt die Temperaturwerte des Spielers zu den Zeitpunkten T1, T2 und T6 an den 13 Messflächen (sin: links; dex: rechts) im Vergleich zu den Mittelwerten von allen 15 Spielern. In Abbildung 29 werden die Mittelwerte in einer Grafik gegenübergestellt.



Die Maxima - Minima Verteilung der gemessenen Temperaturwerte des Amateur-Trompeters V01MB¹ entspricht meist dem typischen Kurvenverlauf aller Versuchspersonen im Mittelwert. Abweichende Merkmale sind die hohen Ausgangstemperaturen bei der Nasenseite und der Wange, die sich von T1 bis T6 kaum erhöhen (bzw. die sich nach dem Versuch kaum abkühlen¹). Die größte Temperaturänderung wurde an den Mundwinkeln gemessen. Sie betrug ca. 1,2° Celsius. Die Werte und Bilder belegen eine symmetrische Erwärmung der rechten und linken Gesichtshälfte.

¹Die Werte für den Zeitpunkt T1 wurden aufgrund des Abkühlens der Versuchsperson durch die Werte zum Zeitpunkt T8 ersetzt. Die Standardangabe T1 bezieht sich daher immer auf die Werte zum Zeitpunkt T8.

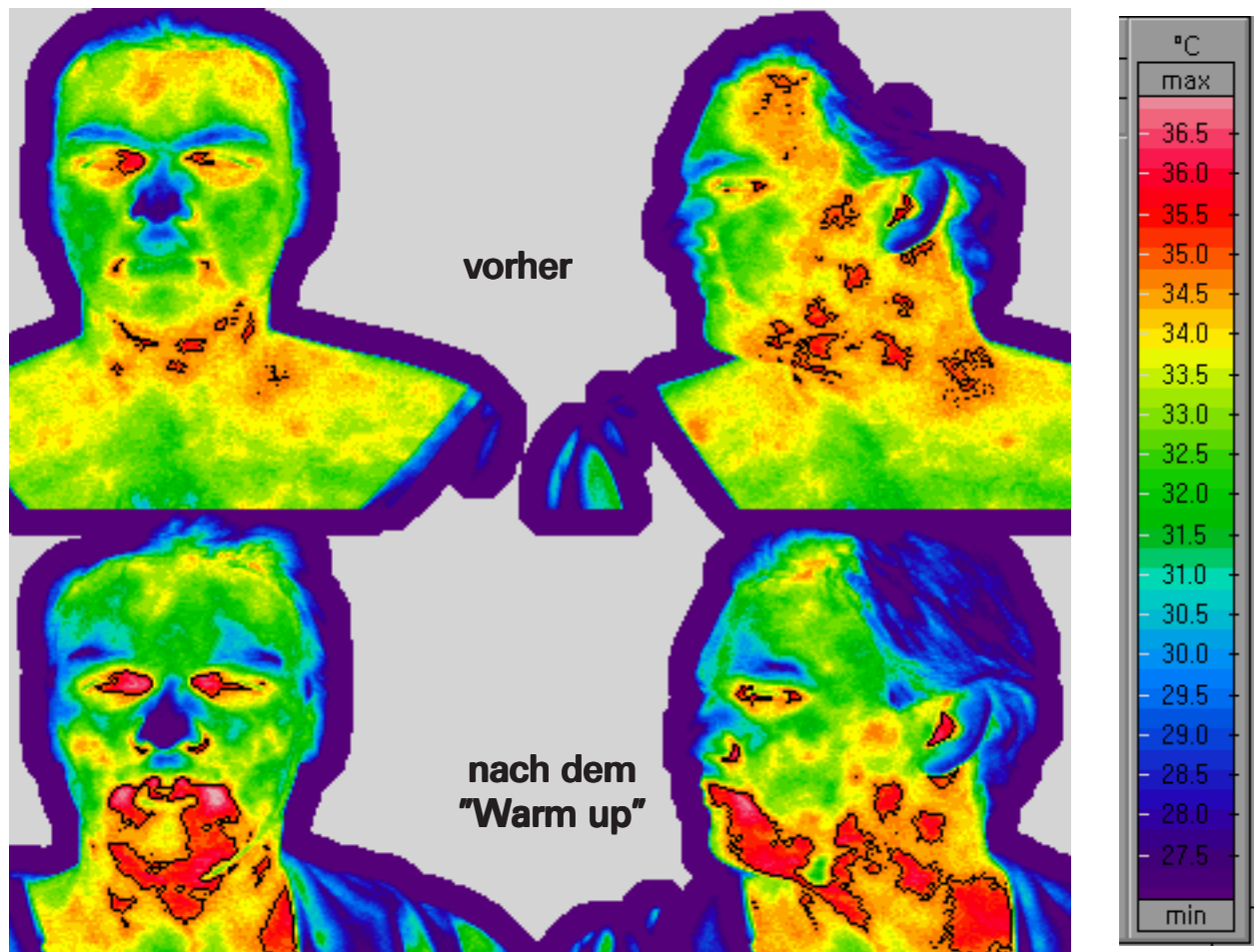
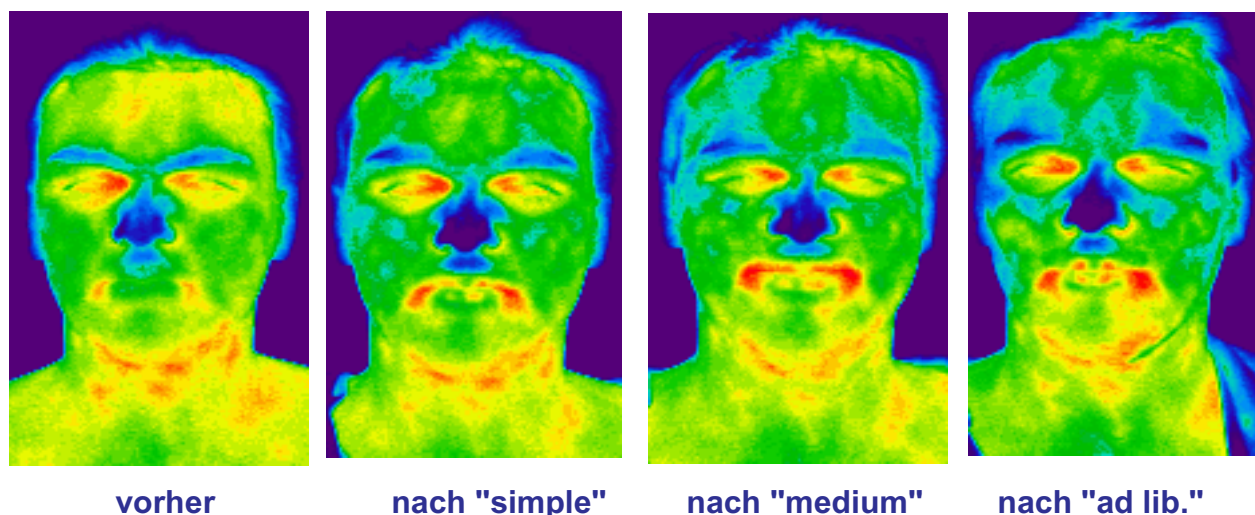


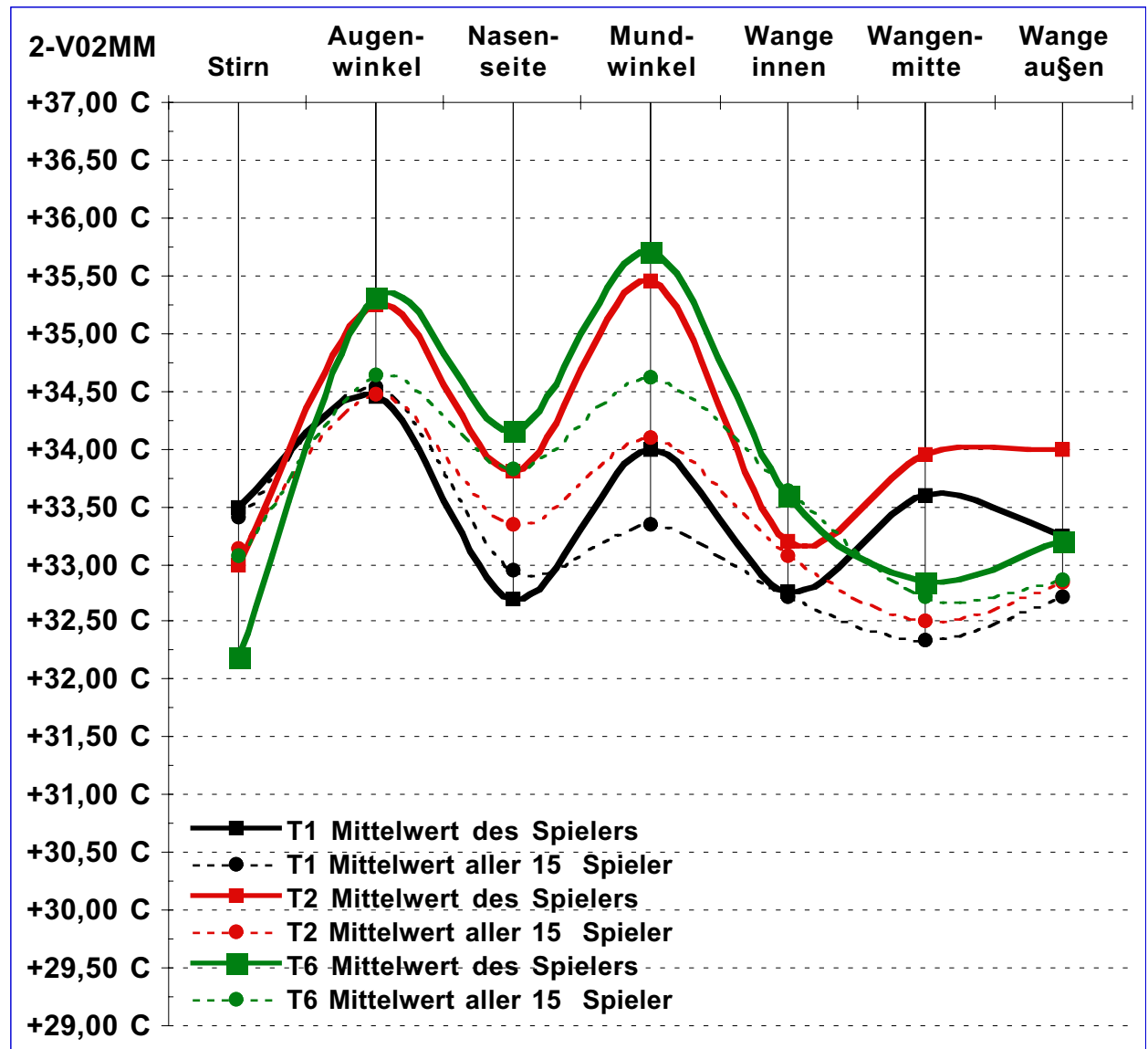
Abb. 30 (oben) : Thermographien zum Zeitpunkt T1 („vorher“ - oben) und zum Zeitpunkt T6 (nach dem 3. „Warm up“ - unten) jeweils frontal und die linke Seite des Spielers. Warme Flächen wurden durch Umrißlinien hervorgehoben. Die absoluten Temperaturwerte können an der rechten Farbskala abgelesen werden.

Abb. 31 (unten) : Frontal aufgenommene Thermographien zu den Zeitpunkten T1 („vorher“) T2 (nach dem ersten „Warm up“ simple) T4 (nach dem zweiten „Warm up“ medium) und T6 („nach dem dritten „Warm up“ ad libitum ohne Zeit und Notenvorgabe). Die Farbskala der Temperaturwerte ist für alle 4 Bilder einheitlich, die absoluten Werte weichen jedoch leicht von der obigen Farbskala ab.



2-V02MM	Stirn	Augen- winkel	Nasen- seite	Mund- winkel	Wange innen	Wangen mitte	
"Vorher" - rechte Seite (T1 dex)	33,5 C	34,8 C	32,5 C	34,0 C	32,5 C	33,4 C	33,0 C
"Vorher" - linke Seite (T1 sin)	33,5 C	34,1 C	32,9 C	34,0 C	33,0 C	33,8 C	33,5 C
"Vorher" Mittelwert aller Spieler (T1 MW)	33,4 C	34,5 C	33,0 C	33,3 C	32,7 C	32,3 C	32,7 C
nach 1. Warm up - rechte Seite (T2 dex)	33,0 C	35,6 C	33,5 C	35,3 C	33,4 C	33,4 C	33,8 C
nach 1. Warm up - linke Seite (T2 sin)	33,0 C	34,9 C	34,1 C	35,6 C	33,0 C	34,5 C	34,2 C
Nach 1 "Warm up"- Mittelwert aller Spieler (T2 MW)	33,1 C	34,5 C	33,3 C	34,1 C	33,1 C	32,5 C	32,8 C
nach 3. Warm up - rechte Seite (T6 dex)	32,2 C	35,4 C	34,0 C	35,5 C	33,5 C	33,0 C	33,0 C
nach 3. Warm up - linke Seite (T6 sin)	32,2 C	35,2 C	34,3 C	35,9 C	33,7 C	32,7 C	33,4 C
Nach 3 "Warm up"- Mittelwert aller Spieler (T6 MW)	33,1 C	34,6 C	33,8 C	34,6 C	33,6 C	32,7 C	32,9 C

Tabelle 4 zeigt die Temperaturwerte des Spielers zu den Zeitpunkten T1, T2 und T6 an den 13 Messflächen (sin: links; dex: rechts) im Vergleich zu den Mittelwerten von allen 15 Spielern. In Abbildung 32 werden die Mittelwerte in einer Grafik gegenübergestellt.



Die Maxima - Minima Verteilung der gemessenen Temperaturwerte des Profis V02MM entspricht meist dem typischen Kurvenverlauf aller Versuchspersonen im Mittelwert. Abweichende Merkmale sind die hohen Ausgangstemperaturen bei der Wangenmitte und Stirn, die von T1 nach T6 um 1° abkühlen. Die größte Temperaturänderung wurde an den Mundwinkeln gemessen. Sie betrug ca. 1,7° Celsius. Die Erwärmung um 1,4° an der Nasenseite ist recht deutlich. Auffallend ist die starke Erwärmung an diesen Punkten bereits zum Zeitpunkt T2. Die Werte und Bilder belegen eine fast symmetrische Erwärmung der rechten und linken Gesichtshälfte (links etwas wärmer).

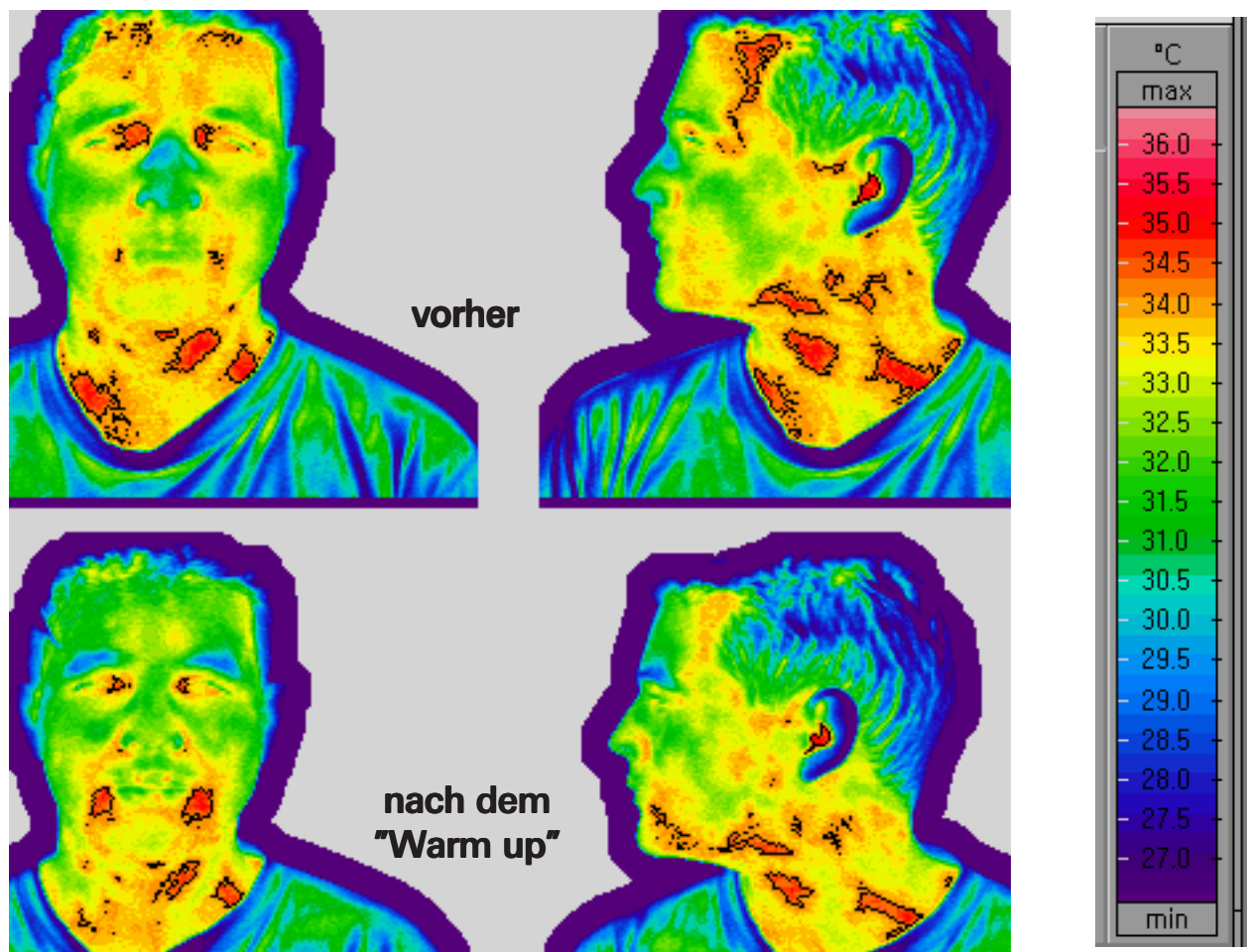
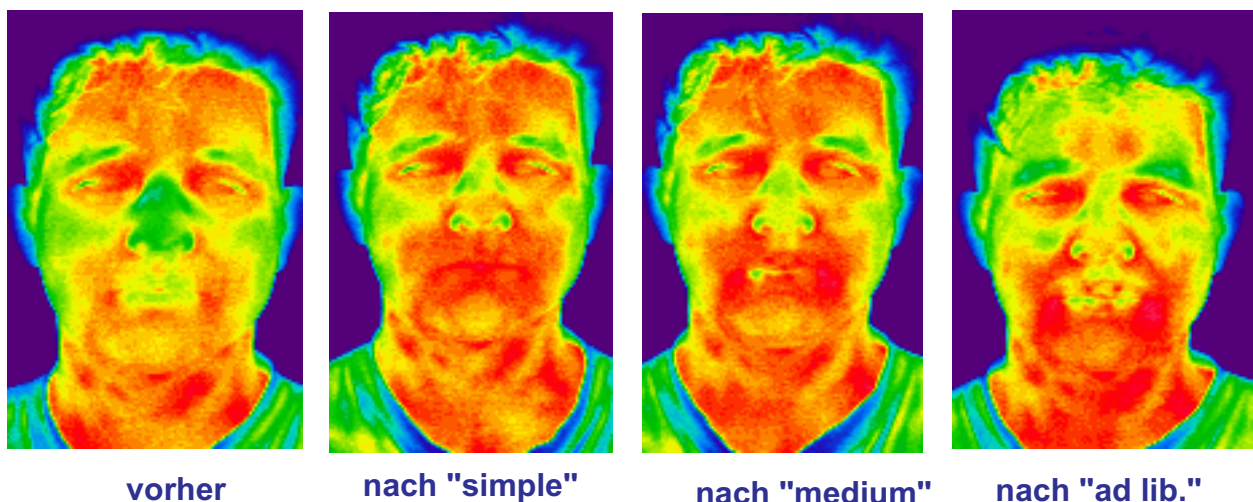


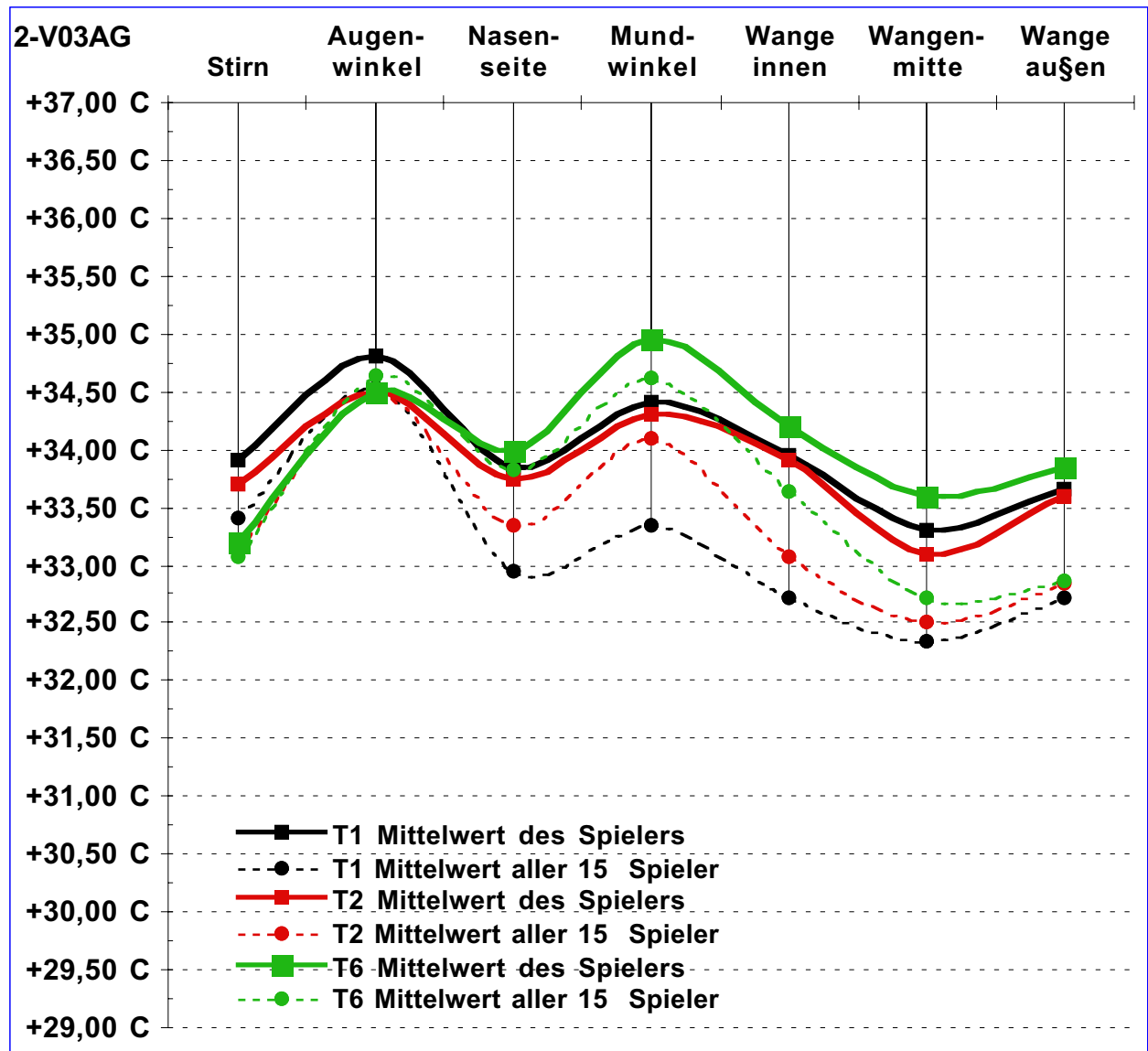
Abb. 33 (oben) : Thermographien zum Zeitpunkt T1 („vorher“ - oben) und zum Zeitpunkt T6 (nach dem 3. „Warm up“ - unten) jeweils frontal und die linke Seite des Spielers. Warme Flächen wurden durch Umrißlinien hervorgehoben. Die absoluten Temperaturwerte können an der rechten Farbskala abgelesen werden.

Abb. 34 (unten) : Frontal aufgenommene Thermographien zu den Zeitpunkten T1 („vorher“) T2 (nach dem ersten „Warm up“ simple) T4 (nach dem zweiten „Warm up“ medium) und T6 („nach dem dritten „Warm up“ ad libitum ohne Zeit und Notenvorgabe). Die Farbskala der Temperaturwerte ist für alle 4 Bilder einheitlich, die absoluten Werte weichen jedoch leicht von der obigen Farbskala ab.



2-V03AG	Stirn	Augen- winkel	Nasen- seite	Mund- winkel	Wange innen	Wangen mitte	
"Vorher" - rechte Seite (T1 dex)	33,9 C	34,8 C	33,9 C	34,3 C	34,0 C	33,6 C	33,5 C
"Vorher" - linke Seite (T1 sin)	33,9 C	34,8 C	33,8 C	34,5 C	33,9 C	33,0 C	33,8 C
"Vorher" Mittelwert aller Spieler (T1 MW)	33,4 C	34,5 C	33,0 C	33,3 C	32,7 C	32,3 C	32,7 C
nach 1. Warm up - rechte Seite (T2 dex)	33,7 C	34,5 C	33,8 C	34,3 C	33,9 C	33,4 C	33,4 C
nach 1. Warm up - linke Seite (T2 sin)	33,7 C	34,5 C	33,7 C	34,3 C	33,9 C	32,8 C	33,8 C
Nach 1 "Warm up"- Mittelwert aller Spieler (T2 MW)	33,1 C	34,5 C	33,3 C	34,1 C	33,1 C	32,5 C	32,8 C
nach 3. Warm up - rechte Seite (T6 dex)	33,2 C	34,5 C	34,1 C	34,9 C	34,2 C	33,7 C	33,5 C
nach 3. Warm up - linke Seite (T6 sin)	33,2 C	34,5 C	33,9 C	35,0 C	34,2 C	33,5 C	34,2 C
Nach 3 "Warm up"- Mittelwert aller Spieler (T6 MW)	33,1 C	34,6 C	33,8 C	34,6 C	33,6 C	32,7 C	32,9 C

Tabelle 5 zeigt die Temperaturwerte des Spielers zu den Zeitpunkten T1, T2 und T6 an den 13 Messflächen (sin: links; dex: rechts) im Vergleich zu den Mittelwerten von allen 15 Spielern. In Abbildung 35 werden die Mittelwerte in einer Grafik gegenübergestellt.



Die Maxima - Minima Verteilung der gemessenen Temperaturwerte des Profis V03AG¹ entspricht nur zum Teil dem typischen Kurvenverlauf aller Versuchspersonen im Mittelwert. Abweichende Merkmale sind die Abkühlung von T1 nach T2. Aus technischen Gründen mußten für die Werte von T2 ersatzweise die Werte von T3 zur Analyse verwendet werden. Der Spieler ist also bereits wieder abgekühlt seit dem ersten „Warm up“. Insgesamt sind die Temperaturänderungen bei dem Spieler gering, zeigen jedoch auch die bekannte Haupterwärmungszone am unteren Mundwinkel. Die Änderung betrug jedoch nur ca. 0,6° Celsius.

Die Werte für den Zeitpunkt T2 fehlen aufgrund eines PC-Absturzes. Die Angabe T2 bezieht sich auf die Werte bei T3.

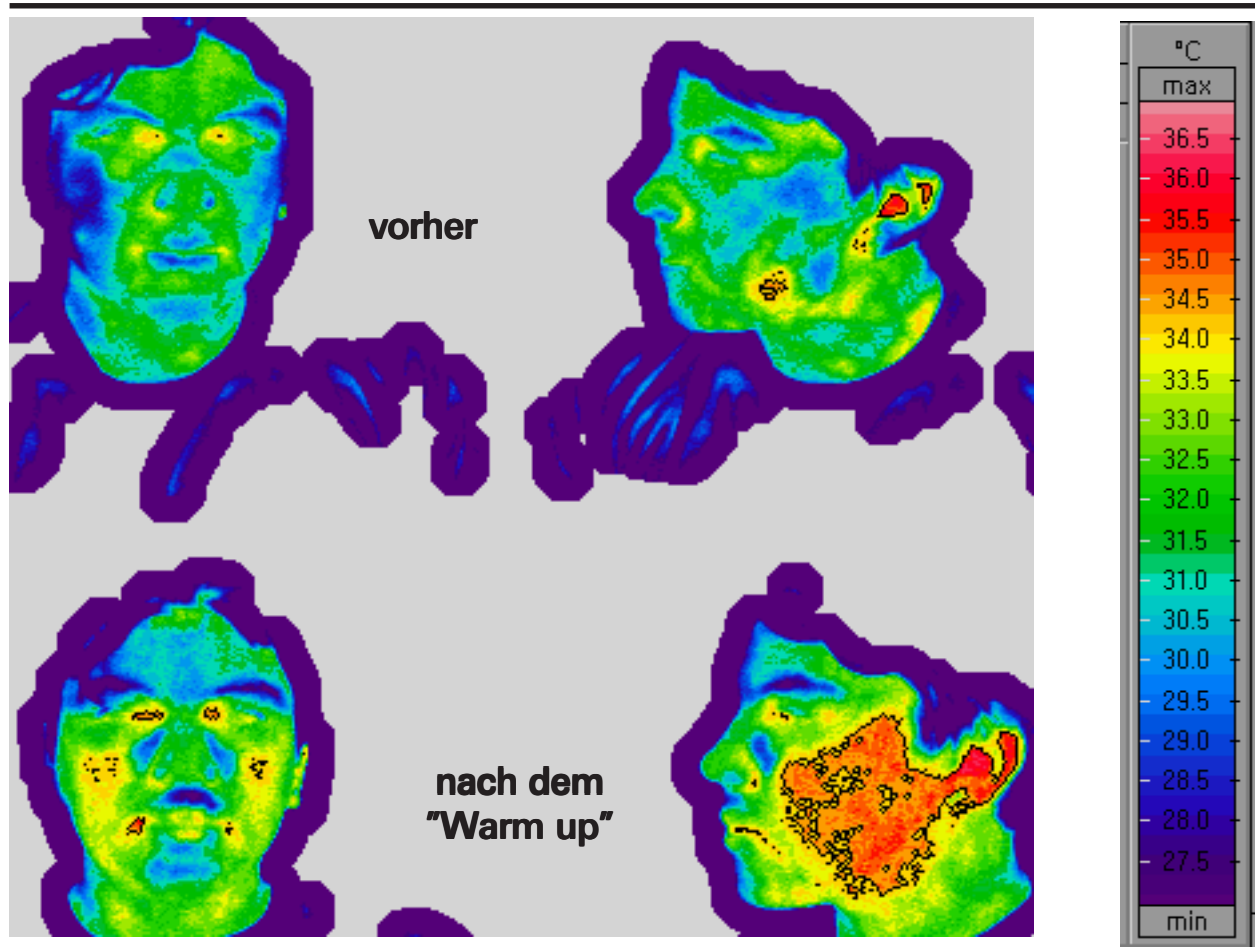
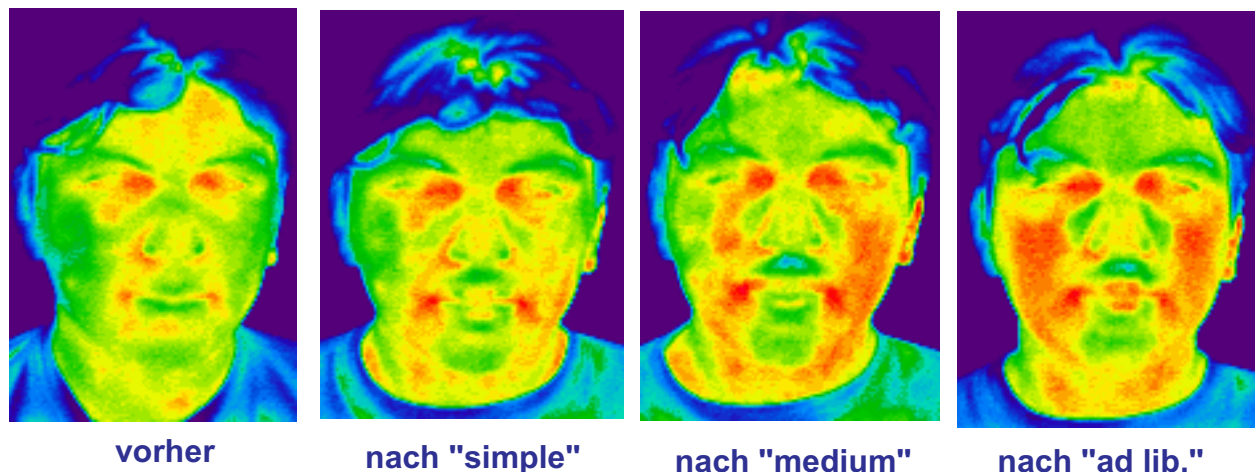


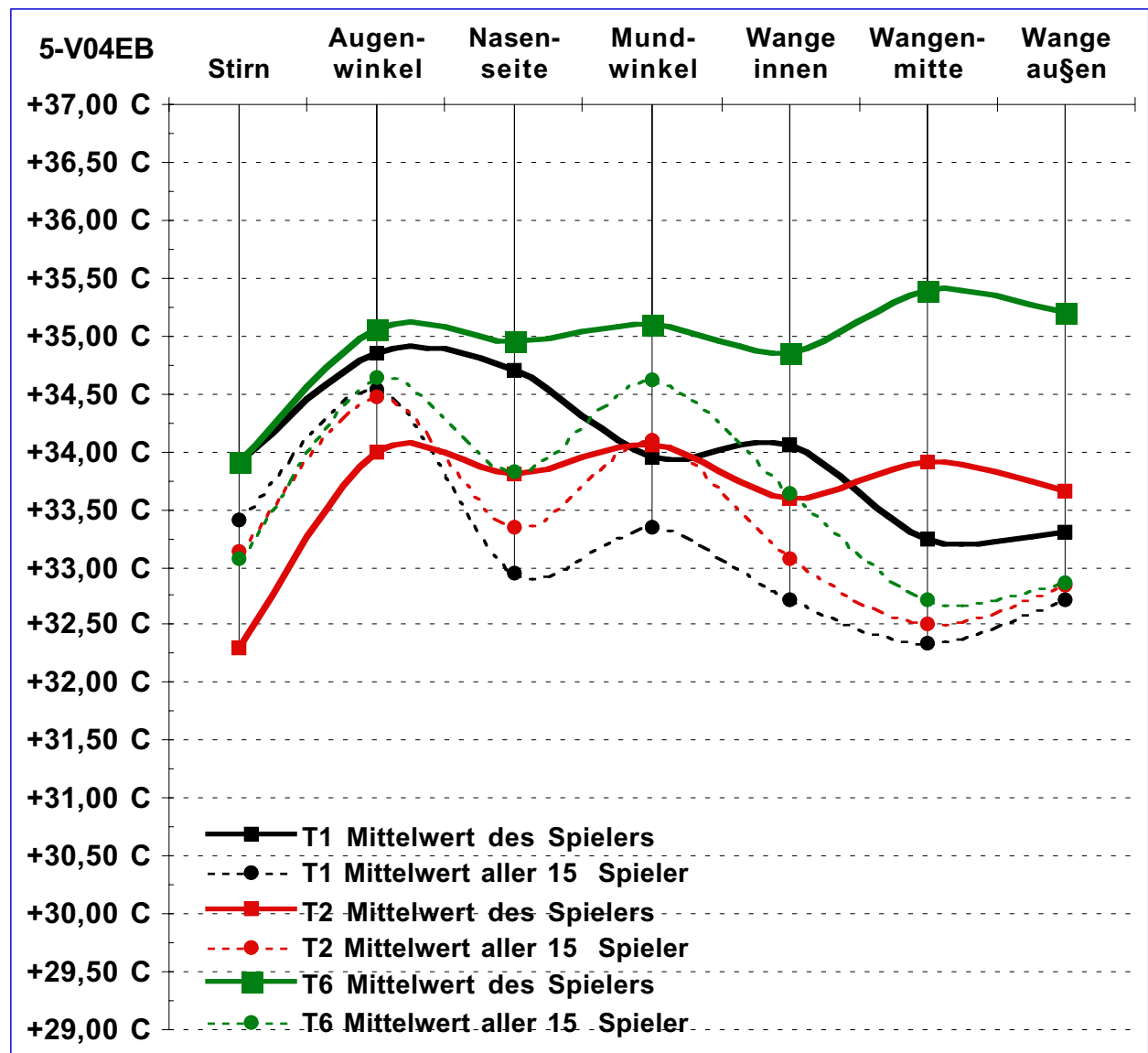
Abb. 36 (oben) : Thermographien zum Zeitpunkt T1 („vorher“ - oben) und zum Zeitpunkt T6 (nach dem 3. „Warm up“ - unten) jeweils frontal und die linke Seite des Spielers. Warme Flächen wurden durch Umrißlinien hervorgehoben. Die absoluten Temperaturwerte können an der rechten Farbskala abgelesen werden.

Abb. 37 (unten) : Frontal aufgenommene Thermographien zu den Zeitpunkten T1 („vorher“) T2 (nach dem ersten „Warm up“ simple) T4 (nach dem zweiten „Warm up“ medium) und T6 („nach dem dritten „Warm up“ ad libitum ohne Zeit und Notenvorgabe). Die Farbskala der Temperaturwerte ist für alle 4 Bilder einheitlich, die absoluten Werte weichen jedoch leicht von der obigen Farbskala ab.



5-V04EB	Stirn	Augen- winkel	Nasen- seite	Mund- winkel	Wange innen	Wangen mitte	
"Vorher" - rechte Seite (T1 dex)	33,9 C	34,9 C	34,9 C	34,0 C	34,4 C	32,9 C	32,0 C
"Vorher" - linke Seite (T1 sin)	33,9 C	34,8 C	34,5 C	33,9 C	33,7 C	33,6 C	34,6 C
"Vorher" Mittelwert aller Spieler (T1 MW)	33,4 C	34,5 C	33,0 C	33,3 C	32,7 C	32,3 C	32,7 C
nach 1. Warm up - rechte Seite (T2 dex)	32,3 C	34,0 C	33,8 C	34,0 C	33,4 C	33,3 C	32,8 C
nach 1. Warm up - linke Seite (T2 sin)	32,3 C	34,0 C	33,8 C	34,1 C	33,8 C	34,5 C	34,5 C
Nach 1 "Warm up"- Mittelwert aller Spieler (T2 MW)	33,1 C	34,5 C	33,3 C	34,1 C	33,1 C	32,5 C	32,8 C
nach 3. Warm up - rechte Seite (T6 dex)	33,9 C	35,1 C	35,2 C	35,2 C	35,0 C	35,3 C	35,0 C
nach 3. Warm up - linke Seite (T6 sin)	33,9 C	35,0 C	34,7 C	35,0 C	34,7 C	35,5 C	35,4 C
Nach 3 "Warm up"- Mittelwert aller Spieler (T6 MW)	33,1 C	34,6 C	33,8 C	34,6 C	33,6 C	32,7 C	32,9 C

Tabelle 6 zeigt die Temperaturwerte des Spielers zu den Zeitpunkten T1, T2 und T6 an den 13 Messflächen (sin: links; dex: rechts) im Vergleich zu den Mittelwerten von allen 15 Spielern. In Abbildung 38 werden die Mittelwerte in einer Grafik gegenübergestellt.



Die Maxima - Minima Verteilung der gemessenen Temperaturwerte des Schülers V04EB entspricht nicht dem typischen Kurvenverlauf aller Versuchspersonen im Mittelwert. Abweichendes Merkmal ist vor allem die dominierende Erwärmung der Wangen. Dies resultiert aus seiner „buccalen“ Spieltechnik, die bei ihm in ausgeprägter Form beobachtet und videodokumentiert wurde. Die größte Temperaturänderung wurde an der Wangenmitte und der Wange außen gemessen. Sie betrug ca. 1,6° Celsius. Die Erwärmung um 1,1° am Mundwinkel ist ebenso recht deutlich. Auffallend ist die teilweise starke Abkühlung zum Zeitpunkt T2. Die Werte und Bilder belegen eine fast symmetrische Erwärmung der rechten und linken Gesichtshälfte.

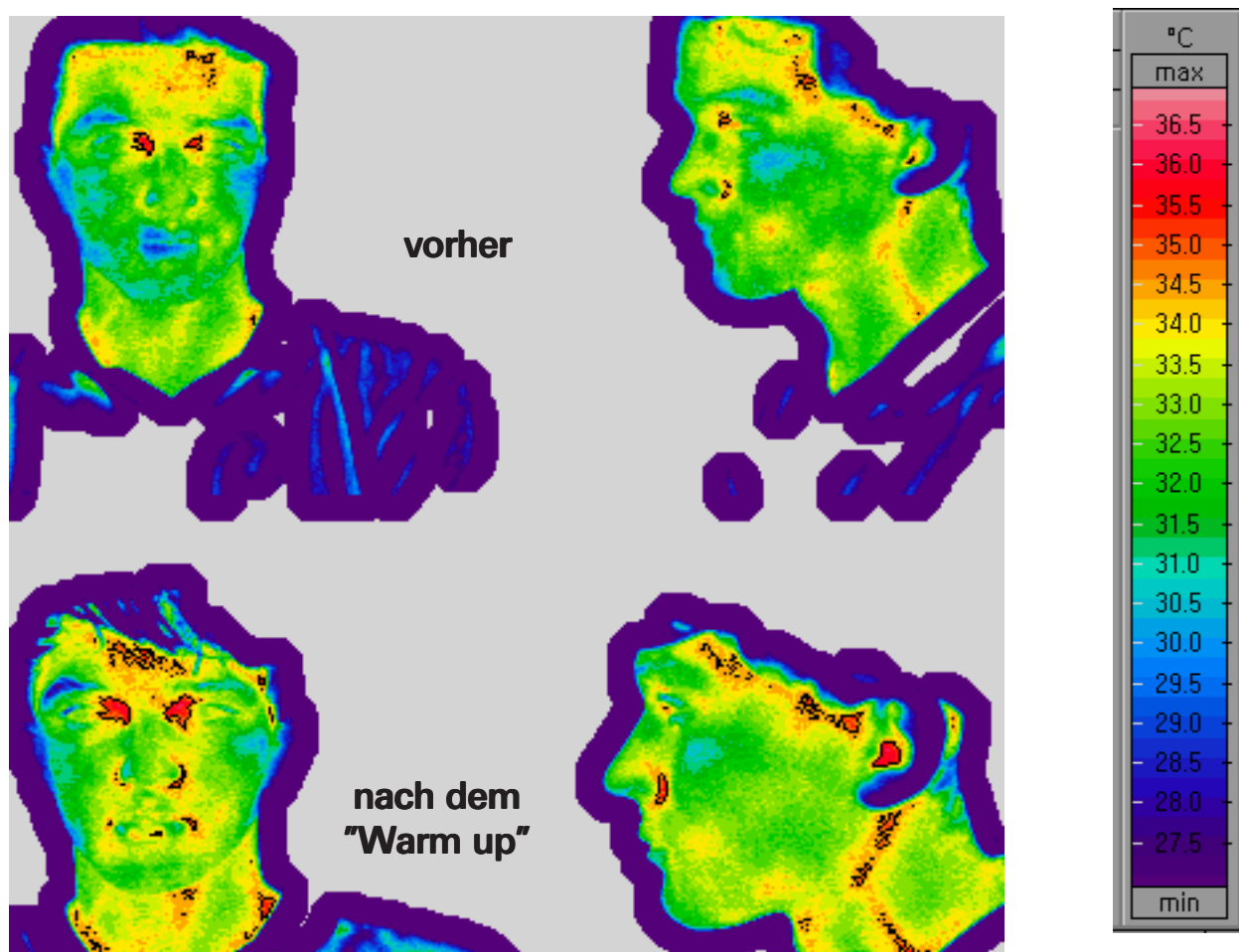
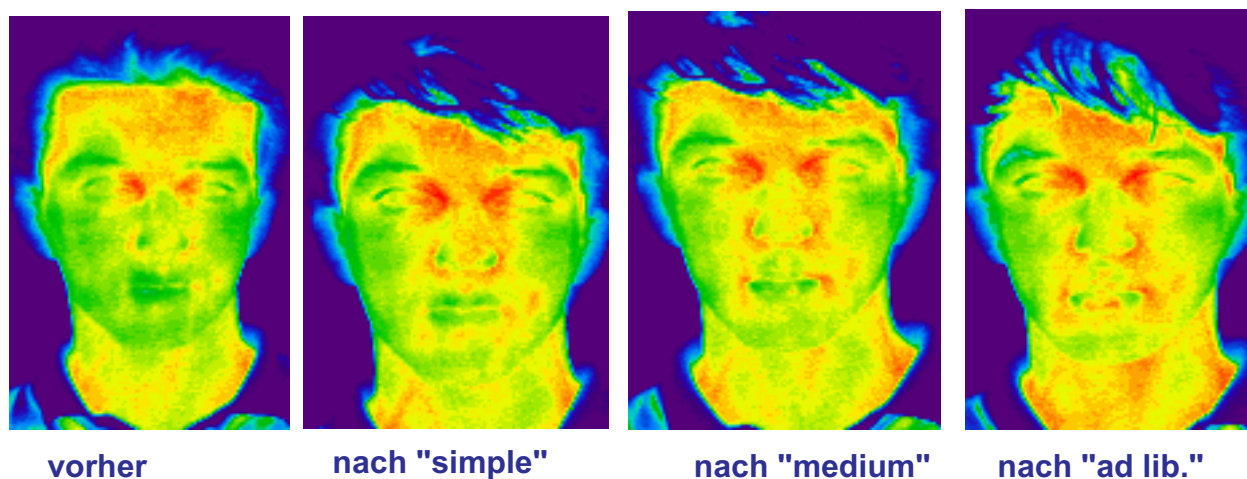


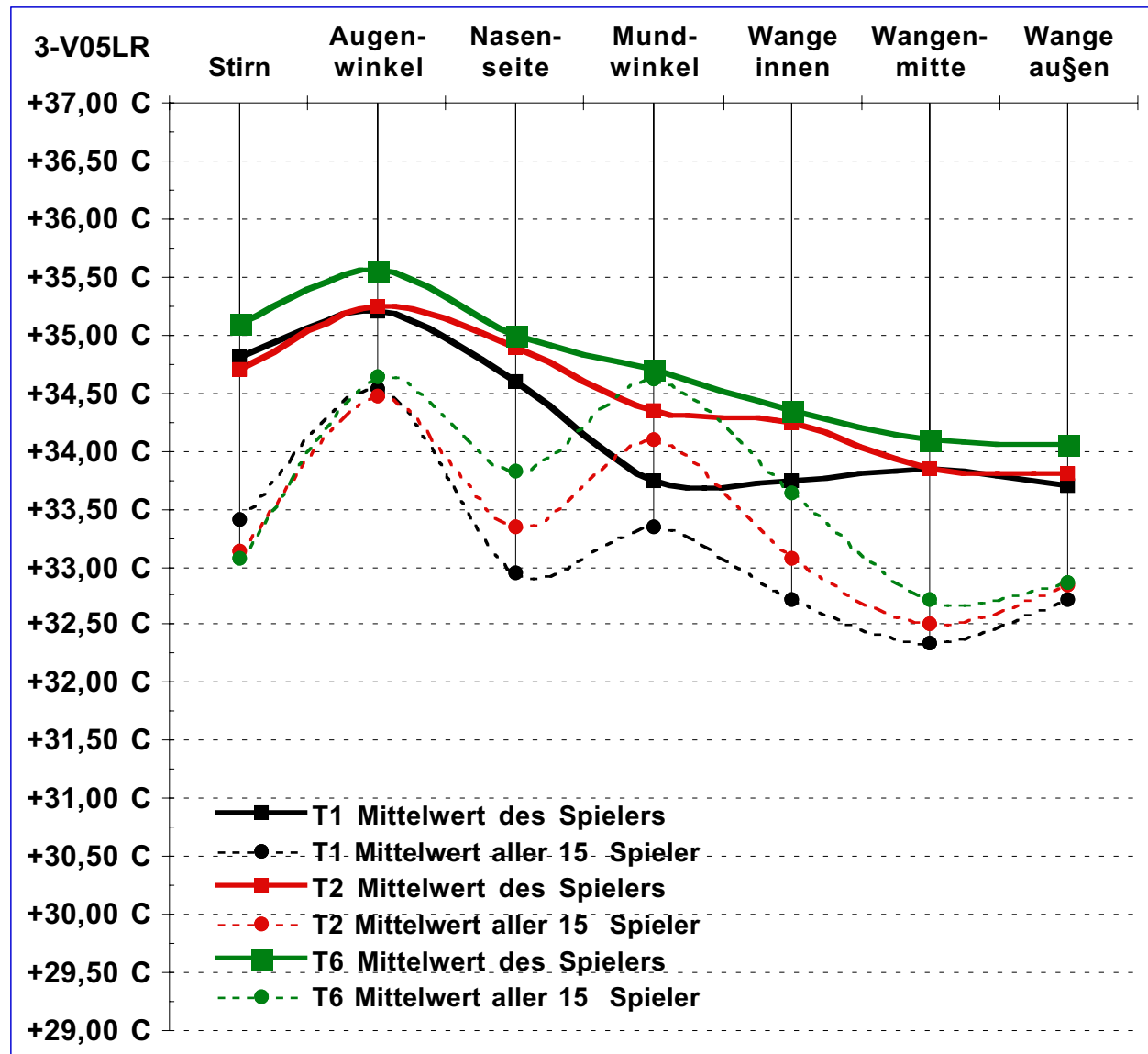
Abb. 39 (oben) : Thermographien zum Zeitpunkt T1 („vorher“ - oben) und zum Zeitpunkt T6 (nach dem 3. „Warm up“ - unten) jeweils frontal und die linke Seite des Spielers. Warme Flächen wurden durch Umrißlinien hervorgehoben. Die absoluten Temperaturwerte können an der rechten Farbskala abgelesen werden.

Abb. 40 (unten) : Frontal aufgenommene Thermographien zu den Zeitpunkten T1 („vorher“) T2 (nach dem ersten „Warm up“ simple) T4 (nach dem zweiten „Warm up“ medium) und T6 („nach dem dritten „Warm up“ ad libitum ohne Zeit und Notenvorgabe). Die Farbskala der Temperaturwerte ist für alle 4 Bilder einheitlich, die absoluten Werte weichen jedoch leicht von der obigen Farbskala ab.



3-V05LR	Stirn	Augen- winkel	Nasen- seite	Mund- winkel	Wange innen	Wangen mitte	
"Vorher" - rechte Seite (T1 dex)	34,8 C	35,3 C	34,5 C	33,6 C	33,6 C	33,9 C	33,6 C
"Vorher" - linke Seite (T1 sin)	34,8 C	35,1 C	34,7 C	33,9 C	33,9 C	33,8 C	33,8 C
"Vorher" Mittelwert aller Spieler (T1 MW)	33,4 C	34,5 C	33,0 C	33,3 C	32,7 C	32,3 C	32,7 C
nach 1. Warm up - rechte Seite (T2 dex)	34,7 C	35,4 C	34,8 C	34,3 C	34,1 C	33,8 C	33,5 C
nach 1. Warm up - linke Seite (T2 sin)	34,7 C	35,1 C	35,0 C	34,4 C	34,4 C	33,9 C	34,1 C
Nach 1 "Warm up"- Mittelwert aller Spieler (T2 MW)	33,1 C	34,5 C	33,3 C	34,1 C	33,1 C	32,5 C	32,8 C
nach 3. Warm up - rechte Seite (T6 dex)	35,1 C	35,5 C	34,9 C	34,6 C	34,2 C	34,1 C	33,9 C
nach 3. Warm up - linke Seite (T6 sin)	35,1 C	35,6 C	35,1 C	34,8 C	34,5 C	34,1 C	34,2 C
Nach 3 "Warm up"- Mittelwert aller Spieler (T6 MW)	33,1 C	34,6 C	33,8 C	34,6 C	33,6 C	32,7 C	32,9 C

Tabelle 7 zeigt die Temperaturwerte des Spielers zu den Zeitpunkten T1, T2 und T6 an den 13 Messflächen (sin: links; dex: rechts) im Vergleich zu den Mittelwerten von allen 15 Spielern. In Abbildung 41 werden die Mittelwerte in einer Grafik gegenübergestellt.



Die Maxima - Minima Verteilung der gemessenen Temperaturwerte des Studenten V05LR¹ entspricht in der Tendenz dem typischen Kurvenverlauf aller Versuchspersonen im Mittelwert. Die größte Temperaturänderung wurde an den Mundwinkeln gemessen, obwohl bei diesem Spieler auch eine markante Erwärmung an den Augenwinkeln zu erkennen ist. Die Erwärmung an den Mundwinkeln betrug ca. 1,1 Grad Celsius. Die Werte und Bilder belegen eine fast symmetrische Erwärmung der rechten und linken Seite.

¹ Die Werte für den Zeitpunkt T2 fehlen aufgrund eines PC-Absturzes. Die Angabe T2 bezieht sich auf die Werte bei T3.

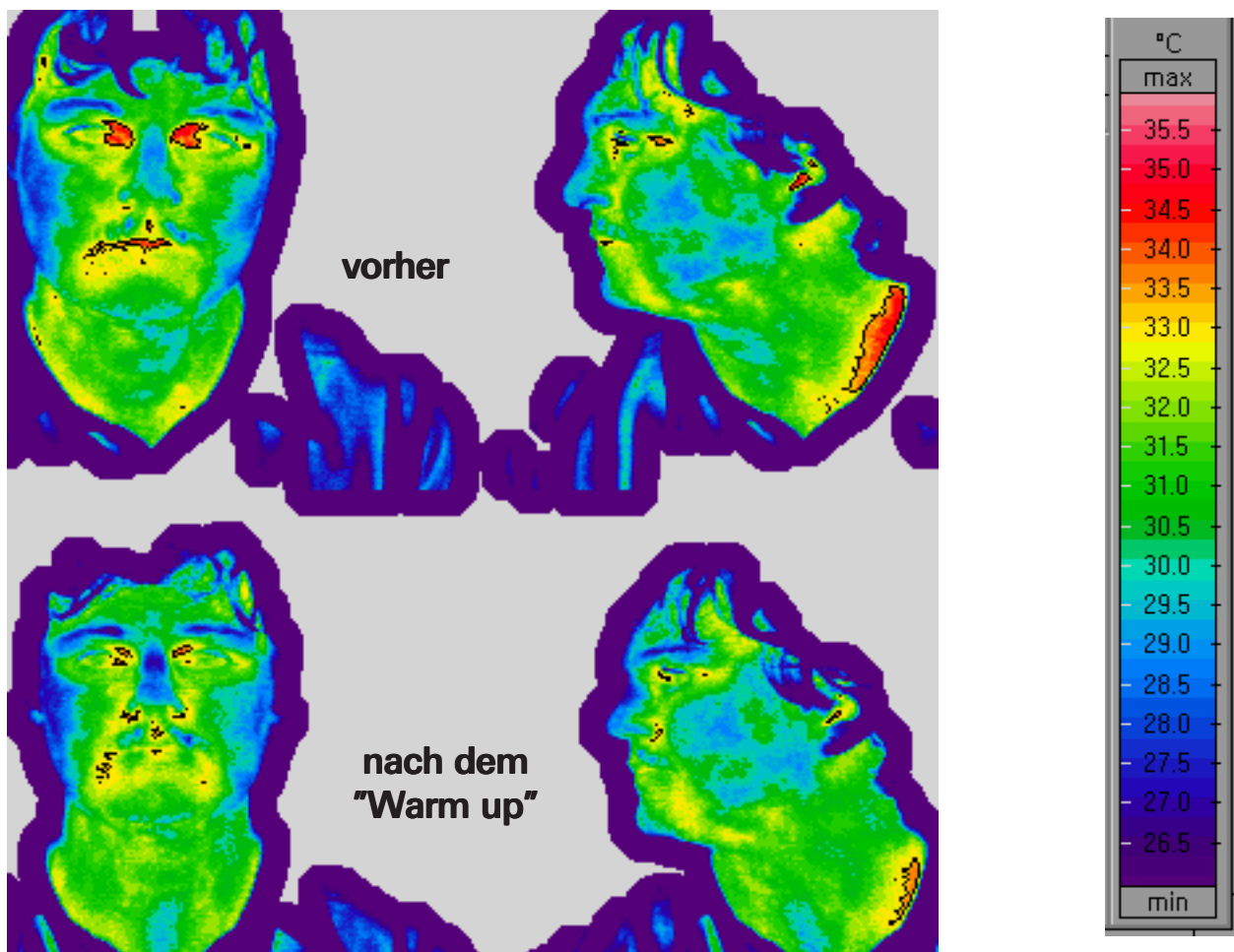
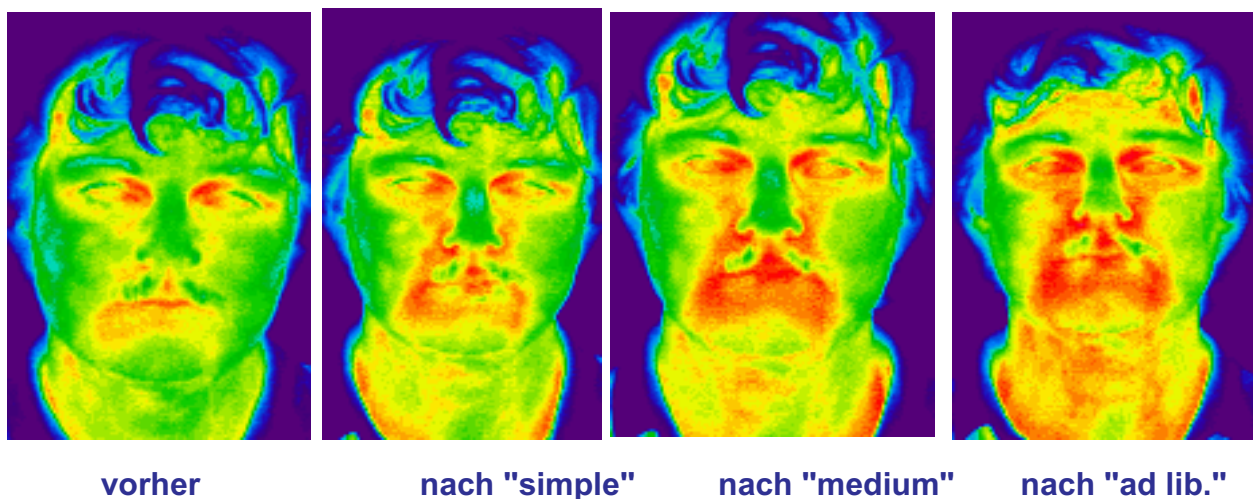


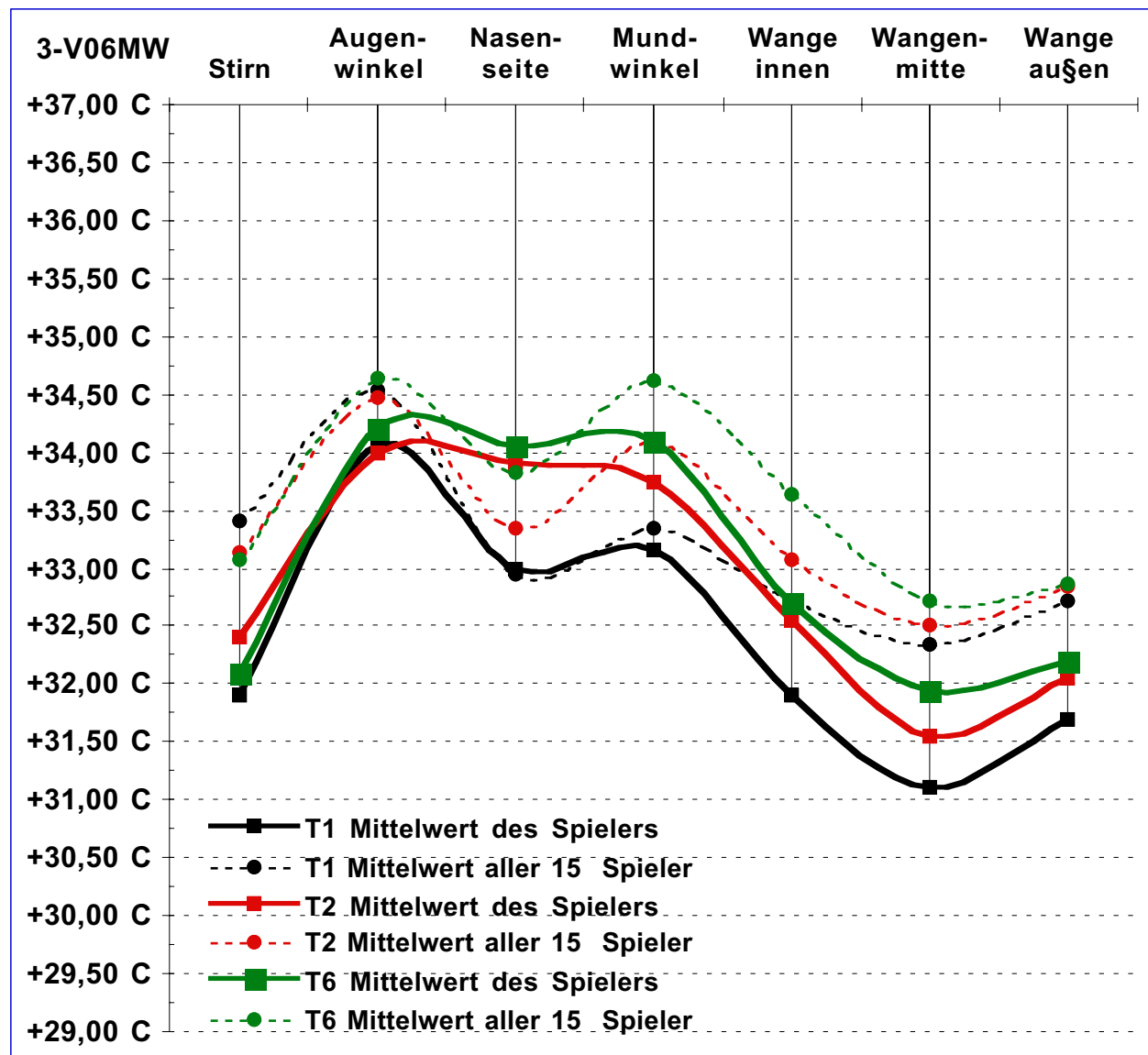
Abb. 42 (oben) : Thermographien zum Zeitpunkt T1 („vorher“ - oben) und zum Zeitpunkt T6 (nach dem 3. „Warm up“ - unten) jeweils frontal und die linke Seite des Spielers. Warme Flächen wurden durch Umrißlinien hervorgehoben. Die absoluten Temperaturwerte können an der rechten Farbskala abgelesen werden.

Abb. 43 (unten) : Frontal aufgenommene Thermographien zu den Zeitpunkten T1 („vorher“) T2 (nach dem ersten „Warm up“ simple) T4 (nach dem zweiten „Warm up“ medium) und T6 („nach dem dritten „Warm up“ ad libitum ohne Zeit und Notenvorgabe). Die Farbskala der Temperaturwerte ist für alle 4 Bilder einheitlich, die absoluten Werte weichen jedoch leicht von der obigen Farbskala ab.



3-V06MW	Stirn	Augen- winkel	Nasen- seite	Mund- winkel	Wange innen	Wangen mitte	
"Vorher" - rechte Seite (T1 dex)	3 1,9 C	3 4,0 C	3 3,3 C	3 3,4 C	3 2,0 C	3 0,9 C	3 1,8 C
"Vorher" - linke Seite (T1 sin)	3 1,9 C	3 4,1 C	3 2,7 C	3 2,9 C	3 1,8 C	3 1,3 C	3 1,6 C
"Vorher" Mittelwert aller Spieler (T1 MW)	3 3,4 C	3 4,5 C	3 3,0 C	3 3,3 C	3 2,7 C	3 2,3 C	3 2,7 C
nach 1. Warm up - rechte Seite (T2 dex)	3 2,4 C	3 4,0 C	3 4,0 C	3 4,0 C	3 2,5 C	3 1,4 C	3 2,3 C
nach 1. Warm up - linke Seite (T2 sin)	3 2,4 C	3 4,0 C	3 3,8 C	3 3,5 C	3 2,6 C	3 1,7 C	3 1,8 C
Nach 1 "Warm up"- Mittelwert aller Spieler (T2 MW)	3 3,1 C	3 4,5 C	3 3,3 C	3 4,1 C	3 3,1 C	3 2,5 C	3 2,8 C
nach 3. Warm up - rechte Seite (T6 dex)	3 2,1 C	3 4,2 C	3 4,1 C	3 4,3 C	3 2,7 C	3 2,0 C	3 2,5 C
nach 3. Warm up - linke Seite (T6 sin)	3 2,1 C	3 4,2 C	3 4,0 C	3 3,9 C	3 2,7 C	3 1,9 C	3 1,9 C
Nach 3 "Warm up"- Mittelwert aller Spieler (T6 MW)	3 3,1 C	3 4,6 C	3 3,8 C	3 4,6 C	3 3,6 C	3 2,7 C	3 2,9 C

Tabelle 8 zeigt die Temperaturwerte des Spielers zu den Zeitpunkten T1, T2 und T6 an den 13 Messflächen (sin: links; dex: rechts) im Vergleich zu den Mittelwerten von allen 15 Spielern. In Abbildung 44 werden die Mittelwerte in einer Grafik gegenübergestellt.



Die Maxima - Minima Verteilung der gemessenen Temperaturwerte des Studenten V06MW¹ entspricht dem typischen Kurvenverlauf aller Versuchspersonen im Mittelwert. Abweichend ist die starke Erwärmung der Nasenseite bereits zum Zeitpunkt T2. Die größte Temperaturänderung wurde an den Mundwinkeln gemessen Sie betrug ca. 1,0° Celsius. Die Werte und Bilder zeigen eine leichte asymmetrische Erwärmung. Die rechte Seite ist etwas wärmer. Klar erkennbar ist die relative Blutumverteilung in die zentralen Gesichtspartien bzw. Muskelgruppen.

¹Aufgrund von starker Schweißbildung der Versuchsperson wurde der Zeitpunkt T6 statt T4 zur Analyse herangezogen. Die Standardangabe T6 in den Abbildungen bezieht sich daher auf die Werte zum Zeitpunkt T4.

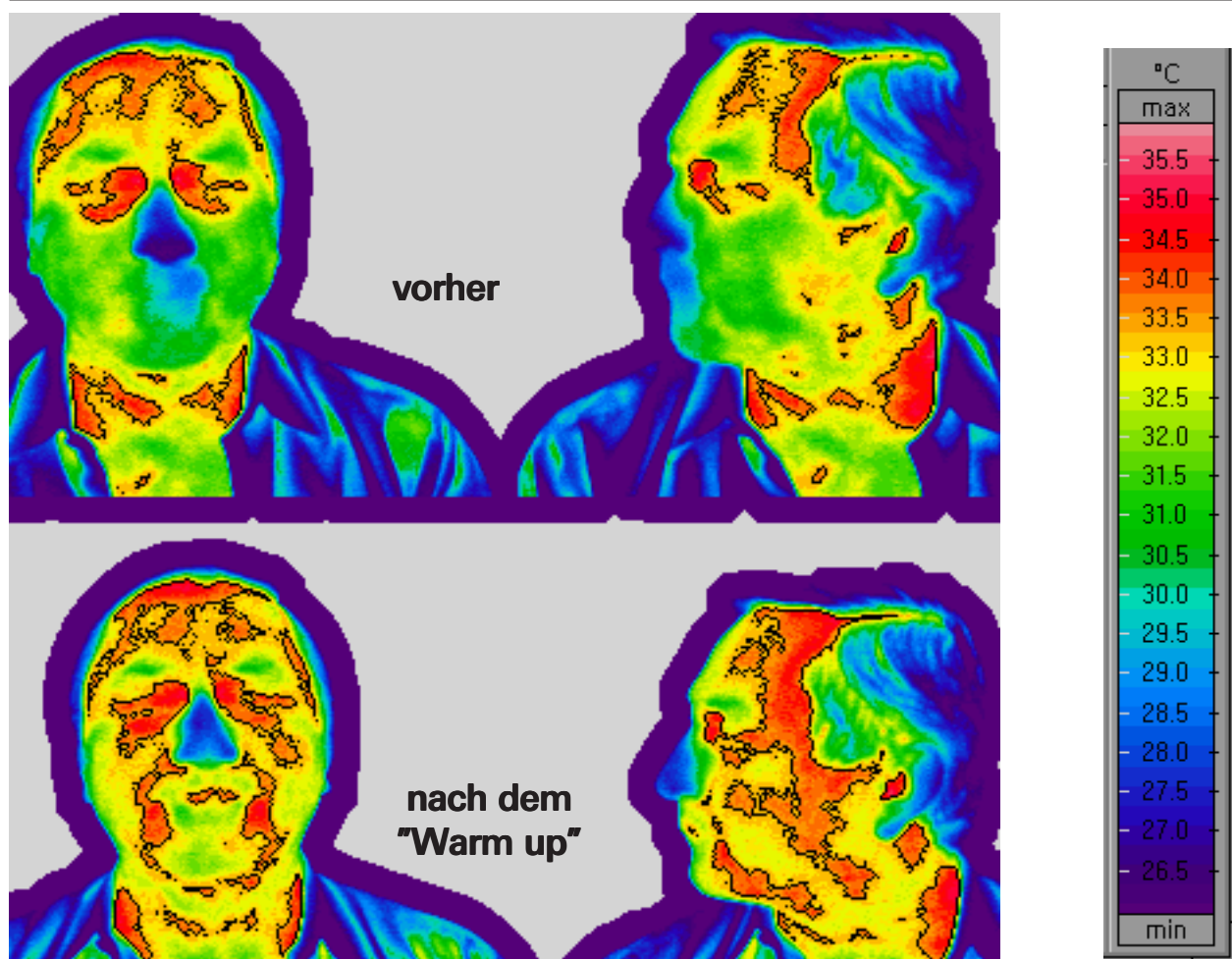
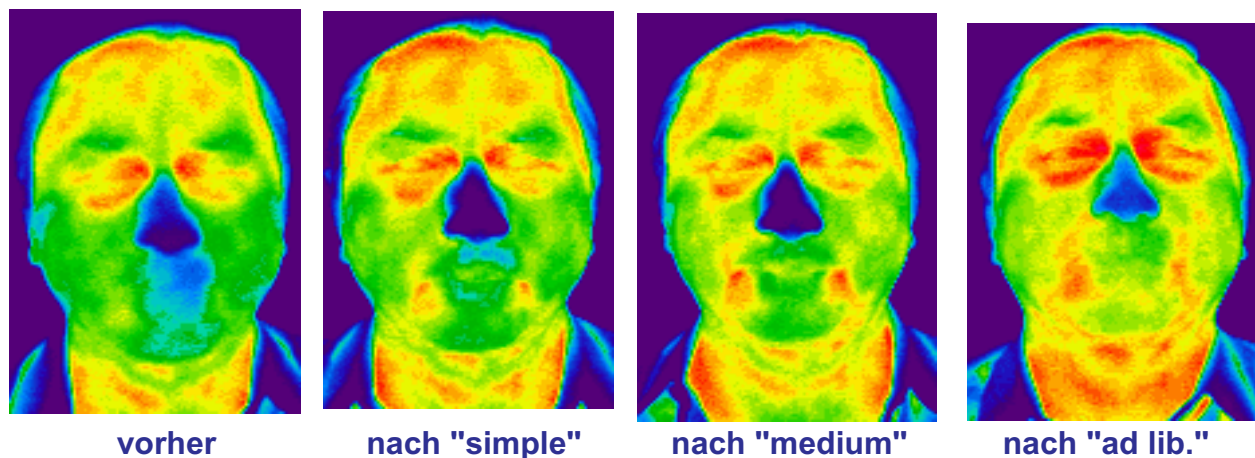


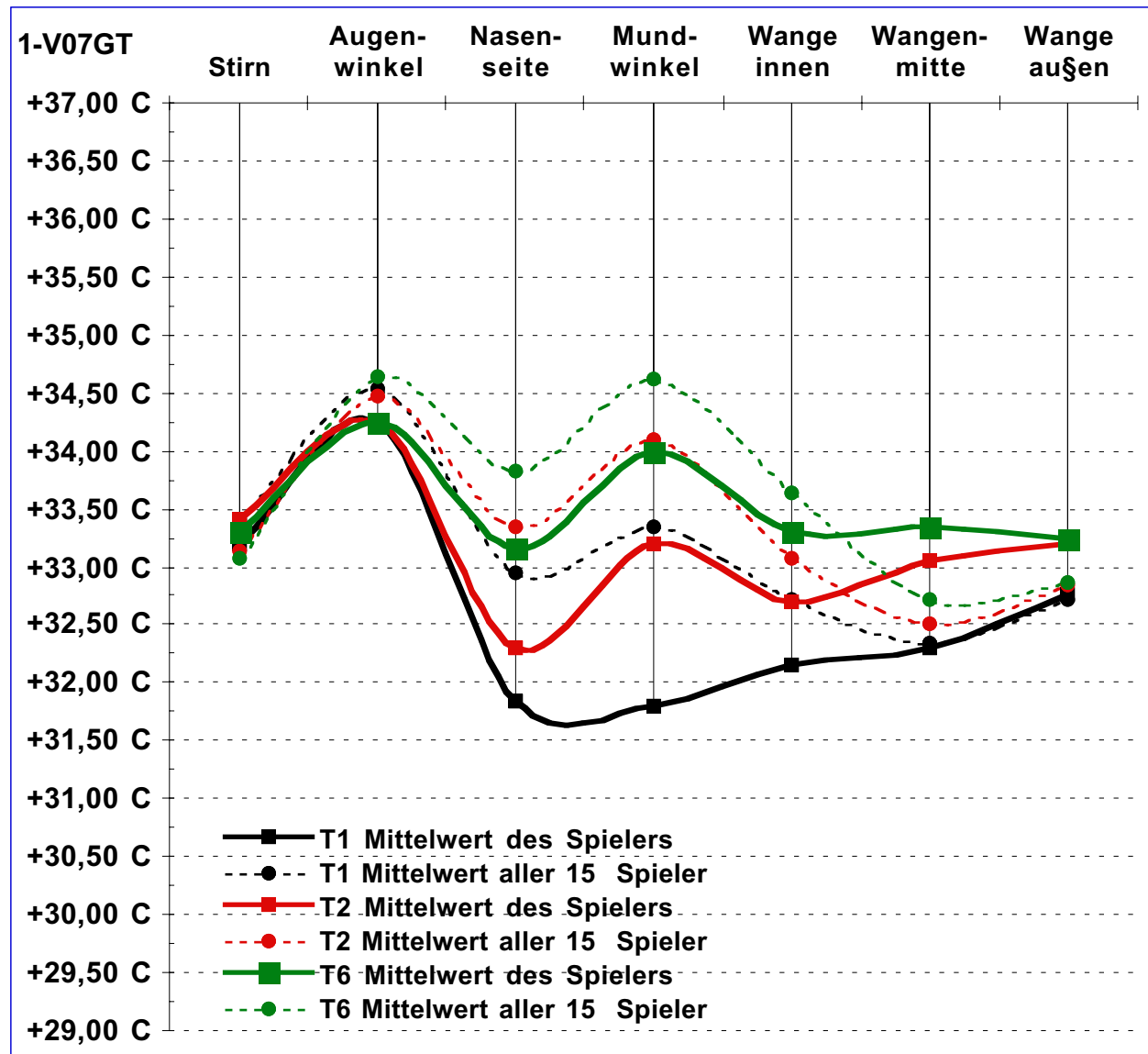
Abb. 45 (oben) : Thermographien zum Zeitpunkt T1 („vorher“ - oben) und zum Zeitpunkt T6 (nach dem 3. „Warm up“ - unten) jeweils frontal und die linke Seite des Spielers. Warme Flächen wurden durch Umrißlinien hervorgehoben. Die absoluten Temperaturwerte können an der rechten Farbskala abgelesen werden.

Abb. 46 (unten) : Frontal aufgenommene Thermographien zu den Zeitpunkten T1 („vorher“) T2 (nach dem ersten „Warm up“ simple) T4 (nach dem zweiten „Warm up“ medium) und T6 („nach dem dritten „Warm up“ ad libitum ohne Zeit und Notenvorgabe). Die Farbskala der Temperaturwerte ist für alle 4 Bilder einheitlich, die absoluten Werte weichen jedoch leicht von der obigen Farbskala ab.



1-V07GT	Stirn	Augen- winkel	Nasen- seite	Mund- winkel	Wange innen	Wangen mitte	
"Vorher" - rechte Seite (T1 dex)	33,2 C	34,3 C	32,0 C	31,9 C	32,3 C	32,0 C	32,8 C
"Vorher" - linke Seite (T1 sin)	33,2 C	34,2 C	31,7 C	31,7 C	32,0 C	32,6 C	32,7 C
"Vorher" Mittelwert aller Spieler (T1 MW)	33,4 C	34,5 C	33,0 C	33,3 C	32,7 C	32,3 C	32,7 C
nach 1. Warm up - rechte Seite (T2 dex)	33,4 C	34,3 C	32,5 C	33,4 C	33,0 C	32,7 C	33,2 C
nach 1. Warm up - linke Seite (T2 sin)	33,4 C	34,2 C	32,1 C	33,0 C	32,4 C	33,4 C	33,2 C
Nach 1 "Warm up"- Mittelwert aller Spieler (T2 MW)	33,1 C	34,5 C	33,3 C	34,1 C	33,1 C	32,5 C	32,8 C
nach 3. Warm up - rechte Seite (T6 dex)	33,3 C	34,3 C	33,1 C	33,9 C	33,4 C	33,1 C	33,3 C
nach 3. Warm up - linke Seite (T6 sin)	33,3 C	34,2 C	33,2 C	34,1 C	33,2 C	33,6 C	33,2 C
Nach 3 "Warm up"- Mittelwert aller Spieler (T6 MW)	33,1 C	34,6 C	33,8 C	34,6 C	33,6 C	32,7 C	32,9 C

Tabelle 9 zeigt die Temperaturwerte des Spielers zu den Zeitpunkten T1, T2 und T6 an den 13 Messflächen (sin: links; dex: rechts) im Vergleich zu den Mittelwerten von allen 15 Spielern. In Abbildung 47 werden die Mittelwerte in einer Grafik gegenübergestellt.



Die Maxima - Minima Verteilung der gemessenen Temperaturwerte des Profis V07GT entspricht in der Tendenz dem typischen Kurvenverlauf aller Versuchspersonen im Mittelwert. Auffallend ist die starke Erwärmung an den Mundwinkeln und der Nasenseite sowie die kalt hervorstechende Nase (-beim Zeitpunkt T1 27,5°; bei T6 29,1°). Die größte Temperaturänderung wurde an den Mundwinkeln gemessen. Sie betrug ca. 2,1 Grad Celsius. Im Gegensatz zu den meisten anderen - vor allem professionellen - Spielern hat sich bei ihm auch die Wangenseite erwärmt. Die Werte und Bilder belegen eine fast symmetrische Erwärmung der rechten und linken Seite.

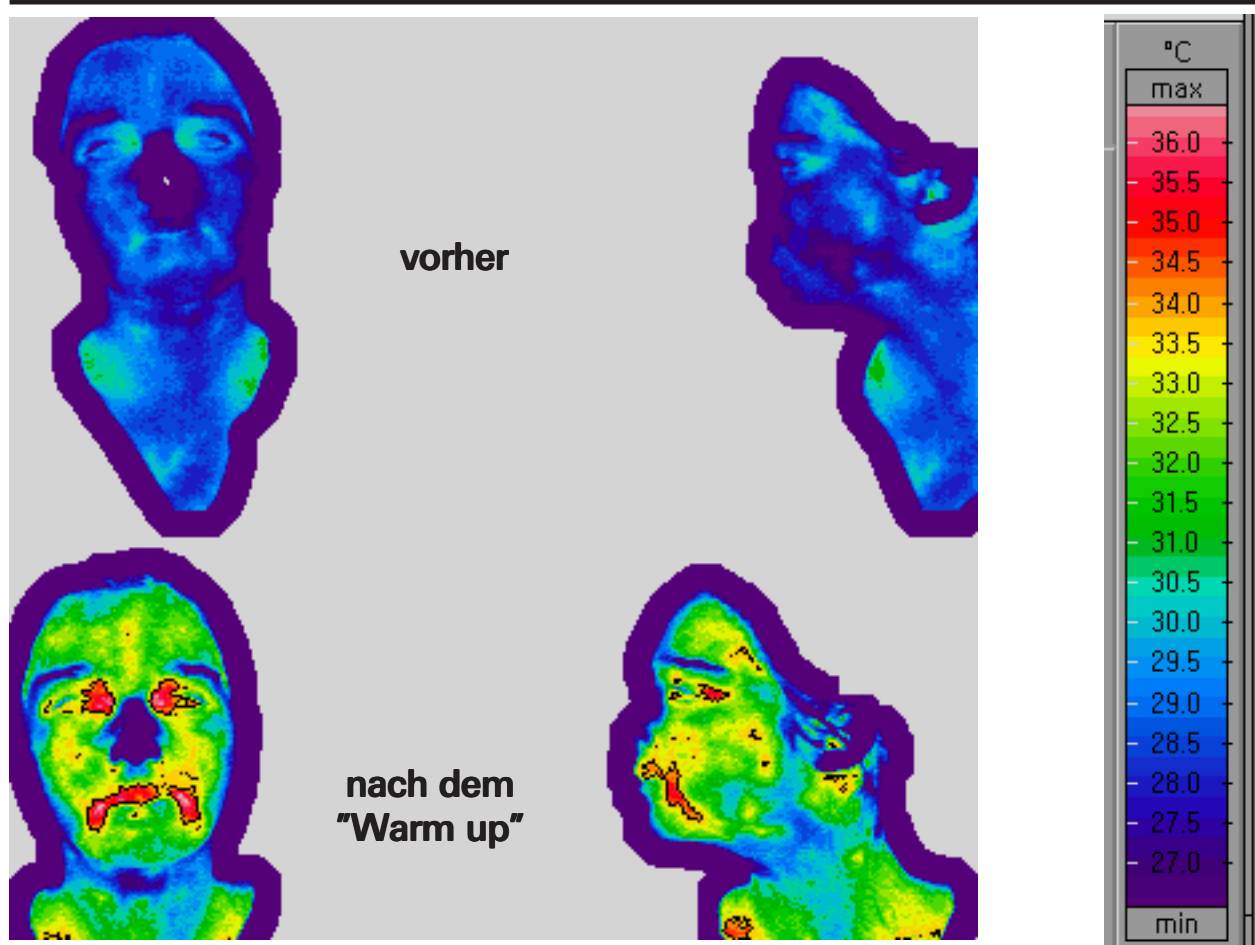
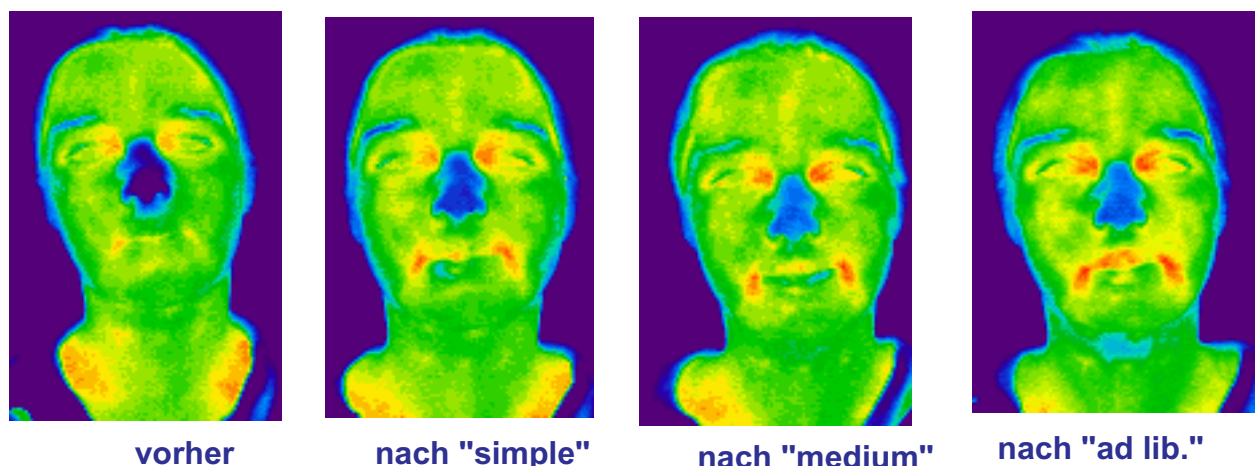


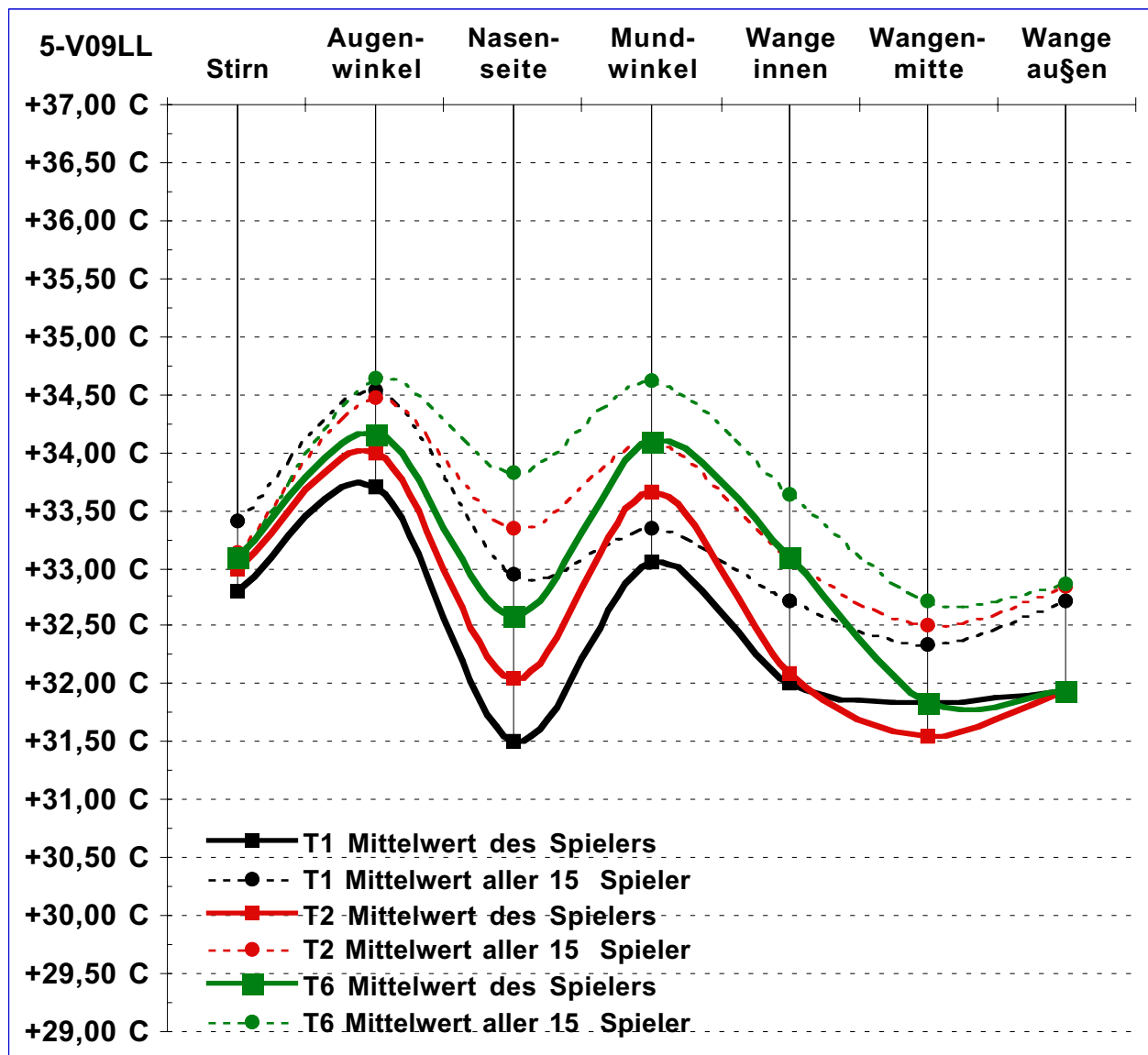
Abb. 48 (oben) : Thermographien zum Zeitpunkt T1 („vorher“ - oben) und zum Zeitpunkt T6 (nach dem 3. „Warm up“ - unten) jeweils frontal und die linke Seite des Spielers. Warme Flächen wurden durch Umrißlinien hervorgehoben. Die absoluten Temperaturwerte können an der rechten Farbskala abgelesen werden.

Abb. 49 (unten) : Frontal aufgenommene Thermographien zu den Zeitpunkten T1 („vorher“) T2 (nach dem ersten „Warm up“ simple) T4 (nach dem zweiten „Warm up“ medium) und T6 („nach dem dritten „Warm up“ ad libitum ohne Zeit und Notenvorgabe). Die Farbskala der Temperaturwerte ist für alle 4 Bilder einheitlich, die absoluten Werte weichen jedoch leicht von der obigen Farbskala ab.



5-V09LL	Stirn	Augen- winkel	Nasen- seite	Mund- winkel	Wange innen	Wangen mitte	
"Vorher" - rechte Seite (T1 dex)	3 2,8 C	3 3,7 C	3 2,0 C	3 3,4 C	3 2,4 C	3 1,7 C	3 1,8 C
"Vorher" - linke Seite (T1 sin)	3 2,8 C	3 3,7 C	3 1,0 C	3 2,7 C	3 1,6 C	3 2,0 C	3 2,1 C
"Vorher" Mittelwert aller Spieler (T1 MW)	3 3,4 C	3 4,5 C	3 3,0 C	3 3,3 C	3 2,7 C	3 2,3 C	3 2,7 C
nach 1. Warm up - rechte Seite (T2 dex)	3 3,0 C	3 3,9 C	3 2,4 C	3 3,9 C	3 2,7 C	3 1,1 C	3 2,0 C
nach 1. Warm up - linke Seite (T2 sin)	3 3,0 C	3 4,1 C	3 1,7 C	3 3,4 C	3 1,5 C	3 2,0 C	3 1,9 C
Nach 1 "Warm up"- Mittelwert aller Spieler (T2 MW)	3 3,1 C	3 4,5 C	3 3,3 C	3 4,1 C	3 3,1 C	3 2,5 C	3 2,8 C
nach 3. Warm up - rechte Seite (T6 dex)	3 3,1 C	3 4,1 C	3 2,7 C	3 4,0 C	3 3,2 C	3 1,5 C	3 1,9 C
nach 3. Warm up - linke Seite (T6 sin)	3 3,1 C	3 4,2 C	3 2,5 C	3 4,2 C	3 3,0 C	3 2,2 C	3 2,0 C
Nach 3 "Warm up"- Mittelwert aller Spieler (T6 MW)	3 3,1 C	3 4,6 C	3 3,8 C	3 4,6 C	3 3,6 C	3 2,7 C	3 2,9 C

Tabelle 10 zeigt die Temperaturwerte des Spielers zu den Zeitpunkten T1, T2 und T6 an den 13 Messflächen (sin: links; dex: rechts) im Vergleich zu den Mittelwerten von allen 15 Spielern. In Abbildung 50 werden die Mittelwerte in einer Grafik gegenübergestellt.



Die Maxima - Minima Verteilung der gemessenen Temperaturwerte der Schülerin V09LL entspricht in besonders ausgeprägter Art dem typischen Kurvenverlauf aller Versuchspersonen im Mittelwert. Auffallend ist die dominierende Erwärmung der Mundwinkel und der Nasenseiten, die jedoch auf der linken Seite deutlich stärker ist als auf der rechten. Der Anstieg betrug links ca. 1,5° und rechts nur 0,7° Celsius. Diese Asymmetrie kann auch auf den Thermobildern beobachtet werden.

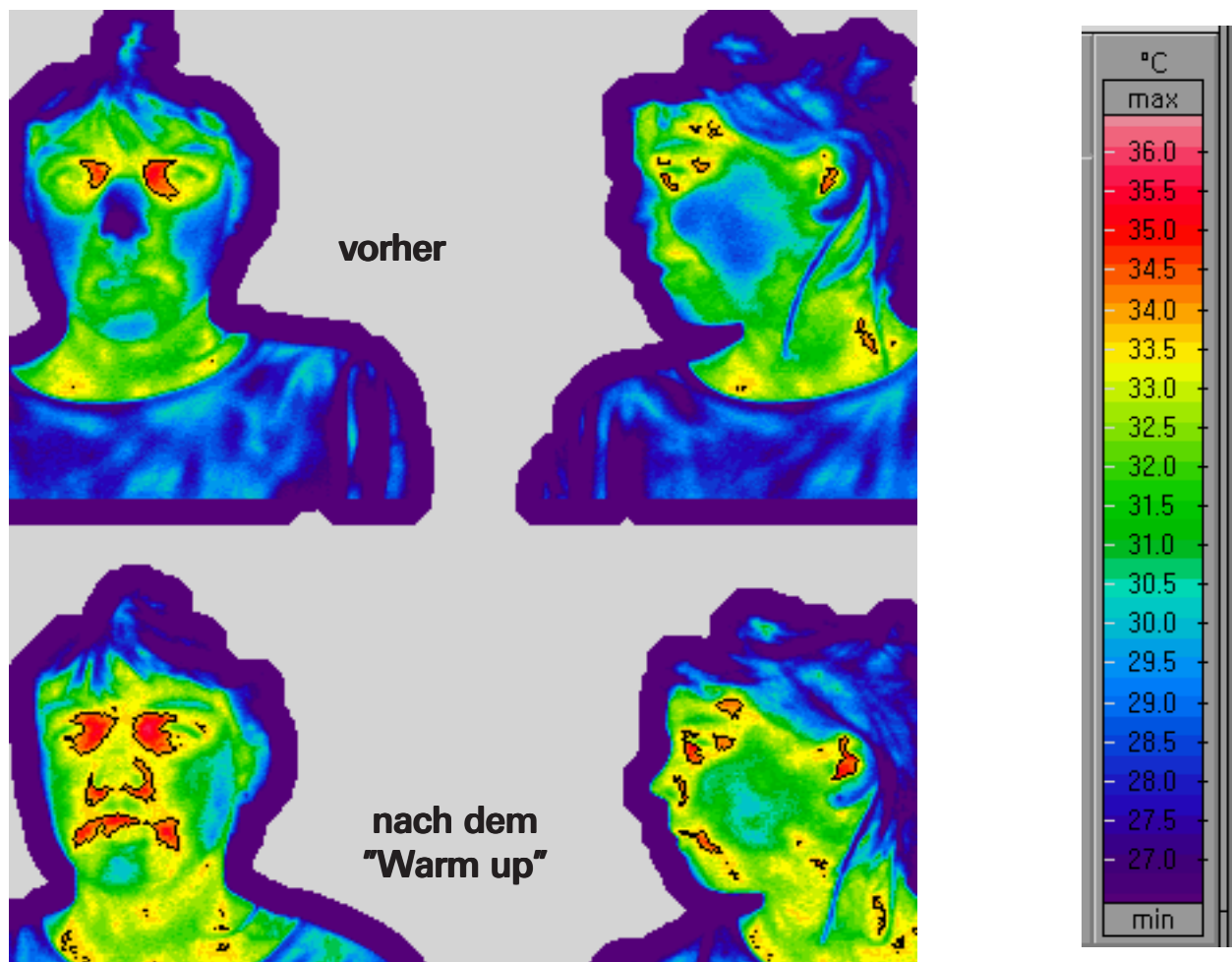
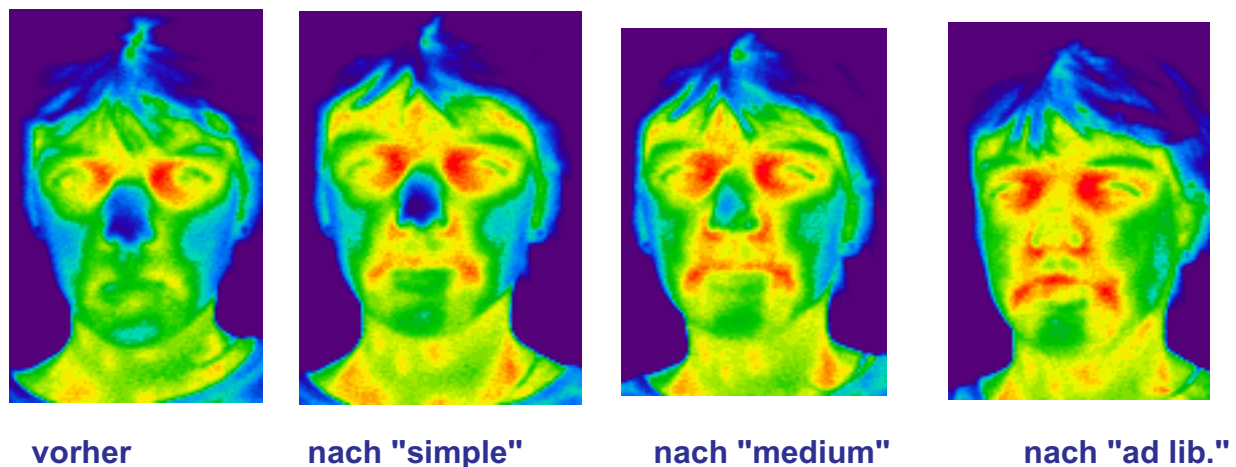


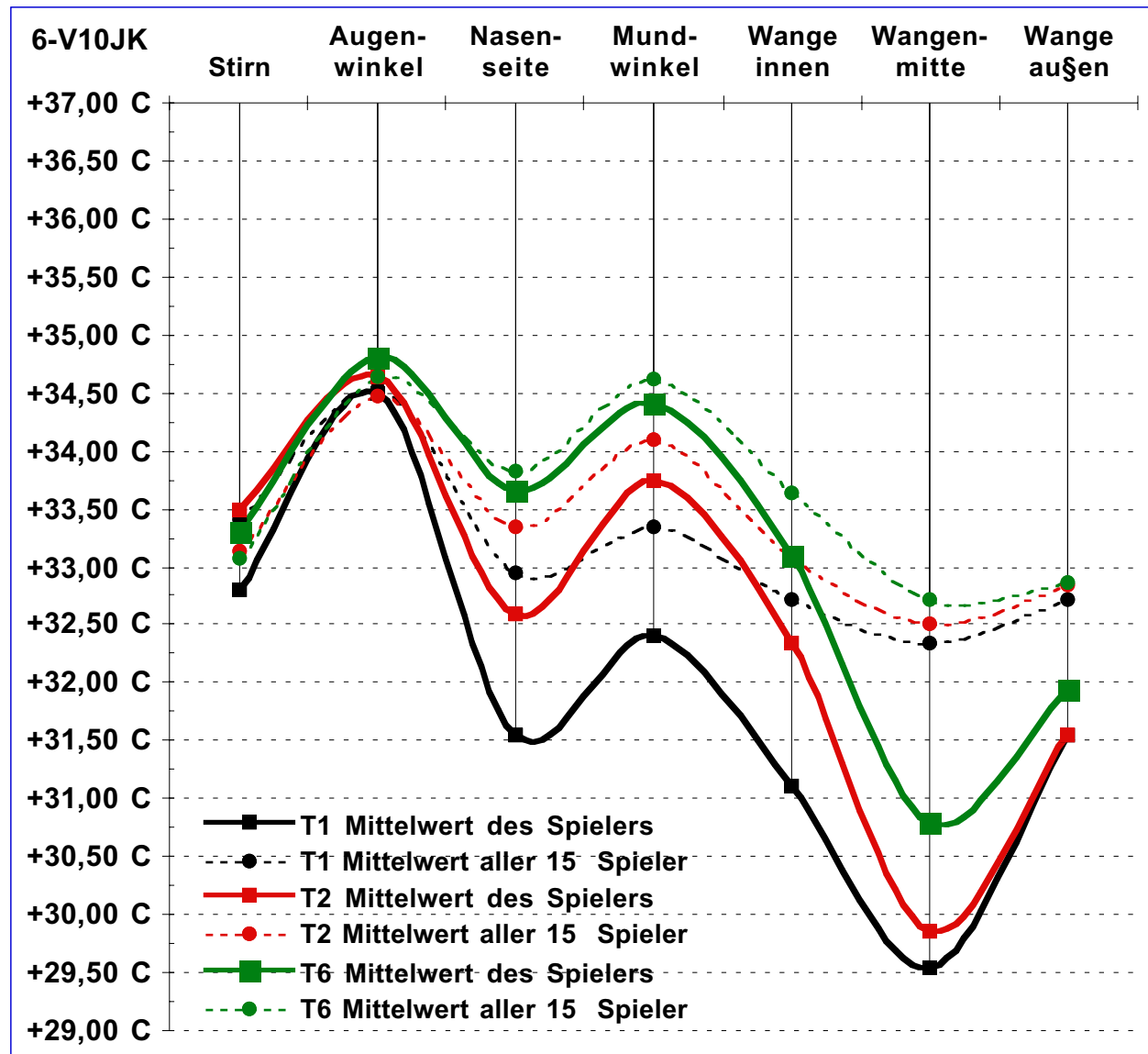
Abb. 51 (oben) : Thermographien zum Zeitpunkt T1 („vorher“ - oben) und zum Zeitpunkt T6 (nach dem 3. „Warm up“ - unten) jeweils frontal und die linke Seite des Spielers. Warme Flächen wurden durch Umrißlinien hervorgehoben. Die absoluten Temperaturwerte können an der rechten Farbskala abgelesen werden.

Abb. 52 (unten) : Frontal aufgenommene Thermographien zu den Zeitpunkten T1 („vorher“) T2 (nach dem ersten „Warm up“ simple) T4 (nach dem zweiten „Warm up“ medium) und T6 („nach dem dritten „Warm up“ ad libitum ohne Zeit und Notenvorgabe). Die Farbskala der Temperaturwerte ist für alle 4 Bilder einheitlich, die absoluten Werte weichen jedoch leicht von der obigen Farbskala ab.



6-V10JK	Stirn	Augen- winkel	Nasen- seite	Mund- winkel	Wange innen	Wangen mitte	
"Vorher" - rechte Seite (T1 dex)	3 2,8 C	3 4,3 C	3 1,2 C	3 2,3 C	3 0,9 C	2 9,4 C	3 1,3 C
"Vorher" - linke Seite (T1 sin)	3 2,8 C	3 4,7 C	3 1,9 C	3 2,5 C	3 1,3 C	2 9,7 C	3 1,8 C
"Vorher" Mittelwert aller Spieler (T1 MW)	3 3,4 C	3 4,5 C	3 3,0 C	3 3,3 C	3 2,7 C	3 2,3 C	3 2,7 C
nach 1. Warm up - rechte Seite (T2 dex)	3 3,5 C	3 4,6 C	3 2,1 C	3 3,5 C	3 2,2 C	2 9,7 C	3 1,4 C
nach 1. Warm up - linke Seite (T2 sin)	3 3,5 C	3 4,7 C	3 3,1 C	3 4,0 C	3 2,5 C	3 0,0 C	3 1,7 C
Nach 1 "Warm up"- Mittelwert aller Spieler (T2 MW)	3 3,1 C	3 4,5 C	3 3,3 C	3 4,1 C	3 3,1 C	3 2,5 C	3 2,8 C
nach 3. Warm up - rechte Seite (T6 dex)	3 3,3 C	3 4,8 C	3 3,8 C	3 4,3 C	3 3,2 C	3 0,4 C	3 1,9 C
nach 3. Warm up - linke Seite (T6 sin)	3 3,3 C	3 4,8 C	3 3,5 C	3 4,5 C	3 3,0 C	3 1,2 C	3 2,0 C
Nach 3 "Warm up"- Mittelwert aller Spieler (T6 MW)	3 3,1 C	3 4,6 C	3 3,8 C	3 4,6 C	3 3,6 C	3 2,7 C	3 2,9 C

Tabelle 11 zeigt die Temperaturwerte des Spielers zu den Zeitpunkten T1, T2 und T6 an den 13 Messflächen (sin: links; dex: rechts) im Vergleich zu den Mittelwerten von allen 15 Spielern. In Abbildung 53 werden die Mittelwerte in einer Grafik gegenübergestellt.



Die Maxima - Minima Verteilung der gemessenen Temperaturwerte der Schülerin V10JK folgt in der Tendenz dem typischen Kurvenverlauf aller Versuchspersonen im Mittelwert. Auffallend sind die besonders kühlen Wangen der Spielerin, die sich im Laufe des „Warm up“ aber deutlich erwärmten. Die größte Temperaturänderung wurde an den Mundwinkeln und an den Nasenseiten gemessen. Sie betrug ca. 2,0° Celsius. Die Werte und Bilder belegen eine fast symmetrische Erwärmung der rechten und linken Seite.

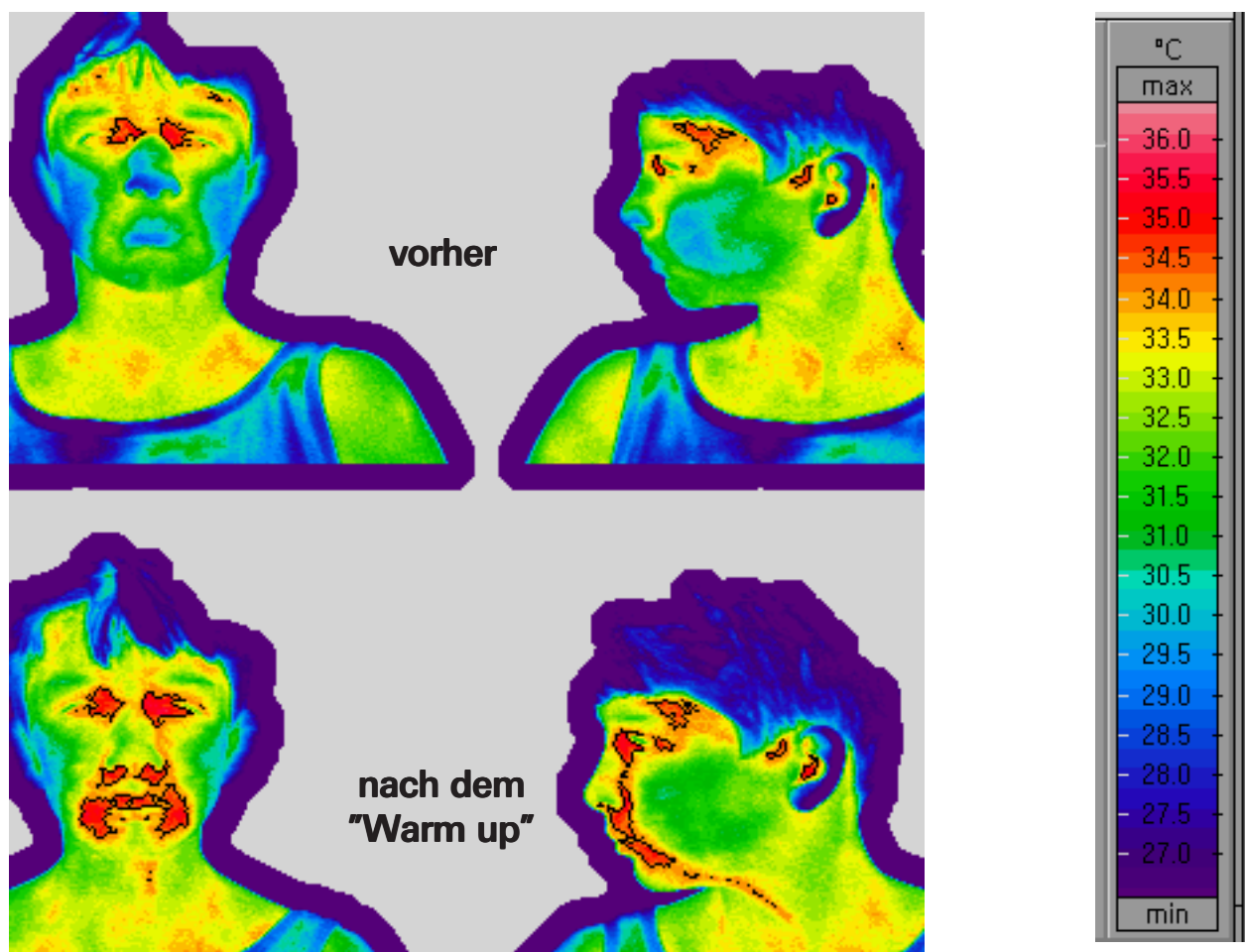
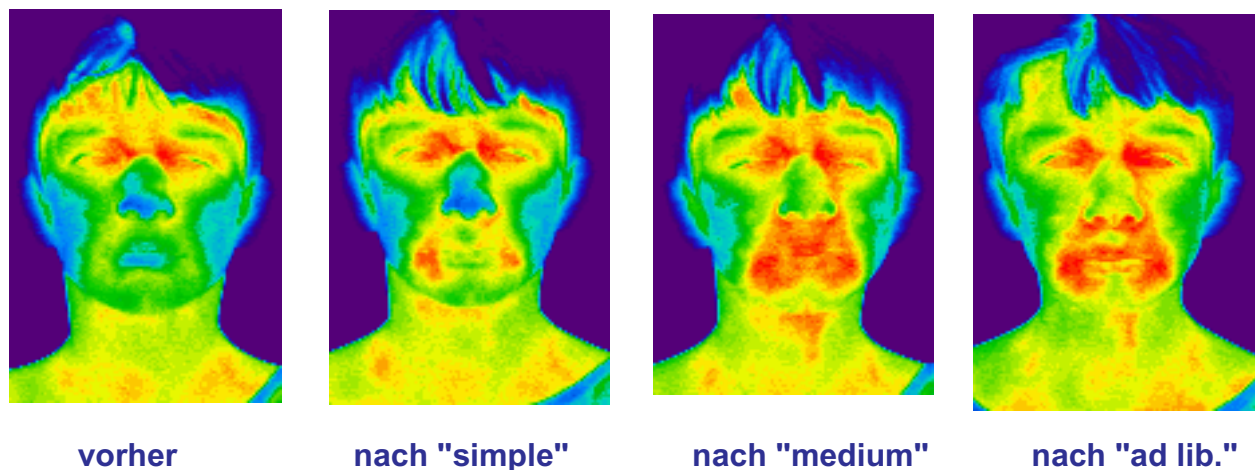


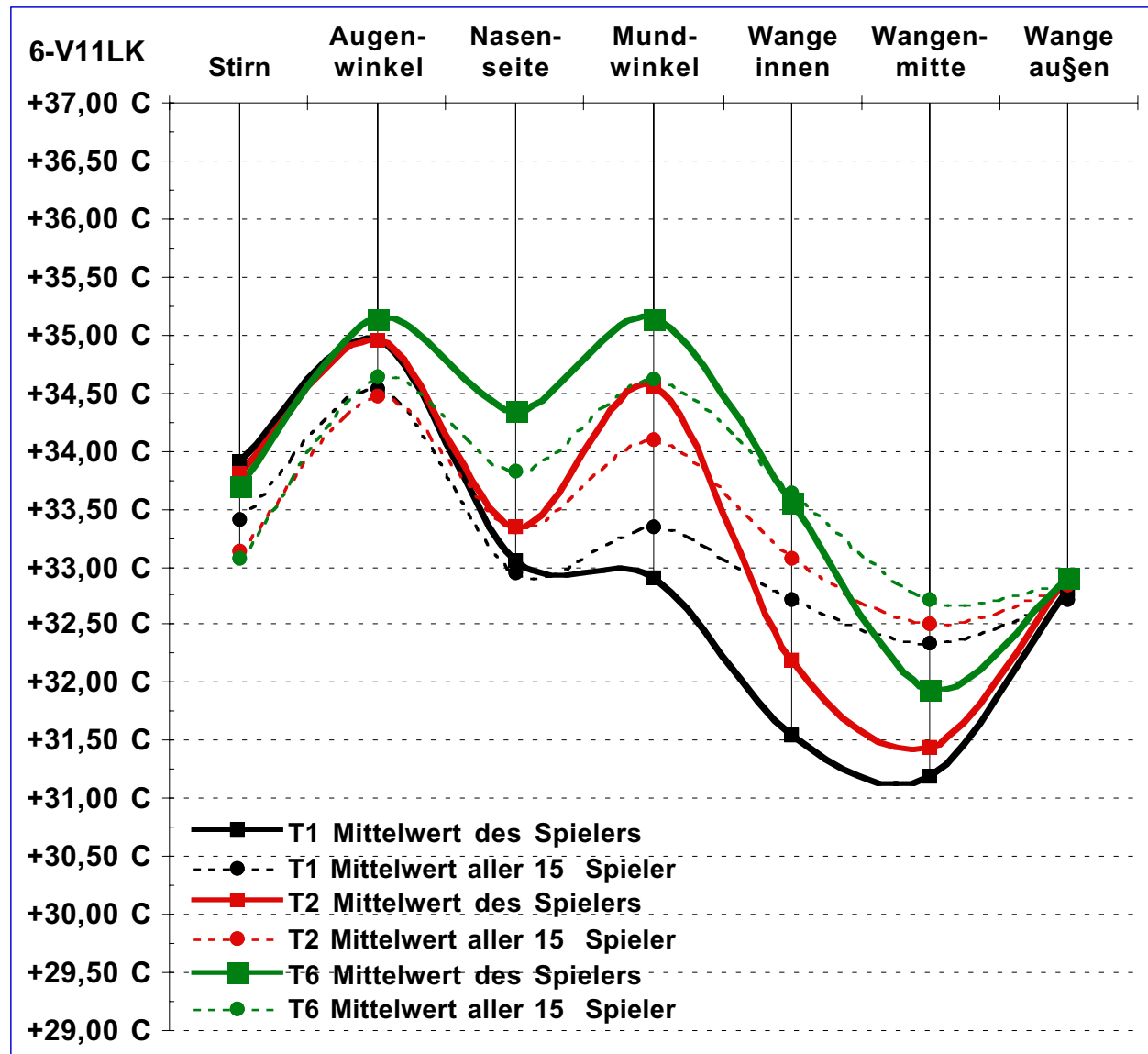
Abb. 54 (oben) : Thermographien zum Zeitpunkt T1 („vorher“ - oben) und zum Zeitpunkt T6 (nach dem 3. „Warm up“ - unten) jeweils frontal und die linke Seite des Spielers. Warme Flächen wurden durch Umrißlinien hervorgehoben. Die absoluten Temperaturwerte können an der rechten Farbskala abgelesen werden.

Abb. 55 (unten) : Frontal aufgenommene Thermographien zu den Zeitpunkten T1 („vorher“) T2 (nach dem ersten „Warm up“ simple) T4 (nach dem zweiten „Warm up“ medium) und T6 („nach dem dritten „Warm up“ ad libitum ohne Zeit und Notenvorgabe). Die Farbskala der Temperaturwerte ist für alle 4 Bilder einheitlich, die absoluten Werte weichen jedoch leicht von der obigen Farbskala ab.



6-V11LK	Stirn	Augen- winkel	Nasen- seite	Mund- winkel	Wange innen	Wangen mitte	
"Vorher" - rechte Seite (T1 dex)	33,9 C	34,8 C	32,8 C	33,0 C	32,0 C	30,6 C	32,6 C
"Vorher" - linke Seite (T1 sin)	33,9 C	35,1 C	33,3 C	32,8 C	31,1 C	31,8 C	33,0 C
"Vorher" Mittelwert aller Spieler (T1 MW)	33,4 C	34,5 C	33,0 C	33,3 C	32,7 C	32,3 C	32,7 C
nach 1. Warm up - rechte Seite (T2 dex)	33,8 C	34,8 C	33,1 C	34,7 C	32,4 C	31,1 C	32,8 C
nach 1. Warm up - linke Seite (T2 sin)	33,8 C	35,1 C	33,6 C	34,4 C	32,0 C	31,8 C	33,0 C
Nach 1 "Warm up"- Mittelwert aller Spieler (T2 MW)	33,1 C	34,5 C	33,3 C	34,1 C	33,1 C	32,5 C	32,8 C
nach 3. Warm up - rechte Seite (T6 dex)	33,7 C	35,0 C	34,0 C	35,2 C	33,4 C	31,5 C	32,8 C
nach 3. Warm up - linke Seite (T6 sin)	33,7 C	35,3 C	34,7 C	35,1 C	33,7 C	32,4 C	33,0 C
Nach 3 "Warm up"- Mittelwert aller Spieler (T6 MW)	33,1 C	34,6 C	33,8 C	34,6 C	33,6 C	32,7 C	32,9 C

Tabelle 12 zeigt die Temperaturwerte des Spielers zu den Zeitpunkten T1, T2 und T6 an den 13 Messflächen (sin: links; dex: rechts) im Vergleich zu den Mittelwerten von allen 15 Spielern. In Abbildung 56 werden die Mittelwerte in einer Grafik gegenübergestellt.



Die Maxima - Minima Verteilung der gemessenen Temperaturwerte des Schülers V11LK gleicht in der Tendenz dem typischen Kurvenverlauf aller Versuchspersonen im Mittelwert. Auffallend sind die besonders kühlen Wangen und die Mundpartie zum Zeitpunkt T1. Neben der besonders starken Erwärmung der Mundwinkel erkennt man auch einen Anstieg der Temperatur an den inneren Wangenpartien. Die größte Temperaturänderung wurde an den Mundwinkeln und an den Nasenseiten gemessen. Sie betrug ca. 2,0° Celsius. Die Werte und Bilder belegen eine fast symmetrische Erwärmung der rechten und linken Seite.

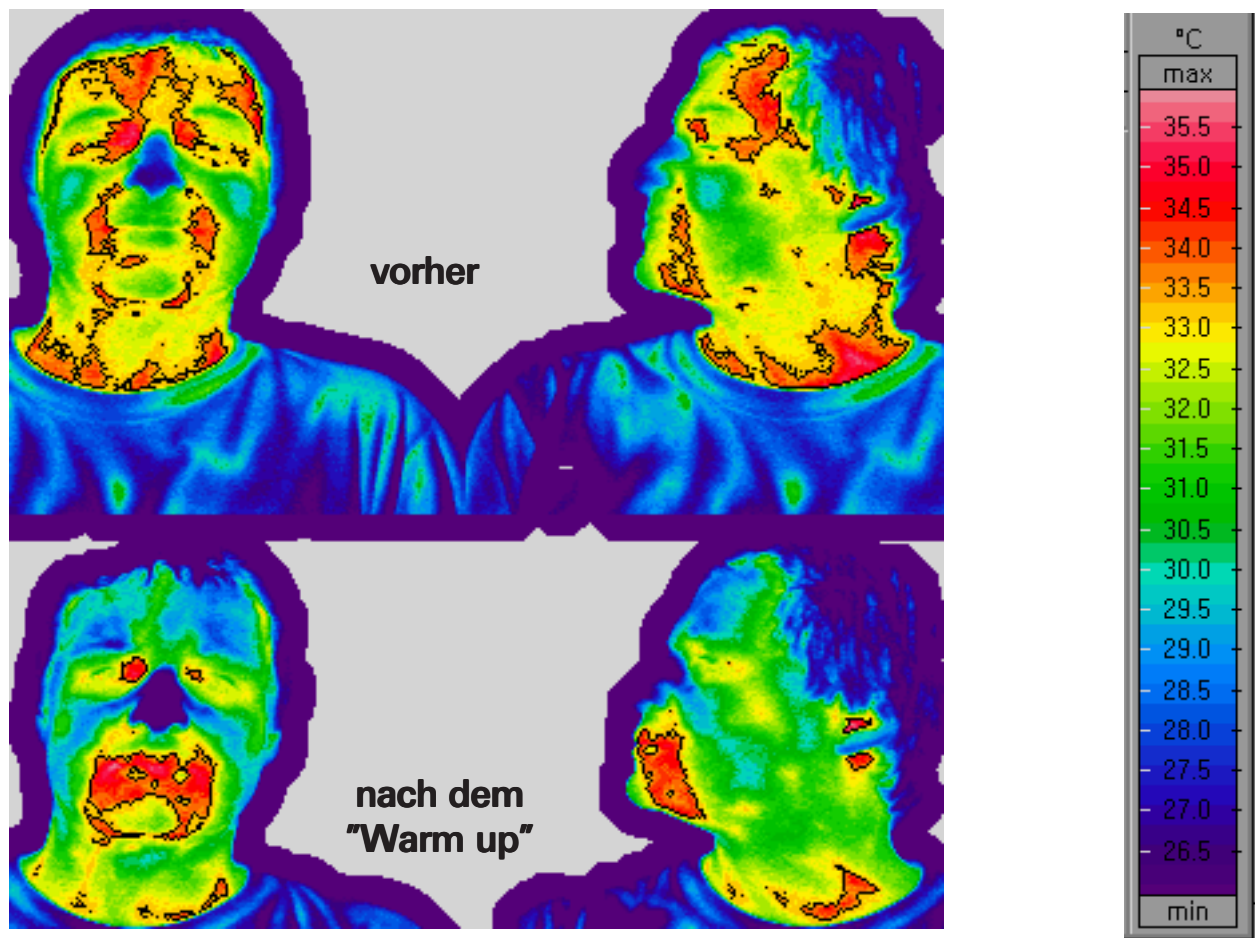
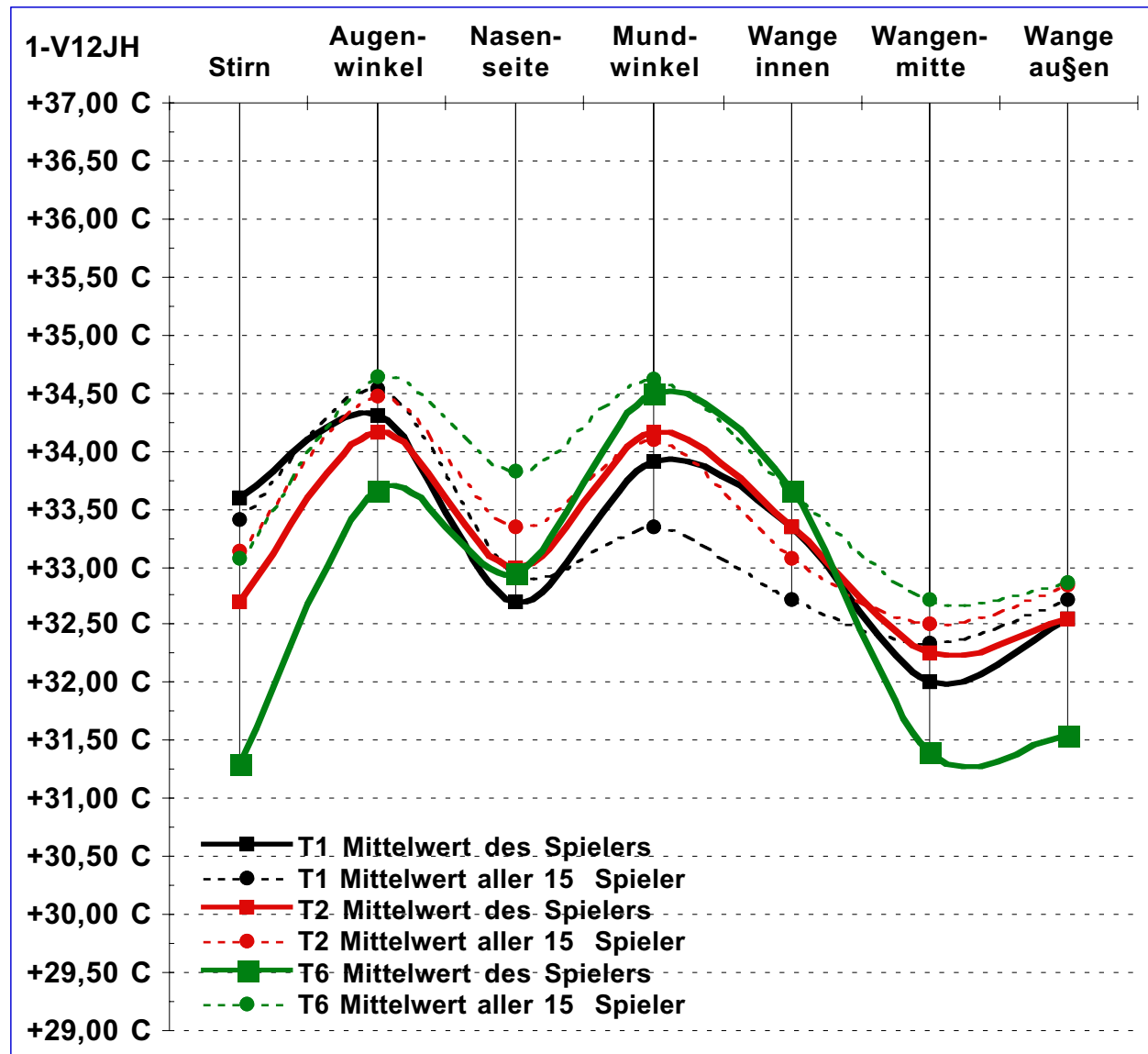


Abb. 57 (oben) : Thermographien zum Zeitpunkt T1 („vorher“ - oben) und zum Zeitpunkt T6 (nach dem 3. „Warm up“ - unten) jeweils frontal und die linke Seite des Spielers. Warme Flächen wurden durch Umrißlinien hervorgehoben. Die absoluten Temperaturwerte können an der rechten Farbskala abgelesen werden.

1-V12JH	Stirn	Augen- winkel	Nasen- seite	Mund- winkel	Wange innen	Wangen mitte	
"Vorher" - rechte Seite (T1 dex)	33,6 C	34,6 C	32,9 C	33,9 C	33,5 C	31,9 C	32,5 C
"Vorher" - linke Seite (T1 sin)	33,6 C	34,0 C	32,5 C	33,9 C	33,2 C	32,1 C	32,6 C
"Vorher" Mittelwert aller Spieler (T1 MW)	33,4 C	34,5 C	33,0 C	33,3 C	32,7 C	32,3 C	32,7 C
nach 1. Warm up - rechte Seite (T2 dex)	32,7 C	34,5 C	33,2 C	34,2 C	33,5 C	32,1 C	32,4 C
nach 1. Warm up - linke Seite (T2 sin)	32,7 C	33,8 C	32,8 C	34,1 C	33,2 C	32,4 C	32,7 C
Nach 1 "Warm up"- Mittelwert aller Spieler (T2 MW)	33,1 C	34,5 C	33,3 C	34,1 C	33,1 C	32,5 C	32,8 C
nach 3. Warm up - rechte Seite (T6 dex)	31,3 C	34,1 C	33,1 C	34,5 C	33,6 C	31,6 C	31,5 C
nach 3. Warm up - linke Seite (T6 sin)	31,3 C	33,2 C	32,8 C	34,5 C	33,7 C	31,2 C	31,6 C
Nach 3 "Warm up"- Mittelwert aller Spieler (T6 MW)	33,1 C	34,6 C	33,8 C	34,6 C	33,6 C	32,7 C	32,9 C

Tabelle 13 zeigt die Temperaturwerte des Spielers zu den Zeitpunkten T1, T2 und T6 an den 13 Messflächen (sin: links; dex: rechts) im Vergleich zu den Mittelwerten von allen 15 Spielern. In Abbildung 58 werden die Mittelwerte in einer Grafik gegenübergestellt.



Die Maxima - Minima Verteilung der gemessenen Temperaturwerte des Profis V12JH stimmt nur teilweise mit dem typischen Kurvenverlauf aller Versuchspersonen im Mittelwert überein. Aufgrund starker Schweißbildung auf der Stirn wirkt dieser Bereich zum Zeitpunkt T6 sehr abgekühlt. Die Hauptaktivität des Spielers ist eindeutig im Mundbereich zu erkennen. Die Wangen kühlen besonders stark ab. Die größte Temperaturänderung an den Mundwinkeln betrug ca. 0,6° Celsius. Die Werte und Bilder belegen eine sehr symmetrische Erwärmung der rechten und linken Seite.

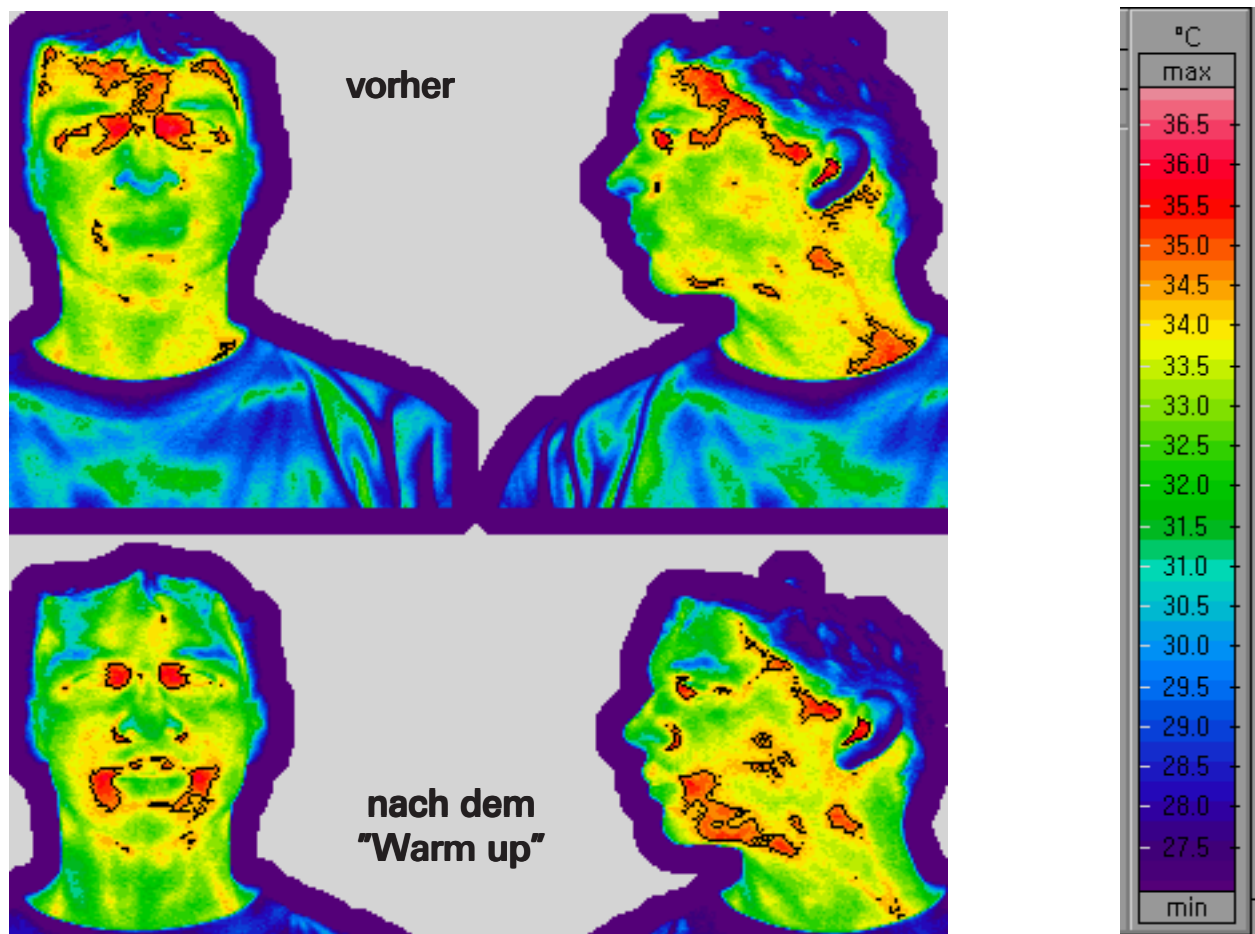
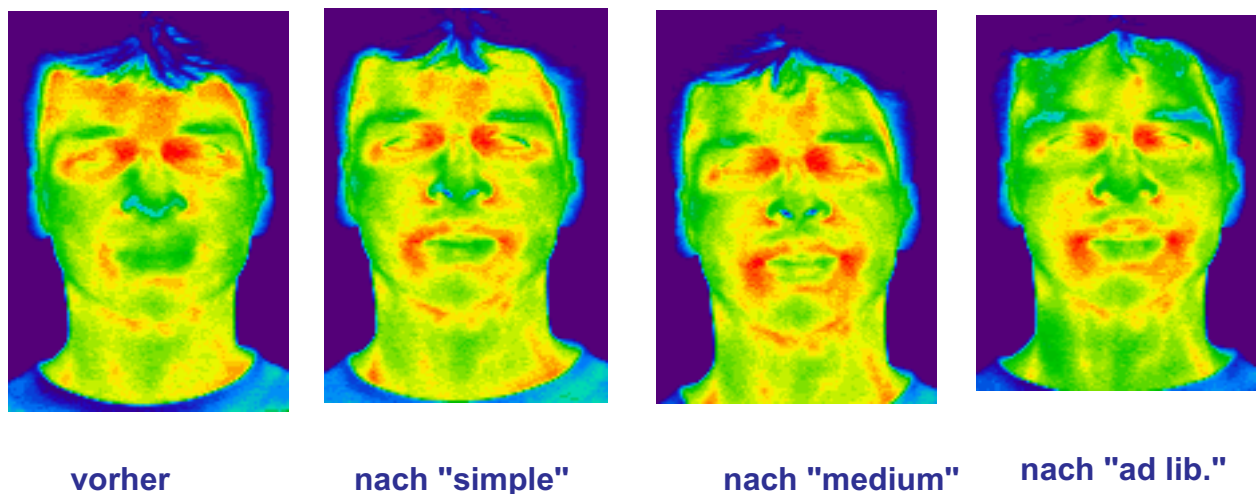


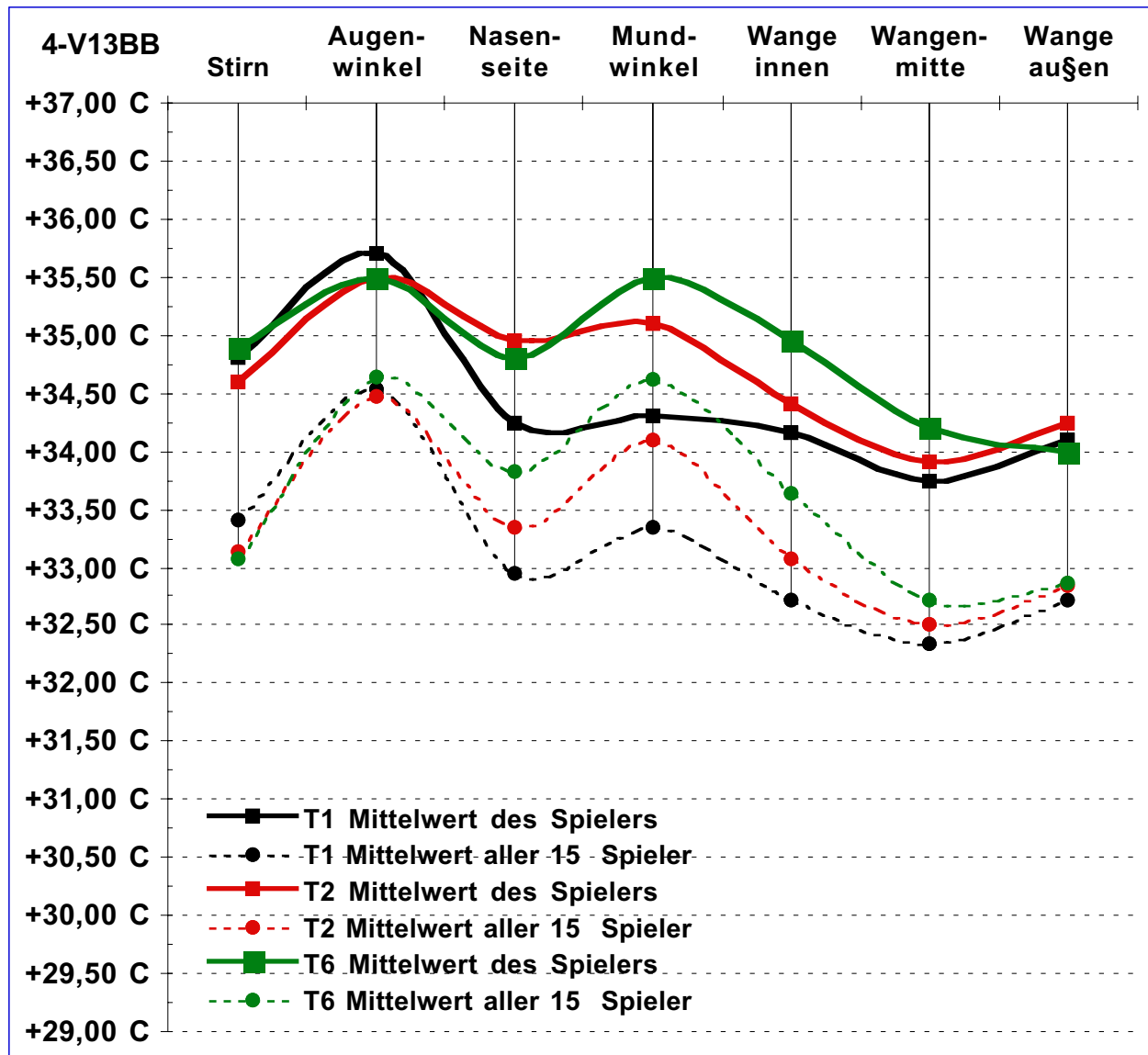
Abb. 59 (oben) : Thermographien zum Zeitpunkt T1 („vorher“ - oben) und zum Zeitpunkt T6 (nach dem 3. „Warm up“ - unten) jeweils frontal und die linke Seite des Spielers. Warme Flächen wurden durch Umrißlinien hervorgehoben. Die absoluten Temperaturwerte können an der rechten Farbskala abgelesen werden.

Abb. 60 (unten) : Frontal aufgenommene Thermographien zu den Zeitpunkten T1 („vorher“) T2 (nach dem ersten „Warm up“ simple) T4 (nach dem zweiten „Warm up“ medium) und T6 („nach dem dritten „Warm up“ ad libitum ohne Zeit und Notenvorgabe). Die Farbskala der Temperaturwerte ist für alle 4 Bilder einheitlich, die absoluten Werte weichen jedoch leicht von der obigen Farbskala ab.



4-V13BB	Stirn	Augen- winkel	Nasen- seite	Mund- winkel	Wange innen	Wangen mitte	
"Vorher" - rechte Seite (T1 dex)	34,8 C	35,6 C	34,1 C	34,6 C	34,3 C	33,6 C	34,0 C
"Vorher" - linke Seite (T1 sin)	34,8 C	35,8 C	34,4 C	34,0 C	34,0 C	33,9 C	34,2 C
"Vorher" Mittelwert aller Spieler (T1 MW)	33,4 C	34,5 C	33,0 C	33,3 C	32,7 C	32,3 C	32,7 C
nach 1. Warm up - rechte Seite (T2 dex)	34,6 C	35,4 C	35,0 C	35,2 C	34,1 C	33,9 C	34,2 C
nach 1. Warm up - linke Seite (T2 sin)	34,6 C	35,6 C	34,9 C	35,0 C	34,7 C	33,9 C	34,3 C
Nach 1 "Warm up"- Mittelwert aller Spieler (T2 MW)	33,1 C	34,5 C	33,3 C	34,1 C	33,1 C	32,5 C	32,8 C
nach 3. Warm up - rechte Seite (T6 dex)	34,9 C	35,4 C	34,9 C	35,5 C	34,6 C	34,1 C	34,0 C
nach 3. Warm up - linke Seite (T6 sin)	34,9 C	35,6 C	34,7 C	35,5 C	35,3 C	34,3 C	34,0 C
Nach 3 "Warm up"- Mittelwert aller Spieler (T6 MW)	33,1 C	34,6 C	33,8 C	34,6 C	33,6 C	32,7 C	32,9 C

Tabelle 14 zeigt die Temperaturwerte des Spielers zu den Zeitpunkten T1, T2 und T6 an den 13 Messflächen (sin: links; dex: rechts) im Vergleich zu den Mittelwerten von allen 15 Spielern. In Abbildung 61 werden die Mittelwerte in einer Grafik gegenübergestellt.



Die Maxima - Minima Verteilung der gemessenen Temperaturwerte des Studenten V13BB stimmt im Trend mit dem typischen Kurvenverlauf aller Versuchspersonen im Mittelwert überein. Die Hauptaktivität des Spielers ist eindeutig im Mundbereich zu erkennen. Auffallend ist, daß die Erwärmung der Mundwinkel und der Nasenseiten auf der linken Seite deutlich stärker ist als auf der rechten. Der Anstieg betrug links ca. 1,5° und rechts nur 0,8° Celsius. Diese Asymmetrie kann auch auf den Thermobildern beobachtet werden. Bei der Ausgangssituation zum Zeitpunkt T1 war die rechte Seite allerdings bereits deutlich wärmer. Beim Zeitpunkt T6 waren die Temperaturunterschiede ausgeglichen.

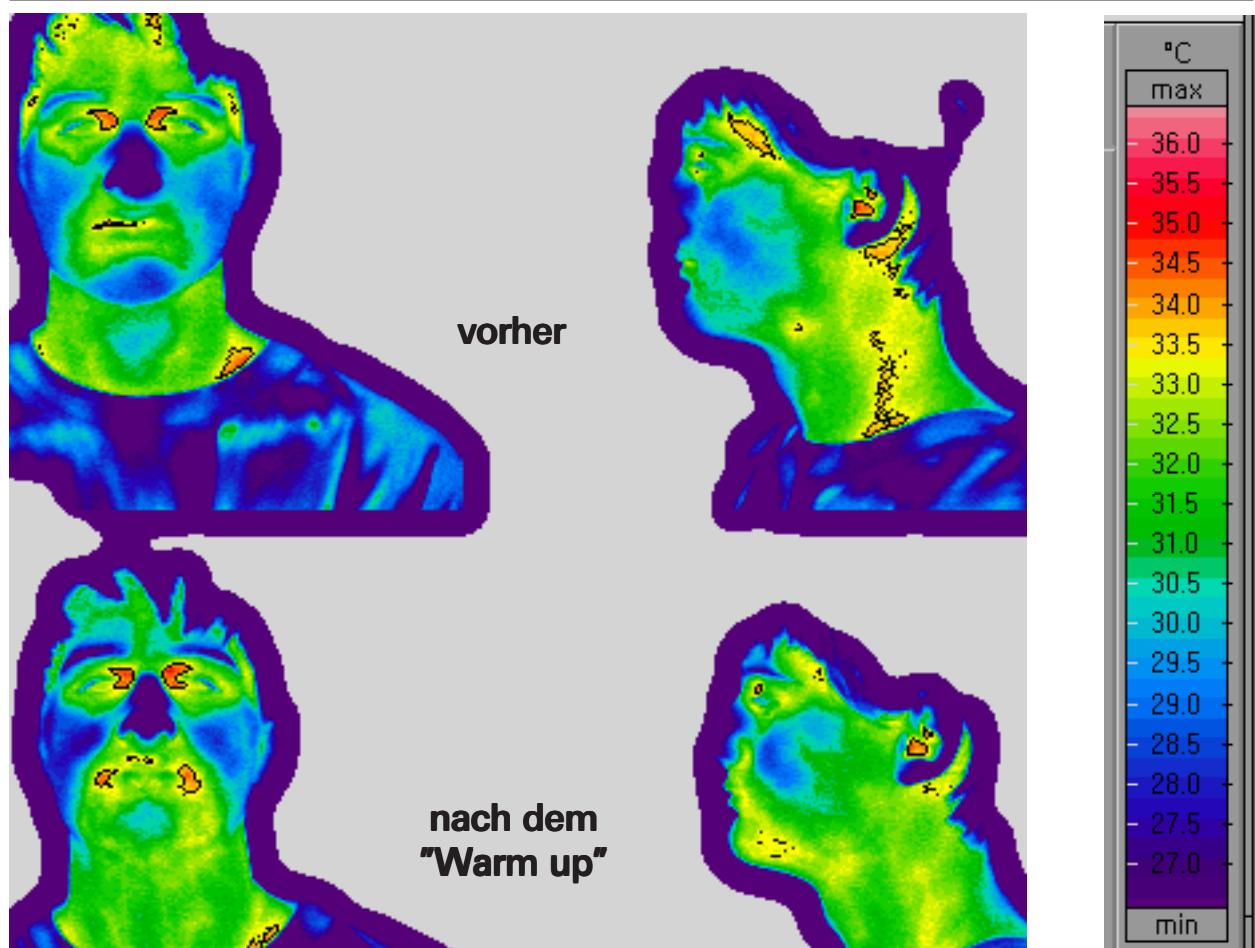
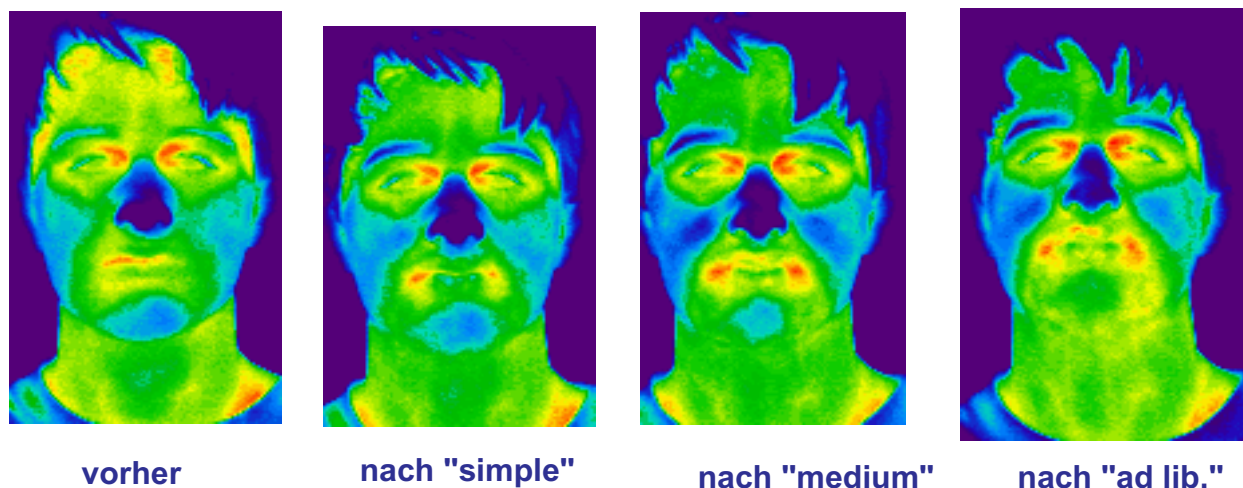


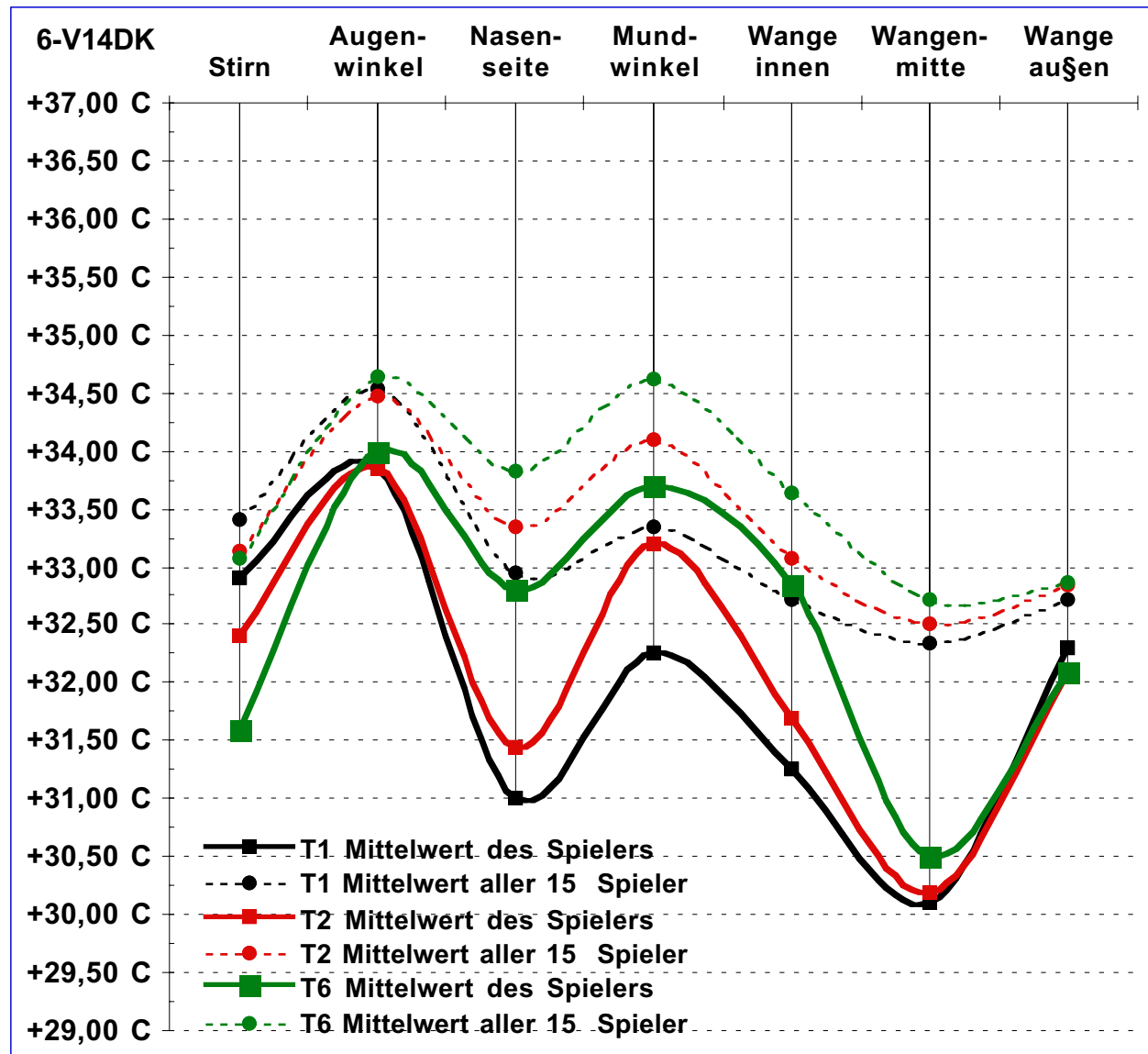
Abb. 62 (oben) : Thermographien zum Zeitpunkt T1 („vorher“ - oben) und zum Zeitpunkt T6 (nach dem 3. „Warm up“ - unten) jeweils frontal und die linke Seite des Spielers. Warme Flächen wurden durch Umrißlinien hervorgehoben. Die absoluten Temperaturwerte können an der rechten Farbskala abgelesen werden.

Abb. 63 (unten) : Frontal aufgenommene Thermographien zu den Zeitpunkten T1 („vorher“) T2 (nach dem ersten „Warm up“ simple) T4 (nach dem zweiten „Warm up“ medium) und T6 („nach dem dritten „Warm up“ ad libitum ohne Zeit und Notenvorgabe). Die Farbskala der Temperaturwerte ist für alle 4 Bilder einheitlich, die absoluten Werte weichen jedoch leicht von der obigen Farbskala ab.



6-V14DK	Stirn	Augen- winkel	Nasen- seite	Mund- winkel	Wange innen	Wangen mitte	
"Vorher" - rechte Seite (T1 dex)	3 2,9 C	3 3,9 C	3 1,5 C	3 2,6 C	3 1,5 C	3 0,1 C	3 2,1 C
"Vorher" - linke Seite (T1 sin)	3 2,9 C	3 3,8 C	3 0,5 C	3 1,9 C	3 1,0 C	3 0,1 C	3 2,5 C
"Vorher" Mittelwert aller Spieler (T1 MW)	3 3,4 C	3 4,5 C	3 3,0 C	3 3,3 C	3 2,7 C	3 2,3 C	3 2,7 C
nach 1. Warm up - rechte Seite (T2 dex)	3 2,4 C	3 3,9 C	3 2,0 C	3 3,4 C	3 2,3 C	3 0,1 C	3 2,0 C
nach 1. Warm up - linke Seite (T2 sin)	3 2,4 C	3 3,8 C	3 0,9 C	3 3,0 C	3 1,1 C	3 0,3 C	3 2,2 C
Nach 1 "Warm up"- Mittelwert aller Spieler (T2 MW)	3 3,1 C	3 4,5 C	3 3,3 C	3 4,1 C	3 3,1 C	3 2,5 C	3 2,8 C
nach 3. Warm up - rechte Seite (T6 dex)	3 1,6 C	3 3,9 C	3 3,1 C	3 3,7 C	3 2,7 C	3 0,0 C	3 2,0 C
nach 3. Warm up - linke Seite (T6 sin)	3 1,6 C	3 4,1 C	3 2,5 C	3 3,7 C	3 3,0 C	3 1,0 C	3 2,2 C
Nach 3 "Warm up"- Mittelwert aller Spieler (T6 MW)	3 3,1 C	3 4,6 C	3 3,8 C	3 4,6 C	3 3,6 C	3 2,7 C	3 2,9 C

Tabelle 15 zeigt die Temperaturwerte des Spielers zu den Zeitpunkten T1, T2 und T6 an den 13 Messflächen (sin: links; dex: rechts) im Vergleich zu den Mittelwerten von allen 15 Spielern. In Abbildung 64 werden die Mittelwerte in einer Grafik gegenübergestellt.



Die Maxima - Minima Verteilung der gemessenen Temperaturwerte des Schülers V14DK stimmt tendenziell mit dem typischen Kurvenverlauf aller Versuchspersonen im Mittelwert überein. Auffallend ist die besonders kühle Nasenseite und Wangenmitte zum Zeitpunkt T1, wobei die Wangenmitte kühl bleibt und die Nasenseite und der Mundwinkelbereich sich erwärmen. Die Temperaturänderung an den Mundwinkeln betrug ca. 1,5°, an der Nasenseite sogar 1,8° Celsius. Die Werte und Bilder belegen eine fast symmetrische Erwärmung der rechten und linken Seite.

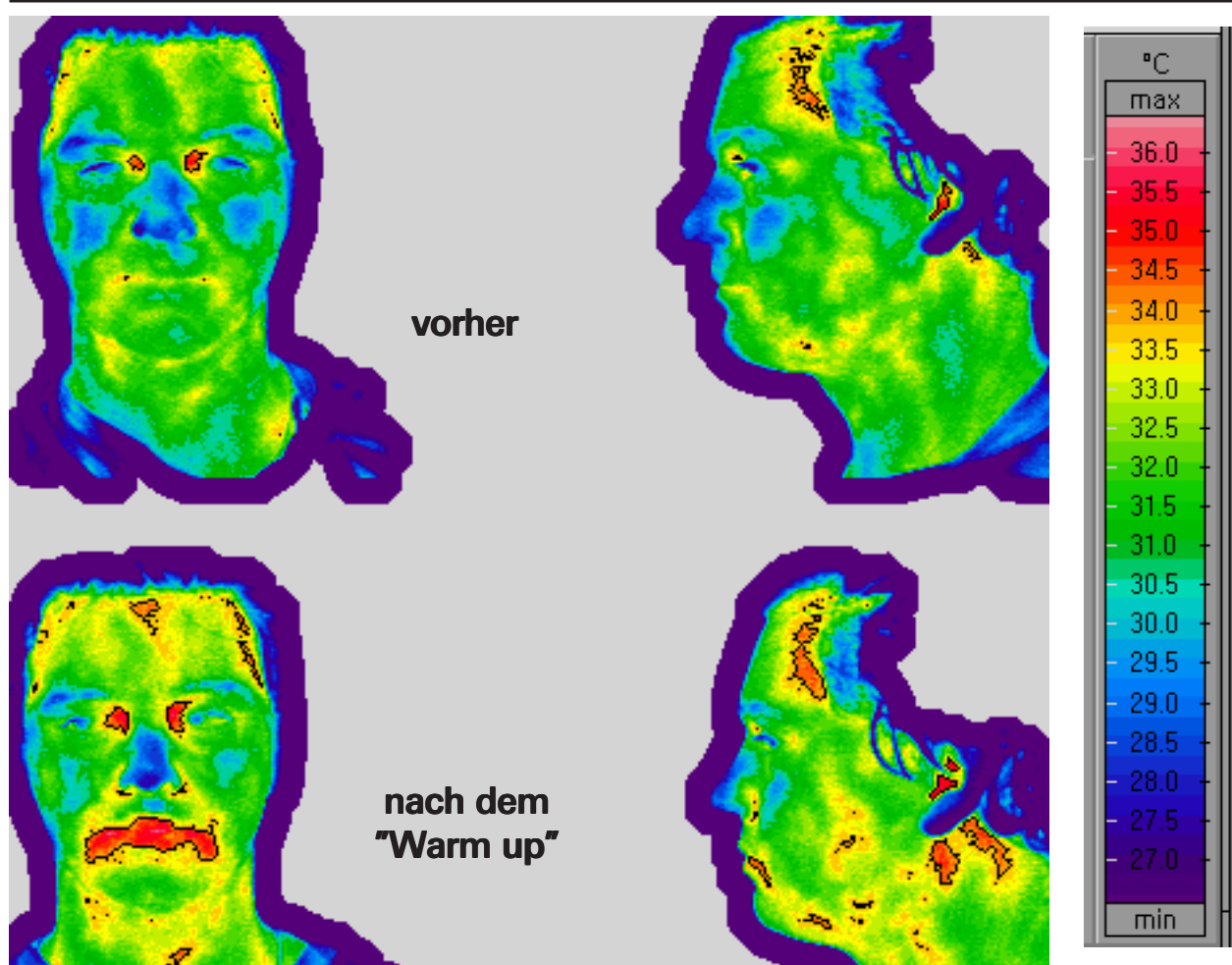
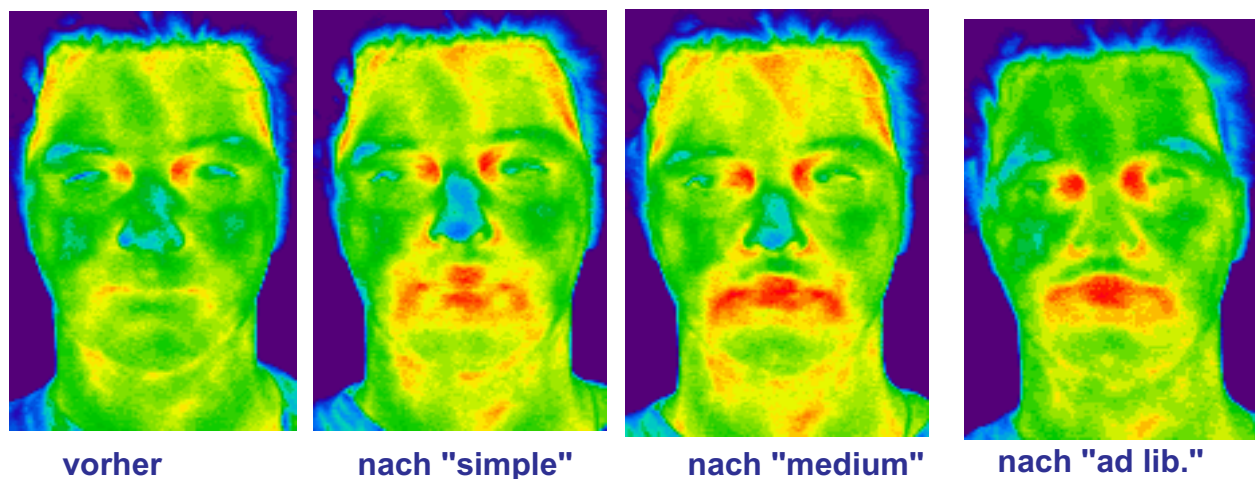


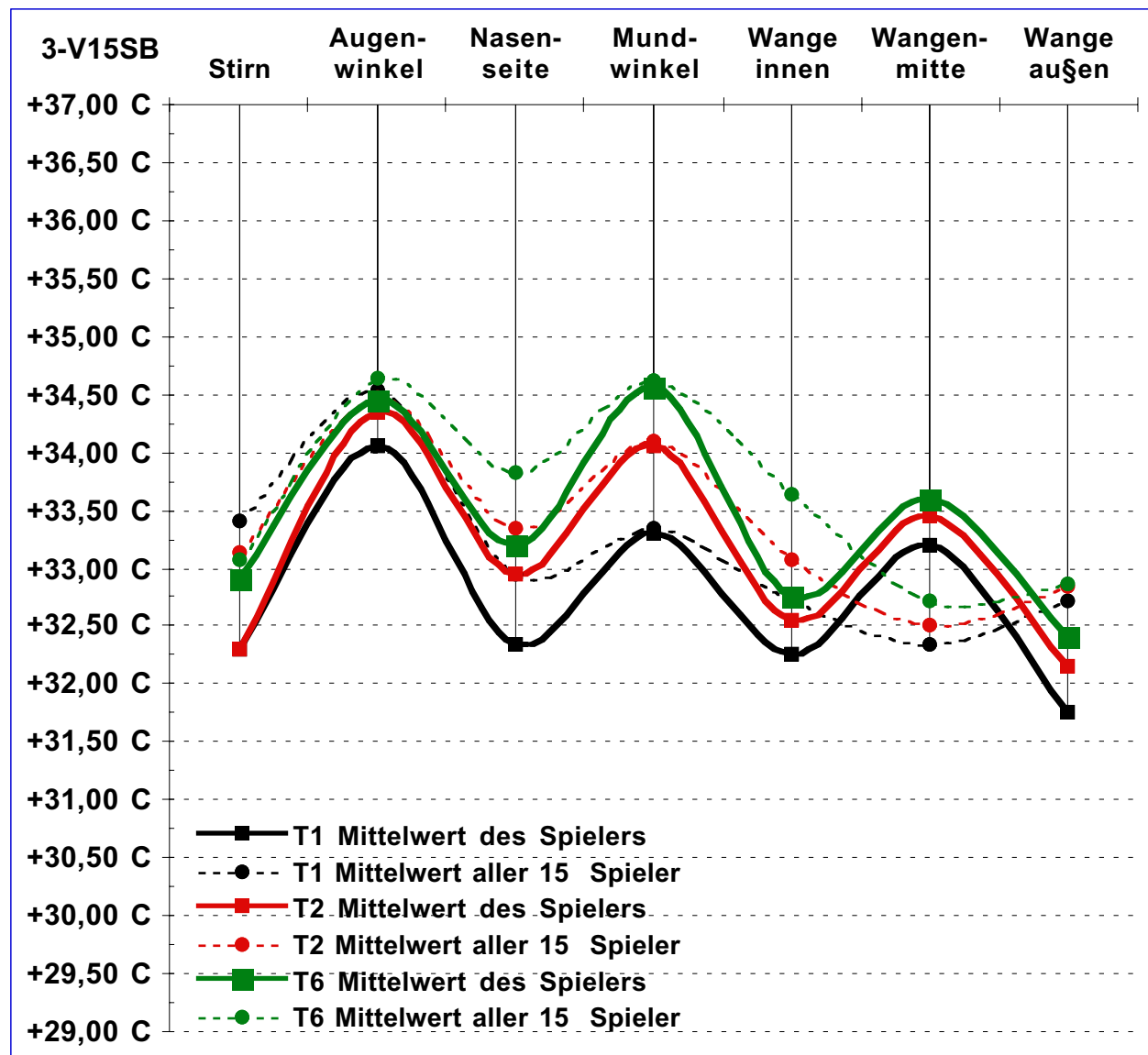
Abb. 65 (oben) : Thermographien zum Zeitpunkt T1 („vorher“ - oben) und zum Zeitpunkt T6 (nach dem 3. „Warm up“ - unten) jeweils frontal und die linke Seite des Spielers. Warme Flächen wurden durch Umrißlinien hervorgehoben. Die absoluten Temperaturwerte können an der rechten Farbskala abgelesen werden.

Abb. 66 (unten) : Frontal aufgenommene Thermographien zu den Zeitpunkten T1 („vorher“) T2 (nach dem ersten „Warm up“ simple) T4 (nach dem zweiten „Warm up“ medium) und T6 („nach dem dritten „Warm up“ ad libitum ohne Zeit und Notenvorgabe). Die Farbskala der Temperaturwerte ist für alle 4 Bilder einheitlich, die absoluten Werte weichen jedoch leicht von der obigen Farbskala ab.



3-V15SB	Stirn	Augen- winkel	Nasen- seite	Mund- winkel	Wange innen	Wangen mitte	
"Vorher" - rechte Seite (T1 dex)	3 2,3 C	3 3,9 C	3 2,1 C	3 3,4 C	3 2,1 C	3 3,1 C	3 1,6 C
"Vorher" - linke Seite (T1 sin)	3 2,3 C	3 4,2 C	3 2,6 C	3 3,2 C	3 2,4 C	3 3,3 C	3 1,9 C
"Vorher" Mittelwert aller Spieler (T1 MW)	3 3,4 C	3 4,5 C	3 3,0 C	3 3,3 C	3 2,7 C	3 2,3 C	3 2,7 C
nach 1. Warm up - rechte Seite (T2 dex)	3 2,3 C	3 4,4 C	3 3,3 C	3 4,1 C	3 2,8 C	3 3,3 C	3 1,8 C
nach 1. Warm up - linke Seite (T2 sin)	3 2,3 C	3 4,3 C	3 2,6 C	3 4,0 C	3 2,3 C	3 3,6 C	3 2,5 C
Nach 1 "Warm up"- Mittelwert aller Spieler (T2 MW)	3 3,1 C	3 4,5 C	3 3,3 C	3 4,1 C	3 3,1 C	3 2,5 C	3 2,8 C
nach 3. Warm up - rechte Seite (T6 dex)	3 2,9 C	3 4,4 C	3 3,6 C	3 4,6 C	3 3,0 C	3 3,4 C	3 2,1 C
nach 3. Warm up - linke Seite (T6 sin)	3 2,9 C	3 4,5 C	3 2,8 C	3 4,5 C	3 2,5 C	3 3,8 C	3 2,7 C
Nach 3 "Warm up"- Mittelwert aller Spieler (T6 MW)	3 3,1 C	3 4,6 C	3 3,8 C	3 4,6 C	3 3,6 C	3 2,7 C	3 2,9 C

Tabelle 16 zeigt die Temperaturwerte des Spielers zu den Zeitpunkten T1, T2 und T6 an den 13 Messflächen (sin: links; dex: rechts) im Vergleich zu den Mittelwerten von allen 15 Spielern. In Abbildung 67 werden die Mittelwerte in einer Grafik gegenübergestellt.



Die Maxima - Minima Verteilung der gemessenen Temperaturwerte des Amateurs V15SB¹ stimmt tendenziell mit dem typischen Kurvenverlauf aller Versuchspersonen im Mittelwert überein. Auffallend ist die warme Wangenmitte. Die Erwärmung der Wange vom Zeitpunkt T1 bis T6 (bzw. T4) ist jedoch gering. Die Temperaturänderung an den Mundwinkeln betrug ca. 1,3° Celsius. Die Werte und Bilder belegen eine fast symmetrische Erwärmung der rechten und linken Seite.

¹Aufgrund von starker Schweißbildung der Versuchsperson wurde der Zeitpunkt T6 statt T4 zur Analyse herangezogen. Die Standardangabe T6 in den Abbildungen bezieht sich daher auf die Werte zum Zeitpunkt T4.

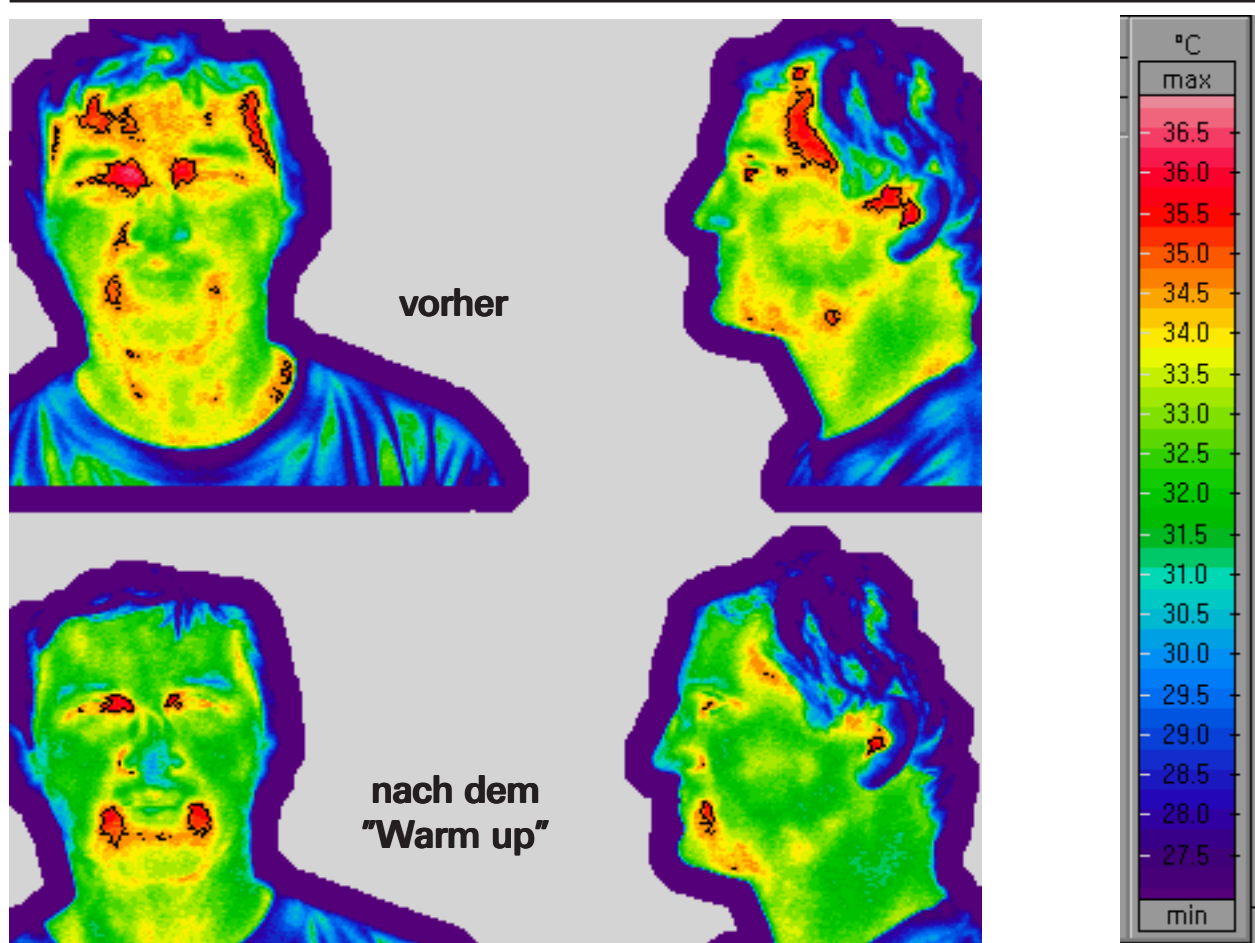
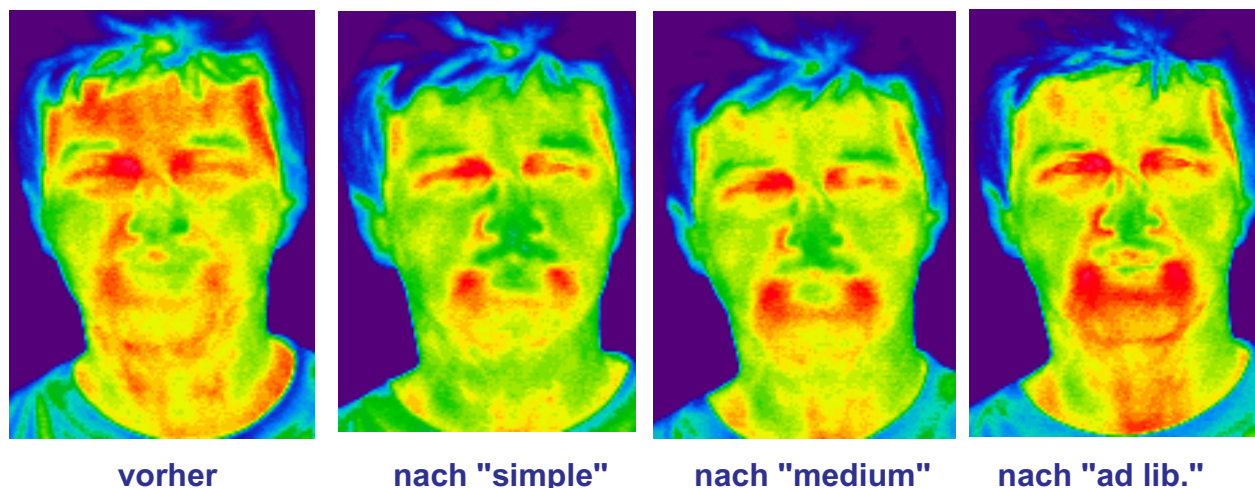


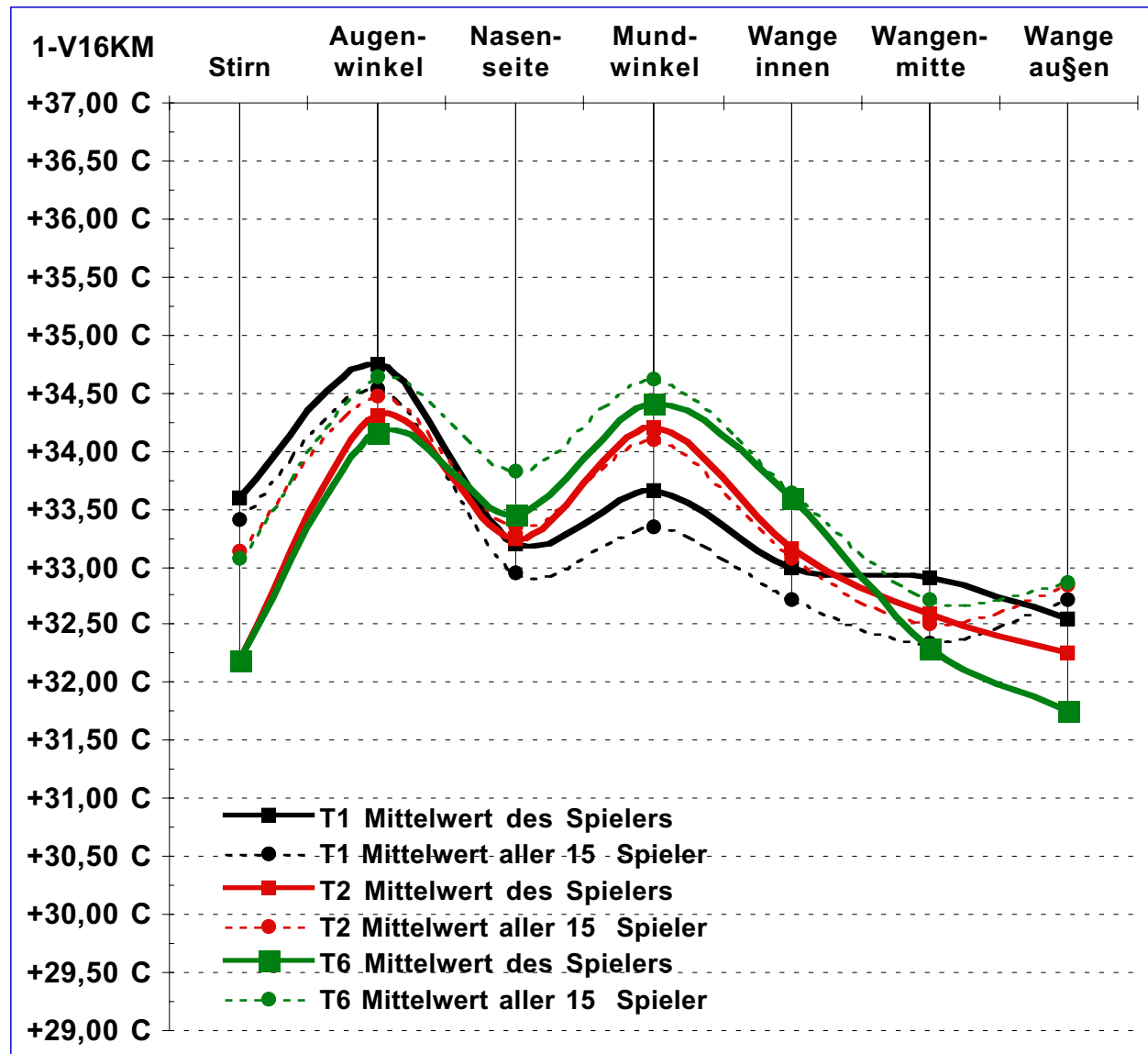
Abb. 68 (oben) : Thermographien zum Zeitpunkt T1 („vorher“ - oben) und zum Zeitpunkt T6 (nach dem 3. „Warm up“ - unten) jeweils frontal und die linke Seite des Spielers. Warme Flächen wurden durch Umrißlinien hervorgehoben. Die absoluten Temperaturwerte können an der rechten Farbskala abgelesen werden.

Abb. 69 (unten) : Frontal aufgenommene Thermographien zu den Zeitpunkten T1 („vorher“) T2 (nach dem ersten „Warm up“ simple) T4 (nach dem zweiten „Warm up“ medium) und T6 („nach dem dritten „Warm up“ ad libitum ohne Zeit und Notenvorgabe). Die Farbskala der Temperaturwerte ist für alle 4 Bilder einheitlich, die absoluten Werte weichen jedoch leicht von der obigen Farbskala ab.



1-V16KM	Stirn	Augen- winkel	Nasen- seite	Mund- winkel	Wange innen	Wangen mitte	
"Vorher" - rechte Seite (T1 dex)	33,6 C	35,0 C	33,5 C	33,9 C	33,1 C	33,0 C	32,5 C
"Vorher" - linke Seite (T1 sin)	33,6 C	34,5 C	32,9 C	33,4 C	32,9 C	32,8 C	32,6 C
"Vorher" Mittelwert aller Spieler (T1 MW)	33,4 C	34,5 C	33,0 C	33,3 C	32,7 C	32,3 C	32,7 C
nach 1. Warm up - rechte Seite (T2 dex)	32,2 C	34,6 C	33,5 C	34,3 C	33,4 C	32,6 C	32,3 C
nach 1. Warm up - linke Seite (T2 sin)	32,2 C	34,0 C	33,0 C	34,1 C	32,9 C	32,6 C	32,2 C
Nach 1 "Warm up"- Mittelwert aller Spieler (T2 MW)	33,1 C	34,5 C	33,3 C	34,1 C	33,1 C	32,5 C	32,8 C
nach 3. Warm up - rechte Seite (T6 dex)	32,2 C	34,3 C	33,6 C	34,4 C	33,6 C	32,4 C	31,8 C
nach 3. Warm up - linke Seite (T6 sin)	32,2 C	34,0 C	33,3 C	34,4 C	33,6 C	32,2 C	31,7 C
Nach 3 "Warm up"- Mittelwert aller Spieler (T6 MW)	33,1 C	34,6 C	33,8 C	34,6 C	33,6 C	32,7 C	32,9 C

Tabelle 17 zeigt die Temperaturwerte des Spielers zu den Zeitpunkten T1, T2 und T6 an den 13 Messflächen (sin: links; dex: rechts) im Vergleich zu den Mittelwerten von allen 15 Spielern. In Abbildung 70 werden die Mittelwerte in einer Grafik gegenübergestellt.



Die Maxima - Minima Verteilung der gemessenen Temperaturwerte des Profis V16KM stimmt tendenziell mit dem typischen Kurvenverlauf aller Versuchspersonen im Mittelwert überein. Auffallend sind die besonders abkühlenden Partien von Stirn (Schweiß) und äußerer Wange. Die Temperaturänderung an den Mundwinkeln betrug ca. 1,2°. Sehr gering (0,3°) ist die Erwärmung an den Nasenseiten. Die Werte und Bilder belegen eine fast symmetrische Erwärmung der rechten und linken Seite.

4.4 Auswertung der einzelnen Meßflächen

Meßfläche 1: Die Mundwinkel (*anguli oris inferior*)

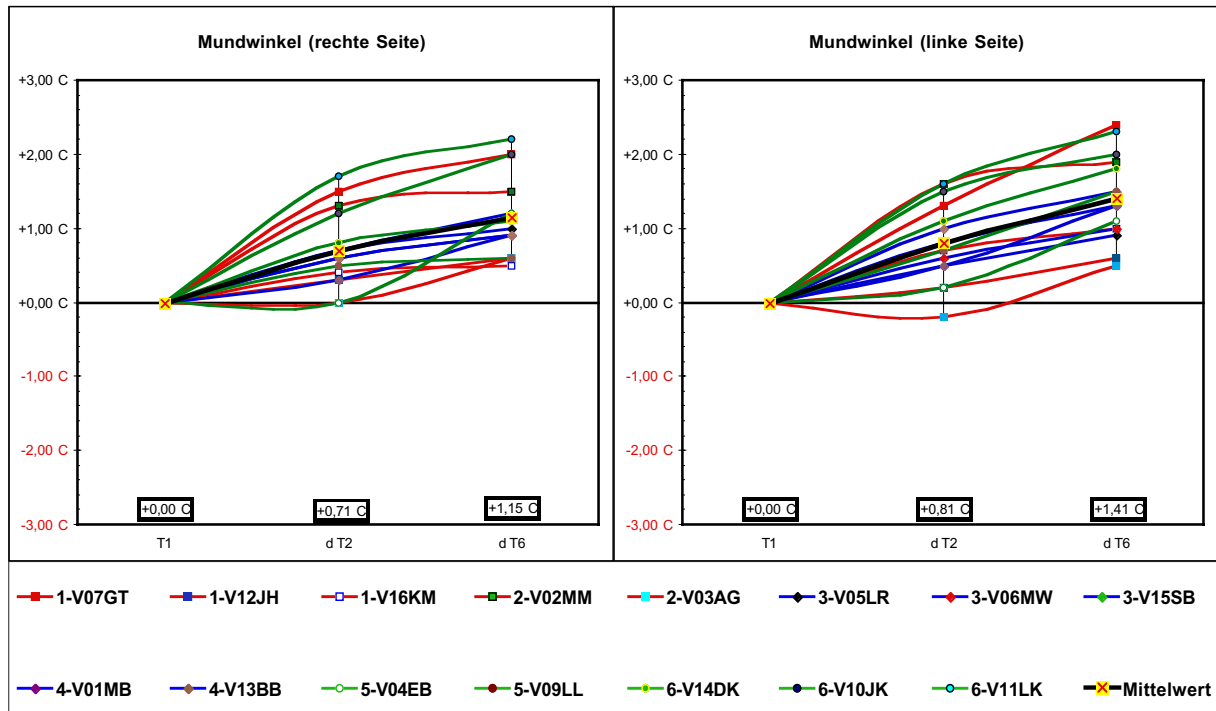


Abb. 71: Der Temperaturverlauf beim „Warm up“ an den Meßflächen „rechter Mundwinkel“ und „linker Mundwinkel“. Zeitpunkt T1 ist die Messung vor dem „Warm up“, dT2 die Änderung nach dem ersten „Warm up“ und dT6 ist die Änderung nach dem dritten „Warm up“. Die Farben der Kurven sind entsprechend dem Spielerstatus: Profis - rot; Studenten - blau; Schüler - grün. Der Mittelwert aller Spieler (schwarze Kurve) ist jeweils in den Kästchen unten angegeben.

Alle Temperaturmeßwerte an den Mundwinkeln (siehe Abb. 71) zeigen deutlich einen Temperaturanstieg. Der Mittelwert aller 15 Spieler steigt nach der ersten Spielphase um $+0,75^{\circ}\text{C}$ ($+0,71^{\circ}$ rechts; $+0,81^{\circ}$ links) und nach der dritten Spielphase um $+1,3^{\circ}\text{C}$ ($+1,15^{\circ}$ rechts; $+1,41^{\circ}$ links). Die Extremwerte des Temperaturanstieges liegen bei einigen Spielern deutlich über 2°C und werden von Profis und Studenten erreicht! Die Varianzanalyse zeigt keinen signifikanten Zusammenhang zwischen Spielerstatus und Erwärmung laut statistischer Berechnung mittels „Wilcoxon Scores“¹.

Die Erwärmung zeigt die starke Beteiligung der Muskulatur in diesem Bereich, die im Laufe des „Warm up“ stärker durchblutet wird. An dieser Stelle verlaufen die mimischen Muskeln: Mundringmuskel (*orbicularis oris*) und der Mundwinkelherabzieher (*M. depressor anguli oris*). Zum Teil liegt auch der Lachmuskel (*M. risorius*) in diesem Bereich.

Für die Tongebung ist dies der maßgebendste Bereich, da die wichtigsten Muskeln hier zusammenlaufen. Dazu zählen z.B. der Mundringmuskel (*Musculus orbicularis oris*) und der Mundwinkelherabzieher (*Musculus depressor anguli oris*) deren Verlauf in Abbildung 23 und 25 (Kap. 4.2.7) dargestellt werden.

¹ Der Wilcoxon Scores wurde mittels Varianzanalyse am WAMASTAT Großrechner der Universität Wien von Dr. Maca durchgeführt. Als Variable diente der Spielerstatus. Die Ergebnisse waren jedoch größtenteils nicht aussagekräftig, weshalb die Auswertung nicht ausführlicher wiedergegeben wird.

Meßfläche 2: Die Augenwinkel (*anguli oculi*)

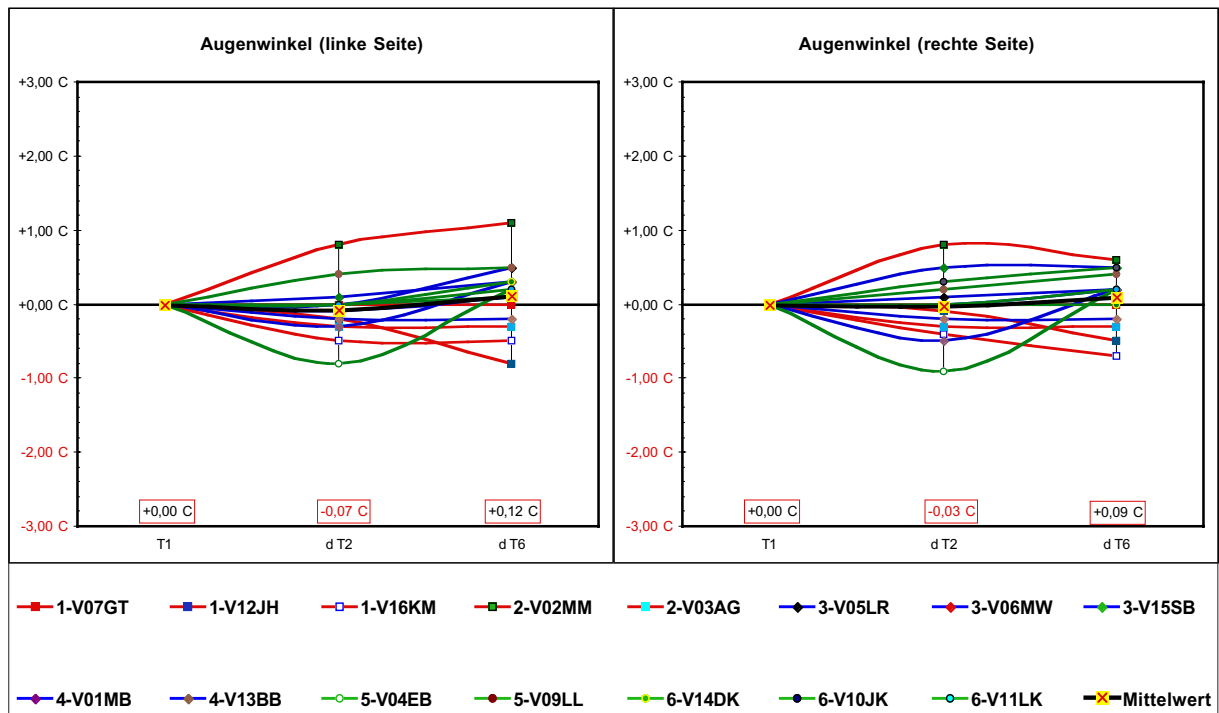


Abb. 72: Der Temperaturverlauf beim „Warm up“ an den Meßflächen „rechter Augenwinkel“ und „linker Augenwinkel“. Zeitpunkt T1 ist die Messung vor dem „Warm up“, dT2 die Änderung nach dem ersten „Warm up“ und dT6 ist die Änderung nach dem dritten „Warm up“. Die Farben der Kurven sind entsprechend dem Spielerstatus: Profis - rot; Studenten - blau; Schüler - grün. Der Mittelwert aller Spieler (schwarze Kurve) ist jeweils in den Kästchen unten angegeben.

Die Temperaturmeßwerte an den Augenwinkeln (siehe Abb. 72) zeigen keine einheitliche Temperaturänderung im Verlauf des „Warm up“. Diese Meßfläche wurde gewählt, da sie auf allen Thermobildern als besonders warmer Bereich auffiel. Es zeigt sich aber bei der Analyse keine korrelierende Temperaturänderung. Der Mittelwert aller 15 Spieler ändert sich nur sehr gering: nach der ersten Spielphase um $-0,04^0$ C und nach der dritten Spielphase um $+0,1^0$ C. Auch die Varianzanalyse zeigt keinen signifikanten Zusammenhang zwischen Spielerstatus und Erwärmung laut statistischer Berechnung mittels „Wilcoxon Scores“.

Der in diesem Bereich hauptsächlich aktive Muskel ist der Lidschläger (Muskulus depressor supercili).

Meßfläche 3: Die Stirnmitte (*front*)

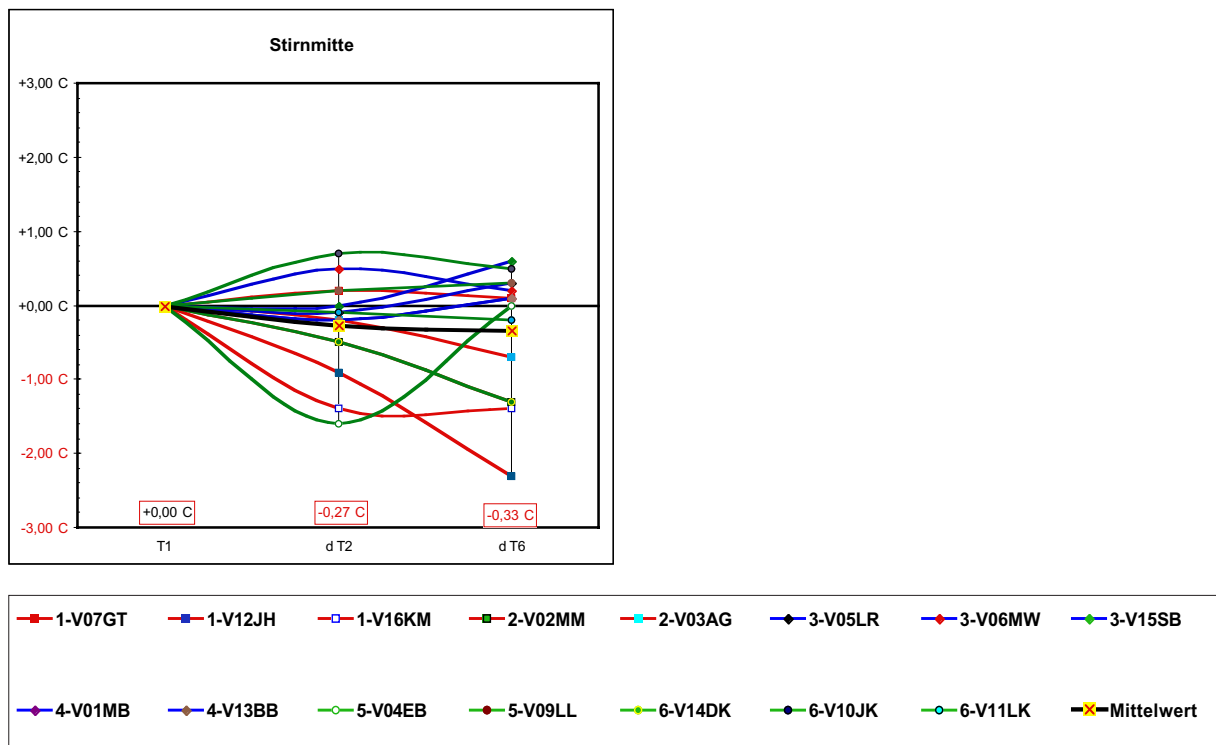


Abb. 73: Der Temperaturverlauf beim „Warm up“ an der Meßfläche „Stirnmitte“. Zeitpunkt T1 ist die Messung vor dem „Warm up“, dT2 die Änderung nach dem ersten „Warm up“ und dT6 ist die Änderung nach dem dritten „Warm up“. Die Farben der Kurven sind entsprechend dem Spielerstatus: Profis - rot; Studenten - blau; Schüler - grün. Der Mittelwert aller Spieler (schwarze Kurve) ist jeweils in den Kästchen unten angegeben.

Die Temperaturmeßwerte an der Stirnmitte (siehe Abb. 73) verlaufen recht unterschiedlich. Der starke Temperaturabfall bei einigen Profis und Studenten ist mit deren starker Schweißbildung zu erklären. "Kalter Schweiß" verdeckt die Hauttemperatur. Dies drückte auch den Mittelwert von allen 15 Spielern nach unten: Der Abfall nach der ersten Spielphase betrug $0,27^{\circ}\text{C}$ und nach der dritten Spielphase $0,33^{\circ}\text{C}$.

Die Varianzanalyse zeigt einen signifikanten Zusammenhang ($\text{Chi-Square} = 0,0353$) zwischen Spielerstatus und Abkühlung laut statistischer Berechnung mittels „Wilcoxon Scores“, wobei die Stirntemperatur von Schüler gegenüber Studenten und Profis kühler ist.

Meßfläche 4: Nasenseite (*perinasal*)

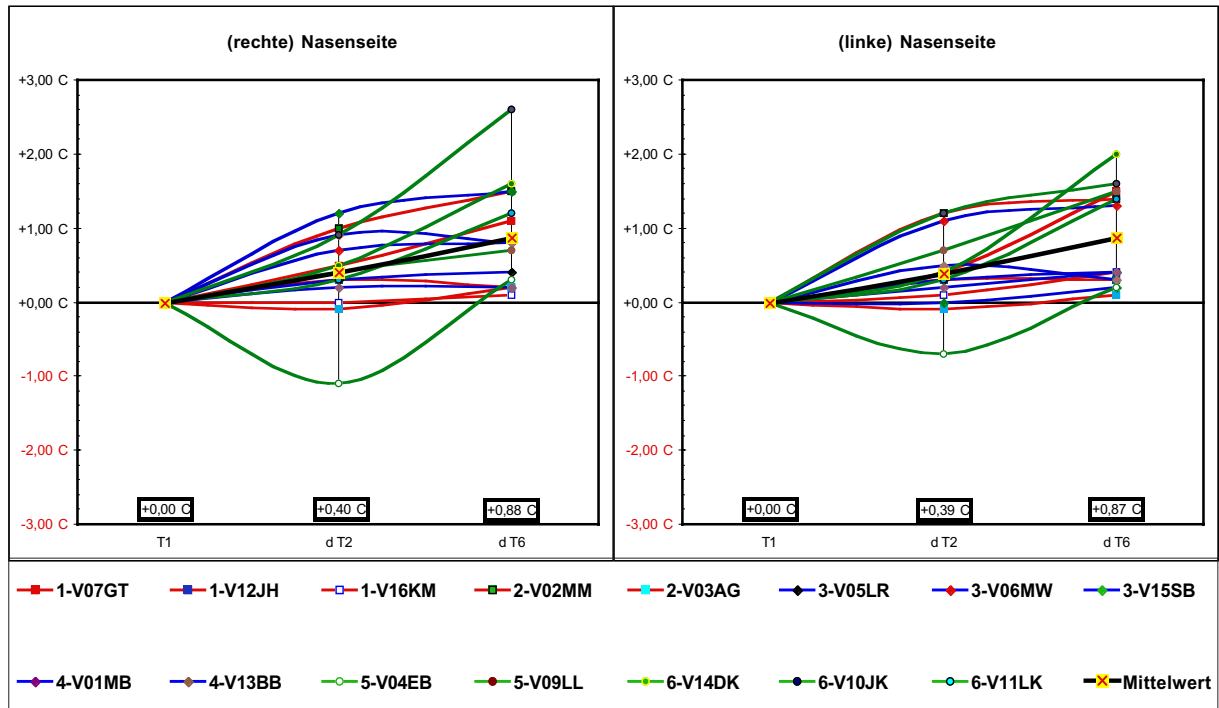


Abb. 74: Der Temperaturverlauf beim „Warm up“ an den Meßflächen „rechte Nasenseite“ und „linke Nasenseite“. Zeitpunkt T1 ist die Messung vor dem „Warm up“, dT2 die Änderung nach dem ersten „Warm up“ und dT6 ist die Änderung nach dem dritten „Warm up“. Die Farben der Kurven sind entsprechend dem Spielerstatus: Profis - rot; Studenten - blau; Schüler - grün. Der Mittelwert aller Spieler (schwarze Kurve) ist jeweils in den Kästchen unten angegeben.

Alle Temperaturmeßwerte an der Nasenseite (siehe Abb. 74) zeigen deutlich einen Temperaturanstieg. Der Mittelwert aller 15 Spieler steigt nach der ersten Spielphase um $+0,4^0$ ($+0,4^0$ rechts; $+0,39^0$ links) und nach der dritten Spielphase um $+0,90$ C ($+0,88^0$ rechts; $+0,87^0$ links). Die Extremwerte des Temperaturanstieges liegen bei einigen Spielern deutlich über 10 C. Die Varianzanalyse zeigt keinen signifikanten Zusammenhang zwischen Spielerstatus und Erwärmung laut statistischer Berechnung mittels „Wilcoxon Scores“.

Die Erwärmung zeigt die starke Beteiligung der Muskulatur in diesem Bereich, die im Laufe des „Warm up“ stärker durchblutet wird. An dieser Stelle verlaufen die mimischen Muskeln: Oberlippenheber (*M. levator labii superioris*) und Mundwinkelheber (*M. levator anguli oris*). Zum Teil liegt auch der kleine Jochbeinmuskel (*M. zygomaticus minor*) in diesem Bereich. Alle diese Muskeln setzen am Mundringmuskel an (*M. orbicularis oris*) und unterstützen dessen Arbeit. Für die Tongebung ist dies ein besonders bedeutender Bereich. (Siehe auch Abbildung 25 im Kap. 4.2.7.)

Meßfläche 5: Die innere Wangenpartie (*buccal rostral*)

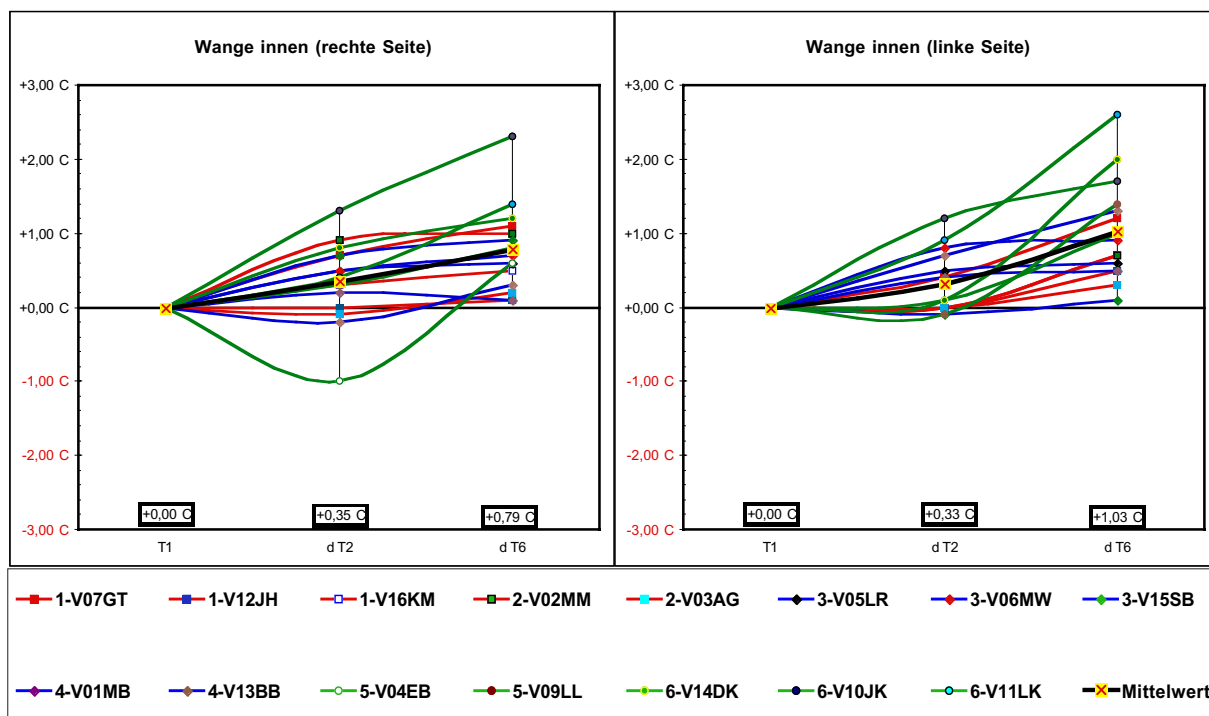


Abb. 75: Der Temperaturverlauf beim „Warm up“ an den Meßflächen „rechte Wange innen“ und „linke Wange innen“. Zeitpunkt T1 ist die Messung vor dem „Warm up“, dT2 die Änderung nach dem ersten „Warm up“ und dT6 ist die Änderung nach dem dritten „Warm up“. Die Farben der Kurven sind entsprechend dem Spielerstatus: Profis - rot; Studenten - blau; Schüler - grün. Der Mittelwert aller Spieler (schwarze Kurve) ist jeweils in den Kästchen unten angegeben.

Alle Temperaturmeßwerte an der inneren Wangenpartie (siehe Abb. 75) zeigen deutlich einen Temperaturanstieg. Der Mittelwert aller 15 Spieler steigt nach der ersten Spielphase um $+0,34^{\circ}\text{C}$ ($+0,35^{\circ}\text{C}$ rechts; $+0,33^{\circ}\text{C}$ links) und nach der dritten Spielphase um $+0,90^{\circ}\text{C}$ ($+0,79^{\circ}\text{C}$ rechts; $+1,03^{\circ}\text{C}$ links). Die Extremwerte des Temperaturanstieges liegen bei einigen Spielern deutlich über $+1,0^{\circ}\text{C}$. Die Varianzanalyse zeigt einen signifikanten Zusammenhang (Chi-Square = 0,0469) zwischen Spielerstatus und Erwärmung auf der rechten Seite. Demnach ist der Temperaturanstieg bei den erfahrenen Bläser stärker laut statistischer Berechnung mittels „Wilcoxon Scores“.

Die Erwärmung zeigt die starke Beteiligung der Muskulatur in diesem Bereich, die im Laufe des „Warm up“ stärker durchblutet wird. An dieser Stelle verlaufen die mimischen Muskeln: Mundringmuskel (M. orbicularis oris) und Mundwinkelheber (M. levator anguli oris). Unter diesen verläuft der sogenannte Trompetermuskel (M. buccinator) der zum Mundwinkel läuft. Er dient als Kaumuskel und verengt den Vorhof der Mundhöhle um Luft mit den Wangen auszupressen. Bei der Tongebung ist dies ein wichtiger Bereich für die Kontrolle der Luftführung. Zum Luftauspressvorgang wird er nur von einigen Spielern verwendet.

Beobachtet man die Spielweise heutiger Trompeter, so sieht man, daß sie in den wenigsten Fällen den Abbildungen der bekannten Barockengel ähnelt, die mit aufgeblasenen Wangen die Luft in ihr Instrument blasen. Diese Blastechnik gab dem Wangenmuskel den Beinamen Trompetermuskel. Die Muskelkraft für den Ansatz der meisten Trompeter heute wird sehr kompakt im Bereich um den Orbicularis oris (Mundringmuskel) und dessen unterstützenden Muskeln geschöpft. Jedoch können nicht prinzipielle Aussagen gemacht werden, da es auch heute noch sowohl bei Anfängern als bei berühmten professionellen Trompetern (z.B. Dizzie Gillespie) abweichende Spieltechniken gibt.

Meßfläche 6: Die Wangenmitte (*buccal central*)

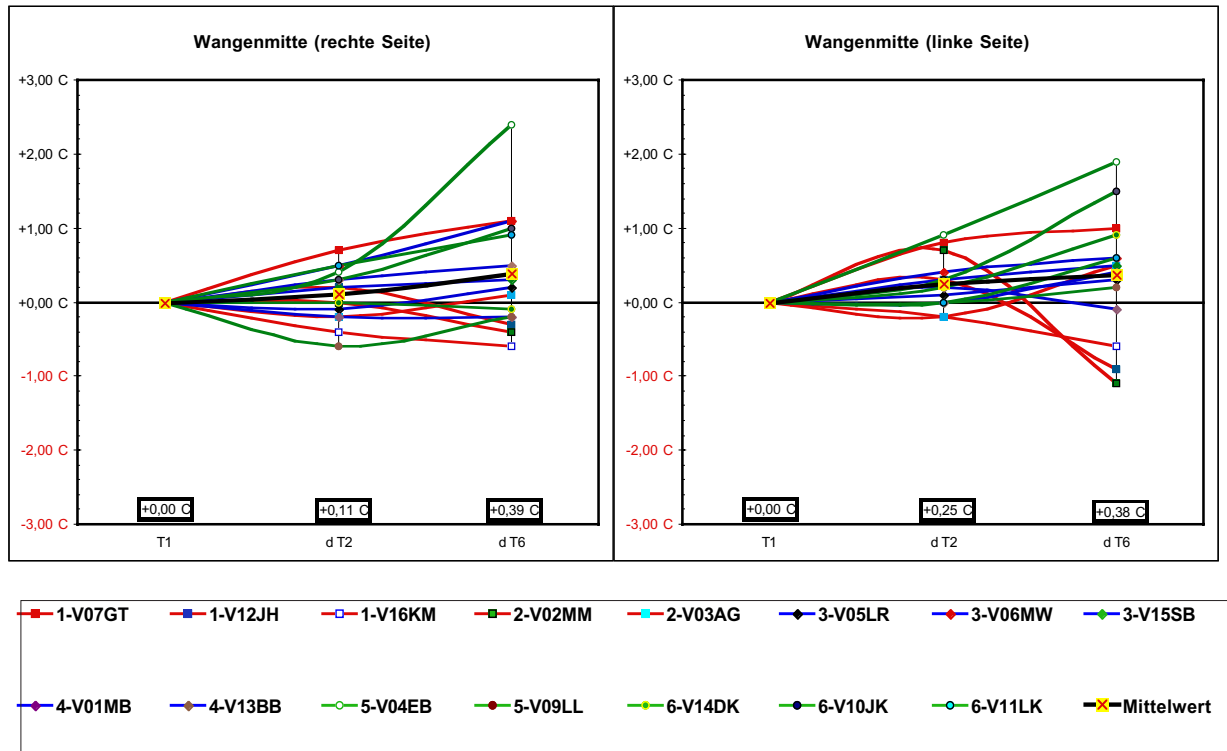


Abb. 76: Der Temperaturverlauf beim „Warm up“ an den Meßflächen „rechte Wangenmitte“ und „linke Wangenmitte“. Zeitpunkt T1 ist die Messung vor dem „Warm up“, dT2 die Änderung nach dem ersten „Warm up“ und dT6 ist die Änderung nach dem dritten „Warm up“. Die Farben der Kurven sind entsprechend dem Spielerstatus: Profis - rot; Studenten - blau; Schüler - grün. Der Mittelwert aller Spieler (schwarze Kurve) ist jeweils in den Kästchen unten angegeben.

Die Temperaturmeßwerte an der mittleren Wangenpartie (siehe Abb. 76) zeigen einen unterschiedlichen Temperaturverlauf. Der Mittelwert aller 15 Spieler steigt nach der ersten Spielphase um $+0,2^{\circ}\text{C}$ ($+0,11^{\circ}$ rechts; $+0,25^{\circ}$ links) und um $+0,4^{\circ}\text{C}$ nach der dritten Spielphase ($+0,39^{\circ}$ rechts; $+0,38^{\circ}$ links). Die Extremwerte des Temperaturanstieges liegen bei einigen Spielern deutlich über $+1,0^{\circ}\text{C}$, bei manchen fällt die Temperatur um über $0,5^{\circ}\text{C}$. Die Varianzanalyse zeigt keinen signifikanten Zusammenhang zwischen Spielerstatus und Erwärmung laut statistischer Berechnung mittels „Wilcoxon Scores“. Der Temperaturanstieg ist vorwiegend bei den Schülern stark, der Abfall ist am häufigsten bei den Profis zu finden.

Die teilweise Erwärmung zeigt deren mehr oder weniger starke Beteiligung der Muskulatur in diesem Bereich. An dieser Stelle verläuft der mimische Lachmuskel (M. risorius) sowie der sogenannte Trompetermuskel (M. buccinator). Dieser wird beim Aufblasen der Backen beschäftigt, welches nur bei einem Schüler (V04EB) besonders deutlich beobachtet werden konnte.

Meßfläche 7: Die Wange außen (*buccal auricular*)

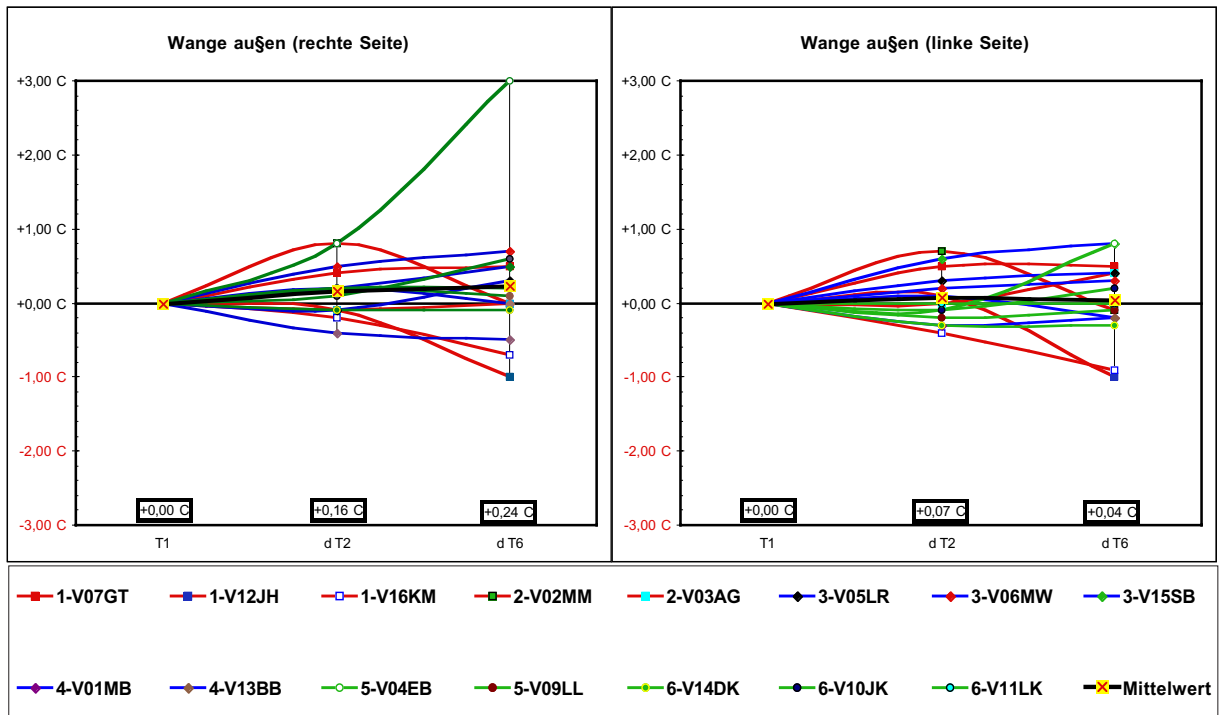


Abb. 77: Der Temperaturverlauf beim „Warm up“ an den Meßflächen „rechte Wange außen“ und „linke Wange außen“. Zeitpunkt T1 ist die Messung vor dem „Warm up“, dT2 die Änderung nach dem ersten „Warm up“ und dT6 ist die Änderung nach dem dritten „Warm up“. Die Farben der Kurven sind entsprechend dem Spielerstatus: Profis - rot; Studenten - blau; Schüler - grün. Der Mittelwert aller Spieler (schwarze Kurve) ist jeweils in den Kästchen unten angegeben.

Die Temperaturmeßwerte an der äußeren Wangenpartie (siehe Abb. 77) zeigen einen unterschiedlichen Temperaturverlauf. Der Mittelwert aller 15 Spieler steigt nach der ersten Spielphase nur um $+0,1^{\circ}\text{C}$ ($+0,16^{\circ}$ rechts; $+0,07^{\circ}$ links) und bleibt auf dem Wert $+0,1^{\circ}\text{C}$ nach der dritten Spielphase ($+0,24^{\circ}$ rechts; $+0,04^{\circ}$ links). Die Extremwerte des Temperaturanstieges liegen bei einigen Spielern deutlich über $+1,0^{\circ}\text{C}$, bei manchen fällt die Temperatur um über $0,5^{\circ}\text{C}$. Die Varianzanalyse zeigt keinen signifikanten Zusammenhang zwischen Spielerstatus und Erwärmung laut statistischer Berechnung mittels „Wilcoxon Scores“. Der Temperaturanstieg ist vorwiegend bei den Schülern stark, der Abfall ist am häufigsten bei den Profis zu finden.

Die teilweise Erwärmung zeigt deren mehr oder weniger starke Beteiligung der Muskulatur in diesem Bereich. An dieser Stelle verläuft der mimische Lachmuskel (M. risorius) sowie der sogenannte Trompetermuskel (M. buccinator). Siehe auch Abbildung 25 im Kap. 4.2.7.

4.5 Zusammenfassung

- Die Analysen der Thermoaufnahmen erbrachten erstmals den eindeutigen Nachweis der Erwärmung der Hauttemperatur im Bereich der Ansatzmuskulatur beim "Warm up" von Trompetern.
- Die Studie zeigt, daß beim „Warm up“ von Trompetern eine eindeutige Blutumverteilung hin zu den zentral aktiven Gesichtspartien zu erkennen ist. Die Intensität ist von lateral zu distal (Gesichtsmitte) zunehmend. Die gewonnenen Kenntnisse waren apriori nicht zu erwarten, da zur Spieltechnik unterschiedliche Lehrmeinungen existieren.
- Die Studie konnte die graduell unterschiedlich starken Erwärmungen einzelner Gesichtspartien beim "Warm up" zeigen. An den Temperaturmeßflächen am Mundwinkel konnten die stärksten Erwärmungen gemessen werden (siehe Abb.78). Der Mittelwert des Temperaturanstieges aller Spieler betrug 1,3° Celsius. Ebenfalls Bereiche deutlicher Erwärmung sind die Nasenseiten und die inneren Wangenpartien. Die Wangenpartien zeigen eine klare Tendenz zur relativen Blutumverteilung in die zentrale Gesichtsmuskulatur; mit deutlicher Erwärmung der inneren, geringerer der zentralen und praktisch fehlender Erwärmung der äußeren Wangenabschnitte. Die Temperatur an den Augenwinkeln bleibt unverändert (sie sind Wärmepole vor und nach dem Einblasen). An der Stirn konnte keine einheitliche Temperaturänderung gemessen werden. Die Stirn kühlte sich bei einigen Spielern durch Schweißbildung deutlich ab.
- Die Dauer des "Warm up" hat Einfluß auf den Erwärmungsgrad. Die Werte sind relativ und vom Spieler abhängig, jedoch waren z.B. die Mundwinkelbereiche bei allen Spielern nach dem 3. „Warm up“ noch wärmer als nach dem ersten „Warm up“.

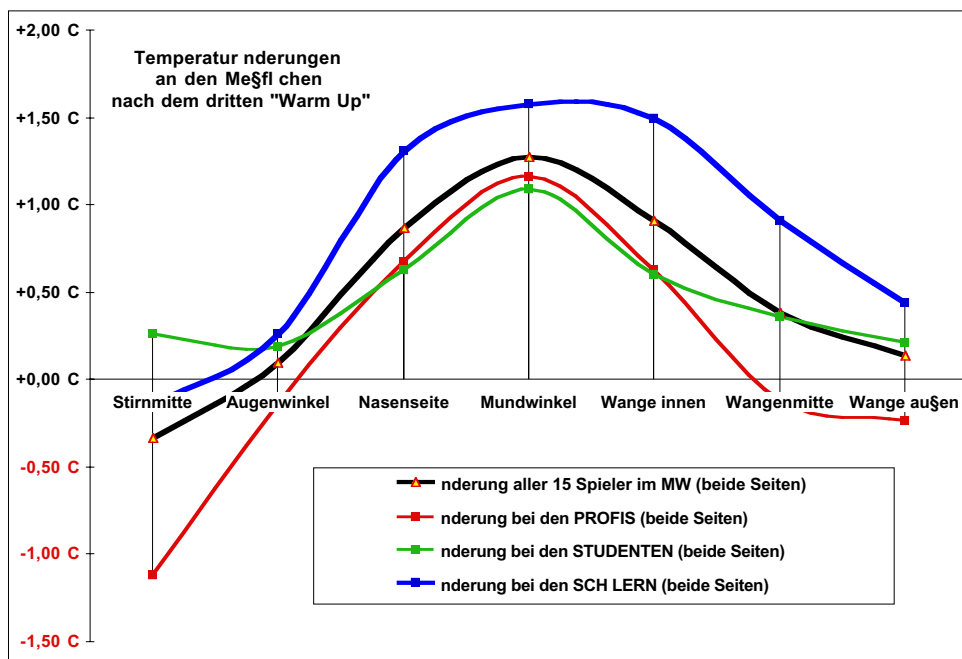


Abb. 78: Überblick über die Änderungen an allen Meßflächen im Vergleich. - Alle Mittelwerte der drei Spielergruppen: Profis, (in rot) Studenten, (in blau) Schüler (in grün) sowie des Mittelwertes von allen Spielern (in schwarz) werden einander gegenübergestellt. Auffallend ist die starke Erwärmung der Mundwinkel.

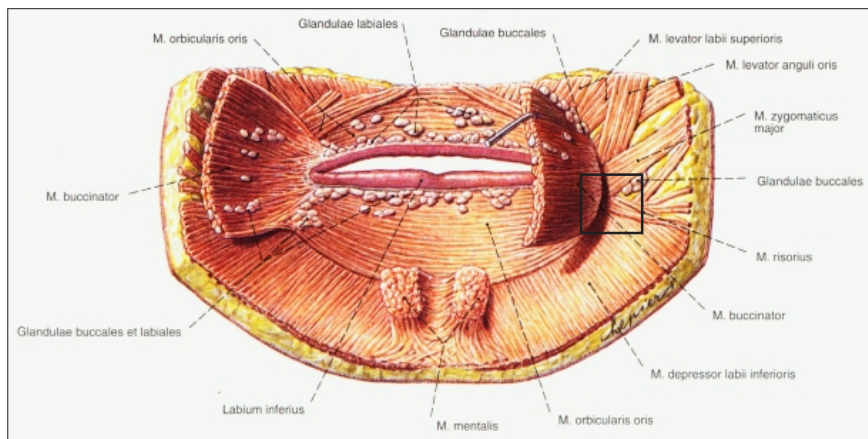


Abb. 79 : Die stärkste Erwärmung wurde an der Meßfläche im Bereich des Mundwinkels gemessen, der ein Ansatzpunkt für mehrere Muskeln darstellt. Die Temperatur der Hautoberfläche steigt im Schnitt um über ein Grad Celsius an. Zurückzuführen ist die Erwärmung auf eine verstärkte Durchblutung. (Quelle: Sobotta, S.91)

- Der Vergleich der Schüler, Studenten und Profis zeigte deutliche Unterschiede in der Intensität der Temperaturanstiege. Abbildung 78 zeigt bei den Schülern die stärksten Anstiege. In den weniger relevanten Partien sind auch die Werte der Studenten höher als die der Profis, deren Erfahrung in der gezielten Aufwärmung der benötigten Bereiche zu resultieren scheint. Auffallend ist, daß insbesondere die Wange außen, aber auch die Wangenmitte bei den Profis nicht so erwärmt wird wie bei den Studenten oder gar den Schülern. Der ruhiger werdene Pulsschlag der Profis ist ein weiteres Zeichen für deren gezieltes Vorgehen. Die Varianzanalyse brachte jedoch nur wenig signifikante Zusammenhänge zwischen der Erwärmung und dem Spielerstatus hervor.

- Die getrennte Analyse der rechten und linken Gesichtshälfte erlaubt, Aussagen über die Symmetrie zu machen. Auffallend sind die unsymmetrischen Meßwerte der Schülergruppe, deren Abweichungen deutlich höher sind als die der Studenten oder Profis (siehe Abb. 80). Als interessantes Phänomen wurde festgestellt, daß bei allen Spielern die linke Seite etwas wärmer war als die rechte.

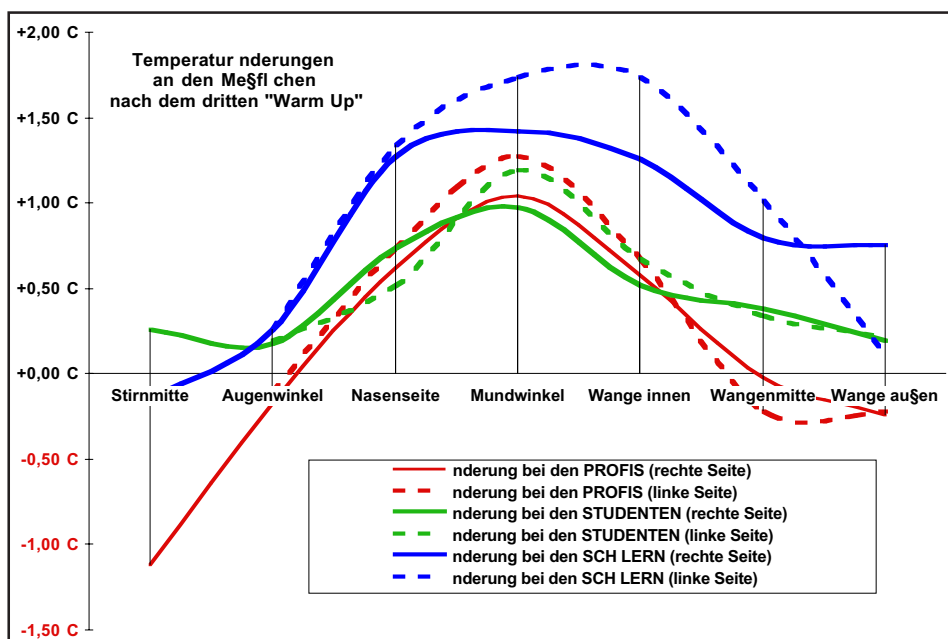


Abb. 80. Überblick über die Änderungen an allen Meßflächen im Vergleich. - Alle Mittelwerte der drei Spielergruppen: Profis, (in rot) Studenten, (in blau) Schüler (in grün) werden einander gegenübergestellt. Die durchgezogenen und gestrichelten Linien sind die jeweiligen Mittelwerte der rechten bzw. linken Seite.

- Die Untersuchung der Vitalwert-Änderungen beim "Warm up" zeigte, daß der Pulsschlag der Profis eher abfiel und jener der Studenten eher anstieg. Dies deutet auf die Erfahrung, größere „Coolness“ und besseren Trainingszustand der Profis hin, währenddessen die höhere Anstrengung der Studenten sich in der Pulsfrequenzerhöhung widerspiegelt. Der Pulsverlauf der Schüler war jedoch recht unterschiedlich, und läßt keine einheitliche Aussage zu. Der Vergleich der Blutdruckänderungen zeichnet kein einheitliches Bild. Jede Versuchsperson reagierte unterschiedlich auf die gestellte Situation.

- Die Erhebung der Einblas-Gewohnheiten der Versuchspersonen mittels Fragebogen ergab, daß sich fast alle Spieler vor dem Üben und vor einem Konzert einblasen. Die Dauer ist jedoch recht unterschiedlich. Sie schwankt zwischen 0 und 90 Minuten. Der Mittelwert beträgt ca. 30 Minuten. Nach der Schätzung der Versuchspersonen zufolge erhöht das „Warm up“ deutlich die Treffsicherheit höherer Töne. Der Schnitt der Treffsicherheit stieg bei den Profis um 23% und bei den Studenten gar um 30%.

- Die für diese Untersuchung entwickelte und angewandte Methode stellt eine einfache, da nicht invasive Untersuchungsmöglichkeit für die Spieltechnik auf Blasinstrumenten dar. Durch die aussagekräftige optische Darstellung besteht eine Anschaulichkeit, die Untersucher-unabhängig ist. Mögliche Einsatzgebiete dieser Methode im Bereich der Instrumental-Physiologie sind:
 - die Kontrolle des Trainingszustandes und der Symmetrie
 - die Bestimmung des Spielertypus (Nasal, Oral, Buccal)
 - Überprüfung von bestehenden oder neu entwickelten Hilfsmitteln (Ansatztrainer) auf ihre Wirkung und Sinnhaftigkeit
 - Optimierung und anschauliche Führung der Spieltechnik

5. STUDIEN ZUR INTONATION AUF TROMPETEN

Studienziele

Die Studie zur Intonation gliedert sich in vier Teile:

- ***Intonations-Messungen von Trompeten mit BIAS***

BIAS ist ein Blas-Instrumenten-Analyse-System, welches die Eingangsimpedanz mißt und eine spielerunabhängige "objektive" Intonation von Blechblasinstrumenten berechnet. Durch BIAS-Messungen von 35 Instrumenten soll die typische Intonationscharakteristik von Trompeten ermittelt und mit statistischen Methoden der Zusammenhang zu anderen Faktoren aufgezeigt werden. [Kapitel 5.3]

- ***Gespielte Intonation von Trompetern***

Die von 35 Trompetern auf ihrem eigenen Instrument und auf einem Referenzinstrument gespielte Intonation einer G-Dur Tonleiter über zwei Oktaven soll auf verschiedene Aspekte untersucht werden: Varianzbreiten der Grundfrequenz; Intra-individuelle und inter-individuelle Variationen; Korrelation mit musikalischen Stimmungen; Unterschiede zwischen verschiedenen Spielergruppen (z.B. Profis versus Studenten; Männliche versus weibliche Spieler). [Kapitel 5.4]

- ***"BIAS"-Intonation versus gespielte Intonation***

Mit Hilfe der gewonnenen empirischen Daten der gespielten "subjektiven" Intonation soll die Gültigkeit der mit BIAS gemessenen "objektiven" Intonation der Trompeten überprüft werden. [Kapitel 5.5]

- ***Intonation im Zusammenhang mit Klangfarbe und Dynamik***

Untersuchung der Wechselbeziehung zwischen der gespielten Grundfrequenz einzelner Töne und weiteren Aspekten, wie der Dynamik, der Klangfarbe und den Zusammenhängen mit der Impedanzcharakteristik des Instrumentes. [Kapitel 5.6]

5.1 Einführung

Die Intonation, die auf Trompeten gespielt wird, ist sowohl vom Spieler als auch vom Instrument abhängig. Rückschlüsse auf den Verursacher eines "falschen" Tones sind demnach nicht direkt möglich. Ausgangspunkt für diese Studie war, die meßbare Intonation von Trompeten und die von Trompetern gespielte Intonation getrennt zu untersuchen, um anschließend Aussagen über die Zusammenhänge machen zu können.

Bezüglich der Intonation von Trompeten besteht keine Klarheit. Liest man die Werbeprospekte von Herstellerfirmen von Blechblasinstrumenten, so erfährt man zwar über die angeblich "perfekte Intonation" ihrer Instrumente, sucht jedoch meist vergeblich nähere Angaben über die Art der Stimmung. Werden Trompeten nach reiner oder gleichschwebend temperierter Stimmung gestimmt? Ist dies für den Musiker überhaupt wichtig, da er die Töne sowieso auf seine gewünschte Tonhöhe "ziehen" kann? Wie groß ist der Ziehbereich bei heutigen Trompeten? Um diesen und weiteren Fragestellungen nachzugehen, wurde die vorliegende Studie konzipiert.

Zum einen wurde die tatsächlich von Trompetern gespielte Intonation aufgenommen und analysiert. Dabei spielten 35 Musiker auf ihrem eigenen Instrument und auf einem Referenzinstrument mit einem Referenzmundstück eine G-Dur Tonleiter über zwei Oktaven. In der Auswertung der Analyse wird versucht zu ermitteln, welche Intonations-Unterschiede bei einem Spieler (intra-individuell) und zwischen verschiedenen Spielern (inter-individuell) festzustellen sind. Es wird nachgeprüft, welcher musikalischen Stimmung die gespielte Intonation am nächsten kommt und ob es Unterschiede zwischen verschiedenen Spielergruppen gibt. (Beispielsweise zwischen Profis und Studenten oder zwischen männlichen und weiblichen Spielern.) (Kapitel 5.3)

Zum anderen wurde mittels BIAS die "objektiv meßbare" Intonation von 35 Trompeten in B ausgemessen. Mit Hilfe der Daten können Vergleiche angestellt werden, inwiefern es generelle Merkmale bei der Intonation von Trompeten gibt. Zusätzlich soll in Erfahrung gebracht werden, ob zum Beispiel die Trompeten von Profis "besser" stimmen als die von Studenten, oder ob es prinzipielle Unterschiede in der Intonation zwischen Trompeten mit Drehventilen oder Pumpventilen gibt. (Kapitel 5.4)

Im Kapitel 5.5 folgt der Vergleich zwischen der objektiven BIAS-Intonation und den empirischen Daten der gespielten "subjektiven" Intonation. Es wird auch der Frage nachgegangen, inwieweit die von BIAS angebotene "gewichtete" Intonationsberechnung der Praxis näher kommt als die "ungewichtete".

Im letzten Abschnitt (Kapitel 5.6) soll dem Zusammenhang zwischen Intonation und anderen Aspekten, wie Klangfarbe und Dynamik nachgegangen werden.

5.2 Methoden und Versuchsaufbau

5.2.1 Audio- und Video Aufnahmen (AV-Studie)

5.2.1.1 Audio-Aufnahmen

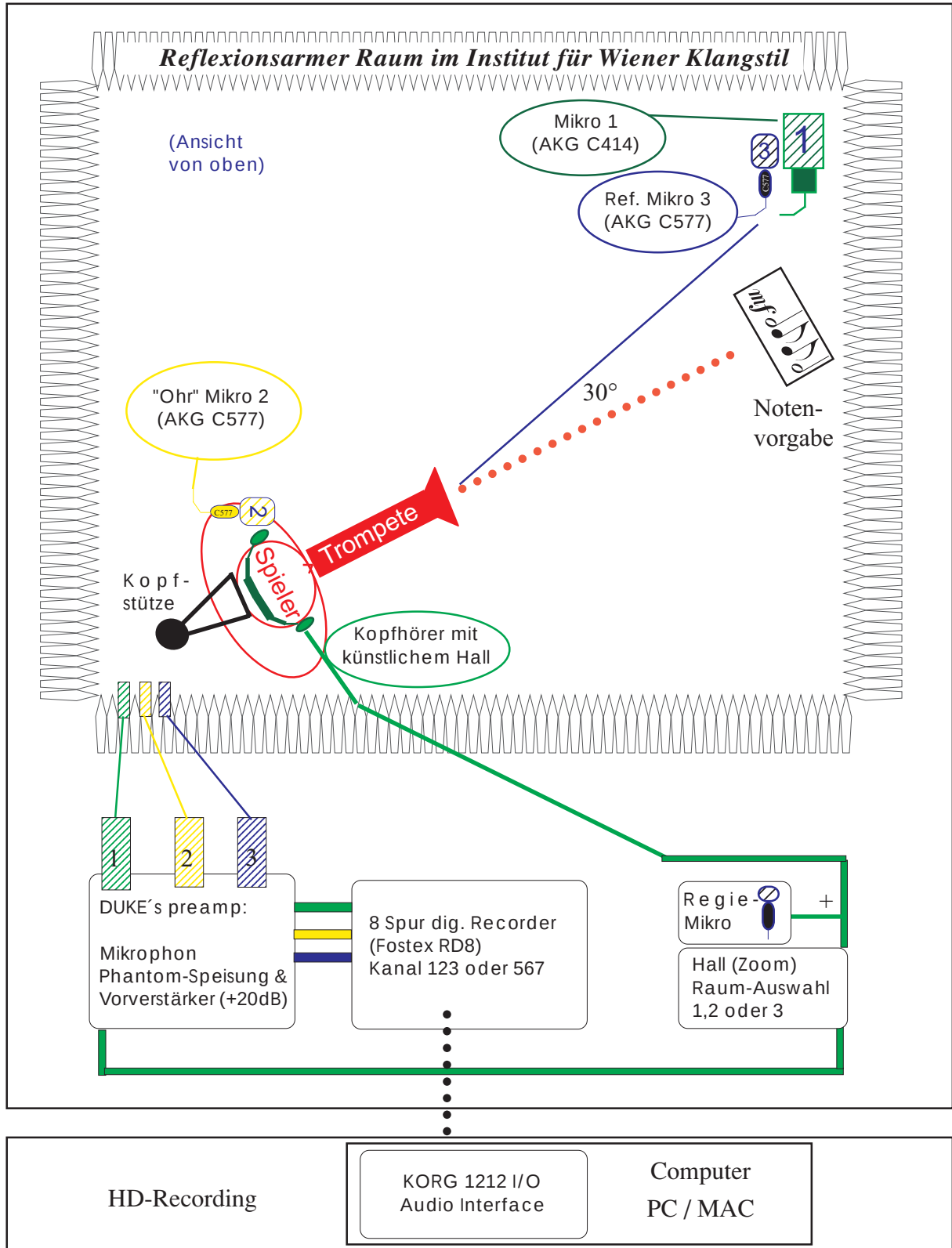


Abb. 81: Skizze des Versuchsaufbaus für die Tonaufnahmen der Trompeter.

5.2.1.2 Audio - Geräteeinstellungen

Die verwendeten Mikrophone:

Mic 1 = Mikrophon Nr.1: AKG C414 in der Ecke

Mic 2 = Mikrophon Nr.2: AKG C577 nahe des Ohres des Spielers

Mic 3 = Mikrophon Nr.3: AKG C577 in der Ecke am C414

Die Phantomspeisung der Mikrophone erfolgte vom "DUKE's Preamp". Dieser verstärkte die Signale außerdem um +20dB.

Aufstellung und Abstände

Mic 1 und *Mic 3*

30 Grad aus der direkten Schallabstrahlungsrichtung (siehe Skizze in Abb. 81)

40 cm von der Ecke (der zusammenlaufenden Keilen)

145 cm hoch über dem Drahtgitterboden

220 cm von Stürze entfernt

Mic 2 ist ca. 15 cm vom Ohr entfernt und 160 cm über dem Drahtgitterboden

Mic 1 ist in Standard Einstellung (Kugelcharakteristik, 0 dB BP, 0Hz, LP)

Die Stürze ist 165 cm von den Noten entfernt.

Kalibrierung

Mittels eines Sirensignals, das in einem Meter Abstand gemessen stets ein 1 kHz Signal mit 100 dB SPL abstrahlt, können die aufgenommenen Samples dynamisch adäquat ausgesteuert werden. Der Signalgeber wurde nach der Aufnahme des Sirensignals, bzw. vor der Aufnahme der Trompeter aus dem "reflexionsarmen" Raum entfernt.

Aufnahme:

Die Signale aus dem Vorverstärker "DUKE's Preamp." werden mit dem 8 Spur Digitalrekorder FOSTEX RD-8 auf je 3 Spuren aufgenommen (Spur [123] oder [567]). Die Samplingrate betrug bei den Spielern 11- 27 441 kHz, bei den anderen Spielern 48 kHz.

Die mit dem Mikrophon 1 aufgezeichneten Signale wurden in Echtzeit dem Spieler über Kopfhörer wiedergegeben. Das Signal konnte außerdem mit einem vom Spieler ausgewählten Nachhall versehen werden, um die außergewöhnliche Akustik des reflexionsarmen Raumes eine natürlicheren Umgebungsbedingung anzugleichen. Hierzu wurden drei verschiedene akustische "Raumgrößen" angeboten, die mit dem Hallgerät "Zoom" erzeugt wurden.

Harddiskrecording

Die Aufnahmen lagen auf dem Fostex Band bereits in digitaler Form vor und wurden mit der KORG 1212 I/O Audio Interface auf die Harddisk eines Computers überspielt. Die Samplingrate der FOSTEX wurde übernommen. Die technische Dokumentation der verwendeten Geräte ist im Anhang im Kapitel 8.11 beigegeben.

5.2.1.3 Digitale Signalverarbeitung

Die aufgenommenen Soundfiles wurden mit ihrer ursprünglichen Samplingrate auf die Harddisk und anschließend auf CD-ROM überspielt. Die Dateien (16 Bit /PCM/ Mono) mit 44.1 kHz oder 48 kHz und wurden als Windows ".wav" Format oder im S_Tools ".sf" Format segmentiert und analysiert. S_Tools ist eine an der Forschungsstelle für Schallforschung an der Österreichischen Akademie der Wissenschaften entwickelte digitale Workstation zur Erfassung, Speicherung und Verarbeitung von akustischen Signalen wie Lärm, Sprache und Musik¹.



Programm Einstellungen (S—Tools)

Mit Hilfe des Sirenen-Referenzsignals kann die Schallintensität in absoluten Werten angegeben werden. Das Referenzsignal von 1kHz mit 100 dB SPL wurde in 1m Abstand auf Mikrophon 1 und Mikrophon 3 gerichtet. Die Stürze des Instruments war 2,20 m von diesen Mikrophonen entfernt, sodaß der Pegel der Instrumente dementsprechend 6,8 dB höher als das der Sirene ist. Der Maximalwert Pegel (signal reference level) von 0 dB in S_Tools (Voreinstellung) wurde auf +131,65 dB eingestellt. Der daraus resultierende neue 0 dB Wert korreliert mit der Hörschwelle. Die im Kapitel 5.6 angegebenen Schallintensitäten sind absolute Werte, die auf den Aufnahmen von Mikrophon 1 beruhen.

Die Aufnahmen mit Mikrophon 2 wurden zur Intonations-Analyse in den Kapiteln 5.4 und 5.5 verwendet. Diese Werte sind nur relative Angaben, da das Sirenen-Signal aufgrund anderer Lage und Abstand nicht zu einer Kalibrierung herangezogen werden kann. Der Schallbecher des Instruments war weniger als einen Meter von diesem Mikrophon (in Ohrnähe des Spielers) entfernt. Der aufgenommene Schallpegel dieses Signal lag höher und war besser zur Grundfrequenzbestimmung geeignet.

Gesamtamplitude (RMS)

Die Auswertungen zur Dynamik sind mit der RMS Analyse von S_Tools durchgeführt worden. Die RMS Spur zeigt die Gesamtamplitude der Signale entlang der Echtzeitangabe der Tonsegmente in dem jeweiligen Sound-File. Nur im Kapitel 5.6 sind die absoluten dB-Werte angegeben, ansonsten relative dB-Werte.

Grundfrequenzanalyse

Die Grundfrequenzanalyse zwei in S_Tools¹ (F0ana2) berechnet die Grundfrequenz von harmonischen Klängen im Bereich der menschlichen Stimme auf der Koinzidenz von harmonischen Teiltönen beruhendes Verfahren der Grundfrequenz-Extraktion. In den Abbildungen die-

¹ Informationen zu S_Tools entstammen Online-Dokumenten [URL [HTTP://WWW.KFS.OEAW.AC.AT/FSF/DSP/STG02.HTML](http://WWW.KFS.OEAW.AC.AT/FSF/DSP/STG02.HTML)] am 24.02.1998 von Werner Deutsch (Forschungsstelle für Schallforschung der ÖSTERREICHISCHEN AKADEMIE DER WISSENSCHAFTEN. [Email: wad@kfs.oeaw.ac.at]) und Publikationen von Deutsch (1989; 1991).

ser Arbeit ist der Frequenzbereich in Hertz dargestellt. Die Grundtonextraktion wurde aus einer mit der RMS kombinierten Grafik (COMBANA) ausgewertet. (siehe Kap. 5.2.1.4 und 5.4.3)

F0ANA2 Einstellungen

	untere Tonleiter (g01)	obere Tonleiter (g12)
lfrm (frame length)	2048 Samples	2048 Samples
sfrm (frame shift)	512 Samples	512 Samples
fmin (screen)	145 Hz	300 Hz
fmax (screen)	365 Hz	740 Hz
f1 (min frequency of partials)	120 Hz	300 Hz
a1 (min amplitude of partials)	70 dB	70 dB
f2 (max frequency of partials)	3000 Hz	4500 Hz
a2 (min amplitude of partials)	60 dB	55 dB
np (number of partials)	5	4
window	kaiser beta (8)	kaiser beta (8)
cr	0 (default)	0 (default)
fpre	0 (default)	0 (default)

5.2.1.4 Ermittlung der Grundfrequenz (f0) und Amplitude (RMS)

Die Ermittlung der Grundfrequenz der von Trompetern gespielten Töne soll anhand eines Beispiel-Tones (Ton d2 von Spieler 29 mit eigenem Instrument geblasen) skizziert werden:

Von dem zu untersuchenden Segment der Tonaufnahme wurde mittels digitaler Klanganalyse f0-Spuren und rms-Spuren am Bildschirm erstellt, und daraus die Werte zu bestimmten Zeitpunkten ermittelt und in Tabellen erfaßt. (Die Frequenzwerte sind im Anhang in den Abbildungen 237-452 bzw. Tabellen 30-65 des Kapitels 8.13 für jeden einzelnen Spieler wiedergegeben). Der Ablauf der Analyse wird in den nachfolgenden Abbildungen 82-83 erläutert.

Die oberste Spur in Abb. 82a zeigt die F0 Analyse (f0ana2) der ganzen oberen G-Dur Tonleiter. (Außerdem ist der Ton a1 vor Beginn der Tonleiter und ein zweites g2 nach der Tonleiter wiedergegeben. Diese beiden Töne bleiben jedoch in der nachfolgenden Auswertung unberücksichtigt). Die Abszisse entspricht dem Zeitverlauf über ca. 7 Sekunden. Die Ordinate entspricht dem Frequenzbereich von 300 bis 760 Hz. Im unteren Teil der Abb. 82a ist die dazugehörige Energieabstrahlung (RMS) über die Zeit aufgetragen (Die dB-Werte von 75 dB - 115 dB sind relative Angaben, da die Signale vom nicht kalibrierten Mikrophon 2 verwendet werden.)

In Abbildung 82b ist ein vergrößerter Zeitausschnitt vom Ton d2 dargestellt. Zeitachse, Frequenzbereich und Intensitätswerte sind in den entsprechenden Bereich "gezoomt". Am Bildschirm sind für die jeweilige Cursor-Position die exakten Werte der f0 und der RMS abzulesen. Das

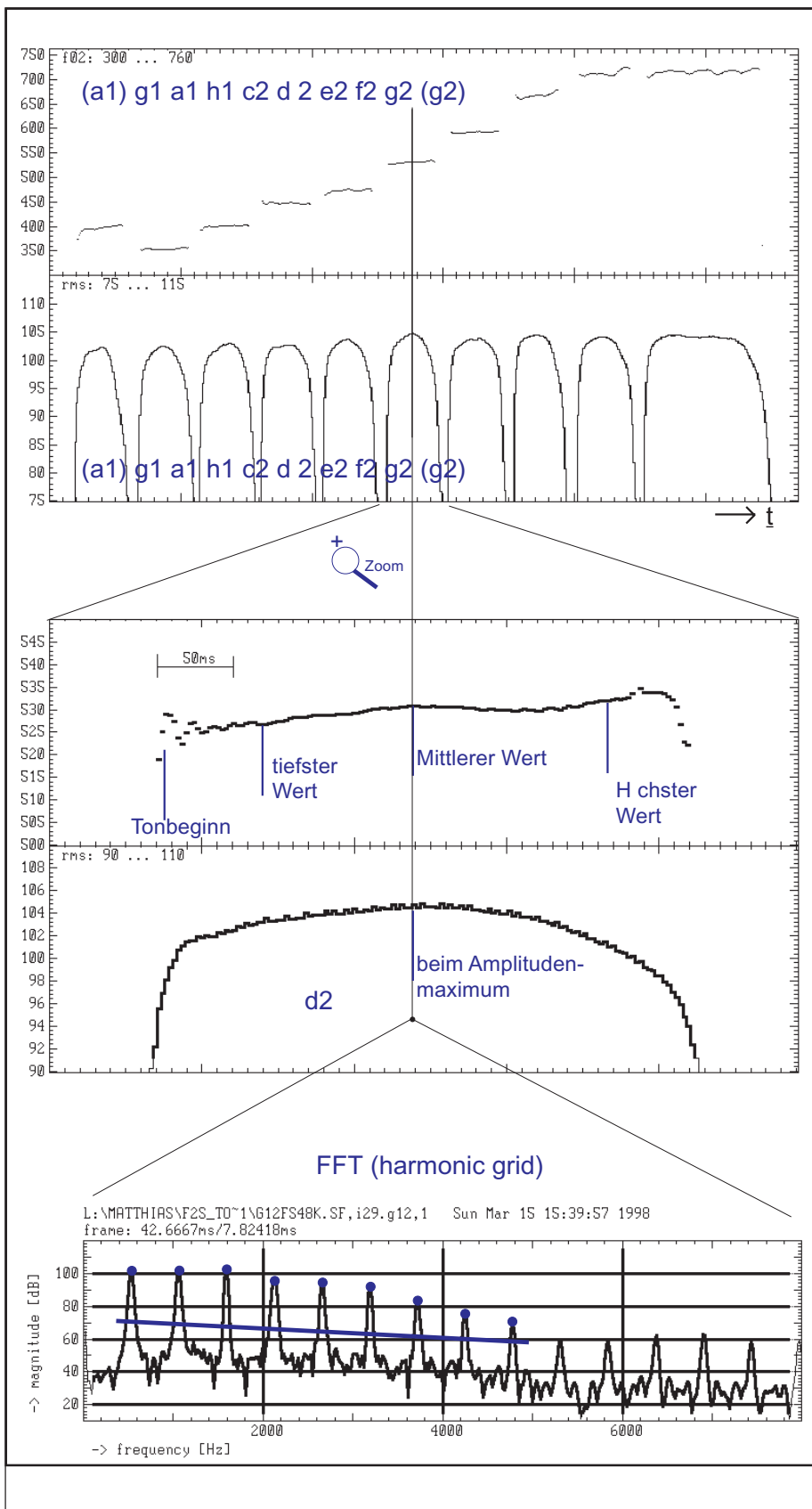


Abbildung 82a : Darstellung des Verlaufes der Grundfrequenz (obere f_0 -Spur) und der dazugehörigen Lautstärke (untere RMS-Spur) von task g01 von Spieler i29.

Abbildung 82b: Teilausschnitt (Zoom) von Abb. 82a. Darstellung des Verlaufes der Grundfrequenz (obere f_0 -Spur) und der dazugehörigen Lautstärke (untere RMS-Spur) vom Ton d2. Eingezeichnet sind die Zeitpunkte an denen die Grundfrequenz ermittelt wurde.

Abbildung 83 : FFT Spektrum des Tones d2 zum Zeitpunkt des Amplitudenmaximum in der RMS von Abb. 82. Die Frequenzabstände der harmonischen Teiltöne deren Amplituden bestimmte Werte erreichen werden zur Grundfrequenzberechnung herangezogen.

Die in den Abbildungen 82-83 dargestellte Prozedur zur Ermittlung der Grundfrequenzen und Amplitudenwerte wurde für jeden der 1152 Töne durchgeführt. (16 Töne pro Spieler und Durchgang; siehe Grafiken in den Abbildungen 237-452 im Anhang der Arbeit.)

Prinzip der Grundfrequenzbestimmung ist in Abbildung 83 skizziert. Aus den Abständen der harmonischen Teiltöne wird die f_0 interpoliert. Im Grundfrequenzverlauf des Tones d2, im oberen Teil der Abbildung 82b, erkennt man bei Tonbeginn zunächst Schwankungen in der f_0 -Spur. Dafür kann eine oder beide der nachfolgenden Ursachen verantwortlich sein:

- Der Spieler bläst den Ton mit einer geschätzten ungefähren Lippenfrequenz an und kann erst anschließend (nach etwa 50 ms) eine Korrektur über das Gehörte durchführen. Diese Werte entsprechen einem unkontrollierten Anregungsbeginn, da die akustische Rückkopplung fehlt.
- Die Schwankungen können meßtechnisch durch ein "Windowing Artefakt" entstehen. Durch Einstreuungen vorheriger oder nachträglicher Signale innerhalb einer Fensterlänge der zugrundeliegenden FFT. Eine Fensterlänge betrug ca. 50 ms.

Obwohl dieser Wert meist deutlich von der Mitten-Frequenz abweicht wurde der erste detektierte f_0 -Wert dennoch tabelliert. **[F0 beim Tonbeginn]**

Als charakteristische Tonhöhe für diesen Ton wird der **f0- Mittelwert [bmF]** herangezogen. Dieser entspricht dem f_0 -Wert der zum Zeitpunkt des Amplitudenmaximums in der RMS Spur gespielt wird. In ein paar Ausnahmefällen wurde ein anderer Wert verwendet, und zwar dann, wenn die f_0 Spur auf relativ konstanter Tonhöhe verlief und zum Zeitpunkt des Amplitudenmaximums deutlich davon abwich. In diesen Fällen wurde die über einen Zeitraum "konstant" gespielte Frequenz herangezogen (beobachtete mittlere Frequenz).

Der Maximalwert der **RMS-Amplitude** während eines Tones wurde ebenfalls tabellarisch erfaßt.

Als Grenzwerte der Tonhöhenschwankung eines Tones wurde außerdem der **f0- Tiefstwert [Min]** sowie der **f0- Höchstwert [Max]** der f_0 Spur bei jedem Ton ermittelt. Um Fehleinstreuungen zu vermeiden, wurde eine „Window Länge“ (etwa 50ms) zu Beginn und am Ende des Tones nicht berücksichtigt. Diese Werte wurden mit der S_Tools eigenen Statistik-Funktion ermittelt.

Die weitere Aufbereitung der Daten ist im Kapitel 5.4.3 beschrieben.

5.2.1.5 Video - Aufnahmen

Anordnung der Kameras

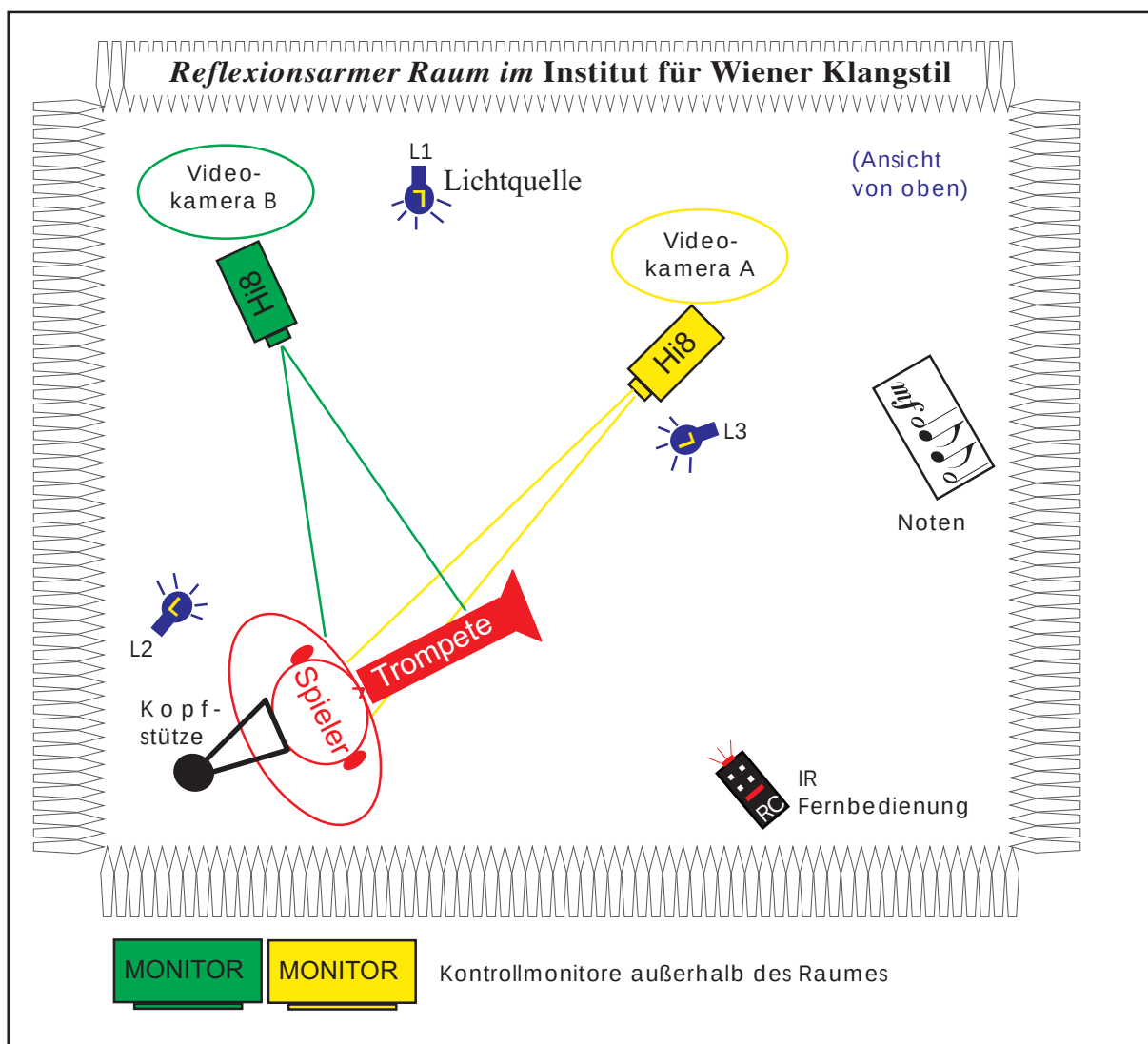


Abb. 84.: Skizze des Versuchsaufbaus für die Video-Aufnahmen der Trompeter.



Abb. 85: Fokuseinstellung Kamera A

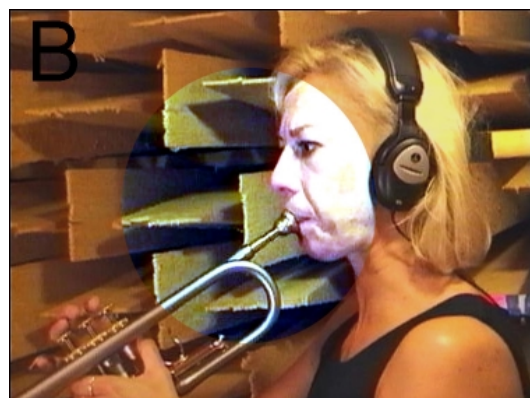


Abb. 86: Fokuseinstellung Kamera B

Video- Geräteeinstellungen

Die verwendeten Kameras:

Videokamera A (in der Skizze gelb markiert) und Videokamera B (in der Skizze in Abb. 84 grün gekennzeichnet) sind jeweils SONY CCD-TR3000E Video HI8 Handycam.

Aufstellung:

Kamera A ist 145 cm vom Mundstück entfernt und ist jeweils auf Spielerkopfhöhe eingestellt. Der Fokus im Bildausschnitt (Abb. 85) der Nah-Aufnahme ist die Ansatzstelle des Mundstückes von halbvorne (siehe Skizze in Abbildung 84).

Kamera B ist 175 cm vom Mundstück entfernt und ist ebenfalls jeweils auf Spielerkopfhöhe eingestellt (siehe Skizze in Abbildung 84). Der Bildausschnitt ist eine Halb-Totale des Spielers von der Seite (siehe Abb. 87).

Video -Einstellungen

Fokus: AUTO

Hold: AUTO

SteadyShot: ON



Abb. 87: Bildausschnitt Kamera B

Menü-Einstellungen:

Wind: OFF

Counter: TIME CODE

Commander: ON

Beep: ON

Zoom Mic: OFF

HI8: AUTO

Digital Zoom: OFF

Rec. Lamp: ON

AE Shift: Default

VF Shift: Default

Clock: updated

Aufnahme:

Die Videokameras zeichnen Ton und Bilder im Hi8 Format auf. Die Weiterverarbeitung erfolgt an der PowerPC AV-Workstation, an der Standbilder und Videosequenzen digitalisiert wurden.

Anmerkungen zu den Video Aufnahmen

Die Video-Aufnahmen dienen im Rahmen dieser Arbeit lediglich der Kontrollmöglichkeit. Die Dokumentation ermöglichte allerdings die Beantwortung wichtiger und kritischer Fragen, die im Laufe der Studie auftraten, wie z.B., welche Ventilkombinationen beim Spiel verwendet wurden, oder welche Position der Spieler in Bezug zum Mikrofon hatte. Die Aufnahmen stehen zur Beantwortung weiterer Fragen zur Verfügung.

5.2.2 BIAS - Messungen

Zur Messung der Eingangsimpedanzen der Trompeten wurde das am Institut für Wiener Klangstil entwickelte Hard und Softwaresystem BIAS in der Version 4.0 verwendet.

Hardware Konfiguration:

Meßkopf: IWK Meßkopf Nr.1-1997

BIAS- Subsystem: IWK Subsystem

Computer: IBM-kompatibler PC (486DX4 100MHz) mit dem Betriebssystem Windows 3.11

Die Anordnung der Hardware ist in Abbildung 88 wiedergegeben.



Abb. 88: Aufbau des BIAS Meßsystems. Neben dem Computer und dessen Bedienelementen ist das BIAS-Subsystem unterhalb des Monitors abgebildet, sowie der Meßkopf, in den ein Mundstück einer Trompete eingespannt ist.

5.2.2.1 Technische Angaben zur Eingangs-Impedanzmessung

Anregungssignal:

Quelle:	8192 Frequenzen werden simultan von einem Lautsprecher im Meßkopf abgegeben (Multiton)
Frequenzbereich:	0 Hz - 4000 Hz
Frequenzabstand:	0.5 Hz
Phase:	individuell für jede Frequenz
Ausgangsleistung:	3 Watt
Ankopplung:	2 mit Drähten gefüllte Röhren, Ø 5mm
DA Wandler:	16 bit Auflösung

Datenerfassung

Impedanz:	1 Meßmikrophon im Mundstück, 1 Referenzmikrophon über der Lautsprechermembran
Meßdauer:	2 Sekunden
Samplingrate:	49.152 kHz
Filter:	Analoger "antialiasing filter" 9 ^{ter} Ordnung (" <i>inverse Chebyshev</i> ")
Signal-Rausch-Abstand:	79 dB
AD Wandler:	16 bit Auflösung
Signalprozessor:	AT&T DSP 32 C / Burr Brown ZP34 003
Taktfrequenz:	50 MHz
Speicher:	64 kB SRAM + 256 kB SRAM

5.2.2.2 Zur Berechnung der Intonation

Die mit BIAS gemessene Eingangsimpedanz¹ entspricht dem Druckverlauf im Mundstück. Der Meßbereich umfaßt alle Frequenzen innerhalb des spielbaren Bereiches des Instrumentes. Bei den Frequenzen, an denen sich stehende Wellen im Instrument ausbilden können, ist der Impedanzwert hoch. In der Impedanzkurve entsprechen die Maxima den Resonanzstellen, also den spielbaren Tönen des Instrumentes. Ein Algorithmus² der BIAS Software bestimmt die Lage dieser Maxima und berechnet daraus die Intonation des Blechblasinstrumentes.

Dazu wird die "IST"-Liste dieser gemessenen Impedanzmaxima mit einer "SOLL" Referenzliste verglichen. Die Referenzliste enthält die Frequenzen der spielbaren Töne entsprechend der gleichschwebend temperierten Stimmung. Vereinfacht kann dieser Algorithmus in Kürze so beschrieben werden:

Durch den Vergleich von Soll-Werten und Ist -Werten der beiden Listen wird die "Stimmung" bzw. der Referenz-Stimmton a1 des gemessenen Instrumentes ermittelt. Dabei wird das a1 solange auf der Frequenzachse verschoben, bis die Summe der Abweichungen der spielbaren Naturtöne ein Minimum ist. Die so gefundene Frequenz für das a1 ist die Grundlage für die Berechnung der Intonation.

Anschließend werden die Intonationsabweichungen der einzelnen Töne zur gleichschwebend temperierten Stimmung in Bezug auf diesen Referenz-Stimmton berechnet. Das Ergebnis wird in einem Balkendiagramm dargestellt (siehe Abb. 89).

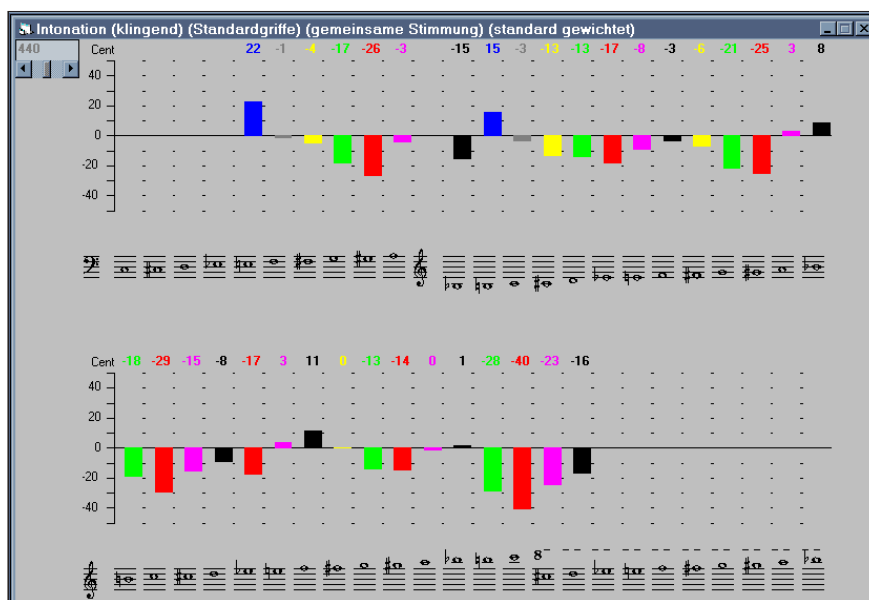


Abb. 89: Intonationsfenster von BIAS. Die Statusleiste oben gibt die Bedingungen an, unter welchen die Intonationsbeurteilung durchgeführt wurde. In der Spin-Box (links oben) kann der Referenz-Stimmton verändert werden.

Zur statistischen Auswertung der Intonation in dieser Arbeit, wurden die ermittelten Werte in ein MS Excel Tabellenblatt übernommen.

¹ Die akustische Impedanz (Z) ist der Schallwellenwiderstand der dem Quotient von Schalldruck (p) und Schallfluß (q) entspricht. Der Schallfluß ist das Produkt aus Schallschnelle (v) und der durchströmten Fläche (s).

$$Z = \frac{p}{q} = \frac{p}{vs}$$

² Der Algorithmus zur Berechnung der Intonation stammt von Werner Winkler. Eine detaillierte Beschreibung des Verfahrens wurde bislang nicht publiziert. Einige Aspekte sind in den Tagungsberichten der ÖPG Graz 94 und AES 92 veröffentlicht. Vorliegende Angaben zur Intonation und zur BIAS Gewichtung entstammen Aufzeichnungen die bei einem Gespräch mit Werner Winkler mitgeschrieben wurden. Verschiedene Informationen zu BIAS sind von Gregor Widholm publiziert worden (1994, 1995).

Zur Gewichtung

Die im BIAS verwendete Option der Gewichtung basiert auf dem Summenprinzip, welches von Klaus Wogram (1972) in seiner Dissertation erstmals publiziert wurde. Dieses Prinzip wird in der vorliegenden Arbeit vereinfachend durch ein "eins zu eins aufsummieren" der Teiltonimpedanzen im Kapitel 5.6.4 dargestellt um den Ziehbereich von Tönen zu erläutern. Bei der BIAS Software werden die Impedanzwerte aller Teiltöne jedoch nicht gleichwertig, sondern mit unterschiedlicher Gewichtung aufsummiert. Die gewichtete Impedanz (Z_G) entspricht der Summe vom Impedanzwert an der Stelle der Grundfrequenz ($Z_{(i=1)}$) die mit dem Faktor "Eins" multipliziert wird, und den Impedanzwerten an den Teiltonfrequenzen, die jeweils mit abnehmenden Faktoren multipliziert werden. Die Formeln zur Berechnung lauten:

$$Z_G = Z(i) G(i) \quad [Z_G = Z(1) G(1) + Z(2) G(2) + Z(3) G(3) +]$$

$i = 1.$ Teilton, $2.$ Teilton, $3.$ Teilton,

$$G(i) = 1/n^{\sqrt{x}}$$

$$n = \text{Gew} = 1, 2, 3, 4, 5$$

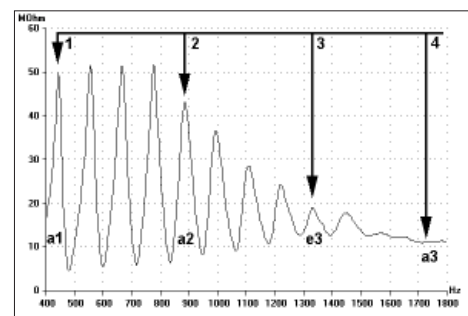
$$\text{Gew: } 1 = 1/x$$

$$\text{Gew: } 2 = 1/\sqrt[2]{x}$$

$$\text{Gew: } 3 = 1/\sqrt[3]{x}$$

$$\text{Gew: } 4 = 1/\sqrt[4]{x}$$

$$\text{Gew: } 5 = 1/\sqrt[5]{x}$$



oben: Lage der Teiltöne 1-4 im Impedanzverlauf
unten: Vergleich der Gewichtungsfaktoren

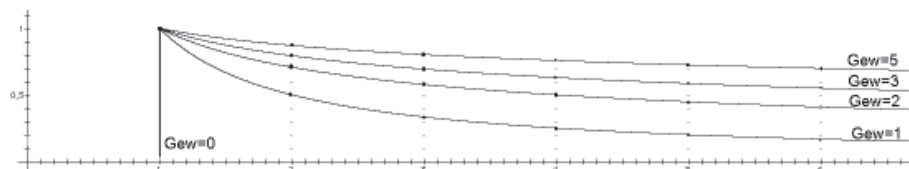


Abb. 90: Formeln und Skizzen zur Berechnung der gewichteten Impedanz (BIAS)

Die standardgewichtete BIAS Impedanz wird mit dem Gewichtungsfaktor zwei ($\text{Gew: } 2 = 1/\sqrt[2]{x}$) berechnet. (siehe Abb. 90, rechts unten)

Die Möglichkeit der Quantisierung " $G(i)$ " wird angewendet, um ein Anregungsspektrum zu simulieren. Der Einfluß der Gewichtung auf die Intonation ist Gegenstand des Kapitels 5.3.1.2 "Standardgewichtete BIAS Messungen".

5.2.3 Referenzinstrument

5.2.3.1 Referenztrompete

Hersteller: Romeo Adaci, Karlsruhe
Baden (Deutschland)

Type: Referenz 2001

Baujahr: ca. 1996

Stimmung: in B

Neuwert: 5000 DM

Material: Goldmessing

Lackierung: Matt versilbert
(glasgestrahlt)

Mensur: Das Instrument (s. Abb.

91) hat eine relativ große Mensur und wurde daher auch mit einem relativ großen Mundstück angeblasen. Der exakte Mensurverlauf wurde von David Sharp in Schottland ausgemessen. Die Abbildungen 92 und 93 zeigen die Meßergebnisse der "Bore Reconstruction". Die genauen Werte sind im Anhang im Kapitel 8.10 tabelliert. Das Meßprinzip zur Rekonstruktion von Mensur-Innenmaßen ist in der Dissertation von Sharp (1997) dokumentiert.



Abb. 91: Referenztrompete
(Seitenansicht und Details)

Das Instrument wurde dankenswerterweise von der Firma Adaci, Karlsruhe, für die Untersuchungen zur Verfügung gestellt. Mittlerweile ging das Instrument in den Besitz des Instituts für Wiener Klangstil über.

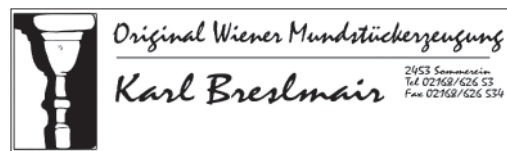
5.2.3.2 Referenzmundstück

Hersteller: Karl Breslmair, Sommerein bei Wien

Modell: G1 (Kessel: G1 Stengel: 1)

Zu diesem Mundstück "Breslmair G1" standen

den Trompetern vier Ränder zur Auswahl : G, H, C und V. Herstellerangaben dazu:



Bez.	Außenfl	Nennweite	Kesselweite	Bemerkung
G	27,500	16,718	16,4	Rand der Komplettmundst cke Serie G (Alte Wiener Form) Markante Innenkante, nach außen flach abfallend. Bietet gute Ausdauer)
H	27,432	16,829	16,4	Kontur nach Bach 1 1/2 C, modifiziert (dem weitverbreitetstem Mundst ck nachempfunden. Schmalere Rand f r hohe Beweglichkeit im Spiel)
C	27,330	17,163	16,4	Kontur nach Bach 1C, (Innenkante gleich, bergang modifiziert)
V	27,315	16,890	16,4	Kontur nach Bach 1 1/4 C, modifiziert

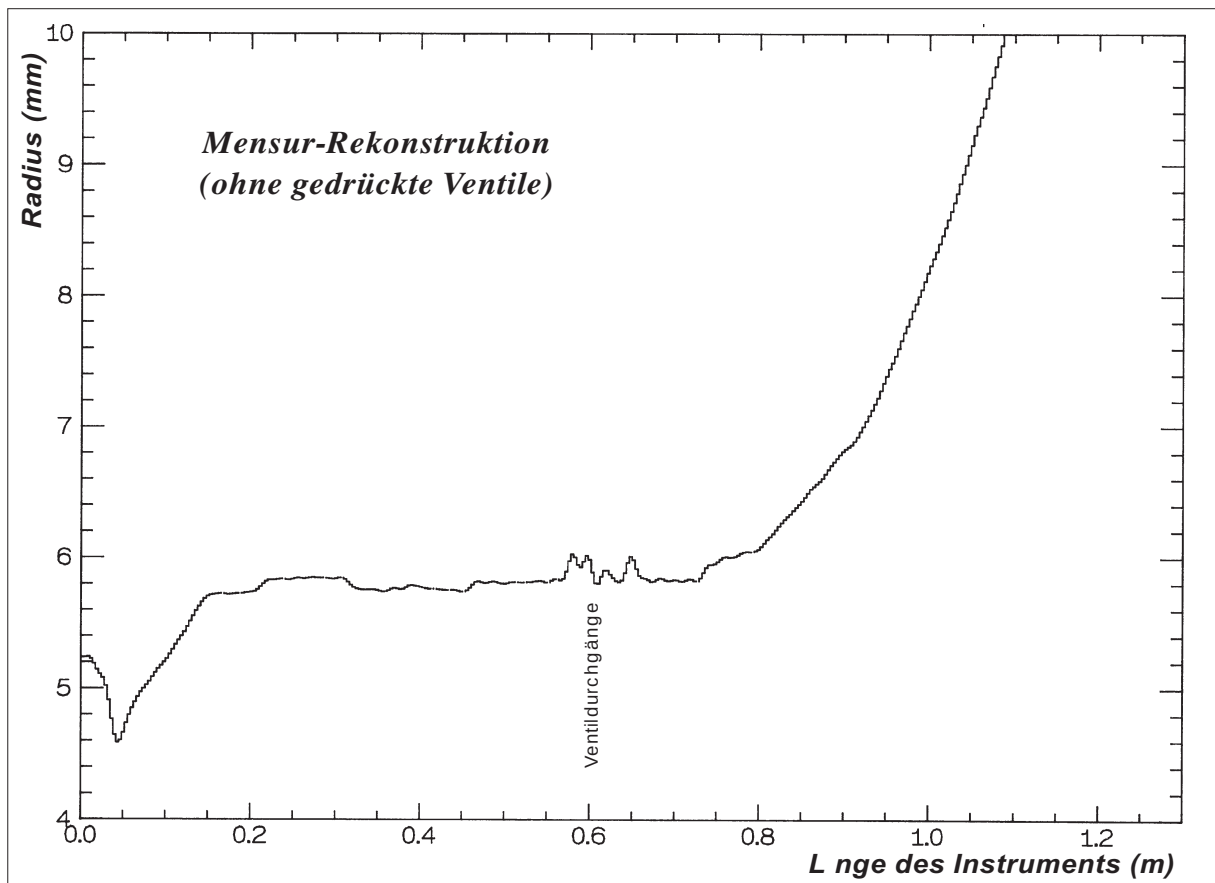


Abb. 92: Mensurverlauf der Referenztrompete (ohne Mundstück) ohne gedrückte Ventile

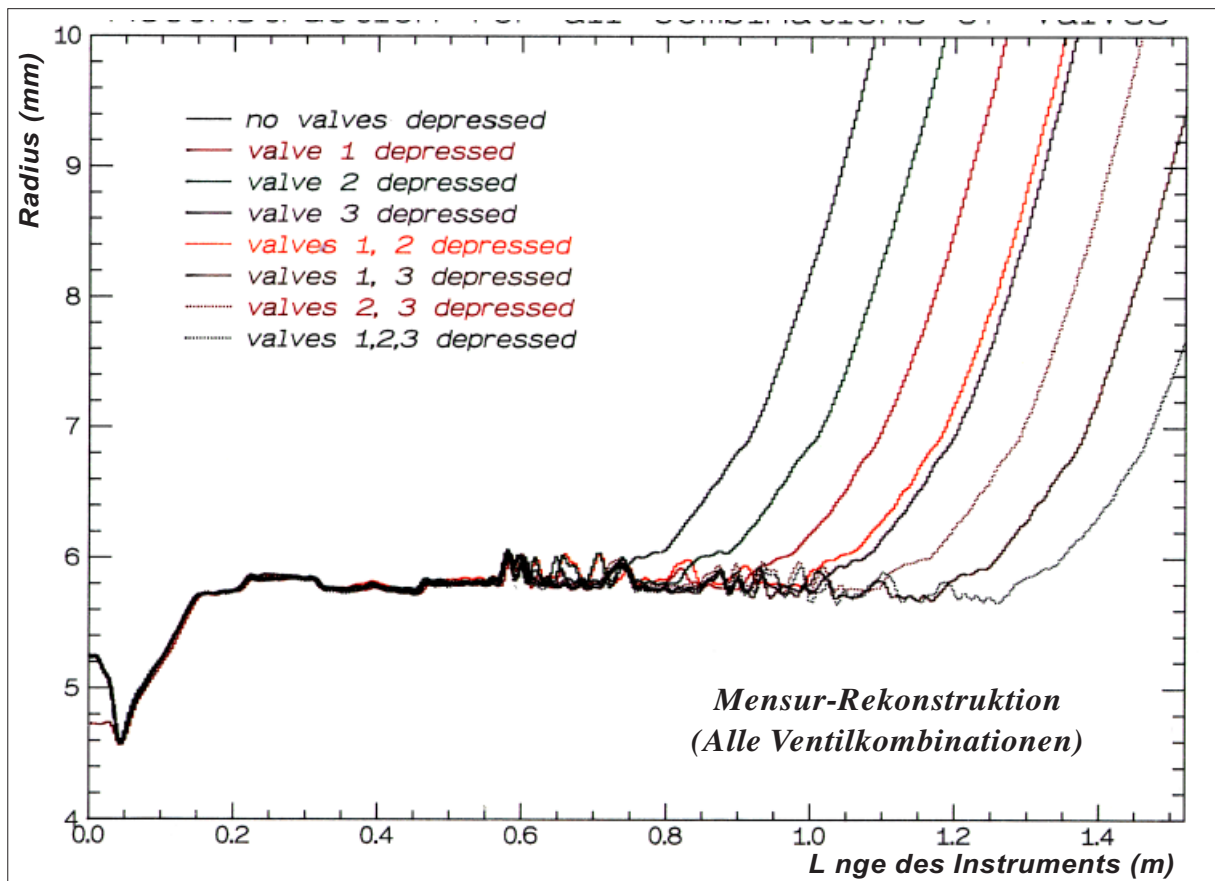


Abb. 93: Mensurverlauf der Referenztrompete (ohne Mundstück) bei allen Ventilkombinationen.

5.2.4 Zu den Notenvorgaben und Abkürzungen

In Laufe der Durchführung dieser Studien wurden viele Daten erfaßt. Zur strukturierten computergestützten Bearbeitung und Auswertung der Datenmengen wurden etliche Kürzel und Sigel verwendet, von denen jedoch die meisten in der vorliegenden schriftlichen Fassung zugunsten der Lesbarkeit nicht mehr aufscheinen. In einigen Abbildungen und Tabellen im Anhang dieser Arbeit erscheinen die Bezeichnungen auf. Die nachfolgende Auflistung soll vor allem jedoch eine eventuelle Orientierung in den Rohdaten der Computer-Dateien zur AV-Studie ermöglichen.

Tasks (Tonbeispiele)

Die von den Trompetern eingespielten Tonbeispiele ("tasks") bestanden aus verschiedenen Abschnitten, die alphabetisch "numeriert" wurden. Einige dieser Abschnitte wurden in kleinere Einheiten segmentiert, die einen eigenen Eintrag erhielten. (Die Notenvorgaben sind im Anhang im Kapitel 8.6 wiedergegeben. Alle Notennamen beziehen sich auf die transponierte Notation der B-Trompete, die jeweils einen Ganzton tiefer erklingen.)

a	Takt (65-71) (<i>f</i> , <i>Beginn</i>) aus dem Trompetenkonzert von Hummel (1. Satz)
b	Takt (90-98) (<i>p</i>) aus dem Trompetenkonzert von Hummel (1. Satz)
u	Ausschnitt von b (Hummel Takt 92 u. 93.)
ux	Ausschnitt von b (Hummel Takt 91 g1 ganze Note)
uxb	1,5 Sekunden von ux mit 50ms Rampe am Ende (Hörbeispiel)
c	Signal aus Beethovens "Leonoren Ouvertüre Nr. 2"
d	Fünf Einzeltöne : as0, c1, g1, fis2, h2
e	Maximale Dynamik : <i>crescendo ppp-fff</i> von h1
ex	200 ms von task e mit 99 dB - 101 dB
f	G-Dur Sequenz
g01	Ausschnitt Task f (tiefere G-Dur Tonleiter) [nur Mikro 2]
g12	Ausschnitt Task f (höhere G-Dur Tonleiter) [nur Mikro 2]
g3k	Ausschnitt Task f (G-Dur Dreiklänge) [nur Mikro 2]
t	Tonleiter g1 bis fis2 aus G Dur Sequenz
o	Oktav-Bindungen am Ende von Task f
g	Lippentriller (Ton-Bindungen ohne Zuhilfenahme der Ventile)
h	Swingphrase (Eigenkomposition)

Dateinamen

Die Dateinamen und Segmente der Klangdateien sind aus einer Zeichenfolge zusammengesetzt, bei denen jede Stelle einer Variablen entspricht:

1. Stelle

- s Sirensignal / 100 dB Pegel
- i (R) Eigenes individuelles Instrument
- r (I) Referenzinstrument

2. Stelle

- 11 Spieler- Nummer chronologisch von 01 bis 35 oder
Instrumenten Nummer von 00 bis 35 (00 = Referenztrompete)

3. Stelle

- b (1) eventuelles weitere Instr. eines Spielers
- B A,B,C,D,E,F,O,G,H Task (Signalausschnitt) siehe oben

4. Stelle

- 1(2,3) Mikrophon 1,2 oder 3

Endung

- .wav „16 bit PCM“.wav“ (Soundfile Typ)
- .sf "S_Tools.SF" (Soundfile Typ)

Beispiel

*i01b3.wav Spieler 01 mit eigener Trompete spielt task b,
aufgenommen mit Mikro 3 als ".wav" Soundfile*

Sonstige Abkürzungen

Bei der Auswertung wurden folgende Abkürzungen und Sigel verwendet

- Ø Mittelwert (Mean)
- Min Minimalwert, Minimum
- Max Maximalwert, Maximum
- SD Standardabweichung (St.abw.)
- Δ Differenzwert
- gtS gleichschwebend temperierte Stimmung

5.2.5 Die Versuchspersonen der Intonations-Studie

5.2.5.1 Zu den Trompetern und ihren Instrumenten

Vor der Durchführung der Aufnahmen haben die Versuchspersonen Angaben zur ihrer Person sowie zu ihrem Instrument gemacht. Im Kapitel 8.12 des Anhangs ist eine Zusammenfassung ihrer eigenen Angaben, sowie ein Video-Schnappschuß von jedem Spieler mit seinem eigenen Instrument wiedergegeben. (Abb. 94 zeigt einen Miniatur-Bild Vergleich all dieser Bilder.)



Abb. 94: Momentaufnahmen der 35 Trompeter und Trompeterinnen. Der Vergleich der Bilder in zeigt die unterschiedlichen Haltungen und Ansatzpositionen der Spieler, die alle dieselben Tonbindungen c2-e2 spielen.

5.2.5.2 Statistische Verteilung der Spielergruppen

Die 35 Versuchspersonen wurden aufgrund ihrer eigenen Angaben in Spielergruppen unterteilt. Nachfolgende Gruppen wurden zur statistischen Auswertung verschiedener Aspekte im Kapitel 5 herangezogen:

Spielerstatus

Professionelle Musiker (Profis): 20

Studenten und Amateure: 15

Die Verteilung zeigt die leicht überdurchschnittliche Beteiligung von professionellen Musikern (siehe auch Abb. 95).

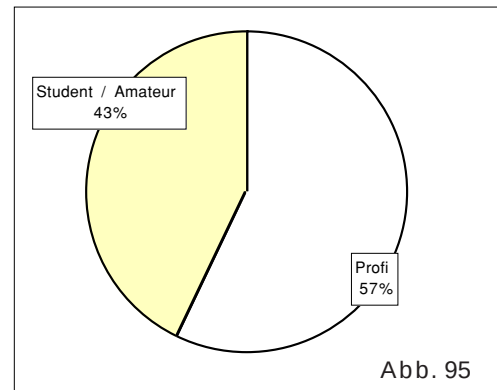


Abb. 95

Geschlecht

Männliche Trompeter: 28

Weibliche Trompeterinnen: 7

Die Verteilung zeigt die überdurchschnittliche Beteiligung von männlichen Spielern (siehe auch Abb. 96). Anzumerken ist außerdem die Tatsache, daß nur ein weiblicher Profi teilgenommen hat.

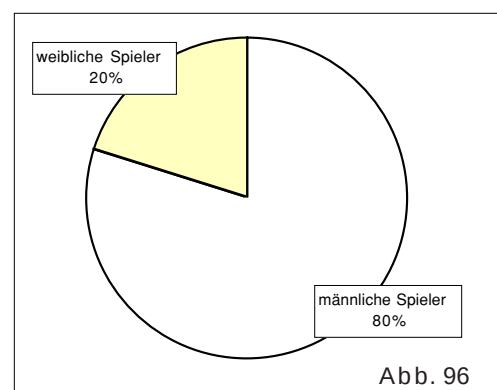


Abb. 96

Spielerfahrung

Spieler mit Spielerfahrung 4-8 Jahre: 4

Spieler mit Spielerfahrung 10-13 Jahre: 11

Spieler mit Spielerfahrung 15-18 Jahre: 4

Spieler mit Spielerfahrung 20-26 Jahre: 10

Spieler mit Spielerfahrung 31-37 Jahre: 6

Die durchschnittliche Spielerfahrung aller 35 Spieler beträgt 18,26 Jahre. Aufgrund des relativ hohen Schwierigkeitsgrades der abverlangten Musikbeispiele sind keine Anfänger bzw. Spieler mit weniger Spielerfahrung unter den Versuchspersonen (siehe auch Abb. 97).

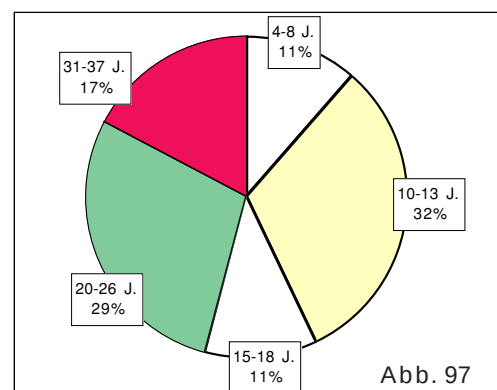


Abb. 97

Jahrgang (Altersgruppen)

16-21 Jahre: 5 22-26 Jahre: 8 27-31 Jahre: 8

32-36 Jahre: 5 37-41 Jahre: 5 42-46 Jahre: 2

46-51 Jahre: 2

Das mittlere Geburtsdatum aller Spieler ist der 26.10.1966, so daß das Durchschnittsalter bei etwa 31 Jahren lag. (siehe auch Abb. 98)

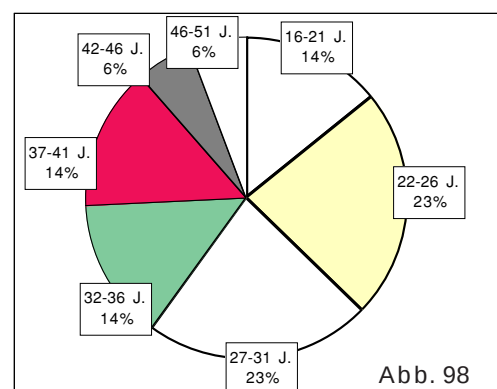


Abb. 98

Repertoire-Erfahrung

Die Abgrenzung von klassischer- und Jazz- oder Populärmusik ist nicht unproblematisch. Auch die genaue Bestimmung des jeweiligen Anteils der Musikrichtung am eigenen Repertoire ist nicht einfach. Dennoch wurden mittels Angaben der Versuchspersonen folgende Gruppen gebildet:

Spieler mit 100 % klass. Repertoireanteil: 19

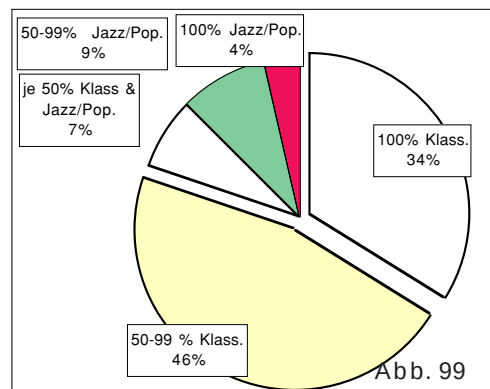
Spieler über 50 % klass. Repertoireanteil: 26

Spieler mit genau 50 % klass. Repertoireanteil: 4

Spieler mit über 50 % Repertoire aus Pop & Jazz: 5

Spieler mit 100 % Repertoire aus Pop & Jazz: 2

Das von den Spielern angegebene Repertoire ist überwiegend klassisch ausgeprägt ($\bar{x}=77,76\%$). Der durchschnittliche Anteil an Jazz oder Populärmusik beträgt 22,24%. (siehe auch Abb. 99)



Erfahrungsbereiche

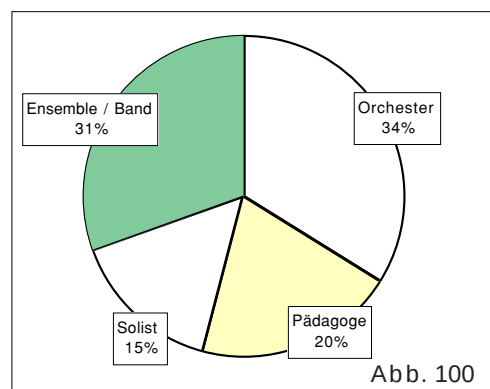
Jede Versuchsperson gab ihre musikalischen Erfahrungsbereiche an. Mehrfachnennungen waren möglich. (siehe auch Abb. 100)

Spieler mit Orchester-Erfahrung: 20

Erfahrung als Pädagoge: 12

Erfahrung als Solist: 9

Erfahrung in Ensemble oder Bands: 18



Haupt-Trompetenlehrer

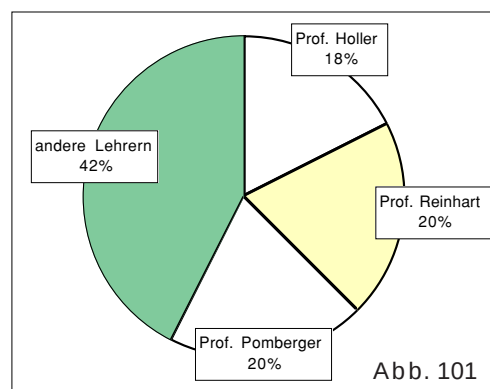
Schüler von Prof. Holler: 7

Schüler von Prof. Reinhart: 8

Schüler von Prof. Pomberger: 8

Schüler von anderen Lehrern: 17

Mehr als die Hälfte der Versuchspersonen studiert oder studierte bei einem der drei Professoren an der Musikhochschule Wien. (siehe auch Abb. 101)

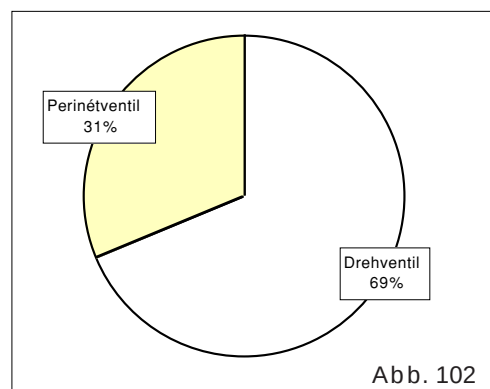


Ventiltyp des eigenen Instrument (I)

Spieler mit Drehventiltrompeten: 24

Spieler mit Perinétventiltrompeten: 11

Die Verteilung in Abb. 102 zeigt die überdurchschnittliche Beteiligung von Spielern mit Drehventiltrompeten.



5.3 Auswertung der mit BIAS gemessenen Intonation

Die von den Musikern bei den Aufnahmen gespielten Instrumente wurden mit dem am Institut für Wiener Klangstil entwickelten BIAS gemessen. Wie im Kapitel 5.2.2 beschrieben wurde, handelt es sich um eine akustische Messung des Instruments, die ohne Einfluß eines Spielers objektive Meßwerte ermittelt. Aus der gemessenen Eingangsimpedanz des Instruments berechnet das Programm die Lage der Resonanzfrequenzen. Aus der absoluten Position der Naturtöne wird ein Referenz-Stimmton (a_1) ermittelt, bei dem die gespielten Naturtöne ($c_1, g_1, c_2, e_2, g_2, c_3, e_3$) in Summe eine minimale Abweichung zur gleichschwebend temperierten Stimmung (gtS) haben.

Anschließend wird die Abweichung von allen spielbaren Tönen zur gleichschwebend temperierten Stimmung mit dem Bezugs-Stimmton berechnet. Für jedes gemessene Instrument wurde ein für den Zeitpunkt „optimaler“ Referenz-Stimmton (a_1) ermittelt, der zwischen 430 Hz und 450 Hz liegt. Dies ist notwendig, da die absolute Höhe u.a. temperaturabhängig ist. In der Praxis kann dies mit dem Stimmzug ausgeglichen werden. Die hier angeführten Vergleiche der Meßdaten beziehen sich immer auf die relativen Abweichungen zur gleichschwebend temperierten Stimmung.

Auf den Abbildungen 103-105 sind entlang der Abszisse alle spielbaren Töne einer B-Trompete aufgetragen. Die Notennamen bezeichnen notierte Töne der B-Trompete, die einen Ganzton tiefer erklingen. Auf der Ordinate sind die Abweichungen von der gleichschwebend temperierten Stimmung in Cents angegeben. (Die Abbildungen unterscheiden sich durch die unterschiedliche Berücksichtigung von Gewichten, die nachfolgend verglichen werden).

Die Grafiken zeigen die Meßwerte der 35 Instrumente, welche die Versuchspersonen als eigenes Instrument in der Studie verwendeten, als Kurven in schwarzen Linien. Desweiteren sind mehrere Messungen der Referenztrompete sowie der Mittelwert der Messungen der Referenztrompete [M00(M)] mit blauen Linien eingezeichnet.

Die Mittelwerte aller Messungen sind als rote Linien in den Vordergrund dieser Abbildungen gerückt, um die Streuung der einzelnen Kurven um diesen Wert hervorzuheben.

Das arithmetische Mittel der einzelnen Messungen beschreibt sehr klar den prinzipiellen Verlauf der mit BIAS gemessenen Intonation. Alle Werte befinden sich innerhalb eines 35 bis 50 Cent breiten Bandes um den Mittelwert. Auch der Gestutzmittelwert liegt sehr eng beim Mittelwert. (Beim Gestutzmittelwert werden die extremsten 10% der Werte nicht berücksichtigt, um eventuelle Meßfehler oder Ausreißer auszuschließen)

5.3.1 Einfluß der Gewichtungen

5.3.1.1 Ungewichtete Messungen

Betrachtet man die Abweichungen der Meßkurven von der gleichschwebend temperierten Stimmung auf Abb. 103, so fallen zunächst die starken Abweichungen in der tiefen Lage auf.

Das cis1 und das d1 liegen besonders hoch. Diese Tatsache ist jedem Spieler und Instrumentenmacher bekannt und ist durch Zuschaltung mehrerer Ventile bedingt. Die Problematik der Ventil-Kombinationen ist Gegenstand von Kapitel 5.3.2. Speziell für die Töne cis1 und d1 sind an fast allen Trompeten sogenannte Trigger angebracht, um die Töne zusätzlich vertiefen zu können. Diese Trigger wurden bei den BIAS-Messungen nicht betätigt. Die Korrektur der Töne obliegt also dem Spieler und die Abweichung dieser Töne kann daher außer Acht gelassen werden.

Die tiefen Töne unterhalb des c1 sind extrem tief. Theoretisch können die Abweichungen über -50 Cent sogar weit größer sein, da BIAS maximal Abweichungen bis +/- 50 Cent anzeigt, und jeden Wert darüber mit +/- 51 ausgibt. Betroffen sind Töne, die mit der zweiten Resonanzfrequenz gespielt werden. Diese ist auch die tiefste Resonanz die auf der Trompete gespielt wird und hat das Merkmal vom harmonischen Schema der höheren Resonanzen leicht abzuweichen. (Jedoch nicht so stark wie die erste Resonanzspitze, die aus diesem Grund nicht mehr musikalisch sinnvoll spielbar ist).

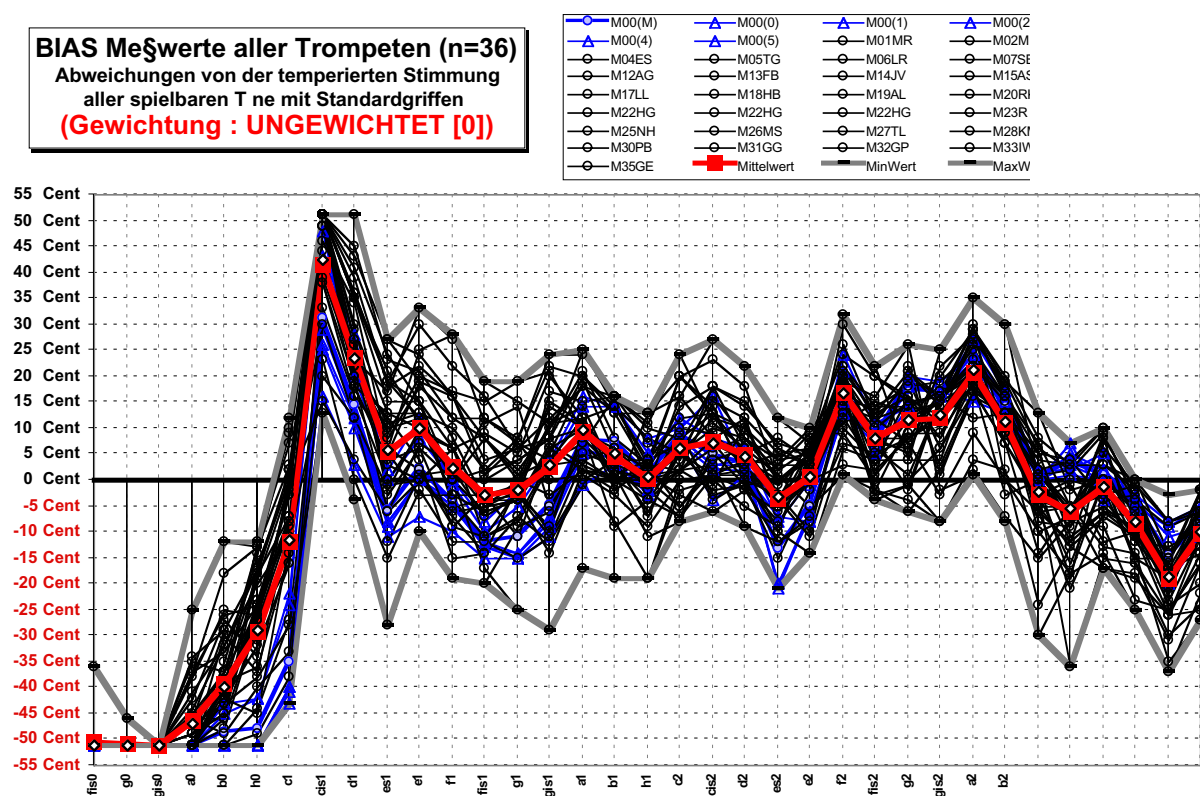


Abb. 103: BIAS Messungen (ungewichtet) von 35 Trompeten (schwarze Linien) und Mehrfachmessungen der Referenztrompete (blaue Linien).

Die Töne fis0 bis c1 liegen zwar um einiges zu tief, doch von einem Musiker gespielt sind die Töne wesentlich höher. Ursache dafür ist die Tatsache, daß die „ungewichtete Intonation“ (Gew=0) von einer sinusförmigen Anregung ausgeht, was beim Spielen nicht zutrifft. Bei der Tonerzeugung sind stets mehrere harmonische Teiltöne beteiligt. Die Anzahl und Stärke der Teiltöne ist unter anderem von der gespielten Dynamik abhängig. Um diesem Aspekt Rechnung zu tragen, kann BIAS mittels Gewichtungen eine unterschiedlich starke Beteiligung höherer Teiltöne miteinbeziehen.

5.3.1.2 Standardgewichtete Messungen

Die Standardgewichtung (Gew=2) von BIAS wurde in bisherigen Versuchen als geeignet betrachtet, das Teiltönspektrum zu simulieren, welches bei einem mezzoforte als Anregungsspektrum vom Spieler produziert wird. Die Standardgewichtung berücksichtigt die Vielfachen der jeweilig gespielten Grundfrequenz (die Obertöne) mit dem Gewicht $x^{-1/2}$ bei dem x als Index für den Teilton steht. Mit dieser Formel wird die Impedanz neu berechnet, und anschließend in der selben Prozedur wie auch ohne Gewichtung, die Intonation berechnet. (Siehe Kapitel 5.2.2.2)

Abbildung 104 zeigt die Meßergebnisse mit der standardgewichteten Intonation. Im Vergleich zur ungewichteten ist insbesondere die Erhöhung der tiefen Lage des Instrumentes auffallend.

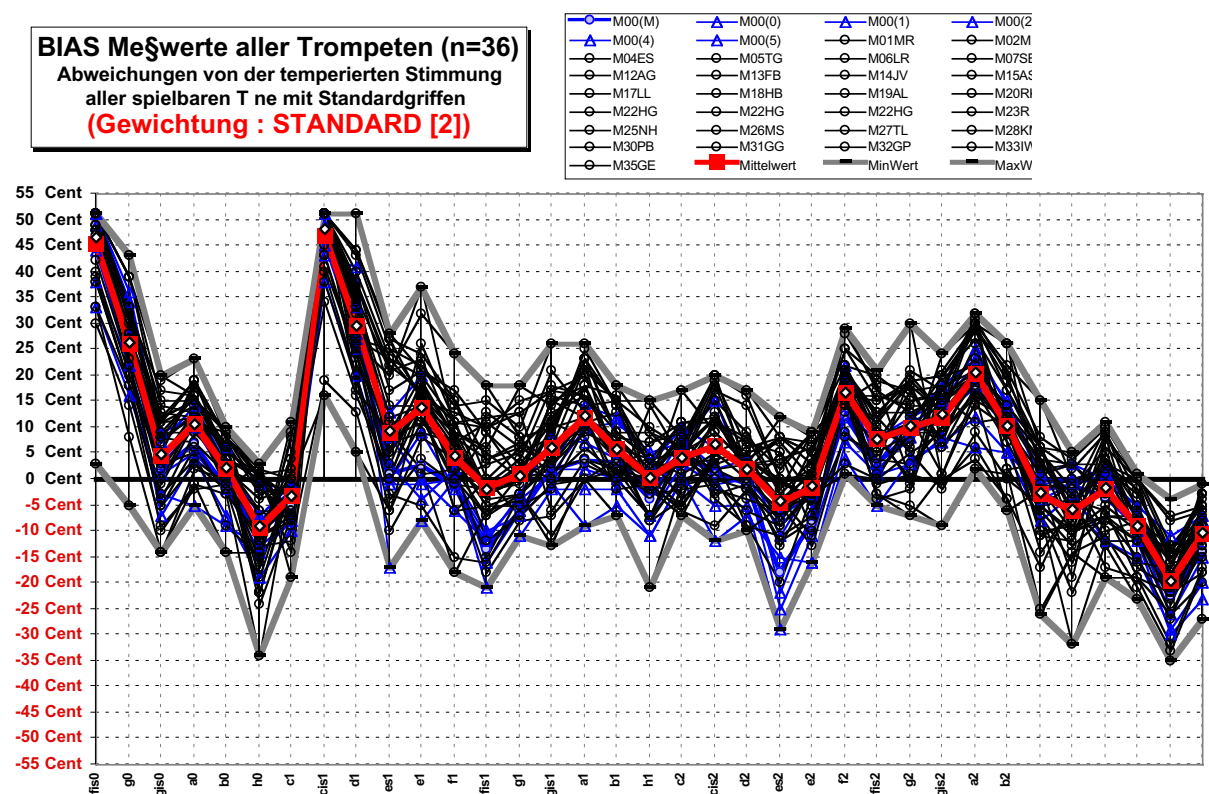


Abb. 104: BIAS Messungen (standardgewichtet) von 35 Trompeten (schwarze Linien) und Mehrfachmessungen der Referenztrompete (blaue Linien).

Die tiefsten Töne der Trompete - das fis0 und g0 - liegen mehr als 25 Cent oberhalb der gleichschwebend temperierten Stimmung. Die folgenden Töne gis0 bis h0 weichen deutlich weniger von dieser Stimmung ab als bei der ungewichteten Intonation.

Vergleicht man das mittlere und höhere Register mit der ungewichteten Intonation, so sind Unterschiede kaum auffallend.

Inwieweit die Simulation des Anregungsspektrums mittels Gewichtung der tatsächlich gespielten Intonation entspricht, soll im Kapitel 5.5 untersucht werden.

5.3.1.3 Fortissimogewichtete Messungen

Diese Gewichtung versucht, das Anregungsspektrum eines im fortissimo gespielten Tones zu simulieren. Bei der Fortissimo Gewichtung (Gew=5) erhalten die höheren Teiltöne noch mehr „Gewicht“. Die Berechnung erfolgt mit der Formel $x^{-1/5}$ (x steht als Index für den Teilton). Die mit dieser Gewichtung errechnete Intonation (siehe Abbildung 105) unterscheidet sich jedoch fast nicht von der mit Standardgewichtung.

Der Minimalwert in der tiefen Lage liegt sehr tief, was vermutlich darauf zurückzuführen ist, daß bei der Messung eines Instruments Einstreuungen in einem höheren Frequenzbereich auftraten, die dann bei der Berechnung der gewichteten Impedanz einberechnet wurden. Der Gestutzt-mittelwert liegt bei den Tönen fis0 bis c1 daher über dem Mittelwert.

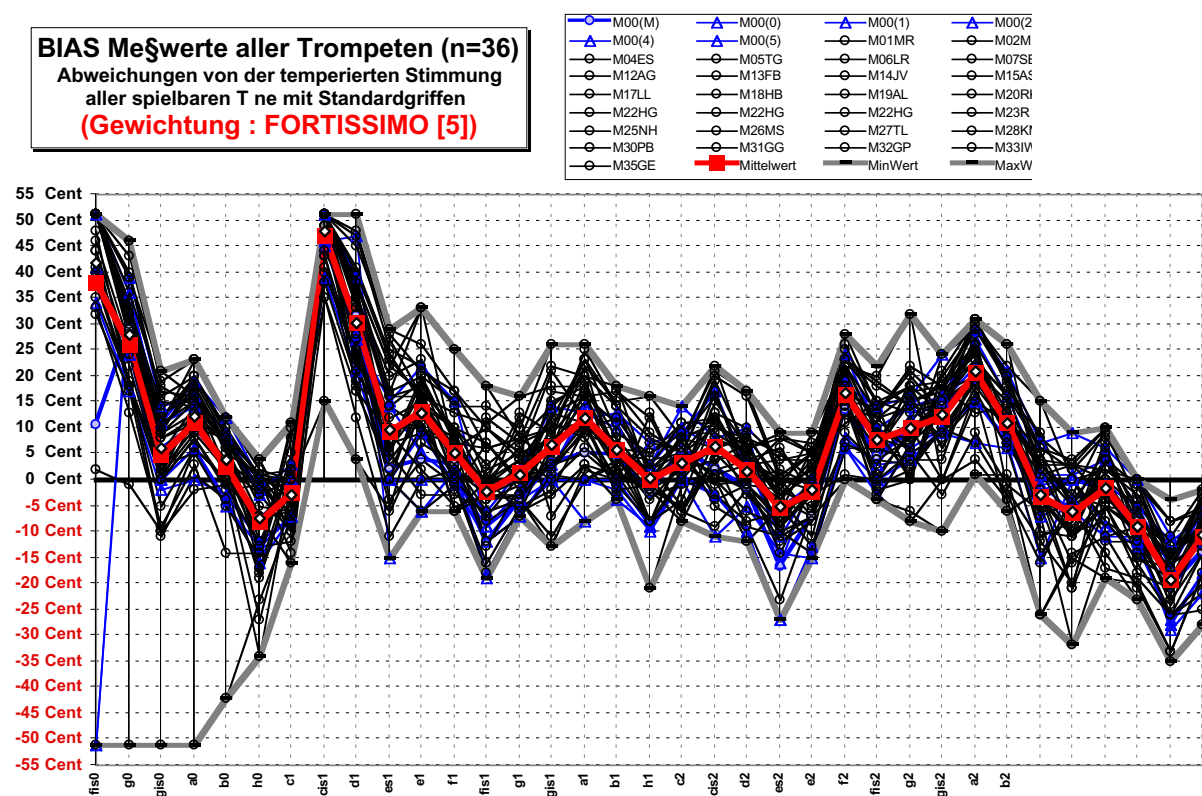


Abb. 105: BIAS Messungen (fortissimogewichtet) von 35 Trompeten (schwarze Linien) und Mehrfachmessungen der Referenztrompete (blaue Linien).

5.3.1.4 Gewichtungsunabhängige Merkmale

Auf der Folgeseite in der Abb. 106 sind die Mittelwerte der drei unterschiedlichen Gewichtungen anhand der Meßdaten der Referenztrompete gesondert dargestellt. Man erkennt deutlich die Unterschiede in der tiefen Lage. Im mittleren und oberen Register unterscheiden sich die Kurven kaum.

Auf allen drei Kurven erkennt man nachfolgende Abweichungen zur gleichschwebend temperierten Stimmung:

- Das mit Ventil 1+2 gespielte a1 und besonders das a2 sind sehr hoch. Diese Töne können auch mit dem 3. Ventil gespielt werden, das ebenfalls um eine kleine Terz erniedrigt, jedoch eine etwas kürzere Rohlänge zuschaltet. Die Griffkombination 1+2 ist der Standardgriff. (siehe Kapitel 5.3.2 Ventilkombinationen.)
- Als besonders hoch fällt der Ton f2 auf. Die mittlere Abweichung liegt bei 17 Cent. Auf keinem der 36 gemessenen Instrumente ist der Ton zu tief. Manche Instrumente haben auch am ersten Ventil einen Trigger. Dieser würde eine Korrektur nach unten ermöglichen. In der Praxis wird der Trigger für diesen Ton nicht verwendet.
- Bemerkenswert ist das Abfallen der Kurve in der dreigestrichenen Oktave. Insbesondere das es3 liegt über 20 Cent unter der Nulllinie. Der Ton es3 liegt zwar bereits in einer sehr hohen Lage, wird aber unter anderem beim Konzert von Joseph Haydn sehr prominent eingesetzt. Dieser Ton wurde mit dem Standardgriff 2 gemessen. In der hohen Lage sind jedoch auch einige andere Griffkombinationen möglich und üblich.
- Interessant ist die Betrachtung der Intonation der Töne mit ein und derselben Griffkombination, also den jeweiligen der Naturtonreihen. Die Töne, die ohne Zuhilfenahme von Ventilen gespielt wurden, wurden für alle Messungen zur Bestimmung der Grundstimmung herangezogen, so daß die Summe der Abweichungen minimal gegenüber der gleichschwebend temperierten Stimmung ist. Die Impedanzspitzen 1 und 7 (der „falsche“ Grundton und die tiefe Septime) werden in der Berechnung nicht berücksichtigt). Die Beurteilung der übrigen Ventilkombinationen erfolgt nach diesem ermittelten Stimmtone a1.
- Die Mittelwerte der Naturtöne (ohne Ventile) c1, g1, c2, e2 und c3 stimmen relativ gut, bzw. weichen kaum mehr als 5 Cent von der gleichschwebend temperierten Stimmung ab. Diese Töne entsprechen der 2.-5. und 8. Resonanzspitze der Impedanzmessung. Die 6. Spitze hingegen - das g2 - liegt über 10 Cent über der Nulllinie, und die 10. Spitze - das e3 - liegt über 10 Cent unter derselben. Dieser Grundtendenz folgen die Töne der 6. und 10. Impedanzspitze der anderen Resonanzreihen mit zugeschalteten Ventilen.

Intonation der Referenz-Trompete nach BIAS Abweichungen des Mittelwertes mehrerer Messungen von der gleichschwebend temperierten Stimmung Alle spielbaren T'en mit Standardgriffen (Trompete in B notiert)

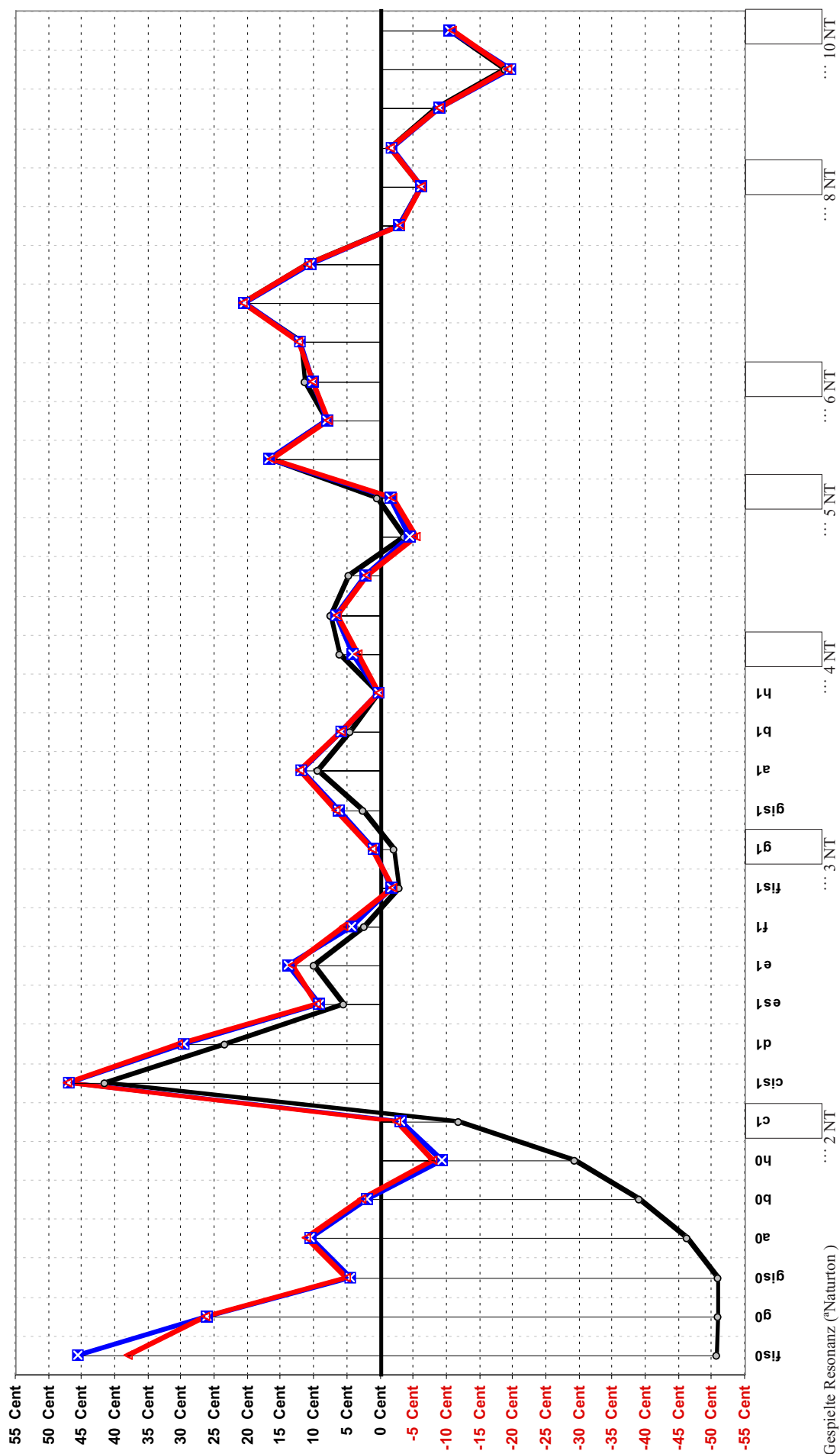


Abb. 106: Die Mittelwerte der ungewichteten und gewichteten Intonationen nach BIAS im Vergleich.

5.3.2 Ventilkombinationen

Die Ventile der Trompeten waren seit ihrer Erfindung im Jahre 1815 ein beliebtes Gebiet für Experimente¹. Die heutzutage meistverwendete Konstruktion stammt von Etienne Périnet und wurde bereits im Jahr 1839 entwickelt. Neben diesem Pumpventilprinzip sind in Deutschland und Wien insbesondere in sinfonischen Orchestern vorwiegend Instrumente mit Drehventilen im Einsatz. (Siehe auch Vergleich der Intonation beider Gruppen Kap. 5.3.4 und 5.4.4.5) Bei jedem dieser Systeme treten prinzipiell Probleme hinsichtlich der Intonation auf, wenn zwei oder mehr Ventile eingeschaltet werden.

Das Problem sei kurz umrissen: Das 2. Ventil erniedrigt um einen Halbton, indem es 6% Rohrlänge dazuschaltet. Das 1. Ventil erniedrigt mit 12 % um einen Ganzton. Die Kombination von Ventilen ist Ursache für Intonationsfehler, da z.B. bei gedrücktem 1. Ventil die Rohrlänge des 2. Ventils etwas länger sein müßte um weitere 6 % (ein Halbton) zu erniedrigen. Das dritte Ventil erniedrigt um eine kleine Terz. Die Rohrlänge des 3 Ventilzuges ist jedoch ein Kompromiß für mehrere Ventilkombinationen. Zur Kompensation der Intonation besitzt der dritte Ventilzug mittlerweile fast prinzipiell einen eigenen Korrekturstimmzug, den sogenannten Trigger. Zahlreiche Modelle haben auch eine Triggervorrichtung am ersten Ventilzug. Mit diesem Hilfsmittel kann die Tonhöhe manuell beim Spiel korrigiert werden, was jedoch einen zusätzlichen spieltechnischen Mehraufwand birgt. Aus diesem Grund wird der Trigger oft nur bei länger erklingenden Tönen betätigt. Bei schnelleren Passagen wird auf den Ausgleich oft verzichtet.

Die BIAS Messungen zeigen das Intonationsproblem deutlich: Je mehr Ventile zugeschaltet werden, umso höher liegt der Ton. Insbesondere das cis1 und d1 sind so hoch, daß jeder Trompeten-Anfänger bald lernt, den Trigger als Hilfsmittel zum Ausgleich zu verwenden.

Die Messungen zeigen auch, daß die Ventilkombination 1+2 deutlich höher als die Naturtöne ohne Ventile liegen. Der Hilfsgriff mit 3. Ventil, mit dem man diese Töne auch spielen kann, liegt zwar meist wesentlich besser, wird jedoch in der Praxis nicht als Standardgriff verwendet. Nur in Ausnahmefällen wird z.B. das a2 mit dem 3. Ventil gespielt. Spieltechnisch bieten Zeige- und Mittelfinger mehr Flexibilität als der Ringfinger.

Bei vielen Instrumenten bietet der Trigger am 1. Ventil auch die Möglichkeit, zu hohe Töne, wie das f2, nach unten auszugleichen. Soweit dem Autor bekannt ist, wird davon jedoch nur in Ausnahmefällen Gebrauch gemacht. Meist wird dieser Trigger nur zusammen mit dem dritten Ventil für die Töne cis1 und d1 verwendet.

Die Resultate der BIAS Messungen sind in der nachfolgenden Tabelle 18 und in der Abbildung 107 zusammengefaßt.

¹ siehe Bruce Holcomb (1983), Christian Ahrens (1986), Günther Dullat (1989) und Herbert Heyde (1987).

Tabelle 18 gibt die arithmetischen Mittelwerte aller standardgewichteten BIAS Messungen wieder. Neben der Zeilennummer ist in der zweiten Spalte die Ventilkombination angegeben. Die Tabelle gilt für die bei den BIAS Messungen verwendeten Standardgriffe. In der dritten Spalte ist die Resonanzspitze angegeben, mit der der Ton erzeugt wird.

Die nächsten beiden Spalten enthalten die notierte Tonhöhe für B-Trompeten. Anschließend ist die Abweichung von der gleichschwebend temperierten Stimmung in Cent tabelliert. Abweichungen über 20 Cent von der gleichschwebend temperierten Stimmung wurden als „sehr hoch“ bzw. „sehr tief“ benannt. Abweichungen unter 10 Cent wurden als „etwas hoch“ bzw. „etwas tief“ benannt. Diese Werte sind nachfolgend auch in der Abbildung 107 grafisch dargestellt.

Die vorletzte Spalte enthält die tatsächlich klingende Tonhöhe und in der letzten Spalte sind die Töne der G-Dur Tonleiter, die im Kapitel 5.5 mit der gespielten Intonation verglichen werden, mit einem Sternchen gekennzeichnet.

Nr.	Ventilkombination	Impedanz-Spitze	Sollfrequenz (gts, a=440Hz)	Ton notiert	Mittlere Abweichung Gew=2 (gtS)	Einstufung	klingender Ton	f
1	Ventilkomb. 1+2+3	2. Res.	164,8 Hz	fis0	45,7 Cent	sehr hoch*	e0	
2	Ventilkomb. 1+3	2. Res.	174,6 Hz	g0	26,2 Cent	sehr hoch*	f0	*
3	Ventilkomb. 2+3	2. Res.	185,0 Hz	gis0	4,7 Cent	etwas hoch	fis0	
4	Ventilkomb. 1+2	2. Res.	196,0 Hz	a0	10,6 Cent	hoch	g0	*
5	Ventil 1	2. Res.	207,7 Hz	b0	2,1 Cent	etwas hoch	gis0	
6	Ventil 2	2. Res.	220,0 Hz	h0	-9,3 Cent	tief	a0	*
7	ohne Ventil	2. Res.	233,1 Hz	c1	-3,1 Cent	etwas tief	b0	*
8	Ventilkomb. 1+2+3	3. Res.	246,9 Hz	cis1	47,0 Cent	sehr hoch*	h0	
9	Ventilkomb. 1+3	3. Res.	261,6 Hz	d1	29,6 Cent	sehr hoch*	c1	*
10	Ventilkomb. 2+3	3. Res.	277,2 Hz	es1	9,2 Cent	hoch	cis1	
11	Ventilkomb. 1+2	3. Res.	293,7 Hz	e1	14,0 Cent	sehr hoch	d1	*
12	Ventil 1	3. Res.	311,1 Hz	f1	4,4 Cent	etwas hoch	es1	
13	Ventil 2	3. Res.	329,6 Hz	fis1	-1,6 Cent	etwas tief	e1	*
14	ohne Ventil	3. Res.	349,2 Hz	g1	1,1 Cent	etwas hoch	f1	*
15	Ventilkomb. 2+3	4. Res.	370,0 Hz	gis1	6,4 Cent	hoch	fis1	
16	Ventilkomb. 1+2	4. Res.	392,0 Hz	a1	12,1 Cent	hoch	g1	*
17	Ventil 1	4. Res.	415,3 Hz	b1	5,9 Cent	hoch	gis1	
18	Ventil 2	4. Res.	440,0 Hz	h1	0,3 Cent		a1	*
19	ohne Ventil	4. Res.	466,2 Hz	c2	4,2 Cent	etwas hoch	b1	*
20	Ventilkomb. 1+2	5. Res.	493,9 Hz	cis2	6,7 Cent	hoch	h1	
21	Ventil 1	5. Res.	523,3 Hz	d2	2,2 Cent	etwas hoch	c2	*
22	Ventil 2	5. Res.	554,4 Hz	es2	-4,4 Cent	etwas tief	cis2	
23	ohne Ventil	5. Res.	587,3 Hz	e2	-1,4 Cent	etwas tief	d2	*
24	Ventil 1	6. Res.	622,3 Hz	f2	16,9 Cent	sehr hoch	es2	*
25	Ventil 2	6. Res.	659,3 Hz	fis2	8,0 Cent	hoch	e2	
26	ohne Ventil	6. Res.	698,5 Hz	g2	10,3 Cent	hoch	f2	*
27	Ventilkomb. 2+3	8. Res.	740,0 Hz	gis2	12,2 Cent	hoch	fis2	
28	Ventilkomb. 1+2	8. Res.	784,0 Hz	a2	20,6 Cent	sehr hoch	g2	
29	Ventil 1	8. Res.	830,6 Hz	b2	10,6 Cent	hoch	gis2	
30	Ventil 2	8. Res.	880,0 Hz	h2	-2,9 Cent	etwas tief	a2	
31	ohne Ventil	8. Res.	932,3 Hz	c3	-6,0 Cent	tief	b2	
32	Ventilkomb. 1+2	10. Res.	987,8 Hz	cis3	-1,7 Cent	etwas tief	h2	
33	Ventil 1	10. Res.	1046,5 Hz	d3	-8,9 Cent	tief	c3	
34	Ventil 2	10. Res.	1108,7 Hz	es3	-19,5 Cent	sehr tief	cis3	
35	ohne Ventil	10. Res.	1174,7 Hz	e3	-10,5 Cent	tief	d3	

Tabelle 18: Arithmetische Mittelwerte aller 36 standardgewichteten BIAS Messungen (mit Standardgriffen).

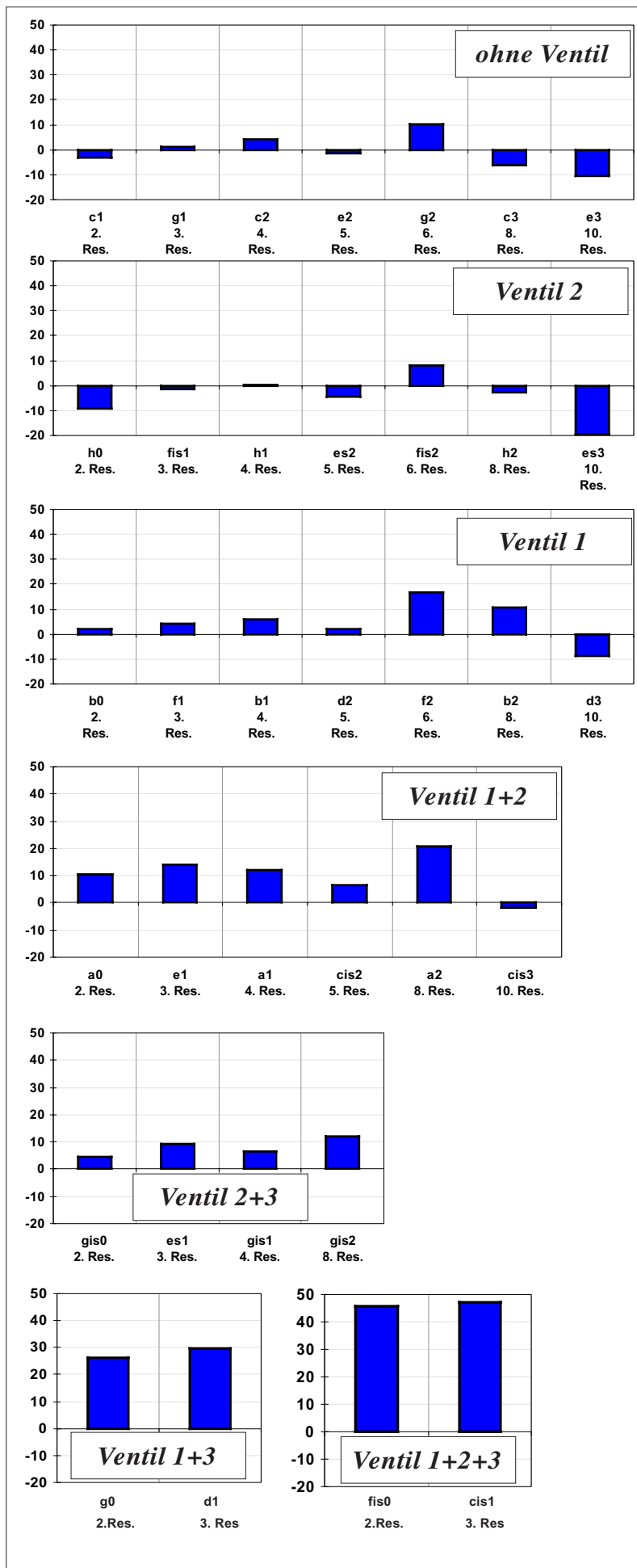


Abb. 107: Intonation der Töne mit jeweils gleicher Ventilkombination. Arithmetische Mittelwerte aller 36 standardgewichteten BIAS Messungen.

5.3.3 Referenztrompete

Die in dieser Studie verwendete Referenz B-Trompete „Referenz 2001“ stammt von der Firma Adaci aus Karlsruhe, Deutschland. (Siehe auch Kapitel 5.2.3.1). Abgesehen von ihrem modernen äußeren Design entspricht die Trompete einem heute üblichen Instrument mit Perinétventilen. Für die BIAS-Messungen (wie auch für die Aufnahmen der Versuchspersonen mit diesem Instrument) wurde die Referenztrompete prinzipiell mit einem Mundstück der Firma Breslmair „Modell G1“ kombiniert. Das Instrument wurde im Verlauf der Studie mehrmals mit BIAS gemessen.

Die nächste Grafik, Abbildung 108, zeigt den Mittelwert mehrerer Messungen der Referenztrompete als schwarze Kurve im Vergleich zum Mittelwert aller 35 Instrumente der Versuchspersonen, die als rote gestrichelte Kurve dargestellt wird. Auffallend ist der nahezu deckungsgleiche Verlauf der Intonation. Die Referenztrompete folgt dem charakteristischen Verlauf der Intonation aller gemessenen Trompeten in B. Leichte Abweichungen sind lediglich beim e1, fis1, es2 und c3 zu finden. Die Charakteristik ist demnach sehr typisch, und unterstreicht die Modellbezeichnung „Referenz“. Romeo Adaci, der Erbauer der Referenztrompete, gab zur Intonation von Trompeten folgende Auskünfte (in einem Telefonat am 2. Febr. 1998):

„Die Intonationskontrolle basiert auf Erfahrungswerten. Neben sauberen Oktaven ist vor allem eine Quintenreinheit ohne Schwebung das Ziel. Die Stimmung ist eher rein als gleichschwebend temperiert. Gestimmt wird jede Naturtonreihe für sich. Erwünscht ist eine etwas hohe und glänzende Terz (e2) und hohe Leittöne. Aufgrund komplexer physikalischer Gegebenheiten ist jedoch alles ein Kompromiß. Ein perfektes Stimmen ist nicht möglich.“

Diese Aussage betont erneut, daß die Intonation empirisch realisiert und praktisch umgesetzt wird. Die Messungen spiegeln jedoch die erwünschten Ziele nicht wieder. Oktaven und Quinten sind laut BIAS nicht wirklich rein. Im Kapitel 5.4 wird nachgeprüft, was die Spieler aber tatsächlich spielen.

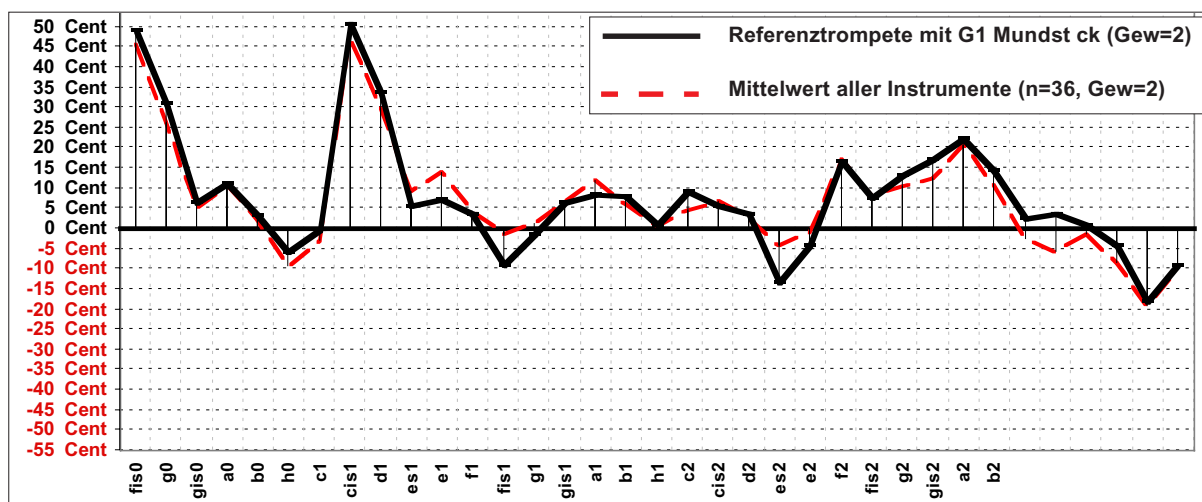


Abb. 108: Die Intonation der Referenztrompete im Vergleich zu allen gemessenen Trompeten. Abweichung von der gleichschwebend temperierten Stimmung.

5.3.4 Instrumentengruppen im Vergleich.

Um mehr über die gemessenen Werte und deren Verteilung innerhalb der Bandbreite um den Mittelwert zu erfahren, wurden weitere Untersuchungen angestellt. Es wurden Mittelwerte von Instrumentengruppen gebildet. Auf den nachfolgenden Abbildungen sind neben den statistischen Werten von allen Instrumenten und der Referenztrompete, die Mittelwerte folgender Instrumentengruppen aufgetragen:

- 21 Instrumente die von Profis gespielt werden
- 14 Instrumente die von Studenten gespielt werden
- 12 Trompeten mit Perinétventilen
- 24 Trompeten mit Drehventilen
- 13 Kombinationen einer Trompete der Firma Lechner mit einem Mundstück der Firma Breslmair (alle auch mit Drehventilen)

In Abb. 109 sind die ungewichteten BIAS Werte zum Vergleich aufgetragen: Auf den ersten Blick sind die fast deckungsgleichen Kurven auffallend. Lediglich die schwarze Kurve der Referenztrompete liegt in der untersten Oktave etwas tiefer und weicht in der höheren Lage bei den Einzeltönen es2, g2, c3 ab. Die Werte der untersuchten Gruppen verlaufen erstaunlich ähnlich. Die beiden lila Kurven der Instrumente mit Drehventilen sind fast identisch. Die Instrumente der Profis und der Studenten weisen ebenfalls keine signifikanten Unterschiede bezüglich der gemessenen Intonation auf. Die Werte liegen sehr nahe beim Durchschnitt.

"Ungewichtete" Intonationen von Trompeten nach BIAS (in Gruppen)
Abweichungen von Mittelwerten von der gleichschwebend temperierten Stimmung
Alle spielbaren Töne mit Standardgriffen (Trompete in B notiert)

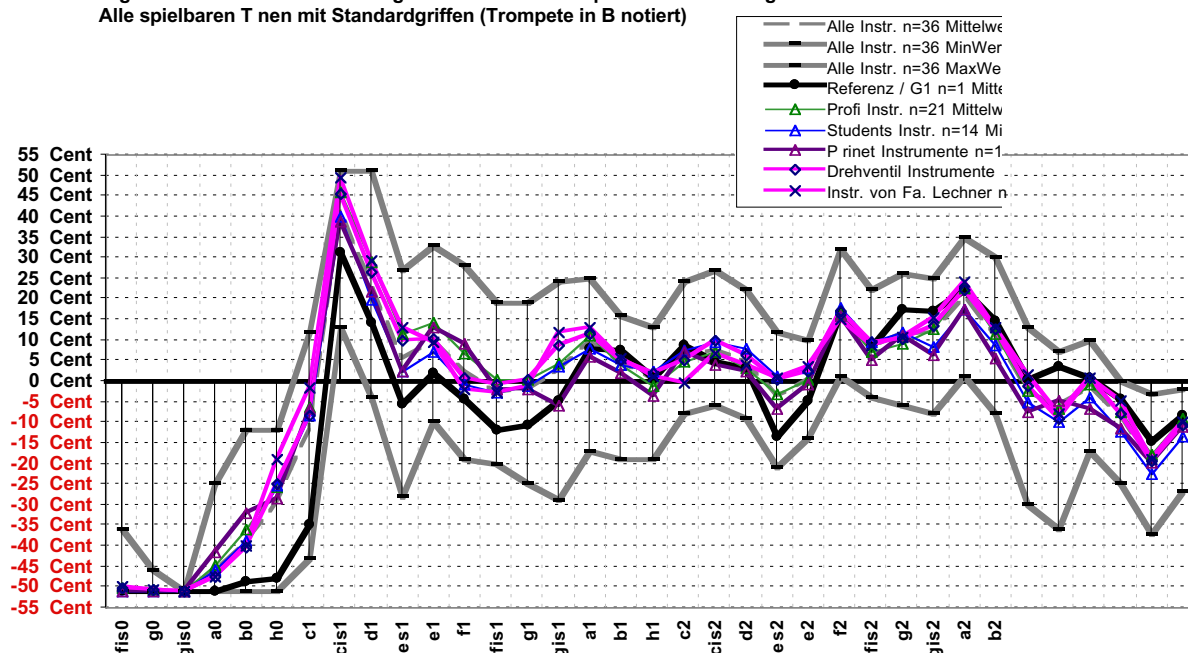


Abb.109: Mittelwerte ungewichteter BIAS Messungen verschiedener Gruppen.

Bei näherer Betrachtung der Abb. 109 und 110, in der die standardgewichteten Werte dargestellt sind, erkennt man jedoch ein paar Abweichungen der Instrumente mit Perinétventilen, deren Tendenz auch die Referenztrompete folgt:

Das es1 und es2 liegt über 6 Cent tiefer als bei der Trompete mit Drehventilen. E1 und f1 sind verhältnismäßig hoch, wohingegen gis1 und a1 tiefer liegen als bei den Drehventiltrompeten.

An dieser Stelle muß deutlich betont werden, daß Intonationsunterschiede kaum auf die andersartigen Ventile, sondern auf den anderen Mensurverlauf der Trompetenmodelle zurückzuführen sind (Cambidell, 1995). Die genaue Ursache könnte mit Hilfe von Computer-Modellen berechnet werden, sofern exakte Mensurdaten vorhanden wären¹.

Die ungewichteten Messungen (Abb. 109) und die standardgewichteten Kurven (Abb. 110) sind außer in der tiefen Lage, in der sich die Gewichtung deutlich auswirkt, fast identisch. In Abbildung 110 können dieselben kleinen Unterschiede wie in der soeben beschriebenen ungewichteten Kurve beobachtet werden:

Instrumente mit unterschiedlichem Ventiltypus weisen bei einzelnen Tönen eine leicht abweichende Intonation auf. Dies betrifft insbesondere die Töne gis (as) und dis (es) in allen Oktaven.

"Standardgewichtete" Intonationen von Trompeten nach BIAS (in Gruppen)
Abweichungen von Mittelwerten von der gleichschwebend temperierten Stimmung
Alle spielbaren Töne mit Standardgriffen (Trompete in B notiert)

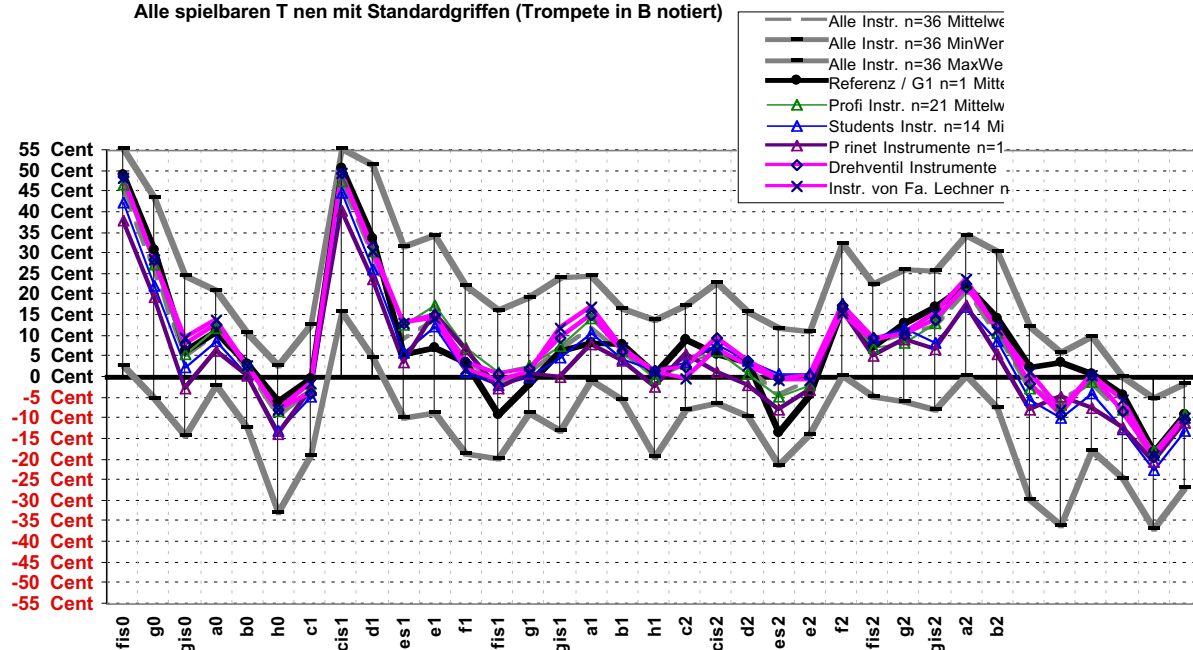
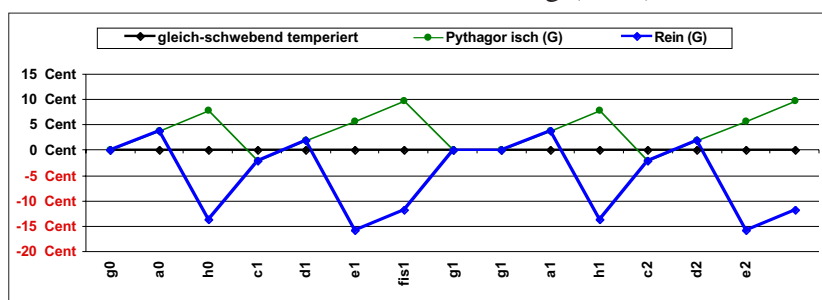


Abb. 110: Mittelwerte standardgewichteter BIAS Messungen verschiedener Gruppen.

¹ Die von Kausel et al. am Institut für Wiener Klangstil entwickelte Optimierungs-Programme ermöglicht u.a. die Analyse des Zusammenhanges von Mensurverlauf eines Blechblasinstrumentes und Intonation. Informationen sind online unter der URL [HTTP://IWK.MHSW.AC.AT](http://iwk.mhsw.ac.at) abrufbar.

5.3.5 Musikalische Stimmungen

Sämtliche bisherige Untersuchungen zur Intonation beziehen sich auf die gleichschwebend temperierte Stimmung. Abweichungen von dieser theoretischen Stimmung werden als hoch oder tief gegenüber dieser Stimmung bewertet. Dies verleitet zur Annahme, die Töne seien „zu hoch“ oder „zu tief“. Es muß jedoch betont werden, daß stets nur von Abweichungen von der gleichschwebend temperierten Stimmung (gtS) gesprochen wird und nicht von „falschen“ oder „richtigen“ Tönen. Um dies beurteilen zu können müßte man die Intention des Spielers kennen. Häufig wird die Meinung vertreten, der Instrumentenbauer und auch der Musiker strebe eher die reine Stimmung an, die ja auf den ganzzahligen Verhältnissen der Obertöne beruht. Vogel befürwortet in seiner Arbeit die reine Stimmung (1961) berichtet aber, das im Generellen die „gtS“



angestrebt wird. Der Unterschied zwischen der gleichschwebend temperierten Stimmung und der reinen und pythagoräischen Stimmung mit Bezugston g wird in der

Abb. 111: Theoretische Unterschiede der Stimmungen - bezogen auf G Abbildung 111 gezeigt. Insbesondere bei Terz, Sext und Septime sind deutliche Unterschiede bis über 20 Cent zu erkennen. (nach Neuwirth, 1997)

Nachfolgend wurden die Abweichungen dieser drei Stimmungen zur BIAS-Intonation als Differenzen berechnet. Abbildung 112 zeigt die Abweichungen der Messungen zu den drei Stimmungen für die gewichtete und ungewichtete Intonation. Die Nulllinie entspricht den BIAS-Meßwerten. Die Grafik macht deutlich, daß keine der Stimmungen insgesamt den Meßwerten (bzw. der Nulllinie) näher liegt. In Summe sind die Abweichung zur gleichschwebend temperierten Stimmung etwas geringer. Relevanter für die Praxis ist der Vergleich der Stimmungen mit den tatsächlich gespielten Intonationen (siehe Kapitel 5.5).

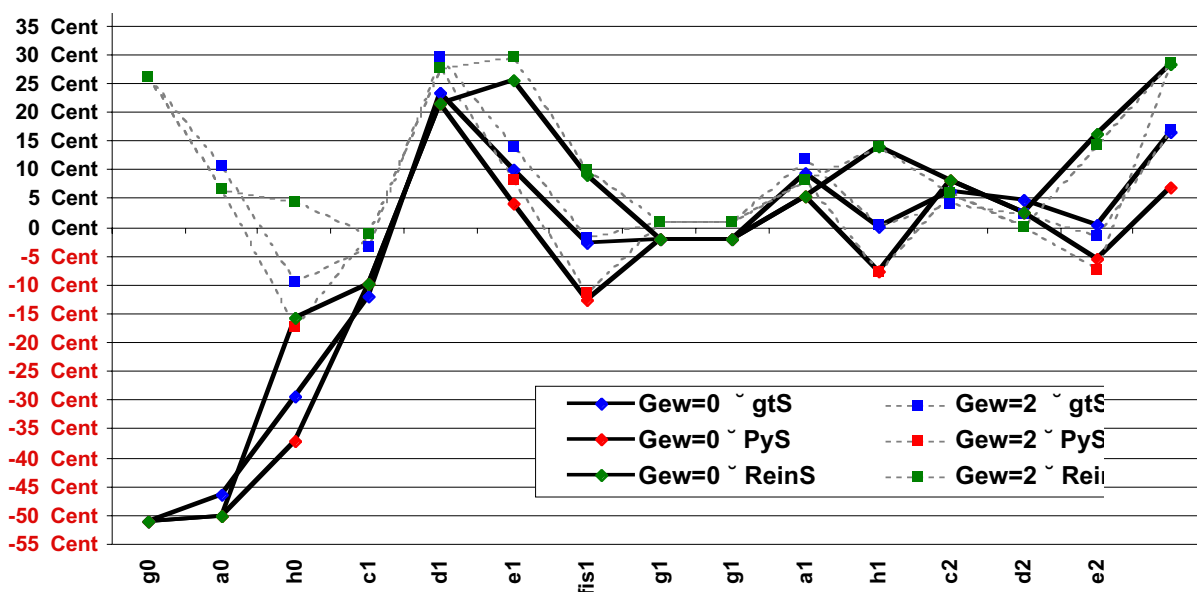


Abb.112. Abweichung der mit BIAS gemessenen Intonation von der gleichschwebend temperierten Stimmung (gtS), der pythagoräischen Stimmung (PyS) sowie der reinen Stimmung.

5.3.6 Zusammenfassung

- Die Messungen der Instrumente mittels BIAS zeigen die jeweilige Lage der Resonanzspitzen im Frequenzbereich bzw. der daraus errechneten „objektiven“ Intonation der Trompeten.
- Die statistische Auswertung zeigt, daß die Naturtöne c1, g1, c2, e2 und c3 nur minimal von der gleichschwebend temperierten Stimmung abweichen. Der Naturton g2, der auf der sechsten Resonanzspitze gespielt wird, liegt mehr als 10 Cent über dieser Stimmung.
- Mit 17 Cent über der gleichschwebend temperierten Stimmung liegt das f2, das mit gedrücktem Ventil 1 ebenfalls auf der 6. Resonanzspitze gespielt wird.
- Die Referenztrompete weist dieselbe Charakteristik bezüglich der Intonation auf, wie der Mittelwert von allen 35 gemessenen B-Trompeten.
- Besonders auffallend ist die Intonationsproblematik bei mehreren zugeschalteten Ventilen, die auf den Kompromiß der Ventilzug-Rohrlängen zurückzuführen ist. Extrem hoch gegenüber der gleichschwebend temperierten Stimmung sind daher die Töne cis1 und d1, die jedoch mit Hilfe eines Triggers korrigiert werden können.
- Ebenfalls sehr hoch ist die Ventilkombination 1+2, die in der Praxis als Standardgriff verwendet wird.
- Die Berechnung der Intonation mittels verschiedener Gewichtungen zeigt besonders in der tiefen Lage deutliche Unterschiede. Während die ungewichteten Töne fis0 bis h0 extrem zu tief sind, liegen die gewichteten Töne fis0 und gis sehr hoch.
- Zwischen der standardgewichteten Kurve und der fortissimogewichteten Kurve ist jedoch kein markanter Unterschied.
- Die Studie zeigt, daß die gemessene Intonation der Trompeten weder von der reinen noch von der pythagoräischen Stimmung insgesamt weniger abweicht als von der gleichschwebend temperierten Stimmung, die vom BIAS Programm als Bezugssystem herangezogen wird.

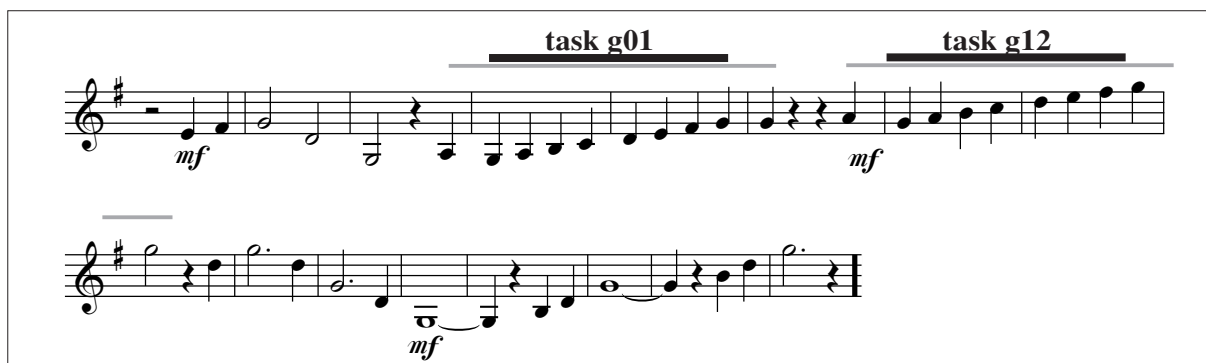
5.4 Gespielte Intonation der Trompeter

Um der Frage nachzugehen, wie groß die Einflußmöglichkeit des Spielers bzw. des Instrumentes auf die gespielte Grundtonhöhe ist, wurden Aufnahmen im reflexionsarmen Raum des Instituts für Wiener Klangstil durchgeführt, bei denen 35 Trompeter zunächst auf ihrem eigenen und anschließend auf einem Referenzinstrument mehrere Notenvorgaben (sogenannte tasks) spielten. (Siehe Beschreibung des Versuchsaufbaus im Kap. 5.2)

5.4.1 G-Dur Tonleiter

Zur Untersuchung der Intonation wurde eine G-Dur Tonleiter (klingend F-Dur) über zwei Oktaven ausgewählt, die so konzipiert war, daß zuvor mit einer kurzen Einleitung der tonale Kontext vorgegeben wurde. Desweiteren erlaubt ein Zwischentakt mit Pause das Atmen und das eventuelle „Umsetzen“ des Ansatzes, was einige Spieler nützten. Die untere Tonleiter vom kleinen g (g0) bis zum g1 wird nachfolgend als task g01 bezeichnet, die obere Tonleiter von g1 bis g2 als task g12.

Untersucht wurden die jeweils 8 Töne von task g01 und von g12, sodaß der Ton g1 zweimal ausgewertet wurde. Anzumerken ist weiterhin, daß das erste g1 vom Leitton fis erreicht wird, und das zweite g1 vom a1 als Wechselnote gespielt wird.



5.4.2 Dynamik der G-Dur Tonleitern

Die Auswertung der gespielten Amplituden zeigt ein deutliches Crescendo im Verlauf der G-Dur Tonleitern, obwohl die Dynamikvorgabe ein konstantes Mezzoforte ohne Angabe eines Crescendos vorschrieb. Ursache dafür ist zum einen der musikalische Spannungsanstieg einer aufsteigenden Tonleiter. Zum anderen liegt es am unterschiedlichen Dynamikumfang der Trompete in den verschiedenen Registern. Die mittlere Lautstärke, das Mezzoforte, wird vom Bläser der vom Instrument vorgegeben dynamischen Möglichkeiten jeder Lage angepaßt.

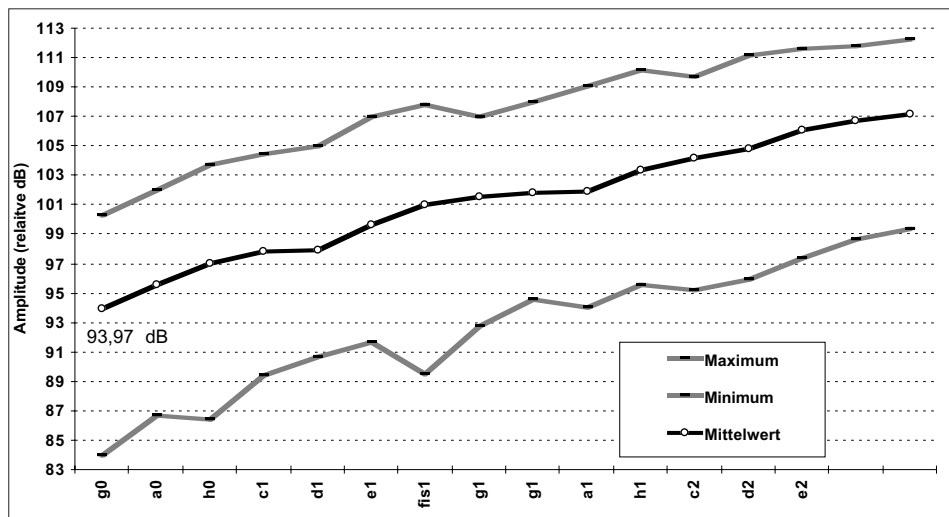


Abb. 114: Mittelwert und Streubreite der Amplituden (RMS) beider gespielten Tonleitern von allen 72 Durchgängen

Abbildung 114 und die dazugehörige Tabelle 19 zeigen einen Amplitudenunterschied von 13 dB zwischen dem Mittelwert des tiefen g0 und dem des zwei Oktaven höheren g2. (Die dB Angaben der Intonationsstudie sind relative Werte). Die Differenz zwischen Maximum und Minimum eines Tones beträgt im Schnitt 12-16 dB und belegt die große Streubreite in der Auf-

Ton	Maximum	Minimum	GestutztMittel (10%)	Mittelwert
g0	100,300	84,000	94,082	94,0 dB
a0	102,0 dB	86,7 dB	95,7 dB	95,6 dB
h0	103,8 dB	86,4 dB	97,2 dB	97,1 dB
c1	104,5 dB	89,4 dB	97,9 dB	97,9 dB
d1	105,0 dB	90,7 dB	98,0 dB	97,9 dB
e1	107,0 dB	91,7 dB	99,8 dB	99,7 dB
fis1	107,8 dB	89,5 dB	101,2 dB	101,0 dB
g1	107,0 dB	92,8 dB	101,7 dB	101,6 dB
g1	108,0 dB	94,6 dB	101,9 dB	101,8 dB
a1	109,1 dB	94,1 dB	102,0 dB	101,9 dB
h1	110,2 dB	95,6 dB	103,5 dB	103,4 dB
c2	109,7 dB	95,2 dB	104,4 dB	104,2 dB
d2	111,2 dB	96,0 dB	104,9 dB	104,9 dB
e2	111,6 dB	97,4 dB	106,2 dB	106,1 dB
fis2	111,8 dB	98,7 dB	106,9 dB	106,8 dB
g2	112,3 dB	99,4 dB	107,3 dB	107,2 dB

Tabelle 19: Statistische Werte der gespielten Dynamik.

fassung, wie laut ein Mezzoforte zu spielen sei. Der Gestutztmittelwert in der Tabelle 19 schließt die 10% extremsten Amplitudenwerte aus der Berechnung des Mittelwertes aus, um eventuelle Ausrutscher oder Meßfehler auszuklammern. Der Wert ist jedoch fast identisch mit dem Mittelwert von allen Spielern und bestätigt dessen Aussagekraft.

Der Zusammenhang zwischen Dynamik und gespielter Tonhöhe ist ein Teilaspekt, der im Kapitel 5.6 untersucht wird. Anhand eines *crescendo* auf dem Ton a1 wird der Verlauf der gespielten Grundtonhöhe betrachtet. Diese Analyse zeigt jedoch sehr unterschiedliche Tonhöhenverläufe beim crescendieren. Der Mittelwert aller Spieler liegt beim *fortissimo* etwas tiefer als beim *pianissimo*. Die Werte sind individuell unterschiedlich, so daß keine einheitliche Korrelation hergestellt werden kann (siehe Kapitel 5.6.3).

5.4.3 Aufbereitung der Werte der gespielten Tonhöhen

5.4.3.1 Zeitlicher Verlauf der gespielten Töne

Jeder Ton, der auf einem Blechblasinstrument gespielt wird, unterliegt Schwankungen in Bezug auf die gespielte Tonhöhe. Die Schwankungsbreite kann jedoch sehr stark variieren. Bei einigen Tönen ist die Schwankung kaum wahrnehmbar und wird erst unter der „akustischen Lupe“ mit Hilfe der Computer-Analyse sichtbar, bei manchen wird die Schwankung bewußt und hörbar in Form eines Vibratos realisiert. Die meisten Töne werden in ihrem musikalischen Kontext wahrgenommen, und der Fokus des Zuhörers ist auf den musikalischen Zusammenhang gerichtet und weniger auf die Mikrostrukturen des Tones, die jedoch das Klangbild wesentlich mitprägen.

5.4.3.2 Bestimmung der Grundtonhöhe

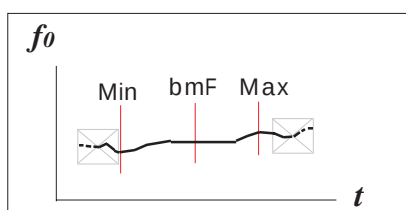


Abb. 115. Skizzierter Grundtonhöhenverlauf (f_0 -Spur). Eingezeichnet ist der Tiefstwert (Min), der Höchstwert (Max) sowie die beobachtete mittlere Frequenz (bmF)

Zur Untersuchung der gespielten Intonation mußte jedoch für jeden Ton eine einzige Grundtonhöhe (f_0) definiert werden. Wie in Kap. 5.2.1.4 beschrieben, wurde dazu der Verlauf der Grundtonhöhe untersucht. Die Skizze in Abbildung 115 zeigt eine typische f_0 -Spur. Der Verlauf zeigt deutlich, daß die Intonation sich nicht als statischer sondern als ein variierender Prozeß darstellt. Als beobachtete mittlere Frequenz (bmF) wurde die Frequenz ausgewählt, die beim Amplitudenmaximum (rms) des Tons gespielt wurde. In einigen Fällen wurde auch eine

andere Frequenz gewählt, wenn diese relativ lange ausgehalten wurde. Außerdem wurde der Tiefstwert (Min) und der Höchstwert (Max) von jedem Ton festgehalten, um die Schwankungsbreite zu ermitteln.

5.4.3.3 Berechnung der individuellen Stimmtonhöhe „a1“

Für beide Tonleitern wurden im Anschluß eine Stimmtonhöhe (a_1) ermittelt. Hierzu wurde die „bmF“ der Naturtöne c1, g1, g1, c2, e2, und g2 herangezogen und deren Abweichung zur gleichschwebend temperierten Stimmung (bei $a_1=440\text{Hz}$) berechnet. Anschließend wurde der Stimmton auf den Wert korrigiert, bei dem die Summe der Abweichungen der Naturtöne von der gleichschwebend temperierten Stimmung minimal ist. Für beide Durchgänge jedes Spieler wurde eine individuelle Stimmtonhöhe berechnet, die im Anhang dieser Arbeit (Kap. 8.13) angegeben sind. Außerdem sind dort die erstellten f_0 -Spuren und die dazugehörenden RMS-Spuren abgebildet, sowie die ausgemessenen Werte für jeden einzelnen Spieler.

Der Mittelwert aller berechneten Stimmtonhöhen von a_1 liegt bei 443 Hz . Die Standardabweichung betrug 2 Hz . Alle Werte lagen zwischen 438 Hz und 450 Hz . Die Ermittlung von 443 Hz als mittlere Stimmtonhöhe von 35 Trompetern, unterstreicht den gegenwärtigen Trend, deutlich höher als 440 Hz (der international vereinbarter Kammerton) einzustimmen.

5.4.3.4 Schwankungen in der Grundtonhöhe

Die Grafik in Abb. 116 zeigt die Mittelwerte von Min, Max, und bmF. Schwarze Balken visualisieren die Mittelwerte von allen gespielten Durchgängen (I. u. R.). Die Mittelwerte der Tonlei-

tern, die mit dem eigenen Instrument (I.) gespielt wurden, sind als blaue Balken dargestellt, die mit der Referenztrompete (R.) geblasenen als rote Balken.

Die Mittelwerte der „beobachteten mittleren Frequenz (bmF),“ die im weiteren Verlauf der Untersuchung als die Bezugstonhöhe für die Bestimmung der Intonation herangezogen wird, ist in der Abbildung 116 durch gelbumrandete Balken hervorgehoben. Auf beiden Seiten dieser bmF sind jeweils die Mittelwerte der gespielten Tiefstwerte (Min) und Höchstwerte (Max) dargestellt.

Die große Spannbreite zwischen diesen Tiefstwerten (Min) und Höchstwerten (Max) ist besonders auffallend. Diese Variationsbreite zwischen „Min“ und „Max“ wird als die Schwankungsbreite der einzelnen Töne bezeichnet.

Abb. 117 zeigt die Mittelwerte der Schwankungsbreiten für alle Durchgänge (I.u.R) als gelbe Balken mit dem zugehörigen ermittelten Wert in Cent. Weiters zeigt die Abbildung die Gestutztmittelwerte, bei denen 20% der Randwerte unberücksichtigt bleiben, sowohl für alle Durchgänge (I. u. R.) als auch getrennt für (I.) und (R.). Aus den ermittelten Werten läßt sich folgern:

Die Schwankungsbreite ist in der tiefen Lage wesentlich größer als in der hohen Lage. Das g0, der tiefste Ton innerhalb der untersuchten Tonleiter und der zweittiefste im gesamten Tonumfang der B-Trompete variiert im Schnitt über 60 Cent.

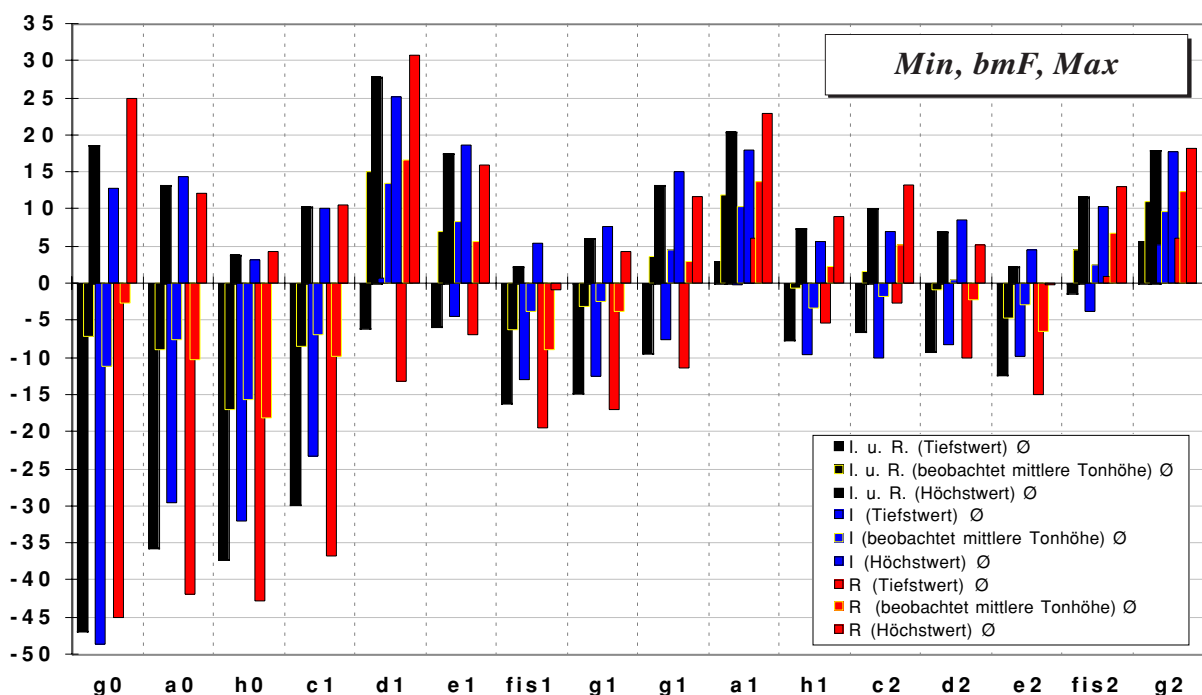


Abb. 116: Mittelwerte der gespielten Tief- und Höchstwerte sowie der beobachteten mittleren Tonhöhe. Die arithmetischen Mittel über alle 72 Durchgänge (I. u. R.) sind in schwarz dargestellt, die der 35 Durchgänge auf der Referenztrompete (R.) in rot und die 37, die mit dem eigenen Instrument (I.) gespielt wurden, in blau.

Im Bereich a0 bis d1 beträgt die Schwankungsbreite 30-50 Cent, in der mittleren und oberen Lage ist sie mit 12-25 Cent deutlich geringer, aber noch immer ein Vielfaches der Tonhöhendiskriminierungsschwelle von ca. 3 Cent.

Bei beiden g1, Ziel- bzw. Startton der beiden Tonleitern, ist die Schwankung größer als bei den Nachbartönen. Dies kann durch die erhöhte Merkfähigkeit aufgrund der Grundtönigkeit ausgelöst sein, die eher zur erwünschten Tonhöhe korrigiert wird als andere Töne. Gegen diese Vermutung spricht jedoch die geringste Schwankungsbreite mit 12 Cent beim obersten Grundton, dem g2.

Die Gestutztmittelwerte der Durchgänge auf dem eigenen Instrument (blau) und jener mit der Referenztrompete (rot) unterscheiden sich lediglich in der tiefen Lage. Die Ursache für die um ca. 10 Cent größere Schwankung mit der Referenztrompete im Bereich g0-d1 kann einerseits durch das Instrument bedingt sein, falls die Resonanzen weniger scharf sind und die Trompete daher eine größere Modulierungsfähigkeit bietet. Zum anderen kann es am Spieler liegen, der die Eigenschaften der Referenztrompete und des Referenzmundstückes kaum kennt und daher insbesondere in der tiefen Lage mehr im Frequenzbereich schwankt.

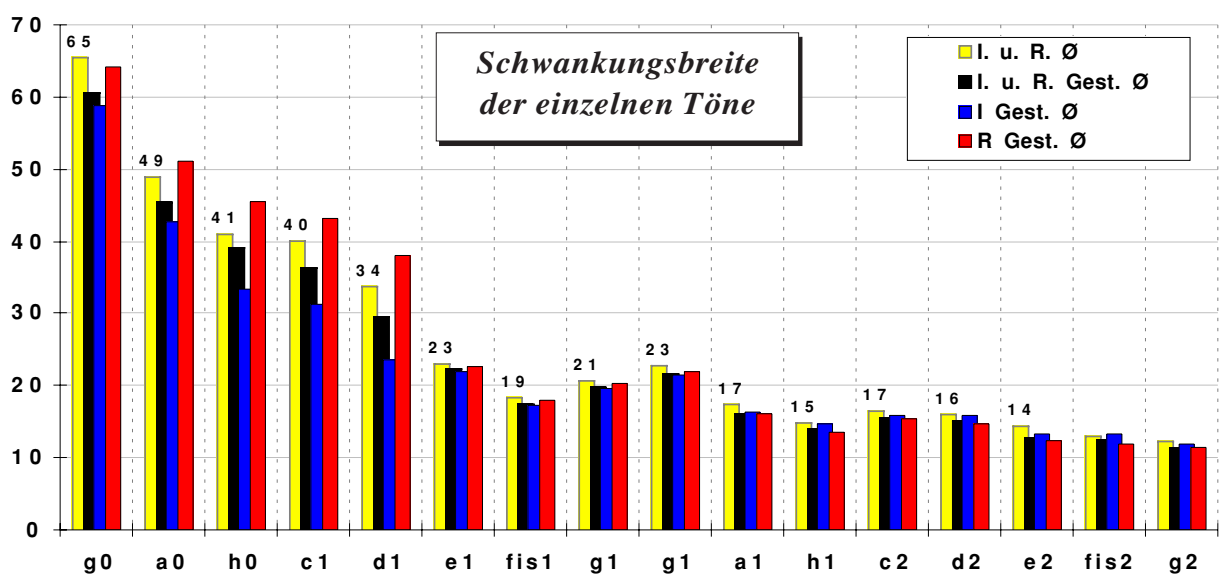


Abb. 117: Die Schwankungsbreite der gespielten Töne in Cent. In Gelb (mit Wertangabe) ist der Mittelwert über alle Durchgänge (I. u. R.) dargestellt. Daneben sind jeweils die Gestutztmittelwerte (Gest.Ø) über alle Durchgänge bzw. über die mit der Referenztrompete (R.) bzw. dem eigenen Instrument (I.) gezeigt.

5.4.4 Intonation der gespielten G-Dur Tonleitern

Untersucht werden im folgenden die Abweichungen der beobachteten mittleren Frequenz (bmF) zur gleichschwebend temperierten Stimmung (gtS). Gleich zu Beginn muß klargestellt werden, daß Abweichungen zur gtS nicht als zu hoch oder zu tief oder gar als falsch bewertet werden sollten, sondern eben nur als Abweichung zu dieser „theoretischen“ Stimmung. Um Wertungen vornehmen zu können, müßte die Intention des Spielers bekannt sein, man müßte also wissen welche Intervallverhältnisse angestrebt werden.

5.4.4.1 Gesamtüberblick

Nachfolgende Gesamtüberblicks-Grafik in Abb. 118 zeigt die Minimal- und Maximalwerte sowie den Mittelwert aller Töne von allen 72 Durchgängen. (Der ebenfalls berechnete Gestutzmittelwert, der 10% der ermittelten Randwerte aus dem Mittelwert ausschließt, liegt exakt unter dem Mittelwert aller Werte, was bedeutet, daß keine Extremwerte, bzw. Ausrutscher, den Mittelwert in eine Richtung verschoben haben).

Zunächst ist die große Variationsbreite zwischen dem Minimalwert und dem Maximalwert der ermittelten „bmF“ auffallend. Die Extremwerte liegen im Schnitt etwa 40 Cent auseinander, wobei der Abstand in der tiefen Lage über einen Halbton beträgt (110 Cent) und nach oben hin abnimmt.

Der Mittelwert aller Spieler liegt ziemlich genau zwischen diesen Maximal- und Minimalwerten und liegt einmal über, einmal unter der Nulllinie der gleichschwebend temperierten Stimmung.

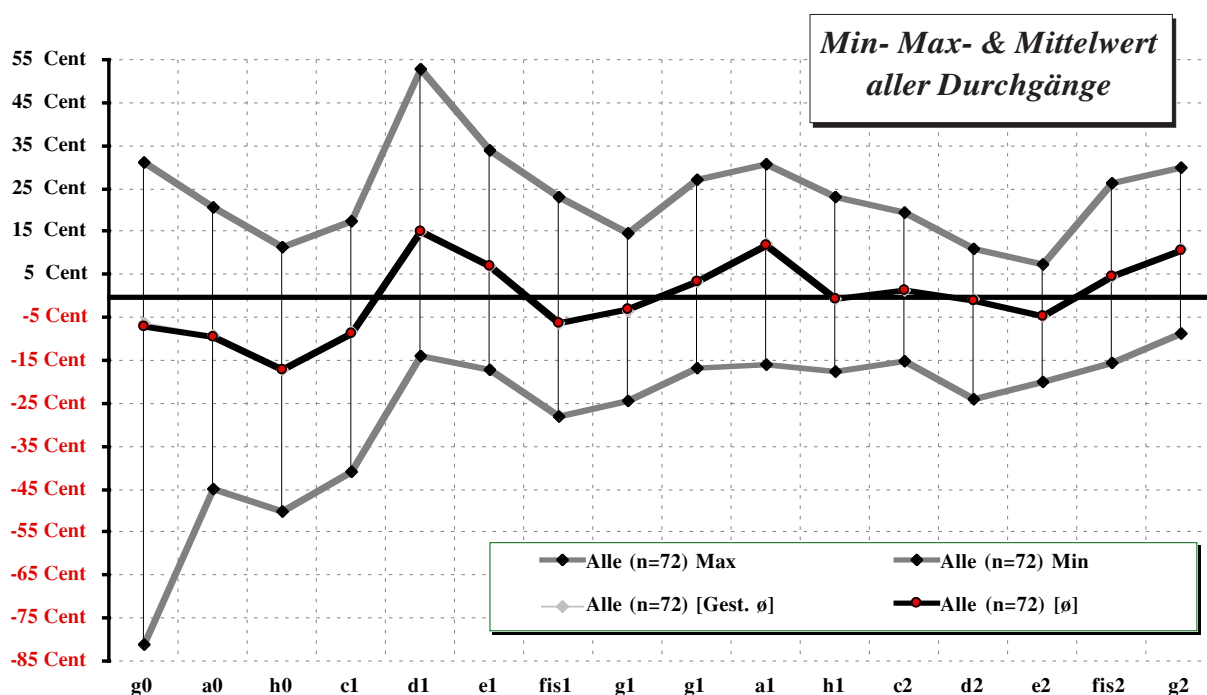


Abb. 118: Mittelwert, Minimal- und Maximalwerte aller ermittelten gespielten Grundtonhöhen (bmF).

Die statistischen Werte sind in der Tabelle 20 aufgelistet. Der Tabelle kann man auch die Standardabweichungen vom Mittelwert aller Töne entnehmen. Diese Werte belegen eine deutlich größere Streuung in der unteren Lage gegenüber der mittleren und oberen Lage. Die Standardabweichung in der oberen Oktave beträgt durchschnittlich etwa 7 Cent vom ermittelten Mittelwert. In der unteren Oktave ist das Streuungsmaß, die Standardabweichung, im Schnitt mit etwa 12 Cent doppelt so groß.

Betrachtet man die Abweichungen der Mittelwerte in der Abb. 118, bzw. in der Tabelle 20, von der gleichschwebend temperierten Stimmung, so sind besonders die Töne h0, d1, a1 sowie das g2 auffällig. Während das h0 durchschnittlich 17 Cent zu tief gegenüber der gleichschwebend temperierten Stimmung liegt, sind die andere Töne über 10 Cent zu hoch.

Die Berechnung des Mittelwertes mit den Beträgen der Abweichungen von der gtS ergibt eine absolute (!) Abweichung. Diese absolute Abweichung von der gleichschwebend temperierten Stimmung beträgt für den Mittelwert der Durchgänge auf dem eigenen Instrument 7 Cent, für jene mit dem Referenzinstrument 8 Cent.

Sehr interessant ist Tatsache, daß die Mittelwerte der beiden g1 um 7 Cent divergieren. Das erste g1, das als Zielton der unteren Tonleiter gespielt wurde, liegt 3 Cent unter der Nulllinie, wohingegen das zweite g1, das als Wechselnote vom a1 gespielt wurde, 4 Cent darüber liegt. Dies zeigt klar die Kontextabhängigkeit der Intonation. Die Ursache kann unterschiedlich bedingt sein. Denkbar ist, daß das zweite g1 als Wechselnote Leittoncharakter impliziert und daher höher gespielt wird. Wahrscheinlicher ist, daß die Ursache das relativ hohe a1 ist, dem der Spieler das Intervall zum zweiten g1 anpaßt. Auf jeden Fall ist jedoch eine musikalische Ursache zuzuordnen.

	Max	Min	St.abw.	Gest.[ζ]	[ζ]	[ζ] Nur R	[ζ] Nur I
g0	31 Cent	-81 Cent	17 Cent	-6 Cent	-7 Cent	-3 Cent	-12 Cent
a0	21 Cent	-45 Cent	16 Cent	-9 Cent	-9 Cent	-11 Cent	-8 Cent
h0	12 Cent	-50 Cent	12 Cent	-17 Cent	-17 Cent	-18 Cent	-16 Cent
c1	17 Cent	-41 Cent	10 Cent	-8 Cent	-8 Cent	-10 Cent	-7 Cent
d1	53 Cent	-14 Cent	13 Cent	15 Cent	15 Cent	16 Cent	13 Cent
e1	34 Cent	-17 Cent	10 Cent	7 Cent	7 Cent	6 Cent	8 Cent
fis1	23 Cent	-28 Cent	9 Cent	-6 Cent	-6 Cent	-8 Cent	-4 Cent
g1	15 Cent	-24 Cent	7 Cent	-3 Cent	-3 Cent	-4 Cent	-2 Cent
g1	27 Cent	-16 Cent	7 Cent	4 Cent	4 Cent	3 Cent	5 Cent
a1	31 Cent	-16 Cent	8 Cent	12 Cent	12 Cent	14 Cent	10 Cent
h1	23 Cent	-17 Cent	7 Cent	-1 Cent	-1 Cent	2 Cent	-3 Cent
c2	20 Cent	-15 Cent	7 Cent	2 Cent	2 Cent	5 Cent	-2 Cent
d2	11 Cent	-24 Cent	7 Cent	-0 Cent	-1 Cent	-2 Cent	1 Cent
e2	7 Cent	-20 Cent	6 Cent	-5 Cent	-5 Cent	-6 Cent	-3 Cent
fis2	27 Cent	-15 Cent	9 Cent	5 Cent	5 Cent	7 Cent	3 Cent
g2	30 Cent	-9 Cent	8 Cent	11 Cent	11 Cent	12 Cent	10 Cent

Tabelle 20: Statistik der Intonation von allen gespielten Tonleitern aller Spieler (A; n=72) auf ihrem eigenen (I) und dem Referenzinstrument (R). Die beiden letzten Spalten zeigen die Mittelwerte der Tonleitern nur auf ihrem eigenen (I; n=37) bzw. nur auf dem Referenzinstrument (R; n=35).

Eine weitere Frage wirft das besonders hohe d1 auf. Dieser Ton ist zwar - bedingt durch eine zu kurze Rohrlänge der Ventilkombination - prinzipiell immer zu hoch, jedoch besitzt fast jedes Instrument die Trigger-Vorrichtung, um dies zu korrigieren. Die meisten Bläser verwenden diese Möglichkeit bei jedem etwas länger auszuhaltenden cis1 oder d1. Es bleibt also die Frage offen, ob die Tondauer, die „trockenen“ Umgebungsbedingungen oder Intonationsgründe dafür ausschlaggebend sind.

5.4.4.2 Untere versus obere Oktave

Die Intervalle innerhalb der unteren Oktave und die der oberen folgen keinem gemeinsamen Schema, sodaß auch kein übergeordnetes Prinzip festgestellt werden kann (siehe Abb. 119). Ein Vergleich zeigt:

- Die untere Tonleiter beginnt und endet unter der Nulllinie der gleichschwebend temperierten Stimmung, währenddessen die obere Tonleiter darüber beginnt und mit 11 Cent darüber endet. Die untere Oktave hat im Schnitt 1204 Cent, die obere 1207 Cent.
- 7 der 9 Oktaven sind größer als 1200 Cent, und daher gespreizte Oktaven.
- Die Quinte g0-d1 ist durchschnittlich 722 Cent groß, die Quinte g1-d2 dahingegen nur 695 Cent.
- Der Leitton fis1-g1 hat 103 Cent, eine Oktave höher gar 106 Cent.

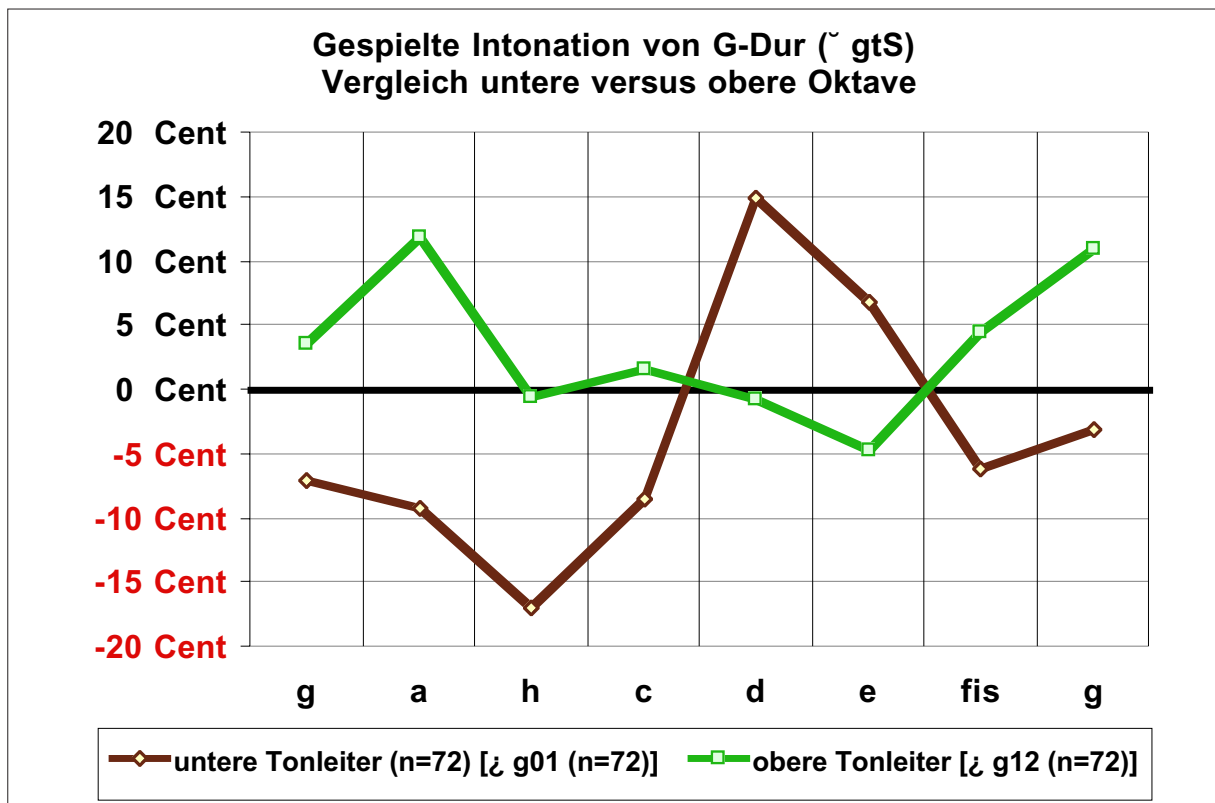


Abb. 119: Die Mittelwerte der gespielten Grundtonhöhen beider Oktaven.

5.4.4.3 Eigenes Instrument (I) versus Referenztrompete (R)

Die bisher untersuchten Werte bezogen vorwiegend beide gespielten Durchgänge mit ein, nämlich jenen mit dem eigenen Instrument, und den, der mit der Referenztrompete gespielt wurde. Nun sollen Gemeinsamkeiten und Unterschiede in der Intonation zwischen diesen beiden Durchgängen ermittelt werden. Neben der Tatsache, daß beide Durchgänge auf verschiedenen Instrumenten und Mundstücken gespielt wurden ist zu bedenken, daß die Trompeter im Normalfall die Eigenschaften ihres eigenen Instrumentes (individuelle Trompete = I) durch das alltägliche Spielen meist sehr gut kennen, wohingegen fast alle Trompeter zum ersten Mal bei der Aufnahme mit der Referenztrompete (=R) spielten und daher kaum auf die Besonderheiten des Instruments eingehen konnten.

Die Grafik in Abb. 120 zeigt den Vergleich zwischen beiden Durchgängen. Unterschiede zwischen den Kurven sind lediglich im Detail zu erkennen. Die Werte welche aus dem Spiel mit der Referenztrompete resultieren, weichen durchschnittlich nur wenig Cent mehr von der gleichschwebend temperierten Stimmung ab als die mit dem eigenen Instrument. Deutlich ist, daß die Töne mit etwas größeren Abweichungen zur gtS im zweiten Durchgang mit dem Referenzinstrument erreicht wurden.

Auffällig ist außerdem der Unterschied bei den Tönen h1 und c2, bei denen der Mittelwert von I einiges tiefer liegt als bei R. (Terz und Quart in der unteren Oktave liegen hingegen tiefer). Die Töne h1 und c2 liegen zwar kaum hörbar über bzw. unter der Sollfrequenz der gleichschwebend temperierten Stimmung, jedoch ist das umgekehrte Vorzeichen der Intonationsabweichung eine Frage, die im Kapitel 5.5 in Verbindung mit den BIAS- Messungen weiter untersucht werden wird.

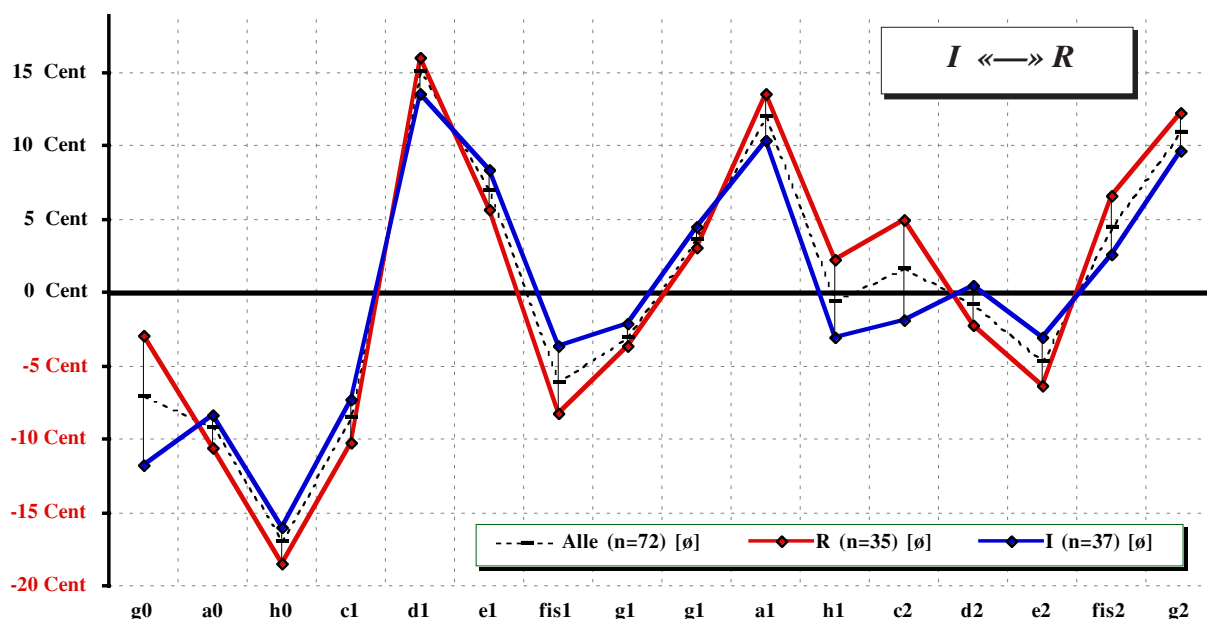


Abb. 120: Vergleich der gespielten Intonation vom 1. Durchgang mit dem eigenen Instrument (I) mit dem 2. Durchgang der auf der Referenztrompete (R) gespielt wurde.

5.4.4.4 Profis versus Studenten

Die Mittelwerte der Profis und die der Studenten (einschließlich der Amateure) sind in der Abbildung 121 jeweils für die Durchgänge auf dem eigenen Instrument und auf dem Referenzinstrument getrennt aufgetragen. Auch diese Grafik zeigt sehr ähnliche Kurven, die sich lediglich bei den tiefsten Tönen und im Bereich des c2 leicht unterscheiden. Die roten Kurven entsprechen dem Durchgang mit der Referenztrompete (R), die blauen der mit dem eigenen individuellen Instrument (I).

Auffallend ist, daß die Profis mit ihrem eigenen Instrument die Töne d1 und a1, die im Durchschnitt von allen Durchgängen besonders hoch über der gleichschwebend temperierten Stimmung liegen, um über 5 Cent tiefer spielen. Zum einen kann dies an der Verwendung des Triggers liegen, zum anderen kann es aber auch durch eine bessere Adaption des antrainierten Kontrollmechanismus (dem „Ansatz“ im weiteren Sinne) bedingt sein. Auch die Töne h1 und c2 liegen bei den Profis mit dem eigenen Instrument deutlich tiefer als bei den Studenten, jedoch spielen dieselben Musiker diese Töne mit der Referenztrompete wesentlich höher.

Bemerkenswert ist auch, daß Studenten, bzw. Amateure beim tiefsten Ton g0 mehr als 10 Cent über dem Mittelwert und über der Nulllinie der gleichschwebend temperierten Stimmung liegen, jedoch die nächsten Töne a0 und h0 wiederum deutlich tiefer sind.

Insgesamt muß die sehr ähnliche Charakteristik aller hier dargestellten Mittelwerte betont werden. Die Intonationsabweichungen von der gleichschwebend temperierten Stimmung, die von Profis und Studenten auf ihrem eigenen Instrument und auf der Referenztrompete gespielt wurden, folgen überwiegend derselben Tendenz, daß bestimmte Töne relativ hoch und andere relativ tief gespielt werden.

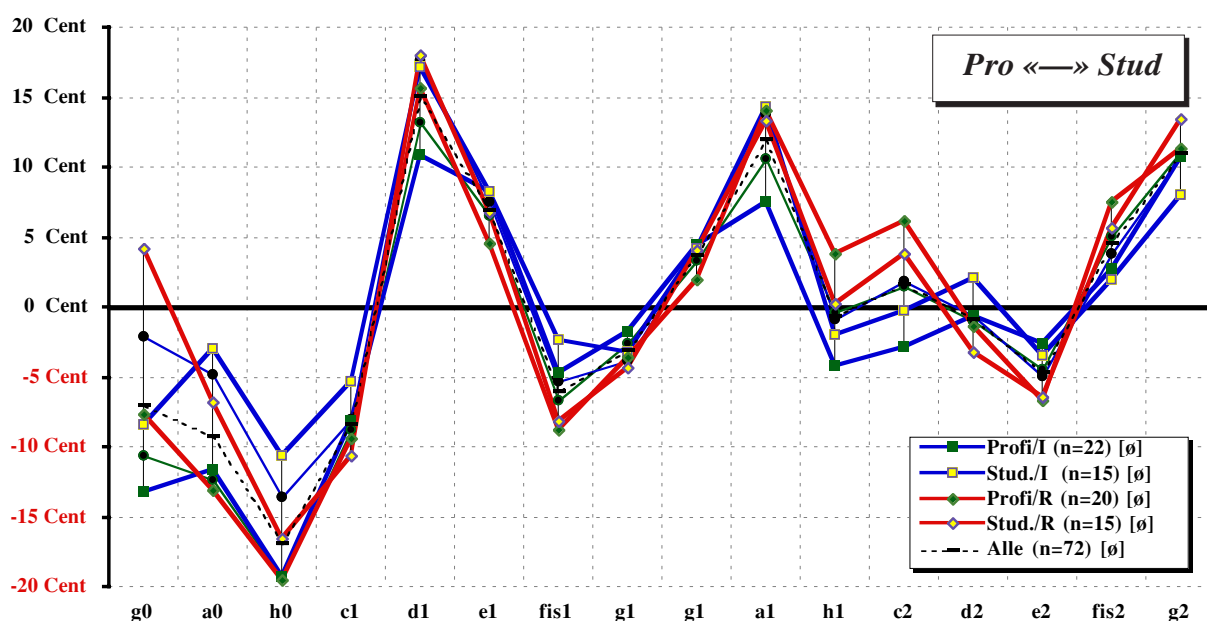


Abb 121: Mittelwerte der Profis und Studenten (bzw. Amateure) für den 1. Durchgang mit dem eigenen Instrument (I) und für den zweiten mit der Referenztrompete (R).

5.4.4.5 Drehventilinstrumente versus Périnettrumpeten

Wie zu Beginn des Kapitels 5.3.2 über Ventilkombinationen bereits angedeutet wurde, existieren zwei unterschiedliche Typen von Trompeten, wobei meistens die augenfälligsten Unterscheidungsmerkmale, die Ventile, zur Kennzeichnung der beiden Typen dienen, die in der Abbildung 122 dargestellt sind. Auf der einen Seite sind dies Trompeten mit Drehventilen, die insbesondere in sinfonischen Orchestern im deutschsprachigen Raum im Einsatz sind. Die Instrumente werden daher auch als Konzerttrompete bezeichnet, oder auf Grund ihrer Form mit-

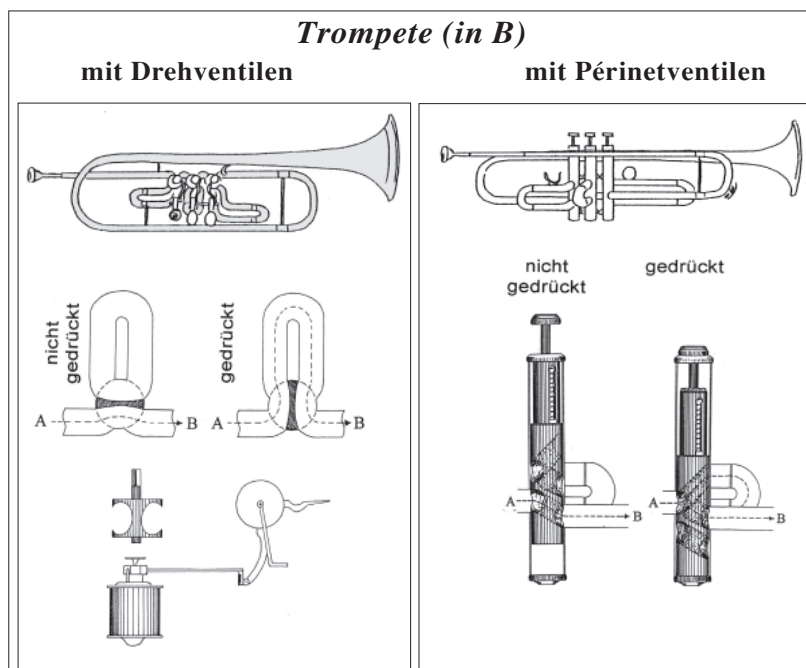


Abb. 122. Schematische Darstellung der Ventilkonstruktionen

unter auch umgangssprachlich „Brenz“ genannt.

Auf der anderen Seite werden Trompeten mit Pumpventilprinzip verwendet, zu dem auch die heutzutage meistverwendete Konstruktion von Etienne Périnet dazugehört. Letzterer ist der Namensgeber der Périnettrumpeten. Aufgrund der Tatsache, daß von Jazzmusikern fast ausschließlich dieser Typ verwendet wird, wird das Instrument auch Jazztrompete genannt.

Neben dem Funktionsprinzip der Ventile unterscheiden sich die Typen durch die Lage der Ventile innerhalb des Instruments. Die Arbeit von Campidell (1996) konnten erstmals belegen, daß die unterschiedliche Positionen des Ventilstocks, die in Abb. 123 verdeutlicht werden, die eigentliche Ursache für akustische Unterschiede der beiden Typen sind.

Die Bevorzugung eines Typus für eine bestimmte Musikrichtung ist ebenfalls nur zu einem geringen Teil dem unterschiedlichen Ventiltypus zuzuschreiben. Vielmehr unterscheiden sich die Instrumente im Verlauf der Mensur, welche wesentlich die Charakteristik eines Instrumentes prägt und den Klang und die Intonation bestimmt. Da aber für jeden dieser Typen sehr unterschiedliche Mensurschablonen existieren, ist keine pauschale Zuordnung eines Merkmals

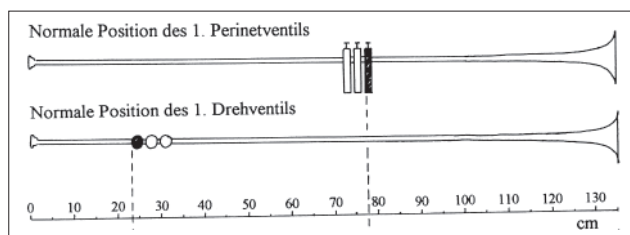


Abb. 123: Die unterschiedliche Position des Ventilstocks beider Typen.

für einen Typus möglich. Der von einem Instrument erwünschte Klangstil ist zeit- und ortsabhängigen Moden unterzogen. Studenten einer Schule oder Musiker eines Orchesters verwenden daher häufig Instrumente mit ähnlicher Mensur.

Unabhängig vom Typ der Trompete oder dem Modell treten bei Ventilkombinationen prinzipiell Intonationsprobleme auf. (siehe Kapitel 5.3.2) Ob dennoch Unterschiede zwischen der Intonation der beiden Typen zu finden sind, soll nun untersucht werden. In der Abbildung 124 ist jeweils der Mittelwert der Durchgänge, die mit Drehventiltrompeten gespielt wurden (Rotary) und jenen, die mit Perinétventilen geblasen wurden, angezeigt.

Die Werte der beiden Gruppen sind erstaunlich ähnlich, bedenkt man, daß die andere Ventilart nur ein Unterscheidungsmerkmal ist, und daß der unterschiedliche Mensurverlauf starken Einfluß auf die Resonanzstellen eines Instrumentes hat.

Auffallend ist aber ein Unterschied im Bereich um das c2. Die Mittelwerte der Drehventiltrompeten liegen bei den Tönen h1 und c2 unterhalb der Nulllinie der gleichschwebend temperierten Stimmung und das d2 hingegen liegt oberhalb. Genau umgekehrt verhält es sich in diesem Bereich bei den Perinétventiltrompeten. Die Referenztrompete gehört zur Gruppe der Perinétventil-Instrumente und folgt daher dieser Charakteristik.

5.4.4.6 „Klassiker“ versus „Allrounder“ und „Jazzzer“

Ebenfalls in der Abbildung 124 aufgetragen sind die Mittelwerte zweier Spielergruppen mit unterschiedlichem Repertoire: 1.) Zum einen die Gruppe der klassischen Musiker, (die über 55% klassisches Repertoire spielen) und 2.) zum anderen die Allrounder (die auch Jazz bzw. Populärmusik machen) und die Jazzzer (mit 100% Repertoire aus Jazz bzw. Populärmusik).

Der Vergleich dieser beider Gruppen zeigt kaum Unterschiede. Lediglich in der tiefsten Lage liegt der Mittelwert der Allrounder und Jazzzer besonders tief. Ursache dafür könnte sein, daß für einige Jazzzer, die besonders auf hohe und höchste Lagen trainiert sind, der Ansatz in der tiefsten Lage weniger kontrollierbar ist.

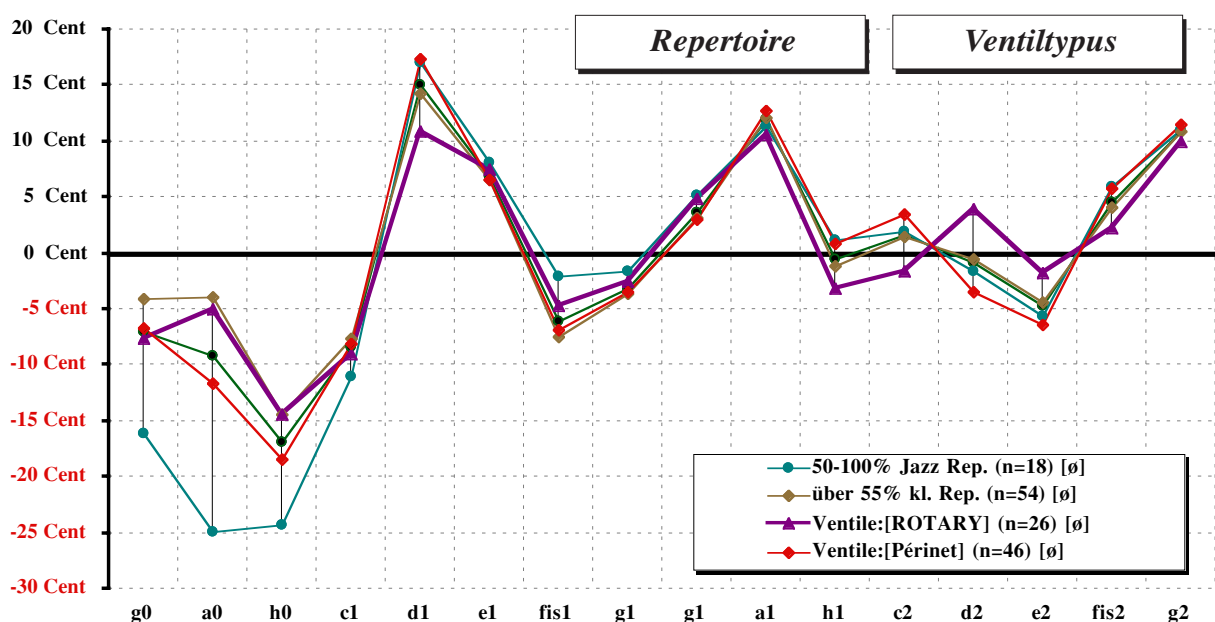


Abb. 124: Vergleich der Intonation die von Spielern mit unterschiedlichen Repertoire gespielt wurde, sowie der Vergleich der Intonation die mit Instrumenten mit unterschiedlichem Ventiltyp erzeugt wurde.

5.4.4.7 Männliche Trompeter versus weibliche Trompeterinnen

Der Vergleich der Mittelwerte der beiden Durchgänge der 7 weiblichen Spielerinnen mit jenen ihrer männlichen Kollegen zeigt keinen signifikanten Unterschied in der ermittelten Intonation.

Die Grafik in Abbildung 125, zeigt fast identische Werte für beiden Gruppen. Nur bei den Tönen a0 und h0 liegen die Mittelwerte der weiblichen Spieler um ca. 5 Cent höher.

5.4.4.8 Jüngere versus ältere Spieler

Um einen eventuellen Einfluß des Alters auf die gespielte Intonation zu ermitteln, wurden die Trompeter in drei Altersklassen gruppiert. Die jeweiligen Mittelwerte der Gruppen sind ebenfalls in der Abbildung 125 dargestellt.

Der Verlauf der Kurven zeigt auch bei der Variablen „Alter“ keine besondere Unterschiede in der Intonation. Lediglich in der tiefen Lage sind kleine Unterschiede sichtbar, die jedoch nicht systematisch sind. Die mittlere Alterklasse liegt im Bereich g0 einiges tiefer. Vermutlich ist das durch einige Jazzler in dieser Altersgruppe bedingt. Die Töne h0, c1 und fis1 werden von den älteren Trompetern etwas tiefer gespielt als von den Vergleichsgruppen.

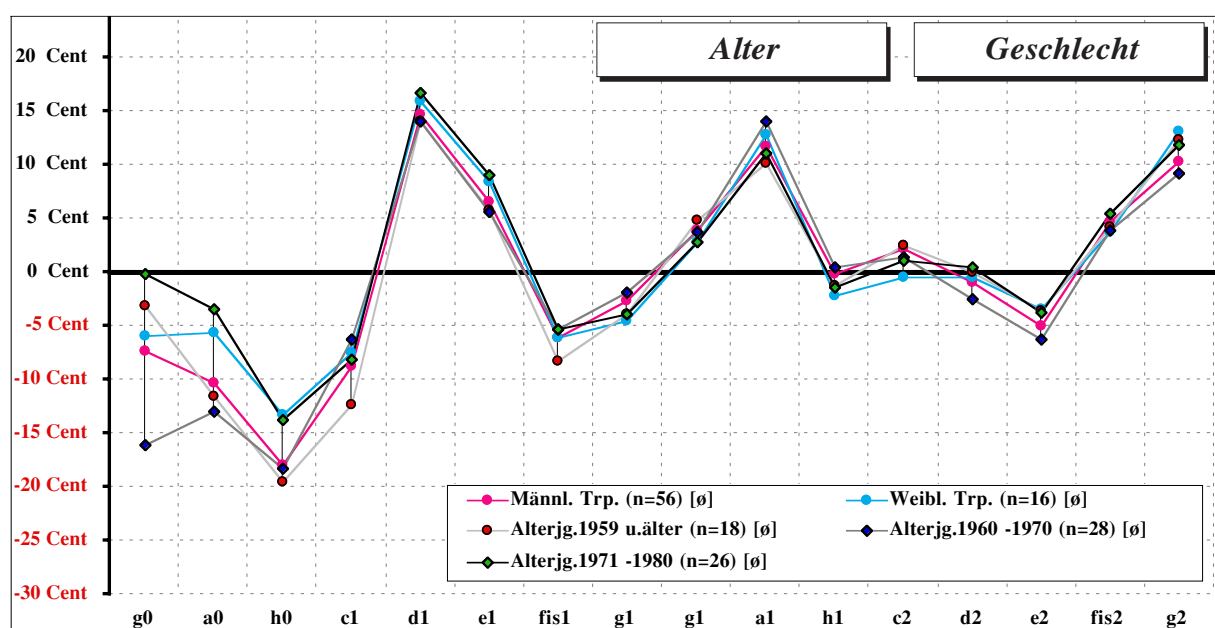


Abb. 125: Intonationsvergleich von Spielern unterschiedlichen Alters sowie die Mittelwerte beider Geschlechter.

5.4.4.9 Auswahlgruppe der professionellen Orchestermusiker

Zur Gruppe der Profimusiker zählen Solisten, Pädagogen und Orchestermusiker aus dem Klassik- und Jazzbereich. Um dieses breitgestreute Arbeitsfeld einzuschränken, wurde eine Gruppe der Trompeter gebildet, die beruflich als Orchestertrompeter tätig sind. Abbildung 126 zeigt den Mittelwert von den 15 Musikern dieser Gruppe aus beiden Durchgängen.

Der Vergleich des Mittelwertes dieser homogenen Gruppe (hellblaue Kurve) mit dem Mittelwert aller Spieler (gestrichelte schwarze Kurve) zeigt fast keine Abweichungen. Eine Ausnahme bildet das d1, das unter dem Durchschnittswert aller Spieler liegt. Dies deutet auf eine häufigere Verwendung des Triggers der Orchestermusiker hin.

5.4.4.10 Auswahlgruppe der Spieler mit Trompeten eines Erzeugers

Nach der Auswahl einer homogenen Gruppe von Spielern wurde eine Gruppe mit einheitlicheren Instrumenten ausgewählt. Der am häufigsten vertretene Erzeuger der Trompeten der Versuchspersonen war die österreichische Firma Lechner. Es wurde eine Auswahlgruppe aus jenen Spielern gebildet, die eine Drehventiltrompete in B der Firma Lechner spielten und außerdem ein Mundstück der Firma Breslmair verwendeten. Abbildung 126 zeigt den Mittelwert von den 13 Musikern dieser Gruppe aus dem ersten Durchgang mit ihrem eigenen Instrument.

Hier fällt in der unteren Oktave auf, daß bei den Tönen mit der im Durchschnitt größten Abweichung von der gleichschwebend temperierten Stimmung die Intonation dieser Spieler näher bei der Nulllinie liegt. Dazu gehören das a0, h0, c1 in der tiefen Lage. Das d1 liegt um mehr als 15 Cent unter dem Durchschnitt. Charakteristisch für diese Instrumente aus der Gruppe der Drehventile ist das etwas tiefere h1 und c2 und das höhere d2.

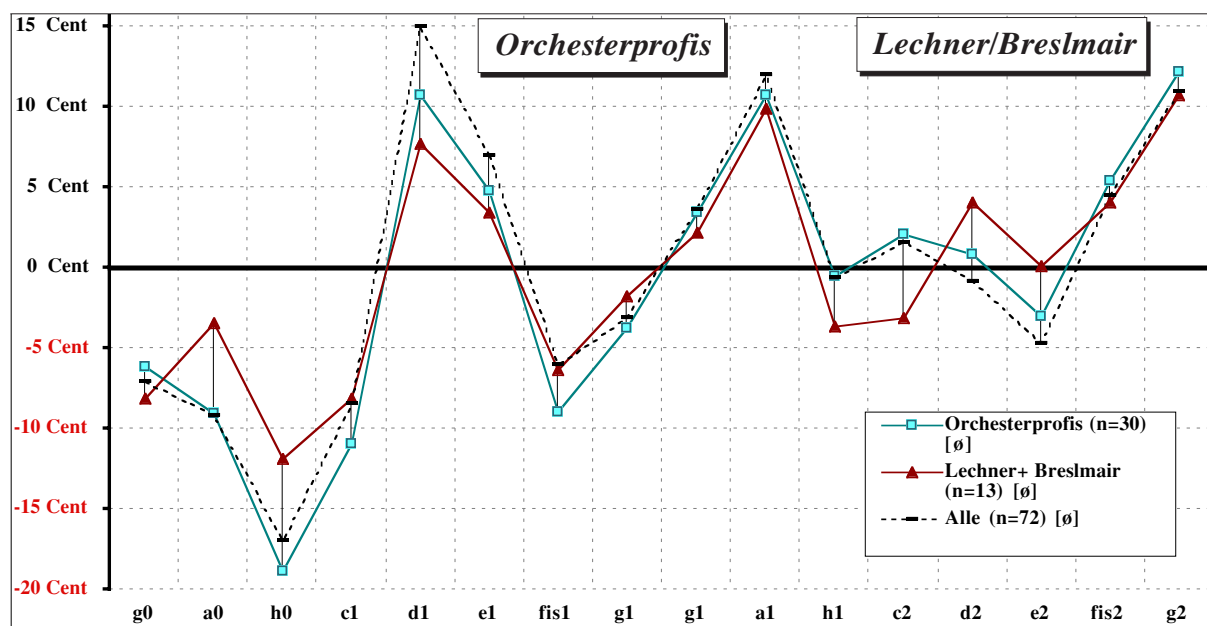


Abb. 126: Vergleich des Mittelwertes mit Auswahlgruppen. Blau: die von professionellen Orchestermusikern gespielte Intonation. Braun: die mit der Kombination Lechner/Breslmair gespielte Intonation.

5.4.4.11 Einfluß der Spielerfahrung

Aufgrund der Angaben der Versuchspersonen auf wieviel Jahre Spielerfahrung sie zurückblicken können, wurden die Spieler in drei Gruppen unterteilt.

Die Gruppe mit 4-9 Jahren Spielpraxis, in der Abbildung 127 als grüne Kurve eingetragen, zeigt besonders starke Abweichungen zum Mittelwert von allen Spielern. Die Abweichung vom Durchschnitt liegt bei den tiefen Tönen g0 und a0 näher bei der Nulllinie der gleichschwebend temperierten Stimmung. Besonders hoch gespielt wurde jedoch der Ton d1, was auf eine geringere Verwendung des Triggers von dieser Gruppe schließen läßt.

Bemerkenswert bei dieser Gruppe mit der geringsten Spielerfahrung ist auch der große Unterschied zwischen dem ersten g1 und zweiten g1. Die zweite Tonleiter beginnt im Schnitt 12 Cent höher, als die erste endet. Außerdem sind auch die letzten drei Töne der zweiten Tonleiter höher intoniert als von den beiden anderen Gruppen mit längerer Spielerfahrung. Während die untere Oktave gestaucht ist (kleiner als 1200 Cent), ist die obere Oktave gespreizt (größer als 1200 Cent).

Auffallend ist, daß die „alten Hasen“ mit über 20 Jahren Spielerfahrung, im Bereich a0 bis d1 relativ tief intonieren. Insgesamt sind die Abweichungen vom Durchschnitt aller Spieler aber nicht besonders groß.

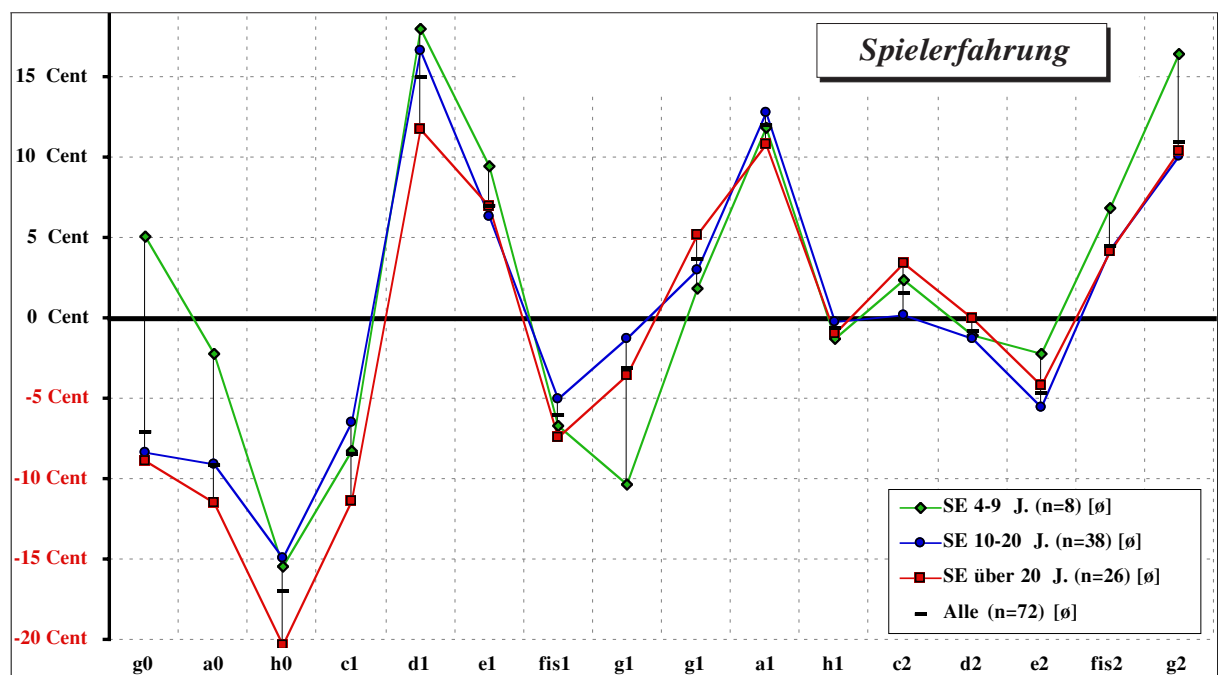


Abb. 127: Vergleich der Intonation von Gruppen mit unterschiedlich langer Spielerfahrung.

5.4.4.12 Einfluß des Trompetenlehrers

18 Trompeter dieser Studie studieren oder studierten bei den Professoren Reinhart, Pomberger und Holler an der Musikhochschule Wien¹. Um einen eventuellen Einfluß des Lehrers auf die Intonation der Schüler zu überprüfen, wurden die Mittelwerte der Spieler mit demselben Instrumentallehrer berechnet sowie die einer Vergleichsgruppe von Studenten bei einem anderen Lehrer.

In der nächsten Grafik in Abbildung 128 sind die Kurven der Schüler von den Lehrern A, B und C der Musikhochschule Wien (MHSW) in verschiedenen Farben dargestellt. Die Werte der Vergleichsgruppe sind schwarz eingetragen.

Der Verlauf aller Kurven ist erstaunlich einheitlich. Insgesamt gibt es kaum spezifische Intonationsmerkmale.

Nur im tiefsten Bereich liegen die Werte aller Studenten der Musikhochschule Wien näher an der Nulllinie der gleichschwebend temperierten Stimmung als die der Vergleichsgruppe.

Außerdem fällt auf, daß die Schüler von *Lehrer C MHSW* die Töne h0, c1 und insbesondere das d1 höher intonieren. Das hohe d1 scheint jedoch eher ein Merkmal der jüngeren Trompeter mit weniger Spielerfahrung zu sein, die bei diesem Ton den Trigger nicht einsetzen.

Dieses Ergebnis deutet auf keinen spezifischen Einfluß des Lehrers auf die von Schülern gespielte Intonation hin.

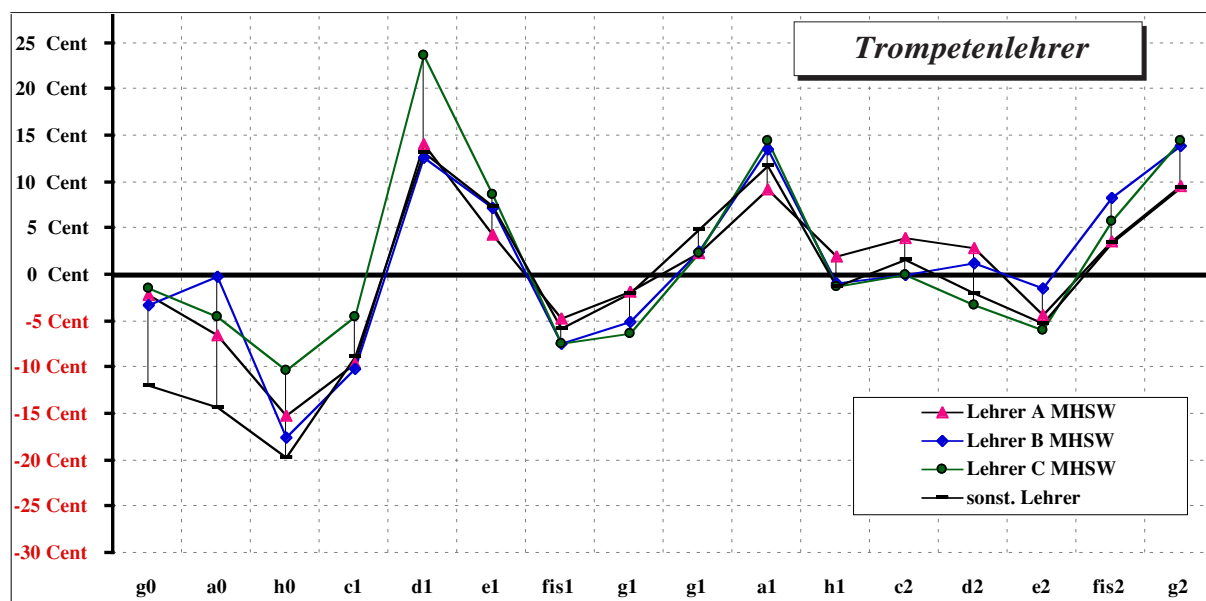


Abb. 128: Vergleich der Intonation von Gruppen mit unterschiedlichem Trompetenlehrer.

¹Durch die Benennung der Lehrer als A, B und C soll eine objektive und anonyme Analyse gewahrt werden. Die Reihenfolge entspricht nicht der obigen Nennung

5.4.5 Musikalische Stimmungen

In dieser Studie wird weitgehend die gleichschwebend temperierte Stimmung als Bezugssystem herangezogen. Auch das BIAS Programm verwendet zur Darstellung und Ausgabe der berechneten Intonation die gleichschwebend temperierte Stimmung. Die Untersuchung der BIAS Messungen in Bezug auf musikalische Stimmungen im Kapitel 5.3.5 zeigt, daß die von Trompeten gemessenen Intonationsabweichungen von dieser Stimmung im Ausmaß ähnlich groß sind wie die Abweichungen zur pythagoräischen oder reinen Stimmung.

Nun soll untersucht werden, mit welcher der drei theoretischen Stimmungen die praktische, bzw. die tatsächlich gespielte Intonation am besten korreliert. Zu diesem Zweck wird der Mittelwert der gespielten Intonation aller Spieler im ersten Durchgang auf dem eigenen Instrument als Referenz herangezogen und die Abweichungen zur gleichschwebend temperierten Stimmung, zur pythagoräischen und zur reinen Stimmung berechnet. In der Abbildung 129 sind die Differenzen von der gespielten Intonation zu den drei Stimmungen als Kurven eingezeichnet. Die Werte der pythagoräischen und der reinen Stimmung beziehen die Intervalldefinition auf den Grundton der gespielten Tonart G Dur, (also auf G) und nicht auf C bzw. klingend B, den Grundton der Naturtonreihe der Trompete. Beim Grundton und den Oktaven decken sich daher alle 3 Kurven. Bei der Quinte und der Duodezime liegen die Kurven sehr nahe beinander. (Die temperierte Quinte ist z.B 700 Cent groß, die reine und pythagoräische 702 Cent)

Aus Abbildung 129 kann man erkennen, daß keine der Stimmungen ideales Modell der gespielten Intonation darstellt. Die gespielte Intonation, die Nulllinie, liegt abwechselnd über und unter den drei Stimmungen. Insgesamt die größte Differenz ist bei der schwarzen Kurve, d.h. bei der reinen Stimmung zu finden. Insbesondere beim e1 liegt die reine Sext um mehr als 23 Cent

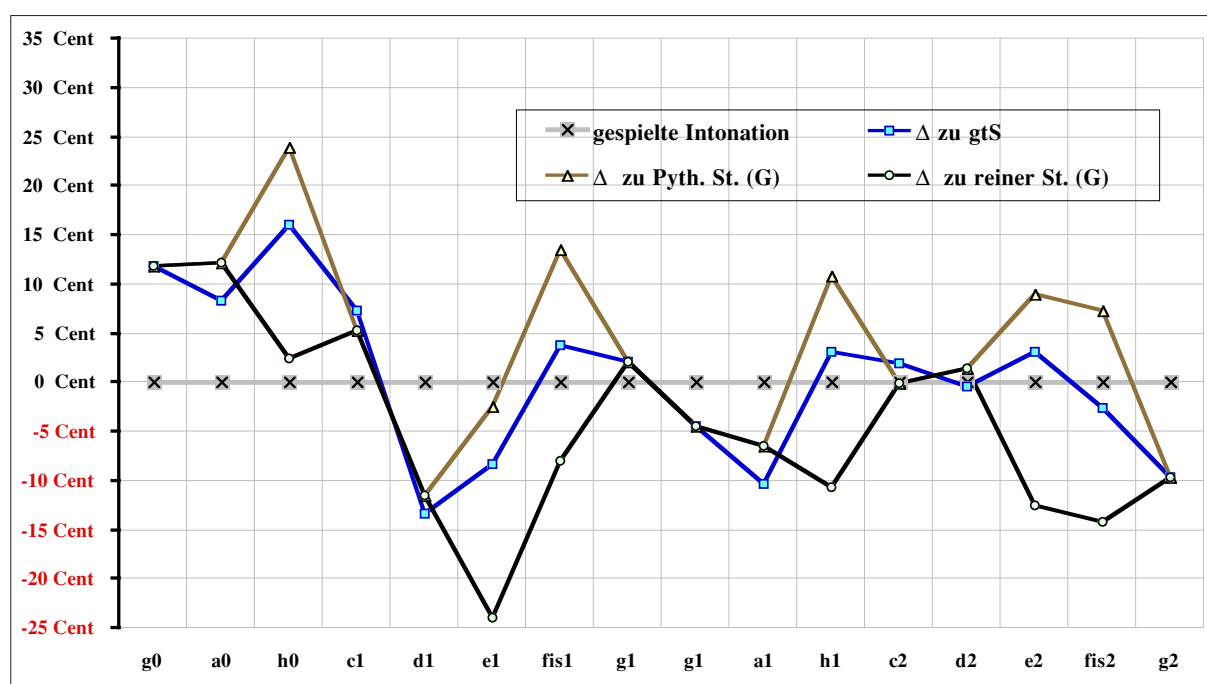


Abb. 129: Abweichungen der musikalischen Stimmungen vom Mittelwert der gespielten Intonation aller Spieler im ersten Durchgang auf dem eigenen Instrument.

tiefer als die tatsächlich gespielte Tonhöhe. Der Ton h1 hingegen wurde im Schnitt mehr als 23 Cent tiefer als die pythagoräische Solltonhöhe geblasen.

Zur weiteren Auswertung dieser Differenzkurven, wurde die absolute Abweichung, (der Betrag des Differenzwertes) für jeden Ton berechnet. Anschließend wurde der Mittelwert dieser absoluten Abweichung (MAD= mean average departure) über die untere Tonleiter, die obere Tonleiter sowie für den Bereich von e1 bis e2 ermittelt.

Das Ergebnis ist in Abbildung 130 dargestellt.

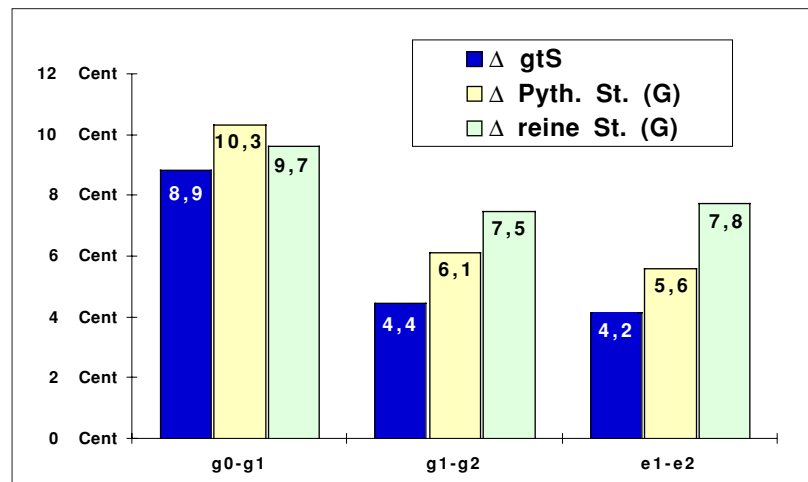


Abb. 130. Mittelwerte der absoluten Abweichung (MAD) der musikalischen Stimmungen vom Mittelwert der gespielten Intonation aller Spieler im ersten Durchgang auf dem eigenen Instrument.

Aus den MAD-Werten läßt sich folgern:

- Sowohl in der unteren Oktave als auch in der oberen Oktave liegt die gespielte Intonation der gleichschwebend temperierten Stimmung am nächsten. Die mittlere absolute Abweichung von der gleichschwebend temperierten Stimmung (gtS) liegt im mittleren Bereich von e1 bis e2 und in der oberen Oktave, von g1 bis g2 unter fünf Cent.
- Die reine Stimmung weicht insgesamt am stärksten von der gespielten Intonation ab. Bei den tiefen Tönen ist die Abweichung zur pythagoräischen Stimmung am größten. Ansonsten liegen die Differenzwerte der pythagoräischen Stimmung zwischen den beiden anderen.

Die auf den Trompeten realisierte Intonation kommt also der gleichschwebend temperierten Stimmung am nächsten. Aus der Untersuchung geht jedoch nicht hervor, welche Intonation die Musiker anstreben. Um Aufschluß über die Intention des Spielers bezüglich Intonation zu erhalten wären z.B. Hörversuche geeignet, die das Können nicht voraussetzten die zum hervorbringen der beabsichtigten Grundfrequenzen nötig ist. Außerdem hängt die gespielte Intonation von der vorgeprägten Intonation des Instruments ab. Letztgenannter Aspekt wird im Kapitel 5.5 näher untersucht.

5.4.6 Zusammenfassung

Die Untersuchung der Aufnahmen von 35 Trompetern, welche eine G-Dur Tonleiter über zwei Oktaven spielten (task g01 und g12), zeigte zunächst ein deutliches *Crescendo*, obwohl einheitlich ein *Mezzoforte* vorgegeben war.

Die Dynamik stieg vom g0 zum g1 um fast 8 dB und zum g2 um weitere 6 dB an, so daß pro Oktave eine Verdoppelung der Lautstärke festzustellen war.

Ziel der Analyse war es, die gespielten Grundtonfrequenzen der Töne - die in ihrem jeweiligen Verlauf zum Teil sehr stark variieren - zu ermitteln und zu dokumentieren sowie mit statistischen Methoden in Gruppenvergleichen auszuwerten.

Festgestellt wurden Schwankungen im Verlauf der einzelnen Töne, die in der tiefen Lage zwischen 30 und 60 Cent, in der mittleren Lage 20-30 Cent und darüber 10-20 Cent betrugen. Der Verlauf der Grundtonhöhe zeigt generell keine statische sondern eine variable Charakteristik wie dies auch bei frei intonierbaren Streichinstrumenten festgestellt wurde. (Fyk, 1995)

Anhand der RMS wurde pro Ton eine Tonhöhe bestimmt. Diese Tonhöhen wurden auf eine für beide Oktaven ermittelte Stimmtonhöhe (a1) bezogen. Die daraus resultierenden Intervallverhältnisse wurden als „gespielte Intonation“ bezeichnet.

Der Vergleich der gespielten Intonation aller Spieler untereinander macht ebenfalls eine große Variationsbreite bei der gespielten Tonhöhe der einzelnen Töne deutlich. Im Schnitt variieren die intonierte Töne um ca. 40 Cent. Der Abstand der Minimalwerte, der jeweils tiefsten geblasenen Tonhöhe zu den jeweils höchsten, den Maximalwerten, verringert sich von der tiefen Lage (ca. 60 Cent) zur hohen Lage (ca. 35 Cent).

Die Mittelwerte der „gespielten Intonation“ aller Spieler vom ersten Durchgang mit dem eigenen Instrument (I) und vom zweiten Durchgang mit der Referenztrompete (R) sowie über beide Durchgänge (I+R) wurde gebildet und die Abweichungen zur gleichschwebend temperierten Stimmung (gtS) untersucht. In der Abbildung 131 sind die Werte für beide Durchgänge getrennt eingezeichnet. Blaue Flächen kennzeichnen die Abweichung zur gleichschwebend temperierten Stimmung vom ersten Durchgang (I), die rote Kurve jene für den zweiten Durchgang (R)

Alle drei Mittelwerte pendeln im Bereich von + 15 Cent und - 17 Cent um die Nulllinie der gleichschwebend temperierten Stimmung.

Die durchschnittliche absolute Abweichung (die Beträge der Abweichungen) bei den Durchgängen auf dem eigenen Instrument beträgt 7 Cent, mit dem Referenzinstrument 8 Cent. Diese Werte variieren mit einer Standardabweichung von 5 Cent.

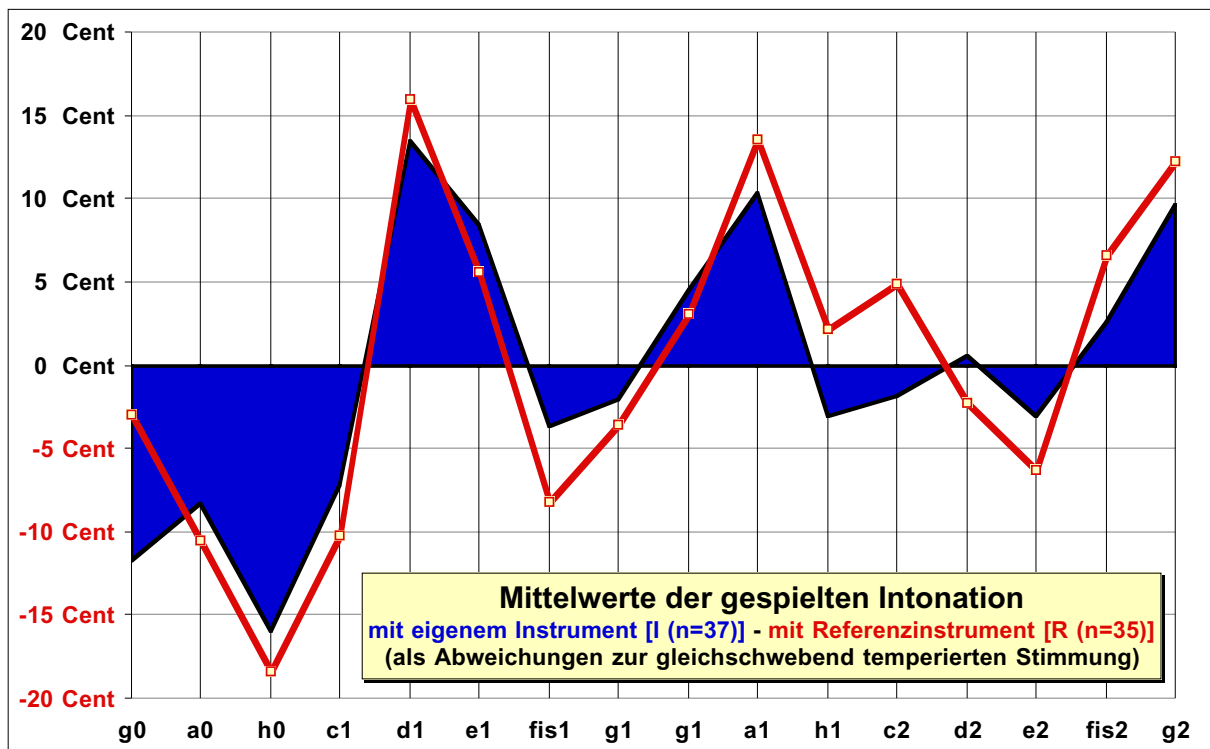


Abb. 131: Vergleich der Intonation auf der Referenztrompete (2. Durchgang) mit der auf dem eigenen Instrument (1. Durchgang) gespielten.

Wie in Abbildung 131 zu erkennen, ist die Tendenz der gespielten Intonation bei beiden Durchgängen sehr ähnlich: auffallend tief gegenüber der gtS ist das h0. Demgegenüber hoch intoniert wurde das d1, a1 und das g2. Das d1 und a1 wird von der Mehrzahl der Spieler nicht durch den Trigger bzw. durch Hilfsgriffe nach unten korrigiert, obwohl dieses möglich wäre.

Bemerkenswert ist die Tatsache, daß das zweite g1 als Beginn der oberen Tonleiter um 7 Cent höher intoniert wird als das erste g1, mit dem die untere Tonleiter endet. Dies zeigt, daß der musikalische Kontext einen starken Einfluß auf die gespielte Tonhöhe haben kann.

Auffallend ist auch, daß die Intervallverhältnisse innerhalb der oberen Oktave nicht denen der unteren Oktaven entsprechen¹. Dies führt zur Annahme, daß es kein streng definiertes übergeordnetes musikalisches Stimmungssystem gibt, welches von den Spielern angestrebt wird, sondern lediglich ein relativ breites Bezugssystem, welches durch weitere Untersuchungen zu bestimmen wäre.

Interessant ist die Feststellung, daß obwohl die Stimmtönhöhe (a1) nach der minimalen Abweichung der Naturtöne berechnet wurde, der Kammerton h1 (klingend a1) - mit dem 2. Ventil gegriffen, der Nulllinie der gleichschwebend temperierten Stimmung am nächsten liegt und daher bestens zum Stimmen des Instrumentes geeignet ist, welches im Orchester auch traditionell mit diesem Ton durchgeführt wird.

¹ Diese empirischen Daten stehen entgegen der Behauptung von Martin Vogel (1961, S.20), der davon ausgeht, daß der Trompeter in der zweigestrichenen Oktave die genauen Oktavetöne der eingestrichenen Oktave spiele.

Der Vergleich der Intonation zwischen verschiedenen Gruppen mit gemeinsamen Merkmalen zeigt nur wenig signifikante Unterschiede. Zu den bemerkenswerten Unterschieden zählen:

¥Die Töne h1 und c2 wurden auf Instrumenten mit Perinétventilen, zu denen auch die Referenztrompete zählt, um 5-10 Cent höher gespielt als mit Drehventiltrompeten, zu welchen die Instrumente der Fa. Lechner gehören. Beim Ton d2 verhält es sich genau umgekehrt.

¥Der Mittelwert der Trompeter, die vorwiegend Jazz oder Populärmusik spielen, ist bei den tiefen Tönen g0-h0 deutlich unter dem Gesamtmittelwert, verläuft ab dem c1 jedoch entsprechend dem allgemeinen Trend.

¥Die Gruppe der Musiker mit der geringsten Spielerfahrung (4-9 Jahre) spielt die tiefen Töne deutlich näher der Nulllinie als die mit mehr Spielerfahrung. Bei den Tönen d1, g1 und g2 fiel diese Gruppe mit den extremsten Abweichungen zur gleichschwebend temperierten Stimmung auf.

¥Spieler mit über 20 Jahren Spielerfahrung intonieren im Bereich vom a0 bis d1 relativ tief gegenüber den Vergleichsgruppen.

¥Profis spielen mit ihrem eigenen Instrument die Töne d1 und a1, die im Durchschnitt bei allen Durchgängen besonders hoch liegen, um über 5-10 Cent tiefer als mit der Referenztrompete, bzw. als die Studenten.

Abschließend wurde die Abweichung der gespielten Intonation zur gleichschwebend temperierten Stimmung, zur pythagoräischen und zur reinen Stimmung berechnet. Zieht man den Mittelwert der gespielten Intonation aller Spieler im ersten Durchgang auf dem eigenen Instrument als Referenz heran, kommt man zum nachfolgenden Ergebnis:

¥Die gleichschwebend temperierte Stimmung liegt der gespielten Intonation insgesamt am nächsten. Die mittlere absolute Abweichung zu dieser Stimmung betrug in der mittleren und oberen Oktave unter 5 Cent.

¥Im tiefen Bereich ist die Abweichung zu allen Stimmungen relativ groß.

¥Insgesamt die größte Differenz zur gespielten Intonation stellte sich bei der reinen Stimmung heraus.

5.5 "BIAS Intonation" versus "gespielte Intonation"

In diesem Kapitel werden die Ergebnisse der BIAS Messungen (Kap. 5.3) mit der Auswertung der von den Trompetern tatsächlich gespielten Tonhöhen (Kap. 5.4) miteinander verglichen.

5.5.1 Vergleich der Intonation der einzelnen Spieler

Auf den Folgeseiten ist zunächst für jeden Spieler eine Grafik abgebildet, auf der jeweils beide Intonations-Kurven für die G-Dur Tonleitern im Vergleich abgebildet sind (Abb. 132-168).

Die roten stärkeren Kurven zeigen die gespielte Intonation mit der Referenztrompete; die dickeren blauen Kurvenwerte gehören zum jeweiligen eigenen Instrument (I) des Spielers. Dünne Linien zeigen die vom jeweiligen Instrument gemessene standardgewichtete BIAS Intonation.

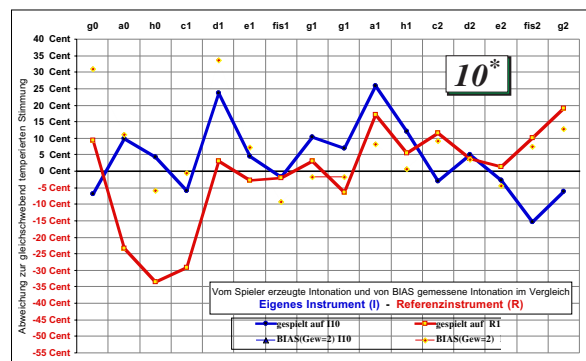
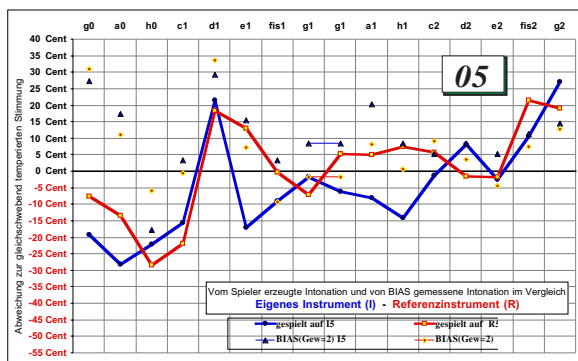
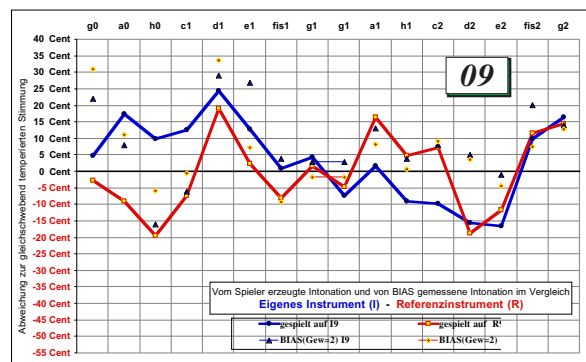
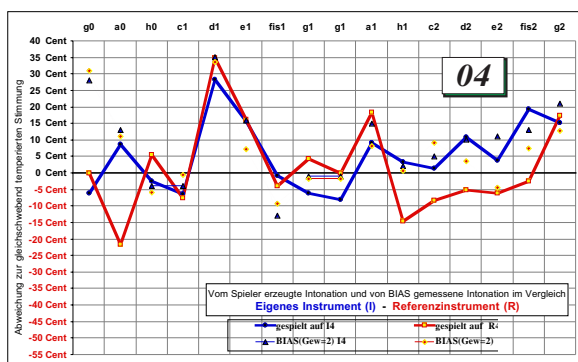
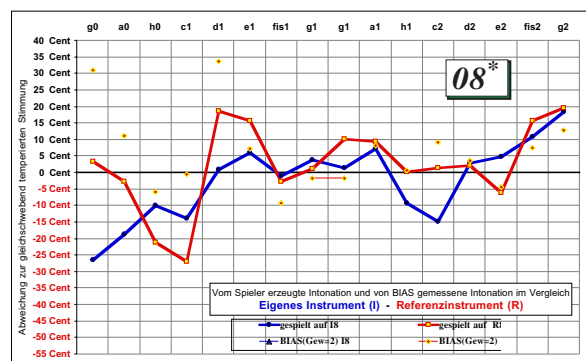
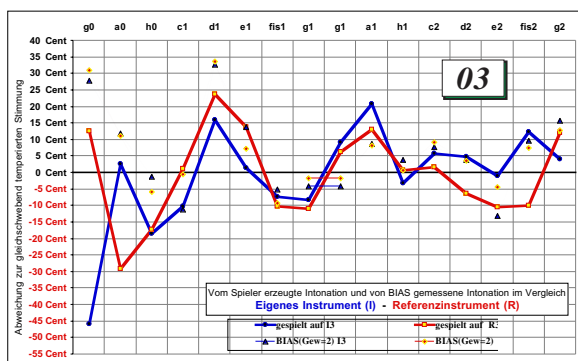
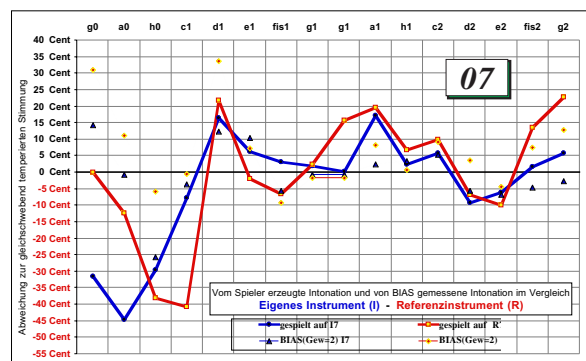
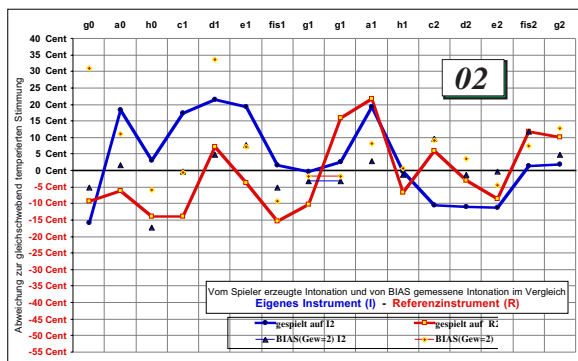
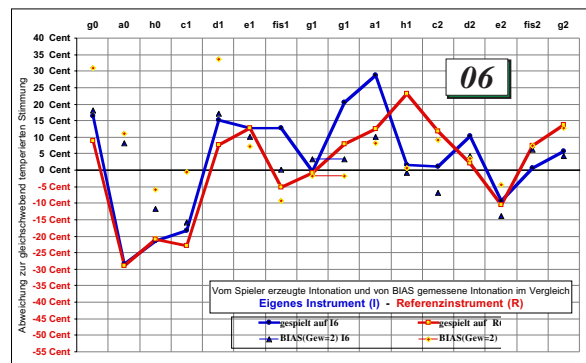
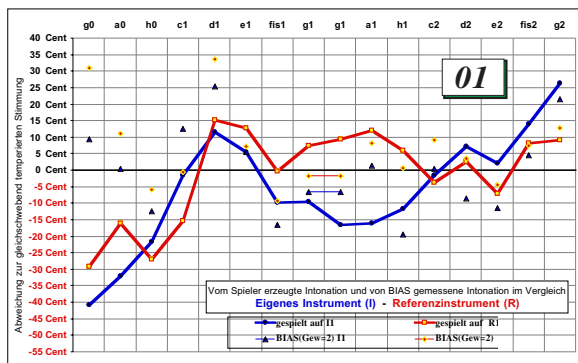
Betrachtet man die einzelnen Kurven der gespielten Töne, so fallen die überaus starken individuellen Unterschiede auf, die in den Mittelwerten nicht mehr aufscheinen.

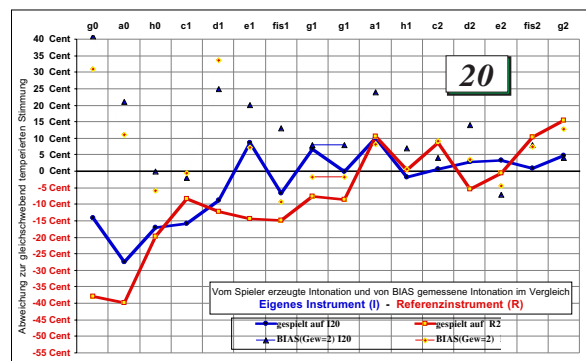
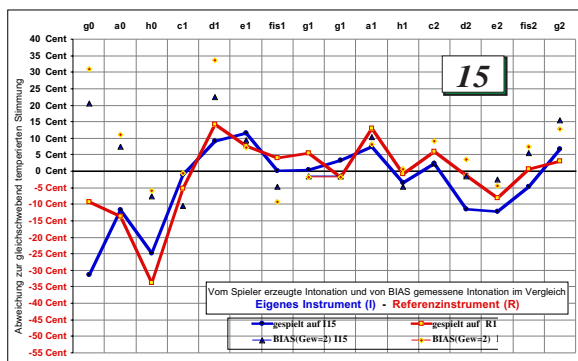
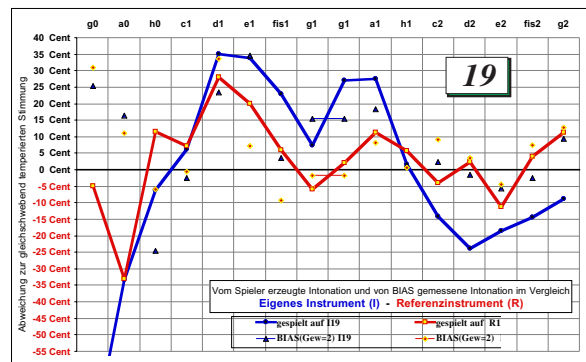
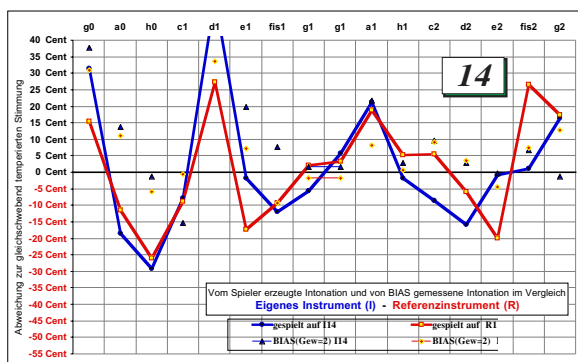
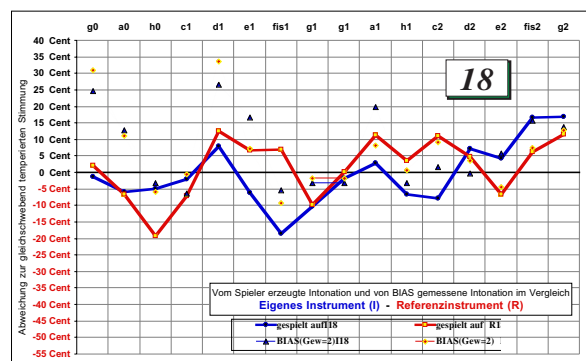
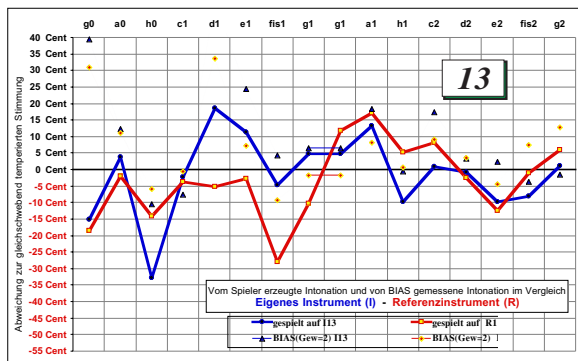
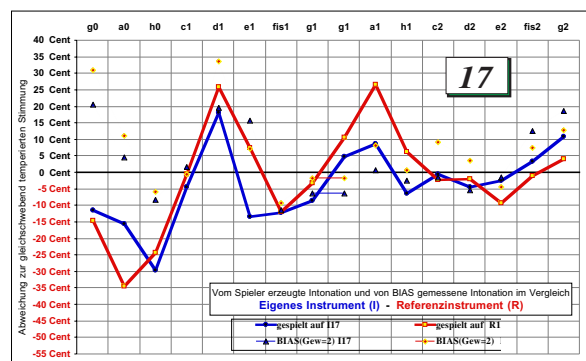
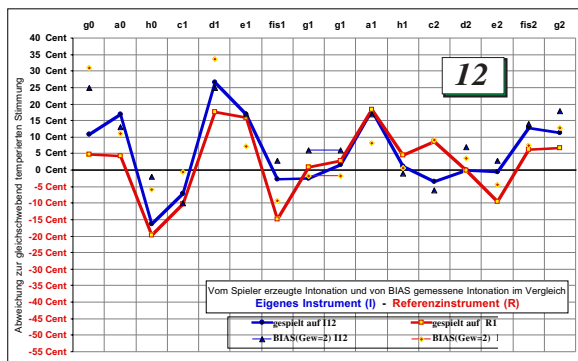
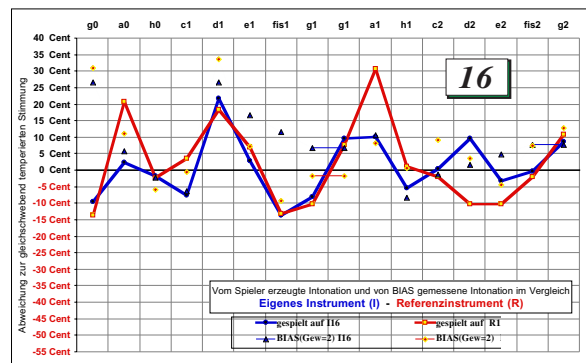
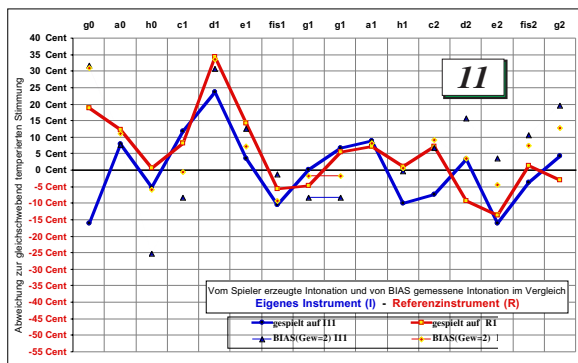
Manche Spieler lassen auf beiden Instrumenten eine ähnliche Tendenz erkennen, bei anderen besteht ein großer Unterschied zwischen der Intonation mit dem eigenen Instrument und dem zweiten Durchgang auf dem Referenzinstrument.

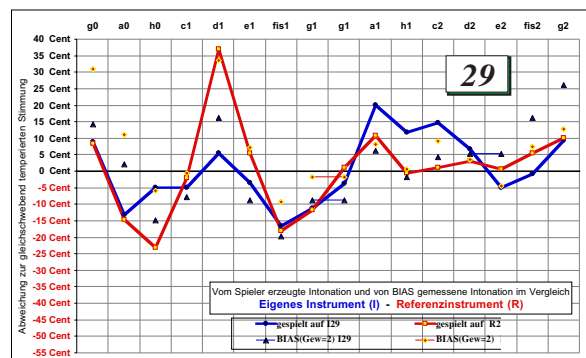
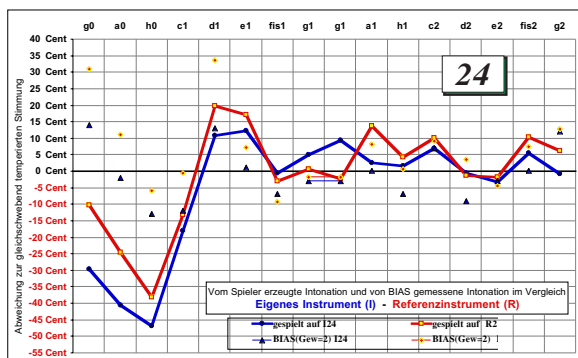
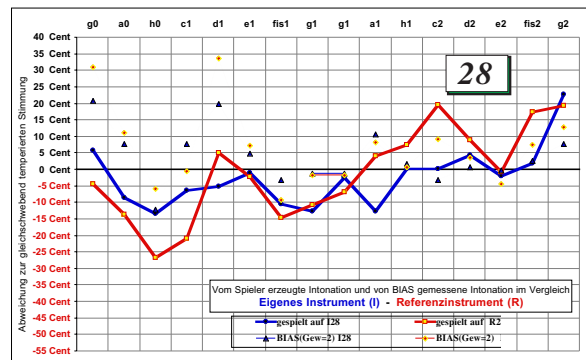
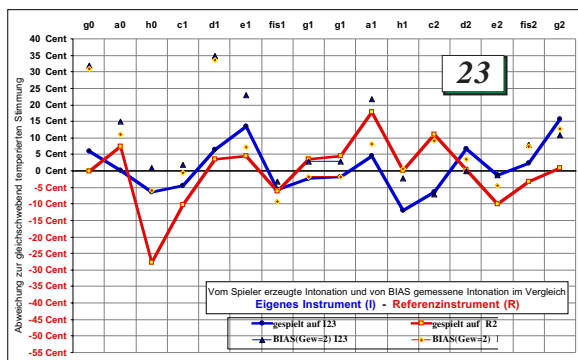
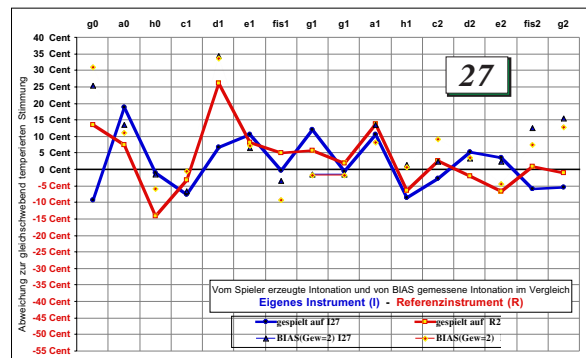
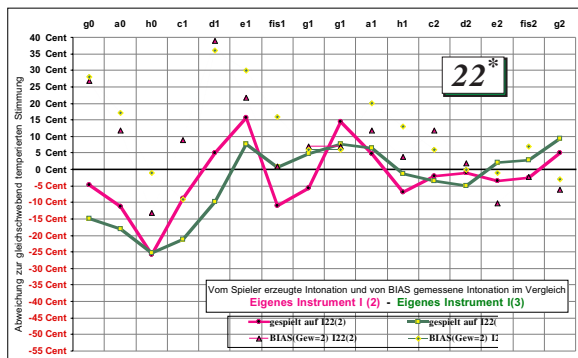
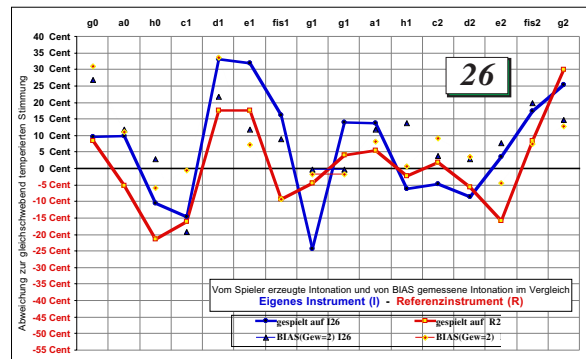
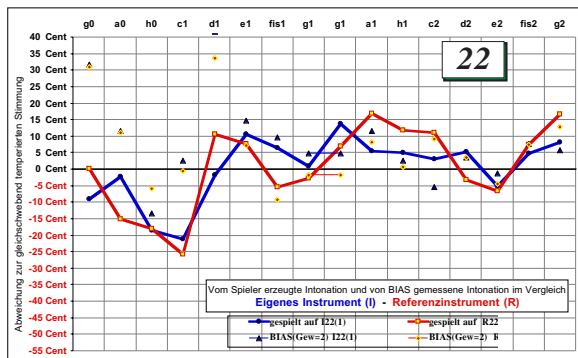
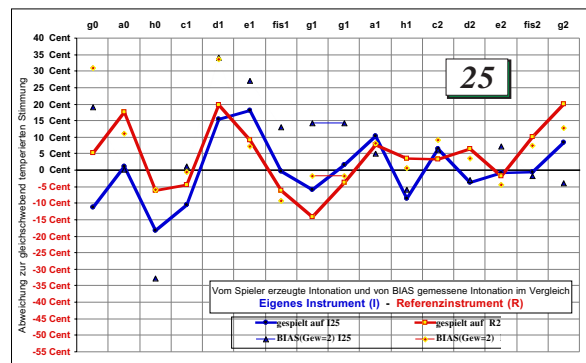
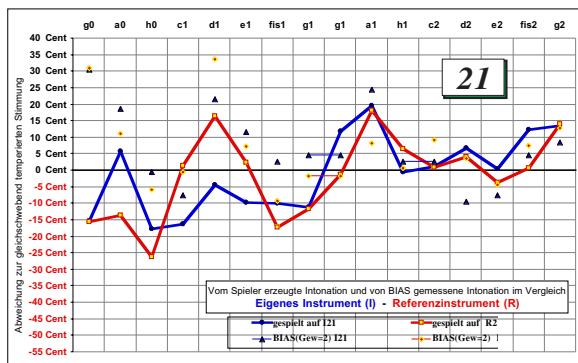
Man erkennt besonders am häufig extrem hohen d1, ob der Ton mit dem Trigger oder mit dem Ansatz korrigiert wurde. In diesen Fällen liegt der Wert wesentlich niedriger und näher bei der Nulllinie der gleichschwebend temperierten Stimmung.

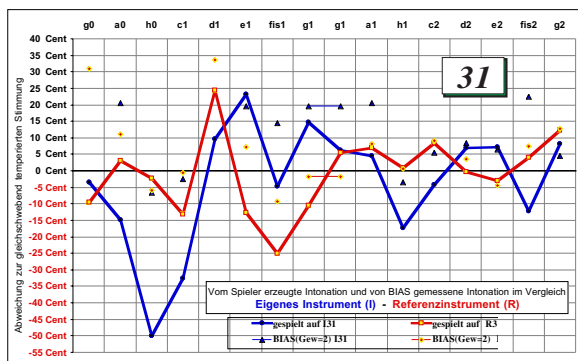
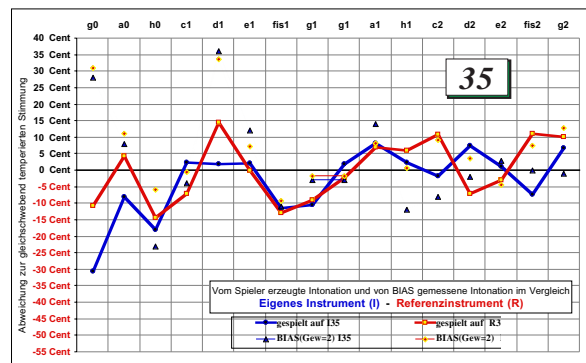
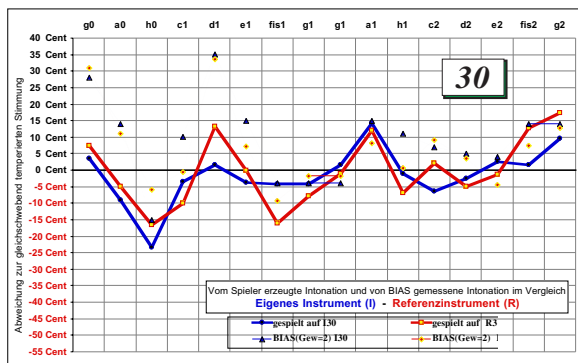
Hauptzweck der Grafiken in den Abbildungen 132 bis 168 ist die Vergleichsmöglichkeit zwischen den gespielten Tonhöhen und den mit BIAS gemessenen Resonanzstellen des jeweiligen Instruments. Besonderes Augenmerk gilt den individuellen Besonderheiten der Instrumente bezüglich der Intonation. Es stellt sich die Frage, ob z.B. eine überdurchschnittlich hohe Resonanzfrequenz des Instruments den Spieler zu höherem Intonieren veranlaßt, oder ob der Spieler den breiten Variationsspielraum des Ziehbereiches nützt und dies ausgleicht. Im Hinblick auf diese Fragestellung kann man aus den Abbildungen schließen, daß beide Varianten realisiert werden. Bei vielen Tönen ist eine starke Wechselbeziehung zwischen der gespielte Tonhöhe und der gemessenen Impedanzspitze bzw. der daraus abgeleiteten gewichteten Intonation zu finden. Bei zahlreichen anderen Tönen kann jedoch kein direkter Zusammenhang aus den Einzelwerten abgelesen werden.

Daß außer der vom Instrument vorgegeben Stimmung viele andere Faktoren die Tonerzeugung beeinflussen, zeigen zum Beispiel die großen Intonationsunterschiede die auf ein und demselben Instrument - der Referenztrompete - gespielt wurde. Neben diesem Exempel für inter-individuelle Variationen, sind auch intra-individuelle Variationen zu beobachten, also Unterschiede beim selben Spieler mit demselben Instrument. Ganz besonders deutlich wird dies am Ton g1 der jeweils zweimal gespielt wurde und zwar zum Teil mit deutlich unterschiedlicher Tonhöhe.



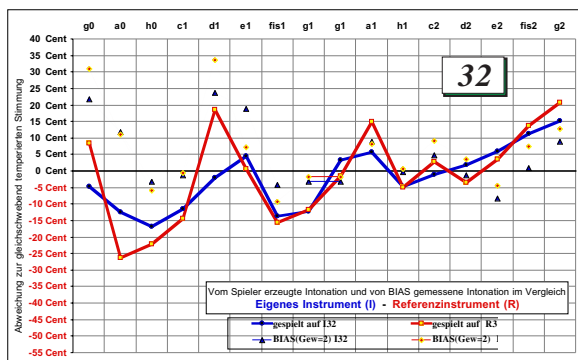






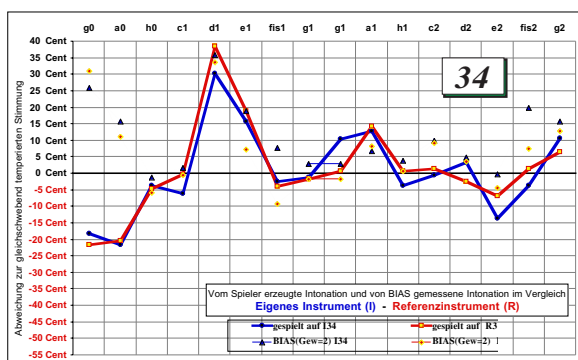
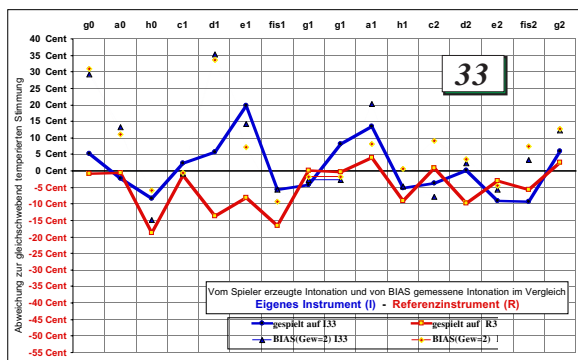
Abbildungen 132-168. Die vorangegangenen 36 Grafiken zeigen die mit BIAS gemessene, standardgewichtete Intonation im Vergleich mit der gespielten Intonation der G-Dur Tonleiter über zwei Oktaven (tasks g01 und g12) für jeden Spieler im einzelnen.

Die roten Kurven entsprechen den Werten mit der Referenztrumpete, die blauen denen mit dem jeweils eigenen Instrument der Spieler. Die jeweils dickere Linie repräsentiert die gespielte Intonation, die dünnere die gemessene Intonation des Instruments.



* Eine Ausnahme bildet Spieler 22, der mit drei verschiedenen eigenen Instrumenten spielte und insgesamt also vier Durchgänge absolvierte. Diese sind in zwei getrennten Grafiken dargestellt.

* Von den eigenen Instrumenten der Spieler 08 und 10 konnten keine BIAS Messungen durchgeführt werden, da das Meßsystem an den Tagen nicht zur Verfügung stand. In den entsprechenden Grafiken fehlen daher die dünnen blauen Kurven.



5.5.2 Vergleich der Mittelwerte

An dieser Stelle wird zunächst die im ersten Durchgang auf dem jeweils eigenen Instrument (I) gespielte Intonation der Trompeter mit der BIAS-Intonation verglichen, welche auf der Messung dieser 35 Trompeten der Versuchsteilnehmer beruht.

In der Abbildung 169 ist die Abweichung des Mittelwerts der gespielten Intonation (aller Spieler im ersten Durchgang) von der gleichschwebend temperierten Stimmung als gelbe Fläche dargestellt. Die Mittelwerte der ungewichteten (Gew=0) und standardgewichteten (Gew=2) BIAS Messungen sind als Kurvenverläufe dargestellt.

Betrachtet man den Verlauf der BIAS-Meßkurven in Bezug zu den gespielten Werten, so ist mit Ausnahme einiger Töne eine beachtliche Übereinstimmung zu erkennen. Sowohl "das Vorzeichen" der Intonation, also ob hoch oder tief - bezogen auf die gleichschwebend temperierten Stimmung -, als auch der Betrag der Abweichung stimmt in weiten Bereichen überein.

Starke Abweichungen sind jedoch im Bereich g0 bis h0 festzustellen, in dem die ungewichtete BIAS-Intonation extrem tief liegt, und die standardgewichtete BIAS-Intonation als wesentlich höher berechnet wurde. Dieses Ergebnis ruft die Frage nach einer "abgeschwächten Gewichtung" hervor, deren Werte in der Mitte zwischen ungewichteter und standardgewichtet liegen. Eine solche Gewichtung würde die gespielte Intonation im tiefen Bereich gut treffen.

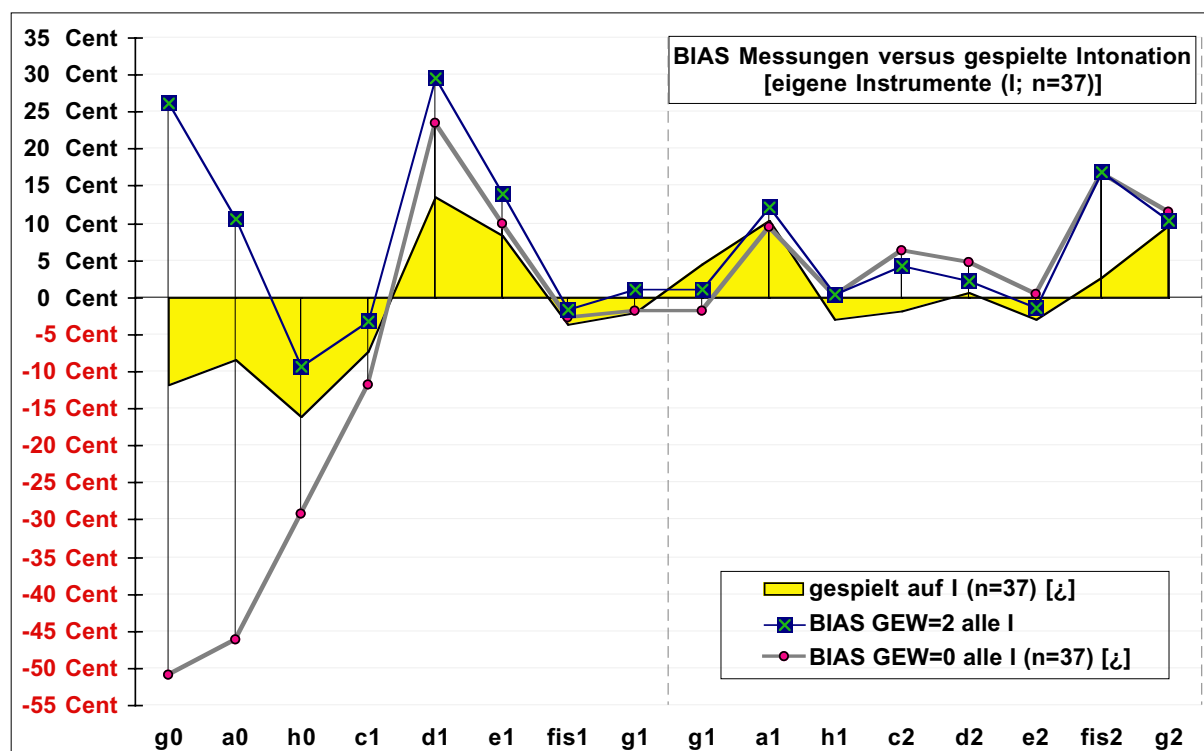


Abbildung 169: Vergleich der gemessenen Intonation (von I) mit der gespielten Intonation aller Spieler im ersten Durchgang.

Deutliche Abweichungen sind auch bei den Tönen d1 und fis2 zu sehen. Die Tatsache, daß das d1 im Durchschnitt weniger hoch gespielt wird als von der BIAS-Intonation angezeigt, ist eindeutig auf die Verwendung des Triggers zurückzuführen, der von manchen Spielern verwendet wurde und von manchen nicht. Es ist verwunderlich, daß diese Intonationshilfe nicht von noch mehr Spielern verwendet wurde.

Unklar ist die Ursache für die Abweichung beim fis2, welches 10 bis 15 Cent höher gemessen wurde, als die Spieler tatsächlich gespielt haben. Auffallend hoch bei den BIAS Messungen waren alle Töne, die mit der sechsten Resonanzspitze geblasen werden. Die Messung für das f2 war sogar noch etwas höher. Es ist fast schade, daß dieser Ton nicht in der G-Dur Tonleiter vorkommt, da eine Analyse der gespielten Tonhöhe eine bessere Relativierung ermöglicht hätte. Der höchste der untersuchten Töne, das g2, wird ebenfalls mit der sechsten Resonanzspitze gespielt, und liegt laut BIAS auch ca. 10 Cent über der gleichschwebend temperierten Stimmung. Bei diesem Ton stimmt die gespielte Intonation jedoch sehr gut überein.

Die Differenz zwischen der gespielten Intonation und der ungewichteten bzw. der standardgewichteten BIAS-Intonation ist in der Abbildung 170 dargestellt. Beide Kurven beziehen sich auf die im ersten Durchgang gespielte Intonation und auf die Messungen der eigenen Instrumente. Die Nulllinie entspricht also nicht der gleichschwebend temperierten Stimmung, sondern dem Mittelwert der gespielten Intonation im ersten Durchgang mit dem eigenen Instrument. Die gelb markierten Werte kennzeichnen die Abweichung der standardgewichteten Messung (Gew=2) zu dieser gespielten Intonation, die hellgrünen die der ungewichteten Intonation (Gew=0). Diese Darstellung in Abbildung 170 verdeutlicht die zuvor besprochenen Unterschiede und zeigt die relativ gute Übereinstimmung im mittleren Bereich von e1 bis e2.

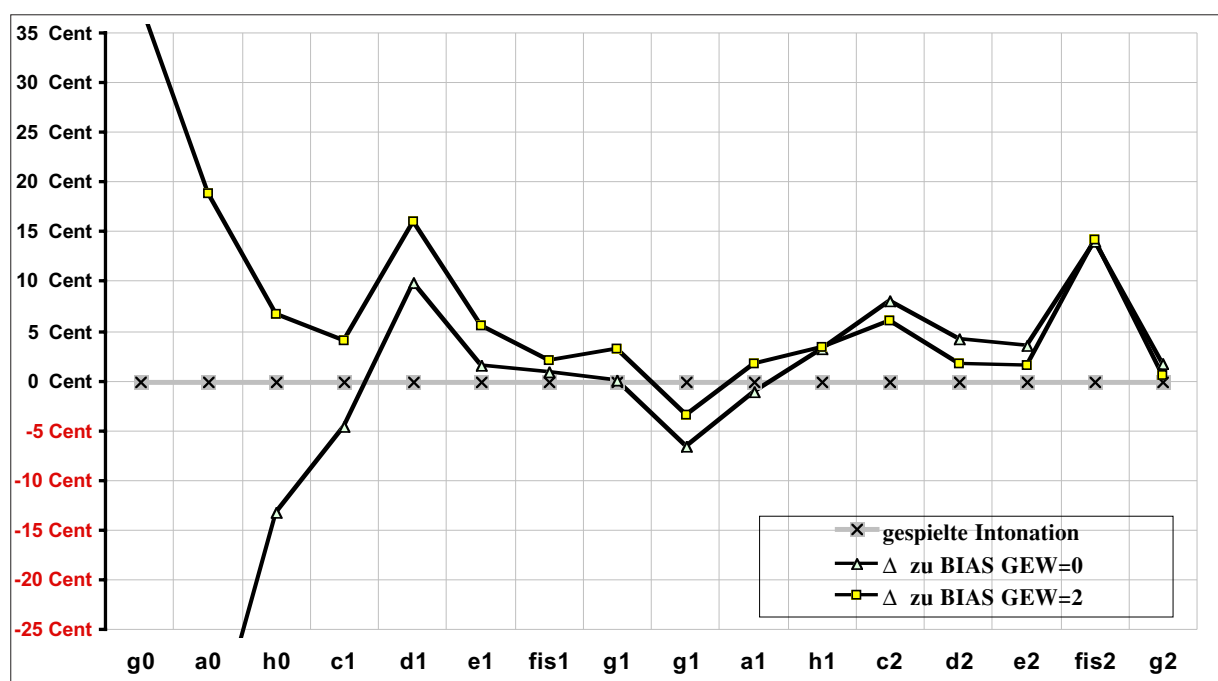


Abb. 170: Differenz zwischen gespielter und gemessener Intonation (für eigene Instrumente).

Zur weiteren Auswertung dieser Differenzkurven, wurde die absolute Abweichung, (der Betrag des Differenzwertes) berechnet und anschließend der Mittelwert dieser absoluten Abweichung (MAD= mean average departure) über die untere Tonleiter, die obere Tonleiter sowie den Bereich von e1 bis e2 ermittelt. Das Ergebnis ist in Abbildung 171 dargestellt. Aus diesen statistischen Werten kann folgendes geschlossen werden:

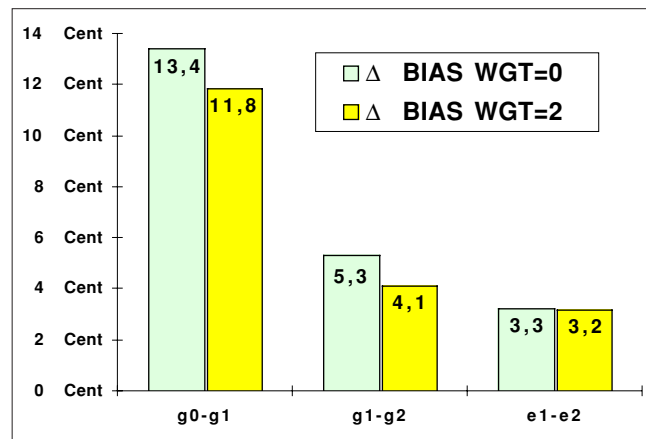


Abb. 171: Mittelwerte der absoluten Abweichung (MAD) der BIAS Intonation von der gespielten Intonation.

- Die standardgewichtete Intonation liegt etwas näher bei der gespielten Intonation als die ungewichtete.
- Die gespielte Intonation in der oberen Oktave (g1-g2) weicht mit ca. 5 Cent weit weniger von der gemessenen BIAS-Intonation ab, als die in der unteren.
- Die beste Übereinstimmung von der gemessenen Intonation zur gespielten Intonation ist im mittleren Bereich vom e1 bis e2 zu finden. Die absolute Abweichung beträgt dort im Durchschnitt nur 3,2 Cent.

Diese Ergebnisse, die anhand der gespielten und gemessenen Intonation der 35 eigenen Instrumente ermittelt wurden, sind mit sehr ähnlichem Resultat auch für den zweiten Durchgang mit der Referenztrompete ermittelt worden. Die Gesamtcharakteristik beider Differenzkurven ist adäquat. Insgesamt sind die Abweichungen von der gespielten Intonation mit der Referenztrompete zur gemessenen Intonation des Referenzinstruments etwas größer. Der Grund dafür ist vermutlich der geringere Bekanntheitsgrad der Spieler mit dem Instrument und die vorgeschriebene Verwendung des Referenzmundstücks.

5.5.3 Zusammenfassung

Zu Beginn dieses Kapitels wurden zunächst die gespielten Intonationen der einzelnen Trompeter den jeweilig gemessenen Intonationen des eigenen Instrumentes sowie der Referenztrompete gegenübergestellt. Der Vergleich der 72 einzelnen Kurven (Abb. 132-168) der gespielten Intonation ergab folgende Beobachtungen:

- Bei einigen Tönen innerhalb der beiden Tonleitern ist bei vielen Spielern eine starke Wechselbeziehung zwischen der gespielten Tonhöhe und der gemessenen Impedanzspitze bzw. der daraus abgeleiteten gewichteten Intonation zu finden. Bei anderen Tönen ist aber keine oder gar eine entgegengesetzte Tendenz zwischen gespielter und gemessener Intonation zu erkennen, so daß aufgrund der Einzelwerte kein direkter Zusammenhang zwischen gemessener und gespielter Intonation abgelesen werden kann.
- Bei den meisten Trompetern sind deutliche Unterschiede zwischen der Intonation, die im ersten Durchgang gespielt wurde, und der, die im zweiten Durchgang auf der Referenztrompete gespielt wurde, vorhanden. Diese breite intra-individuelle Streuung wurde sogar innerhalb eines Durchgangs mit einem Instrument, anhand des zweifach gespielten g1 deutlich, das größtenteils mit unterschiedlicher Tonhöhe geblasen wurde. Dieser Umstand belegt die große Einflußmöglichkeit des Spielers auf die gespielte Tonhöhe und zeigt den sogenannten "Ziehbereich" innerhalb einer vom Instrument geprägten Resonanzspitze.

Anschließend wurde eine statistische Auswertung vorgenommen. Aus dem Vergleich des Mittelwertes der gespielten Intonation mit den Mittelwerten der gemessenen Resonanzfrequenzen und den daraus berechneten Intonationen von BIAS kann gefolgert werden:

- Mit Ausnahme des tiefsten Bereichs von g0 bis d1 sowie beim Ton fis2 liegen die gespielten Werte sehr nahe bei der mit BIAS gemessenen Intonation. Die absolute Abweichung von der ungewichteten als auch von der standardgewichteten BIAS-Intonation beträgt in der oberen Tonleiter (von g1 bis g2) lediglich ca. 5 Cent. In der unteren mehr als das doppelte.
- Insgesamt liegt die standardgewichtete Intonation von BIAS etwas näher bei der gespielten Intonation als die ungewichtete Intonation.
- Im mittleren Bereich vom e1 bis e2 ist die beste Übereinstimmung von der gemessenen Intonation zur gespielten Intonation zu finden. Die absolute Abweichung zur standardgewichteten BIAS-Intonation beträgt dort im Schnitt nur 3,2 Cent.

5.6 Dynamik, Klangfarbe und Intonation von Einzeltönen

5.6.1 Dynamikumfänge verschiedener Spieler (anhand Ton „h1“)

Der Dynamikumfang der Trompete wurde vom Autor bereits in einer früheren Studie untersucht (Bertsch 1992: S. 24). Der Umfang hängt stark vom Register ab und wird nach oben deutlich geringer. Als Richtwert für einen Ton in der tiefen Lage gilt ca. 30dB.

Ansatzpunkt innerhalb dieser Studie war die Ermittlung der Variationsbreite der Dynamikwerte von mehreren Spielern auf der Referenztrompete mit dem Referenzmundstück.

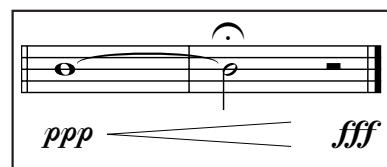


Abb. 172: Notenvorgabe Ton „h1“.

Zu diesem Zweck wurde ein einzeln gespielter Ton analysiert. Die Vorgabe für die Spieler bestand aus einem *crescendo* des Tons h1 (klingend a1) vom *piano pianissimo* (*ppp*) zum *forte fortissimo* (*fff*) (siehe Abb. 172). Der Ton sollte so leise wie möglich angeblasen werden und dann im Verlauf einiger Sekunden zur größtmöglichen Lautstärke ansteigen. Zur Auswertung wurden die mit Mikrophon 1 aufgenommenen Signale herangezogen. Da dieses Mikrophon kalibriert war, können nachfolgend die absoluten dB-Werte der RMS angegeben werden, die für den Abstand von einem Meter vor dem Instrument gelten (siehe Kapitel 5.2.1).

Aus der RMS -Spur des Tones wurden drei Amplitudenwerte ermittelt: der Anfangswert (Toneinsatz), sowie der leiseste (*ppp*) und lauteste (*fff*) Wert. In der Abbildung 173 sind diese

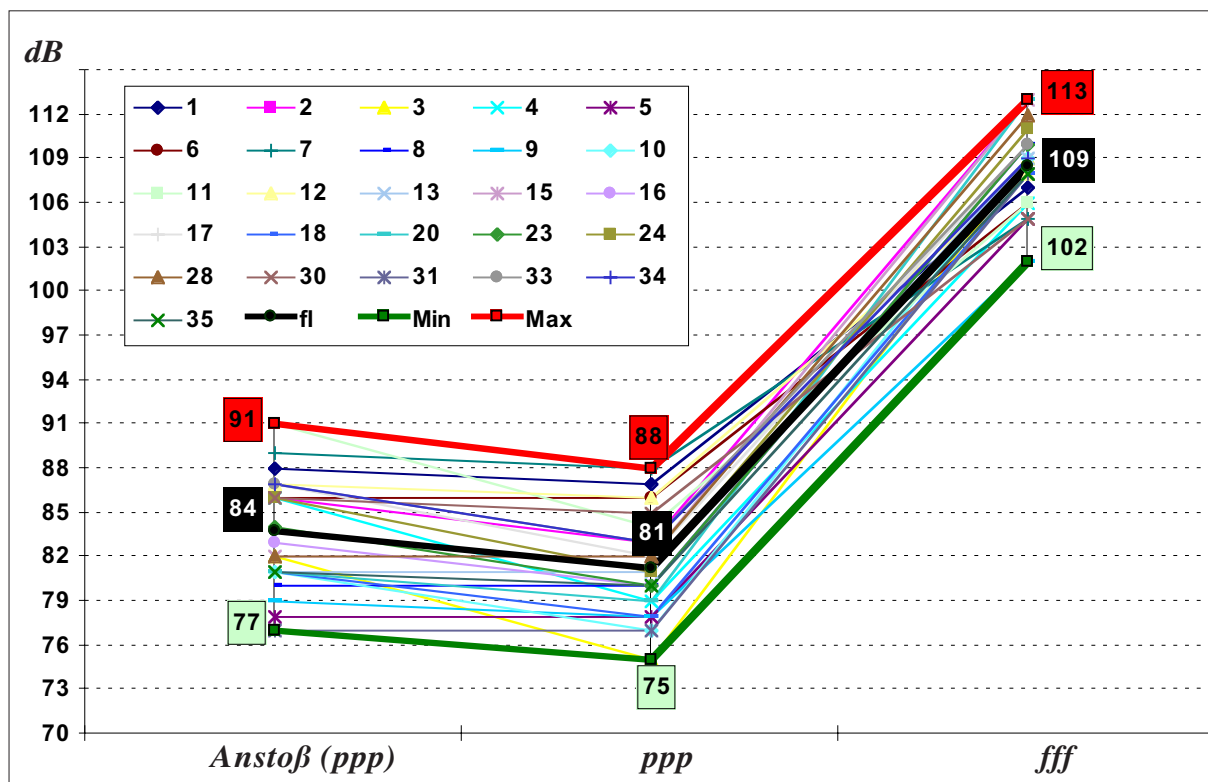


Abb. 173: Amplitudenwerte von h1 (klingend a1) in absoluten dB. Neben den Einzelwerten von 24 Spielern sind deren Mittelwerte und Extremwerte dargestellt.

Amplitudenwerte eingezeichnet. Außerdem sind die Maximalwerte mit einer roten, der Mittelwert mit einer schwarzen und die Minimalwerte mit einer grünen dickeren Linie dargestellt.

- Die ermittelten Werte zeigen große Spannen in der absoluten Lautstärke, die beim Anstoß 14 dB, beim ppp 13 dB und beim fff noch 11 dB betragen. Dies ist ein deutliches Beispiel, wie unterschiedlich musikalische Vorgaben von Musikern aufgefaßt bzw. realisiert werden.
- Der Dynamikumfang der Trompete beträgt beim Ton h1 im Durchschnitt 26,6 dB (von 81,3 dB bis 108,5 dB). Berechnet man diesen Umfang vom leisesten gespielten Ton (mit 75 dB) bis zum lautesten Ton (mit 113 dB), so wären theoretisch 38 dB Dynamikumfang spielbar.
- Ein generelles Merkmal der spielbaren Dynamik besteht darin, daß Töne etwa 2,5 dB lauter angestoßen werden als sie im ppp ausgehalten gespielt werden können.

Die Spieler sind instruiert worden, diesen einen Ton so laut und so leise zu spielen wie möglich, jedoch spielten manche Spieler nur bis zu der Lautstärke, bei welcher der Ton noch einen für sie musikalisch akzeptablen Klang hatte. Beim Anhören der Töne ist eine extreme Klangfarbenänderung festzustellen, wenn 110 dB überschritten werden. Die Töne klingen dann sehr schrill und kreischend.

Die kleinste gemeinsame Spannweite aller Spieler beschränkt sich auf 88 dB bis 102 dB. In diesem Bereich wurden die dynamischen Angabe *mezzoforte* mit 94 dB, und *forte* mit 100 dB bestimmt. Die absoluten Intensitäten der weiteren musikalischen Dynamikstufen können mit der allgemein üblichen Abstufung von 6-7 dB, was jeweils ungefähr der Verdopplung des Schallpegels entspricht, dementsprechend festgelegt werden: So entspricht ein *piano* in etwa 87 dB und das *fortissimo* ca. 106 dB. Diese Werte beziehen sich auf den Ton h1, der im mittleren Register liegt.

5.6.1.1 Auswertung der gespielten Dynamik nach Gruppen

Die ermittelten Werte wurden außerdem nach vier Variablen der Spieler untersucht:

- Status (Profi versus Student)
- Geschlecht (männliche versus weibliche Trompeter)
- Repertoiretyp ("Klassiker" versus "Jazzler")
- Spielerfahrung (Spieler mit mehr als 20 Jahren Erfahrung versus jenen mit weniger)

Der Vergleich der Mittelwerte dieser Gruppen zeigte jedoch keine auffallenden Unterschiede in Hinsicht auf den Dynamikumfang oder die Extremwerte. Erwähnenswert sind eventuell folgende Feststellungen:

- die leisesten Töne überhaupt (*ppp*) wurden von vier "klassischen" Trompetern gespielt
- drei "Nicht-Klassiker" haben diese Dynamikstufe (*ppp*) am lautesten interpretiert
- Beim *fff* wurde sowohl von drei männlichen als auch von zwei weiblichen Versuchspersonen der Wert von 110 dB erreicht. Noch lauter spielten jedoch lediglich drei männliche Trompeter.

5.6.2 Zum Einfluß des Registers auf die Dynamik

Neben dem soeben untersuchten Ton h1 (der im Anschluß nach weiteren Aspekten analysiert wird), wurden weitere Einzeltöne aus jedem Registers aufgenommen, die jedoch nicht den ganzen Dynamikumfang vom Spieler abforderten, sondern auf die mittlere Dynamik begrenzt waren: Die Musiker sollten die Töne as0, c1, g1, fis2 und h2 jeweils im *piano* anblasen und bis zu einem kräftigen *forte* crescendieren. In der Abbildung 174 ist das Ergebnis der RMS Auswertung wiedergegeben, aus welcher der große Einfluß des Registers auf die realisierte Dynamik sichtbar wird:

Das *piano* in der tiefen Lage beim as0 und c1 ist 18 dB leiser als das *piano* zwei Oktaven höher beim h2.

Die mittlere dynamische Spannweite zwischen *piano* und kräftigem *forte* beträgt beim c1 (tiefe Lage) 19 dB und beim h2 (hohe Lage) nur ca. 11 dB.

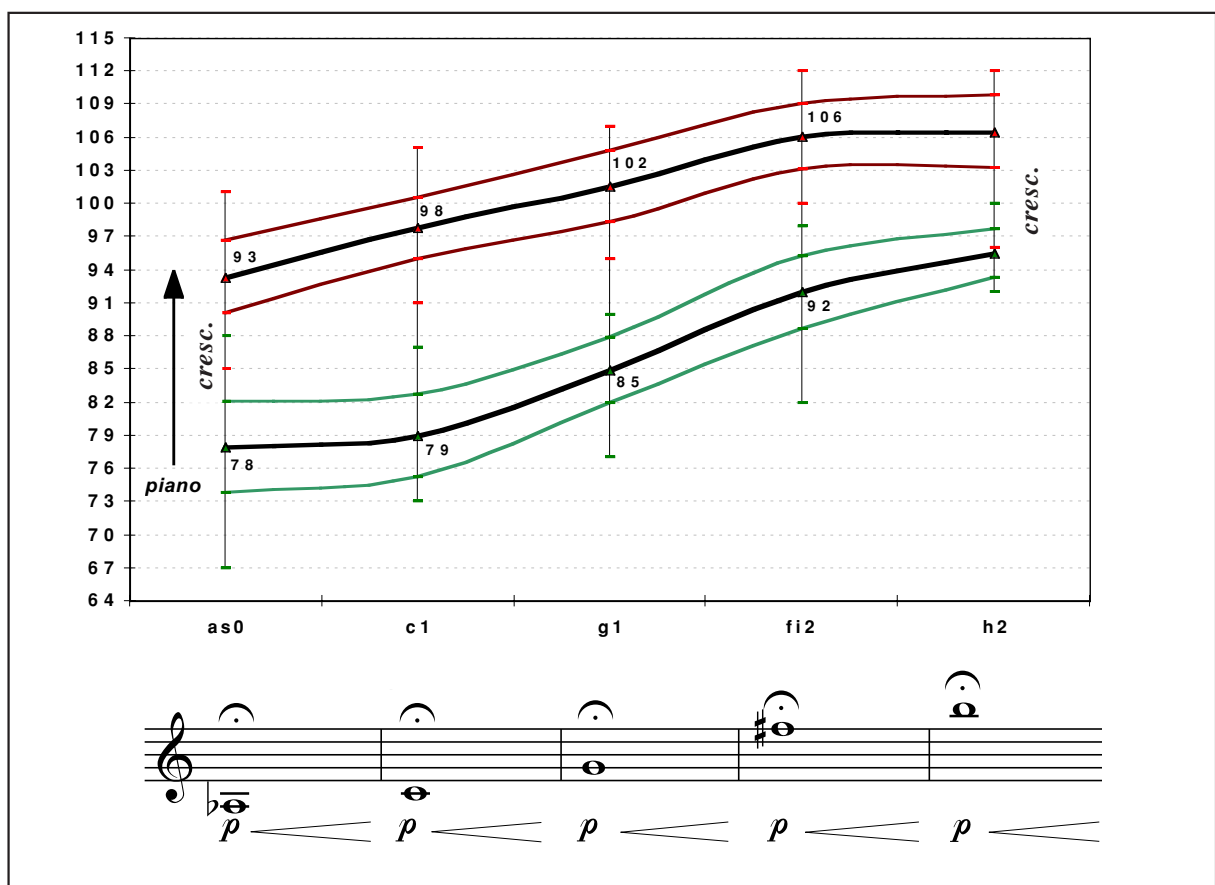


Abb. 174: Realisation von Dynamik Vorgaben aus dem Notenbeispiel unten. Die Kurven repräsentieren die Mittelwerte und Standardabweichungen aller Spieler der Lautstärke vom Anfangswert (*piano*) und des Zielwerts des *crescendo* (in absoluten dB-Werten der RMS). Zusätzlich sind die Extremwerte als Randpunkte eingezeichnet.

5.6.3 Dynamik versus Grundfrequenz (f_0)

Von dem zuvor beschriebenen Ton h1 (klingend a1) wurde mittels digitaler Klanganalyse zu fünf Zeitpunkten die Grundtonhöhe (f_0 , bzw. der Abstand der harmonischen Teiltöne) bestimmt:

- beim Tonbeginn (individuelle Dynamik für *ppp*, Werte zwischen 77 dB - 91 dB)
- bei der leisesten Stelle des *ppp* (individuelle Dynamik für *ppp*, Werte zwischen 75 dB - 88 dB)
- bei der RMS gleich 90 dB (gemessene Werte zwischen 89,5 dB - 90,5 dB)
- bei der RMS gleich 100 dB (*forte*) (gemessene Werte zwischen 99,5 dB - 100,5 dB)
- bei der lautesten Stelle des *fff* (individuelle Dynamik für *fff*, Werte zwischen 102 dB - 113 dB)

In Abbildung 175 sind die Grundfrequenzen (f_0) von 24 untersuchten Spielern zu diesen fünf Zeitpunkten, sowie der jeweilige Mittelwert dargestellt. Aus der Analyse der Werte, die in dieser Grafik wiedergegeben werden, folgen die Schlüsse:

- Die von verschiedenen Spielern auf einem Instrument mit demselben Mundstück gespielte Grundfrequenz von h1 variiert zu jedem der Zeitpunkte in einem relativ großen Bereich. Dieser beträgt von 13 Hz (50,7 Cent) beim Tonbeginn bis zu 17 Hz (66,2 Cent) beim *fff*. Die Variationsbreite nimmt mit der Lautstärke leicht zu.
- Auch zu den Zeitpunkten, an denen alle exakt gleich laut spielten (90 dB bzw. 100 dB), ist die Spannweite über einen Viertelton groß. Bei 90 dB liegen die Grundfrequenzen zwischen 438 und 453 Hz, beim *forte* mit 100 dB liegen die Werte zwischen 437,6 Hz und 452,0 Hz. Dies entspricht einem Intervall von 58, bzw. 56 Cent.

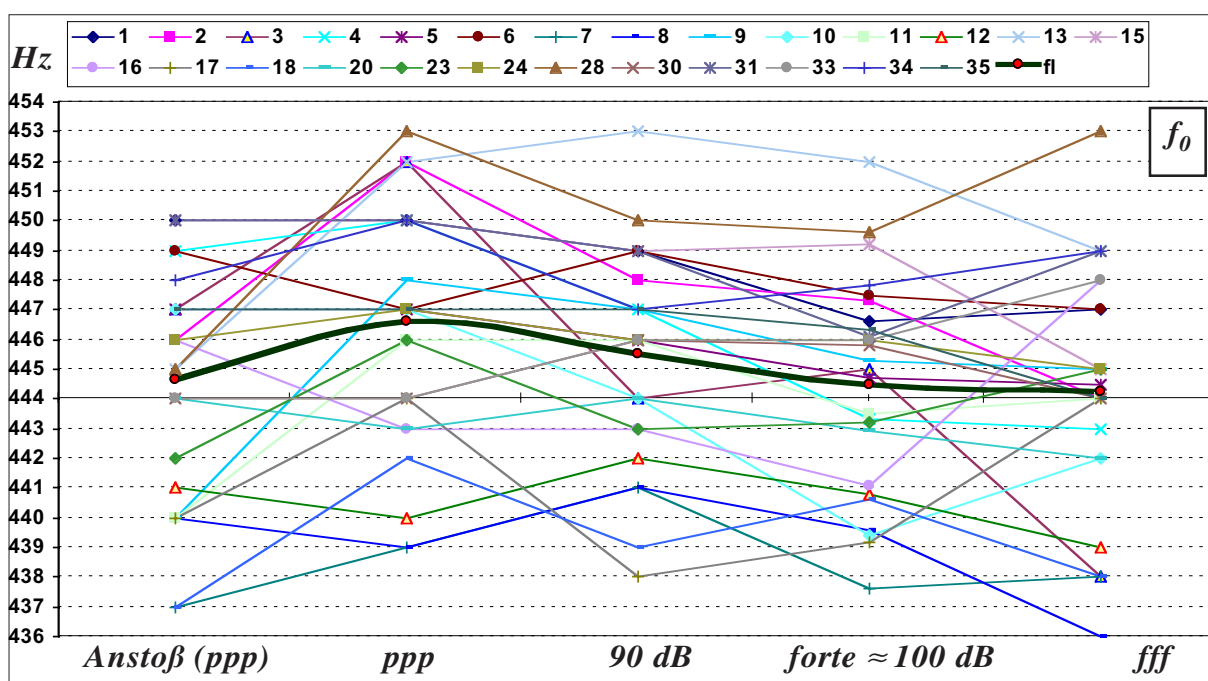


Abb. 175: Änderung der gespielten Grundtonhöhe (f_0) im Verlauf eines Crescendos von h1 (in Hertz).

- Der Tonhöhenverlauf beim *crescendo* ist uneinheitlich. Aus den Werten kann weder die prinzipielle Tendenz abgelesen werden, daß alle Spieler mit ansteigender Intensität in der Tonhöhe steigen, noch daß alle in der Grundfrequenz fallen oder gleichbleiben.
- Betrachtet man die Tonhöhenänderung zwischen dem Zeitpunkt mit 90 dB, welches in der Dynamik zwischen *piano* und *mezzoforte* einzuordnen ist, und dem bei 100 dB im *forte*, so stellt man fest, daß 6 der 24 Spieler in der Tonhöhe ansteigen, 2 Spieler unverändert bleiben und die Mehrheit, nämlich 16 Spieler, tiefer wird.

In der vorangegangenen Abbildung 175 sind die Grundtonhöhen aller Spieler im Frequenzbereich dargestellt. In der nächsten Abbildung 176 sind diese Werte auf den Tonbeginn bezogen und als Änderung dazu (in Cent) wiedergegeben. Aus dem Verlauf dieser gemittelten Grundtonhöhe ist abzulesen:

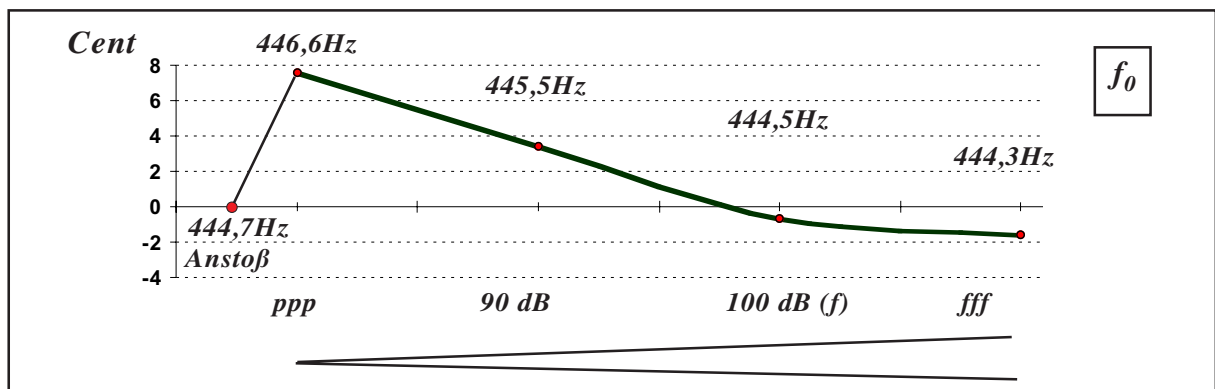


Abb. 176: Änderung der gespielten Grundtonhöhe (f_0) im Verlauf eines *crescendo* von h_1 (in Cent). Die Tonhöhe, die beim Anstoßen gespielt wurde (444,7 Hz), entspricht der Nulllinie.

- Die leiseste Stelle im ppp wird durchschnittlich um fast 8 Cent höher geblasen als der Tonbeginn beim Anstoß.
- Im Verlauf des *crescendo* fällt die Tonhöhe um fast 10 Cent zwischen den extremen Dynamikstufen. Zwischen 90 dB und 100 dB fällt die gemittelte Tonhöhe von 445,5 Hz auf 444,3 Hz um ca. 12 Cent ab.

Die große Variationsbreite der geblasenen Grundfrequenzen ist auf die Spieler und nicht auf äußere Einflüsse zurückzuführen. So wirkt zwar z.B. die Raum-Temperatur über die Schallgeschwindigkeit auf die Grundfrequenz ein, jedoch beträgt der Einfluß nur ca. 3,6 Cent pro Grad. (Berücksichtigt man das Temperaturgefälle im Instrument gar nur etwa 1 Cent pro Grad.) Eine Temperaturschwankung im Raum von mehr als 7 Grad Celsius (18° - 25°) zwischen den Aufnahmeterminen der verschiedenen Spieler kann ausgeschlossen werden.

Ebenso kontrolliert wurde die gleichbleibende Stellung des Stimmzuges am Referenzinstrument. Das Ausziehen des Stimmzuges von einigen Zentimetern könnte die Grundstimmung bis zu einem Halbton ändern.

Da der Ton nur mit dem betätigten zweiten Ventil gespielt wird, welches im Gegensatz zu den anderen Ventilen keine Trigger-Möglichkeit anbietet, entfällt auch die manuelle Korrekturmöglichkeit während des Spiels.

Ein wesentliches Kriterium für die auf einer Trompete gespielte Tonhöhe ist die Länge der schwingenden Luftsäule, die im Mundstück von den Lippen des Bläasers begrenzt wird. Als eine Ursache für verschiedene Grundfrequenzen bei einem Instrument kann daher eine unterschiedliche Eintauchtiefe der Lippen in das Mundstück vermutet werden. Das Volumen und auch die Charakteristik des Kessels des Mundstücks hat einen starken Einfluß auf die Intonation eines Instruments. Dieser empirisch bekannte Umstand konnte mittlerweile von Anglmayer mit Hilfe von Computersimulationen berechnet werden. (Anglmayer 1998). Änderungen an der Form des Kessels oder an der Seele, der engsten Stelle des Mundstücks, können die Resonanzfrequenzen des Instruments um mehr als einen Halbton verschieben.

5.6.4 Zum "Ziehbereich" von Tönen

Die im vorangegangenen Abschnitt beschriebene Variationsbreite der Grundfrequenz (f_0), die von verschiedenen Spielern mit einem einzigen Instrument gespielt wurde (Abbildung 175), beruht auf dem sogenannten Ziehbereich eines Tones. Dieser Bereich umfaßt die Frequenzen, die mit demselben Schwingungsmodus der Luftsäule spielbar sind. Der im Zusammenhang mit Eingangsimpedanzmessungen verwendete Begriff "Impedanzspitze", welcher meßtechnisch eine Resonanzfrequenz des Instruments beschreibt, ist im engeren Sinne lediglich ein Maximalwert der Impedanzkurve. Dieses Maximum besitzt keine scharfe Abgrenzung zu den Nachbarfrequenzen sondern stellt wie bei anderen Resonanzkurven eine Überhöhung mit einer bestimmten Güte dar, die von der Dämpfung des Systems bestimmt wird.

Die Abbildung 177a zeigt die Impedanzkurve einer BIAS-Messung der Referenztrompete, bei der das zweite Ventil betätigt war. Die Resonanzfrequenzen wirken in dieser Darstellung von 0 bis 2 kHz relativ scharf. Der Frequenzausschnitt um den Ton h1 in Abbildung 177b zeigt hingegen die typische Resonanzschärfe einer "runden Impedanzspitze" der Trompete im mittleren Bereich.

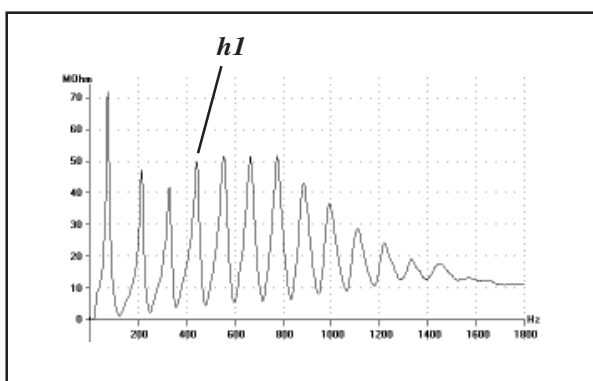


Abb. 177a: Impedanzverlauf der Referenztrompete (Ventil 2) über den Frequenzbereich von 0-2000 Hz.

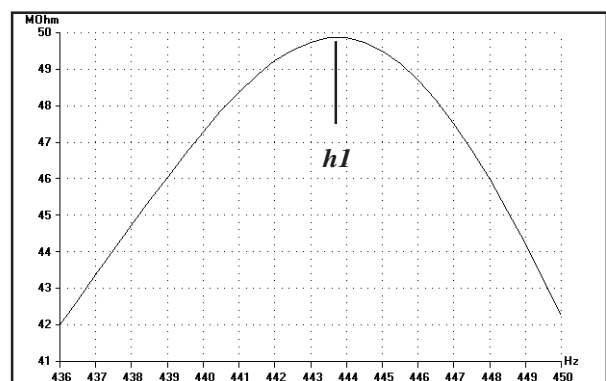


Abb. 177b: Ausschnitt aus dem Impedanzverlauf beim Ton h1 (Frequenzbereich von 436 Hz - 450 Hz).

Am Beispiel dieses Tones soll gezeigt werden, bei welchen Impedanzwerten der Ton von den verschiedenen Musiker gespielt wurde, bzw. wie groß die Impedanzunterschiede innerhalb des Ziehbereiches sind. In der Abbildung 178 sind die Impedanzwerte für verschiedene Frequenzen der Referenztrompete angegeben:

F(A): 5 Hz unter dem Ziehbereich von h1; 5 Hz tiefer als F(B)

F(B): Tiefste gespielte Grundfrequenz von h1 (437 Hz)

F(D): Durchschnittlich gespielte Grundfrequenz von h1 (443 Hz)

F(E): Impedanz-Maximum der 4. Resonanz (1 Teilton) (445 Hz)

F(F): Höchste gespielte Grundfrequenz von h1 (452 Hz)

F(G): 5 Hz über dem Ziehbereich, 5 Hz höher als F(F)

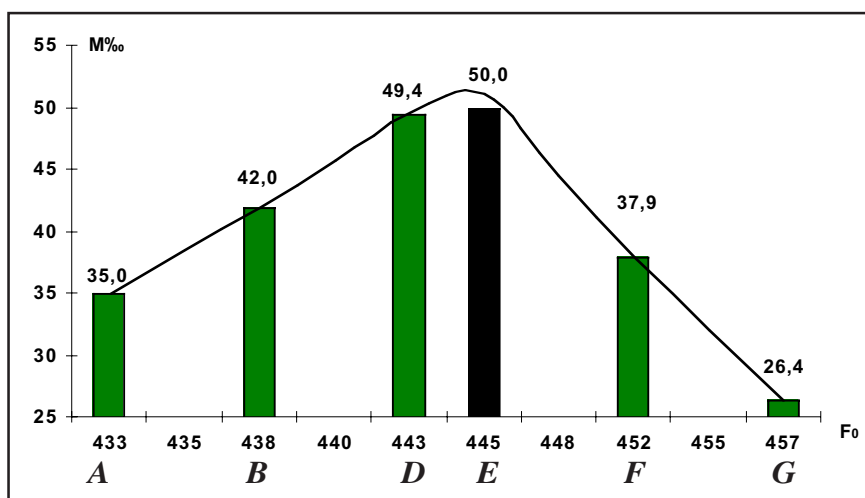


Abb. 178: Impedanzwerte im Bereich um den Ton h1 auf der Referenztrompete. (Die Darstellung ist im Frequenzbereich nicht linear. Die tatsächliche Form der Kurve wurde in Abb. 177b wiedergegeben.)

Diesen Werten kann man entnehmen, daß Trompeter mit der Referenztrompete den Ton h1 dann spielen, wenn der Impedanzwert über 38 M Ω liegt. Auffallend ist jedoch die Tatsache, daß der Mittelwert aller gespielten Grundfrequenzen der Spieler F(D) mit dem Impedanz-Maximum der Resonanzkurve an dieser Stelle nicht identisch ist, sondern um 2 Hz daneben liegt.

Dies kann mit dem Umstand erklärt werden, daß die Anregung nicht sinusförmig ist, sondern daß mehrer Harmonische an der Anregung beteiligt sind. Bei Klängen hat auch die Impedanz an höheren Teiltonfrequenzen einen Einfluß auf die Spielbarkeit. Die Impedanzwerte an den Vielfachen der Grundfrequenz bestimmen wie gut die jeweiligen Teiltöne ansprechen. Dies wird auch bei der Intonationsberechnung von BIAS durch die Gewichtung der Teiltöne berücksichtigt. Dieser Aspekt soll nun in Bezug auf die gespielte Grundfrequenz untersucht werden.

Ein Ausschnitt aus der Impedanzkurve der Referenz B-Trompete (mit gedrücktem zweiten Ventil) ist in Abbildung 179 dargestellt. Ausgangspunkt ist der Ton h1 als 4. Resonanz mit einer

Grundfrequenz von ca. 444 Hz, der in Abbildung 179 als 1. Teilton gekennzeichnet ist. Der zweite Teilton liegt mit etwa 888 Hz auf der 8. Resonanzspitze des Instruments (der Oktave h2). Der dritte Teilton, der bei ca. 1332 Hz liegt (fis3), ist als 12. Resonanzspitze noch als kleineres Maximum in der Resonanzkurve zu erkennen. Beim 4. Teilton hingegen, dessen Frequenz oberhalb des normalen Spielbereichs der Trompete bei etwa 1776 Hz liegt (h3), ist im Impedanzverlauf auch kein entsprechendes Maximum mehr zu erkennen.

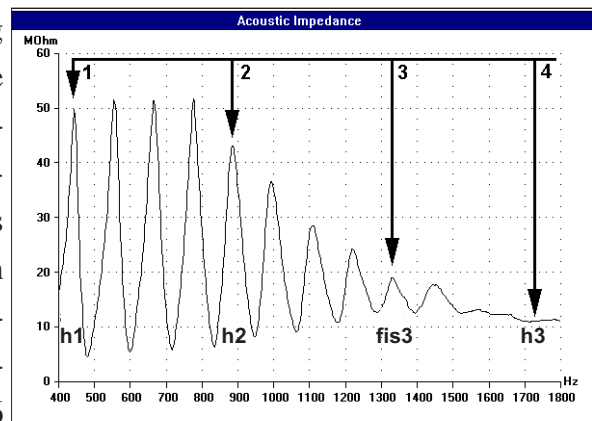


Abb. 179: Lage der ersten vier Teiltöne von h1 in der Impedanzkurve (der Referenz B-Trompete mit gedrücktem zweiten Ventil).

Dies beruht auf der Abstrahlcharakteristik der Trompete. Ausschlaggebend ist das Verhältnis der Wellenlänge zu den Abmessungen des Schallbechers.

Zu jeder der Grundfrequenzen F(A,B,C,D,E,F,G) werden die entsprechenden vier Teiltonfrequenzen berechnet. An diesen Frequenzen werden aus der Impedanzkurve die Impedanzwerte abgelesen und in der Abbildung 180 zu den jeweiligen Punkten aufsummiert. (Die Maxima der Teiltöne sind jeweils als schwarze Flächen in den Balken hervorgehoben).

- F(A): 5 Hz unter dem Ziehbereich von h1; 5 Hz tiefer als F(B)
- F(B): Tiefste gespielte Grundfrequenz von h1 (437 Hz)
- F(C): Oktave unterhalb des Impedanz-Maximum der 8. Resonanz bei h2
- F(D): Durchschnittlich gespielte Grundfrequenz von h1 (443 Hz)
- F(E): Impedanz-Maximum der 4. Resonanz (1 Teilton) (445 Hz)
- F(F): Höchste gespielte Grundfrequenz von h1 (452 Hz)
- F(G): 5 Hz über dem Ziehbereich, 5 Hz höher als F(F)

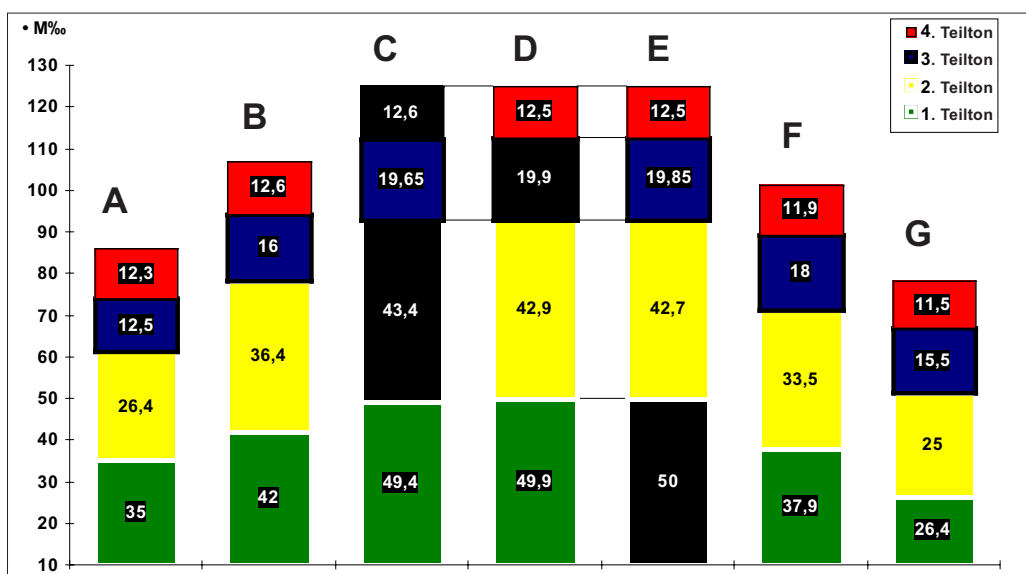


Abb. 180: Impedanzwert-Summen der ersten 4 Teiltöne in Abhängigkeit zur gespielten Grundfrequenz.

Aus dem Vergleich der angehäuften "Impedanzsummen" in Abbildung 180 kann man folgern:

- Die Summe bei F(D), dem Mittelwert aller gespielten Frequenzen, ist genau so hoch ist wie bei F(E) dem Impedanz-Maximum bei der Grundfrequenz. Dies läßt darauf schließen, daß beide Frequenzen gleich gut spielbar sind.
- Die Summe beim zusätzlich untersuchten Frequenzpunkt F(C), bei dem die Oktave mit dem Frequenz Maximum der 8. Resonanzspitze zusammenfällt, ist ebenso groß wie die bei F(D) und F(E) und daher ähnlich gut spielbar.
- Der dritte Teilton von F(D), die Duodezime im Spektralklang, fällt mit dem Frequenz Maximum der 12 Impedanzspitze (fis3) zusammen.
- Die durchschnittlich gespielte Grundfrequenz von h1 erhält sowohl beim dritten als auch beim zweiten Teilton eine höhere Impedanz als die Frequenz F(E).
- Die Summen bei F(B) und F(F), den Eckfrequenzen des Ziehbereichs der gespielten Grundfrequenzen, sind in etwa gleich hoch. Beide liegen nur ca. 15 % unter der Summe von F(D).

Diese Ergebnisse zeigen, daß der Ton h1 auf der Trompete in einem gewissen Frequenz-Bereich "ähnlich gut" spielbar ist. Außerdem kann man aus diesem Beispiel annehmen, daß Spieler nicht nur auf das Impedanz Maximum beim Grundton einrasten, sondern auch auf Maxima von höheren Teiltönen. Dies hat jedoch auch Einfluß auf die Klangfarbe. Der Aspekt der Klangfarbe ist Thema des nächsten Abschnitts.

5.6.5 Klangspektrum und Intonation

5.6.5.1 Ton „h1“ mit der Referenztrompete im forte

Anhand der RMS-Spur wurde aus den *crescendo*-Tönen h1 von 24 Spielern ein kurzer Ausschnitt von 100 ms segmentiert, bei dem die Gesamt-Amplitude 100 dB aufwies (bzw. zwischen 99,5 - 100,5 dB; dies entspricht in etwa einem *forte*). Von diesem Ausschnitt wurde jeweils das Teiltonspektrum berechnet, und die Frequenzen und Amplituden der ersten 15 Teiltöne tabelliert. Die Mittelwerte und Extremwerte der Amplituden sind in der Abb. 181 dargestellt.

Insgesamt spiegelt der Teiltonverlauf in der Abbildung ein typisches Spektrum der Trompete wieder. Deutlich erkennbar ist der Hauptformant des Instruments, der im Bereich von 800 Hz - 1200 Hz liegt, und daher ist bei diesem Ton der zweite Teilton am stärksten ausgebildet. Die höheren Teiltöne verlieren kontinuierlich an Intensität.

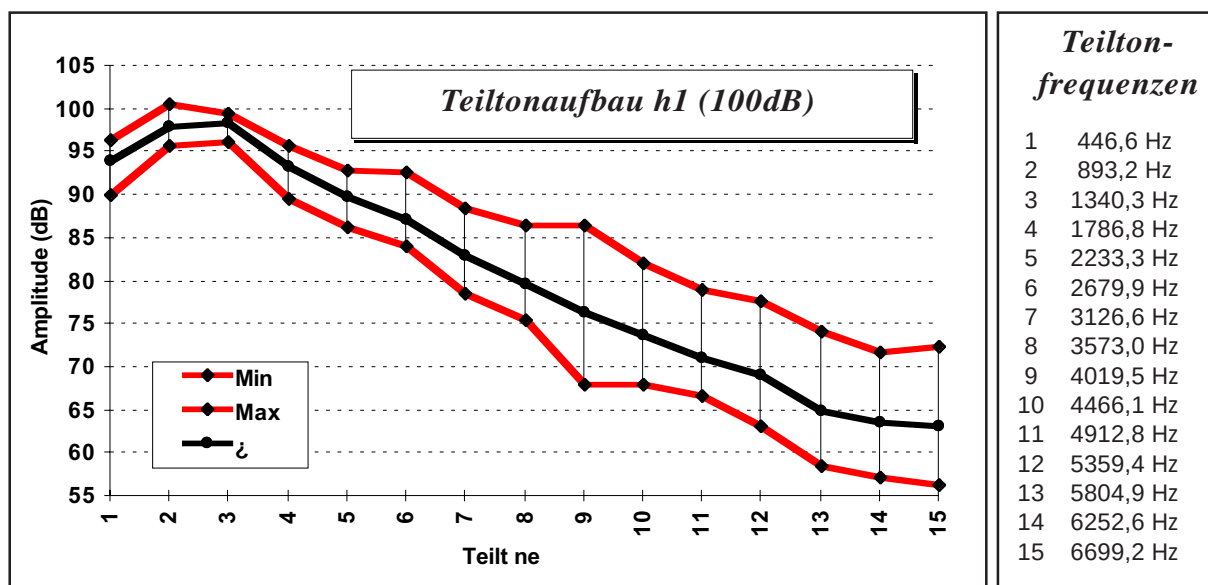


Abb. 181: Amplitudenwerte der ersten 15 Teiltöne des Tons h1 auf der Referenztrompete im *forte*.

Auffallend ist jedoch die große Variationsbreite der Teiltonamplituden zwischen den verschiedenen Spielern. Selbst bei den ersten Teiltönen sind Unterschiede von bis zu 6 dB zu beobachten, und bei den höheren Teiltönen liegen die Extremwerte über 12 dB auseinander. Die großen Amplitudenunterschiede speziell bei den höheren Teiltönen sind auch im Höreindruck als deutlich unterscheidbare Klangfarben wahrnehmbar.

Um diesen Aspekt weiter zu untersuchen, wurden die einzelnen Amplitudenverläufe, bzw. die Hüllkurven der Teiltöne je nach Merkmal mit einer eigenen Farbe in die Abbildung 181 eingetragen. Die Teiltonkurven, bei denen die Amplituden der höheren Teiltöne über dem Mittelwert liegen, sind blau dargestellt. In rot hingegen sind die Kurven jener Spieler eingezeichnet, bei denen der zweite Teilton besonders stark ausgeprägt ist, und mit gelb jene Kurven, bei denen die Amplitude des ersten Teiltönen, dem Grundton, relativ hoch ist.

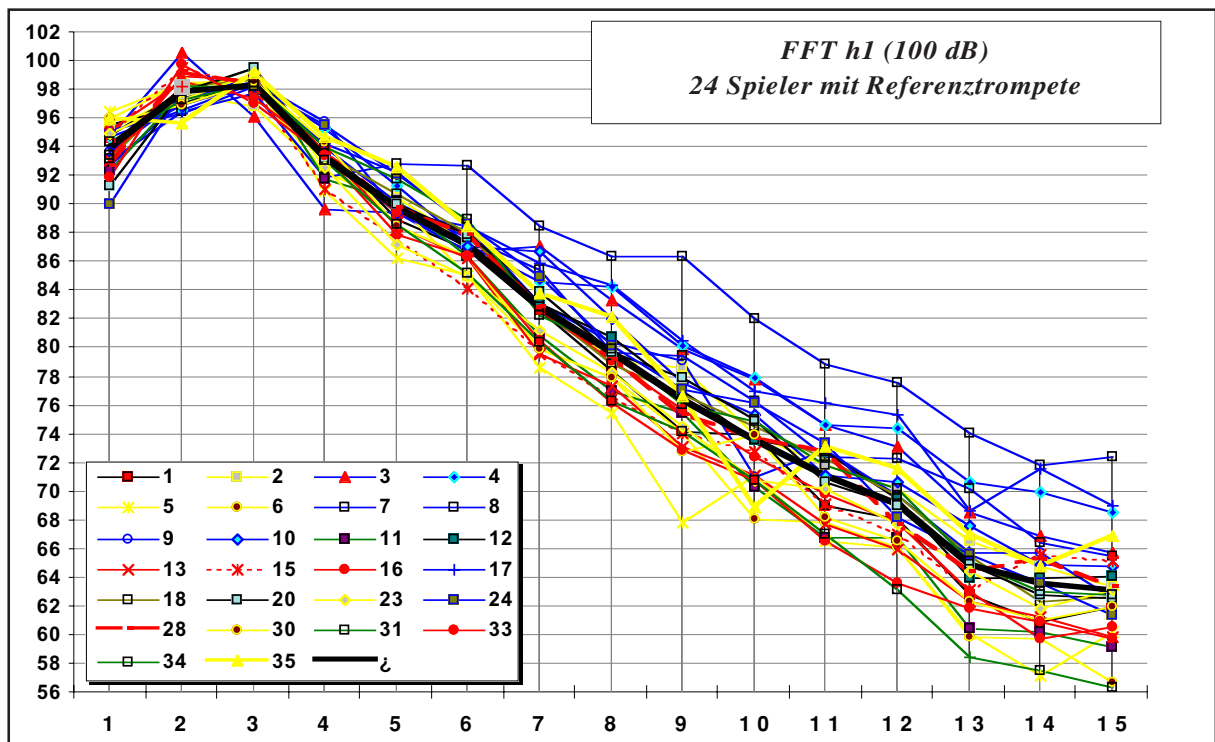


Abb. 182: Teiltonaufbau des h1 gespielt mit 100 dB (RMS) auf der Referenztrompete von 24 Trompetern.

Bei der Analyse der Grafik in Abb. 182 fällt auf, daß die blauen Kurven, die ausgeprägte höhere Teiltöne besitzen, insbesondere beim ersten Teilton eine niedrige Amplitude haben. Ferner fällt auf, daß die gelben und roten Kurven, die einen hohen Amplitudenwert beim ersten oder zweiten Teilton aufweisen, im weiteren Verlauf meist unter dem Mittelwert aller Spieler liegen.

Aufgrund dieser Beobachtung wurde ein gemeinsames Merkmal der jeweiligen Spieler gesucht, und in der gespielten Grundfrequenz (f_0) von h1 gefunden. Die nächste Grafik in Abb. 183 verdeutlicht diese beobachtete Tendenz. Die Kurven in der Abbildung 183 basieren auf den Differenzen der Mittelwerte nachfolgender Gruppen vom Mittelwert aller Spieler.

- Drei Spieler (M07, M17, M10) mit tiefer f_0 (437 Hz - 439 Hz) $F(B)$
- Vier Spieler (M05, M03, M09, M30) mit durchschn. f_0 (444,7 Hz - 445,8 Hz) $F(D)$
- Drei Spieler (M15, M28, M13) mit hoher f_0 (449 Hz und 452 Hz) $F(F)$

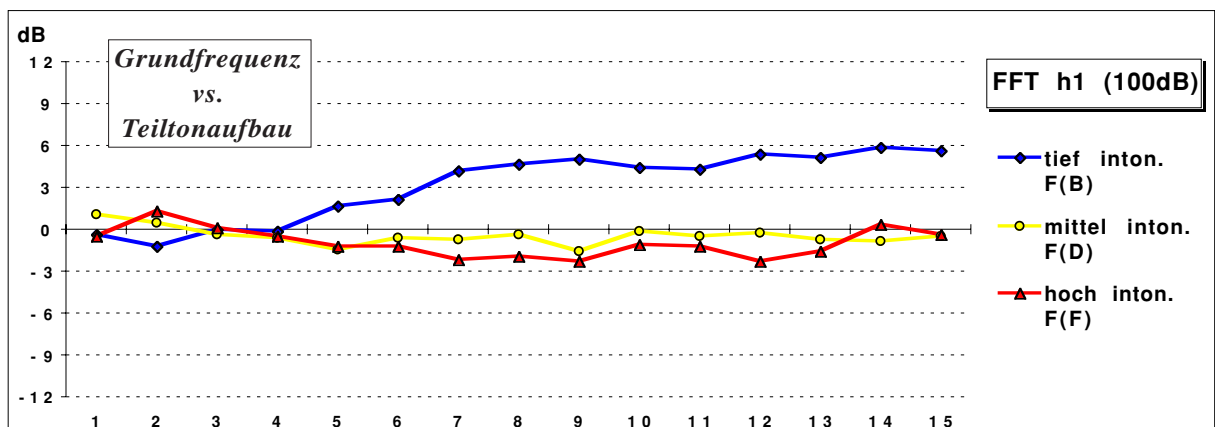


Abb. 183: Abweichungen des Teiltonaufbaus vom Mittelwert aller Spieler bei verschiedener Intonation.

Folgende Unterschiede bezüglich der Teiltonamplituden können darin festgestellt werden:

- Spieler, die tief intonieren, weisen eine niedrigere Amplitude beim zweiten Teilton auf, haben jedoch bei den höheren Teiltönen Amplitudenwerte, die bis zu 6 dB über dem Durchschnittswert liegen. Der Klang ist daher deutlich heller.
- Spieler, die relativ hoch intonieren, fallen in dem Vergleich mit einem starken zweiten Teilton auf, der in etwa 1 dB über dem Durchschnitt liegt. Die höheren Teiltöne sind jedoch fast durchgehend schwächer ausgebildet als bei den Vergleichsgruppen .
- Das stationäre Spektrum vom Ton h1 derjenigen Spieler, die den Ton mit einer mittleren Grundfrequenz spielen, weicht im Großen und Ganzen kaum vom durchschnittlichen Spektrum aller Spieler ab. Auffallend ist jedoch eine höhere Amplitude beim Grundton, bzw. beim ersten Teilton, der in etwa 1 dB über dem der Vergleichsgruppen liegt.

Dieses Ergebnis steht im Zusammenhang mit der Transfercharakteristik des Instruments. Die Transferfunktion der Trompete bestimmt den Anteil der Abstrahlung verschiedener Frequenzen. In Bezug dazu steht auch die Eingangsimpedanz, die ein Maß dafür ist, wieviel Energie der jeweiligen Frequenzen im Instrument erhalten bleibt und an der Ausbildung stehender Wellen beteiligt ist. Betrachtet man die Impedanzwerte an der jeweiligen Grundfrequenz von h1 und an den harmonischen Teiltönen, die im Kapitel 5.6.4 ermittelt und in der Abbildung 180 aufsummiert wurden, stellt man fest, daß:

- Spieler, die tief intonieren, eine niedrigere Amplitude beim zweiten Teilton aufweisen, da diese Frequenz einen höheren Impedanzwert hat und daher mehr Energie im Instrument verbleibt.
- Spieler, die relativ hoch intonieren, in dem Vergleich mit einem starken zweiten Teilton auffallen, da der entsprechende Impedanzwert bei dieser Frequenz niedriger ist und mehr der eingebrachten Energie abgestrahlt wird.
- bei denjenigen Spielern die den Ton mit einer mittleren Grundfrequenz spielen, der dritte Teilton etwas schwächer ausgebildet ist als bei den anderen Spielern, da der Impedanzwert bei der Frequenz des dritten Teiltones mit dem Maximum zusammenfällt.

Dieses Beispiel zeigt, je höher der Impedanzwert bei einem Teilton ist, desto geringer ist dessen Amplitude im abgestrahlten Spektrum.

Durch das Anblasen mit unterschiedlicher Grundtonhöhe hat der Spieler eine Einflußmöglichkeit, um die Klangfarbe zu ändern. Klangfarbe und Intonation sind, wie anhand dieses Beispiels gezeigt, eng aneinander gekoppelt. Nun soll untersucht werden, ob bestimmte Spielergruppen bestimmte Präferenzen für die Klangfarbe bzw. den Teiltonaufbau erkennen lassen.

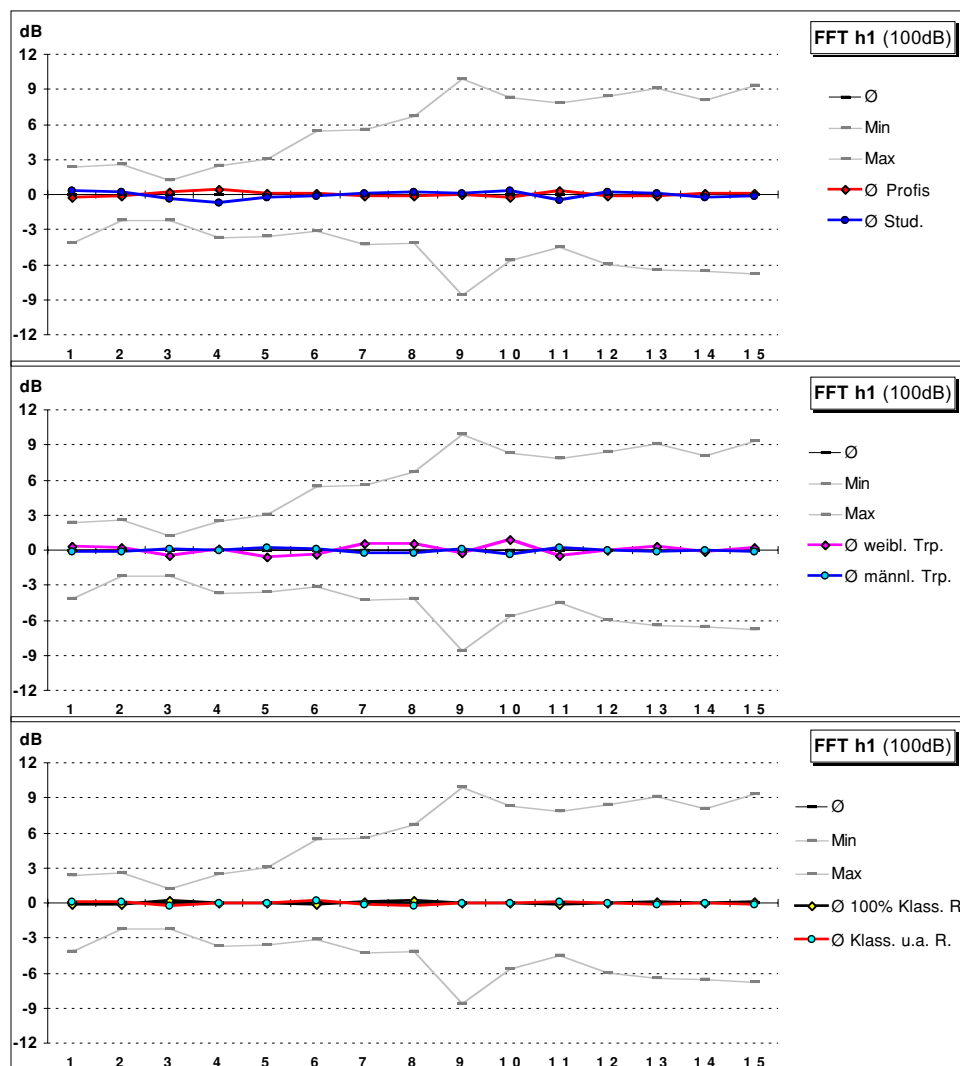
Wie zuvor wurden Mittelwerte von Spielergruppen gebildet und davon der Mittelwert aller Spieler abgezogen. Die Differenzkurven sind in den Abbildungen 184 bis 186 dargestellt. Jeweils zwei Gruppen sind in diesen Grafiken einander gegenübergestellt:

Abb. 184 (oben): Professionelle Trompeter versus Studenten oder Amateur-Trompeter

Abb. 185 (mitte): Männliche Trompeter versus weibliche Trompeterinnen

Abb. 186 (unten): Spieler mit rein klassischem Repertoire versus Trompeter mit gemischtem Repertoire (Klassik und Jazz oder Populärmusik).

- Bei keiner dieser Vergleichsgruppen sind spektrale Besonderheiten auffällig. Die Unterschiede zwischen den Amplitudenwerten bei den Teiltönen sind minimal. Variationen der Klangfarbe sind daher eher als individuelles Merkmal der einzelnen Spieler, denn als ein gemeinsames Charakteristikum einer dieser Gruppen zu sehen.



Abbildungen 184:
Abweichungen der
Mittelwerte der Profis
und der Studenten
vom Durchschnitt aller Spieler.

Abbildungen 185:
Abweichungen der
Mittelwerte der
männlichen Trompeter
und der weiblichen Trompeterinnen
vom Durchschnitt aller Spieler.

Abbildungen 186:
Abweichungen der
Mittelwerte der Spieler
mit rein klassischem Repertoire
und der Trompeter
mit gemischtem Repertoire
vom Durchschnitt aller Spieler.

5.6.5.2 Variationsbreite des Teiltonaufbaus von as0 (88dB)

Die in den vorangegangenen Kapiteln am Beispiel des Tones h1 auf der Referenztrompete untersuchten Aspekte sollen in diesem Abschnitt an einem weiteren Beispiel-Ton untersucht werden. Ausgewählt wurde das as0, ein Ton aus der tiefen Lage. Die Notenvorgabe und die ausgewertete Dynamik dieses Crescendo-Tones wird in der Abbildung 174 aufgezeigt.

Für die Berechnung des Teiltonaufbaus (FFT) wurde jenes (kurzes) Zeitfenster ausgewählt, bei dem die RMS den Wert von 88 dB aufwies. Dies entspricht einer Dynamik zwischen *mezzoforte* und *forte* und war der "lauteste gemeinsame Nenner" der 48 untersuchten Töne. Im Gegensatz zum vorangegangenen Beispiel-Ton h1 werden beim as0 die Aufnahmen von 24 Trompetern sowohl vom ersten Durchgang mit der Referenztrompete (R) als auch vom zweiten Durchgang mit dem eigenen individuellen Instrument (I) ausgewertet.

Aus den mittels digitaler Klanganalyse berechneten Fast-Fourier-Analysen wurden die Amplitudenwerte der ersten 32 Teiltöne von den 48 Tönen in einer Tabelle erfaßt. Die ungefähren Frequenzwerte dieser Teiltöne, die aufgrund unterschiedlicher Grundfrequenzen variieren, sind in der nebenstehenden Tabelle 21 aufgelistet.

Teilton- frequenzen as0

1	185 Hz
2	370 Hz
3	555 Hz
4	741 Hz
5	925 Hz
6	1110 Hz
7	1296 Hz
8	1480 Hz
9	1667 Hz
10	1852 Hz
11	2040 Hz
12	2224 Hz
13	2410 Hz
14	2597 Hz
15	2780 Hz
16	2967 Hz
17	3154 Hz
18	3337 Hz
19	3523 Hz
20	3707 Hz
21	3898 Hz
22	4081 Hz
23	4259 Hz
24	4449 Hz
25	4631 Hz
26	4815 Hz
27	5001 Hz
28	5185 Hz
29	5368 Hz
30	5551 Hz
31	5738 Hz
32	5925 Hz

Tab. 21

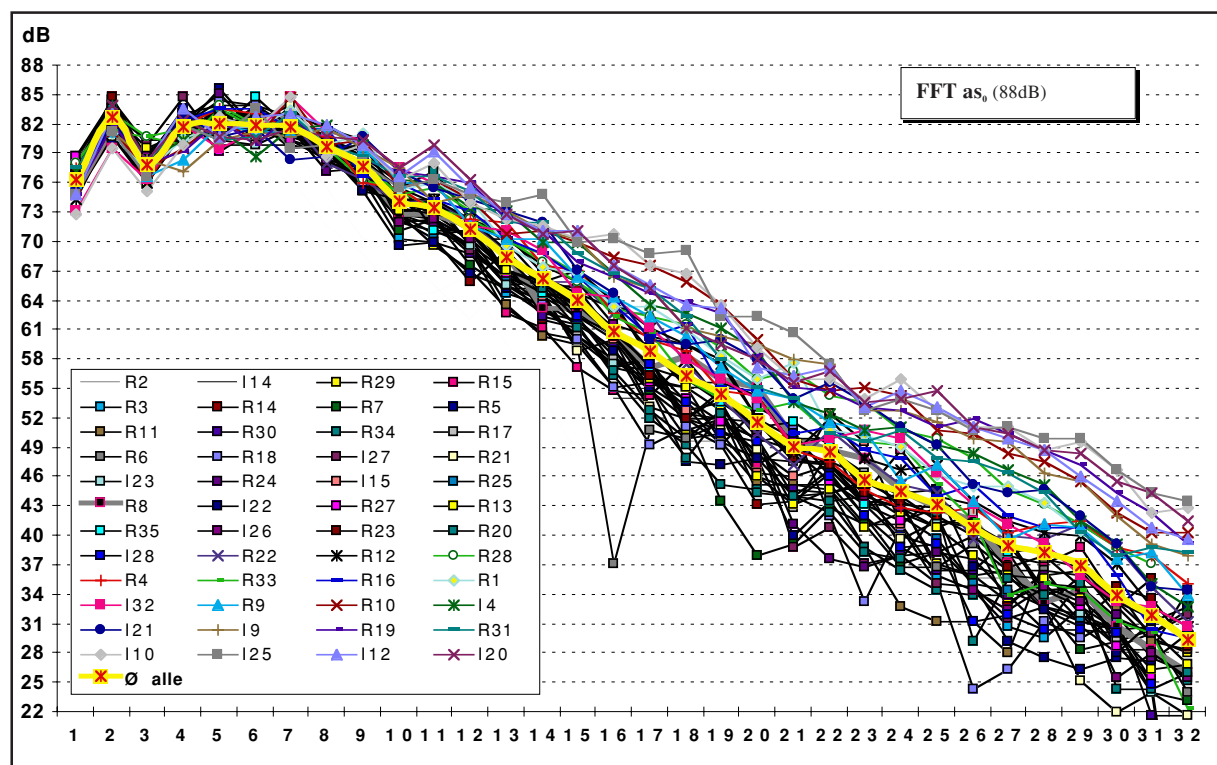


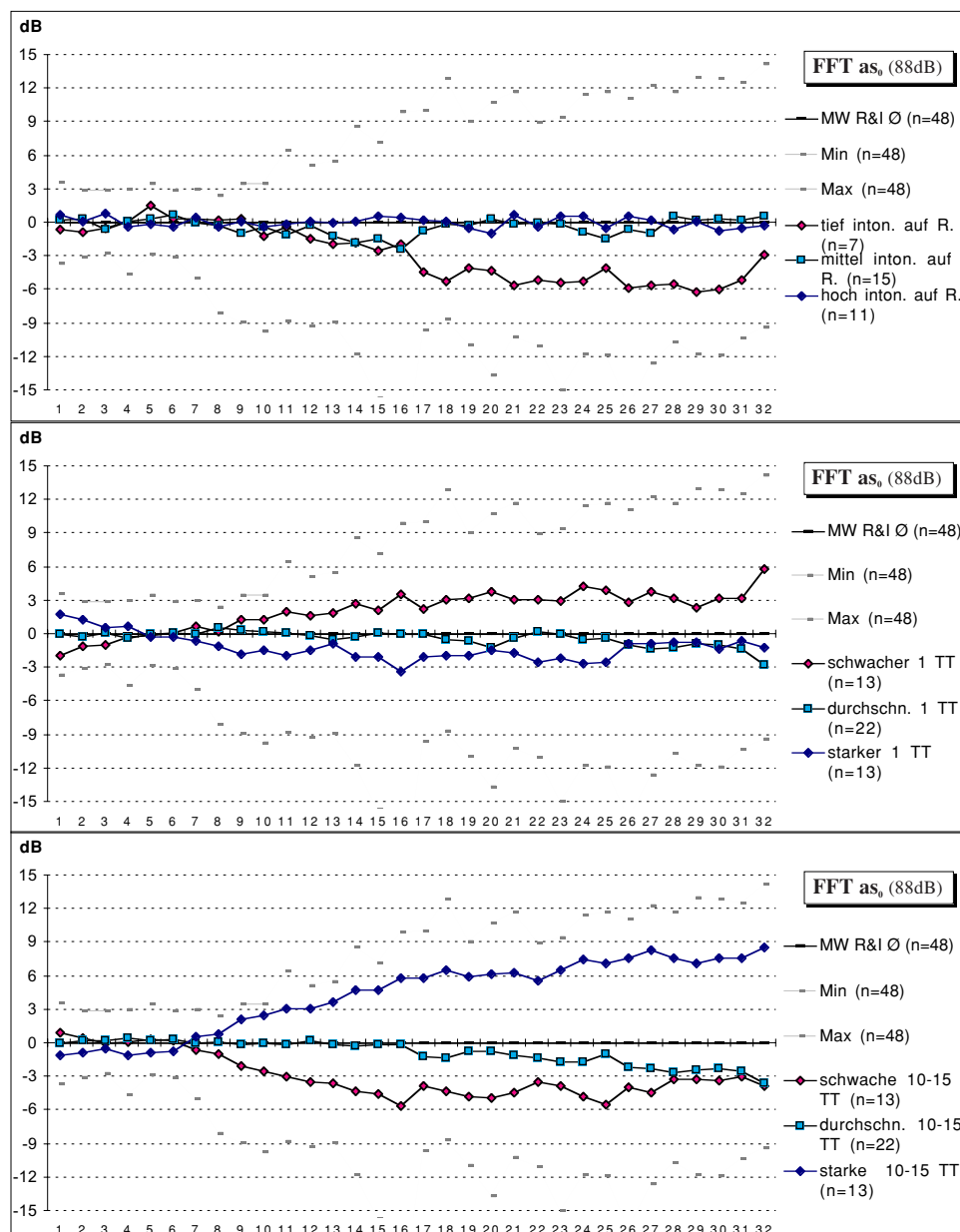
Abb. 187: Teiltonaufbau des as0 mit 88 dB (RMS) auf der Referenztrompete (R) und auf dem eigenen Instrument (I) von 24 Trompetern.

In der Abbildung 187 sind die Hüllkurven der Amplitudenwerte für alle Töne dargestellt. Als gelbe Kurve mit roten Markierungen ist der Mittelwert aller Töne hervorgehoben. Bei allen Tönen erkennt man den Formantbereich der Trompete um 1 kHz. Auffallend ist der deutlich schwächere dritte Teilton bei sämtlichen Tönen, wofür jedoch keine Ursache bestimmt werden konnte. Der Mittelwert aller Töne dient nachfolgend als Referenz für die verschiedenen untersuchten Aspekte. In den Abbildungen 188-190 sind die Differenzwerte von Gruppen mit dem nachfolgend angeführten gemeinsamen Merkmal wiedergegeben:

Abb 188: Die auf der Referenztrompete gespielte Grundfrequenz des Tones as_0 ist, bezogen auf den Durchschnitt, relativ tief (rot), bzw. hoch (dunkelblau), oder liegt im Schnitt (hellblau)

Abb. 189: Teiltonverläufe von Tönen mit relativ starkem (dunkelblau), mittlerem (hellblau) oder schwachem (rot) Grundton.

Abb. 190: Teiltonverläufe von Tönen, bei denen die Teiltöne 10-15 relativ stark (dunkelblau), mittel (hellblau) oder schwach (rot) ausgeprägt sind.



Abbildungen 188: Abweichungen der Mittelwerte von Tönen, die auf der Referenztrompete mit unterschiedlicher Grundfrequenz (f_0) gespielt wurden, vom Durchschnitt aller Spieler.

Abbildungen 189: Abweichungen der Teiltonverläufe mit unterschiedlich starkem Grundton vom Durchschnitt aller Töne.

Abbildungen 190: Abweichungen der Teiltonverläufe mit unterschiedlich starken Amplituden der Teiltöne 10-15 vom Durchschnitt aller Töne.

- Aus der Abbildungen 188 geht hervor, daß die Töne der Spieler, die relativ tief intonieren, bzw. den Ton a_0 mit niedriger Grundfrequenz anblasen, bei den höheren Teiltönen deutlich geringere Amplituden aufweisen als alle anderen Spieler. Auch die ersten beiden Teiltöne sind bei diesen Tönen etwas unterdurchschnittlich. Nur der vierte Teilton ist etwas über dem Mittelwert.
- Der Verlauf der Teiltonkurven der Töne mit hoher Grundfrequenz hat hingegen etwas höhere Amplituden beim dritten Teilton und bei den Teiltönen 11-16, die im Frequenzbereich um 2500 Hz liegen. Ansonsten sind die Unterschiede zwischen den Amplituden der Töne mit mittlerer oder hoher f_0 nicht sehr unterschiedlich.

Dieses Ergebnis ist zur Klanganalyse des Tones h_1 entgegengesetzt, (siehe Abb. 183), bei der Töne die auf der Referenztrompete tief intoniert wurden, wesentlich stärkere höhere Teiltöne aufwiesen.

Die Kurvenverläufe in Abb. 189 und Abb. 190 demonstrieren dasselbe Prinzip im Spektralaufbau wie beim ersten Beispielton h_1 : bei den Tönen mit hohen Amplituden bei den höheren Teiltönen ist eine relativ niedrige Amplitude beim Grundton (bzw. bei den ersten drei Teiltönen) festzustellen. Umgekehrt kann auch gesagt werden, daß bei Tönen mit starkem Grundton die Amplituden der höheren Teiltöne niedriger liegen. (Aufgrund der Tatsache, daß alle Töne dieselbe Gesamtintensität von 88 dB haben, müssen sich die einzelne Amplituden zwar logischerweise ausgleichen, jedoch wäre dies auch in anderer Ausformung möglich.)

Auch bei diesem Ton wird der Einfluß der vom Spieler erzeugten Grundfrequenz auf den Teiltonaufbau deutlich. Der Musiker kann, wenn die spieltechnischen Voraussetzungen vorhanden sind, Nuancen der Klangfarbe für seine Interpretation nutzen. Es kann jedoch auch ein Problem darstellen, wenn die gewünschte Klangfarbe nur auf Kosten einer zu hohen oder zu tiefen Intonation zu realisieren ist. Die Untersuchungen zur Intonation im Kapitel 5.5 haben gezeigt, daß Trompeter zwar im Durchschnitt der vom Instrument vorgegebenen Grundfrequenz folgen, jedoch im Einzelfall auch große Abweichungen davon realisiert wurden.

Die Klangfarbe der Trompete wird jedoch nicht vom Spieler allein bestimmt sondern ist durch die mechanischen Parameter des Instruments geprägt, sodaß verschiedene Instrumente unterschiedliche Klangfarbe erzeugen können. Im Falle des a_0 sollen die Unterschiede zwischen den Spektren, die mit der Referenztrompete, bzw. mit den eigenen Instrumenten der Versuchspersonen gespielt wurden, verglichen werden. Zu diesem Zweck werden erneut die Differenzen der Teiltonamplituden verschiedener Gruppen von Instrumenten zum Mittelwert aller Teiltonspektren berechnet. In den Abbildungen 191-192 werden die Spektren der Töne gegenübergestellt, die auf nachfolgenden Instrumenten realisiert wurden:

Abb. 191 : Referenztrompete (rot) versus eigene Instrumente (hellblau)

Abb. 192: Untergruppen der eigenen Instrumente: Trompeten mit Perinétventilen (rot) versus Trompeten mit Drehventilen (hellblau). Außerdem wird eine Teilgruppe der Instrumente mit Drehventilen gebildet, die von einem Erzeuger (Lechner) hergestellt sind (dunkelblau).

Aus dem Vergleich dieser Spektren geht hervor:

- Die Teiltonamplituden der Töne, die mit der Referenztrompete geblasen wurden liegen größtenteils unter dem Durchschnitt. Oberhalb des 12. Teiltones (bei ca. 2224 Hz) sind die Amplituden der Töne mit der Referenztrompete um 4 - 5 dB niedriger als die auf den eigenen Instrumenten der Musiker.
- Umgekehrt verhält es sich bei der Amplitude des Grundtons und den Amplituden im Formantbereich (5-7 Teilton), bei denen die Werte über dem Schnitt liegen. Dies stimmt auch mit dem Höreindruck des Autors überein, daß die Referenztrompete einen relativ dunkel gefärbten Klang abstrahlt.
- Auffallend ist (siehe Abb. 192), daß die Teiltonspektren der Trompeten mit Perinétventil besonders stark ausgeprägte höhere Teiltöne aufweisen. Die Amplituden dieser Gruppe sind beim 1.- 5. Teilton unter dem Mittelwert, steigen dann jedoch bis zur doppelten Intensität darüber hinaus. Die Teiltöne im Bereich von 3,9 - 5 kHz sind bis zu 6 dB über dem Durchschnitt aller Instrumente und prägen den helleren Klang dieser Instrumente. Ursache dafür sind vermutlich engere Mensuren dieser vier Instrumente.

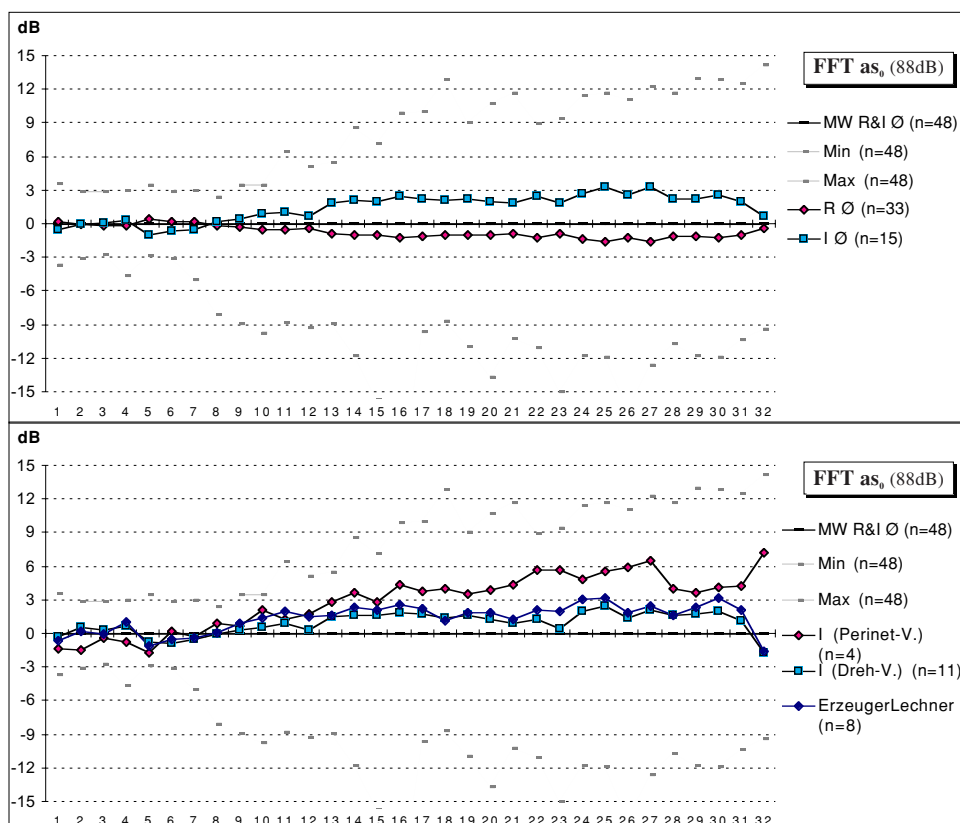


Abb. 191: Abweichungen der Teiltonverläufe von as₀ der Töne, die auf der Referenztrompete oder auf dem eigenen Instrument gespielt wurden, vom Mittelwert aller Töne.

Abb. 192: Abweichungen der Teiltonverläufe von as₀ der Töne, die auf eigenen Instrumenten mit Perinétventilen oder mit Drehventilen gespielt wurden, vom Mittelwert aller Töne. Außerdem sind die Differenzwerte der Instrumente abgebildet, die von der Fa. Lechner hergestellt sind und zur Gruppe der Drehventiltrompeten gehören.

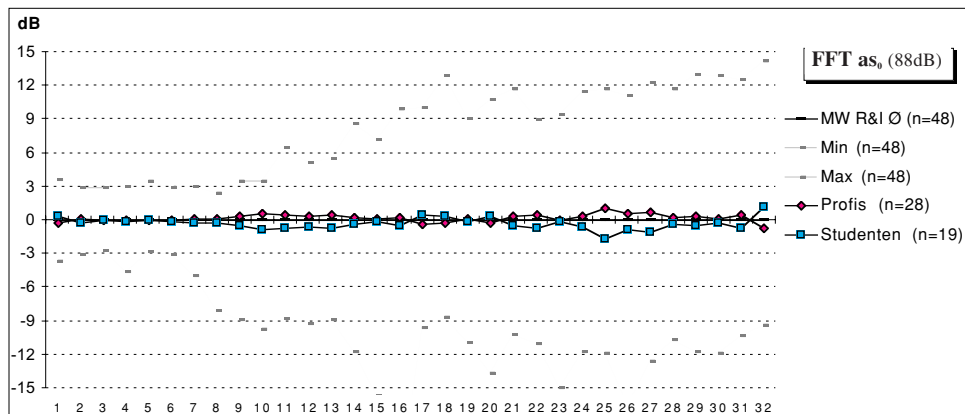
Wie im Kapitel 5.4.4.5 beschrieben, unterscheiden sich Instrumente mit Drehventilen von jenen mit Perinétventilen nicht nur durch den Ventiltyp, sondern auch durch weitere Parameter: zu den akustisch relevanten Merkmalen zählen z.B. der Mensurverlauf, die Wandstärke oder die Schallbechergröße. Aus den vorliegenden Auswertungen geht hervor, daß die höheren Klanganteile vom Ton a_0 auf der Referenztrompete wesentlich geringer abgestrahlt werden als bei den anderen Trompeten mit Perinétventilen. Die Werte der Trompeten mit Drehventilen liegen zwischen denen der Referenztrompete und den vier Trompeten mit Perinétventilen.

Als letzter Aspekt dieser Studie soll überprüft werden, ob Spielergruppen bei diesem Tonbeispiel ähnliche Klangmerkmale aufweisen. Eine gemeinsame Charakteristik im Teiltonaufbau könnte sowohl durch eine bestimmte Art der Realisation des Tones durch die Spieler, als auch in der Auswahl des eigenen Instruments mit bestimmten Klangeigenschaften begründet sein. Zum Vergleich wurden die Differenzspektren der nachfolgenden Gruppen herangezogen:

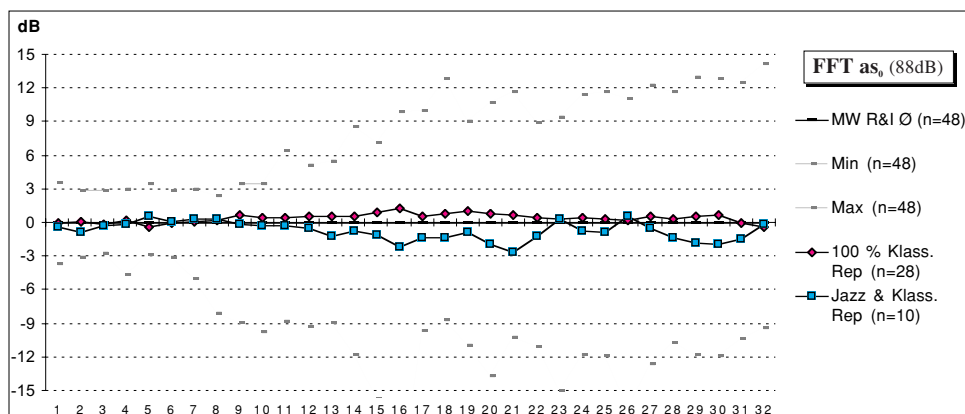
Abb. 193: Professionelle Trompeter versus Studenten bzw. Amateurtrompeter

Abb. 194: Spieler mit rein klassischem Repertoire versus Trompeter mit gemischtem Repertoire (Klassik und Jazz oder Popularmusik)

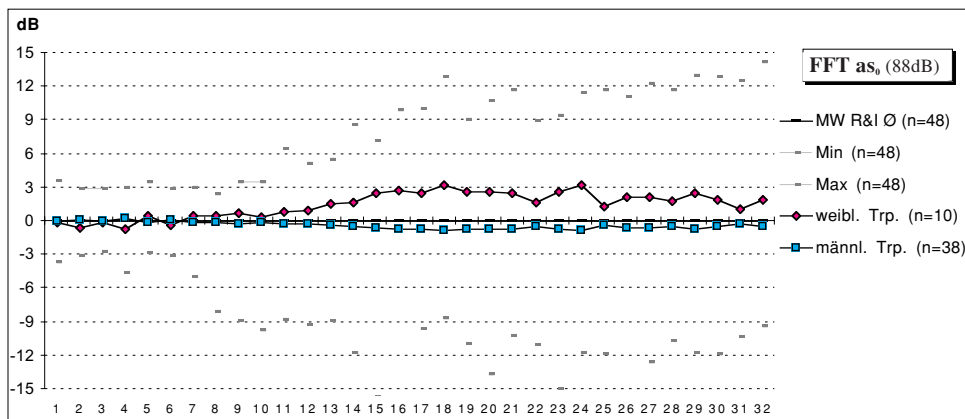
Abb. 195: Männliche Trompeter versus weibliche Trompeterinnen



Abbildungen 193: Abweichungen der Mittelwerte der Profis und der Studenten vom Durchschnitt aller Spieler.



Abbildungen 194: Abweichungen der Mittelwerte der Spieler mit rein klassischem Repertoire und der Trompeter mit gemischtem Repertoire vom Durchschnitt aller Spieler.



Abbildungen 195: Abweichungen der Mittelwerte der männlichen Trompeter und der weiblichen Trompeterinnen vom Durchschnitt aller Spieler.

Der Vergleich der Spektren vom Ton as0 zeigt:

- Zwischen den Werten der Profis und den Studenten sind keine, bzw. nur sehr geringe Unterschiede in der Ausprägung der Teiltonamplituden festzustellen.
- Die Teiltonamplituden der 14 Spieler mit rein klassischem Repertoire sind bei diesem Tonbeispiel in den Frequenzbereichen um 3300 Hz und 5400 Hz um 1-3 dB höher.
- Die von fünf Trompeterinnen gespielten Klänge sind bei diesem Tonbeispiel deutlich obertonreicher als die der Trompeter. Die Amplituden oberhalb des zehnten Teiltones liegen bei den weiblichen Spielerinnen im Schnitt um 2,5 dB höher als die der männlichen Trompeter.

Dies gibt Anlaß zur Annahme, daß die Trompeter mit ausschließlich klassischem Repertoire und weibliche Trompeterinnen - sowohl mit ihrem eigenen Instrument und Mundstück als auch mit der Referenztrompete - in der tiefsten Lage des Instruments einen "volleren" Klang produzieren als die Vergleichsgruppen. Diese auf einem Beispiel basierende Behauptung bedarf weiterer Untersuchungen. Es wäre von Vorteil und aussagekräftiger, wenn die Vergleichsgruppen in Bezug auf Anzahl und Homogenität der Spieler ausgewogener wären. So wurden im vorliegenden Fall die Klänge von 5 weiblichen Studenten der Trompete mit 19 männlichen Profis oder Studenten verglichen. Durch dieses Ungleichgewicht wirkt der dunklere Klang der Referenztrompete auf den Durchschnittswert der männlichen Spieler stärker ein.

5.6.6 Zusammenfassung

In diesem Kapitel 5.6 wurden die Variationsbreiten mehrerer Aspekte der Tonerzeugung anhand von Einzeltönen untersucht und Zusammenhänge zwischen Variablen aufzuzeigen versucht.

Dynamik

Die musikalischen Dynamikvorgaben *pianississimo* (*ppp*) und *fortefortissimo* (*fff*) sind von den Versuchspersonen sehr unterschiedlich realisiert worden. Die absoluten Werte der beiden Dynamikstufen variieren beim Ton h1 im *ppp* um 13 dB und im *fff* um 11 dB zwischen den verschiedenen Spielern. Dies kann sowohl durch die Intention des Spielers, d.h. daß er aufgrund der Klangvorstellung nicht lauter oder leiser spielen will, oder aber durch das Können des Spielers bestimmt sein. Da alle mit demselben Instrument und Mundstück aufgenommen wurden, kann das Instrument nicht die Ursache für eine derart große Variationsbreite sein. Der durchschnittliche Dynamikumfang der Trompete beim Ton h1 wurde mit ca. 27 dB festgestellt (81 dB - 108dB). Ferner wurde gemessen, daß der leisestmögliche Toneinsatz um durchschnittlich 2,5 dB lauter ist als die leiseste Stelle während des ausgehaltenen Tones.

Dynamik/Register

Am Beispiel von Tönen in verschiedenen Lagen der Trompete wurde die Wechselbeziehung zwischen dem Register und der gespielten Lautstärke dargestellt. Während ein Ton im *piano* in der tiefen Lage durchschnittlich 78 dB aufwies, wurde in der mittleren Lage 85 dB und in der hohen Lage gar 98 dB gemessen. Dies zeigt, wie groß der Unterschied der spielbaren Dynamik in den verschiedenen Registern ist. Zum einen steigt die Intensität eines leisen Tones um ein Vielfaches mit der Tonhöhe an, zum andern reduziert sich der Dynamikumfang von einem *piano* zu einem kräftigen *forte* von 19 dB beim c1 (tiefe Lage) auf 11 dB beim h2 (hohe Lage). Auch in diesem Zusammenhang konnte eine relativ große Variationsbreite zwischen den Dynamikwerten ermittelt werden. Die entsprechenden Standardabweichungen betragen ca. 3 dB.

Dynamik/Spielergruppen

Ein Zusammenhang zwischen dem Status (*Profi versus Student*), dem Geschlecht (*männliche versus weibliche Trompeter*), dem Repertoiretyp ("*Klassiker*" versus "*Jazz*") oder der Spielerfahrung (*Spieler mit mehr als 20 Jahren Erfahrung versus jenen mit weniger*) in Hinsicht auf den Dynamikumfang oder die Extremwerte konnte nicht festgestellt werden. Auch bei diesem Aspekt sind individuelle Präferenzen und Merkmale für die Unterschiede ausschlaggebend. Pauschale Formulierungen der Art "Profis können leiser spielen als andere" können nicht aus den Auswertungen abgeleitet werden.

Dynamik /Grundfrequenz

Die von verschiedenen Spielern auf einem Instrument mit demselben Mundstück gespielte Grundfrequenz des Tones h1 variiert selbst zu den Zeitpunkten, an denen alle exakt gleich laut spielen, (90 dB bzw. 100 dB) über 50 Cent.

Ein eindeutiger Zusammenhang zwischen der Grundfrequenz und der Dynamikstufe konnte nicht gefunden werden. Beim crescendo von 90 dB zu 100 dB konnte bei 25 % der Spieler ein Ansteigen und bei 70 % ein Abfallen der Grundtonhöhe beobachtet werden. Im Durchschnitt fällt die Tonhöhe von 445,5 Hz auf 444,5 Hz um ca. 4 Cent ab. Die Grundfrequenz beim Anstoß im ppp liegt durchschnittlich um fast 8 Cent tiefer als bei der leisesten Stelle im ppp.

Grundfrequenz /Impedanzwert

Der „Ziehbereich“ der gespielten Tonhöhe ist nicht nur vom Impedanzwert an der Grundfrequenz beeinflusst, sondern auch stark von jenen an den Teiltonfrequenzen. Beim untersuchten Ton h1 fällt die durchschnittlich gespielte Grundfrequenz nicht mit dem Impedanz Maximum dieser Resonanzstelle zusammen, sondern liegt bei einer etwas tieferen Frequenz, bei welcher der 3. Teilton auf das Impedanz Maximum der entsprechenden Impedanzspitze fällt. Bei der Intonationsberechnung mit BIAS wird dies durch eine Gewichtung der Teiltöne berücksichtigt (siehe Kap. 5.2.2). In diesem Abschnitt wurde durch einfaches Aufsummieren der Impedanzwerte an den ersten vier Teiltönen gezeigt, daß die Summe innerhalb eines Frequenzbereiches annähernd gleich ist und daher der Ton in diesem Bereich ähnlich gut spielbar ist. Dieser Umstand erklärt die große Variationsbreite der Grundfrequenzen.

Klangfarbe

Auch der Vergleich des Teiltonaufbaus verschiedener Spieler, die alle denselben Ton mit derselben Lautstärke auf demselben Instrument spielten, zeigt große spektrale Unterschiede. Als Ursache dafür konnte die unterschiedliche Grundfrequenz - innerhalb des Ziehbereiches eines Tones - bestimmt werden. Ein Ton, der etwas höher oder tiefer gespielt wird, erhält deutlich andere Klangfarben. Im Spektrum wirkt sich dies mit Unterschieden in den Teiltonamplituden aus, die über 6 dB bei den höheren Teiltönen sein können, so daß Klangnuancen von heller und dunkler entstehen. Die Amplituden des Grundtons und der ersten Teiltöne variieren dabei im Schnitt um 2-3 dB.

Klangfarbe/Grundfrequenz

Die Klangfarbe steht im Zusammenhang mit der Grundfrequenz und den akustischen Eigenschaften des Instruments. Teiltonfrequenzen mit hoher Impedanz sind im abgestrahlten Spektrum schwächer vertreten, da mehr Energie im Instrument erhalten bleibt und zur Erhaltung der stehenden Welle beiträgt.

Klangfarbe/Spielergruppen

Bei der Untersuchung der Spektren, die von verschiedenen Spielergruppen mit demselben Instrument gespielt wurden, konnten keine typischen Merkmale einer Gruppe festgestellt werden. Der Teiltonaufbau der Töne h1 und a₀ unterschied sich nicht oder nur unwesentlich zwischen jenen, die von Studenten oder Profis gespielt wurden, oder zwischen Spielern mit unterschiedlichem Repertoire.

Klangfarbe/Instrument

Aus der Spektralanalyse geht hervor, daß die Amplitudenwerte oberhalb des 12. Teiltones von a₀ (ca. 2224 Hz) bei den Tönen, die mit der Referenztrompete geblasen wurden, um 4 - 5 dB niedriger sind als bei jenen, die mit den eigenen Instrumenten gespielt wurden. Bei der Referenztrompete wurde eine stärkere Amplitude des Grundtons und bei den Teiltönen im Formantbereich (5-7 Teilton) ermittelt. Auch der Höreindruck der Referenztrompete entspricht einem relativ dunkel gefärbten Klang. Dieses Klangmerkmal wird jedoch nicht von den vier eigenen Instrumenten der Versuchspersonen geteilt, die ebenfalls Perinétventiltrompeten sind. Bei diesen sind die höheren Teiltöne besonders stark ausgeprägt - im Bereich von 3,9 - 5 kHz bis zu 6 dB über dem Durchschnitt - und die Amplituden der ersten 5 Teiltöne sind unterdurchschnittlich. Die Teiltonamplituden der Drehventil-Trompeten liegen zwischen jenen der Referenztrompete und den anderen Perinétventiltrompeten.

6. RESÜMEE

6.1 Variablen der Tonerzeugung

Die vorliegende Arbeit zeigt zunächst die zahlreichen Einflußparameter auf, die an der Tonerzeugung der Trompete beteiligt sind. Die erstmalige Zusammenstellung aller Variablen im zweiten Kapitel legt einen Katalog möglicher Ursachen für die Verschiedenheit des Klangergebnisses beim Spiel auf der Trompete vor. Die Aspekte werden vom Autor in vier Kategorien unterteilt:

- Variablen, welche die Person des Spielers betreffen
(*Können, musikalische Intention oder spieltechnische Umsetzung des Trompeters*)
- Einflußfaktoren des Instrumentes
(*subjektiv beeinflussende Faktoren oder objektive Eigenschaften der Trompete*)
- Variablen der Umgebungsbedingungen
(*Raum oder Zeit*)
- Aspekte bezüglich der Wahrnehmung eines Trompetentons durch den Zuhörer
(*wer hört welches Signal nach welchem Übertragungsweg*)

Die gegenseitige Abhängigkeit der meisten Faktoren in diesem gekoppelten System macht es schwierig, einzelne Parameter isoliert zu untersuchen, dies umso mehr, wenn die menschliche Komponente beteiligt ist. Die Berücksichtigung möglichst vieler Einflußparameter ist für die Konzeption von Studien zu einzelnen Aspekten jedoch wesentlich.

6.2 "Warm up" Studie

Die Analysen der Wärmebilder erbrachten erstmals den eindeutigen Nachweis der Erwärmung der Hauttemperatur im Bereich der Ansatzmuskulatur beim "Warm up" von Trompetern. Die Ergebnisse belegen eine eindeutige Blutumverteilung zu den zentral aktiven Gesichtspartien. Die Intensität ist dabei von lateral zu distal (Gesichtsmitte) zunehmend. Des Weiteren konnte die Studie die graduell unterschiedlich starken Erwärmungen einzelner Gesichtspartien beim "Warm up" zeigen.

An den Temperaturmeßflächen am Mundwinkel konnten die stärksten Erwärmungen gemessen werden. Der Mittelwert des Temperaturanstieges aller Spieler betrug 1,3° Celsius. Ebenfalls Bereiche deutlicher Erwärmung sind die Nasenseiten und die inneren Wangenpartien. Die Wangenpartien zeigen eine klare Tendenz zur relativen Blutumverteilung in die zentrale Gesichtsmuskulatur; mit deutlicher Erwärmung der inneren, geringerer der zentralen und praktisch fehlender Erwärmung der äußeren Wangenabschnitte. Die Temperatur an den Augenwinkeln bleibt

unverändert (sie sind Wärmepole vor und nach dem Einblasen). An der Stirn konnte keine einheitliche Temperaturänderung gemessen werden. Die Stirn kühlte sich bei einigen Spielern durch Schweißbildung deutlich ab.

Die für diese Untersuchung entwickelte und angewandte Methode stellt eine einfache, da nicht invasive Untersuchungsmöglichkeit für die Spieltechnik auf Blasinstrumenten dar. Durch die aussagekräftige optische Darstellung besteht eine Anschaulichkeit, die Untersucher-unabhängig ist.

Mögliche Einsatzgebiete dieser Methode im Bereich der Instrumental-Physiologie sind:

- die Kontrolle des Trainingszustandes und der Symmetrie
- die Bestimmung des Spielertypus (nasal, oral, buccal)
- Überprüfung von bestehenden oder neu entwickelten Hilfsmitteln (Ansatztrainer) auf ihre Wirkung und Sinnhaftigkeit
- Optimierung und anschauliche Führung der Spieltechnik

6.3 Intonations - Studie

Mit dieser Intonationsstudie wurde versucht, den Einfluß einzelner Komponenten auf die letztendlich vom Spieler mit seinem Instrument produzierte "Intonation" aufzuzeigen. In die Untersuchung wurden die Komponenten "Spieler", "Instrument", "musikalischer Kontext" und "die Behauptung, daß Bläser prinzipiell die *reine* Stimmung anstreben" miteinbezogen.

SPIELER: Die Ergebnisse der Studie zeigen, daß Spieler sich primär an den vom Instrument vorgegebenen Tonhöhen orientieren, diese aber dem musikalischen Kontext anpassen können. Die Auswertung der Aufnahmen von 35 Trompetern hat erkennen lassen, daß der Musiker eine deutliche Einflußmöglichkeit auf die gespielte Tonhöhe hat. Die intra- und inter-individuellen Variationsbreiten bei den gespielten Tonhöhen betragen in der tiefen Lage bis über 50 Cent, im mittleren und höheren Bereich mehr als 20 Cent. Dies bedeutet, daß ein Ton, der auf einem Instrument nicht "stimmt", d.h. dessen Resonanzfrequenz etwas höher oder tiefer liegt als erwünscht, vom Spieler korrigiert werden kann. Allerdings nicht über die vorhin angeführte gesamte Spannweite.

Das Instrument erlaubt dem Spieler einen Ton innerhalb einer gewissen Spanne, dem sogenannten "Ziehbereich" zu spielen, sodaß die Vermutung auf der Hand liegt, daß jeder Musiker seine bevorzugte "subjektive Intonation" spielt. Diese Folgerung liegt zwar nahe, trifft aber nur für Einzelfälle zu. Denn der Trompeter kann zwar einen Ton auf eine bestimmte Tonhöhe "ziehen", dieser Vorgang ist jedoch mit erhöhtem Energie- und Konzentrationsaufwand verbunden. Die Steuerung dieser Korrektur verlangt dem Spieler Ressourcen ab, die er für andere musikalische oder spieltechnische Aufgaben benötigt.

Ein interessantes Ergebnis ist die Tatsache, daß es keine bzw. nur sehr geringe Unterschiede bezüglich der Intonation zwischen verschiedenen Spielergruppen gab. Die Intonation der Studenten war nicht wesentlich anders gelagert als die von professionellen Musikern, oder die von "Jazz-Trompetern" als jene von "klassischen Trompetern", oder von weiblichen und männlichen Spielern.

Dies ist auf die gemessene typische Intonationscharakteristik von B-Trompeten und auf die oben erwähnte Orientierung der Spieler zurückzuführen.

INSTRUMENT: Bei den 35 Trompeten deren objektive Intonation mit BIAS gemessen wurde gab es zwar Abweichungen von Tönen im Ausmaß von ca. 20 Cent, die Intonationscharakteristik war jedoch bei allen Instrumenten sehr ähnlich. Sie ist zum einen durch die bekannten Intonationsprobleme beim gleichzeitigen Drücken mehrerer Ventile bedingt, zum anderen gibt es typische Abweichungen zur gleichschwebend temperierte Stimmung die mensurbedingt sind. Z.B. sind Töne die mit der sechsten Resonanzspitze erzeugt werden durchwegs zu hoch.

MUSIKALISCHER KONTEXT: Der musikalische Kontext des gespielten Tones hat einen deutlichen Einfluß auf die gespielte Tonhöhe. Obwohl sich die Auswertung auf einfache Tonleitern beschränkte, zeigte sich doch, daß von allen Spielern ein und derselbe Ton je nach seinem Kontext systematisch unterschiedlich intoniert wurde.

STIMMUNG: Die Auswertungen ergaben, daß Trompeter im Großen und Ganzen jene Tonhöhe spielen, die von den mechanischen Merkmalen des Instruments vorgegeben sind. Im Schnitt liegt die gespielte Intonation sehr nahe bei der mit BIAS ermittelten Intonation, die mit den vom Instrument vorgegebenen Resonanzfrequenzen korreliert.

Im mittleren Register der Trompete (e1-e2) beträgt die durchschnittliche Abweichung zu dieser mit BIAS gemessenen "objektiven" Intonation nur 3,2 Cent. Dagegen beträgt die durchschnittliche Abweichung in diesem Register zur gleichschwebend temperierten Stimmung 4,2 Cent und zur reinen Stimmung gar 7,7 Cent. Die gespielte Intonation liegt also näher bei der vom Instrument vorgegebenen als bei irgendeiner der theoretischen musikalischen Stimmungen. Die musikalische Stimmung, die der gespielten Intonation noch am nächsten kommt, ist die gleichschwebend temperierte Stimmung.

FAZIT: Je besser die vom Instrument vorgegebene Intonation ist, umso günstiger ist dies für das Musizieren. Offen ist allerdings die Frage, inwieweit die Zielvorstellung der Spieler bezüglich der Intonation von der tatsächlich Gespielten abweicht. Welche Intervallverhältnisse der Trompeter als ideal betrachtet, sollte in nachfolgenden Studien ermittelt werden.

7. LITERATURVERZEICHNIS

- ADACHI, Seji; SATO, Masa-Aki. (1995). Brass sound simulation using a two-dimensional lip vibration model. in: *Proceedings of the 15th ICA. Bd. III*. Trondheim: ICA. S. 385-388.
- AHRENS, Christian. (1986). *Eine Erfindung und ihre Folgen: Blechblasinstrumente mit Ventilen*. Kassel: Bärenreiter.
- AMIR, N.; ROSENHOUSE, G.; SHIMONY, U. (1994). Reconstructing the bore of brass wind instruments: theory and experiment. in: *SMAC 93 - Proceedings of the Stockholm Music Acoustics conference*. Stockholm, Royal Swedish Academy of Music. S. 470-475.
- ANGLMAYER, Paul. (1998). Ein neuer Optimierungsalgorithmus zur Intonationskorrektur bei Blechblasinstrumenten. in: *Fortschritte der Akustik*. Zürich: DAGA.
- AYERS, Dean. (1998). New Perspectives on the Brass Instruments. in: *Proceedings of the International Symposium on Musical Acoustics*. Leavenworth: Catgut Society. S. 129-34.
- BACKUS, John. (1976). Input impedance curves for the brass instruments. in: *Journal of the Acoustical Society of America* 60. S. 470-480.
- BARBENEL, Joe; BOOTH, Davis John; KENNY, Patrick. (1986). Science proves musical myths wrong. in: *New Scientist*. S. 29-32.
- BARTELS, Heinz. (1995). *Physiologie: Lehrbuch und Atlas*. 5. Aufl. München: Urban und Schwarzenberg.
- BELFRAGE, Bengt. (1993). Damage Due to Overstrain in Brass-Players. in: *Horn Call* 23. Durrant: International Horn Society. S. 21-24.
- BENADE, Arthur H. (1988). Blechblasinstrumente. in: *Die Physik der Musikinstrumente*. Heidelberg: Verlag Spektrum der Wissenschaft. S. 44-55.
- BENADE, Arthur H. (1966). Relation of Air-Column Resonances to Sound Spectra Produced by Wind Instruments. in: *Journal of the Acoustical Society of America (JASA)*. Vol. 40. S. 247.
- BENADE, Arthur H. (1990). *Fundamentals of musical acoustics*. New York: Dover Publications.
- BERTSCH, Matthias. (1992). *Der Einfluß des Dämpfers auf das akustische Verhalten und die Klangfarbe der Trompete*. [Phil. Dipl.]. Wien: Geisteswiss. Fakultät der Universität.
- BERTSCH, Matthias. (1995). Two Aspects of Trumpet Playing. On trumpets mutes - Aspect of the embouchure. in: *Proceedings of the International Symposium on Musical Acoustics*. Dourdan, Paris: SFA, IRCAM. S. 40-46.
- BERTSCH, Matthias. (1995). Aspects of trumpet playing. in: *Proceedings of the 15th Int ICA. Bd. III*. Trondheim (N). S. 393-396.

- BOWSHER, John M. (1980). The Physics of brass wind instruments. in: *Endeavour, New Series* Volume 4 Nr.1. London: Pergamon Press. S. 20-25.
- BOWSHER, John M. (1989). A control structure approach to playing a wind instrument. in: *Das Instrumentalspiel (Int. Symposion, 12. -14. IV. 1988)*. Wien: Doblinger. S. 43-54.
- BOWSHER, John; Elliott, Stephen; Watkinson, Peter. (1982). Input and transfer response of brass wind instruments. in: *Journal of the Acoustical Society of America (JASA)*. Vol 72 (6). S. 1747-1760.
- BRUHN, Herbert (Hg); OERTNER, Rolf (Hg); RÖSING, Helmut (Hg). (1993). *Musikpsychologie: Ein Handbuch*. Rowohlt: Hamburg.
- CAMPIDELL, Stefan; WIDHOLM, Gregor. (1995). The influence of valve mechanism of brass wind instruments on the microstructure of slurs - new results. in: *Speech - Music - Hearing, Proceedings of the 32nd Czech Conference on Acoustics*. Prag: VUZORT. S. 87-90.
- COPLEY, David; STRONG, William. (1996). A stroboscopic study of lip vibration in a trombone. in: *Journal of the Acoustical Society of America (JASA)*. Vol 99 (2). S. 1219-1226.
- CULLEN, John. (1998). Acoustical Measurements in Resonators driven by an artificial mouth: Oscillation Threshold Behavior. in: *Proceedings of the International Symposium on Musical Acoustics*. Leavenworth: Catgut Society. S. 141-46.
- DEUTSCH, Werner A. (1989). Sound Tools: Konzept und Entwicklung einer Arbeitsstation zur digitalen Analyse und Bearbeitung von Musik, in: *Das Instrumentalspiel (Int. Symposion, 12. -14. IV. 1988)*. Wien: Doblinger. S. 309-323.
- DEUTSCH, Werner A.; Noll, Anton. (1991). *S_Tools - Integrierte Arbeitsstation für Musik, Sprache und digitale Signalverarbeitung. Benutzerhandbuch*. Wien: Komm. f. Schallforschung.
- DUDLEY, J. D; STRONG, W. J. (1994). Computer simulation of a trumpet with mechanical "lips". in: *SMAC 93 - Proceedings of the Stockholm Music Acoustics conference*. Stockholm: Royal Swedish Academy of Music. S. 486-489.
- DULLAT, Günther. (1989). *Metallblasinstrumentenbau. Entwicklungsstufen und Technologien*. Fachbuchreihe "Das Musikinstrument" Bd. 48. Mainz: Bochinsky.
- ELLIOTT, Stephen; BOWSHER, John; WATKINSON, Peter. (1982). Input and transfer response of brass wind instruments. in: *Journal of the Acoustical Society of America* Vol. 6. S. 1747-1760.
- FARKAS, Philip. (1980). *Die Kunst der Blechbläser. Ansatzgrundlagen*. (deutsch von Peter Steidle). München: Edition Hans Pizka.
- FLETCHER, Neville (1979). Excitation Mechanisms in Woodwind and Brass Instruments. in: *Acustica*. S. 63-72.
- FYK, Janina. (1995). *Melodic Intonation, Psychoacoustics, and the Violin*. (Diss. an der Fryderyk Chopin Academy of Music in Warsaw; engl. Übers.: Ciecierska, J.). Warsaw: Organon.

- HEYDE, Herbert. (1987). *Das Ventilblasinstrument: seine Entwicklung im deutschsprachigen Raum von den Anfängen bis zur Gegenwart*. Leipzig, VEB Deutscher Verlag für Musik.
- HOFMANN, Heinrich. (1956). *Über den Ansatz der Blechbläser*. Kassel: Bärenreiter.
- HOLCOMB, Bruce. (1983). Die Verbesserung der Stimmung von Ventilblechblasinstrumenten. in: *Schriften der Hochschule »Mozarteum«* 6. München-Salzburg: Musikverlag Emil Katz-bichler.
- MARTIN, Daniel W. (1942). Lip Vibrations in a Cornet Mouthpiece. in: *Journal of the Acoustical Society of America* Vol.13. S. 305-308.
- MEIDT, Alexis Joseph. (1967). *A cinefluorographic investigation of oral adjustments for various aspects of brass instrument performance*. [Doctor thesis]. Iowa, University of Iowa.
- MEYER, Jürgen (Hg.). (1988). *Qualitätsaspekte bei Musikinstrumenten*. (Beiträge zum Kolloqui-um). Celle: Moeck.
- MEYER, Jürgen. (1995). Akustik und musikalische Aufführungspraxis: Leitfaden für Akustiker, Tonmeister, Musiker, Instrumentenbauer und Architekten in: *Fachbuchreihe "Das Musik-instrument"* 24. Frankfurt am Main: Erwin Bochinsky Verlag.
- NEMOTO, Toshio. (1995). Medizinischen Betrachtung des Klangerzeugungsapparates der Blech-bläser. in *Brass Bulletin*. Basel: BIM.
- NEUWIRTH, Erich. (1997). *Musikalische Stimmungen*. (CD-ROM und Buch.) Wien: Springer.
- SHARP, David; MYERS, Arnold; PARKS, Raymond; CAMPBELL, Murray. (1995). Bore recon-struction by pulse reflectometry and its potential for the taxonomy of brass instruments. in: *Proceedings of the 15th Int ICA*. Bd. III. Trondheim: ICA. S. 481-484.
- PUTZ, R.; PABST, R. (Hg.). (1995). *Sobotta: Atlas der Anatomie des Menschen*. München: Urban und Schwarzenberg.
- SRAM, Frantisek. (1995). Methods of investigation of creation of tones in playing wind instru-ments in laryngology and phoniatic practice. in: *Speech - Music - Hearing, Procee-dings of the 32nd Czech Conference on Acoustics*. Prag: VUZORT. S. 143-146.
- STANLEY, Sadie (Hg.). (1984). *The New Grove Dictionary of Musical Instruments*. London: Mac-millan Press.
- STAUDER, Wilhelm. (1966). Akustik der Trompeteninstrumente, in: *Die Musik in Geschichte und Gegenwart* 13. Kassel: Bärenreiter. S. 763-770.
- STRONG, W. J, DUDLEY, J. D. (1994). Simulation of a player-trumpet system. in: *SMAC 93 - Proceedings of the Stockholm Music Acoustics conference*. Stockholm: Royal Swedish Aca-demy of Music. S. 520-524.
- TARR, Edward. (1977). *Die Trompete. Ihre Geschichte von der Antike bis zur Gegenwart*. Stutt-gart: Hallwag.

- VERGEZ, Chrisztoph; RODET, Xavier. (1998). Experiments with an artificial mouth for trumpet. in: *Proceedings of the International Symposium on Musical Acoustics*. Leavenworth: Catgut Society. S. 153-58.
- VOGEL, Martin. (1979). Eine schwierige Trompetenstelle. Zum Problem der Intonation im Orchester und den Folgerungen im Instrumentenbau. in: *Das Musikinstrument 5*. Frankfurt/M.: Erwin Bochinsky. S. 803-805.
- VOGEL, Martin. (1961). Die Intonation der Blechbläser. Neue Wege im Metallblas-Instrumentenbau. in: *Orpheus-Schriftenreihe zu Grundfragen der Musik 1*. Düsseldorf: Ges. z. Förd. d. System. MW.
- WIDHOLM, G; WINKLER, W. (1994). Evaluation of musical instrument quality by computer systems. Examples of realisation. in: *SMAC 93 - Proceedings of the Stockholm Music Acoustics conference*. Stockholm: Royal Swedish Academy of Music. S. 560-565.
- WIDHOLM, Gregor. (1995). Brass wind instrument quality measured and evaluated by a new computer system. in: *Proceedings of the 15th Int ICA*. Bd. III. Trondheim: ICA. S. 517-520.
- WIDHOLM, Gregor. (1996). Hörner: Akustik der Horninstrumente. in: *Musik in Geschichte und Gegenwart (MGG)*. FINSCHER, Ludwig (Hg) 4. Kassel: Bärenreiter. S. 395-415.
- WINKLER, Werner; WIDHOLM, Gregor; PICHLER, Heinrich. (1992). Computer Aided Measurement and Theoretical Models of Interaction of Musicians and Brass Instruments. in: *Preprint 2834 für "the 92th Convention in Vienna" der AES*. New York: AES.
- WOGRAM, Klaus. (1992). Die Bedeutung des Mundstückes bei Blechblasinstrumenten. in: *Instrumentenbau 6*. Siegburg: Franz Schmitt. S. 53-60.
- WOGRAM, Klaus. (1972). Die Beeinflussung von Klang und Ansprache durch das 'Summenprinzip' bei Blechblasinstrumenten. in: *Bericht 1. IMS-Kongress*, Kopenhagen. S. 715-720.
- WOGRAM, Klaus. (1986). Diskrepanz in der Beurteilung von Blechblasinstrumenten zwischen Spieler und Zuhörer. in: *Bericht 14. Tonmeistertagung*. München: K. G. SAUR, S. 378-387.
- WOGRAM, Klaus. (1972). Ein Beitrag zur Ermittlung der Stimmung von Blechblasinstrumenten. [Diss. TU Braunschweig]. Frankfurt am Main: Das Musikinstrument.
- YOSHIKAWA, S.; PLITNIK, G. R. (1993). A Preliminary Investigation of Brass Player's Lip Behavior. (Englisch). in: *J. Acoust. Soc. Japan 6* Vol. 14. Japan. S. 449-451.
- YOUNG, Robert W. (1982). Dependence of Tuning of Wind Instruments on Temperature. in: *Journal of the Acoustical Society of America 3* Vol. 17. S. 187-191.

Hinweise auf allgemeine Literatur zu den verschiedensten Aspekten der Trompete und zu weiteren wissenschaftlichen Arbeiten zur Tonerzeugung auf der Trompete sind in der Literaturlistenbank des Institut für Wiener Klangstil zu finden, die unter Mithilfe des Autors erstellt wurde, und über nachfolgende URL online im Internet zur Recherche angeboten wird: [HTTP://IWK. MHSW. AC. AT](http://iwk.mhsw.ac.at)

8. ANHANG

8.1 ----- Fragebogen zum „Warm up“	178
8.2 ----- Zu den Versuchspersonen der "Warm up" Studie	180
8.3 ----- Einladung der Trompeter zum "Warm up"	181
8.4 ----- Meßwerte-Tabellen zum "Warm up"	182
8.5 ----- Notenvorgaben für das "Warm up"	188
8.6 ----- Notenvorgaben für die AV-Studie	190
8.7 ----- Fragebogen zur AV-Studie	191
8.8 ----- Aufnahmeprotokoll zur AV - Studie	192
8.9 ----- Tabelle der gemittelten BIAS Intonationen	193
8.10 ----- Mensurverlauf der Referenztrompete (nach D. Sharp)	194
8.11 ----- Angaben zur "Audio Recording Hardware"	195
8.12 ----- Zu den Versuchspersonen der AV-Studie	196
8.13 ----- Gespielte Werte aller Trompeter im Einzelnen	215

8.1 Fragebogen zum „Warm up“

Name: _____

Wunsch auf Anonymität (Ja) (Nein)

- statistischer Teil -

Altersgruppe: (unter 12) (13-16) (16-19) (20-25) (25-30) (30-40) (über 40)

Geschlecht: (M) (W)

Jahre an Spielerfahrung: _____ Jahre

Adresse : _____

Orchester / Band : _____

☐ Berufsmusiker Orchester ☐ Student

☐ Berufsmusiker Solist ☐ Amateur

☐ Berufsmusiker Pädagoge

☐ andere Kategorie: (Mehrfachnennung möglich)

Vorwiegend Klassische Musik ☐ Jazz / U-Musik ☐ Beides - Verhältnis[:]

- Fragenteil -

1) Ist es Ihrer Meinung nach sinnvoll, sich einzublase bzw. eine „Warm-up Prozedur“ durchzuführen (aufzuwärmen) ? _____

2) Worin liegt der Sinn des Einblasens Ihrer Meinung bzw. Ihrer Erfahrung nach ?

3) Spielen Sie sich täglich ein ? _____

4) Haben Sie sich heute (vor der Warm-up Untersuchung) schon eingeblasen oder überhaupt gespielt ? Wenn ja wann und wie lang ?

5a) Wie lange blasen Sie sich mindestens ein (Minimalprogramm) ?
_____ (Minuten)

5b) Wie lange maximal ? _____ (Minuten)

5c) Wie lange blasen Sie sich durchschnittlich ein
- wenn Sie für sich üben ? _____ (Minuten)

5d) - vor einem wichtigen Konzert ? _____ (Minuten)

6a) Kommt es vor, daß Sie sich an einem Tag zweimal oder mehrmals einblasen ? (morgens beim üben, abends vor dem Konzert) _____

6b) Wenn ja, gibt es dann Unterschiede beim Ablauf oder der Dauer ?

7a) Gibt es ein bestimmtes Gefühl: „Jetzt bin ich eingeblasen“ ? _____

7b) Wenn ja, wie würden Sie das beschreiben ? _____

8) Gibt es ein bestimmtes Programm, das Sie spielen, oder spielen Sie, bis sich das Gefühl einstellt „Jetzt bin ich eingeblasen“ ?

9a) Spielen Sie Musikstücke oder Etüden ? _____

9b) Spielen Sie nach Noten oder auswendig ? _____

10) Wie ist das Verhältnis schätzungsweise zwischen

(Töne aushalten) - (Naturtonreihen binden) - (Lippentechnik) - (Fingertechnik)

11) Hat sich Ihre Einblasmethode im Laufe Ihrer Trompeterkarriere sehr verändert ? (wurde es wichtiger, kürzer, länger, intensiver, überflüssig..)

12) Machen Sie Pausen beim Einblasen ? _____

13) Spielen Sie sich unter kalten Bedingungen länger ein ? (In der Kirche, draußen im Winter)

14a) In welcher Lage beginnen Sie ? _____

14b) Mit welcher Dynamik ? _____

14c) Durchspielen Sie alle Lagen und Dynamikstufen im Laufe des Einblasens ? _____

14d) Spielen Sie auch Pedaltöne ? _____

15) Spielen Sie auch nur mit dem Mundstück (Buzzing) ? _____

16a) Stammen Ihre Einblasübungen von Ihnen, (a) von Ihrem Lehrer, (b) von einem anderen Pädagogen, oder ist es (c) eine Mischung aus verschiedenen Quellen _____

16b) Bei letzterem (c) aus welchen ?

17) Wie hoch schätzen Sie Ihre Trefferquote, ein „c3“ im piano anzublasen mit oder ohne „warm up“ ?

Bei 10 Versuchen schaffe ich es ohne einblasen vielleicht ____ (Mal) mit Einblasen ____ (Mal)

18) Welche anderen Faktoren bestimmen Ihren Ansatz ? Wovon hängt es ab ob Sie besser oder schlechter drauf sind ? _____

Danke für Ihre Mitarbeit.

8.2 Zu den Versuchspersonen der "Warm up" Studie

Tab. 23 : Die Versuchspersonen, die in der Arbeit verwendeten Kürzel der Trompeter, sowie deren eigene Angaben über sich und Ihre "Warm up" Gewohnheiten.

Kürzel	Name	Bläser-Status	Altersklasse	Spielerfahrung in Jahren	Einblasen sinnvoll	Dauer vor dem Konzert (Min.)	Dauer vor Konzert (Min.)	[c3 p] ohne Warm up in %
V07GT	Tinsobin G nther	1 Profi	ber 40	30	Ja	5	60	90
V12JH	Hofbauer Josef	1 Profi	25-30	17	Ja	18	23	70
V16KM	Monsberger Konrad	1 Profi	30-40	30	Ja	40	45	40
V02MM	M hifellner Martin	2 Profi & Student	20-25	20	Ja	60	60	60
V03AG	Gruber Andreas	2 Profi & Student	20-25	12	Ja	45	60	45
V05LR	Raab Lorenz	3 Student - Semi Profi	20-25	12	Ja	90	45	k.A.
V06MW	Weber Martin	3 Student - Semi Profi	20-25	10	Ja	20	10	50
V15SB	Brugger Stefan	3 Student - Semi Profi	25-30	21	Ja	15	5	50
V01MB	Bertsch Matthias	4 Student Amateur	25-30	18	Ja	25	30	20
V13BB	Budil Bernhard	4 Student Amateur	25-30	10	Ja	13	10	15
V04EB	Buchinger Ernst	5 Sch ler	13-16	5	Ja	30	60	30
V09LL	Leszkovics Lucia	5 Sch ler	20-25	5	Ja	3	10	0
V14DK	Kuppelwieser Daniel	5 Sch ler	13-16	4	Ja	7	7	0
V10JK	Kaiser Julia	6 Sch ler jung	bis 12	4	Ja	8	15	0
V11LK	Rodharth Lukas	6 Sch ler jung	bis 12	5	Ja	8	13	15
V08GF	Fritsch Geraldine	6 Sch ler jung	16-19	0,5	Nein	0	0	0
				Summe		Mittelwert	Mittelwert	Mittelwert
				203		26	30	35
								55

8.3 Einladung der Trompeter zum "Warm up"

Institut für Wiener Klangstil
Matthias Bertsch
Oktober 1995

Lieber Bläserkollege !

Vielen Dank, daß Sie sich bereit finden, im Dienste der Wissenschaft Ihr täglich "Warm up" an einem untypischen Ort durchzuführen. Der Sinn der Studie liegt darin, die Erwärmung der Hautoberfläche beim "Einblasen" zu dokumentieren. Dies geschieht ohne Hautkontakt oder sonstige unangenehme Eingriffe mit Hilfe einer Wärmekamera. Also nur keine Bange. Alles weitere werden Sie vor Ort erleben. Es wird auch bestimmt für Sie interessant werden !

- Gleich zu Beginn eine wichtige Bitte: Vor dem Versuchstermin 4 Stunden nicht essen, trinken (außer Wasser) oder rauchen ! Realistisch ist das "einblasen" auch nur, wenn Sie am Versuchstag vorher nicht gespielt haben !! (Falls das unmöglich für Sie ist, pausieren Sie zuvor so lange es geht !)
- Da wir die Hauttemperatur messen möchten, wäre es günstig, wenn die letzte Rasur nicht allzu lang in der Vergangenheit liegt. (Am Besten am Vormittag des Versuchstages)
- Einige Kinn- und Halsmuskel verlaufen bis zum Schlüsselbein. Da wir diesen Bereich auch gerne auf der Aufnahme sehen möchten, wäre es ideal, wenn Sie eine Oberbekleidung ohne Kragen wählen (z.B. T-Shirt), oder einfach ein Unterhemd drunter anziehen.
- Bitte nehmen Sie (einige) Noten ihrer typischen Einblasübungen mit, auch wenns Sie Ihre Etuden "im Schlaf" kennen. Und natürlich Ihr Instrument nicht vergessen !

Ort der Versuchsreihe ist das neue AKH (U6 Station Michelbeuren)

Universitätsklinik für innere Medizin II; Abteilung Angiologie
1190 Wien, Währinger Gürtel 18-20

Treffpunkt ist die Leitstelle 6L (Vom Haupteingang bei der U-Bahn ca. 100m durch die Halle bis zur Rolltreppe. Diese einen Stock auf die 6. Ebene aufwärts fahren und rechts bei der Leitstelle 6L warten oder den "typischen Blech- Geräuschen" nach) Falls Sie in dem Riesengebäude total verlorengelassen, können Sie bei der Information in der Haupthalle nachfragen oder **Dr. Thomas Maca** anpiepsen lassen.

Der vereinbarte Termin für den Versuchs ist der :

Für eventuelle Rückfragen zögern Sie nicht, mich privat (tel.: 74 83 292) oder im *Institut für Wiener Klangstil* an der Wiener Musikhochschule zurückzurufen (tel.: 512 68 33 DW 18).

Mit recht herzlichem Dank im Voraus

Matthias Bertsch



8.4 Meßwerte-Tabellen zum "Warm up"

Tabelle 24: zeitlichen Dauern bei den "Warm up" Thermobilderaufnahmen

VP-K rzel	P1	simple- start	simple- stop	P2	P3	medium- start	medium- stop	P4	P5	adlib- start	P6	P7	P8
1-V07GT	17:42:30	17:45:35	17:48:52	17:49:35	17:51:45	17:52:28	17:55:41	17:56:30	17:58:35	17:59:30	18:07:33	18:17:20	18:46:20
1-V12JH	18:22:30	18:23:40	18:26:10	18:26:45	18:27:50	18:28:18	18:30:28	18:31:10	18:32:20	18:33:13	18:42:53	18:44:50	19:01:50
2-V02MM	18:08:00	18:13:30	18:15:30	18:16:15	18:17:55	18:18:14	18:20:06	18:20:40	18:22:40	18:23:03	18:31:28	18:36:35	fehlt !
2-V03AG	18:39:20	18:46:17	18:48:40	fehlt!	18:49:50	18:53:00	18:55:18	18:56:05	18:58:05	18:58:50	19:06:10	19:11:20	19:21:00
3-V05LR	18:00:00	18:07:50	18:10:35	fehlt!	18:13:15	18:14:55	18:16:40	18:17:15	18:19:10	18:19:30	18:35:00	18:38:10	19:01:30
3-V06MW	16:55:10	17:01:00	17:04:03	17:04:45	17:06:12	17:06:40	17:09:56	17:10:30	17:12:25	17:13:05	17:21:05	17:26:30	17:54:40
4-V01MB	17:38:00	17:40:33	17:43:33	17:44:36	17:48:07	17:48:36	17:51:36	17:52:40	17:54:35	17:55:03	18:00:10	18:06:50	18:18:24
4-V13BB	18:52:10	18:55:36	18:58:20	18:58:51	19:00:10	19:01:10	19:04:27	19:04:55	19:06:26	19:06:50	19:17:30	19:19:46	19:33:15
5-V04EB	17:27:00	17:29:20	17:32:00	17:32:40	17:34:20	17:34:55	17:37:45	17:38:25	17:40:10	17:40:40	17:49:40	17:55:10	18:20:30
5-V09LL	16:41:59	16:44:42	16:47:28	16:48:10	16:49:40	16:51:01	16:54:06	16:54:50	16:56:05	16:57:39	17:05:12	17:14:40	17:28:00
6-V08GF	18:50:50	18:53:30	18:55:58	18:56:40	18:58:00	18:58:33	19:02:24	19:03:05	19:10:40	19:13:36	19:21:44	19:30:00	19:53:30
6-V10JK	17:16:40	17:22:19	17:24:25	17:25:00	fehlt!	17:27:56	17:30:45	17:31:35	17:33:00	17:33:35	17:44:20	17:45:40	18:07:23
5-V14DK	17:08:30	17:11:13	17:12:55	17:13:20	17:14:10	17:14:35	17:18:17	17:18:40	17:20:35	17:21:20	17:29:00	17:36:20	18:01:50
3-V15SB	17:47:50	17:52:55	17:56:29	17:57:40	17:59:15	18:00:06	18:03:46	18:04:35	18:07:30	18:08:13	18:24:21	18:27:50	18:52:40
1-V16KM	17:29:50	17:32:25	17:35:46	17:36:20	17:37:55	17:39:05	17:42:13	17:42:55	17:44:55	17:46:10	17:57:26	18:04:22	18:22:01
6-V11LR	17:53:33	17:55:25	17:57:06	17:57:45	17:58:55	17:59:40	18:04:23	18:05:18	18:06:38	18:07:09	18:16:20	18:18:10	18:38:00

Tabelle 25: Zeitpunkte der Thermobilder Aufnahmen beim "Warm up"

	Gesamte Dauer P1-P8	Dauer simple	Abstand P2 von Simple	Abstand P3 von Simple	Dauer medium	Abstand P4 von medium	Abstand P5 von medium				
1-V07GT	1:03:50	0:03:17	0:00:43	0:02:53	0:03:13	0:00:49	0:02:54	0:08:03	0:00:57	0:09:47	0:38:47
1-V12JH	0:39:20	0:02:30	0:00:35	0:01:40	0:02:10	0:00:42	0:01:52	0:09:40	0:00:52	0:01:57	0:18:57
2-V02MM	0:28:35	0:02:00	0:00:45	0:02:25	0:01:52	0:00:34	0:02:34	0:08:25	0:00:52	0:05:07	fehlt!
2-V03AG	0:41:40	0:02:23	fehlt!	0:01:10	0:02:18	0:00:47	0:02:47	0:07:20	0:00:35	0:05:10	0:14:50
3-V05LR	1:01:30	0:02:45	fehlt!	0:02:40	0:01:45	0:00:35	0:02:30	0:15:30	0:00:50	0:03:10	0:26:30
3-V06MW	0:59:30	0:03:03	0:00:42	0:02:09	0:03:16	0:00:34	0:02:29	0:08:00	0:01:01	0:05:25	0:33:35
4-V01MB	0:40:24	0:03:00	0:01:03	0:04:34	0:03:00	0:01:04	0:02:59	0:05:07	0:00:40	0:06:40	0:18:14
4-V13BB	0:41:05	0:02:44	0:00:31	0:01:50	0:03:17	0:00:28	0:01:59	0:10:40	0:00:45	0:02:16	0:15:45
5-V04EB	0:53:30	0:02:40	0:00:40	0:02:20	0:02:50	0:00:40	0:02:25	0:09:00	0:01:20	0:05:30	0:30:50
5-V09LL	0:46:01	0:02:46	0:00:42	0:02:12	0:03:05	0:00:44	0:01:59	0:07:33	0:00:58	0:09:28	0:22:48
6-V08GF	1:02:40	0:02:28	0:00:42	0:02:02	0:03:51	0:00:41	0:08:16	0:08:08	0:00:46	0:08:16	0:31:46
6-V10JK	0:50:43	0:02:06	0:00:35	fehlt!	0:02:49	0:00:50	0:02:15	0:10:45	0:00:40	0:01:20	0:23:03
5-V14DK	0:53:20	0:01:42	0:00:25	0:01:15	0:03:42	0:00:23	0:02:18	0:07:40	0:00:35	0:07:20	0:32:50
3-V15SB	1:04:50	0:03:34	0:01:11	0:02:46	0:03:40	0:00:49	0:03:44	0:16:08	0:01:34	0:03:29	0:28:19
1-V16KM	0:52:11	0:03:21	0:00:34	0:02:09	0:03:08	0:00:42	0:02:42	0:11:16	0:00:44	0:06:56	0:24:35
6-V11LR	0:44:27	0:01:41	0:00:39	0:01:49	0:04:43	0:00:55	0:02:15	0:09:11	0:00:38	0:01:50	0:21:40

Tabelle 26: Vitalwerte der Versuchspersonen beim "Warm up"

Bertsch Matthias	03.10.1995 17:10	RR Sys.	RR Dia.	Puls	axiale Temp.	Fingertemp.
4-V01MB	vorher	110	80	66	36,4	29,6
4-V01MB	nach 3. Spiel	120	60	75	36,6	33,3
4-V01MB	nach Pause	110	80	66	36,0	30,9
4-V01MB	Ruhe MW $[(T1+T8)/2]$	110	80	66	36,2	30,3
4-V01MB	nderung nach Spiel (T6-T1)	10	-20	9	0,2	3,7
4-V01MB	Änderung nach Pause (T8-T6)	-10	20	-9	-0,6	-2,4
4-V01MB	Differenz Nach Spiel - Ruhe T6- $[(T1+T8)/2]$	10	-20	9	0,4	3,1
Mühlfellner Martin	03.10.1995 17:55	RR Sys.	RR Dia.	Puls	axiale Temp.	Fingertemp.
2-V02MM	vorher	160	110	72	36,4	33,4
2-V02MM	nach 3. Spiel	145	95	63	36,9	32,5
2-V02MM	nach Pause(fehlt->**wie vorher)	160	110	72	36,4	33,4
2-V02MM	Ruhe MW $[(T1+T8)/2]$	160	110	72	36,4	33,4
2-V02MM	nderung nach Spiel (T6-T1)	-15	-15	-9	0,5	-0,9
2-V02MM	Änderung nach Pause (T8-T6)	15	15	9	-0,5	0,9
2-V02MM	Differenz Nach Spiel - Ruhe T6- $[(T1+T8)/2]$	-15	-15	-9	0,5	-0,9
Gruber Andreas	03.10.1995 18:30	RR Sys.	RR Dia.	Puls	axiale Temp.	Fingertemp.
2-V03AG	vorher	140	80	60	36,7	28,5
2-V03AG	nach 3. Spiel	160	90	63	36,7	31,4
2-V03AG	nach Pause	140	90	69	36,6	34,1
2-V03AG	Ruhe MW $[(T1+T8)/2]$	140	85	65	36,7	31,3
2-V03AG	nderung nach Spiel (T6-T1)	20	10	3	0,0	2,9
2-V03AG	Änderung nach Pause (T8-T6)	-20	0	6	-0,1	2,7
2-V03AG	Differenz Nach Spiel - Ruhe T6- $[(T1+T8)/2]$	20	5	-2	0,0	0,1
Buchinger Ernst	10.10.1995 17:10	RR Sys.	RR Dia.	Puls	axiale Temp.	Fingertemp.
5-V04EB	vorher	145	80	78	37,2	31,8
5-V04EB	nach 3. Spiel	155	90	90	37,5	34,1
5-V04EB	nach Pause	130	75	72	37,1	33,4
5-V04EB	Ruhe MW $[(T1+T8)/2]$	138	78	75	37,2	32,6
5-V04EB	nderung nach Spiel (T6-T1)	10	10	12	0,3	2,3
5-V04EB	Änderung nach Pause (T8-T6)	-25	-15	-18	-0,4	-0,7
5-V04EB	Differenz Nach Spiel - Ruhe T6- $[(T1+T8)/2]$	18	13	15	0,3	1,5
Raab Lorenz	10.10.1995 17:50	RR Sys.	RR Dia.	Puls	axiale Temp.	Fingertemp.
3-V05LR	vorher	105	80	81	36,5	32,3
3-V05LR	nach 3. Spiel	95	60	81	36,8	33,6
3-V05LR	nach Pause	105	75	72	36,6	31,7
3-V05LR	Ruhe MW $[(T1+T8)/2]$	105	78	77	36,6	32,0
3-V05LR	nderung nach Spiel (T6-T1)	-10	-20	0	0,3	1,3
3-V05LR	Änderung nach Pause (T8-T6)	10	15	-9	-0,2	-1,9
3-V05LR	Differenz Nach Spiel - Ruhe T6- $[(T1+T8)/2]$	-10	-18	5	0,3	1,6

Weber Martin	17.10.1995 16:40	RR Sys.	RR Dia.	Puls	axiale Temp.	Fingertemp.
3-V06MW	vorher	135	95	81	36,4	31,2
3-V06MW	nach 3. Spiel	135	85	78	36,5	32,3
3-V06MW	nach Pause	125	85	78	36,4	32,3
3-V06MW	Ruhe MW $[(T1+T8)/2]$	130	90	80	36,4	31,8
3-V06MW	nderung nach Spiel (T6-T1)	0	-10	-3	0,1	1,1
3-V06MW	Änderung nach Pause (T8-T6)	-10	0	0	-0,1	0,0
3-V06MW	Differenz Nach Spiel - Ruhe T6- $[(T1+T8)/2]$	5	-5	-2	0,1	0,5
Tinsubin Günther	17.10.1995 17:30	RR Sys.	RR Dia.	Puls	axiale Temp.	Fingertemp.
1-V07GT	vorher	130	85	66	36,3	27,0
1-V07GT	nach 3. Spiel	125	90	66	36,3	32,0
1-V07GT	nach Pause	125	85	69	35,7	30,9
1-V07GT	Ruhe MW $[(T1+T8)/2]$	128	85	68	36,0	29,0
1-V07GT	nderung nach Spiel (T6-T1)	-5	5	0	0,0	5,0
1-V07GT	Änderung nach Pause (T8-T6)	0	-5	3	-0,6	-1,1
1-V07GT	Differenz Nach Spiel - Ruhe T6- $[(T1+T8)/2]$	-3	5	-2	0,3	3,1
Fritsch Geraldine	17.10.1995 17:30	RR Sys.	RR Dia.	Puls	axiale Temp.	Fingertemp.
6-V08GF	vorher	115	70	75	36,9	31,8
6-V08GF	nach 3. Spiel	110	65	69	36,5	33,5
6-V08GF	nach Pause	110	65	63	36,7	30,7
6-V08GF	Ruhe MW $[(T1+T8)/2]$	113	68	69	36,8	31,3
6-V08GF	nderung nach Spiel (T6-T1)	-5	-5	-6	-0,4	1,7
6-V08GF	Änderung nach Pause (T8-T6)	0	0	-6	0,2	-2,8
6-V08GF	Differenz Nach Spiel - Ruhe T6- $[(T1+T8)/2]$	-3	-3	0	-0,3	2,3
Leszkovics Lucia	19.10.1995 16:20	RR Sys.	RR Dia.	Puls	axiale Temp.	Fingertemp.
5-V09LL	vorher	125	70	81	36,5	23,2
5-V09LL	nach 3. Spiel	115	60	81	36,4	24,3
5-V09LL	nach Pause	105	55	72	36,2	25,4
5-V09LL	Ruhe MW $[(T1+T8)/2]$	115	63	77	36,4	24,3
5-V09LL	nderung nach Spiel (T6-T1)	-10	-10	0	-0,1	1,1
5-V09LL	Änderung nach Pause (T8-T6)	-10	-5	-9	-0,2	1,1
5-V09LL	Differenz Nach Spiel - Ruhe T6- $[(T1+T8)/2]$	0	-3	5	0,0	0,0
Kaiser Julia	19.10.1995 17:05	RR Sys.	RR Dia.	Puls	axiale Temp.	Fingertemp.
6-V10JK	vorher	110	70	84	36,9	24,7
6-V10JK	nach 3. Spiel	110	75	93	36,8	32,8
6-V10JK	nach Pause	95	70	84	35,9	29,0
6-V10JK	Ruhe MW $[(T1+T8)/2]$	103	70	84	36,4	26,9
6-V10JK	nderung nach Spiel (T6-T1)	0	5	9	-0,1	8,1
6-V10JK	Änderung nach Pause (T8-T6)	-15	-5	-9	-0,9	-3,8
6-V10JK	Differenz Nach Spiel - Ruhe T6- $[(T1+T8)/2]$	8	5	9	0,4	6,0

Rodharth Lukas	19.10.1995 17:35	RR Sys.	RR Dia.	Puls	axiale Temp.	Fingertemp.
6-V11LR	vorher	110	70	75	35,9	29,1
6-V11LR	nach 3. Spiel	110	75	81	35,9	34,2
6-V11LR	nach Pause	100	70	75	35,5	31,6
6-V11LR	Ruhe MW $[(T1+T8)/2]$	105	70	75	35,7	30,4
6-V11LR	nderung nach Spiel (T6-T1)	0	5	6	0,0	5,1
6-V11LR	Änderung nach Pause (T8-T6)	-10	-5	-6	-0,4	-2,6
6-V11LR	Differenz Nach Spiel - Ruhe T6- $[(T1+T8)/2]$	5	5	6	0,2	3,9
Hofbauer Josef	19.10.1995 17:50	RR Sys.	RR Dia.	Puls	axiale Temp.	Fingertemp.
1-V12JH	vorher	120	85	69	35,9	32,1
1-V12JH	nach 3. Spiel	120	95	66	36,4	31,5
1-V12JH	nach Pause	125	80	63	35,6	31,7
1-V12JH	Ruhe MW $[(T1+T8)/2]$	123	83	66	35,8	31,9
1-V12JH	nderung nach Spiel (T6-T1)	0	10	-3	0,5	-0,6
1-V12JH	Änderung nach Pause (T8-T6)	5	-15	-3	-0,8	0,2
1-V12JH	Differenz Nach Spiel - Ruhe T6- $[(T1+T8)/2]$	-3	13	0	0,6	-0,4
Budie Bernhard	19.10.1995 18:30	RR Sys.	RR Dia.	Puls	axiale Temp.	Fingertemp.
4-V13BB	vorher	120	75	75	36,7	31,6
4-V13BB	nach 3. Spiel	130	75	87	36,9	32,3
4-V13BB	nach Pause	125	80	75	35,9	32,3
4-V13BB	Ruhe MW $[(T1+T8)/2]$	123	78	75	36,3	32,0
4-V13BB	nderung nach Spiel (T6-T1)	10	0	12	0,2	0,7
4-V13BB	Änderung nach Pause (T8-T6)	-5	5	-12	-1,0	0,0
4-V13BB	Differenz Nach Spiel - Ruhe T6- $[(T1+T8)/2]$	8	-3	12	0,6	0,3
Daniel Kuppelwieser	19.10.1995 18:30	RR Sys.	RR Dia.	Puls	axiale Temp.	Fingertemp.
5-V14DK	vorher	135	80	69	36,9	27,4
5-V14DK	nach 3. Spiel	115	75	66	37,0	24,9
5-V14DK	nach Pause	115	70	63	36,8	28,9
5-V14DK	Ruhe MW $[(T1+T8)/2]$	125	75	66	36,9	28,2
5-V14DK	nderung nach Spiel (T6-T1)	-20	-5	-3	0,1	-2,5
5-V14DK	Änderung nach Pause (T8-T6)	0	-5	-3	-0,2	4,0
5-V14DK	Differenz Nach Spiel - Ruhe T6- $[(T1+T8)/2]$	-10	0	0	0,2	-3,3
Stefan Brugger	19.10.1995 18:30	RR Sys.	RR Dia.	Puls	axiale Temp.	Fingertemp.
3-V15SB	vorher	140	105	72	36,6	30,8
3-V15SB	nach 3. Spiel	155	120	90	37,0	33,2
3-V15SB	nach Pause	145	105	78	36,5	30,5
3-V15SB	Ruhe MW $[(T1+T8)/2]$	143	105	75	36,6	30,7
3-V15SB	nderung nach Spiel (T6-T1)	15	15	18	0,4	2,4
3-V15SB	Änderung nach Pause (T8-T6)	-10	-15	-12	-0,5	-2,7
3-V15SB	Differenz Nach Spiel - Ruhe T6- $[(T1+T8)/2]$	13	15	15	0,5	2,6
Konrad Monsberger	19.10.1995 18:30	RR Sys.	RR Dia.	Puls	axiale Temp.	Fingertemp.
1-V16KM	vorher	120	90	81	36,3	32,7
1-V16KM	nach 3. Spiel	105	85	72	36,1	30,6
1-V16KM	nach Pause	115	90	75	36,2	31,0
1-V16KM	Ruhe MW $[(T1+T8)/2]$	118	90	78	36,3	31,9
1-V16KM	nderung nach Spiel (T6-T1)	-15	-5	-9	-0,2	-2,1
1-V16KM	Änderung nach Pause (T8-T6)	10	5	3	0,1	0,4

Tabelle 27: Vitalwert-Berechnungen

Differenz nach Pause (T8-T6)	RR sys.	RR dia.	Puls- frequenz	axiale Temp.	Finger- temp.
1-V07GT	0	-5	3,0	-0,6	-1,1
1-V12JH	5	-15	-3,0	-0,8	0,2
1-V16KM	10	5	3,0	0,1	0,4
2-V02MM	15	15	9,0	-0,5	0,9
2-V03AG	-20	0	6,0	-0,1	2,7
3-V05LR	10	15	-9,0	-0,2	-1,9
3-V06MW	-10	0	0,0	-0,1	0,0
3-V15SB	-10	-15	-12,0	-0,5	-2,7
4-V01MB	-10	20	-9,0	-0,6	-2,4
4-V13BB	-5	5	-12,0	-1,0	0,0
5-V04EB	-25	-15	-18,0	-0,4	-0,7
5-V09LL	-10	-5	-9,0	-0,2	1,1
5-V14DK	0	-5	-3,0	-0,2	4,0
6-V08GF	0	0	-6,0	0,2	-2,8
6-V10JK	-15	-5	-9,0	-0,9	-3,8
6-V11LR	-10	-5	-6,0	-0,4	-2,6
Differenz nach Pause (T8-T6)	RR sys.	RR dia.	Puls- frequenz	axiale Temp.	Finger- temp.
Profis (Mittelwert)	2	0	3,6	-0,4	0,6
Profis (St.abw.)	14	11	4,4	0,4	1,4
Studenten (Mittelwert)	-5	5	-8,4	-0,5	-1,4
Studenten (St.abw.)	9	14	4,9	0,4	1,3
Schüler (Mittelwert)	-10	-6	-9,0	-0,3	-0,4
Schüler (St.abw.)	11	5	5,6	0,4	3,1
Alle (Mittelwert)	-4	-0	-4,6	-0,4	-0,4
Alle (St.abw.)	11	11	7,6	0,4	2,1

Differenz T6-[(T1+T8)/2]	RR sys.	RR dia.	Puls- frequenz	axiale Temp.	Finger- temp.
1-V07GT	-3	5	-1,5	0,3	3,1
1-V12JH	-3	13	0,0	0,6	-0,4
1-V16KM	-13	-5	-6,0	-0,1	-1,3
2-V02MM	-15	-15	-9,0	0,5	-0,9
2-V03AG	20	5	-1,5	0,0	0,1
3-V05LR	-10	-18	4,5	0,3	1,6
3-V06MW	5	-5	-1,5	0,1	0,5
3-V15SB	13	15	15,0	0,5	2,6
4-V01MB	10	-20	9,0	0,4	3,1
4-V13BB	8	-3	12,0	0,6	0,3
5-V04EB	18	13	15,0	0,3	1,5
5-V09LL	0	-3	4,5	0,0	0,0
5-V14DK	-10	0	0,0	0,2	-3,3
6-V08GF	-3	-3	0,0	-0,3	2,3
6-V10JK	8	5	9,0	0,4	6,0
6-V11LR	5	5	6,0	0,2	3,9
Differenz T6-[(T1+T8)/2]	RR sys.	RR dia.	Puls- frequenz	axiale Temp.	Finger- temp.
Profis (Mittelwert)	-3	1	-3,6	0,3	0,1
Profis (St.abw.)	14	11	3,8	0,3	1,7
Studenten (Mittelwert)	5	-6	7,8	0,4	1,6
Studenten (St.abw.)	9	14	6,5	0,2	1,2
Schüler (Mittelwert)	3	3	5,7	0,1	1,3
Schüler (St.abw.)	10	6	6,4	0,3	3,4
Alle (Mittelwert)	2	-1	3,3	0,3	1,0
Alle (St.abw.)	11	11	7,4	0,3	2,2

8.5 Notenvorgaben für das "Warm up"

warm-up I (simple)

The image displays ten staves of musical notation for warm-up exercises, organized into three groups. The first group consists of three staves, each with two measures. The first measure of each staff is marked with a '0' and the second with a '1'. The second group consists of three staves, each with two measures. The first measure of each staff is marked with a '1/2' and the second with a '1/3'. The third group consists of three staves, each with two measures. The first measure of each staff is marked with a '0', the second with a '1', and the third with a '1/2'. The notation includes various musical symbols such as treble clefs, notes, rests, and bar lines.

Abb. 196: Notenvorgabe "Warm up" I

warm-up II (medium)

The musical score for "warm-up II (medium)" consists of 13 staves of music. The first four staves are melodic lines, each starting with a slur and a finger number (0, 1, 1/2, 1/3) above the first note. The fifth, sixth, and seventh staves are more complex, featuring slurs and sixteenth-note patterns. The eighth staff is a melodic line with a slur and a finger number (0) above the first note. The ninth, tenth, and eleventh staves are melodic lines, each starting with a slur and a finger number (1, 1/2, 1/3) above the first note. The twelfth and thirteenth staves are melodic lines, each starting with a slur and a finger number (0, 1) above the first note.

Abb. 197: Notenvorgabe "Warm up" II

8.6 Notenvorgaben für die AV-Studie

A) J.N. Hummel CONCERTO T. 65 *f*



B) J.N. Hummel CONCERTO T. 90 *p*



C) L.v. Beethoven LEONOREN-OUVERTÜRE Nr.2 Signal



D) Einzeltöne / Dynamik



E) Max. Dynamikumfang



F) G-Dur Sequenzen



G) Lippentriller



H) Swing $\text{♩} = \frac{3}{4}$



Abb. 198: Notenvorgabe "Intonations-Studie": Ziffer F.

8.7 Fragebogen zur AV-Studie

V.1.3b

Wissenschaftliche Leitung: Mag. Matthias Bertsch



Name : _____

(Mein Name darf und soll in wissenschaftlichen Arbeiten erwähnt werden. Alle weiteren persönlichen Daten dienen lediglich statistischen Zwecken und dürfen nicht veröffentlicht werden.)

Nein, Ich möchte anonym bleiben. Bitte verwenden Sie das Pseudonym: _____

Anschrift : _____ Telefon: _____

Geburtsdatum : ____/____/19____

Ich spiele derzeit in folgenden **Ensembles**, Orchestern oder Bands : _____

- Ich bin
- ☐ 1 = hauptberuflich Trompeter
 - ☐ 2 = nebenberuflich Trompeter mit professioneller Ausbildung
 - ☐ 3 = semiprofessionell aktiv oder ein fortgeschrittener Musikstudent
 - ☐ 4 = erfahrener Amateurmusiker oder ein Musikstudent in den ersten Semestern
 - ☐ 5 = Hobbytrompeter oder ein fortgeschrittener Schüler (Privat oder Musikschule)
 - ☐ 6 = Trompeten-Anfänger mit Grundkenntnissen

- ☐ A = im Symphonieorchester
- ☐ B = als Solist
- ☐ C = als Pädagoge
- ☐ D = im Ensemble (Band für Jazz oder U-Musik)
- ☐ E = in der Blasmusik, Musikverein

Spielerfahrung: Ich spiele seit _____ Jahren Trompete.

Meine **Repertoire** Erfahrung:

☐ ist vorwiegend klassische Musik ☐ ist vorwiegend Jazz / U-Musik
☐ umfasst beides im Verhältnis [Klassik ____:____Jazz]

Studium: Ich studiere oder habe Trompete an folgender Hochschule oder folgendem Konservatorium studiert:

Bezeichnung: _____ in (Ort/Land) _____ von/bis: _____

Lehrer : Meine Trompetenlehrer waren (bitte den /die Wichtigste(n) unterstreichen):

Herr/Frau _____ in (Ort) _____ von/bis: _____

Herr/Frau _____ in (Ort) _____ von/bis: _____

Herr/Frau _____ in (Ort) _____ von/bis: _____

Herr/Frau _____ in (Ort) _____ von/bis: _____

Instrument(e): Die B $\flat$ -Trompete, mit der ich heute spiele:

Firma - Modell - Typ - Baujahr - Seriennummer (Angaben für das BIAS ZERTIFIKAT)

Mein **Mundstück** ist ein:

Firma Typ Charakteristik (Rand / Kessel / Bohrung)

Einblasdauer: Normalerweise blase ich mich _____ Minuten ein .

8.8 Aufnahmeprotokoll zur AV - Studie



Spieler: _____

Kürzel: _____

Datum: _____ '97 Aufnahme Assistent: _____

BIAS-Messungen vorbereiten. (Kopffaktor, erste Messung zum initialisieren) - Video Tapes richten !

Geräte einschalten: Fostex, Zoom, Duke's Preamp auf +20dB (auch Phantomspeisung) Switchboard Kopfhörer (Hall) auf Maximum. Außenmikro.
Fernsehmotoren auf AV-ext; Referenz-Trompete Ölen ?

Video -Geräte Einstellungen Check:

Kamera A=gelb Tape

Tape Nr.: _____ Start:h:____m:____s:____ Stop:h:____m:____s:____

Kamera B=grün

Tape Nr.: _____ Start:h:____m:____s:____ Stop:h:____m:____s:____

☐ Focus einstellen - HOLD !

☐ Aufnahme (Record) Position / Licht ein

☐ Menu - Counter: TIME CODE !

☐ Kamera FOKUS auf Spielhöhe!

Audio -Geräte Einstellungen Check:

Mic 1=AKG C414

Mic 2= AKG C577 am Ohr

Mic 3= AKG C577 am C414

☐ Mic 1 und 3 sind 145cm hoch = 40cm von Ecke

☐ Mic 1 und 3 sind 220cm von Stürze

☐ Mic 1 Standard Einst. (Kugel, 0dB, 0Hz)

☐ Mic 2 ist ca. 15cm vom Ohr und 160cm hoch

Fostex Tape: _____ Spur [☐ 123] ----- ☐ Spur [567]

☐ Sirene aufgenommen Beginn: m:.....s:...../End: m:.....s:.....

Musiker: ☐ Fragebogen ausgefüllt ? Randwahl Referenz-Mundstück: G ☐ H ☐ C ☐ V ☐

Tasks mit eigenem Instrument: Beginn der Aufnahme: m:.....s:.....

- A) -- Hummel T. 65 f. Beginn1: _____ Beginn 2: _____ Beginn 3: _____ /Ende: _____
B) -- Hummel T.90 f. Beginn1: _____ Beginn 2: _____ Beginn 3: _____ /Ende: _____
C) -- Leonoren-Sigal Beginn1: _____ Beginn 2: _____ Beginn 3: _____ /Ende: _____
D) -- Einzeltöne p - f Beginn1: _____ Beginn 2: _____ Beginn 3: _____ /Ende: _____
E) -- max. Dynamik ppp-fff Beginn1: _____ Beginn 2: _____ Beginn 3: _____ /Ende: _____
F) -- G-Dur Sequenz Beginn1: _____ Beginn 2: _____ Beginn 3: _____ /Ende: _____
O) -- Oktavbindungen Beginn1: _____ Beginn 2: _____ Beginn 3: _____ /Ende: _____
G) -- Lippentriller Beginn1: _____ Beginn 2: _____ Beginn 3: _____ /Ende: _____
H) -- Swing Beginn1: _____ Beginn 2: _____ Beginn 3: _____ /Ende: _____

Tasks mit Referenz -Instrument (Referenz 2001 by Adaci): Beginn der Aufnahme: m:.....s:.....

- A) -- Hummel T. 65 f. Beginn1: _____ Beginn 2: _____ Beginn 3: _____ /Ende: _____
B) -- Hummel T.90 f. Beginn1: _____ Beginn 2: _____ Beginn 3: _____ /Ende: _____
C) -- Leonoren-Sigal Beginn1: _____ Beginn 2: _____ Beginn 3: _____ /Ende: _____
D) -- Einzeltöne p - f Beginn1: _____ Beginn 2: _____ Beginn 3: _____ /Ende: _____
E) -- max. Dynamik ppp-fff Beginn1: _____ Beginn 2: _____ Beginn 3: _____ /Ende: _____
F) -- G-Dur Sequenz Beginn1: _____ Beginn 2: _____ Beginn 3: _____ /Ende: _____
O) -- Oktavbindungen Beginn1: _____ Beginn 2: _____ Beginn 3: _____ /Ende: _____
G) -- Lippentriller Beginn1: _____ Beginn 2: _____ Beginn 3: _____ /Ende: _____
H) -- Swing Beginn1: _____ Beginn 2: _____ Beginn 3: _____ /Ende: _____

Ende der Aufnahmen: m:.....s:.....

Wie hat sich der Musiker / die Musikerin gefühlt ? Kopfhörer Hall angenehm ? Derzeitiges Ansatzgefühl ?

[Sehr gut]-[Ungewohnt aber OK]-[Nicht gut]-[k.A.]

BIAS: • Alle Messungen im Unterverzeichnis: C:\ALLEUSER\BERTSCH\BIASDATA\... abspeichern !
• Referenzinstrument messen (Kalibrierung testen)
• Instrument des Musikers messen (Hilfsgriffe notieren)

Anmerkungen: _____

8.9 Tabelle der gemittelten BIAS Intonationen

	BIAS - ungewichtet		BIAS - standardgewichtet	
	Alle Instr. ζ (n=36)	Referenz / G1 (n=1)	Alle Instr. ζ (n=36)	Referenz / G1 (n=1)
fis0	-50,6	-51	45,7	49
g0	-50,9	-51	26,2	31
gis0	-51,0	-51	4,7	6
a0	-46,2	-51	10,6	11
b0	-39,1	-49	2,1	3
h0	-29,3	-48	-9,3	-6
c1	-11,8	-35	-3,1	-1
cis1	41,6	31	47,0	51
d1	23,5	14	29,6	34
es1	5,5	-6	9,2	6
e1	10,0	2	14,0	7
f1	2,4	-4	4,4	3
fis1	-2,7	-12	-1,6	-9
g1	-1,9	-11	1,1	-2
gis1	2,7	-5	6,4	6
a1	9,4	8	12,1	8
b1	4,6	8	5,9	8
h1	0,3	1	0,3	1
c2	6,2	9	4,2	9
cis2	7,5	5	6,7	5
d2	4,7	3	2,2	4
es2	-3,5	-13	-4,4	-14
e2	0,5	-5	-1,4	-4
f2	16,7	17	16,9	17
fis2	8,1	8	8,0	7
g2	11,5	17	10,3	13
gis2	12,1	17	12,2	17
a2	20,7	22	20,6	22
b2	11,0	15	10,6	14
h2	-2,8	1	-2,9	2
c3	-6,1	4	-6,0	3
cis3	-1,4	1	-1,7	1
d3	-8,4	-5	-8,9	-4
es3	-18,8	-15	-19,5	-18
e3	-10,4	-9	-10,5	-9

Tab.28: Intonationsabweichungen von der gleichschwebend temperierten Stimmung in Cent laut BIAS Messungen. (Notiert; Standardgriffe).

8.10 Mensurverlauf der Referenztrompete (nach D. Sharp)

Tabelle. 29: Mensurverlaufdaten zur Referenztrompete.

Länge (cm)	Ø Mensur(mm)	Notiz	No.	Länge (cm)	Ø Mensur(mm)	Notiz	No.	Länge (cm)	Ø Mensur(mm)	Notiz	No.
-5,600		Mundstück-Beginn	*	35,773	11,480		104	73,580	11,852		214
0,000		Instrument-Beginn	*	36,117	11,496		105	73,924	11,894		215
0,028	10,476		*	36,460	11,522		106	74,267	11,898		216
0,372	10,478		1	36,804	11,536		107	74,611	11,910		217
0,715	10,484		2	37,148	11,526		108	74,955	11,940		218
1,059	10,452		3	37,491	11,516		109	75,298	11,984		219
1,403	10,376		4	37,835	11,518		110	75,642	12,014		220
1,747	10,286		5	38,179	11,544		111	75,986	12,022		221
2,090	10,218		6	38,522	11,572		112	76,329	12,010		222
2,434	10,156		7	38,866	11,580		113	76,673	12,012		223
2,778	10,036		8	39,210	11,572		114	77,017	12,020		224
3,121	9,816		9	39,554	11,562		115	77,361	12,042		225
3,465	9,530		10	39,897	11,552		116	77,704	12,070		226
3,809	9,286		11	40,241	11,542		117	78,048	12,088		227
4,152	9,174	Ende Mundstückschaft	12	40,585	11,530		118	78,392	12,096		228
4,496	9,204		13	40,928	11,522		119	78,735	12,094		229
4,840	9,324		14	41,272	11,522		120	79,079	12,094		230
5,184	9,470		15	41,616	11,522		121	79,423	12,108		231
5,527	9,596		16	41,959	11,516		122	79,766	12,128		232
5,871	9,700		17	42,303	11,510		123	80,110	12,174		233
6,215	9,794		18	42,647	11,504		124	80,454	12,226		234
6,558	9,876		19	42,991	11,502		125	80,798	12,278		235
6,902	9,946		20	43,334	11,502		126	81,141	12,324		236
7,246	10,000		21	43,678	11,504		127	81,485	12,372		237
7,589	10,052		22	44,022	11,502		128	81,829	12,428		238
7,933	10,110		23	44,365	11,492		129	82,172	12,486		239
8,277	10,176		24	44,709	11,480		130	82,516	12,540		240
8,621	10,242		25	45,053	11,480		131	82,860	12,590		241
8,964	10,302		26	45,396	11,496		132	83,203	12,634		242
9,308	10,352		27	45,740	11,536		133	83,547	12,672		243
9,652	10,402		28	46,084	11,590		134	83,891	12,728		244
9,995	10,456		29	46,428	11,630		135	84,235	12,776		245
10,339	10,524		30	46,771	11,640	unteres Stimmzugrohr	136	84,578	12,822		246
10,683	10,598		31	47,115	11,628	innen	137	84,922	12,872		247
11,026	10,672		32	47,459	11,614		138	85,266	12,930		248
11,370	10,740		33	47,802	11,618		139	85,609	12,994		249
11,714	10,802		34	48,146	11,630		140	85,953	13,056		250
12,058	10,866		35	48,490	11,638		141	86,297	13,096		251
12,401	10,942		36	48,833	11,632		142	86,640	13,136		252
12,745	11,028		37	49,177	11,616		143	86,984	13,172		253
13,089	11,110		38	49,521	11,606		144	87,328	13,222		254
13,432	11,188		39	49,865	11,604		145	87,672	13,288		255
13,776	11,256		40	50,208	11,612		146	88,015	13,358		256
14,120	11,320		41	50,552	11,624		147	88,359	13,418		257
14,463	11,376		42	50,896	11,628		148	88,703	13,476		258
14,807	11,412		43	51,239	11,628		149	89,046	13,526		259
15,151	11,430		44	51,583	11,626		150	89,390	13,584		260
15,495	11,440		45	51,927	11,624		151	89,734	13,632		261
15,838	11,444		46	52,270	11,624		152	90,077	13,670		262
16,182	11,452		47	52,614	11,630		153	90,421	13,702		263
16,526	11,452		48	52,958	11,628		154	90,765	13,736		264
16,869	11,446		49	53,302	11,636		155	91,109	13,788		265
17,213	11,440		50	53,645	11,644		156	91,452	13,858		266
17,557	11,442		51	53,989	11,648		157	91,796	13,938		267
17,900	11,450		52	54,333	11,642		158	92,140	14,014		268
18,244	11,454		53	54,676	11,624		159	92,483	14,100		269
18,588	11,454		54	55,020	11,624		160	92,827	14,182		270
18,932	11,456		55	55,364	11,652		161	93,171	14,270		271
19,275	11,466		56	55,707	11,674		162	93,514	14,362		272
19,619	11,472		57	56,051	11,674		163	93,858	14,456		273
19,963	11,478		58	56,395	11,656		164	94,202	14,568		274
20,306	11,486		59	56,739	11,680		165	94,546	14,680		275
20,650	11,512		60	57,082	11,790		166	94,889	14,788		276
20,994	11,556		61	57,426	11,952		167	95,233	14,898		277
21,337	11,604		62	57,770	12,054	Ventildurchgang Ventil 1	168	95,577	14,990		278
21,681	11,640		63	58,113	12,010		169	95,920	15,092		279
22,025	11,658		64	58,457	11,892		170	96,264	15,210		280
22,369	11,660	oberes Stimmzugrohr	65	58,801	11,856		171	96,608	15,330		281
22,712	11,664	Beginn	66	59,144	11,942		172	96,951	15,448		282
23,056	11,668		67	59,488	12,032	Ventildurchgang Ventil 2	173	97,295	15,550		283
23,400	11,674		68	59,832	11,974		174	97,639	15,662		284
23,743	11,674		69	60,176	11,778		175	97,983	15,784		285
24,087	11,666		70	60,519	11,614		176	98,326	15,892		286
24,431	11,664		71	60,863	11,606		177	98,670	16,002		287
24,774	11,672		72	61,207	11,714		178	99,014	16,108		288
25,118	11,684		73	61,550	11,804	Ventildurchgang Ventil 3	179	99,357	16,230		289
25,462	11,690		74	61,894	11,808		180	99,701	16,360		290
25,806	11,686		75	62,238	11,748		181	100,045	16,476		291
26,149	11,680		76	62,581	11,692		182	100,388	16,582		292
26,493	11,686		77	62,925	11,646		183	100,732	16,690		293
26,837	11,694		78	63,269	11,626		184	101,076	16,810		294
27,180	11,700		79	63,613	11,656		185	101,420	16,932		295
27,524	11,698		80	63,956	11,768		186	101,763	17,056		296
27,868	11,692		81	64,300	11,926		187	102,107	17,178		297
28,211	11,690		82	64,644	12,020		188	102,451	17,304		298
28,555	11,690		83	64,987	11,970		189	102,794	17,436		299
28,899	11,684		84	65,331	11,834		190	103,138	17,578		300
29,243	11,678		85	65,675	11,726		191	103,482	17,726		301
29,586	11,674		86	66,018	11,690		192	103,825	17,870		302
29,930	11,678		87	66,362	11,682		193	104,169	18,008		303
30,274	11,690		88	66,706	11,660		194	104,513	18,158		304
30,617	11,690		89	67,050	11,632		195	104,857	18,308		305
30,961	11,670		90	67,393	11,636		196	105,200	18,464		306
31,305	11,628		91	67,737	11,666		197	105,544	18,604		307
31,648	11,582		92	68,081	11,688		198	105,888	18,736		308
31,992	11,546		93	68,424	11,680		199	106,231	18,876		309
32,336	11,524		94	68,768	11,654		200	106,575	19,022		310
32,680	11,514		95	69,112	11,644		201	106,919	19,184		311
33,023	11,508		96	69,455	11,650		202	107,262	19,352		312
33,367	11,506		97	69,799	11,660		203	107,606	19,508		313
33,711	11,508		98	70,143	11,658		204	107,950	19,664		314
34,054	11,510		99	70,487	11,640		205	108,294	19,830		315
34,398	11,508		100	70,830	11,636		206	108,637	20,008		316
34,742	11,502		101	71,174	11,654		207	*	*	*	*
35,085	11,488	Stimmzug-Biegung	102	71,518	11,672		208	*	*	*	*
35,429	11,478	Beginn	103	71,861	11,670		209	*		Im Schalltrichterbereich	
"Bore Reconstruction" Daten nach "RECONS2-file" von Dr. David Sharp (Nov. 1997)				72,205	11,644		210	*		ist Bore-Reconstruction	
				72,549	11,644		211	*		Modell ungültig	
				72,892	11,690		212	*	*	*	*
				73,236	11,774		213	125,600	128,000	Schalltrichter Ende	*

8.11 Angaben zur "Audio Recording Hardware"

Fostex® RD-8 Technical Specifications	
Transport	
Recording Format:	ADAT
Heads:	4 (2 Read/2 Write, Read before Write)
Tape:	S-VHS, T-120
Recording Time:	40 Minutes
Fast Wind Time:	120 Seconds Unwrapped 240 Seconds Wrapped
Shuttle Speed:	Play-3x
Audio	
Number of Tracks:	8 plus Timecode
Audio Conversion:	
A/D Conversion:	16 bit Delta Σ , 64x Oversampling
D/A Conversion:	18 bit
Sample Rate:	44.1/48kHz, Selectable
Pitch Control:	$\pm 6.0\%$
Frequency Response:	20Hz-20kHz, $\pm 0.5\text{dB}$
Dynamic Range:	92dB
Distortion:	0.009% THD
Channel Crosstalk:	90dB @ 1kHz
Wow and Flutter:	Unmeasurable
Reference Level:	-15dB
Analogue I/O:	
Input (DB25):	+4dBu/10k Ω (Balanced)
Input (RCA Jack):	-10dBV/10k Ω (Unbalanced)
Output (DB25):	+4dBu/600 Ω (Balanced)
Output (RCA Jack):	-10dBV/10k Ω (Unbalanced)
Digital I/O:	2 EIA Optical Fiber Jack, ADAT 8-Channel Serial Communication Protocol
Time Code	
Time Code I/O (SMPTE/EBU):	
Input (XLR):	3.0V p-p (Balanced)
Output (XLR):	2.4V p-p (Balanced)
MTC-Out	MIDI Standard
Sync	
Sync I/O:	x2, DB9 (Sync In and Out) Automatic Master/Slave Syncing up to 16 machines (128 Tracks)
Video	
Video In:	0.5V-2.5V p-p/10k Ω , BNC with 75 Ω termination
Word In/Out:	Two BNC (TTL Level)
Data Communication:	RS-422A (DB9) MIDI Machine Control (MMC)
General	
Power Requirements:	100V-240V, 50/60Hz
Power Consumption:	50W
Dimensions (W x H x D):	482 x 132 x 355mm 19 x 5 1/4 x 14 ins.
Weight:	9 kg 20 lbs.

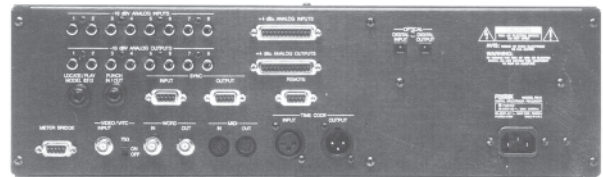


Abb. 199: Technische Spezifikationen der Fostex RD8 Rekorders nach Angaben des Herstellers.

1212I/O PCI MULTI CHANNEL AUDIO INTERFACE (SoundLink DRS)

SPECIFICATIONS:

- *Sample Rates: 44.1 kHz, 48 kHz, external clock.
- *Analog Inputs: 20-bit Enhanced dual bit Delta Sigma.
- *Analog Outputs: 18-bit linear.
- *Frequency Response: 20Hz - 20kHz +0dB, -0.6dB.
- *S/N Ratio (A weighted): Input=91dB, Output=93dB.

- *Dynamic Range: Input = 94dB, Output = 98dB.
- *THD+N @ 1kHz (A weighted): Input=0.005%, Output=0.007%.
- *Input Impedance: 1 M ohm. *Output impedance: 50 ohm.
- *Headroom: 12dB, Measured in accordance with FCC class 15 Part A.
- *Card Specifications: PCI revision 2.1 compliant, full length, installable in any PCI-equipped, MacOS - compatible computer.
- *PCI Power Consumption: +5V = 1.75 watts, +12V = 1.2 watts, -12V = 0.6 watts.
- *Current software uses 16 bits for analog i/o



Abb. 200: Audio-Interface Karte die zum Harddiskrecording verwendet wurde.

8.12 Zu den Versuchspersonen der "AV-Studie"

Angaben zu den Trompetern und ihren Instrumenten

Vor der Durchführung der Aufnahmen haben die Versuchspersonen Angaben zur ihrer Person sowie zu ihrem Instrument gemacht. Auf den nachfolgenden Seiten ist eine Zusammenfassung ihrer eigenen Angaben, sowie ein Video-Schnappschuß von jedem Spieler mit seinem eigenen Instrument wiedergegeben.

Die Bilder zeigen den Ansatz der Spieler im Moment der Tonerzeugung des Tons c2 während der Lippenbindung c2-e2. Die Reihenfolge der Spieler entspricht der Chronologie der Aufnahme-daten.

Die nachfolgend wiedergegebene Informationen wurden den Versuchspersonen mit der Bitte um Erlaubnis und für eventuelle Korrekturen übermittelt. Allen Trompetern sei an dieser Stelle erneut Dank für Ihre Unterstützung ausgesprochen.

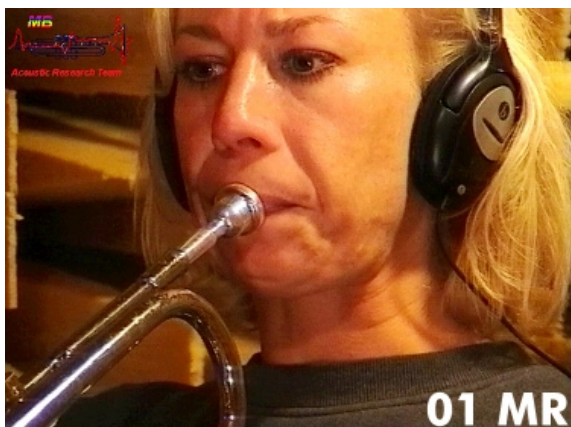


Abb. 201

M01MR

Michaela Rabitsch

Jahrgang: 1963

Jahre an Spielerfahrung: 10

Status: Semi-Professionelle Trompeterin (PROFI) [2]

Erfahrungen: als Pädagogin, in Ensembles, als Solistin

Mitgewirkt bei: Sophisticated Ladies, Just for Funk, M. Rabitsch Quartett, Big Band der Universität Wien

Repertoire: 0% Klassik
100% Jazz oder Popular-Musik

Ausbildung

Hauptlehrer: Handlbauer, Neuhofen.

Weitere oder frühere Trompetenlehrer: Tuscher, Jensen (Linz) Paschinger (Wien)

Eigenes Instrument: I01

Erzeuger (und Type): Conn Connstellation

Mundstück: JBS tp 0

Ventiltyp: Pumpventile [Périnet]

Aufnahme und BIAS-Messungen am: 19.09.96.

Aufgenommen auf Fostex S-VHS Tape Nr.: MB1 (Sp.123) mit der Samplingfrequenz: 48000

Video-Dokumentation frontal auf Hi8 Tape Nr.: 4 (0:40:00) und seitlich auf Tape Nr.: 5

Stand: 19.09.96



Abb. 202

M02MB

Matthias Bertsch

Jahrgang: 1966

Jahre an Spielerfahrung: 22

Status: Amateur-Trompeter (AMATEUR) [4]

Erfahrungen: in Ensembles, Orchester, Blasmusik

Mitgewirkt bei: Big Band der Universität Wien, Stabsmusikkorps der Bundeswehr, Vienna Gospel Project, Wiener Akademische Philharmonie, Brasso Continuo

Repertoire: 60% Klassik
40% Jazz oder Popular-Musik

Ausbildung

Hauptlehrer: Stoppacher, Wien.

Weitere oder frühere Trompetenlehrer: Ottlakan, Matousek (Bühl, BRD)

Eigenes Instrument: I02

Erzeuger (und Type): Bach Stradivarius ML 72

Mundstück: Tilz 3DE

Ventiltyp: Pumpventile [Périnet]

Aufnahme und BIAS-Messungen am: 24.10.96.

Aufgenommen auf Fostex S-VHS Tape Nr.: MB1 (Sp.123) mit der Samplingfrequenz: 48000

Video-Dokumentation frontal auf Hi8 Tape Nr.: 4 und seitlich auf Tape Nr.: 5

Stand: 05.03.98



Abb. 203

M03NW

Nora Wurzingner

Jahrgang: 1958

Jahre an Spielerfahrung: 24

Status: Amateur Trompeterin (AMATEUR) [4]

Erfahrungen: in Ensembles

Mitgewirkt bei: Vienna Gospel Project, Brasso Continuo

Repertoire: 100% Klassik
0% Jazz oder Popular-Musik

Ausbildung

Hauptlehrer: Baldauf, Graz.

Weitere oder frühere Trompetenlehrer: Kindler, Graz

Eigenes Instrument: I03

Erzeuger (und Type): Lechner

Mundstück: Breslmair G2

Ventiltyp: Drehventile [ROTARY]

Aufnahme und BIAS-Messungen am: 02.11.96.

Aufgenommen auf Fostex S-VHS Tape Nr.: MB1 (Sp.123)
mit der Samplingfrequenz: 48000

Video-Dokumentation frontal auf Hi8 Tape Nr.: 4 und seitlich auf Tape Nr.: 5

Stand: 02.11.96



Abb. 204

M04ES

Eva-Maria Schlander

Jahrgang: 1976

Jahre an Spielerfahrung: 12

Status: Fortgeschrittene Studentin der Trompete (STUDENT) [3]

Erfahrungen: als Solistin

Mitgewirkt bei: keine Angabe

Repertoire: 100% Klassik
0% Jazz oder Popular-Musik

Ausbildung

Hauptlehrerin: Reinhart, Wien.

Eigenes Instrument: I04

Erzeuger (und Type): Yamaha Custom (Wr. Modell)

Mundstück: Bach 7c

Ventiltyp: Drehventile [ROTARY]

Aufnahme und BIAS-Messungen am: 06.11.96.

Aufgenommen auf Fostex S-VHS Tape Nr.: MB2 (Sp.123)
mit der Samplingfrequenz: 48000

Video-Dokumentation frontal auf Hi8 Tape Nr.: 4 und seitlich auf Tape Nr.: 5

Stand: 06.11.96



Abb. 205

M05TG

Thomas Gansch

Jahrgang: 1975

Jahre an Spielerfahrung: 12

Status: Fortgeschrittener Student der Trompete (STUDENT) [3]

Erfahrungen: im Orchester, in Ensembles

Mitgewirkt bei: Wr. Staats- und Volksopernorch., ORF-Orchester, Pro Brass, Alhambra, NÖ Tonkünstlerorchester,

Repertoire: 50% Klassik
50% Jazz oder Popular-Musik

Ausbildung

Hauptlehrer: Holler, Wien.

Weitere oder frühere Trompetenlehrer: Pomberger (Wien) Gansch (Melk)

Eigenes Instrument: I05

Erzeuger (und Type): Lechner

Mundstück: Breslmair E4/G2/W

Ventiltyp: Drehventile [ROTARY]

Aufnahme und BIAS-Messungen am: 12.11.96.

Aufgenommen auf Fostex S-VHS Tape Nr.: MB2 (Sp.123) mit der Samplingfrequenz: 48000

Video-Dokumentation frontal auf Hi8 Tape Nr.: 4 und seitlich auf Tape Nr.: 5

Stand: 12.11.96

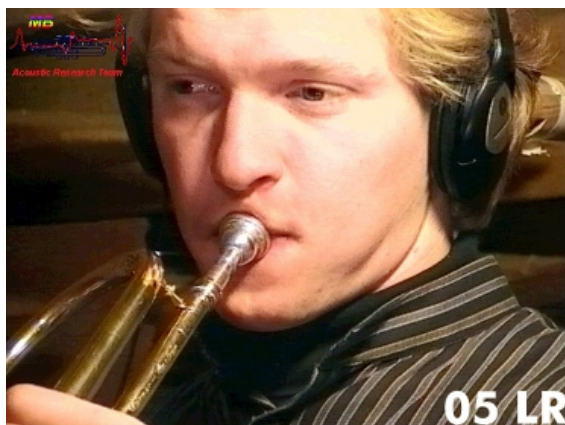


Abb. 206

M06LR

Lorenz Raab

Jahrgang: 1975

Jahre an Spielerfahrung: 13

Status: Fortgeschrittener Student der Trompete (STUDENT) [3]

Erfahrungen: im Orchester, in Ensembles

Mitgewirkt bei: keine Angabe

Repertoire: 50% Klassik
50% Jazz oder Popular-Musik

Ausbildung

Hauptlehrer: Holler, Wien.

Weitere oder frühere Trompetenlehrer: Wagnermeyer (Schärding)

Eigenes Instrument: I06

Erzeuger (und Type): Kürner B-30 1994

Mundstück: Breslmair E4/G2/S

Ventiltyp: Drehventile [ROTARY]

Aufnahme und BIAS-Messungen am: 12.11.96.

Aufgenommen auf Fostex S-VHS Tape Nr.: MB2 (Sp.123) mit der Samplingfrequenz: 48000

Video-Dokumentation frontal auf Hi8 Tape Nr.: 6 und seitlich auf Tape Nr.: 7

Stand: 12.11.96



Abb. 207

M07SB

Stefan Brugger

Jahrgang: 1966

Jahre an Spielerfahrung: 22

Status: Amateur-Trompeter
(AMATEUR) [4]

Erfahrungen: im Orchester, in Ensembles, Blas-
musik

Mitgewirkt bei: Wiener Akademische Philharmo-
nie, Big Band der Universität Wien, Big Band
Intich

Repertoire: 40% Klassik
60% Jazz oder Popular-Musik

Ausbildung

Hauptlehrer: Pramstaller, Bruneck.

Eigenes Instrument: I07

Erzeuger (und Type): Bach Stradivarius MLV 72

Mundstück: Denis Wick 4B

Ventiltyp: Pumpventile [Périnet]

Aufnahme und BIAS-Messungen am: 13.11.96.

Aufgenommen auf Fostex S-VHS Tape Nr.: MB2 (Sp.123)
mit der Samplingfrequenz: 48000

Video-Dokumentation frontal auf Hi8 Tape Nr.: 6 und seit-
lich auf Tape Nr.: 7

Stand: 13.11.96



Abb. 208

M08MM

Martin Mühlfellner

Jahrgang: 1972

Jahre an Spielerfahrung: 20

Status: Professioneller Trompeter (PROFI) [1]
Erfahrungen: im Orchester

Mitgewirkt bei: Bühnenorchester der Österr.
Bundestheater, Wiener Philharmoniker

Repertoire: 100% Klassik
0% Jazz oder Popular-Musik

Ausbildung

Hauptlehrer: Pomberger, Wien.

Weitere oder frühere Trompetenlehrer: Krammer,
Mühlfellner (Salzburg)

Eigenes Instrument: I08

Erzeuger (und Type): Lechner

Mundstück: Breslmair G2

Ventiltyp: Drehventile [ROTARY]

Aufnahme und BIAS-Messungen am: 13.11.96.

Aufgenommen auf Fostex S-VHS Tape Nr.: MB3 (Sp.123)
mit der Samplingfrequenz: 48000

Video-Dokumentation frontal auf Hi8 Tape Nr.: 6 und seit-
lich auf Tape Nr.: 7

Stand: 13.11.96



Abb. 209

M09JH

Josef Hofbauer

Jahrgang: 1966

Jahre an Spielerfahrung: 18

Status: Professioneller Trompeter (PROFI) [1]

Erfahrungen: als Solist, als Pädagoge, in Ensembles

Mitgewirkt bei: Broadway Band

Repertoire: 67% Klassik
33% Jazz oder Popular-Musik

Ausbildung

Hauptlehrer: Reinhart, Wien.

Weitere oder frühere Trompetenlehrer: André (Kurs)

Eigenes Instrument: I09

Erzeuger (und Type): Stomvi MA Elite + Goldstürze

Mundstück: Denis Wick 3

Ventiltyp: Pumpventile [Périnet]

Aufnahme und BIAS-Messungen am: 14.11.96.

Aufgenommen auf Fostex S-VHS Tape Nr.: MB3 (Sp.123) mit der Samplingfrequenz: 48000

Video-Dokumentation frontal auf Hi8 Tape Nr.: 6 (1:01:39) und seitlich auf Tape Nr.: 7 (0:01:09)

Stand: 14.11.96



Abb. 210

M10RP

Rhonda Porter

Jahrgang: 1968

Jahre an Spielerfahrung: 13

Status: Fortgeschrittene Studentin der Trompete (STUDENT) [3]

Erfahrungen: als Pädagoge, in Ensembles

Mitgewirkt bei: keine Angabe

Repertoire: 100% Klassik
0% Jazz oder Popular-Musik

Ausbildung

Hauptlehrer: Holler, Wien.

Weitere oder frühere Trompetenlehrer: Couch, Pasquerelli (USA)

Eigenes Instrument: I10

Erzeuger (und Type): Lechner

Mundstück: Breslmair G2/Bach Rand

Ventiltyp: Drehventile [ROTARY]

Aufnahme und BIAS-Messungen am: 04.12.96.

Aufgenommen auf Fostex S-VHS Tape Nr.: MB3 (Sp.123) mit der Samplingfrequenz: 48000

Video-Dokumentation frontal auf Hi8 Tape Nr.: 6 und seitlich auf Tape Nr.: 7

Stand: 04.12.96



Abb. 211

M11RR

Rudolf Ringer

Jahrgang: 1974

Jahre an Spielerfahrung: 10

Status: Fortgeschrittener Student der Trompeter (STUDENT) [3]

Erfahrungen: als Solist, als Pädagoge, Blasmusik

Mitgewirkt bei: keine Angabe

Repertoire: 100% Klassik
0% Jazz oder Popular-Musik

Ausbildung

Hauptlehrer: Holler, Wien.

Eigenes Instrument: I11

Erzeuger (und Type): Weber (Wr. Modell) 1993

Mundstück: Breslmair G3

Ventiltyp: Drehventile [ROTARY]

Aufnahme und BIAS-Messungen am: 04.12.96.

Aufgenommen auf Fostex S-VHS Tape Nr.: MB3, MB4 (Sp. 123) mit der Samplingfrequenz: 48000, 441
Video-Dokumentation frontal auf Hi8 Tape Nr.: 6, 12
seitlich auf Tape Nr.: 7, 13

Stand: 04.12.96



Abb. 212

M12AG

Andreas Gruber

Jahrgang: 1974

Jahre an Spielerfahrung: 12

Status: Professioneller Trompeter (PROFI) [1]

Erfahrungen: im Orchester

Mitgewirkt bei: Wiener Symphoniker

Repertoire: 100% Klassik
0% Jazz oder Popular-Musik

Ausbildung

Hauptlehrer: Pomberger, Wien.

Weitere oder frühere Trompetenlehrer:
Groza, Reinhold (Maria Alm)

Eigenes Instrument: I12

Erzeuger (und Type): Lechner (Modell der Wr. Philharmoniker) Bj. 1992

Mundstück: Breslmair G2/Bach Rand

Ventiltyp: Drehventile [ROTARY]

Aufnahme und BIAS-Messungen am: 06.12.96.

Aufgenommen auf Fostex S-VHS Tape Nr.: MB4 (Sp. 123)
mit der Samplingfrequenz: 44100
Video-Dokumentation frontal auf Hi8 Tape Nr.: 12 (0:06:00)
und seitlich auf Tape Nr.: 13 (0:06:00)

Stand: 06.12.96



Abb. 213

M13FB

Franz Berger

Jahrgang: 1960

Jahre an Spielerfahrung: 23

Status: Professioneller Trompeter (PROFI) [1]

Erfahrungen: im Orchester

Mitgewirkt bei: Volksope norchester

Repertoire: 100% Klassik
0% Jazz oder Popular-Musik

Ausbildung

Hauptlehrer: Pöttler, Wr. Neustadt.

Eigenes Instrument: I13

Erzeuger (und Type): Weber (Modell Berger) 1996

Mundstück: Breslmair GW1

Ventiltyp: Drehventile [ROTARY]

Aufnahme und BIAS-Messungen am: 06.12.96.

Aufgenommen auf Fostex S-VHS Tape Nr.: MB4(Sp.123) mit der Samplingfrequenz: 44100

Video-Dokumentation frontal auf Hi8 Tape Nr.: 12 (0:21:00) und seitlich auf Tape Nr.: 13 (0:21:30)

Stand: 06.12.96



Abb. 214

M14JV

Josef Vejvoda

Jahrgang: 1948

Jahre an Spielerfahrung: 20

Status: Professioneller Trompeter (PROFI) [1]

Erfahrungen: im Orchester

Mitgewirkt bei: Volksope norchester

Repertoire: 80% Klassik
20% Jazz oder Popular-Musik

Ausbildung

Hauptlehrer: Wobisch, Wien.

Weitere oder frühere Trompetenlehrer: Levora

Eigenes Instrument: I14

Erzeuger (und Type): Weber B Jazz

Mundstück: Bach/Levora

Ventiltyp: Pumpventile [Périnet]

Aufnahme und BIAS-Messungen am: 06.12.96.

Aufgenommen auf Fostex S-VHS Tape Nr.: MB4(Sp.123) mit der Samplingfrequenz: 44100

Video-Dokumentation frontal auf Hi8 Tape Nr.: 12 (0:36:00) und seitlich auf Tape Nr.: 13 (0:36:00)

Stand: 06.12.96



Abb. 215

M15AS

Aneel Soomary

Jahrgang: 1967

Jahre an Spielerfahrung: 17

Status: Professioneller Trompeter (PROFI) [1]

Erfahrungen: in Ensembles

Mitgewirkt bei: Royal Philharmonic „Pops“ Orchestra London, Opernhaus Zürich, Wiener Kammeroper, Jazz Warriors, Vereinigte Bühne Wien, Alhambra

Repertoire: 40% Klassik
60% Jazz oder Popular-Musik

Ausbildung

Hauptlehrer: Reynolds (Colchester)

Weitere oder frühere Trompetenlehrer: Mason, Laird (London)

Eigenes Instrument: I15

Erzeuger (und Type): Lechner Mundrohr und Stürze / Bach L-180 Maschine (mit Gewichten an den Ventilen)

Mundstück: Bach 1C + BIM Klangverstärker

Ventiltyp: Pumpventile [Périnet]

Aufnahme und BIAS-Messungen am: 12.12.96.

Aufgenommen auf Fostex S-VHS Tape Nr.: MB5(Sp.123) mit der Samplingfrequenz: 44100

Video-Dokumentation frontal auf Hi8 Tape Nr.: 12 (0:49:38) und seitlich auf Tape Nr.: 13 (0:49:38)

Stand: 12.03.1998



Abb. 216

M16AG

Alexandra Gläser

Jahrgang: 1968

Jahre an Spielerfahrung: 13

Status: Fortgeschrittene Studentin der Trompete (STUDENT) [3]

Erfahrungen: als Solistin, als Pädagogin, in Ensembles

Mitgewirkt bei: The Bebop Sextett, Madam Jazz

Repertoire: 75% Klassik
25% Jazz oder Popular-Musik

Ausbildung

Hauptlehrerin: Reinhart, Wien.

Eigenes Instrument: I16

Erzeuger (und Type): Kürner B20M 1994

Mundstück: Breslmair G3

Ventiltyp: Drehventile [ROTARY]

Aufnahme und BIAS-Messungen am: 19.12.96.

Aufgenommen auf Fostex S-VHS Tape Nr.: MB5(Sp.123) mit der Samplingfrequenz: 44100

Video-Dokumentation frontal auf Hi8 Tape Nr.: 12 (1:11:03) und seitlich auf Tape Nr.: 13 (1:11:03)

Stand: 19.12.96



Abb. 217

M17LL

Leonhard Leeb

Jahrgang: 1962

Jahre an Spielerfahrung: 15

Status: Professioneller Trompeter (PROFI) [1]

Erfahrungen: als Solist, als Pädagoge, in Ensembles

Mitgewirkt bei: Trumpets in Concert

Repertoire: 50% Klassik
50% Popular-Musik

Ausbildung

Hauptlehrer: Reinhart, Wien.

Weitere oder frühere Trompetenlehrer:
Pomberger, Wien

Eigenes Instrument: I17

Erzeuger (und Type): Bach Stradivarius 37

Mundstück: Bach 10 1/2 C /mod.

Ventiltyp: Pumpventile [Périnet]

Aufnahme und BIAS-Messungen am: 19.12.96.

Aufgenommen auf Fostex S-VHS Tape Nr.: MB5(Sp.123)
mit der Samplingfrequenz: 44100

Video-Dokumentation frontal auf Hi8 Tape Nr.: 12 (1:23:44)
und seitlich auf Tape Nr.: 13 (1:23:44)

Stand: 24.03.1998



Abb. 218

M18HB

Heinrich Bruckner

Jahrgang: 1965

Jahre an Spielerfahrung: 23

Status: Professioneller Trompeter (PROFI) [1]

Erfahrungen: als Pädagoge, Orchester

Mitgewirkt bei: Wiener Symphoniker, Art of
Brass Wien, Pro Brass

Repertoire: 90% Klassik
10% Jazz oder Popular-Musik

Ausbildung

Hauptlehrer: Schwameis, Wien.

Weitere oder frühere Trompetenlehrer:
Pomberger, Brugger, Schwarz, Wien

Eigenes Instrument: I18

Erzeuger (und Type): Lechner B-Konzert-

trompete 1995 modifiziert

Mundstück: Breslmair G2S

Ventiltyp: Drehventile [ROTARY]

Aufnahme und BIAS-Messungen am: 17.01.97.

Aufgenommen auf Fostex S-VHS Tape Nr.: MB5(Sp.123)
mit der Samplingfrequenz: 44100

Video-Dokumentation frontal auf Hi8 Tape Nr.: 12 (1:36:58)
und seitlich auf Tape Nr.: 13 (1:36:58)

Stand: 17.01.97



Abb. 219

M19AL

Augustin Lehfuß

Jahrgang: 1963

Jahre an Spielerfahrung: 12

Status: Semi-Professioneller Trompeter (PROFI) [2]

Erfahrungen: vals Solist, in Ensembles

Mitgewirkt bei: Vienna Jazz Quintett, Vienna Stanto Jazz Orch., Kommerzbands

Repertoire: 0% Klassik
100% Jazz oder Popular-Musik

Ausbildung

Hauptlehrer: Politzer, Wien.

Weitere oder frühere Trompetenlehrer: Stoppacher, Hofbauer, Wien

Eigenes Instrument: I19

Erzeuger (und Type): Benge (Kottek) 7x

Mundstück: Warburton GS / bore 5

Ventiltyp: Pumpventile [Périnet]

Aufnahme und BIAS-Messungen am: 22.01.97.

Aufgenommen auf Fostex S-VHS Tape Nr.: MB6(Sp.123) mit der Samplingfrequenz: 44100

Video-Dokumentation frontal auf Hi8 Tape Nr.: 14 (0:00:00) und seitlich auf Tape Nr.: 15 (0:00:00)

Stand: 22.01.97



Abb. 220

M20RK

Rainer Küblböck

Jahrgang: 1967

Jahre an Spielerfahrung: 20

Status: Professioneller Trompeter (PROFI) [1]

Erfahrungen: im Orchester, in Ensembles

Mitgewirkt bei: Wiener Symphoniker, Ensemble Kontrapunkte, Pro Brass

Repertoire: 100% Klassik
0% Jazz oder Popular-Musik

Ausbildung

Hauptlehrer: Eidenberger, Linz.

Weitere oder frühere Trompetenlehrer: Reinhart, Schober Wien

Eigenes Instrument: I20

Erzeuger (und Type): Lechner 1986

Mundstück: Breslmair G32

Ventiltyp: Drehventile [ROTARY]

Aufnahme und BIAS-Messungen am: 28.01.97.

Aufgenommen auf Fostex S-VHS Tape Nr.: MB6(Sp.123) mit der Samplingfrequenz: 44100

Video-Dokumentation frontal auf Hi8 Tape Nr.: 14 und seitlich auf Tape Nr.: 15

Stand: 28.01.97



Abb. 221

M21JW

Josef Wagner

Jahrgang: 1965

Jahre an Spielerfahrung: 20

Status: Professioneller Trompeter (PROFI) [1]

Erfahrungen: als Pädagoge, Orchester

Mitgewirkt bei: Substitut Bühnenmusik, Staatsoper, Volksoper, NÖ Tonkünstler

Repertoire: 100% Klassik
0% Jazz oder Popular-Musik

Ausbildung

Hauptlehrer: Pomberger, Wien.

Weitere oder frühere Trompetenlehrer: Weiss, Wien

Eigenes Instrument: I21

Erzeuger (und Type): Lechner 1984

Mundstück: Breslmair G1 alt

Ventiltyp: Drehventile [ROTARY]

Aufnahme und BIAS-Messungen am: 31.01.97.

Aufgenommen auf Fostex S-VHS Tape Nr.: MB6(Sp.123)
mit der Samplingfrequenz: 44100

Video-Dokumentation frontal auf Hi8 Tape Nr.: 14 und seitlich auf Tape Nr.: 15

Stand: 31.01.97



Abb. 222

M22HG

Hans Gansch

Jahrgang: 1953

Jahre an Spielerfahrung: 33

Status: Professioneller Trompeter (PROFI) [1]

Erfahrungen: als Solist, als Pädagoge, Orchester

Mitgewirkt bei: Wiener Philharmoniker; Art of Brass Wien, Pro Brass

Repertoire: 75% Klassik
25% Jazz oder Popular-Musik

Ausbildung

Hauptlehrer: Veigl, Linz.

Weitere oder frühere Trompetenlehrer: Gansch senior, (Melk)

Eigene Instrument: I22(1);(2);(3)

Erzeuger (und Type):

(1) Lechner Konzerttrompete, Drehventile [ROTARY]

(2) , Adaci Konzerttrompete 1987 Drehventile [ROTARY]

(3) Kürner Konzerttrompete Drehventile [ROTARY]

Mundstück: Yamaha 16E4

Aufnahme und BIAS-Messungen am: 18.02.97.

Aufgenommen auf Fostex S-VHS Tape Nr.: MB7(Sp.123)
mit der Samplingfrequenz: 44100

Video-Dokumentation frontal auf Hi8 Tape Nr.: 14 (0:48:42)
und seitlich auf Tape Nr.: 15 (0:48:42)

Stand: 18.02.97



Abb. 223

M23RA

Rudolf Amon

Jahrgang: 1959

Jahre an Spielerfahrung: 33

Status: Professioneller Trompeter (PROFI) [1]

Erfahrungen: im Orchester

Mitgewirkt bei: Bühnenorchester Bundestheater

Repertoire: 100% Klassik
0% Jazz oder Popular-Musik

Ausbildung

Hauptlehrer: Schwameis, Wien.

Weitere oder frühere Trompetenlehrer: Wobisch,
Wien

Eigenes Instrument: I23

Erzeuger (und Type): Lechner

Mundstück: Breslmaier L/GL/1

Ventiltyp: Drehventile [ROTARY]

Aufnahme und BIAS-Messungen am: 20.02.97.

Aufgenommen auf Fostex S-VHS Tape Nr.: MB7(Sp.123)
mit der Samplingfrequenz: 44100

Video-Dokumentation frontal auf Hi8 Tape Nr.: 14 (1:13:23)
und seitlich auf Tape Nr.: 15 (1:13:23)

Stand: 20.02.97



Abb. 224

M24NF

Niki Friesenbichler

Jahrgang: 1965

Jahre an Spielerfahrung: 26

Status: Professioneller Trompeter (PROFI) [1]

Erfahrungen: in Ensembles

Mitgewirkt bei: Vereinigte Bühnen Wien, Richard
Österreicher Big Band, VSOP

Repertoire: 20% Klassik
80% Jazz oder Popular-Musik

Ausbildung

Hauptlehrer: Politzer, Wien.

Weitere oder frühere Trompetenlehrer: Körner,
Graz

Eigenes Instrument: I24

Erzeuger (und Type): Calicchio B 1S/7 Leadpipe,
1995

Mundstück: Warburton 5SU/8

Ventiltyp: Pumpventile [Périnet]

Aufnahme und BIAS-Messungen am: 25.02.97.

Aufgenommen auf Fostex S-VHS Tape Nr.: MB7(Sp.123)
mit der Samplingfrequenz: 44100

Video-Dokumentation frontal auf Hi8 Tape Nr.: 14 (1:26:54)
und seitlich auf Tape Nr.: 15 (1:23:59)

Stand: 25.02.97



Abb. 225

M25NH

Norman Handrow

Jahrgang: 1980

Jahre an Spielerfahrung: 6

Status: Student der Trompete
(STUDENT) [4]

Erfahrungen: in Ensembles

Mitgewirkt bei: keine Angabe

Repertoire: 100% Klassik
0% Jazz oder Popular-Musik

Ausbildung

Hauptlehrer: Pomberger, Wien.

Weitere oder frühere Trompetenlehrer: Preisl,
Hollabrunn

Eigenes Instrument: I25

Erzeuger (und Type): RJ Ouvertüre

Mundstück: Bach 1 1/2 C

Ventiltyp: Pumpventile [Périnet]

Aufnahme und BIAS-Messungen am: 27.02.97.

Aufgenommen auf Fostex S-VHS Tape Nr.: MB8(Sp.123)
mit der Samplingfrequenz: 44100

Video-Dokumentation frontal auf Hi8 Tape Nr.: 16 (0:00:00)
und seitlich auf Tape Nr.: 17 (0:00:00)

Stand: 27.02.97



Abb. 226

M26MS

Margit Steinkellner

Jahrgang: 1978

Jahre an Spielerfahrung: 7

Status: Studentin der Trompete
(STUDENT) [4]

Erfahrungen: im Orchester

Mitgewirkt bei: Hochschulorchester

Repertoire: 100% Klassik
0% Jazz oder Popular-Musik

Ausbildung

Hauptlehrerin: Reinhart, Wien.

Weitere oder frühere Trompetenlehrer:
Distelberger, Wieselburg

Eigenes Instrument: I26

Erzeuger (und Type): Schagerl 42

Mundstück: HW

Ventiltyp: Drehventile [ROTARY]

Aufnahme und BIAS-Messungen am: 05.03.97.

Aufgenommen auf Fostex S-VHS Tape Nr.: MB8(Sp.123)
mit der Samplingfrequenz: 44100

Video-Dokumentation frontal auf Hi8 Tape Nr.: 16 (0:12:32)
und seitlich auf Tape Nr.: 17 (0:12:32)

Stand: 05.03.97



Abb. 227

M27TL

Thomas Lachtner

Jahrgang: 1977

Jahre an Spielerfahrung: 10

Status: Fortgeschrittener Student der Trompete (STUDENT) [3]

Erfahrungen: im Orchester

Mitgewirkt bei: Hochschulorchester, Wiener akademische Philharmonie

Repertoire: 100% Klassik
0% Jazz oder Popular-Musik

Ausbildung

Hauptlehrer: Holler, Wien.

Weitere oder frühere Trompetenlehrer: Wagnermeyer, Schärding

Eigenes Instrument: I27

Erzeuger (und Type): Lechner 1990

Mundstück: Breslmair G3

Ventiltyp: Drehventile [ROTARY]

Aufnahme und BIAS-Messungen am: 05.03.97.

Aufgenommen auf Fostex S-VHS Tape Nr.: MB8(Sp.123) mit der Samplingfrequenz: 44100

Video-Dokumentation frontal auf Hi8 Tape Nr.: 16 und seitlich auf Tape Nr.: 17

Stand: 05.03.97



Abb. 228

M28KM

Konrad Monsberger

Jahrgang: 1957

Jahre an Spielerfahrung: 31

Status: Professioneller Trompeter (PROFI) [1]

Erfahrungen: im Orchester

Mitgewirkt bei: Bühnenmusik der Staatsoper und Volksoper,

Repertoire: 100% Klassik
0% Jazz oder Popular-Musik

Ausbildung

Hauptlehrer: Holler, Wien.

Weitere oder frühere Trompetenlehrer: Götzinger, Graz

Eigenes Instrument: I28

Erzeuger (und Type): Lechner 45er

Mundstück: Breslmair modif.

Ventiltyp: Drehventile [ROTARY]

Aufnahme und BIAS-Messungen am: 07.03.97.

Aufgenommen auf Fostex S-VHS Tape Nr.: MB1(Sp.456) mit der Samplingfrequenz: 48000

Video-Dokumentation frontal auf Hi8 Tape Nr.: 16 (0:38:20) und seitlich auf Tape Nr.: 17 (0:38:20)

Stand: 07.03.97



Abb. 229

M29ET

Emir Tahirovic

Jahrgang: 1974

Jahre an Spielerfahrung: 4

Status: Student der Trompete (STUDENT) [4]

Erfahrungen: im Orchester, in Ensembles

Mitgewirkt bei: Hochschulorchester Wien,
BigBand der Musikhochschule Wien, Sarajewo
Philharmonisches Orch.

Repertoire: 100% Klassik
0% Jazz oder Popular-Musik

Ausbildung

Hauptlehrer: Reinhart, Wien.

Weitere oder frühere Trompetenlehrer: Joguncic,
Sarajewo

Eigenes Instrument: I29

Erzeuger (und Type): Scherzer B Markneukirchen
(HS.-Eigentum)

Mundstück: Schilke 15

Ventiltyp: Drehventile [ROTARY]

Aufnahme und BIAS-Messungen am: 11.03.97.

Aufgenommen auf Fostex S-VHS Tape Nr.: MB1(Sp.456)
mit der Samplingfrequenz: 48000

Video-Dokumentation frontal auf Hi8 Tape Nr.: 16 (0:54:30)
und seitlich auf Tape Nr.: 17 (0:54:30)

Stand: 11.03.97



Abb. 230

M30PB

Petra Böhm

Jahrgang: 1975

Jahre an Spielerfahrung: 8

Status: Fortgeschrittene Studentin der Trompete
(STUDENT) [3]

Erfahrungen: im Blasmusikverein

Mitgewirkt bei: Substitut Tonkünstler, ORF Or-
chester und Symphoniker ; HS-Orchester, im
Blasmusikverein Sommerein

Repertoire: 100% Klassik
0% Jazz oder Popular-Musik

Ausbildung

Hauptlehrer: Pomberger, Wien.

Eigenes Instrument: I30

Erzeuger (und Type): Lechner B (Wr. Modell)

Mundstück: Breslmair G2, L

Ventiltyp: Drehventile [ROTARY]

Aufnahme und BIAS-Messungen am: 13.03.97.

Aufgenommen auf Fostex S-VHS Tape Nr.: MB2(Sp.456)
mit der Samplingfrequenz: 48000

Video-Dokumentation frontal auf Hi8 Tape Nr.: 16 (1:20:15)
und seitlich auf Tape Nr.: 17 (1:20:15)

Stand: 13.03.97



Abb. 231

M31GG

Gottfried Gindlhuber

Jahrgang: 1947

Jahre an Spielerfahrung: 37

Status: Professioneller Trompeter (PROFI) [1]

Erfahrungen: als Pädagoge, Orchester

Mitgewirkt bei: Volksopernorchester

Repertoire: 100% Klassik
0% Jazz oder Popular-Musik

Ausbildung

Hauptlehrer: Levora, Wien.

Weitere oder frühere Trompetenlehrer: Pöschl
(Wien), Veigl (Linz)

Eigenes Instrument: I31

Erzeuger (und Type): Weber (Wr. Modell)

Mundstück: Breslmair G2 (alt)

Ventiltyp: Drehventile [ROTARY]

Aufnahme und BIAS-Messungen am: 19.03.97.

Aufgenommen auf Fostex S-VHS Tape Nr.: MB2(Sp.456)
mit der Samplingfrequenz: 48000

Video-Dokumentation frontal auf Hi8 Tape Nr.: 16 (1:36:29)
und seitlich auf Tape Nr.: 17 (1:36:29)

Stand: 19.03.97



Abb. 232

M32GP

Gerald Pfister

Jahrgang: 1953

Jahre an Spielerfahrung: 35

Status: Professioneller Trompeter (PROFI) [1]

Erfahrungen: in Ensembles, als Solist, als Päd-
agoge, Orchester, im Blasmusikverein

Mitgewirkt bei: Vereinigte Bühnen Wien, Bau-
ern Brass Orchestra

Repertoire: 50% Klassik
50% Jazz oder Popular-Musik

Ausbildung

Hauptlehrer: McGuffee, Nashville, TN (USA).

Weitere oder frühere Trompetenlehrer: Wobisch,
Singer (Wien), Baird (Boulder (USA))

Eigenes Instrument: I32

Erzeuger (und Type): Bach modifiziert (chinese
leadpipe, light bell, JBS mouthpiece receiver)

Mundstück: Breslmair G3

Ventiltyp: Pumpventile [Périnet]

Aufnahme und BIAS-Messungen am: 08.04.97.

Aufgenommen auf Fostex S-VHS Tape Nr.: MB2(Sp.456)
mit der Samplingfrequenz: 48000

Video-Dokumentation frontal auf Hi8 Tape Nr.: 18 (0:00:00)
und seitlich auf Tape Nr.: 19 (0:00:00)

Stand: 08.04.97



Abb. 233

M33IW

Isabella Wilczek

Jahrgang: 1976

Jahre an Spielerfahrung: 11

Status: Fortgeschrittene Studentin der Trompete (STUDENT) [3]

Erfahrungen: als Pädagogin, in Ensembles, im Blasmusikverein

Mitgewirkt bei: Substitut Volksopeorchester, Damen Jazz Band OÖ, im Blasmusikverein

Repertoire: 75% Klassik
25% Jazz oder Popular-Musik

Ausbildung

Hauptlehrer: Gindlhumer, Wien.

Weitere oder frühere Trompetenlehrer: Reinhart (Wien), Gager(Natschbach), Schwarz (Wimpas-sing)

Eigenes Instrument: I33

Erzeuger (und Type): Lechner Konzerttrompete

Mundstück: Breslmair V/2/3,9

Ventiltyp: Drehventile [ROTARY]

Aufnahme und BIAS-Messungen am: 08.04.97.

Aufgenommen auf Fostex S-VHS Tape Nr.: MB2,MB3(Sp.456) mit der Samplingfrequenz: 48000

Video-Dokumentation frontal auf Hi8 Tape Nr.: 18 (0:12:53) und seitlich auf Tape Nr.: 19 (0:12:53)

Stand: 08.04.97



Abb. 234

M34HD

Helmut Demmer

Jahrgang: 1956

Jahre an Spielerfahrung: 32

Status: Professioneller Trompeter (PROFI) [1]

Erfahrungen: im Orchester

Mitgewirkt bei: NÖ Tonkünstler, Vienna Brass

Repertoire: 100% Klassik
0% Jazz oder Popular-Musik

Ausbildung

Hauptlehrer: Levora, Wien.

Weitere oder frühere Trompetenlehrer: Juranek (Prottes)

Eigenes Instrument: I34

Erzeuger (und Type): B&M (Gerisried) Modell MUK

Mundstück: Yamaha 4 mod.

Ventiltyp: Drehventile [ROTARY]

Aufnahme und BIAS-Messungen am: 29.04.97.

Aufgenommen auf Fostex S-VHS Tape Nr.: MB3(Sp.456) mit der Samplingfrequenz: 48000

Video-Dokumentation frontal auf Hi8 Tape Nr.: 18 (0:34:40) und seitlich auf Tape Nr.: 19 (0:34:40)

Stand: 29.04.97



Abb. 235

M35GE

Gottfried Eder

Jahrgang: 1971

Jahre an Spielerfahrung: 15

Status: Professioneller Trompeter (PROFI) [1]

Erfahrungen: im Orchester

Mitgewirkt bei: Wiener Philharmoniker

Repertoire: 100% Klassik

0% Jazz oder Popular-Musik

Ausbildung

Hauptlehrer: Holler, Wien.

Weitere oder frühere Trompetenlehrer: Nowicki
(Salzburg); Kersch Elixhausen

Eigenes Instrument: I35

Erzeuger (und Type): Lechner Konzerttrompete
1994

Mundstück: Yamaha 4mm Bohrung 15E4

Ventiltyp: Drehventile [ROTARY]

Aufnahme und BIAS-Messungen am: 06.05.97.

Aufgenommen auf Fostex S-VHS Tape Nr.: MB3(Sp.456)
mit der Samplingfrequenz: 48000

Video-Dokumentation frontal auf Hi8 Tape Nr.: 18 (0:46:03)
und seitlich auf Tape Nr.: 19 (0:46:03)

Stand: 06.05.97

8.13 Gespielte Werte aller Trompeter im Einzelnen

Auf den nachfolgenden Seiten sind die mittels S_Tools erstellten Grafiken und die ausgemessenen Werte (siehe Kapitel 5.2.1.4) der einzelnen Spieler abgebildet. Die Daten des tasks der auf dem eigenen Instrument (I) gespielt wurde, und des zweiten task, der auf der Referenztrompete gespielt wurde, werden getrennt angeführt.

Die obere Abbildungen zeigen die Zeitfunktionen (Wellenform) der Tonleitern aus Abbildung 236, von denen optisch die Dynamik und Artikulationen zu erkennen ist. So lassen zum Beispiel getrennte schwarze „Blöcke“ auf eine kurze Pause zwischen den Tönen schließen. Außerdem ist die Dauer der tasks aus den Zeitangaben an der Ordinate ermittelbar.

In der anschließenden Tabelle sind die Frequenzen und Amplituden der einzelnen Töne angegeben, sowie die für jede Tonleiter über 2 Oktaven ermittelte optimale Stimmung von a1.

Um die Werte der 72 Tasks der 35 Spieler vergleichbar zu machen, wurden jeweils Mittelwerte über alle 16 Töne der tasks berechnet. Diese Mittelwerte wurden entlang bestimmter Größen gereiht und der Rang einzelner Tasks ermittelt:

Die „mittlere Amplitude“ wurde dabei von laut nach leise gereiht. Der leiseste Wert entspricht Rang 72. [Je höher der Rang desto leiser]

Bei der „mittleren Intonationsschwankung beim gehaltenen Ton (Ø)“ entspricht Rang 72 der geringsten Schwankungsbreite.. [Je höher der Rang desto konstanter der gehaltene Ton]

Die „mittlere Abweichung des Tonbeginns vom gehaltenen Wert“ bezieht sich nicht um die quantitative Abweichung des Betrags der Abweichung, sondern auf den relativen Wert.. Je höher der Tonbeginn über dem gehaltenen Wert lag, umso niedriger der Rang. Rang 72 entspricht demnach dem tiefsten Tonbeginn. . [Je höher der Rang desto höher lag der Tonbeginn über dem gehaltenen Ton] (Die Auswertung des Tonbeginns ist nicht unproblematisch, da der Meßwert von mehreren Faktoren beeinflusst wird.

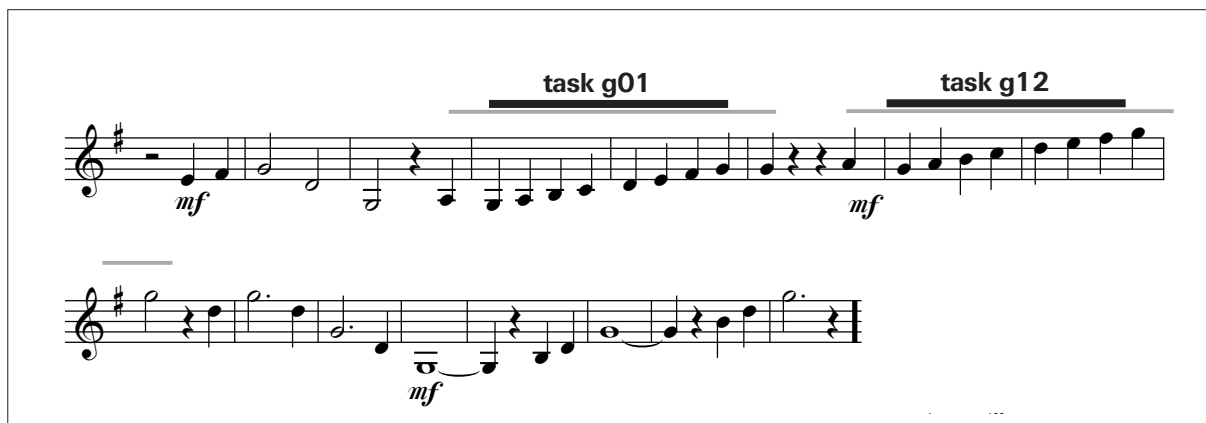


Abb. 236: Notenvorgabe für die G-Dur Tonleitern. Ausgewertet wurden die Töne von Takt 4-5 u. Takt 7-8.

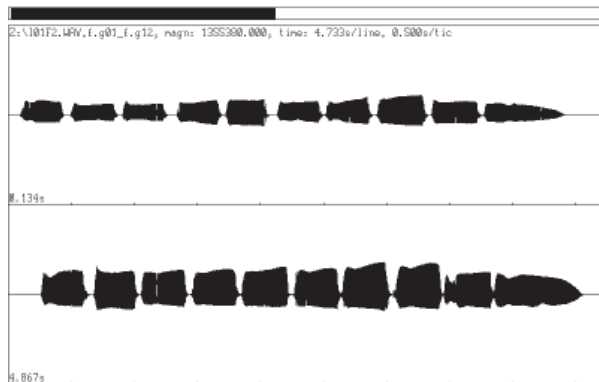


Abb. 237 (links) u. 238 (rechts): Zeitfunktionen von task g01 (oben) und g12 (unten). Nachfolgend Tab. 30.

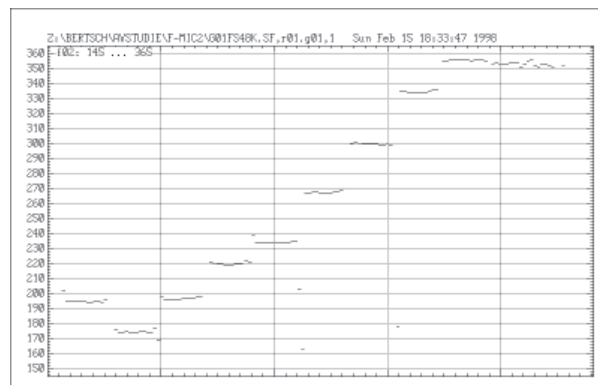
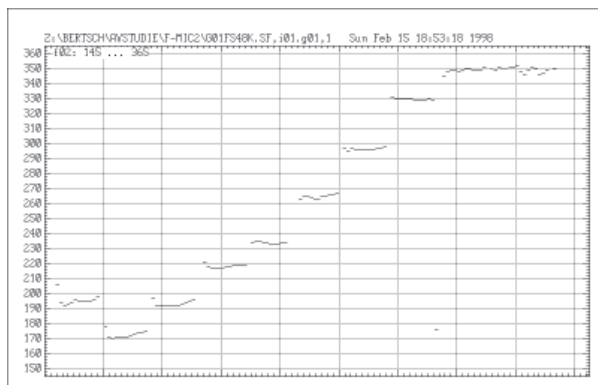
Instr.	Spieler	a1=	A (dB)	F (Hz)	A (dB)	F (Hz)	A (dB)	F (Hz)	A (dB)	F (Hz)	A (dB)	F (Hz)	A (dB)	F (Hz)	A (dB)	F (Hz)	A (dB)	F (Hz)
			<i>g</i>	<i>g</i>	<i>a</i>	<i>a</i>	<i>h</i>	<i>h</i>	<i>c</i>	<i>c</i>	<i>d</i>	<i>d</i>	<i>e</i>	<i>e</i>	<i>fis</i>	<i>fis</i>	<i>g</i>	<i>g</i>
I	1	442,0	91,9	171,3	93,2	193,3	95,6	218,3	97,0	234,0	95,6	264,6	97,7	296,0	100,0	329,3	97,6	348,9
R	1	445,6	96,9	173,9	99,0	196,7	99,0	219,4	99,0	234,0	99,5	267,3	101,8	299,7	100,8	333,8	100,0	355,2
I	1	442,0	101,4	347,5	101,0	390,2	101,4	439,1	102,8	468,0	103,8	528,0	105,5	590,8	105,6	667,8	104,2	712,5
R	1	445,6	105,5	355,6	105,0	399,8	106,0	447,2	105,9	471,2	105,6	530,8	106,7	592,4	105,8	670,9	104,0	711,2

I1 Mittlere Amplitude ($\emptyset$) = 99,6 dB [Rang 54 /von 72]Mittlere Intonationsschwankung beim gehaltenen Ton ($\emptyset$) = 15 Cent [Rang 69 /von 72]

Mittlere Abweichung des Tonbeginns vom gehaltenen Wert = 12 Cent [Rang 3 /von 72]

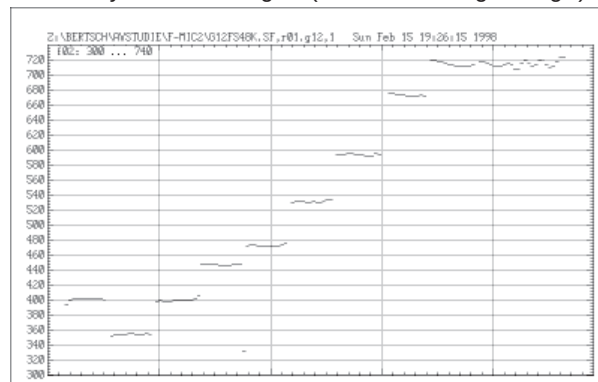
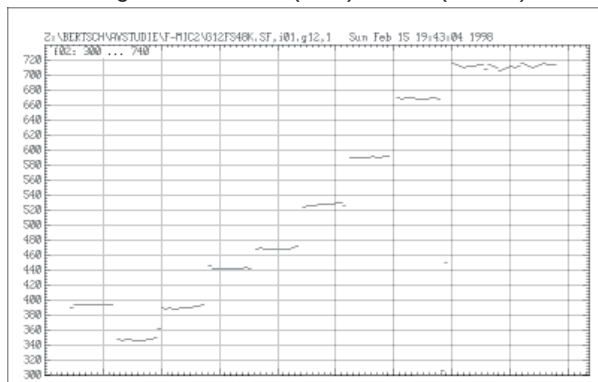
R1 Mittlere Amplitude ($\emptyset$) = 102,5 dB [Rang 32 /von 72]Mittlere Intonationsschwankung beim gehaltenen Ton ($\emptyset$) = 14 Cent [Rang 71 /von 72]

Mittlere Abweichung des Tonbeginns vom gehaltenen Wert = 8 Cent [Rang 10 /von 72]



Abbildungen oben 239 (links) u. 240 (rechts): Grundton-Analyse von task g01 (Tonleiter von g bis g1).

Abbildungen unten 241 (links) u. 242 (rechts): Grundton-Analyse von task g12 (Tonleiter von g1 bis g2).



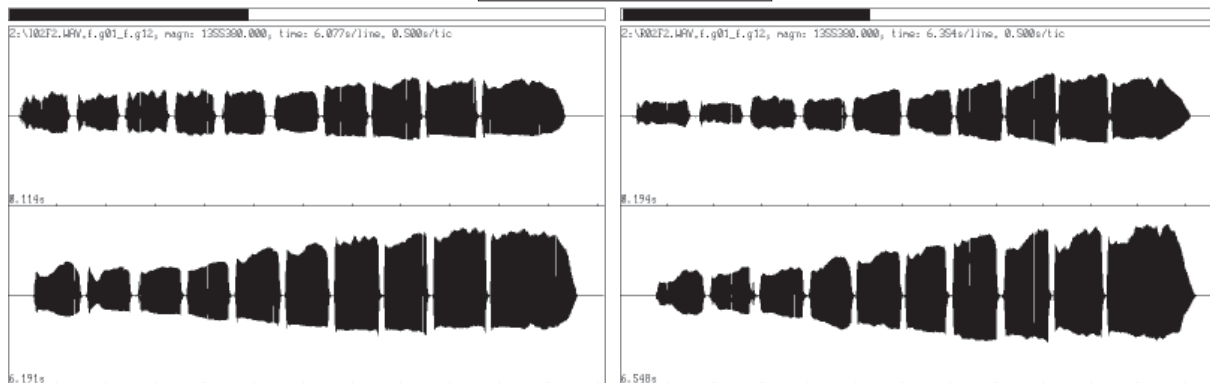


Abb. 243 (links) u. 244 (rechts): Zeitfunktionen von task g01 (oben) und g12 (unten). Nachfolgend Tab. 31.

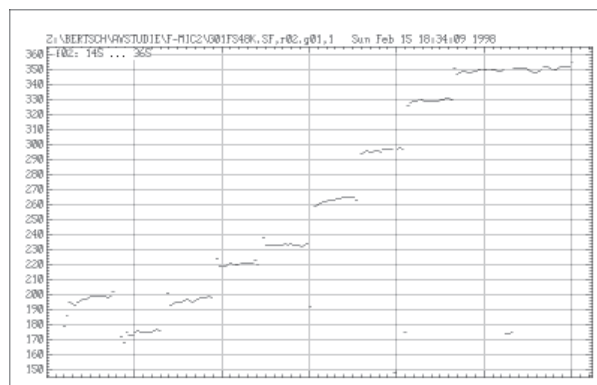
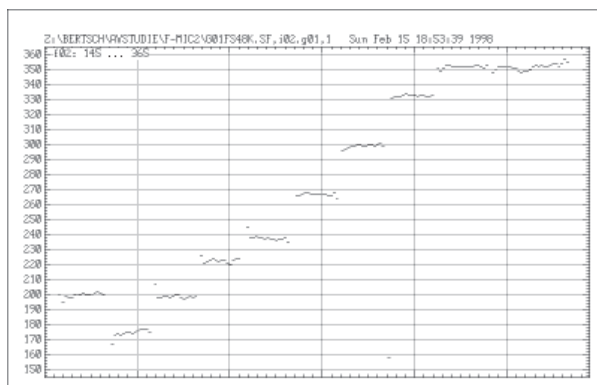
Instr.	Spieler	a1=	A (dB)	F (Hz)	A (dB)	F (Hz)	A (dB)	F (Hz)	A (dB)	F (Hz)	A (dB)	F (Hz)	A (dB)	F (Hz)	A (dB)	F (Hz)	A (dB)	F (Hz)
			g	g	a	a	h	h	c	c	d	d	e	e	fis	fis	g	g
I	2	444,0	98,0	174,6	98,5	199,9	99,8	222,4	99,7	237,6	100,8	267,3	102,7	299,7	104,1	332,9	104,2	352,3
R	2	443,3	94,6	175,0	97,0	196,8	97,0	219,9	99,0	233,0	101,0	264,7	103,0	295,3	105,5	329,2	106,0	349,8
I	2	444,0	102,2	352,9	103,3	400,0	105,2	443,9	107,8	467,6	109,1	524,7	110,6	588,8	111,7	665,8	111,8	705,6
R	2	443,3	103,3	355,1	103,7	400,0	106,5	441,7	107,9	471,4	109,5	526,4	111,6	588,9	111,8	668,9	112,3	708,0

I2 Mittlere Amplitude ($\emptyset$) = 104,3 dB [Rang 9 /von 72]Mittlere Intonationsschwankung beim gehaltenen Ton ($\emptyset$) = 22 Cent [Rang 49 /von 72]

Mittlere Abweichung des Tonbeginns vom gehaltenen Wert = 11 Cent [Rang 4 /von 72]

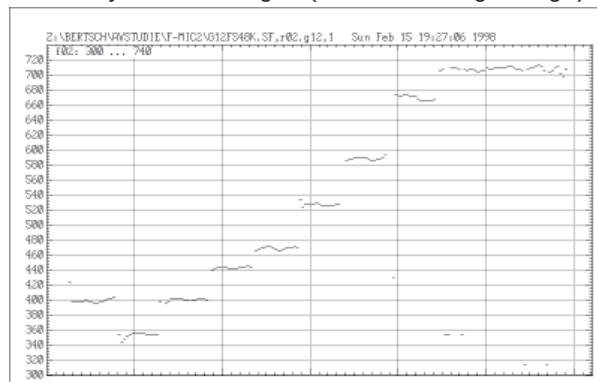
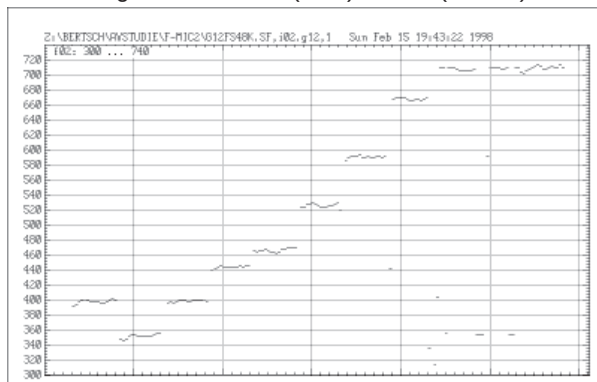
R2 Mittlere Amplitude ($\emptyset$) = 104,4 dB [Rang 8 /von 72]Mittlere Intonationsschwankung beim gehaltenen Ton ($\emptyset$) = 31 Cent [Rang 16 /von 72]

Mittlere Abweichung des Tonbeginns vom gehaltenen Wert = 4 Cent [Rang 23 /von 72]



Abbildungen oben 245 (links) u. 246 (rechts): Grundton-Analyse von task g01 (Tonleiter von g bis g1).

Abbildungen unten 247 (links) u. 248 (rechts): Grundton-Analyse von task g12 (Tonleiter von g1 bis g2).



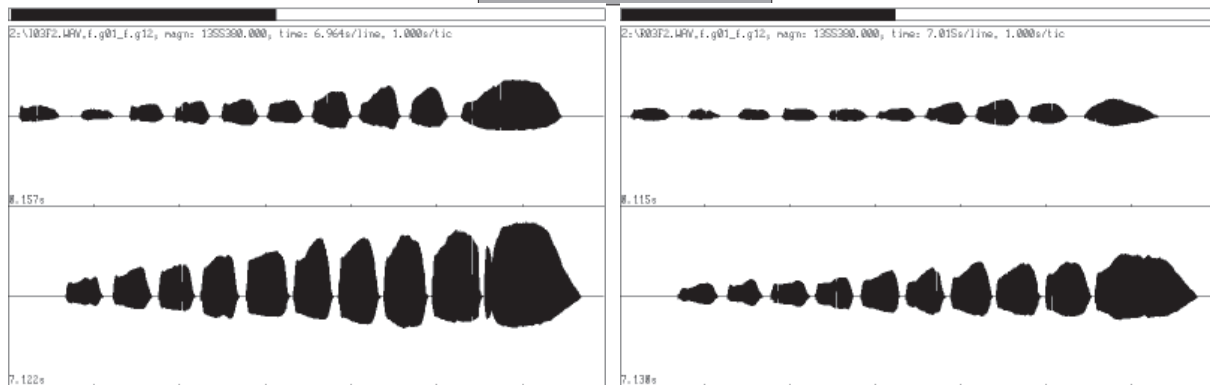


Abb. 249 (links) u. 250 (rechts): Zeitfunktionen von task g01 (oben) und g12 (unten). Nachfolgend Tab. 32.

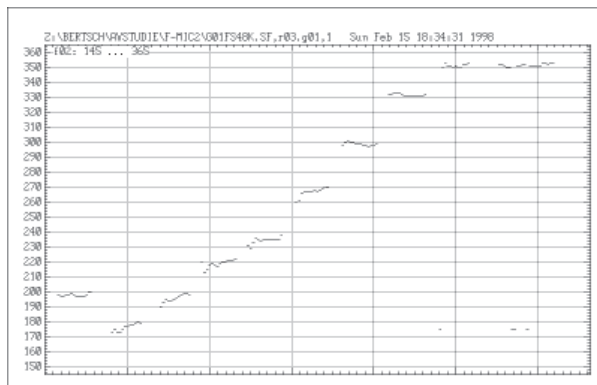
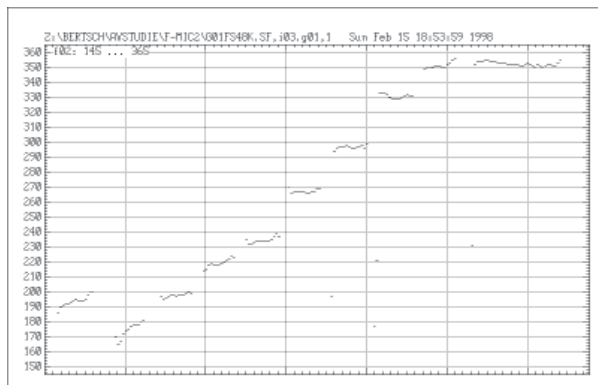
Instr.	Spieler	a1=	A (dB)	F (Hz)	A (dB)	F (Hz)	A (dB)	F (Hz)	A (dB)	F (Hz)	A (dB)	F (Hz)	A (dB)	F (Hz)	A (dB)	F (Hz)	A (dB)	F (Hz)
			<i>g</i>	<i>g</i>	<i>a</i>	<i>a</i>	<i>h</i>	<i>h</i>	<i>c</i>	<i>c</i>	<i>d</i>	<i>d</i>	<i>e</i>	<i>e</i>	<i>fis</i>	<i>fis</i>	<i>g</i>	<i>g</i>
I	3	444,3	89,6	171,7	93,0	198,2	95,0	219,8	97,0	234,0	96,3	266,6	100,7	296,8	102,1	331,4	102,3	350,9
R	3	443,8	88,1	177,4	89,5	194,4	90,0	219,7	90,3	235,3	91,8	267,5	96,7	298,6	98,4	330,5	97,0	350,0
I	3	444,3	103,8	354,5	103,4	400,6	106,0	443,5	106,9	472,3	108,9	529,9	110,0	592,7	110,8	670,5	111,2	707,0
R	3	443,8	99,4	353,5	98,8	398,4	100,6	444,0	102,5	470,7	104,0	525,9	105,0	588,8	106,4	661,2	106,9	709,5

I3 Mittlere Amplitude ($\emptyset$) = 102,3 dB [Rang 37 / von 72]Mittlere Intonationsschwankung beim gehaltenen Ton ($\emptyset$) = 33 Cent [Rang 12 / von 72]

Mittlere Abweichung des Tonbeginns vom gehaltenen Wert = 1 Cent [Rang 13 / von 72]

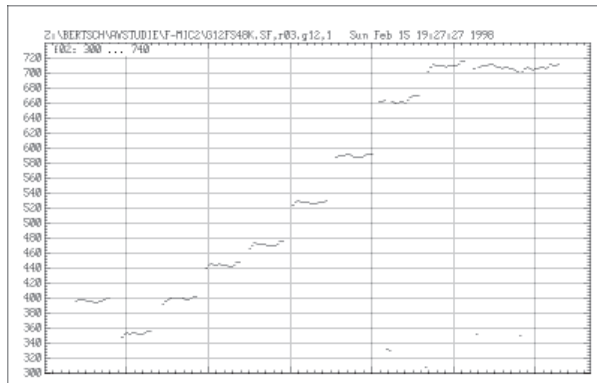
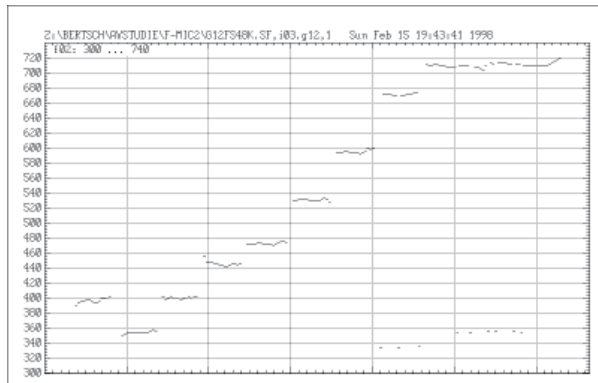
R3 Mittlere Amplitude ($\emptyset$) = 97,8 dB [Rang 61 / von 72]Mittlere Intonationsschwankung beim gehaltenen Ton ($\emptyset$) = 37 Cent [Rang 9 / von 72]

Mittlere Abweichung des Tonbeginns vom gehaltenen Wert = 22 Cent [Rang 59 / von 72]



Abbildungen oben 251 (links) u. 252 (rechts): Grundton-Analyse von task g01 (Tonleiter von g bis g1).

Abbildungen unten 253 (links) u. 254 (rechts): Grundton-Analyse von task g12 (Tonleiter von g1 bis g2).



Eigenes Instrument (I)

M04ES

Referenzinstrument (R)

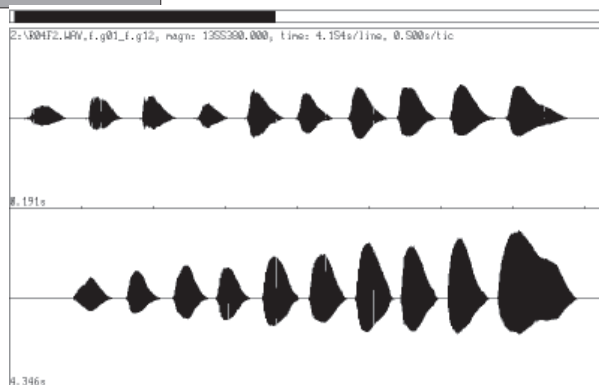
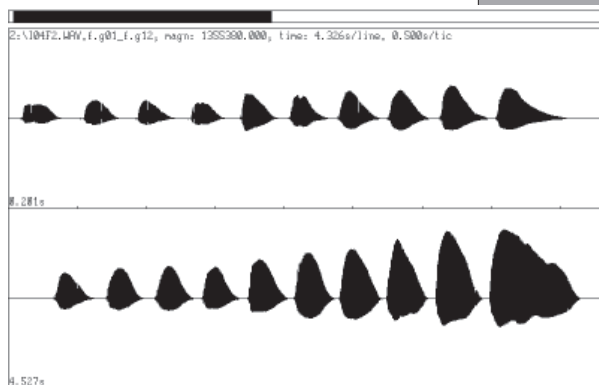


Abb. 255 (links) u. 256 (rechts): Zeitfunktionen von task g01 (oben) und g12 (unten). Nachfolgend Tab. 33.

Instr.	Spieler	a1=	A (dB)	F (Hz)	A (dB)	F (Hz)	A (dB)	F (Hz)	A (dB)	F (Hz)	A (dB)	F (Hz)	A (dB)	F (Hz)	A (dB)	F (Hz)	A (dB)	F (Hz)
			<i>g</i>	<i>g</i>	<i>a</i>	<i>a</i>	<i>h</i>	<i>h</i>	<i>c</i>	<i>c</i>	<i>d</i>	<i>d</i>	<i>e</i>	<i>e</i>	<i>fis</i>	<i>fis</i>	<i>g</i>	<i>g</i>
I	4	441,8	95,3	174,7	95,3	197,8	95,5	220,6	99,3	233,2	98,7	267,0	100,6	297,6	101,4	330,8	103,0	349,4
R	4	445,5	96,5	176,8	97,0	196,0	94,3	223,5	100,0	235,0	99,5	270,3	102,0	300,2	102,7	333,0	103,4	354,5
I	4	441,8	102,4	349,0	103,1	395,7	103,6	442,7	105,3	468,5	107,2	528,8	108,1	591,0	109,3	669,5	110,7	707,6
R	4	445,5	102,2	353,6	104,0	401,2	103,7	441,8	107,2	469,8	107,7	528,3	110,1	592,6	109,8	666,7	111,0	714,5

I4 Mittlere Amplitude ($\emptyset$) = 102,4 dB [Rang 35 / von 72]

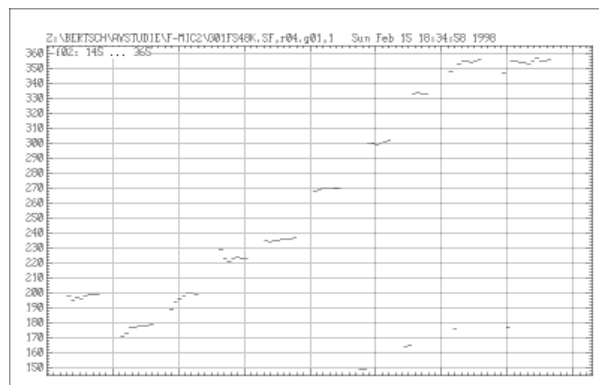
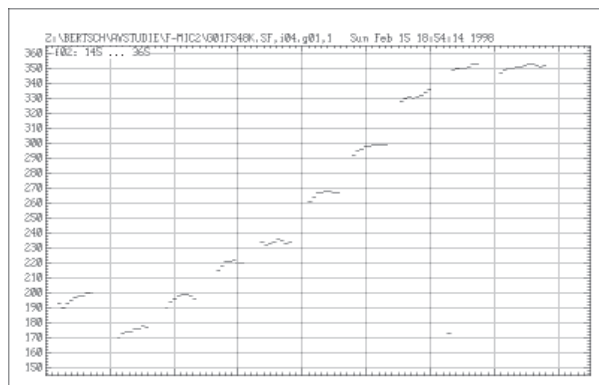
Mittlere Intonationsschwankung beim gehaltenen Ton ($\emptyset$) = 31 Cent [Rang 17 / von 72]

Mittlere Abweichung des Tonbeginns vom gehaltenen Wert = 20 Cent [Rang 57 / von 72]

R4 Mittlere Amplitude ($\emptyset$) = 103,2 dB [Rang 22 / von 72]

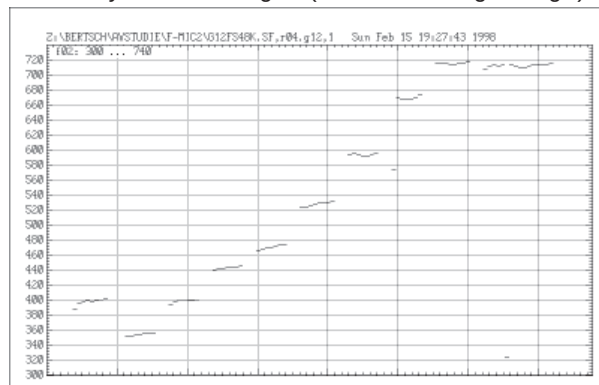
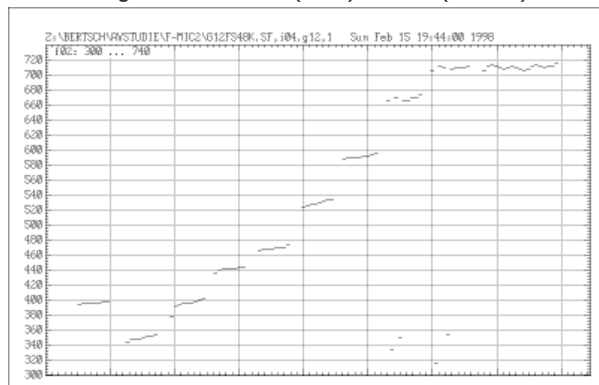
Mittlere Intonationsschwankung beim gehaltenen Ton ($\emptyset$) = 32 Cent [Rang 15 / von 72]

Mittlere Abweichung des Tonbeginns vom gehaltenen Wert = 19 Cent [Rang 53 / von 72]



Abbildungen oben 257 (links) u. 258 (rechts): Grundton-Analyse von task g01 (Tonleiter von g bis g1).

Abbildungen unten 259 (links) u. 260 (rechts): Grundton-Analyse von task g12 (Tonleiter von g1 bis g2).



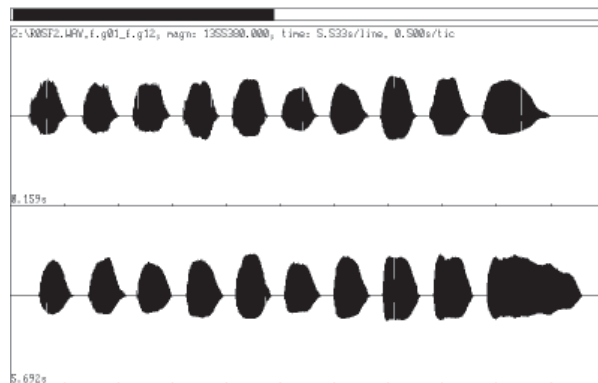
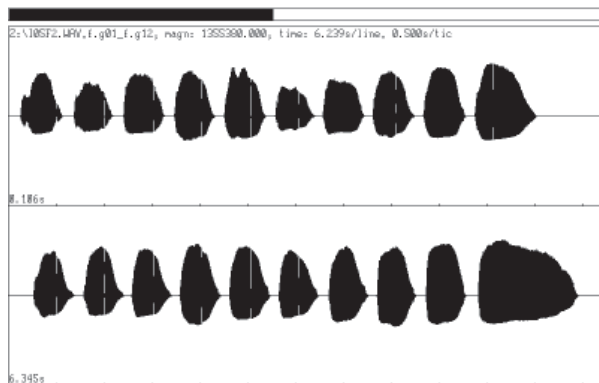


Abb. 261 (links) u. 262 (rechts): Zeitfunktionen von task g01 (oben) und g12 (unten). Nachfolgend Tab. 34.

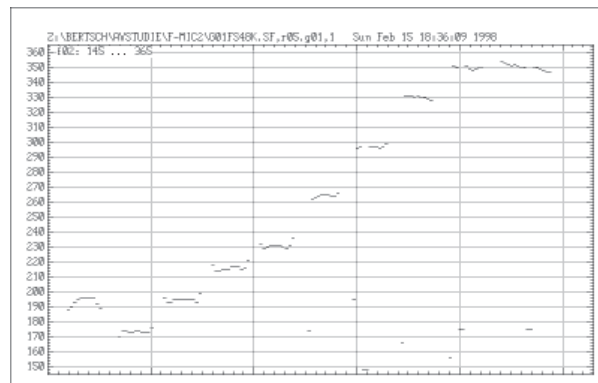
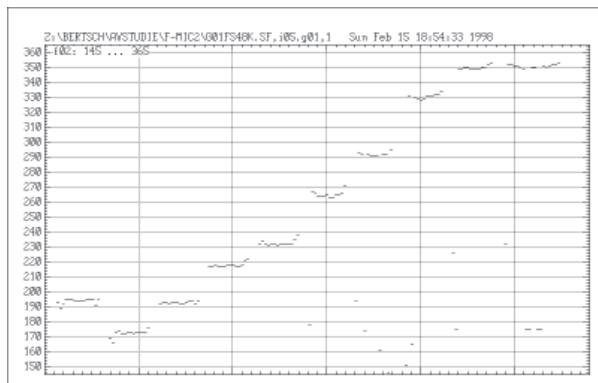
Instr.	Spieler	a1=	A (dB)	F (Hz)	A (dB)	F (Hz)	A (dB)	F (Hz)	A (dB)	F (Hz)	A (dB)	F (Hz)	A (dB)	F (Hz)	A (dB)	F (Hz)	A (dB)	F (Hz)
			<i>g</i>	<i>g</i>	<i>a</i>	<i>a</i>	<i>h</i>	<i>h</i>	<i>c</i>	<i>c</i>	<i>d</i>	<i>d</i>	<i>e</i>	<i>e</i>	<i>fis</i>	<i>fis</i>	<i>g</i>	<i>g</i>
I	5	440,6	99,5	172,9	101,8	193,1	103,8	217,5	104,3	231,3	100,4	265,2	103,2	291,2	105,2	328,3	106,2	349,3
R	5	441,2	100,0	174,3	101,3	195,0	102,3	217,0	103,0	230,8	101,0	265,1	102,2	296,7	104,8	330,4	104,6	348,7
I	5	440,6	106,0	348,4	106,0	390,7	107,9	437,0	107,6	466,5	107,1	526,5	108,4	587,2	109,3	664,2	110,1	710,4
R	5	441,2	104,6	351,2	104,0	394,2	105,8	443,1	106,9	469,0	105,3	524,2	107,2	588,3	108,0	669,3	108,5	708,1

I5 Mittlere Amplitude ($\emptyset$) = 105,4 dB [Rang 5 /von 72]Mittlere Intonationsschwankung beim gehaltenen Ton ($\emptyset$) = 21 Cent [Rang 52 /von 72]

Mittlere Abweichung des Tonbeginns vom gehaltenen Wert = 3 Cent [Rang 19 /von 72]

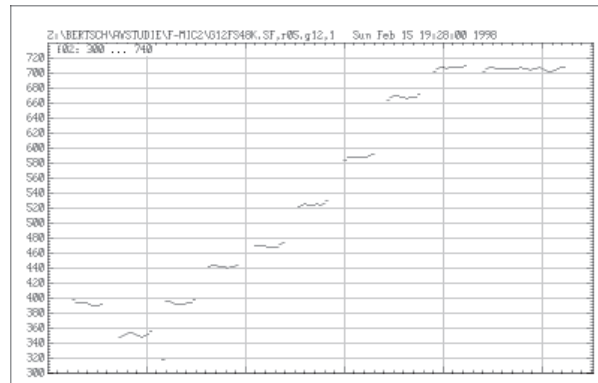
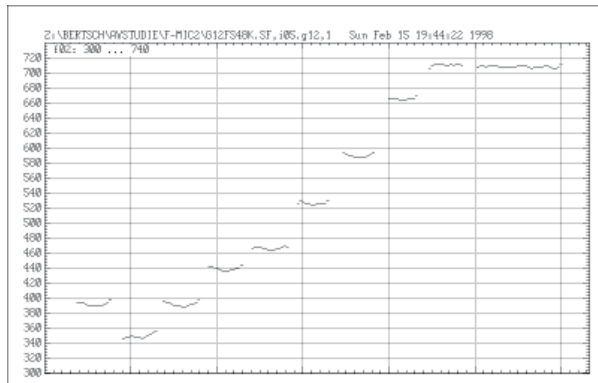
R5 Mittlere Amplitude ($\emptyset$) = 104,3 dB [Rang 9 /von 72]Mittlere Intonationsschwankung beim gehaltenen Ton ($\emptyset$) = 24 Cent [Rang 41 /von 72]

Mittlere Abweichung des Tonbeginns vom gehaltenen Wert = 0 Cent [Rang 16 /von 72]



Abbildungen oben 263 (links) u. 264 (rechts): Grundton-Analyse von task g01 (Tonleiter von g bis g1).

Abbildungen unten 265 (links) u. 266 (rechts): Grundton-Analyse von task g12 (Tonleiter von g1 bis g2).



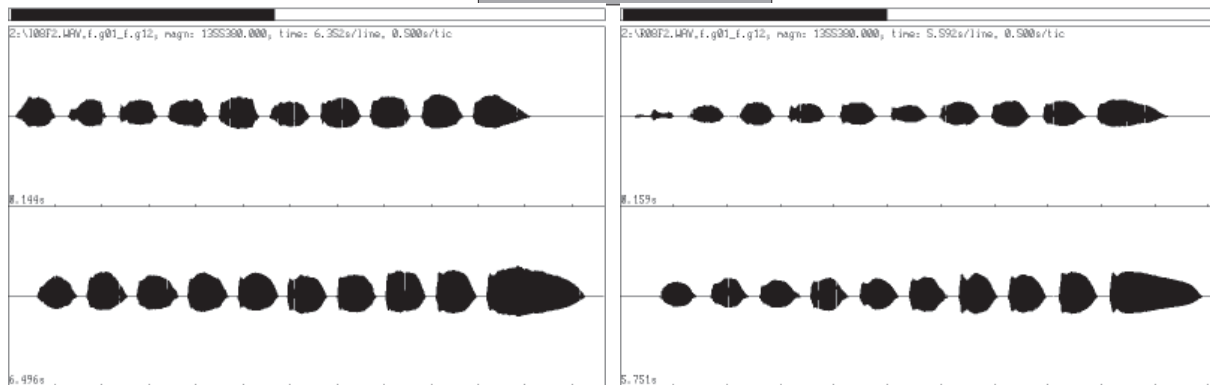


Abb. 279 (links) u. 280 (rechts): Zeitfunktionen von task g01 (oben) und g12 (unten). Nachfolgend Tab. 37.

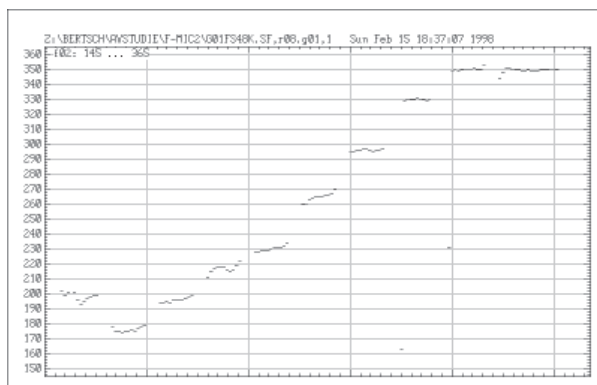
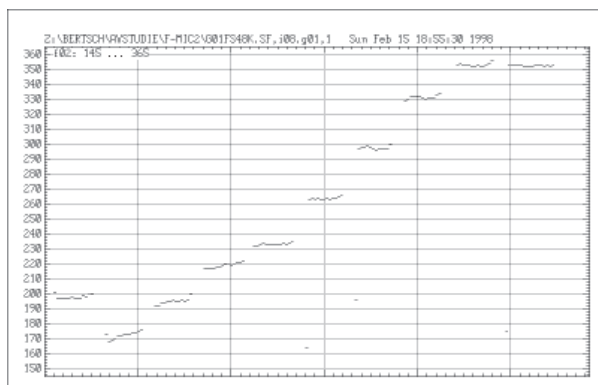
Instr.	Spieler	a1=	A (dB)	F (Hz)	A (dB)	F (Hz)	A (dB)	F (Hz)	A (dB)	F (Hz)	A (dB)	F (Hz)	A (dB)	F (Hz)	A (dB)	F (Hz)	A (dB)	F (Hz)
			<i>g</i>	<i>g</i>	<i>a</i>	<i>a</i>	<i>h</i>	<i>h</i>	<i>c</i>	<i>c</i>	<i>d</i>	<i>d</i>	<i>e</i>	<i>e</i>	<i>fis</i>	<i>fis</i>	<i>g</i>	<i>g</i>
I	8	442,9	95,3	173,1	95,8	195,2	96,7	220,2	98,5	232,8	97,0	263,5	98,4	296,7	99,5	331,6	100,4	352,3
R	8	440,9	90,7	175,3	94,0	196,1	94,3	217,8	95,2	230,0	94,0	265,0	97,1	297,0	97,7	329,8	98,0	350,2
I	8	442,9	101,1	351,8	100,8	396,3	102,3	440,6	102,2	465,3	102,5	527,7	103,4	592,9	104,8	667,9	105,4	710,7
R	8	440,9	99,2	352,0	98,6	395,0	100,5	441,0	100,4	467,6	101,5	525,1	103,6	586,5	104,0	666,7	105,1	708,0

I8 Mittlere Amplitude ($\emptyset$) = 100,3 dB [Rang 52 / von 72]Mittlere Intonationsschwankung beim gehaltenen Ton ($\emptyset$) = 20 Cent [Rang 57 / von 72]

Mittlere Abweichung des Tonbeginns vom gehaltenen Wert = 0 Cent [Rang 14 / von 72]

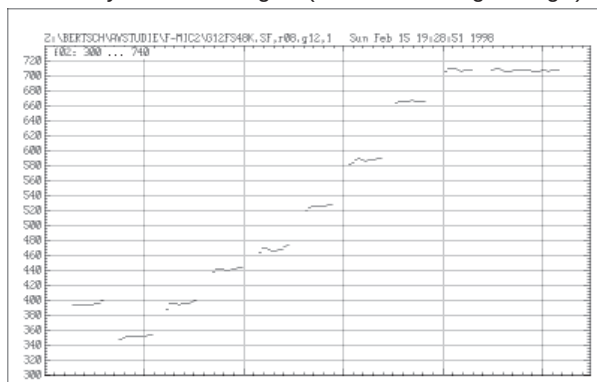
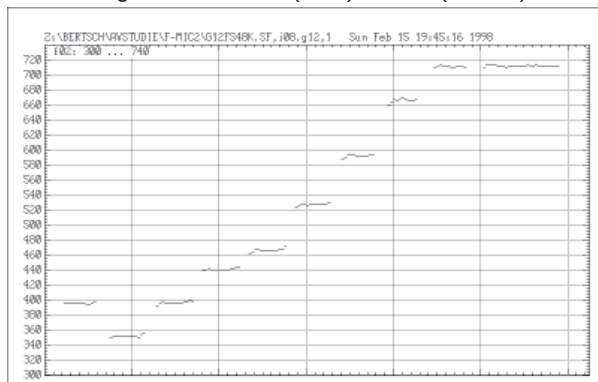
R8 Mittlere Amplitude ($\emptyset$) = 98,4 dB [Rang 59 / von 72]Mittlere Intonationsschwankung beim gehaltenen Ton ($\emptyset$) = 31 Cent [Rang 18 / von 72]

Mittlere Abweichung des Tonbeginns vom gehaltenen Wert = 17 Cent [Rang 50 / von 72]



Abbildungen oben 281 (links) u. 282 (rechts): Grundton-Analyse von task g01 (Tonleiter von g bis g1).

Abbildungen unten 283 (links) u. 284 (rechts): Grundton-Analyse von task g12 (Tonleiter von g1 bis g2).



Eigenes Instrument (I)

M09JH

Referenzinstrument (R)

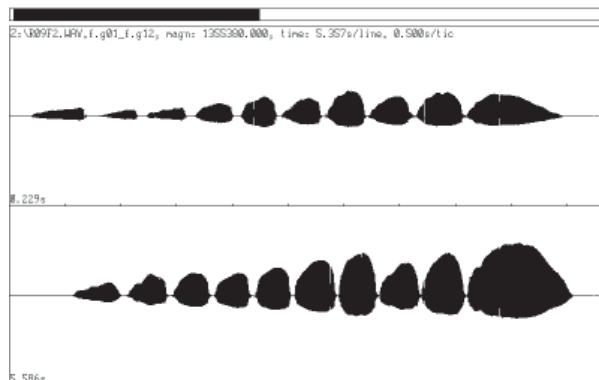
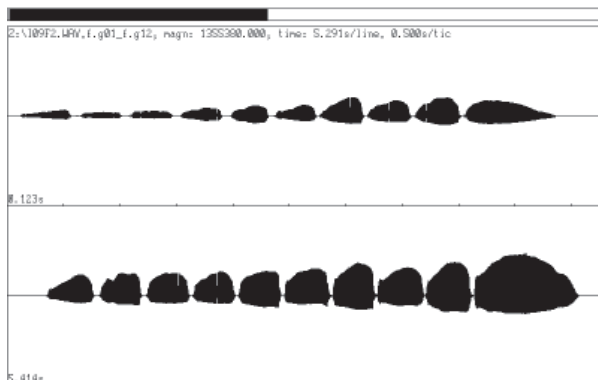


Abb. 285 (links) u. 286 (rechts): Zeitfunktionen von task g01 (oben) und g12 (unten). Nachfolgend Tab. 38.

Instr.	Spieler	a1=	A (dB)	F (Hz)	A (dB)	F (Hz)	A (dB)	F (Hz)	A (dB)	F (Hz)	A (dB)	F (Hz)	A (dB)	F (Hz)	A (dB)	F (Hz)	A (dB)	F (Hz)
			<i>g</i>	<i>g</i>	<i>a</i>	<i>a</i>	<i>h</i>	<i>h</i>	<i>c</i>	<i>c</i>	<i>d</i>	<i>d</i>	<i>e</i>	<i>e</i>	<i>fis</i>	<i>fis</i>	<i>g</i>	<i>g</i>
I	9	442,3	84,0	176,0	86,7	199,0	91,0	222,4	93,4	236,0	94,0	266,7	97,5	297,4	96,7	331,5	98,5	351,9
R	9	443,0	86,5	175,5	89,3	196,3	93,4	219,0	97,0	233,7	97,1	266,3	100,3	296,1	99,1	330,3	100,5	351,9
I	9	442,3	99,8	349,5	100,5	394,4	100,8	440,0	101,7	466,0	102,5	521,3	105,2	584,7	104,9	666,5	105,8	708,8
R	9	443,0	99,5	350,6	101,0	398,4	101,7	444,2	103,6	471,3	105,4	521,2	107,8	587,3	105,7	668,2	108,0	709,1

I9 Mittlere Amplitude ($\emptyset$) = 97,7 dB [Rang 62 /von 72]

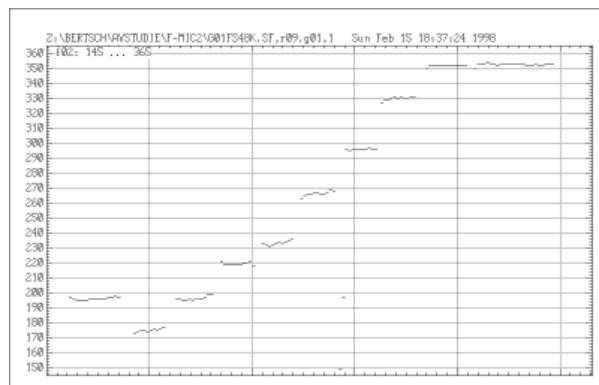
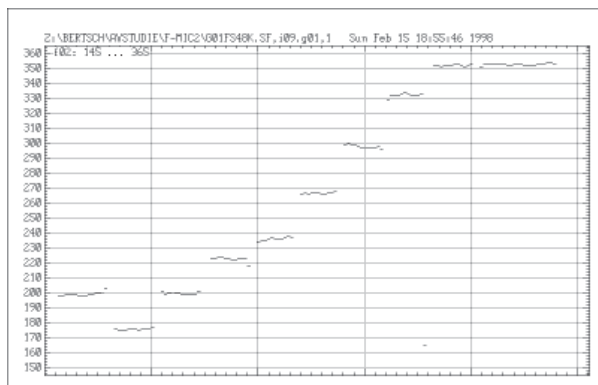
Mittlere Intonationsschwankung beim gehaltenen Ton ($\emptyset$) = 22 Cent [Rang 48 /von 72]

Mittlere Abweichung des Tonbeginns vom gehaltenen Wert = 11 Cent [Rang 37 /von 72]

R9 Mittlere Amplitude ($\emptyset$) = 99,7 dB [Rang 53 /von 72]

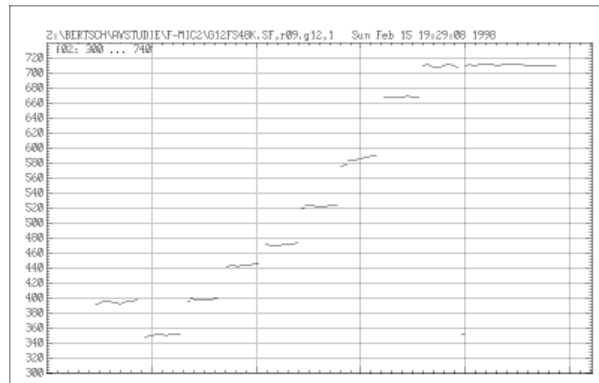
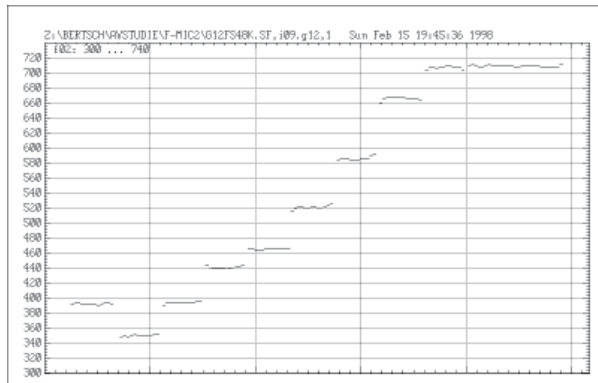
Mittlere Intonationsschwankung beim gehaltenen Ton ($\emptyset$) = 20 Cent [Rang 53 /von 72]

Mittlere Abweichung des Tonbeginns vom gehaltenen Wert = 10 Cent [Rang 34 /von 72]



Abbildungen oben 287 (links) u. 288 (rechts): Grundton-Analyse von task g01 (Tonleiter von g bis g1).

Abbildungen unten 289 (links) u. 290 (rechts): Grundton-Analyse von task g12 (Tonleiter von g1 bis g2).



Eigenes Instrument (I)

M10RP

Referenzinstrument (R)

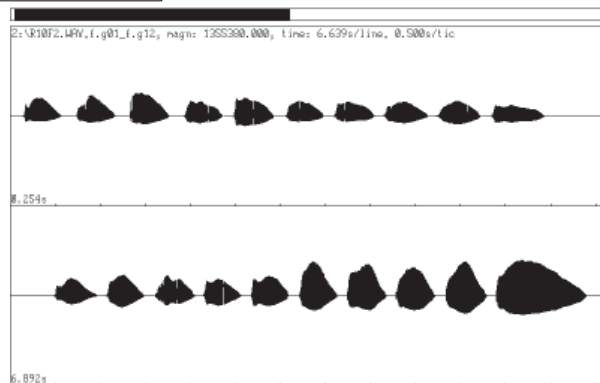
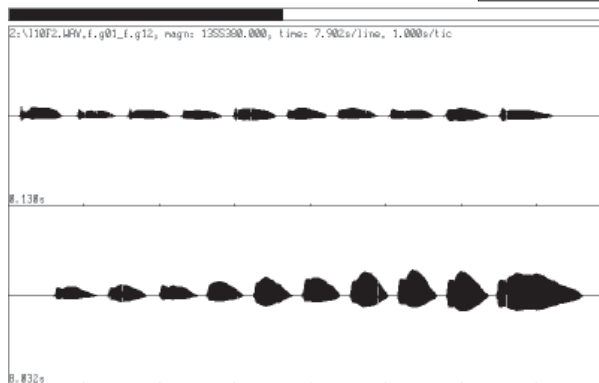


Abb. 291 (links) u. 292 (rechts): Zeitfunktionen von task g01 (oben) und g12 (unten). Nachfolgend Tab. 39.

Instr.	Spieler	a1=	A (dB)	F (Hz)	A (dB)	F (Hz)	A (dB)	F (Hz)	A (dB)	F (Hz)	A (dB)	F (Hz)	A (dB)	F (Hz)	A (dB)	F (Hz)	A (dB)	F (Hz)
			<i>g</i>	<i>g</i>	<i>a</i>	<i>a</i>	<i>h</i>	<i>h</i>	<i>c</i>	<i>c</i>	<i>d</i>	<i>d</i>	<i>e</i>	<i>e</i>	<i>fis</i>	<i>fis</i>	<i>g</i>	<i>g</i>
I	10	445,3	86,5	176,0	87,6	199,5	89,2	223,2	90,8	235,1	91,6	268,4	91,9	298,0	89,5	333,2	92,8	355,5
R	10	441,9	96,1	176,3	97,2	194,2	94,8	216,7	96,7	230,2	95,8	263,2	95,8	294,5	96,8	330,6	97,4	351,3
I	10	445,3	94,8	354,8	94,1	402,7	97,6	448,4	100,9	471,0	99,9	531,1	102,9	593,4	103,3	661,3	103,6	704,4
R	10	441,9	100,5	349,4	99,7	397,6	99,6	443,3	101,1	471,3	105,5	526,7	105,3	590,3	104,6	666,0	106,5	709,2

I10 Mittlere Amplitude ($\emptyset$) = 94,8 dB [Rang 69 / von 72]

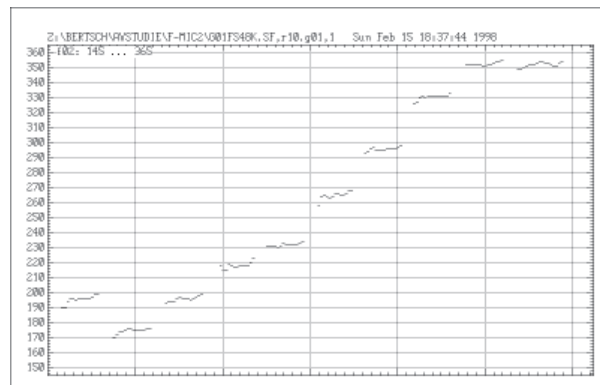
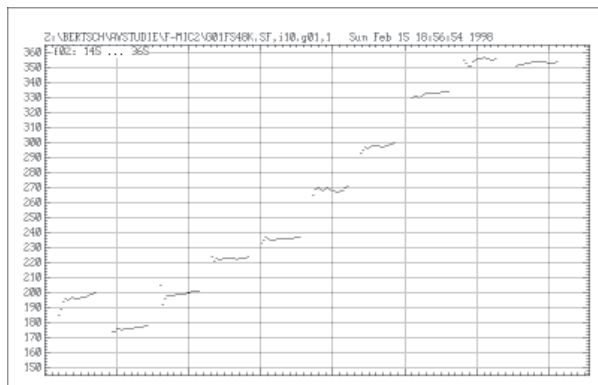
Mittlere Intonationsschwankung beim gehaltenen Ton ($\emptyset$) = 23 Cent [Rang 47 / von 72]

Mittlere Abweichung des Tonbeginns vom gehaltenen Wert = 9 Cent [Rang 31 / von 72]

R10 Mittlere Amplitude ($\emptyset$) = 99,6 dB [Rang 55 / von 72]

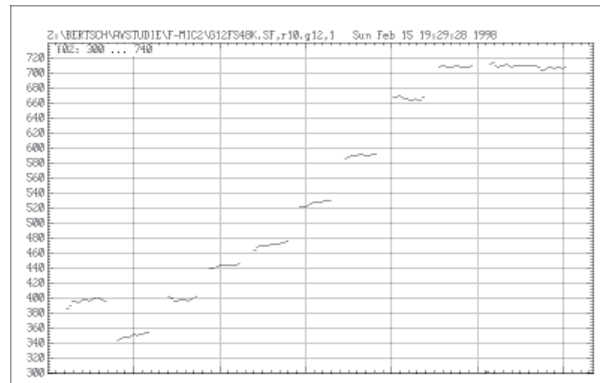
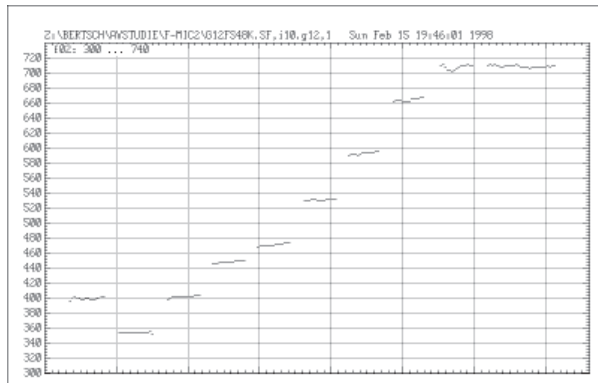
Mittlere Intonationsschwankung beim gehaltenen Ton ($\emptyset$) = 33 Cent [Rang 13 / von 72]

Mittlere Abweichung des Tonbeginns vom gehaltenen Wert = 11 Cent [Rang 36 / von 72]



Abbildungen oben 293 (links) u. 294 (rechts): Grundton-Analyse von task g01 (Tonleiter von g bis g1).

Abbildungen unten 295 (links) u. 296 (rechts): Grundton-Analyse von task g12 (Tonleiter von g1 bis g2).



Eigenes Instrument (I)

M11RR

Referenzinstrument (R)

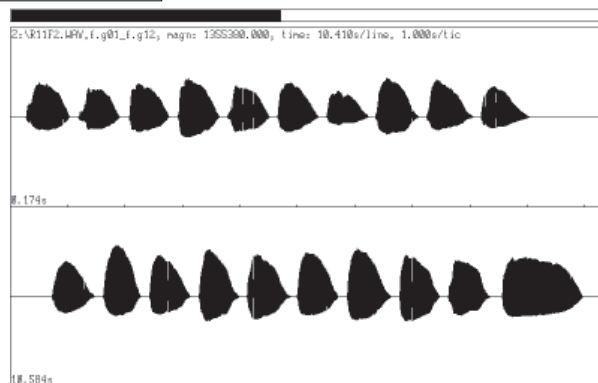
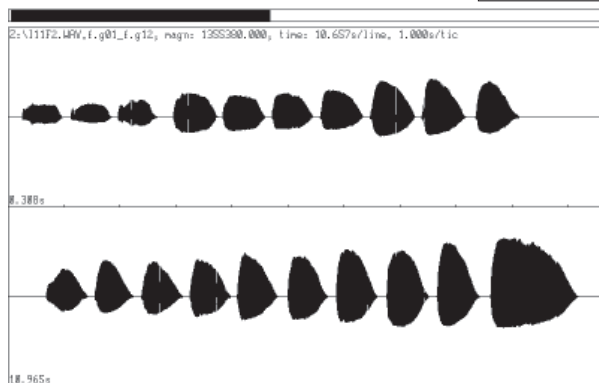


Abb. 297 (links) u. 298 (rechts): Zeitfunktionen von task g01 (oben) und g12 (unten). Nachfolgend Tab. 40.

Instr.	Spieler	a1=	A (dB)	F (Hz)	A (dB)	F (Hz)	A (dB)	F (Hz)	A (dB)	F (Hz)	A (dB)	F (Hz)	A (dB)	F (Hz)	A (dB)	F (Hz)	A (dB)	F (Hz)
			<i>g</i>	<i>g</i>	<i>a</i>	<i>a</i>	<i>h</i>	<i>h</i>	<i>c</i>	<i>c</i>	<i>d</i>	<i>d</i>	<i>e</i>	<i>e</i>	<i>fis</i>	<i>fis</i>	<i>g</i>	<i>g</i>
I	11	441,3	93,4	173,5	95,7	197,5	99,2	220,0	98,6	235,4	99,3	266,0	101,0	295,2	103,6	328,6	104,4	350,3
R	11	442,2	98,0	177,4	100,5	198,4	102,0	221,2	100,6	235,4	101,0	268,2	100,0	297,6	103,8	330,2	103,4	350,0
I	11	441,3	104,0	351,6	104,2	395,2	104,8	438,8	106,0	465,6	106,1	525,9	107,9	583,6	109,1	659,9	110,0	702,3
R	11	442,2	106,6	352,1	105,1	395,6	106,3	442,5	106,6	470,5	107,0	523,1	108,1	585,6	108,0	663,2	107,2	700,8

I11 Mittlere Amplitude ($\emptyset$) = 103,0 dB [Rang 27 / von 72]

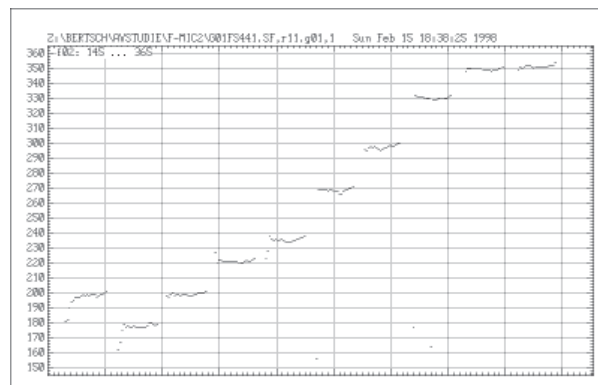
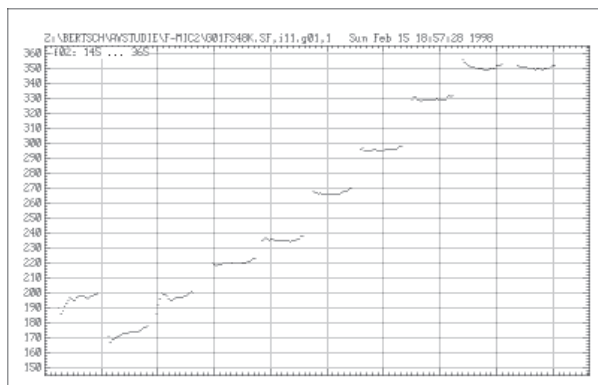
Mittlere Intonationsschwankung beim gehaltenen Ton ($\emptyset$) = 27 Cent [Rang 36 / von 72]

Mittlere Abweichung des Tonbeginns vom gehaltenen Wert = 3 Cent [Rang 12 / von 72]

R11 Mittlere Amplitude ($\emptyset$) = 104,0 dB [Rang 13 / von 72]

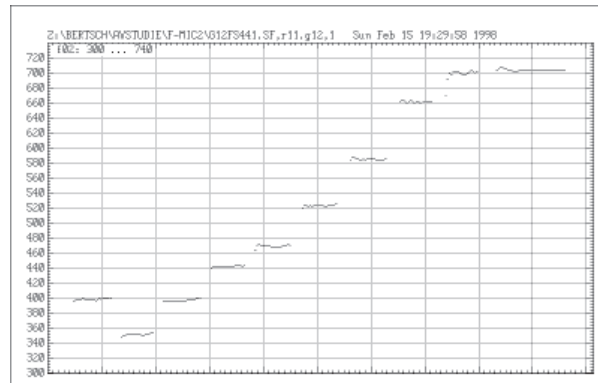
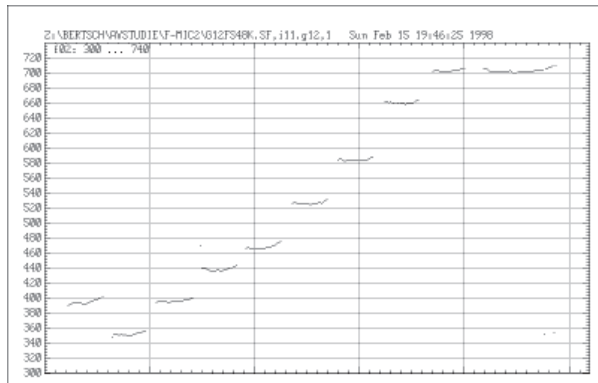
Mittlere Intonationsschwankung beim gehaltenen Ton ($\emptyset$) = 39 Cent [Rang 6 / von 72]

Mittlere Abweichung des Tonbeginns vom gehaltenen Wert = 29 Cent [Rang 65 / von 72]



Abbildungen oben 299 (links) u. 300 (rechts): Grundton-Analyse von task g01 (Tonleiter von g bis g1).

Abbildungen unten 301 (links) u. 302 (rechts): Grundton-Analyse von task g12 (Tonleiter von g1 bis g2).



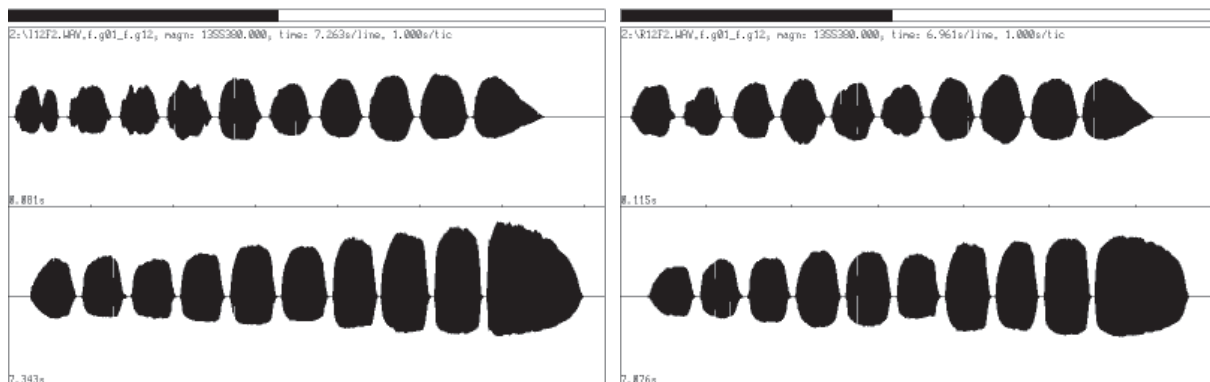


Abb. 303 (links) u. 304 (rechts): Zeitfunktionen von task q01 (oben) und q12 (unten). Nachfolgend Tab. 41.

Instr.	Spieler	a1=	A (dB) F (Hz)		A (dB) F (Hz)		A (dB) F (Hz)		A (dB) F (Hz)		A (dB) F (Hz)		A (dB) F (Hz)		A (dB) F (Hz)			
			g	g	a	a	h	h	c	c	d	d	e	e	fis	fis	g	g
I	12	439,7	100,0	175,6	100,7	197,8	102,5	217,8	103,2	232,0	102,3	265,5	104,1	296,4	105,4	328,9	105,4	348,5
R	12	442,0	100,0	175,9	102,0	197,4	103,3	218,5	102,7	232,8	102,3	265,5	104,4	297,8	105,8	328,3	104,4	351,0
I	12	439,7	105,0	349,3	105,2	395,9	107,0	440,0	108,1	465,0	108,0	523,0	110,3	586,8	111,6	663,8	112,2	702,7
R	12	442,0	104,8	351,4	105,9	398,0	107,6	443,2	107,8	470,7	107,4	525,7	110,0	586,8	110,9	664,7	111,8	704,4

I12 Mittlere Amplitude (Ø) = 105,7 dB [Rang 4 /von 72]

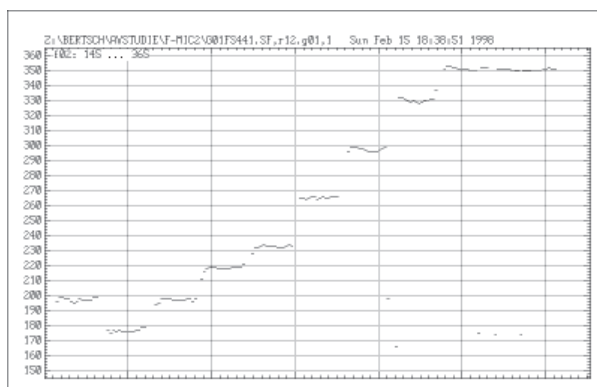
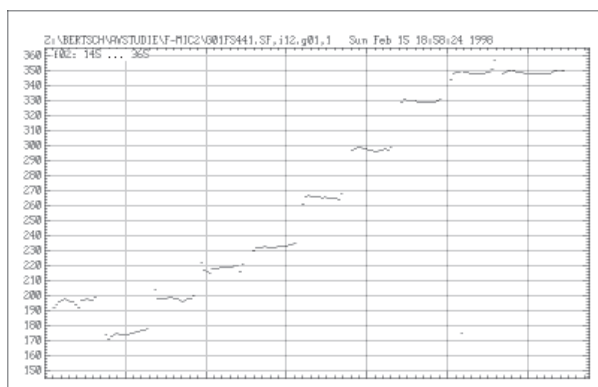
Mittlere Intonationsschwankung beim gehaltenen Ton (Ø) = 23 Cent [Rang 44 /von72]

Mittlere Abweichung des Tonbeginns vom gehaltenen Wert = 5 Cent [Rang 25 /von 72]

R12 Mittlere Amplitude ($\emptyset$) = 105,7 dB [Rang 3 / von 72]

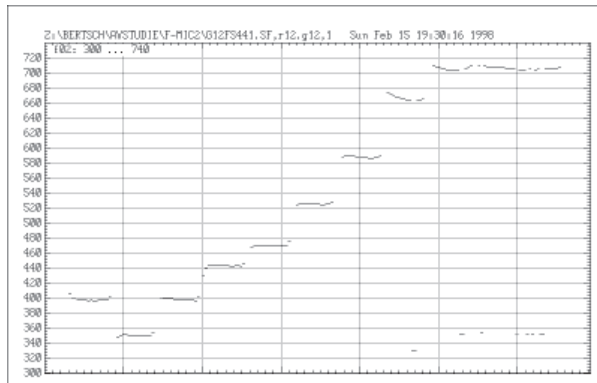
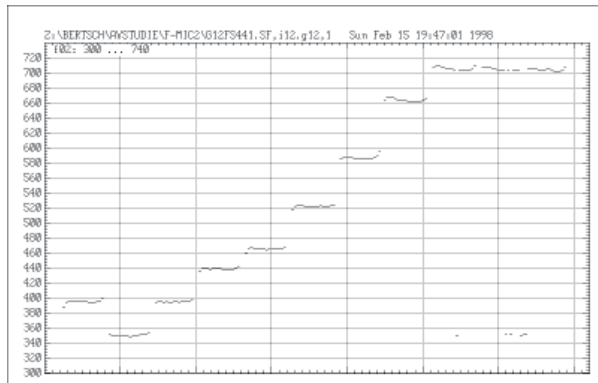
Mittlere Intonationsschwankung beim gehaltenen Ton (Ø) = 23 Cent [Rang 46 /von72]

Mittlere Abweichung des Tonbeginns vom gehaltenen Wert = 12 Cent [Rang 43 / von 72]



Abbildungen oben 305 (links) u. 306 (rechts): Grundton-Analyse von task g01 (Tonleiter von g bis g1).

Abbildungen unten 307 (links) u. 308 (rechts): Grundton-Analyse von task g12 (Tonleiter von g1 bis g2).



Eigenes Instrument (I)

M13FB

Referenzinstrument (R)

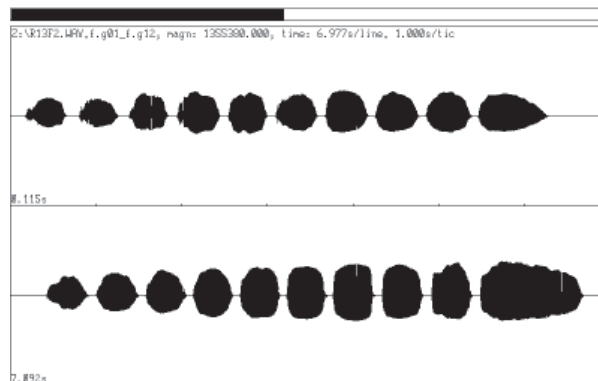
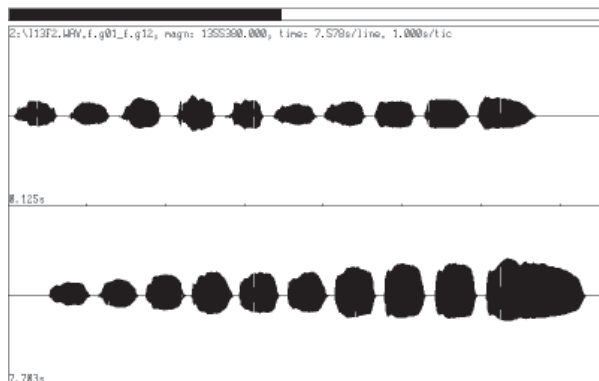


Abb. 309 (links) u. 310 (rechts): Zeitfunktionen von task g01 (oben) und g12 (unten). Nachfolgend Tab. 42.

Instr.	Spieler	a1=	A (dB)	F (Hz)	A (dB)	F (Hz)	A (dB)	F (Hz)	A (dB)	F (Hz)	A (dB)	F (Hz)	A (dB)	F (Hz)	A (dB)	F (Hz)	A (dB)	F (Hz)
			g	g	a	a	h	h	c	c	d	d	e	e	fis	fis	g	g
I	13	441,3	94,2	173,6	97,3	197,0	98,5	216,5	97,4	233,5	96,0	265,2	97,7	296,5	98,5	329,7	99,7	351,2
R	13	447,0	96,1	175,5	98,0	198,9	100,2	221,7	100,0	236,3	99,7	265,0	101,6	297,9	101,4	329,5	101,6	352,7
I	13	441,3	99,5	351,2	101,5	396,2	103,1	438,8	103,1	467,8	103,2	524,6	105,8	585,7	104,6	658,2	107,0	701,0
R	13	447,0	101,6	357,2	102,6	402,2	104,2	448,4	104,9	475,9	105,5	530,9	106,9	592,4	106,7	669,4	106,9	712,1

I13 Mittlere Amplitude ($\emptyset$) = 100,4 dB [Rang 50 / von 72]

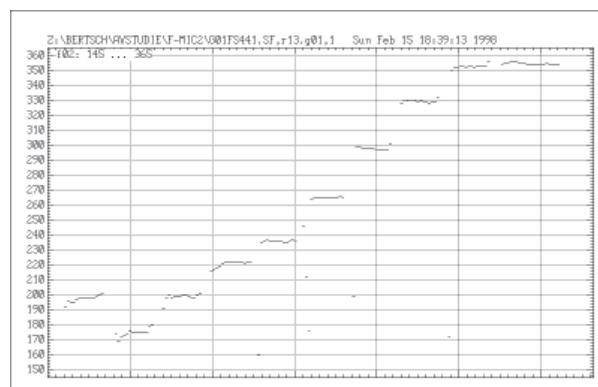
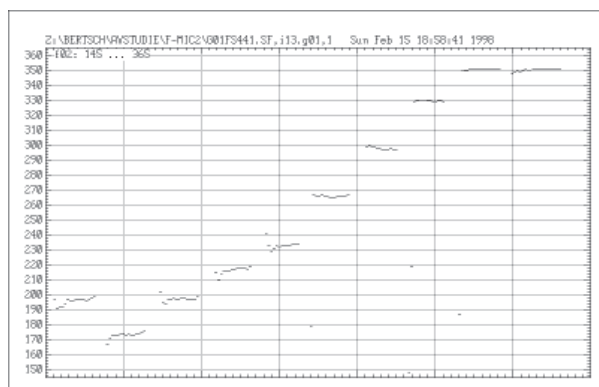
Mittlere Intonationsschwankung beim gehaltenen Ton ($\emptyset$) = 23 Cent [Rang 43 / von 72]

Mittlere Abweichung des Tonbeginns vom gehaltenen Wert = 8 Cent [Rang 28 / von 72]

R13 Mittlere Amplitude ($\emptyset$) = 102,4 dB [Rang 36 / von 72]

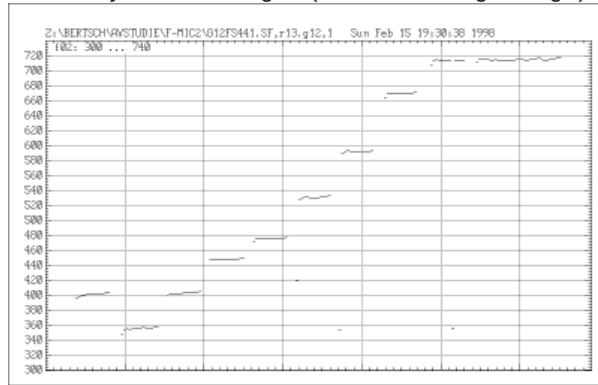
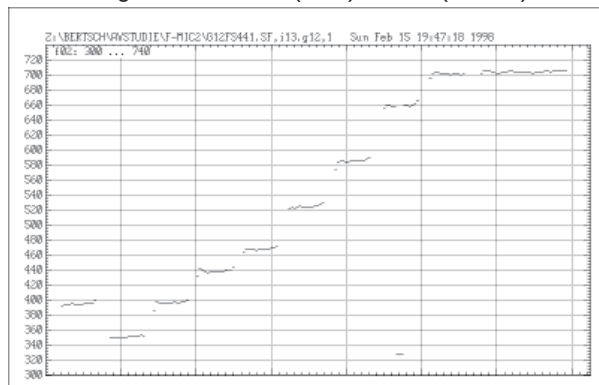
Mittlere Intonationsschwankung beim gehaltenen Ton ($\emptyset$) = 21 Cent [Rang 51 / von 72]

Mittlere Abweichung des Tonbeginns vom gehaltenen Wert = 20 Cent [Rang 56 / von 72]



Abbildungen oben 311 (links) u. 312 (rechts): Grundton-Analyse von task g01 (Tonleiter von g bis g1).

Abbildungen unten 313 (links) u. 314 (rechts): Grundton-Analyse von task g12 (Tonleiter von g1 bis g2).



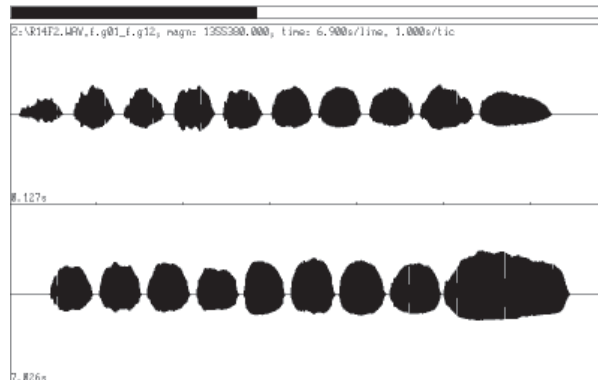
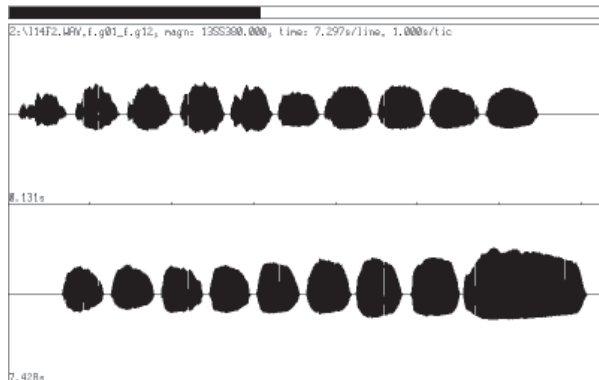


Abb. 315 (links) u. 316 (rechts): Zeitfunktionen von task g01 (oben) und g12 (unten). Nachfolgend Tab. 43.

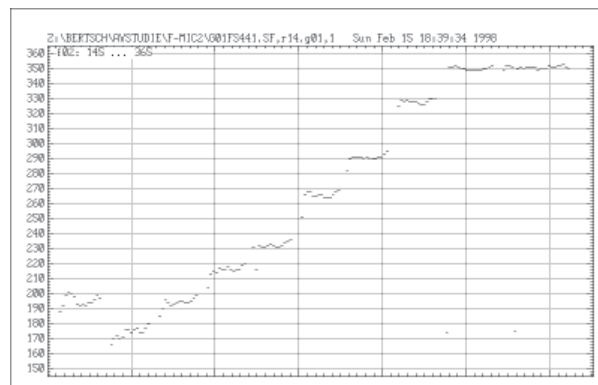
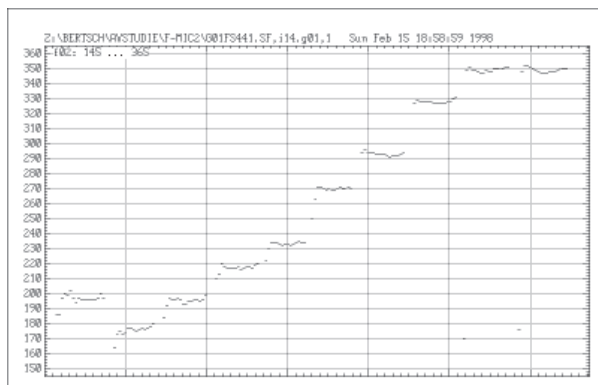
Instr.	Spieler	a1=	A (dB)	F (Hz)	A (dB)	F (Hz)	A (dB)	F (Hz)	A (dB)	F (Hz)	A (dB)	F (Hz)	A (dB)	F (Hz)	A (dB)	F (Hz)	A (dB)	F (Hz)
			<i>g</i>	<i>g</i>	<i>a</i>	<i>a</i>	<i>h</i>	<i>h</i>	<i>c</i>	<i>c</i>	<i>d</i>	<i>d</i>	<i>e</i>	<i>e</i>	<i>fis</i>	<i>fis</i>	<i>g</i>	<i>g</i>
I	14	439,5	99,5	177,6	100,2	193,7	101,3	216,1	100,8	231,8	99,1	269,4	101,9	293,1	102,0	327,0	102,0	347,7
R	14	439,5	99,0	176,0	99,0	194,5	99,1	216,5	99,1	231,7	100,2	265,5	100,8	290,5	101,1	327,5	102,0	349,3
I	14	439,5	102,7	350,0	103,1	396,4	103,8	439,1	104,5	463,4	105,7	518,0	106,5	586,4	107,2	659,0	108,7	704,4
R	14	439,5	103,4	349,5	103,8	395,9	102,4	440,9	104,8	467,2	105,6	521,0	105,7	580,0	105,5	668,8	108,4	704,8

I14 Mittlere Amplitude ($\emptyset$) = 103,1 dB [Rang 25 / von 72]Mittlere Intonationsschwankung beim gehaltenen Ton ($\emptyset$) = 25 Cent [Rang 38 / von 72]

Mittlere Abweichung des Tonbeginns vom gehaltenen Wert = 38 Cent [Rang 69 / von 72]

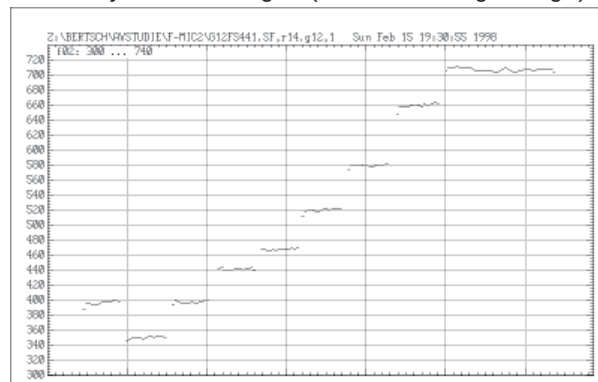
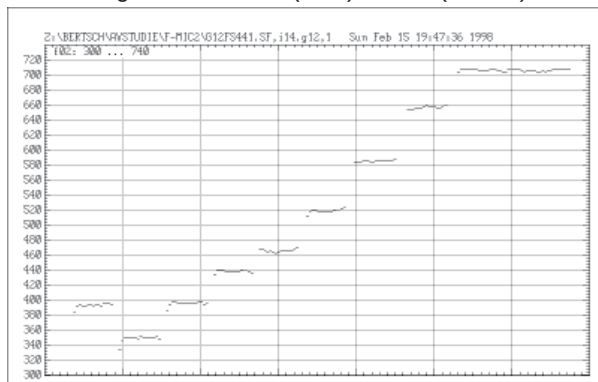
R14 Mittlere Amplitude ($\emptyset$) = 102,5 dB [Rang 33 / von 72]Mittlere Intonationsschwankung beim gehaltenen Ton ($\emptyset$) = 50 Cent [Rang 1 / von 72]

Mittlere Abweichung des Tonbeginns vom gehaltenen Wert = 31 Cent [Rang 67 / von 72]



Abbildungen oben 317 (links) u. 318 (rechts): Grundton-Analyse von task g01 (Tonleiter von g bis g1).

Abbildungen unten 319 (links) u. 320 (rechts): Grundton-Analyse von task g12 (Tonleiter von g1 bis g2).



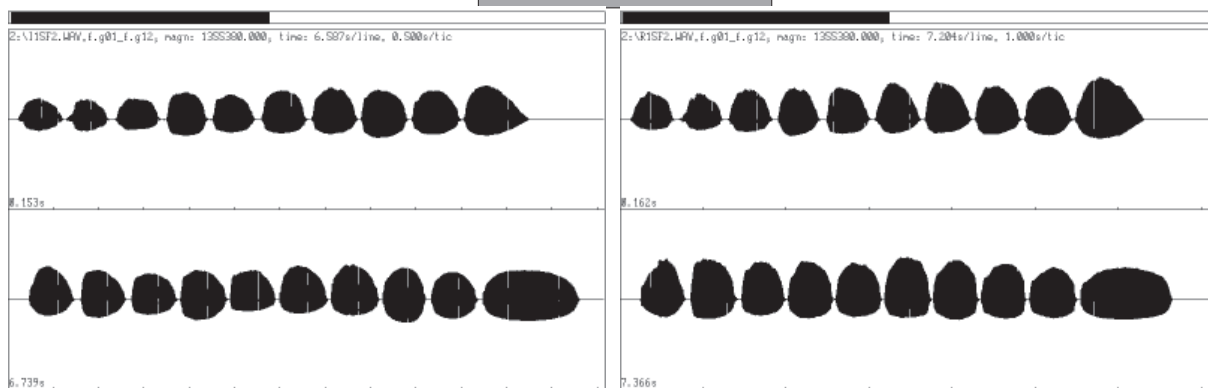


Abb. 321 (links) u. 322 (rechts): Zeitfunktionen von task g01 (oben) und g12 (unten). Nachfolgend Tab. 44.

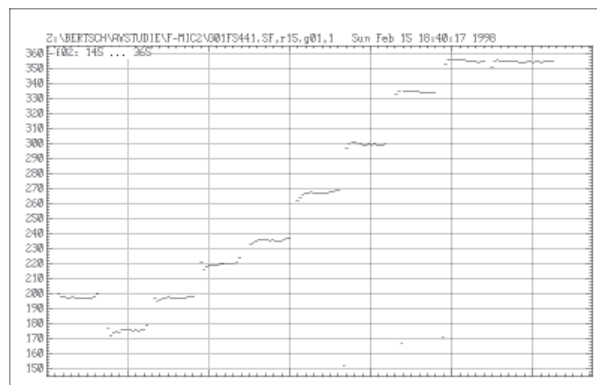
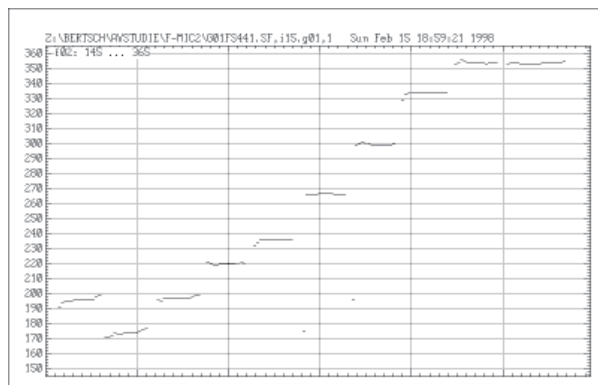
Instr.	Spieler	a1=	A (dB)	F (Hz)	A (dB)	F (Hz)	A (dB)	F (Hz)	A (dB)	F (Hz)	A (dB)	F (Hz)	A (dB)	F (Hz)	A (dB)	F (Hz)	A (dB)	F (Hz)
			<i>g</i>	<i>g</i>	<i>a</i>	<i>a</i>	<i>h</i>	<i>h</i>	<i>c</i>	<i>c</i>	<i>d</i>	<i>d</i>	<i>e</i>	<i>e</i>	<i>fis</i>	<i>fis</i>	<i>g</i>	<i>g</i>
I	15	445,7	96,7	173,7	97,4	197,2	100,3	219,7	99,9	236,0	101,3	266,4	103,0	299,5	103,0	333,9	102,5	353,8
R	15	446,4	98,3	176,2	100,3	197,3	101,5	218,9	101,7	235,8	102,6	267,6	103,3	299,3	103,4	335,2	104,2	355,4
I	15	445,7	103,2	354,4	102,7	398,8	104,5	444,8	103,3	472,9	105,1	526,6	106,1	590,8	106,5	666,1	105,7	710,3
R	15	446,4	105,5	353,9	104,7	400,7	105,8	446,2	105,7	474,6	107,1	530,5	107,5	593,1	106,8	669,1	106,3	709,9

I15 Mittlere Amplitude ($\emptyset$) = 102,6 dB [Rang 31 / von 72]Mittlere Intonationsschwankung beim gehaltenen Ton ($\emptyset$) = 14 Cent [Rang 72 / von 72]

Mittlere Abweichung des Tonbeginns vom gehaltenen Wert = 18 Cent [Rang 52 / von 72]

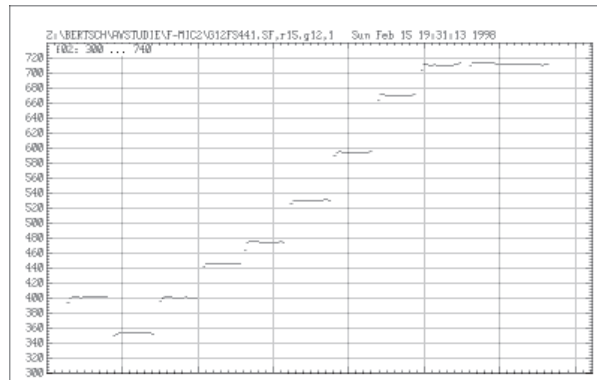
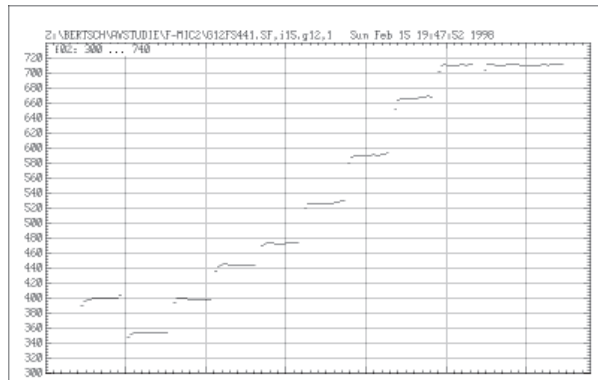
R15 Mittlere Amplitude ($\emptyset$) = 104,0 dB [Rang 11 / von 72]Mittlere Intonationsschwankung beim gehaltenen Ton ($\emptyset$) = 20 Cent [Rang 55 / von 72]

Mittlere Abweichung des Tonbeginns vom gehaltenen Wert = 17 Cent [Rang 49 / von 72]



Abbildungen oben 323 (links) u. 324 (rechts): Grundton-Analyse von task g01 (Tonleiter von g bis g1).

Abbildungen unten 325 (links) u. 326 (rechts): Grundton-Analyse von task g12 (Tonleiter von g1 bis g2).



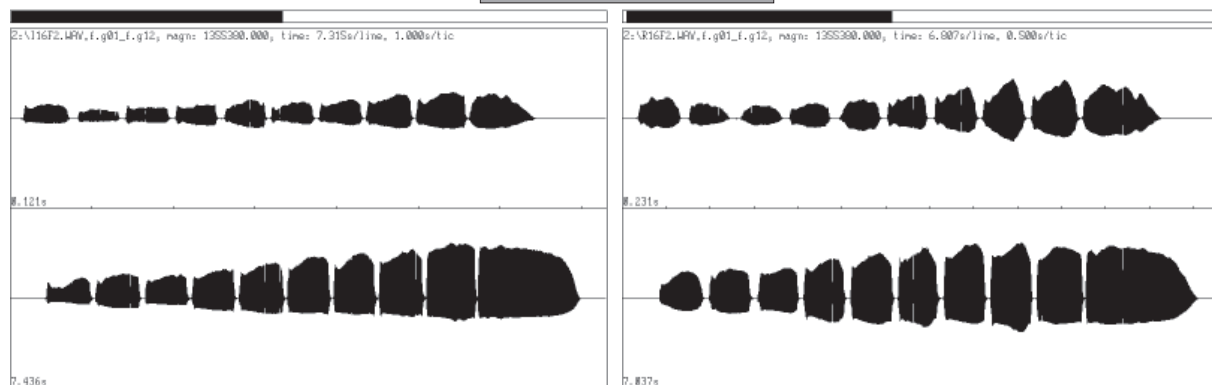


Abb. 327 (links) u. 328 (rechts): Zeitfunktionen von task g01 (oben) und g12 (unten). Nachfolgend Tab. 45.

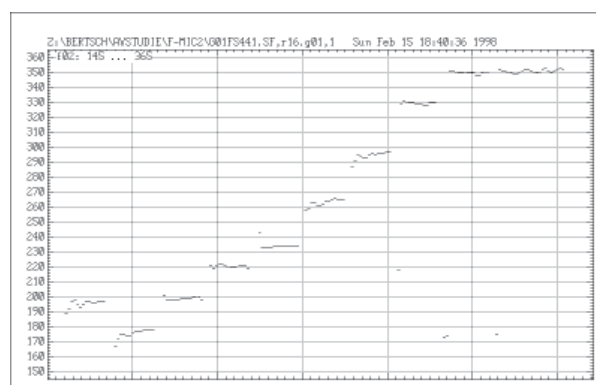
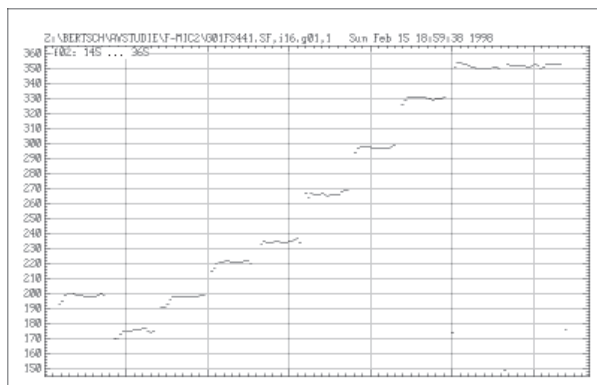
Instr.	Spieler	a1=	A (dB)	F (Hz)	A (dB)	F (Hz)	A (dB)	F (Hz)	A (dB)	F (Hz)	A (dB)	F (Hz)	A (dB)	F (Hz)	A (dB)	F (Hz)	A (dB)	F (Hz)
			<i>g</i>	<i>g</i>	<i>a</i>	<i>a</i>	<i>h</i>	<i>h</i>	<i>c</i>	<i>c</i>	<i>d</i>	<i>d</i>	<i>e</i>	<i>e</i>	<i>fis</i>	<i>fis</i>	<i>g</i>	<i>g</i>
I	16	443,4	89,8	175,0	92,8	197,8	95,6	221,5	97,5	233,9	96,8	267,0	98,7	296,5	100,7	329,6	101,8	350,3
R	16	441,2	93,8	173,7	94,1	198,9	95,9	220,3	98,0	234,2	99,4	265,1	101,2	295,7	104,9	328,0	104,7	348,1
I	16	443,4	101,2	353,9	101,5	397,4	103,5	442,1	105,1	470,0	106,7	530,4	107,3	590,8	108,5	664,4	109,8	707,5
R	16	441,2	103,2	351,7	104,0	400,1	106,3	441,5	107,6	466,9	108,7	521,6	109,2	585,4	110,5	660,3	110,3	704,8

I16 Mittlere Amplitude ($\emptyset$) = 101,1 dB [Rang 42 / von 72]Mittlere Intonationsschwankung beim gehaltenen Ton ($\emptyset$) = 25 Cent [Rang 39 / von 72]

Mittlere Abweichung des Tonbeginns vom gehaltenen Wert = 9 Cent [Rang 32 / von 72]

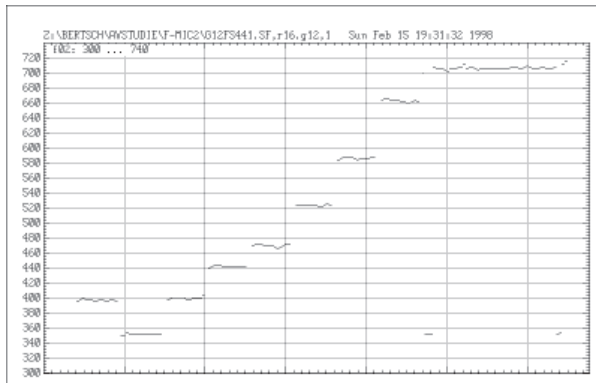
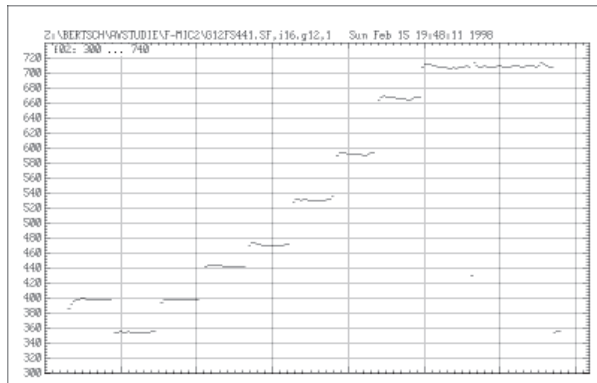
R16 Mittlere Amplitude ($\emptyset$) = 103,2 dB [Rang 19 / von 72]Mittlere Intonationsschwankung beim gehaltenen Ton ($\emptyset$) = 26 Cent [Rang 37 / von 72]

Mittlere Abweichung des Tonbeginns vom gehaltenen Wert = 3 Cent [Rang 20 / von 72]



Abbildungen oben 329 (links) u. 330 (rechts): Grundton-Analyse von task g01 (Tonleiter von g bis g1).

Abbildungen unten 331 (links) u. 332 (rechts): Grundton-Analyse von task g12 (Tonleiter von g1 bis g2).



Eigenes Instrument (I)

M17LL

Referenzinstrument (R)

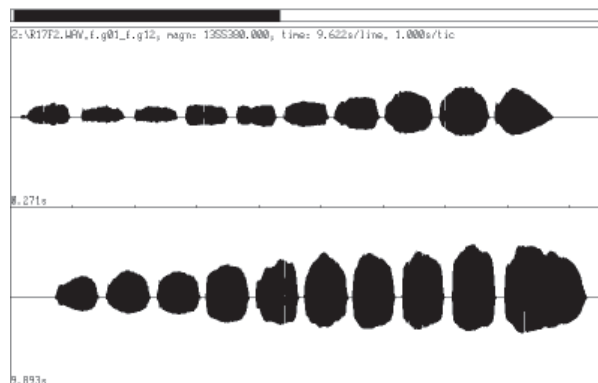


Abb. 333 (links) u. 334 (rechts): Zeitfunktionen von task g01 (oben) und g12 (unten). Nachfolgend Tab. 46.

Instr.	Spieler	a1=	A (dB)	F (Hz)	A (dB)	F (Hz)	A (dB)	F (Hz)	A (dB)	F (Hz)	A (dB)	F (Hz)	A (dB)	F (Hz)	A (dB)	F (Hz)	A (dB)	F (Hz)
			<i>g</i>	<i>g</i>	<i>a</i>	<i>a</i>	<i>h</i>	<i>h</i>	<i>c</i>	<i>c</i>	<i>d</i>	<i>d</i>	<i>e</i>	<i>e</i>	<i>fis</i>	<i>fis</i>	<i>g</i>	<i>g</i>
I	17	441,9	93,4	174,2	95,8	195,1	98,2	217,2	99,1	233,5	98,6	265,5	100,7	292,7	102,9	328,7	105,6	349,0
R	17	439,9	92,4	173,1	92,0	192,1	93,7	216,9	94,6	233,0	96,7	265,5	99,1	294,9	101,8	327,3	103,0	348,5
I	17	441,9	104,5	351,7	104,2	395,7	104,6	440,3	107,2	468,1	106,9	524,2	108,6	589,0	109,5	663,4	111,5	705,9
R	17	439,9	102,2	351,3	102,3	398,0	105,3	441,5	106,4	465,5	107,7	522,6	108,6	584,1	107,0	658,8	110,2	700,0

I17 Mittlere Amplitude ($\emptyset$) = 103,2 dB [Rang 20 / von 72]

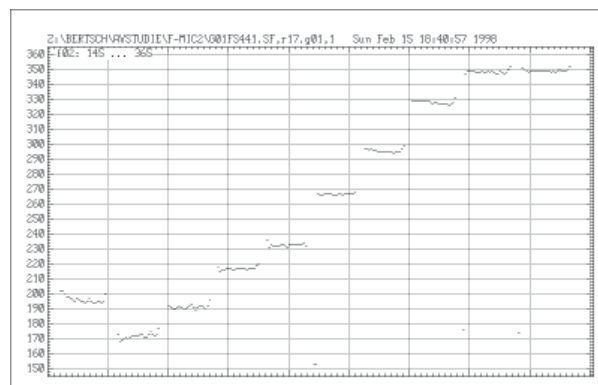
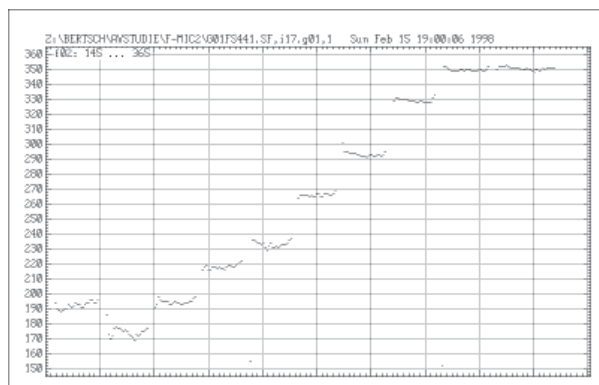
Mittlere Intonationsschwankung beim gehaltenen Ton ($\emptyset$) = 30 Cent [Rang 19 / von 72]

Mittlere Abweichung des Tonbeginns vom gehaltenen Wert = 11 Cent [Rang 5 / von 72]

R17 Mittlere Amplitude ($\emptyset$) = 101,4 dB [Rang 39 / von 72]

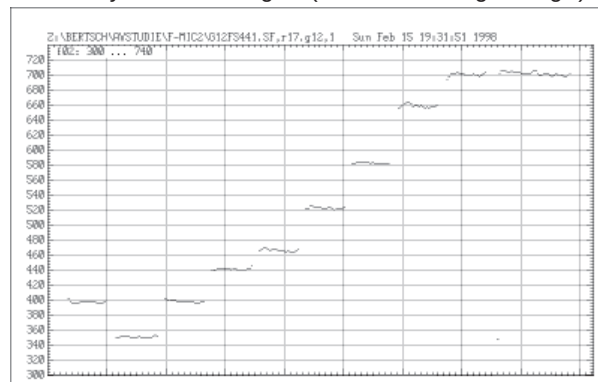
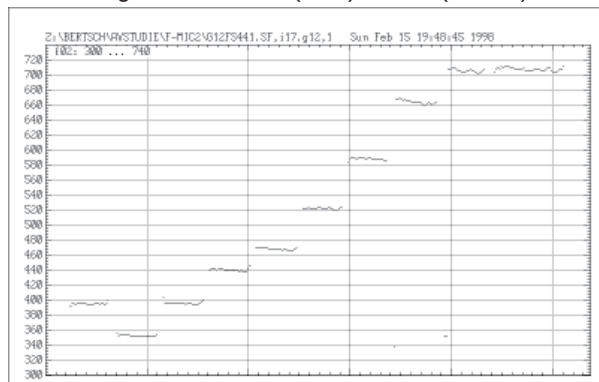
Mittlere Intonationsschwankung beim gehaltenen Ton ($\emptyset$) = 24 Cent [Rang 42 / von 72]

Mittlere Abweichung des Tonbeginns vom gehaltenen Wert = 3 Cent [Rang 11 / von 72]



Abbildungen oben 335 (links) u. 336 (rechts): Grundton-Analyse von task g01 (Tonleiter von g bis g1).

Abbildungen unten 337 (links) u. 338 (rechts): Grundton-Analyse von task g12 (Tonleiter von g1 bis g2).



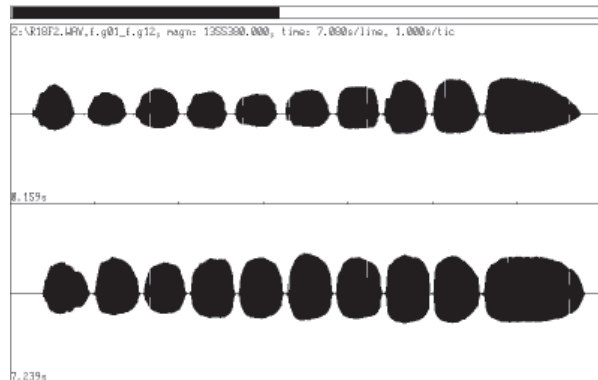
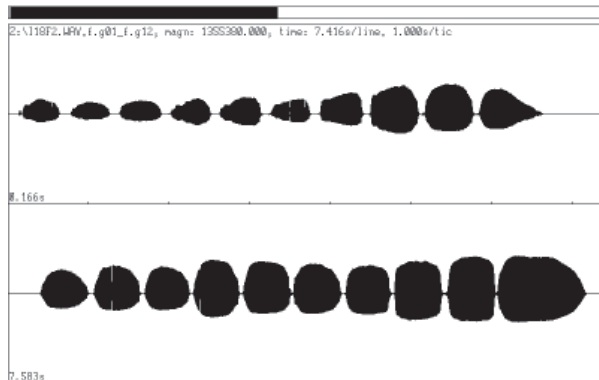


Abb. 339 (links) u. 340 (rechts): Zeitfunktionen von task g01 (oben) und g12 (unten). Nachfolgend Tab. 47.

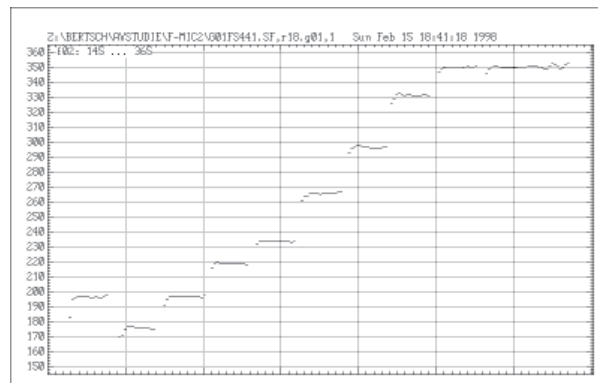
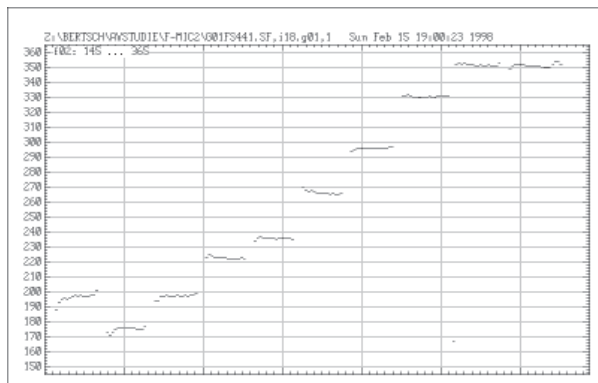
Instr.	Spieler	a1=	A (dB)	F (Hz)	A (dB)	F (Hz)	A (dB)	F (Hz)	A (dB)	F (Hz)	A (dB)	F (Hz)	A (dB)	F (Hz)	A (dB)	F (Hz)	A (dB)	F (Hz)
			<i>g</i>	<i>g</i>	<i>a</i>	<i>a</i>	<i>h</i>	<i>h</i>	<i>c</i>	<i>c</i>	<i>d</i>	<i>d</i>	<i>e</i>	<i>e</i>	<i>fis</i>	<i>fis</i>	<i>g</i>	<i>g</i>
I	18	444,8	92,0	176,4	93,3	197,5	96,1	221,8	97,0	235,4	96,2	265,7	99,0	295,9	102,7	329,7	102,7	351,0
R	18	443,5	97,2	176,2	99,0	196,8	98,4	219,3	98,2	234,0	99,5	265,6	101,2	297,2	103,7	331,0	103,7	350,0
I	18	444,8	102,3	352,7	102,4	397,0	105,0	443,2	104,8	469,2	104,6	531,3	105,4	595,3	107,1	673,0	108,2	713,2
R	18	443,5	104,5	352,0	103,9	397,7	105,8	444,4	106,2	472,9	106,9	528,9	106,8	589,7	108,0	666,9	108,3	708,8

I18 Mittlere Amplitude ($\emptyset$) = 101,2 dB [Rang 41 / von 72]Mittlere Intonationsschwankung beim gehaltenen Ton ($\emptyset$) = 17 Cent [Rang 66 / von 72]

Mittlere Abweichung des Tonbeginns vom gehaltenen Wert = 14 Cent [Rang 46 / von 72]

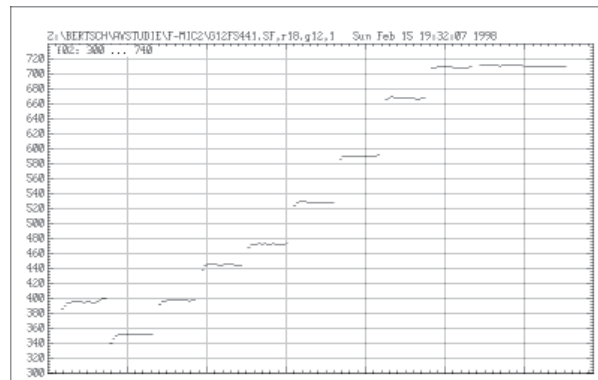
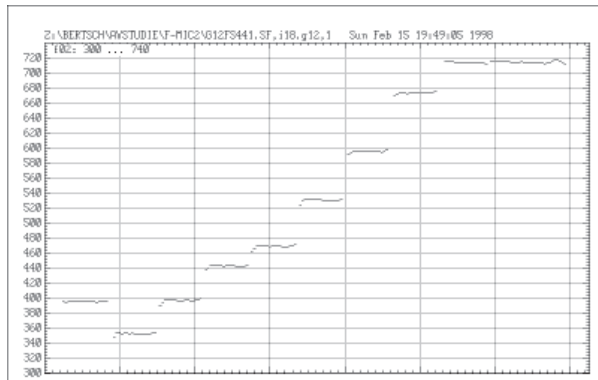
R18 Mittlere Amplitude ($\emptyset$) = 103,2 dB [Rang 20 / von 72]Mittlere Intonationsschwankung beim gehaltenen Ton ($\emptyset$) = 28 Cent [Rang 28 / von 72]

Mittlere Abweichung des Tonbeginns vom gehaltenen Wert = 25 Cent [Rang 62 / von 72]



Abbildungen oben 341 (links) u. 342 (rechts): Grundton-Analyse von task g01 (Tonleiter von g bis g1).

Abbildungen unten 343 (links) u. 344 (rechts): Grundton-Analyse von task g12 (Tonleiter von g1 bis g2).



Eigenes Instrument (I)

M19AL

Referenzinstrument (R)

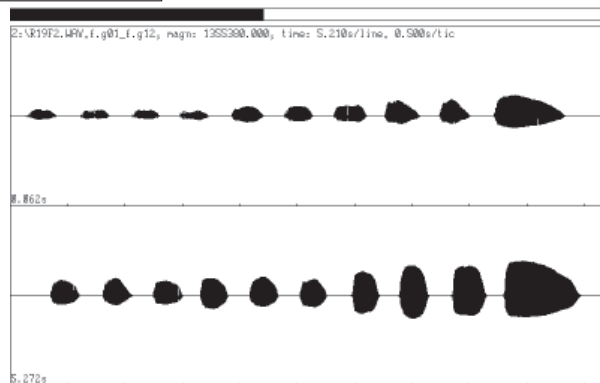
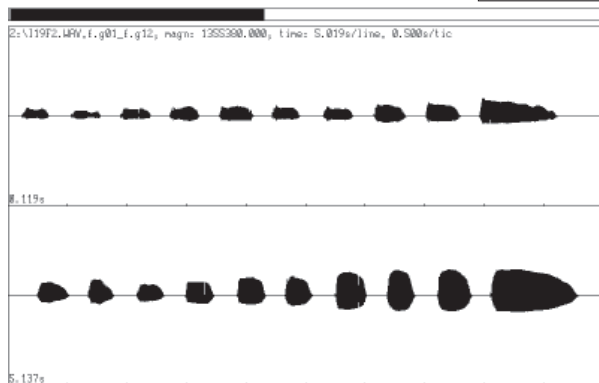


Abb. 345 (links) u. 346 (rechts): Zeitfunktionen von task g01 (oben) und g12 (unten). Nachfolgend Tab. 48.

Instr.	Spieler	a1=	A (dB)	F (Hz)	A (dB)	F (Hz)	A (dB)	F (Hz)	A (dB)	F (Hz)	A (dB)	F (Hz)	A (dB)	F (Hz)	A (dB)	F (Hz)	A (dB)	F (Hz)
			g	g	a	a	h	h	c	c	d	d	e	e	fis	fis	g	g
I	19	442,3	87,0	167,5	88,9	193,3	91,6	220,4	91,7	235,2	91,5	268,4	92,0	301,1	95,2	335,8	95,3	352,6
R	19	440,2	86,7	174,2	87,7	192,4	88,0	221,6	92,3	234,2	93,0	266,0	94,0	297,3	97,0	330,9	97,4	348,2
I	19	442,3	97,5	356,6	95,1	400,4	97,2	442,8	98,9	464,9	99,5	518,9	102,0	584,2	104,0	657,4	104,0	698,7
R	19	440,2	98,6	349,8	98,0	394,8	100,2	441,7	100,4	465,4	100,5	524,3	104,1	583,8	106,1	661,2	106,1	703,5

I19 Mittlere Amplitude ($\emptyset$) = 95,7 dB [Rang 67 / von 72]

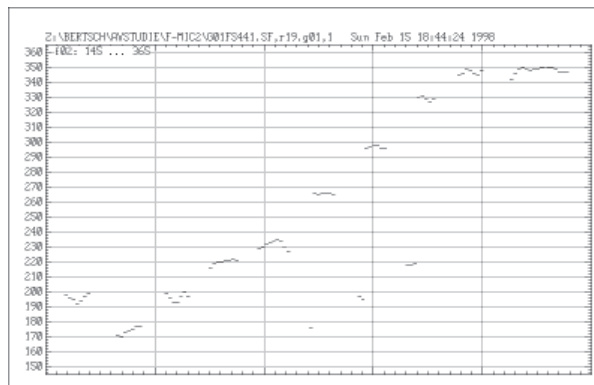
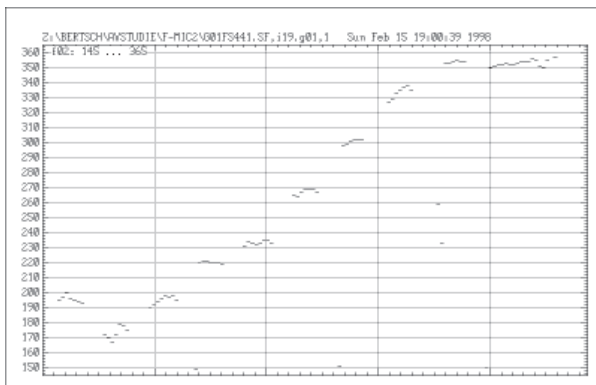
Mittlere Intonationsschwankung beim gehaltenen Ton ($\emptyset$) = 41 Cent [Rang 3 / von 72]

Mittlere Abweichung des Tonbeginns vom gehaltenen Wert = 47 Cent [Rang 72 / von 72]

R19 Mittlere Amplitude ($\emptyset$) = 96,9 dB [Rang 64 / von 72]

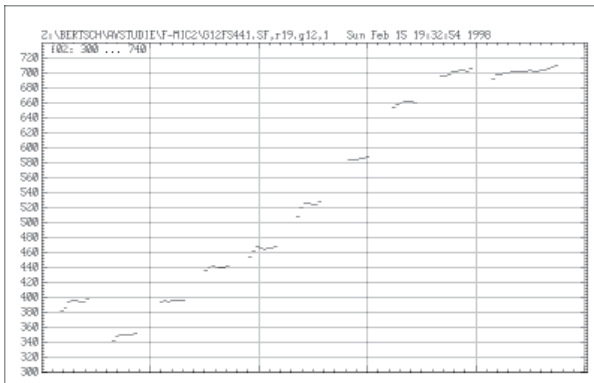
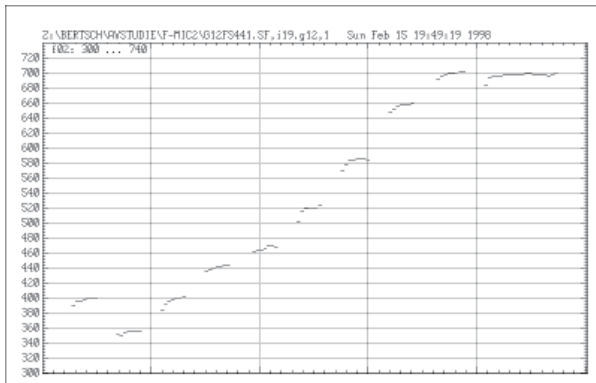
Mittlere Intonationsschwankung beim gehaltenen Ton ($\emptyset$) = 28 Cent [Rang 25 / von 72]

Mittlere Abweichung des Tonbeginns vom gehaltenen Wert = 33 Cent [Rang 68 / von 72]



Abbildungen oben 347 (links) u. 348 (rechts): Grundton-Analyse von task g01 (Tonleiter von g bis g1).

Abbildungen unten 349 (links) u. 350 (rechts): Grundton-Analyse von task g12 (Tonleiter von g1 bis g2).



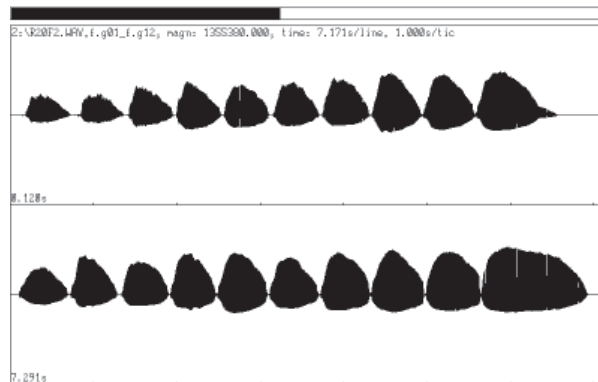
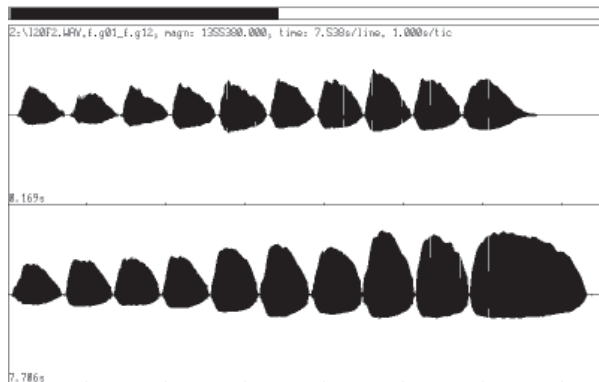


Abb. 351 (links) u. 352 (rechts): Zeitfunktionen von task g01 (oben) und g12 (unten). Nachfolgend Tab. 49.

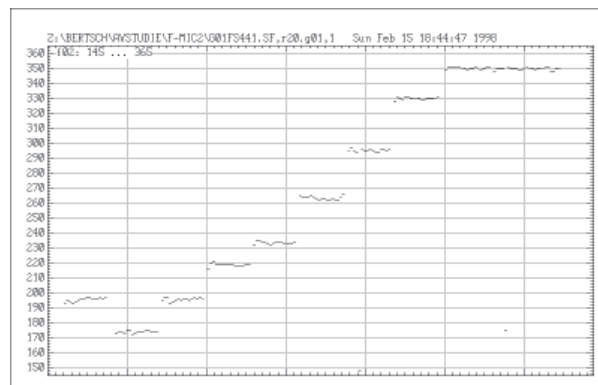
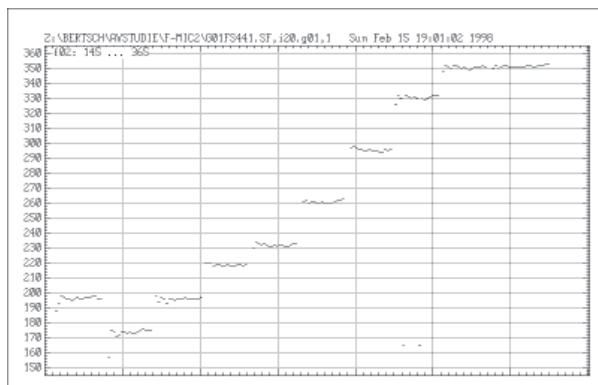
Instr.	Spieler	a1=	A (dB)	F (Hz)	A (dB)	F (Hz)	A (dB)	F (Hz)	A (dB)	F (Hz)	A (dB)	F (Hz)	A (dB)	F (Hz)	A (dB)	F (Hz)	A (dB)	F (Hz)
			<i>g</i>	<i>g</i>	<i>a</i>	<i>a</i>	<i>h</i>	<i>h</i>	<i>c</i>	<i>c</i>	<i>d</i>	<i>d</i>	<i>e</i>	<i>e</i>	<i>fis</i>	<i>fis</i>	<i>g</i>	<i>g</i>
I	20	441,5	95,8	173,8	98,7	193,6	100,0	218,6	101,3	231,8	101,6	261,2	102,2	296,2	103,7	329,5	103,7	351,8
R	20	443,8	95,7	172,3	98,4	193,2	100,5	219,4	99,8	234,0	101,2	262,0	101,5	293,8	104,5	329,6	104,2	350,7
I	20	441,5	102,6	350,4	103,2	395,7	104,5	441,1	106,3	468,0	107,0	526,0	107,8	590,5	110,2	662,0	109,9	702,9
R	20	443,8	103,6	350,5	102,8	397,8	105,0	443,9	105,9	472,6	105,0	526,2	106,4	592,2	107,6	669,0	107,6	710,9

I20 Mittlere Amplitude ($\emptyset$) = 103,7 dB [Rang 16 / von 72]Mittlere Intonationsschwankung beim gehaltenen Ton ($\emptyset$) = 18 Cent [Rang 64 / von 72]

Mittlere Abweichung des Tonbeginns vom gehaltenen Wert = 25 Cent [Rang 63 / von 72]

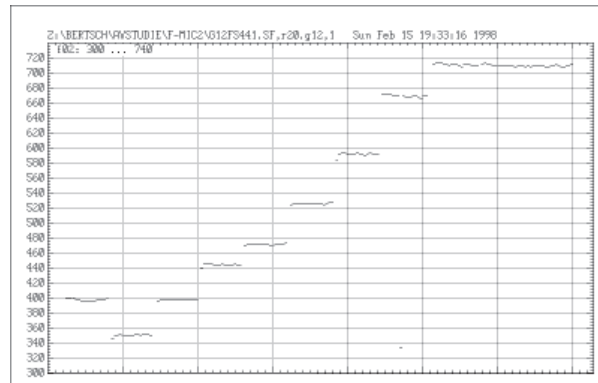
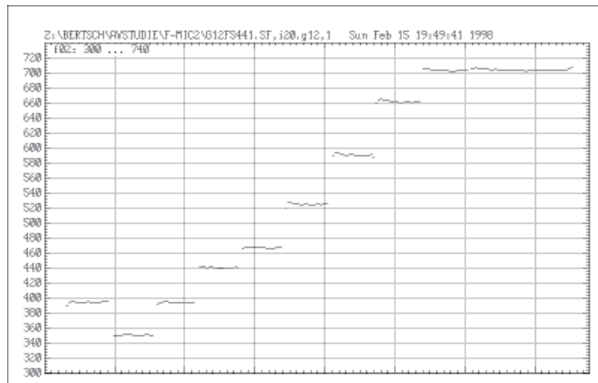
R20 Mittlere Amplitude ($\emptyset$) = 103,1 dB [Rang 23 / von 72]Mittlere Intonationsschwankung beim gehaltenen Ton ($\emptyset$) = 20 Cent [Rang 59 / von 72]

Mittlere Abweichung des Tonbeginns vom gehaltenen Wert = 9 Cent [Rang 30 / von 72]



Abbildungen oben 353 (links) u. 354 (rechts): Grundton-Analyse von task g01 (Tonleiter von g bis g1).

Abbildungen unten 355 (links) u. 356 (rechts): Grundton-Analyse von task g12 (Tonleiter von g1 bis g2).



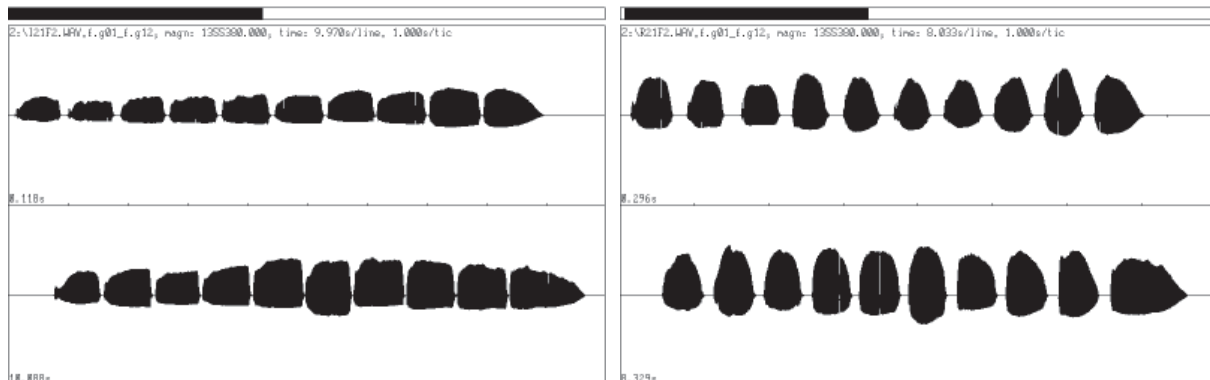


Abb. 357 (links) u. 358 (rechts): Zeitfunktionen von task g01 (oben) und g12 (unten). Nachfolgend Tab. 50.

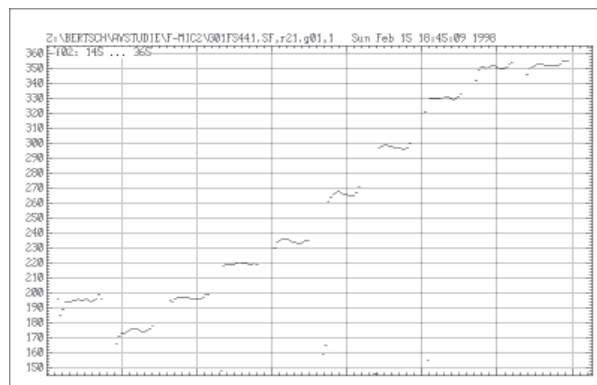
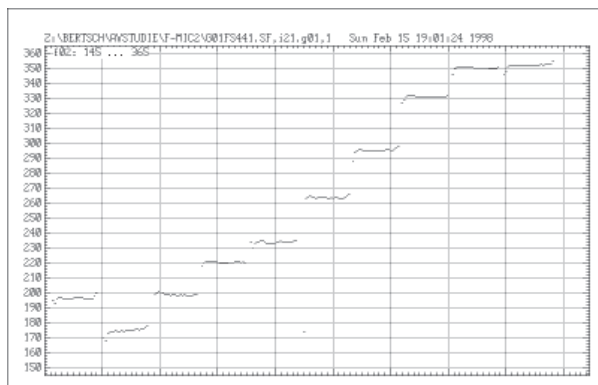
Instr.	Spieler	a1=	A (dB)	F (Hz)	A (dB)	F (Hz)	A (dB)	F (Hz)	A (dB)	F (Hz)	A (dB)	F (Hz)	A (dB)	F (Hz)	A (dB)	F (Hz)	A (dB)	F (Hz)
			<i>g</i>	<i>g</i>	<i>a</i>	<i>a</i>	<i>h</i>	<i>h</i>	<i>c</i>	<i>c</i>	<i>d</i>	<i>d</i>	<i>e</i>	<i>e</i>	<i>fis</i>	<i>fis</i>	<i>g</i>	<i>g</i>
I	21	444,1	94,0	174,7	95,9	198,5	97,0	219,8	98,0	233,1	98,3	263,4	100,0	294,8	100,6	330,8	102,4	350,2
R	21	445,5	100,3	175,2	99,7	196,9	102,5	219,4	102,2	236,2	102,7	267,4	102,7	297,8	104,3	330,4	106,1	351,2
I	21	444,1	102,0	354,9	100,4	400,2	103,1	444,0	104,8	470,9	105,8	530,3	106,0	593,0	106,3	670,2	105,9	710,6
R	21	445,5	106,2	353,3	105,2	401,1	106,4	447,2	106,5	472,3	108,5	531,1	106,6	593,4	107,6	667,8	108,0	713,0

I21 Mittlere Amplitude ($\emptyset$) = 101,3 dB [Rang 40 / von 72]Mittlere Intonationsschwankung beim gehaltenen Ton ($\emptyset$) = 16 Cent [Rang 68 / von 72]

Mittlere Abweichung des Tonbeginns vom gehaltenen Wert = 11 Cent [Rang 41 / von 72]

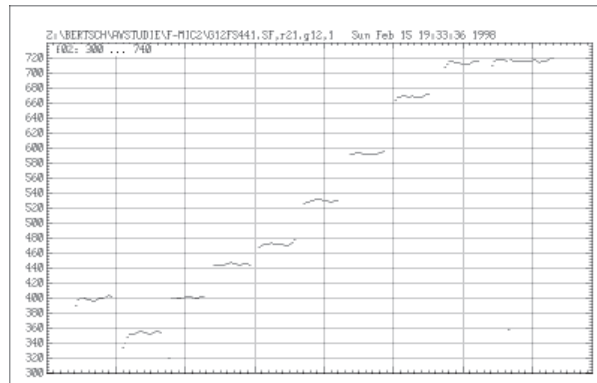
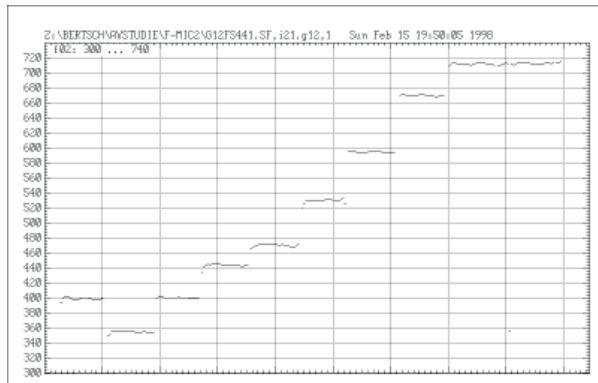
R21 Mittlere Amplitude ($\emptyset$) = 104,7 dB [Rang 7 / von 72]Mittlere Intonationsschwankung beim gehaltenen Ton ($\emptyset$) = 42 Cent [Rang 2 / von 72]

Mittlere Abweichung des Tonbeginns vom gehaltenen Wert = 40 Cent [Rang 70 / von 72]



Abbildungen oben 359 (links) u. 360 (rechts): Grundton-Analyse von task g01 (Tonleiter von g bis g1).

Abbildungen unten 361 (links) u. 362 (rechts): Grundton-Analyse von task g12 (Tonleiter von g1 bis g2).



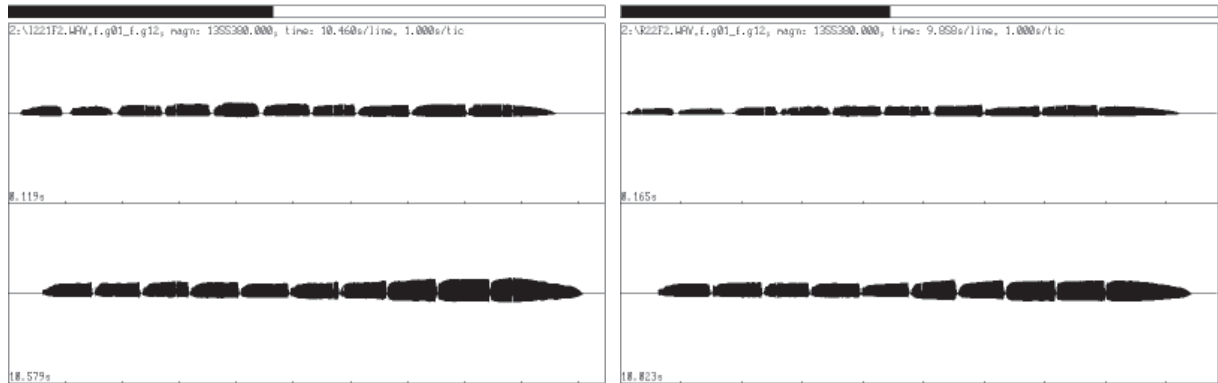


Abb. 363 (links) u. 364 (rechts): Zeitfunktionen von task g01 (oben) und g12 (unten). Nachfolgend Tab. 51.

Instr.	Spieler	a1=	A (dB) F (Hz)		A (dB) F (Hz)		A (dB) F (Hz)		A (dB) F (Hz)		A (dB) F (Hz)		A (dB) F (Hz)		A (dB) F (Hz)		A (dB) F (Hz)	
			g	g	a	a	h	h	c	c	d	d	e	e	fis	fis	g	g
R	22	443,0	85,6	175,8	88,1	175,7	89,8	219,2	89,4	231,2	90,7	265,0	91,7	297,0	91,3	330,8	93,0	351,0
I	22(1)	443,3	88,8	175,0	91,1	197,2	91,8	219,3	93,2	232,0	93,0	263,3	93,0	297,7	92,7	333,3	93,9	352,0
R	22	443,0	94,8	353,0	94,8	398,5	95,6	446,0	95,2	472,4	98,0	525,9	98,2	589,0	98,7	666,6	99,4	710,0
I	22(1)	443,3	94,6	354,6	96,0	396,2	96,0	444,6	95,5	470,5	96,0	528,8	97,4	589,9	99,3	666,1	100,3	707,1

R22 Mittlere Amplitude (Ø) = 93,4 dB [Rang 72 /von 72]

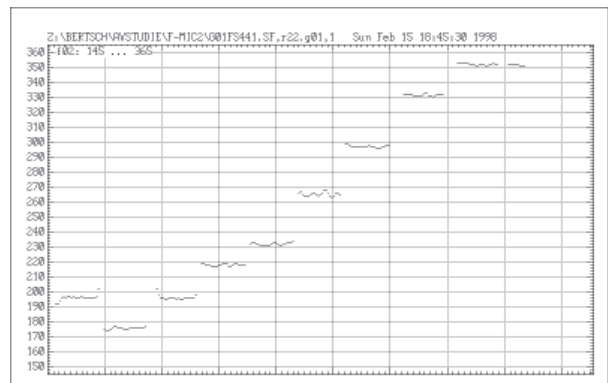
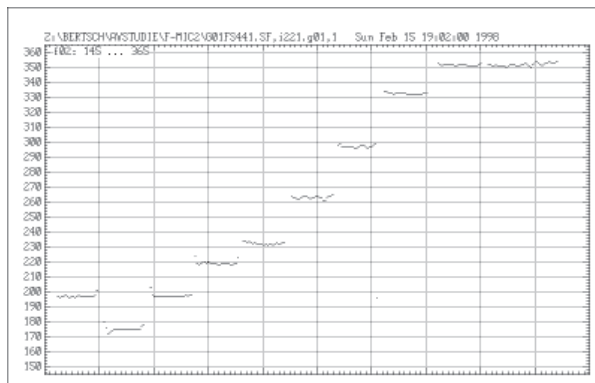
Mittlere Intonationsschwankung beim gehaltenen Ton (Ø) = 20 Cent [Rang 58 /von72]

Mittlere Abweichung des Tonbeginns vom gehaltenen Wert = 14 Cent [Rang 1 /von 72]

I22(1) Mittlere Amplitude (Ø) = 94,5 dB [Rang 71 / von 72]

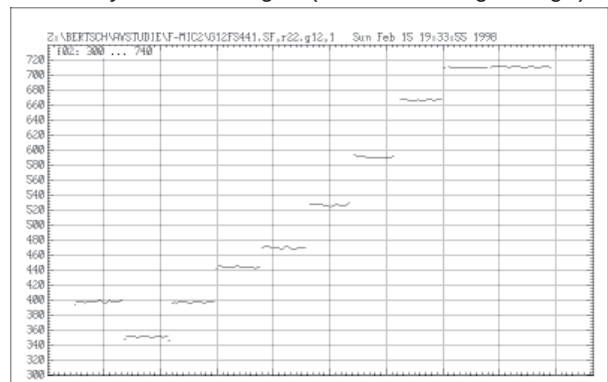
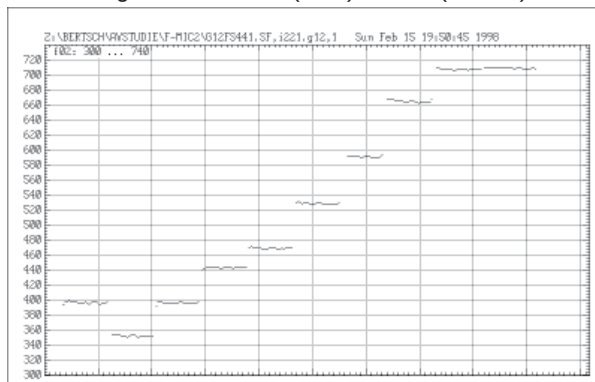
Mittlere Intonationsschwankung beim gehaltenen Ton (Ø) = 14 Cent [Rang 70 /von72]

Mittlere Abweichung des Tonbeginns vom gehaltenen Wert = 10 Cent [Rang 6 /von 72]



Abbildungen oben 365 (links) u. 366 (rechts): Grundton-Analyse von task g01 (Tonleiter von g bis g1).

Abbildungen unten 367 (links) u. 368 (rechts): Grundton-Analyse von task g12 (Tonleiter von g1 bis g2).



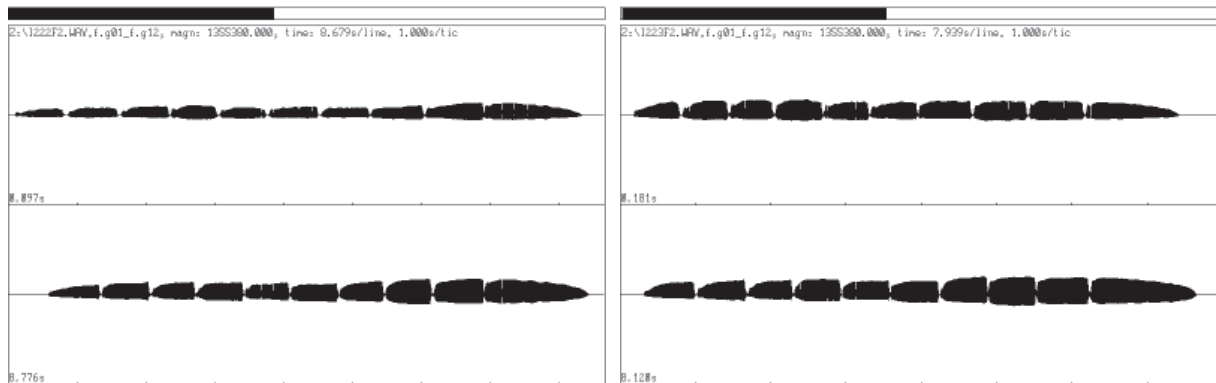


Abb. 369 (links) u. 370 (rechts): Zeitfunktionen von task g01 (oben) und g12 (unten). Nachfolgend Tab. 52.

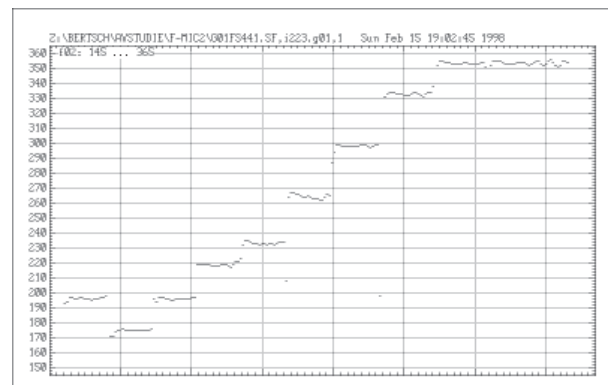
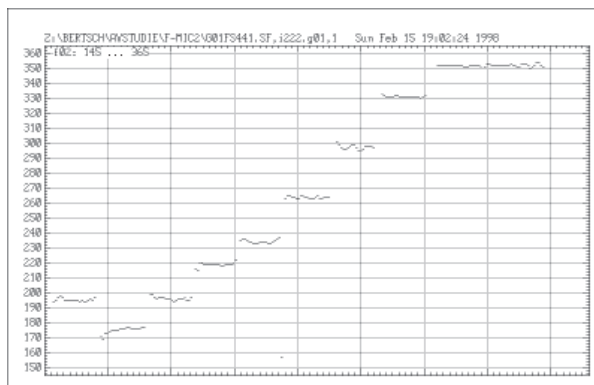
Instr.	Spieler	a1=	A (dB)	F (Hz)	A (dB)	F (Hz)	A (dB)	F (Hz)	A (dB)	F (Hz)	A (dB)	F (Hz)	A (dB)	F (Hz)	A (dB)	F (Hz)	A (dB)	F (Hz)
			<i>g</i>	<i>g</i>	<i>a</i>	<i>a</i>	<i>h</i>	<i>h</i>	<i>c</i>	<i>c</i>	<i>d</i>	<i>d</i>	<i>e</i>	<i>e</i>	<i>fis</i>	<i>fis</i>	<i>g</i>	<i>g</i>
I	22(2)	443,7	88,6	175,6	90,6	196,4	92,0	218,6	90,6	233,9	91,9	264,6	91,8	298,9	94,2	330,3	96,1	351,0
I	22(3)	445,0	93,7	175,1	95,0	196,2	95,5	219,3	94,2	232,9	94,7	263,1	95,9	298,4	96,5	333,5	97,0	354,2
I	22(2)	443,7	95,2	355,1	95,8	396,4	96,8	442,0	96,5	469,6	97,0	527,4	98,6	591,1	100,3	663,9	100,7	706,5
I	22(3)	445,0	96,8	354,8	96,6	398,0	98,4	444,7	97,8	470,6	98,3	527,8	101,1	594,8	101,6	668,0	101,1	710,4

I22(2) Mittlere Amplitude ($\emptyset$) = 94,8 dB [Rang 70 / von 72]Mittlere Intonationsschwankung beim gehaltenen Ton ($\emptyset$) = 20 Cent [Rang 54 / von 72]

Mittlere Abweichung des Tonbeginns vom gehaltenen Wert = 3 Cent [Rang 18 / von 72]

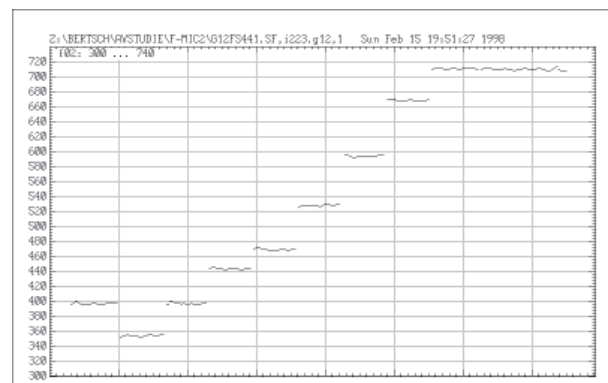
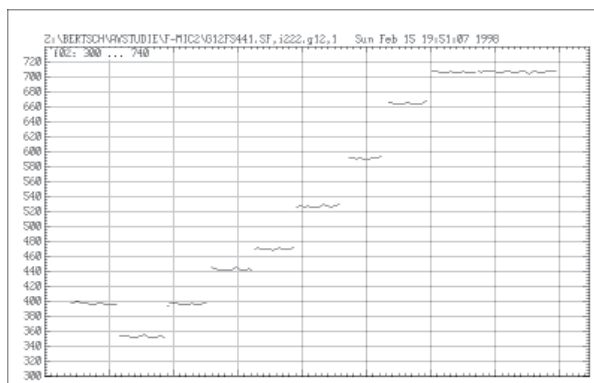
I22(3) Mittlere Amplitude ($\emptyset$) = 97,1 dB [Rang 63 / von 72]Mittlere Intonationsschwankung beim gehaltenen Ton ($\emptyset$) = 19 Cent [Rang 62 / von 72]

Mittlere Abweichung des Tonbeginns vom gehaltenen Wert = 9 Cent [Rang 33 / von 72]



Abbildungen oben 371 (links) u. 372 (rechts): Grundton-Analyse von task g01 (Tonleiter von g bis g1).

Abbildungen unten 373 (links) u. 374 (rechts): Grundton-Analyse von task g12 (Tonleiter von g1 bis g2).



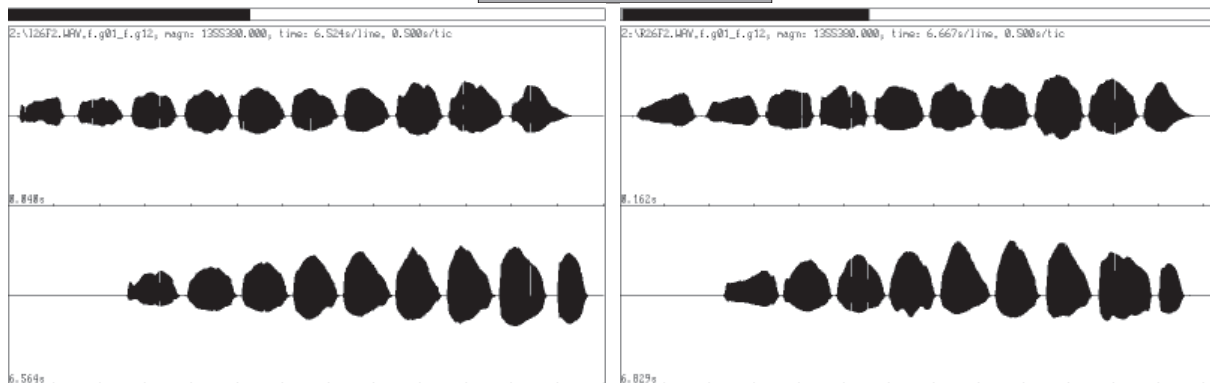


Abb. 393 (links) u. 394 (rechts): Zeitfunktionen von task g01 (oben) und g12 (unten). Nachfolgend Tab. 56.

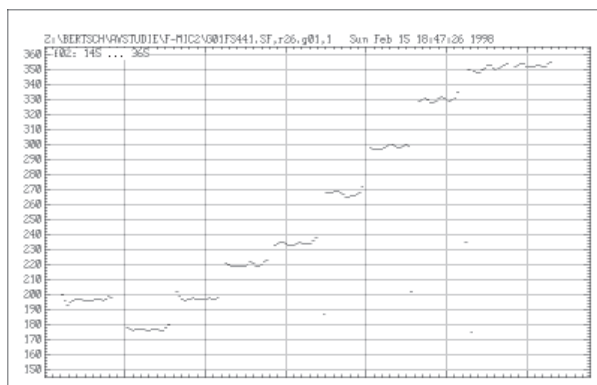
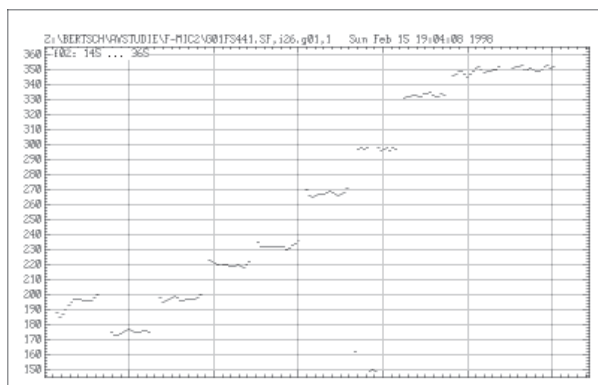
Instr.	Spieler	a1=	A (dB)	F (Hz)	A (dB)	F (Hz)	A (dB)	F (Hz)	A (dB)	F (Hz)	A (dB)	F (Hz)	A (dB)	F (Hz)	A (dB)	F (Hz)	A (dB)	F (Hz)
			<i>g</i>	<i>g</i>	<i>a</i>	<i>a</i>	<i>h</i>	<i>h</i>	<i>c</i>	<i>c</i>	<i>d</i>	<i>d</i>	<i>e</i>	<i>e</i>	<i>fis</i>	<i>fis</i>	<i>g</i>	<i>g</i>
I	26	441,1	96,2	176,0	98,8	197,6	100,2	219,2	101,0	231,7	101,0	267,3	102,0	299,9	103,3	333,5	103,2	345,2
R	26	444,9	96,7	177,4	99,0	197,6	100,4	219,7	100,4	233,5	101,8	267,2	102,2	300,0	104,6	331,5	104,0	352,2
I	26	441,1	102,4	352,9	103,6	396,1	105,6	439,5	106,6	466,1	107,4	522,0	108,3	590,0	108,9	667,6	108,6	710,6
R	26	444,9	103,7	353,9	104,9	397,6	106,0	444,3	107,2	471,9	108,0	527,4	108,1	588,4	108,3	669,9	106,6	718,6

I26 Mittlere Amplitude ($\emptyset$) = 103,6 dB [Rang 17 / von 72]Mittlere Intonationsschwankung beim gehaltenen Ton ($\emptyset$) = 28 Cent [Rang 27 / von 72]

Mittlere Abweichung des Tonbeginns vom gehaltenen Wert = 9 Cent [Rang 7 / von 72]

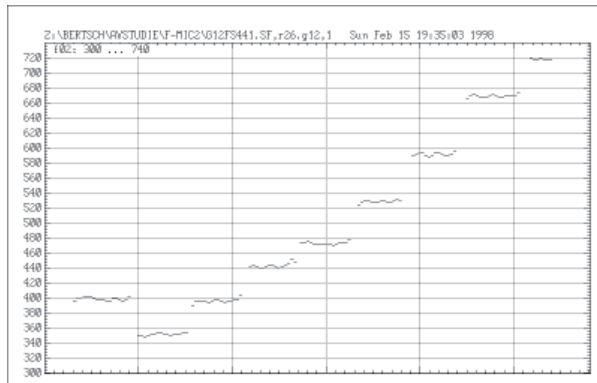
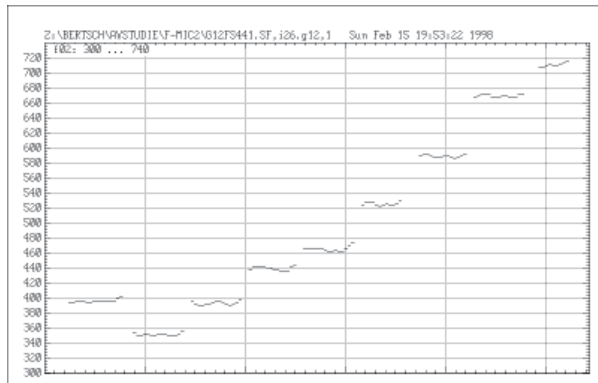
R26 Mittlere Amplitude ($\emptyset$) = 103,9 dB [Rang 15 / von 72]Mittlere Intonationsschwankung beim gehaltenen Ton ($\emptyset$) = 27 Cent [Rang 31 / von 72]

Mittlere Abweichung des Tonbeginns vom gehaltenen Wert = 14 Cent [Rang 2 / von 72]



Abbildungen oben 395 (links) u. 396 (rechts): Grundton-Analyse von task g01 (Tonleiter von g bis g1).

Abbildungen unten 397 (links) u. 398 (rechts): Grundton-Analyse von task g12 (Tonleiter von g1 bis g2).



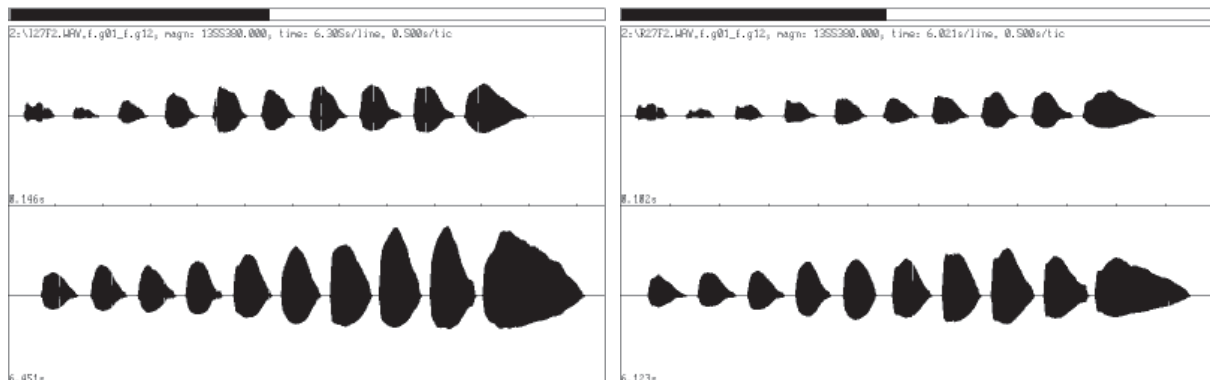


Abb. 399 (links) u. 400 (rechts): Zeitfunktionen von task g01 (oben) und g12 (unten). Nachfolgend Tab. 57.

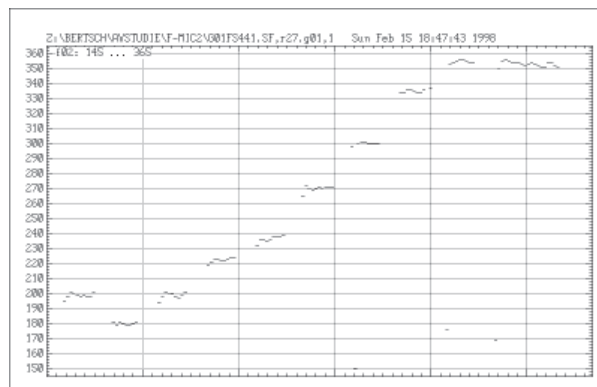
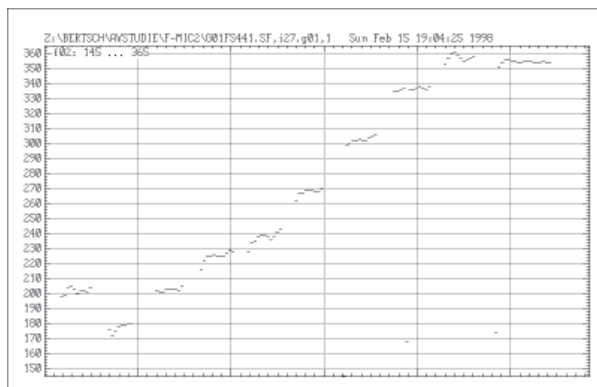
Instr.	Spieler	a1=	A (dB)	F (Hz)	A (dB)	F (Hz)	A (dB)	F (Hz)	A (dB)	F (Hz)	A (dB)	F (Hz)	A (dB)	F (Hz)	A (dB)	F (Hz)	A (dB)	F (Hz)
			<i>g</i>	<i>g</i>	<i>a</i>	<i>a</i>	<i>h</i>	<i>h</i>	<i>c</i>	<i>c</i>	<i>d</i>	<i>d</i>	<i>e</i>	<i>e</i>	<i>fis</i>	<i>fis</i>	<i>g</i>	<i>g</i>
I	27	449,7	89,2	177,5	94,9	202,5	98,6	224,7	100,6	237,2	100,4	268,4	101,8	302,0	102,7	336,8	103,3	359,4
R	27	446,8	88,6	178,7	92,0	199,9	95,2	221,6	96,5	236,3	97,0	269,7	98,7	299,7	101,0	335,7	101,6	355,8
I	27	449,7	102,5	356,8	103,3	403,1	105,0	447,5	106,3	475,7	107,9	536,5	109,1	601,5	111,6	671,5	111,5	711,7
R	27	446,8	100,8	355,0	101,6	401,3	104,9	445,2	106,2	474,2	106,1	530,8	107,6	594,2	109,2	669,9	108,0	709,0

I27 Mittlere Amplitude ($\emptyset$) = 103,0 dB [Rang 26 / von 72]Mittlere Intonationsschwankung beim gehaltenen Ton ($\emptyset$) = 37 Cent [Rang 8 / von 72]

Mittlere Abweichung des Tonbeginns vom gehaltenen Wert = 26 Cent [Rang 64 / von 72]

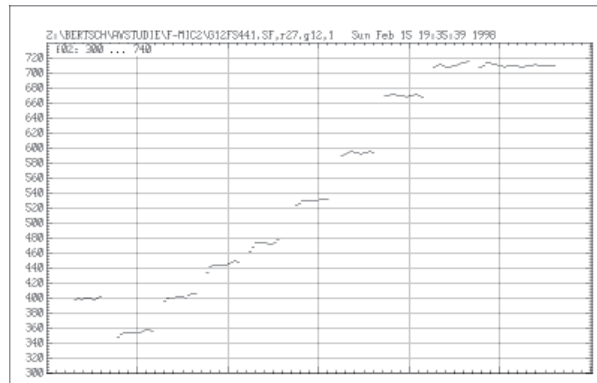
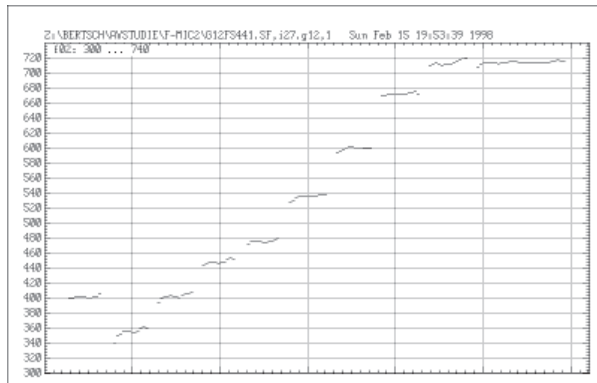
R27 Mittlere Amplitude ($\emptyset$) = 100,9 dB [Rang 45 / von 72]Mittlere Intonationsschwankung beim gehaltenen Ton ($\emptyset$) = 27 Cent [Rang 33 / von 72]

Mittlere Abweichung des Tonbeginns vom gehaltenen Wert = 18 Cent [Rang 51 / von 72]



Abbildungen oben 401 (links) u. 402 (rechts): Grundton-Analyse von task g01 (Tonleiter von g bis g1).

Abbildungen unten 403 (links) u. 404 (rechts): Grundton-Analyse von task g12 (Tonleiter von g1 bis g2).



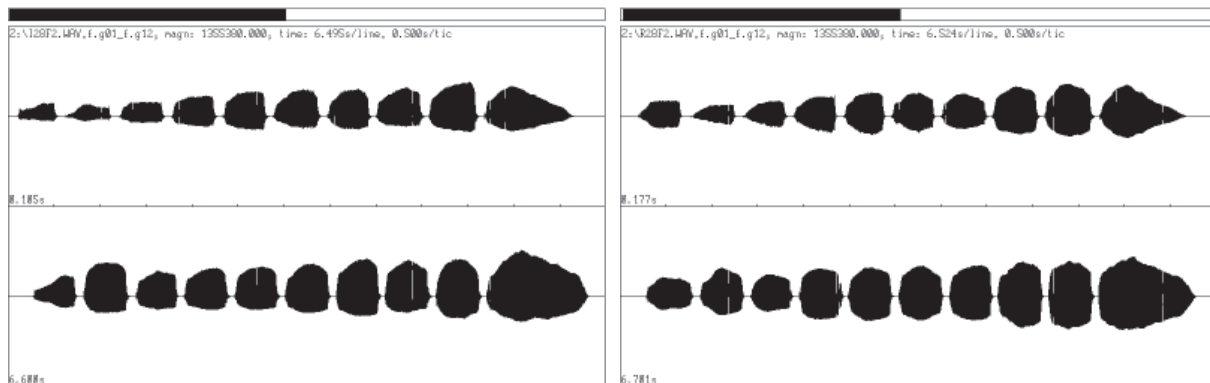


Abb. 405 (links) u. 406 (rechts): Zeitfunktionen von task g01 (oben) und g12 (unten). Nachfolgend Tab. 58.

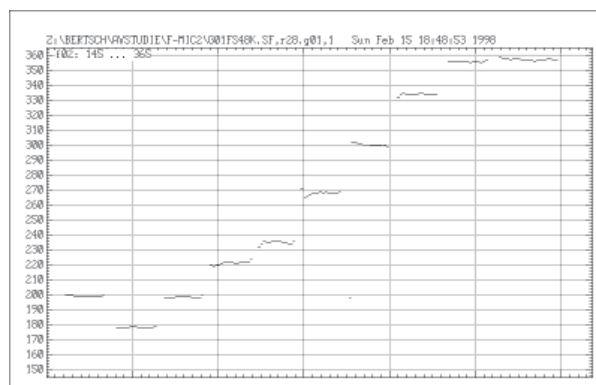
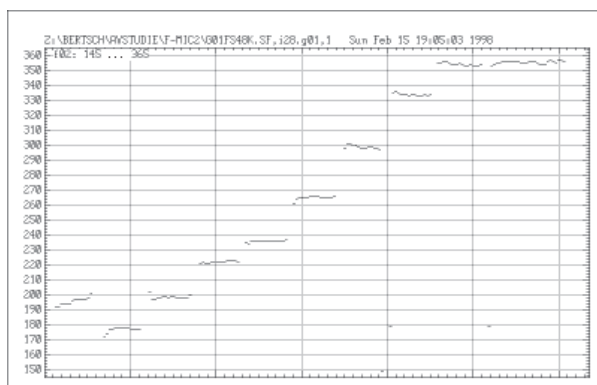
Instr.	Spieler	a1=	A (dB)	F (Hz)	A (dB)	F (Hz)	A (dB)	F (Hz)	A (dB)	F (Hz)	A (dB)	F (Hz)	A (dB)	F (Hz)	A (dB)	F (Hz)	A (dB)	F (Hz)
			<i>g</i>	<i>g</i>	<i>a</i>	<i>a</i>	<i>h</i>	<i>h</i>	<i>c</i>	<i>c</i>	<i>d</i>	<i>d</i>	<i>e</i>	<i>e</i>	<i>fis</i>	<i>fis</i>	<i>g</i>	<i>g</i>
I	28	448,0	92,0	178,4	94,6	198,6	97,7	222,3	99,7	236,5	100,4	265,6	101,6	298,9	102,3	333,6	103,5	353,0
R	28	450,5	92,9	178,3	96,2	199,1	98,6	221,8	100,5	235,8	100,8	268,6	100,8	300,3	103,5	334,6	104,4	355,3
I	28	448,0	103,6	355,1	102,2	396,3	103,8	448,1	104,1	474,8	105,0	534,2	106,7	597,4	106,9	672,1	107,5	720,7
R	28	450,5	103,5	356,1	102,0	402,3	104,9	452,4	105,7	482,7	106,6	538,5	106,7	601,0	108,5	681,8	108,7	723,2

I28 Mittlere Amplitude ($\emptyset$) = 102,0 dB [Rang 38 / von 72]Mittlere Intonationsschwankung beim gehaltenen Ton ($\emptyset$) = 18 Cent [Rang 65 / von 72]

Mittlere Abweichung des Tonbeginns vom gehaltenen Wert = 24 Cent [Rang 61 / von 72]

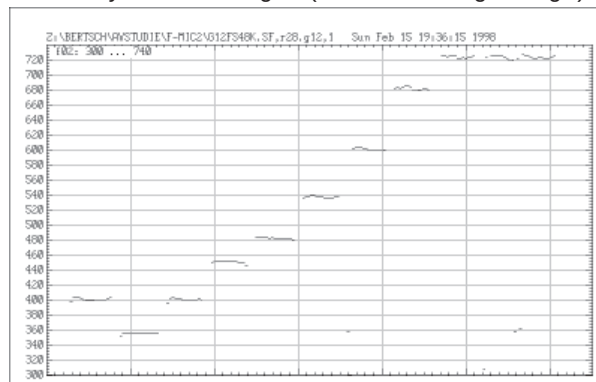
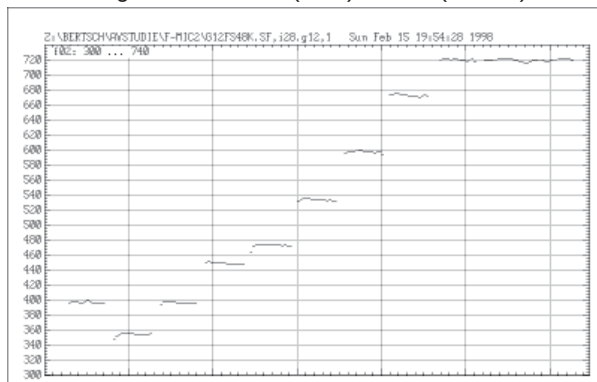
R28 Mittlere Amplitude ($\emptyset$) = 102,8 dB [Rang 28 / von 72]Mittlere Intonationsschwankung beim gehaltenen Ton ($\emptyset$) = 27 Cent [Rang 32 / von 72]

Mittlere Abweichung des Tonbeginns vom gehaltenen Wert = 15 Cent [Rang 48 / von 72]



Abbildungen oben 407 (links) u. 408 (rechts): Grundton-Analyse von task g01 (Tonleiter von g bis g1).

Abbildungen unten 409 (links) u. 410 (rechts): Grundton-Analyse von task g12 (Tonleiter von g1 bis g2).



Eigenes Instrument (I)

M29ET

Referenzinstrument (R)



Abb. 411 (links) u. 412 (rechts): Zeitfunktionen von task g01 (oben) und g12 (unten). Nachfolgend Tab. 59.

Instr.	Spieler	a1=	A (dB)	F (Hz)	A (dB)	F (Hz)	A (dB)	F (Hz)	A (dB)	F (Hz)	A (dB)	F (Hz)	A (dB)	F (Hz)	A (dB)	F (Hz)	A (dB)	F (Hz)
			<i>g</i>	<i>g</i>	<i>a</i>	<i>a</i>	<i>h</i>	<i>h</i>	<i>c</i>	<i>c</i>	<i>d</i>	<i>d</i>	<i>e</i>	<i>e</i>	<i>fis</i>	<i>fis</i>	<i>g</i>	<i>g</i>
I	29	444,5	94,2	177,3	96,0	196,5	96,7	221,6	97,5	234,8	98,4	265,1	100,6	296,1	100,8	329,8	101,0	350,5
R	29	444,8	96,3	177,4	98,5	196,5	99,5	219,5	100,2	235,4	101,4	270,2	105,0	297,9	105,4	329,8	104,8	350,7
I	29	444,5	102,4	352,0	102,9	400,6	102,7	447,5	103,7	475,0	104,7	530,7	103,8	591,6	104,5	665,7	104,2	709,5
R	29	444,8	107,0	353,3	106,1	398,8	106,0	444,7	106,0	471,7	106,2	530,0	107,2	594,0	107,7	668,7	107,4	710,4

I29 Mittlere Amplitude ($\emptyset$) = 100,9 dB [Rang 46 / von 72]

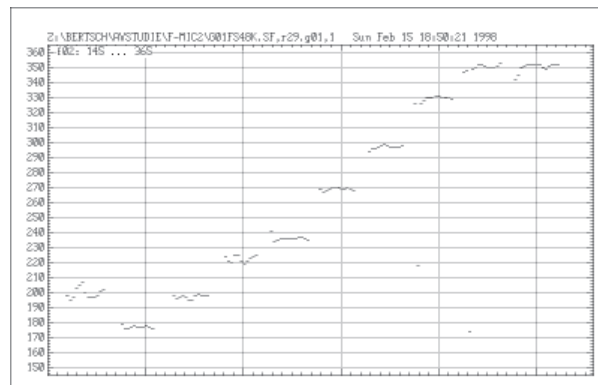
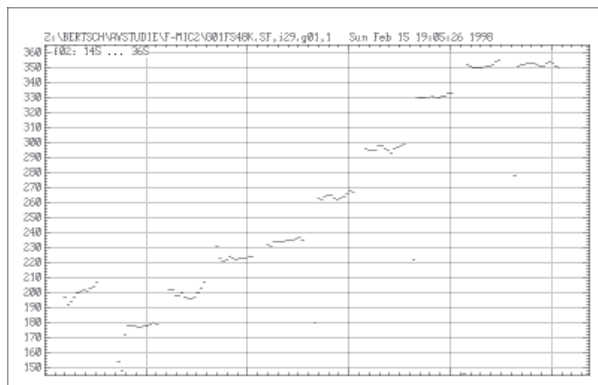
Mittlere Intonationsschwankung beim gehaltenen Ton ($\emptyset$) = 34 Cent [Rang 11 / von 72]

Mittlere Abweichung des Tonbeginns vom gehaltenen Wert = 9 Cent [Rang 9 / von 72]

R29 Mittlere Amplitude ($\emptyset$) = 104,0 dB [Rang 11 / von 72]

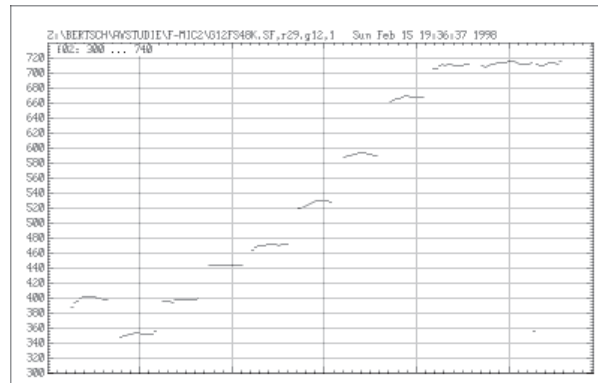
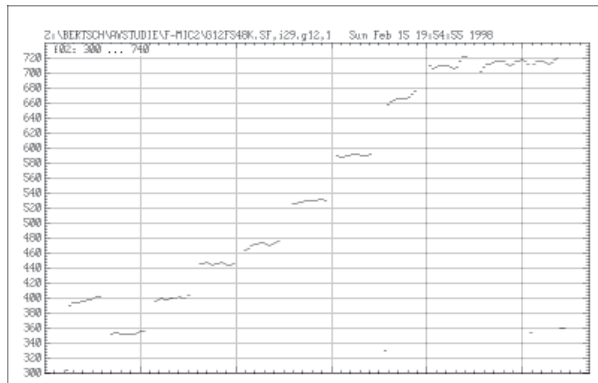
Mittlere Intonationsschwankung beim gehaltenen Ton ($\emptyset$) = 29 Cent [Rang 21 / von 72]

Mittlere Abweichung des Tonbeginns vom gehaltenen Wert = 2 Cent [Rang 17 / von 72]



Abbildungen oben 413 (links) u. 414 (rechts): Grundton-Analyse von task g01 (Tonleiter von g bis g1).

Abbildungen unten 415 (links) u. 416 (rechts): Grundton-Analyse von task g12 (Tonleiter von g1 bis g2).



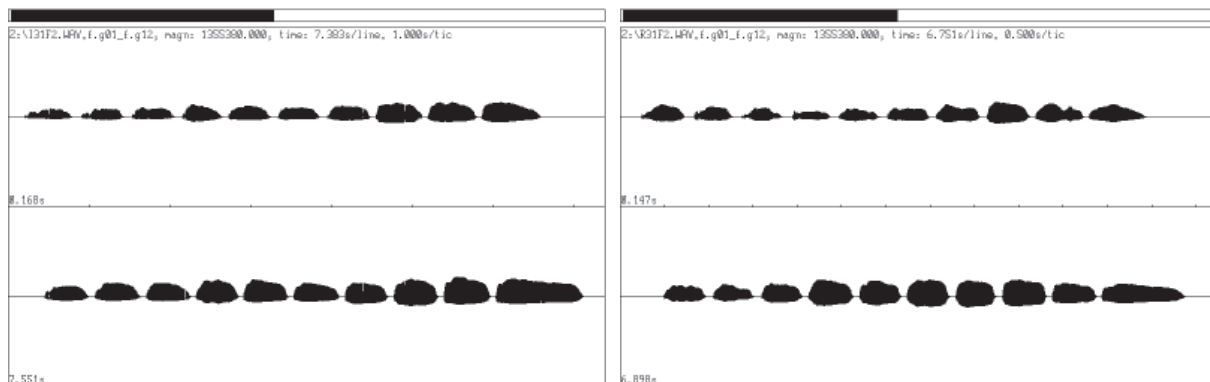


Abb. 423 (links) u. 424 (rechts): Zeitfunktionen von task g01 (oben) und g12 (unten). Nachfolgend Tab. 61.

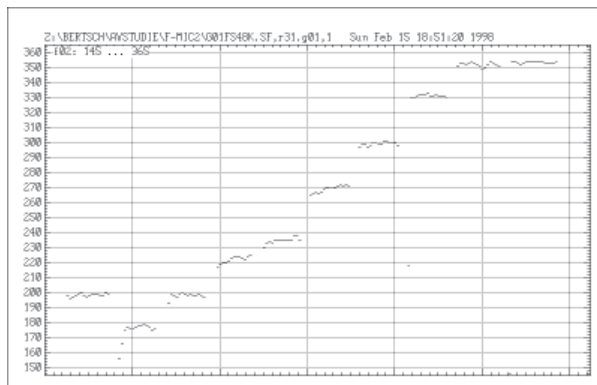
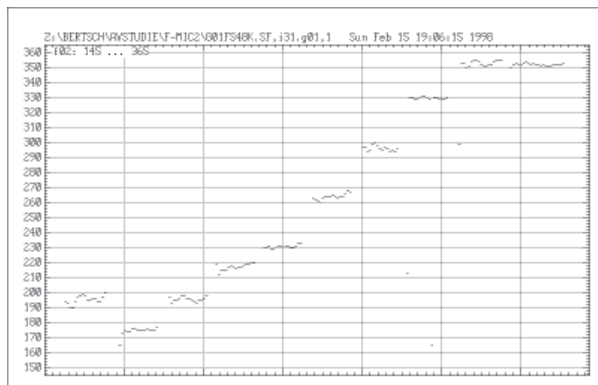
Instr.	Spieler	a1=	A (dB) F (Hz)		A (dB) F (Hz)		A (dB) F (Hz)		A (dB) F (Hz)		A (dB) F (Hz)		A (dB) F (Hz)		A (dB) F (Hz)		A (dB) F (Hz)		A (dB) F (Hz)	
			g	g	a	a	h	h	c	c	d	d	e	e	fis	fis	g	g		
I	31	442,4	88,8	175,2	90,4	195,4	92,8	214,9	91,7	230,0	92,3	264,5	94,7	299,3	97,0	330,5	97,5	354,1		
R	31	447,7	90,4	176,7	89,7	199,8	86,4	223,6	90,3	235,4	91,4	270,0	94,4	296,7	96,8	330,6	96,4	353,2		
I	31	442,4	96,6	352,4	97,2	395,2	99,2	438,0	98,7	467,6	98,5	528,3	100,0	593,0	101,6	658,3	102,2	705,6		
R	31	447,7	95,7	356,5	96,4	400,5	99,3	448,0	99,3	476,7	100,1	532,4	100,5	596,6	101,4	672,5	99,6	715,9		

I31 Mittlere Amplitude ($\emptyset$) = 96,2 dB [Rang 66 / von 72]Mittlere Intonationsschwankung beim gehaltenen Ton ($\emptyset$) = 28 Cent [Rang 26 / von 72]

Mittlere Abweichung des Tonbeginns vom gehaltenen Wert = 24 Cent [Rang 60 / von 72]

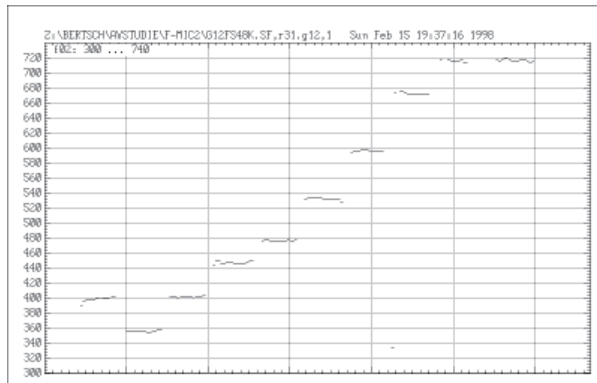
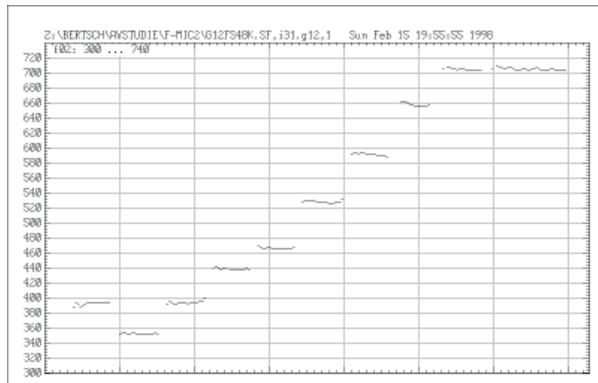
R31 Mittlere Amplitude ($\emptyset$) = 95,5 dB [Rang 68 / von 72]Mittlere Intonationsschwankung beim gehaltenen Ton ($\emptyset$) = 27 Cent [Rang 29 / von 72]

Mittlere Abweichung des Tonbeginns vom gehaltenen Wert = 30 Cent [Rang 66 / von 72]



Abbildungen oben 425x (links) u. 426 (rechts): Grundton-Analyse von task g01 (Tonleiter von g bis g1).

Abbildungen unten 427 (links) u. 428 (rechts): Grundton-Analyse von task g12 (Tonleiter von g1 bis g2).



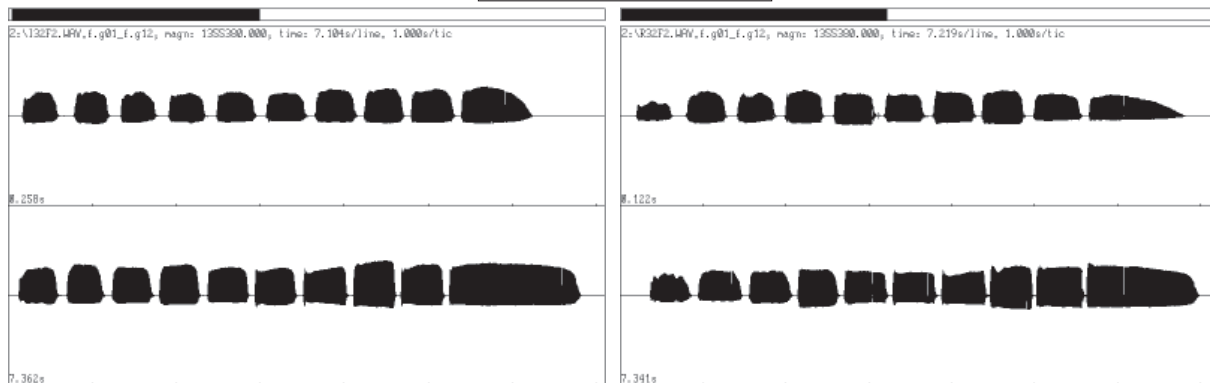


Abb. 429 (links) u. 430 (rechts): Zeitfunktionen von task g01 (oben) und g12 (unten). Nachfolgend Tab. 62.

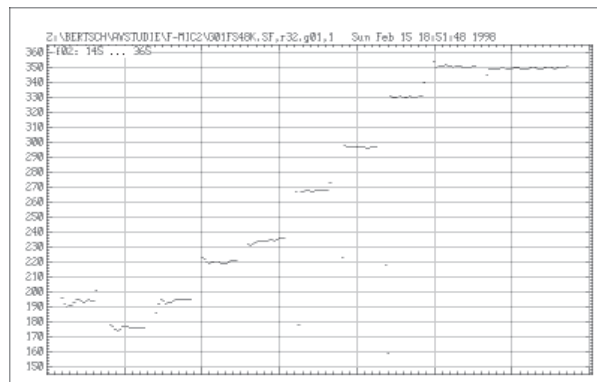
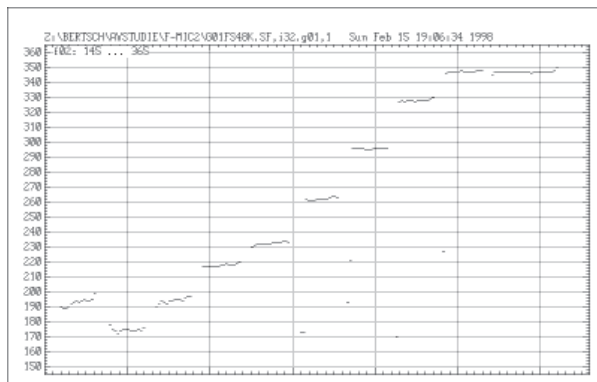
Instr.	Spieler	a1=	A (dB)	F (Hz)	A (dB)	F (Hz)	A (dB)	F (Hz)	A (dB)	F (Hz)	A (dB)	F (Hz)	A (dB)	F (Hz)	A (dB)	F (Hz)	A (dB)	F (Hz)
			<i>g</i>	<i>g</i>	<i>a</i>	<i>a</i>	<i>h</i>	<i>h</i>	<i>c</i>	<i>c</i>	<i>d</i>	<i>d</i>	<i>e</i>	<i>e</i>	<i>fis</i>	<i>fis</i>	<i>g</i>	<i>g</i>
I	32	440,6	97,5	174,4	97,5	194,9	97,4	218,2	97,6	231,9	98,0	261,7	99,2	294,9	100,6	327,5	100,6	347,3
R	32	444,6	98,4	177,3	97,0	195,1	98,1	219,5	97,5	233,6	98,0	267,2	99,1	296,9	100,6	330,1	99,3	350,5
I	32	440,6	101,5	350,4	100,9	393,9	102,3	439,5	101,8	466,6	102,4	524,7	103,0	590,2	105,6	664,6	104,8	705,7
R	32	444,6	101,2	352,6	100,9	399,6	101,7	443,4	101,5	471,9	101,2	527,8	102,3	594,7	104,6	671,6	104,4	714,4

I32 Mittlere Amplitude ($\emptyset$) = 100,7 dB [Rang 48 / von 72]Mittlere Intonationsschwankung beim gehaltenen Ton ($\emptyset$) = 20 Cent [Rang 56 / von 72]

Mittlere Abweichung des Tonbeginns vom gehaltenen Wert = 11 Cent [Rang 38 / von 72]

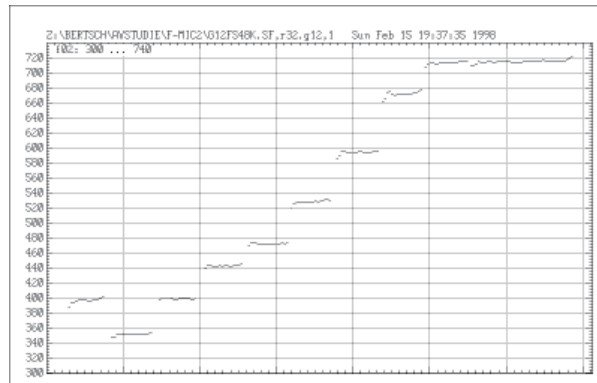
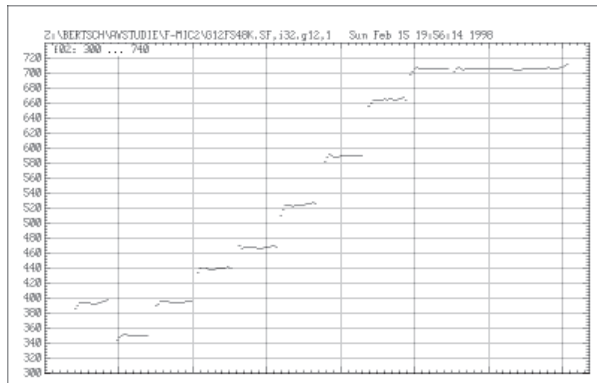
R32 Mittlere Amplitude ($\emptyset$) = 100,4 dB [Rang 51 / von 72]Mittlere Intonationsschwankung beim gehaltenen Ton ($\emptyset$) = 19 Cent [Rang 60 / von 72]

Mittlere Abweichung des Tonbeginns vom gehaltenen Wert = 4 Cent [Rang 24 / von 72]



Abbildungen oben 431 (links) u. 432 (rechts): Grundton-Analyse von task g01 (Tonleiter von g bis g1).

Abbildungen unten 433 (links) u. 434 (rechts): Grundton-Analyse von task g12 (Tonleiter von g1 bis g2).



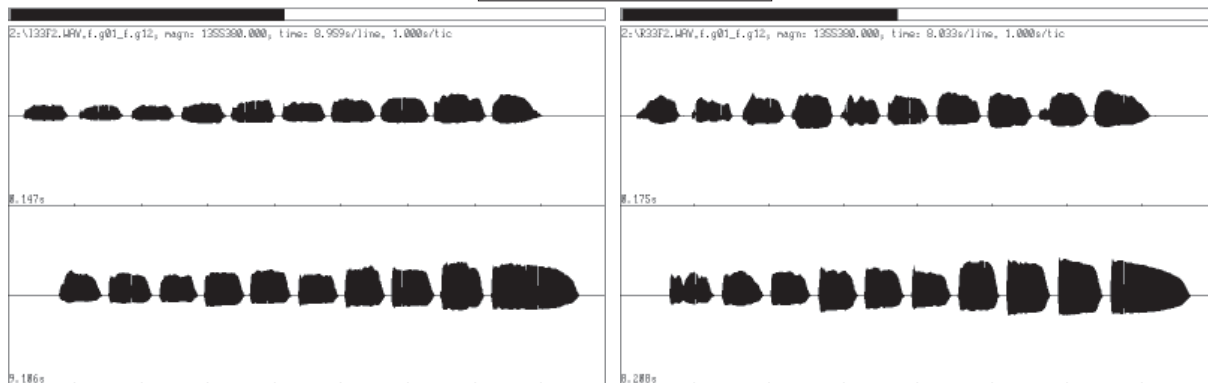


Abb. 435 (links) u. 436 (rechts): Zeitfunktionen von task g01 (oben) und g12 (unten). Nachfolgend Tab. 63.

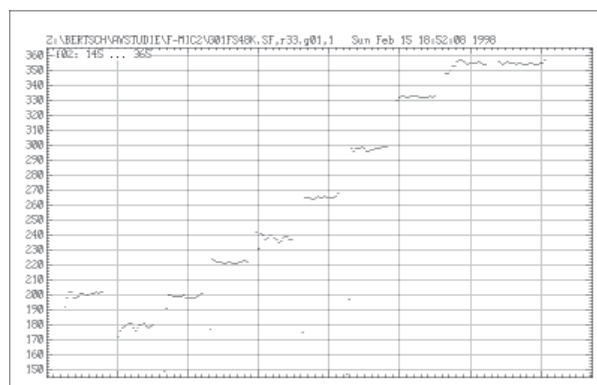
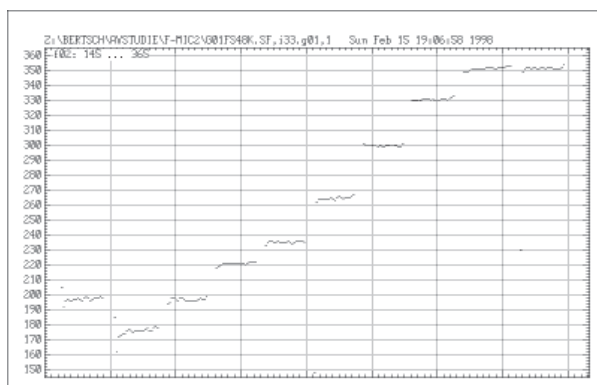
Instr.	Spieler	a1=	A (dB)	F (Hz)	A (dB)	F (Hz)	A (dB)	F (Hz)	A (dB)	F (Hz)	A (dB)	F (Hz)	A (dB)	F (Hz)	A (dB)	F (Hz)	A (dB)	F (Hz)	A (dB)	F (Hz)	A (dB)	F (Hz)	A (dB)	F (Hz)	A (dB)	F (Hz)
			<i>g</i>	<i>g</i>	<i>a</i>	<i>a</i>	<i>h</i>	<i>h</i>	<i>c</i>	<i>c</i>	<i>d</i>	<i>d</i>	<i>e</i>	<i>e</i>	<i>fis</i>	<i>fis</i>	<i>g</i>	<i>g</i>								
I	33	443,7	91,7	176,6	93,1	197,4	94,9	220,8	95,9	235,4	95,0	264,7	97,7	299,6	97,9	331,3	99,6	351,3								
R	33	448,2	95,4	177,8	97,6	199,6	98,3	221,7	97,8	237,3	98,0	264,4	100,0	297,8	100,1	332,6	100,5	355,8								
I	33	443,7	99,7	353,8	99,7	398,4	101,1	442,4	101,9	469,1	101,0	527,8	103,9	589,2	103,4	661,3	106,3	706,8								
R	33	448,2	100,7	355,7	100,9	400,3	102,2	445,9	102,8	475,2	102,6	530,1	105,7	597,3	106,0	669,5	107,0	712,7								

I33 Mittlere Amplitude ($\emptyset$) = 98,9 dB [Rang 58 / von 72]Mittlere Intonationsschwankung beim gehaltenen Ton ($\emptyset$) = 19 Cent [Rang 63 / von 72]

Mittlere Abweichung des Tonbeginns vom gehaltenen Wert = 0 Cent [Rang 15 / von 72]

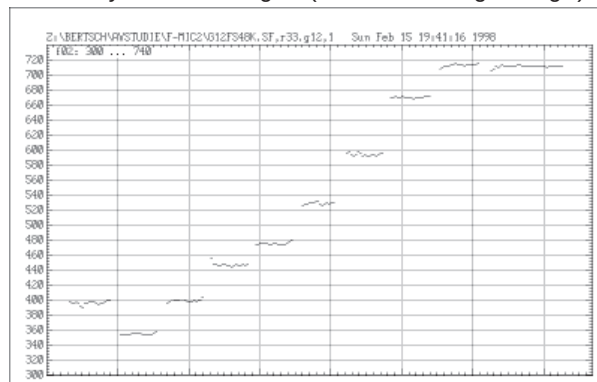
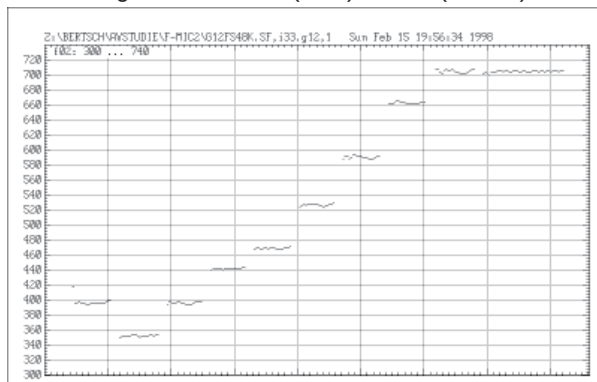
R33 Mittlere Amplitude ($\emptyset$) = 101,0 dB [Rang 44 / von 72]Mittlere Intonationsschwankung beim gehaltenen Ton ($\emptyset$) = 30 Cent [Rang 20 / von 72]

Mittlere Abweichung des Tonbeginns vom gehaltenen Wert = 9 Cent [Rang 8 / von 72]



Abbildungen oben 437 (links) u. 438 (rechts): Grundton-Analyse von task g01 (Tonleiter von g bis g1).

Abbildungen unten 439 (links) u. 440 (rechts): Grundton-Analyse von task g12 (Tonleiter von g1 bis g2).



Eigenes Instrument (I)

M34HD

Referenzinstrument (R)

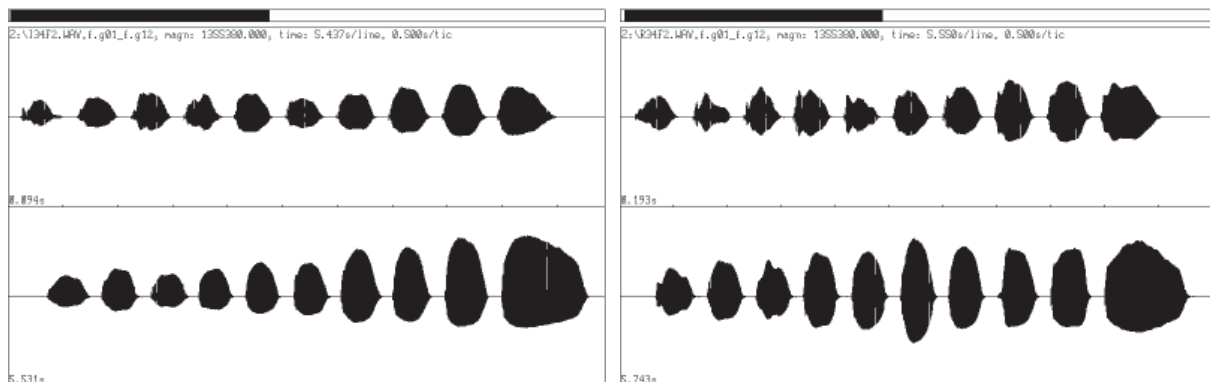


Abb. 441 (links) u. 442 (rechts): Zeitfunktionen von task g01 (oben) und g12 (unten). Nachfolgend Tab. 64.

Instr.	Spieler	a1=	A (dB)	F (Hz)	A (dB)	F (Hz)	A (dB)	F (Hz)	A (dB)	F (Hz)	A (dB)	F (Hz)	A (dB)	F (Hz)	A (dB)	F (Hz)	A (dB)	F (Hz)
			<i>g</i>	<i>g</i>	<i>a</i>	<i>a</i>	<i>h</i>	<i>h</i>	<i>c</i>	<i>c</i>	<i>d</i>	<i>d</i>	<i>e</i>	<i>e</i>	<i>fis</i>	<i>fis</i>	<i>g</i>	<i>g</i>
I	34	442,1	97,0	173,6	99,1	194,5	98,8	220,6	99,7	233,4	98,3	267,5	100,0	297,8	102,4	330,7	103,8	350,6
R	34	445,0	98,4	174,4	100,9	195,9	100,4	221,9	98,7	235,7	101,6	270,5	102,5	300,3	104,9	332,6	105,5	352,8
I	34	442,1	103,0	353,0	100,5	396,8	102,8	441,2	104,9	468,3	105,2	526,8	108,4	585,5	109,1	661,1	110,9	706,2
R	34	445,0	105,2	353,3	104,9	399,7	107,4	445,2	108,1	471,9	111,2	528,5	109,9	591,6	109,4	667,3	109,8	709,1

I34 Mittlere Amplitude ($\emptyset$) = 102,7 dB [Rang 29 / von 72]

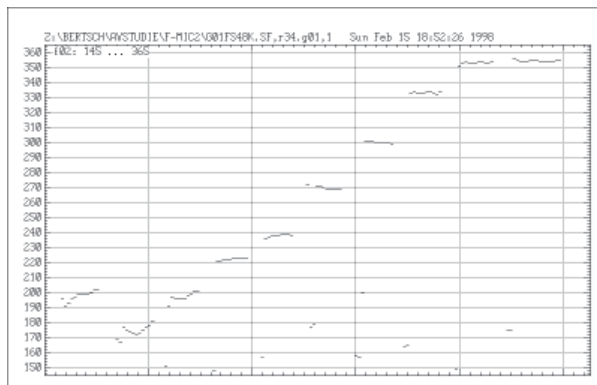
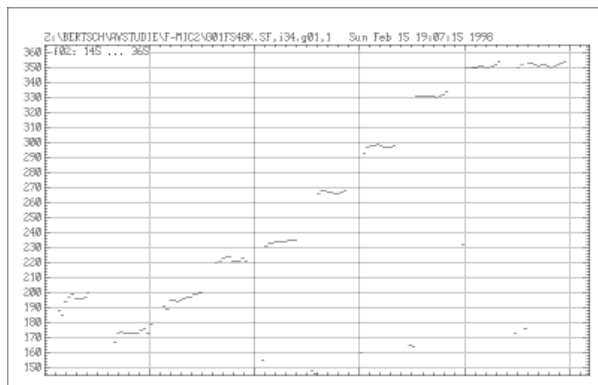
Mittlere Intonationsschwankung beim gehaltenen Ton ($\emptyset$) = 24 Cent [Rang 40 / von 72]

Mittlere Abweichung des Tonbeginns vom gehaltenen Wert = 4 Cent [Rang 22 / von 72]

R34 Mittlere Amplitude ($\emptyset$) = 104,9 dB [Rang 6 / von 72]

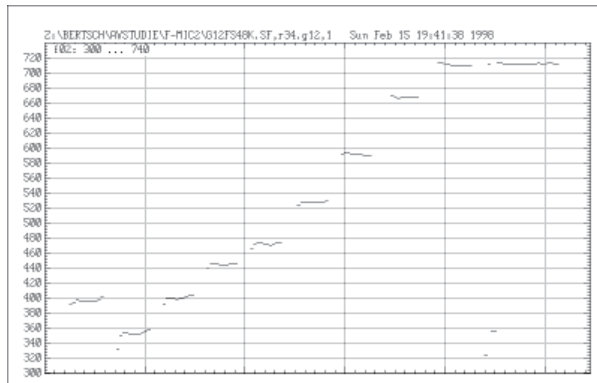
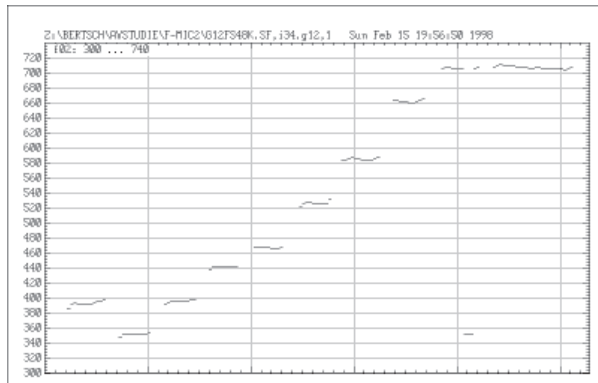
Mittlere Intonationsschwankung beim gehaltenen Ton ($\emptyset$) = 32 Cent [Rang 14 / von 72]

Mittlere Abweichung des Tonbeginns vom gehaltenen Wert = 20 Cent [Rang 55 / von 72]



Abbildungen oben 443 (links) u. 444 (rechts): Grundton-Analyse von task g01 (Tonleiter von g bis g1).

Abbildungen unten 445 (links) u. 446 (rechts): Grundton-Analyse von task g12 (Tonleiter von g1 bis g2).



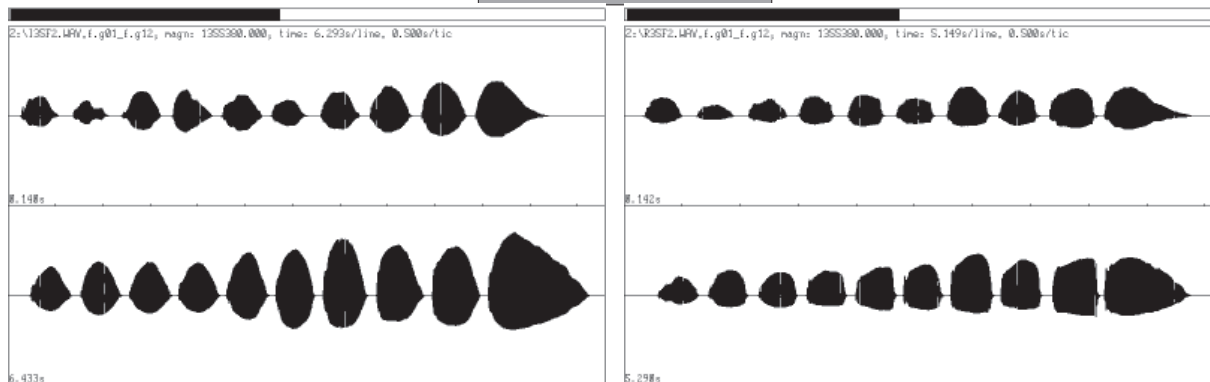


Abb. 447 (links) u. 448 (rechts): Zeitfunktionen von task g01 (oben) und g12 (unten). Nachfolgend Tab. 65.

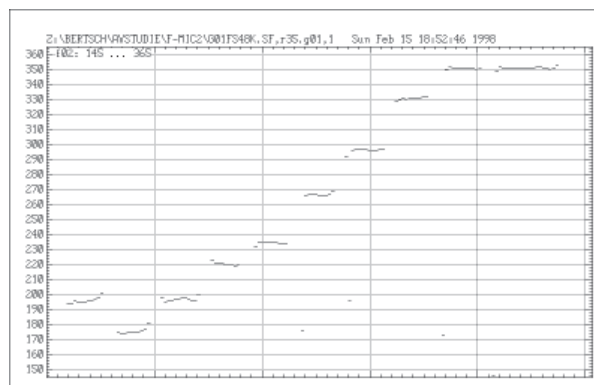
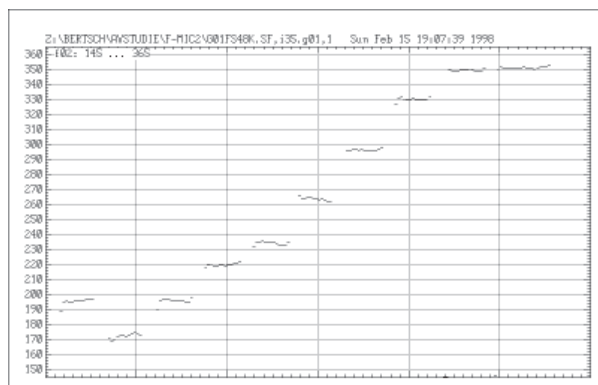
Instr.	Spieler	a1=	A (dB)	F (Hz)	A (dB)	F (Hz)	A (dB)	F (Hz)	A (dB)	F (Hz)	A (dB)	F (Hz)	A (dB)	F (Hz)	A (dB)	F (Hz)	A (dB)	F (Hz)
			g	g	a	a	h	h	c	c	d	d	e	e	fis	fis	g	g
I	35	443,2	94,8	172,8	98,7	196,5	99,8	219,3	99,0	235,1	97,0	263,8	100,4	296,2	102,2	329,8	103,8	349,6
R	35	444,5	91,8	175,3	94,8	198,5	97,5	220,4	97,8	234,5	97,2	266,5	101,3	296,7	100,7	330,5	101,8	350,9
I	35	443,2	103,5	352,1	103,8	396,7	104,2	443,8	106,4	469,1	108,0	529,4	110,0	592,0	108,8	661,3	109,2	706,3
R	35	444,5	100,8	352,3	101,4	397,6	102,2	446,0	104,8	473,9	104,3	526,5	107,5	592,3	106,1	670,3	107,0	709,8

I35 Mittlere Amplitude ($\emptyset$) = 103,1 dB [Rang 24 / von 72]Mittlere Intonationsschwankung beim gehaltenen Ton ($\emptyset$) = 17 Cent [Rang 67 / von 72]

Mittlere Abweichung des Tonbeginns vom gehaltenen Wert = 12 Cent [Rang 42 / von 72]

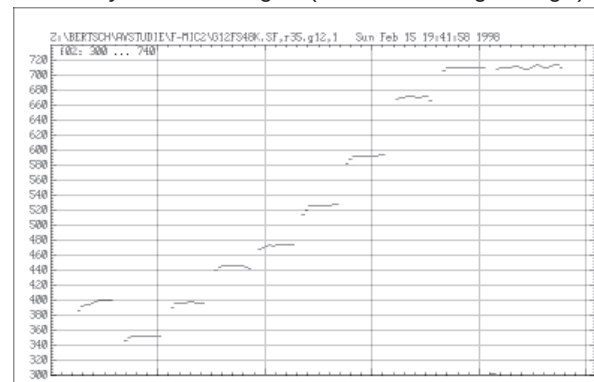
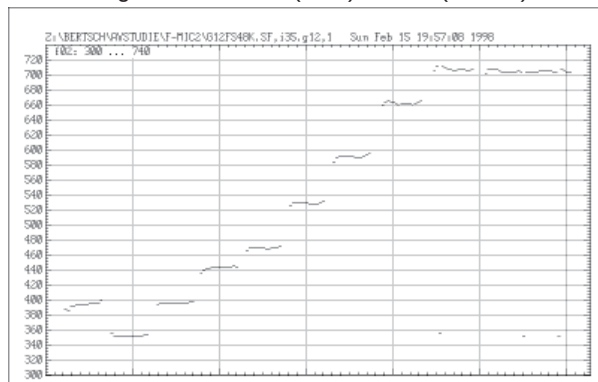
R35 Mittlere Amplitude ($\emptyset$) = 101,1 dB [Rang 43 / von 72]Mittlere Intonationsschwankung beim gehaltenen Ton ($\emptyset$) = 21 Cent [Rang 50 / von 72]

Mittlere Abweichung des Tonbeginns vom gehaltenen Wert = 21 Cent [Rang 58 / von 72]



Abbildungen oben 449 (links) u. 450 (rechts): Grundton-Analyse von task g01 (Tonleiter von g bis g1).

Abbildungen unten 451 (links) u. 452 (rechts): Grundton-Analyse von task g12 (Tonleiter von g1 bis g2).



CURRICULUM VITAE

Name: Mag. Matthias B e r t s c h
Geburtsdatum: 15. 11. 1966
Geburtsort: Kehl am Rhein, Baden (Deutschland)
Staatsangehörigkeit: deutsch
Familienstand: verheiratet seit 3.7.1993 mit Isabelle Bertsch, geb. Bidinger

Schulbildung

1973-1977 Grundschole Lichtenau
1977-1983 Windeck Gymnasium Bühl
1983-1986 Heimschole Lender Sasbach; Abschluß: Abitur

Wehrdienst

10/1986-12/1987 Grundwehrdienst als Trompeter beim Stabsmusikkorps der BRD

Akademische Ausbildung

03/1988-04/1993 Studium der Musikwissenschaft an der Universität Wien
mit Abschluß und Erlangung des akadem. Titels „Mag. phil.“
Seit 10/1993 Doktorats-Studium der Philosophie im Fachbereich Musikwissenschaft

Sonstige Ausbildungen

10/1977-06/1986 Instrumentalunterricht Trompete an der Musikschule Bühl
sowie Unterricht in Schlagzeug, Klavier und Musiktheorie
05/1988-05/1992 Privatstudium Trompete bei Manfred Stoppacher, Wien
10/1990-06/1991 Weiterbildung zur musikalischen Akustik und Psychoakustik bei
Ass.Prof G. Widholm am Institut für Wiener Klangstil an der Hochschule
für Musik und Darstellende Kunst in Wien

Berufliche Tätigkeiten

09/1992-03/1995 Lehrbeauftragter am Institut für Wiener Klangstil
an der Hochschule für Musik und darstellende Kunst in Wien
Seit 04/1995 Hochschulassistent am Institut für Wiener Klangstil mit Schwerpunkt
Forschung und Lehre zur musikalischen Akustik

Musikalische Tätigkeiten

1988-1991 Erster Trompeter und Vorstandsmitglied der „Wiener Akademischen
Philharmonie“, dem Orchester der Universität Wien.
1991-1997 Lead-Trompeter und Organisator der „Big Band der Universität Wien“
Seit 1998 Mitwirkung im Blechbläserquintett „Brasso Continuo“

Wien, im September 1998

Matthias Bertsch