

Universität Stuttgart
Institut für Maschinelle Sprachverarbeitung (IMS)
Azenbergstraße 12
D-70174 Stuttgart

Titel der Studienarbeit

„Phonetik des Lachens“

Verfasser: Hicham Abouayad El Idrissi
Studienarbeitsnummer: 37

Prüfer: PD Dr. Bernd Möbius (IMS, Universität Stuttgart)

Betreuer: PD Dr. Bernd Möbius (IMS, Universität Stuttgart)

begonnen am: 01.11.2004

beendet am: 22.07.2005

Erklärung

Hiermit erkläre ich, dass ich die vorliegende Arbeit selbständig verfasst habe und dabei keine andere als die angegebene Literatur verwendet habe.

Alle Zitate und sinngemäßen Entlehnungen sind als solche unter genauer Angabe der Quelle gekennzeichnet.

Stuttgart, den 22.07.2005

Unterschrift:

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Hicham', is written over a horizontal line.

Hicham A. El Idrissi

INHALTSVERZEICHNIS

ABKÜRZUNGEN	- 4 -
ABBILDUNGSVERZEICHNIS	- 5 -
EINLEITUNG	- 7 -
TEIL I	- 8 -
1 DAS LACHEN	- 8 -
1.1 Definition	- 8 -
1.2 Natur des Lachens.....	- 9 -
1.2.1 Ist das Lachen ein angeborenes oder erlernendes Signal ?.....	- 9 -
1.2.2 Ursprung und Entwicklung des Lachens bei Menschen	- 10 -
1.3 Neurologie.....	- 11 -
1.4 Auslöser und Funktionen.....	- 12 -
TEIL II.....	- 13 -
2 DAS EXPERIMENT	- 13 -
2.1 Ziel, Material und Methode.....	- 13 -
2.1.1 Ziele.....	- 13 -
2.1.2 Methode.....	- 13 -
2.1.3 Material	- 14 -
2.2 Wie entsteht das Lachen ?	- 14 -
2.2.1 Atmung:	- 14 -
2.2.2 Phonation:.....	- 16 -
2.2.3 Supralarynx-Modulation und Resonanz:	- 16 -
2.2.4 Start und Ende vom Lachen:.....	- 17 -
2.3 Lachenssegmentierung.....	- 19 -
2.3.1 Segmentierung eines „typischen“ Lachens	- 19 -
2.3.2 Die Segment-Ebene	- 19 -
2.3.3 Die Silbe-Ebene.....	- 20 -
2.3.4 Satz-Ebene	- 20 -
2.4 Lachvokal.....	- 22 -
2.4.1 Intervallsfrequenzen der Lachensformanten.....	- 22 -
2.4.2 Mittelwert der Formantenfrequenzen.....	- 23 -
2.5 Der Unterschied zwischen dem weiblichen und dem männlichen Lachen	- 25 -
2.6 Lachenstypen.....	- 30 -
2.6.1 Rhythmisches Lachen.....	- 30 -
2.6.2 Leises Lachen	- 31 -
2.6.3 Kommentarlachen.....	- 31 -
2.6.4 Schreiendes Lachen	- 32 -
2.6.5 Sprech-Lachen	- 34 -
2.7 Dauerverteilung der Basisphasen innerhalb der verschiedenen Lachenstypen.....	- 35 -
2.8 Lachsilbenverteilung.....	- 36 -
3 LACHENSERKENNUNG	- 39 -
4 ZUSAMMENFASSUNG	- 44 -
5 AUSBLICK.....	- 46 -
LITERATURVERZEICHNIS	- 47 -

ABKÜRZUNGEN

Abkürzung

Begriff

F

Formant

A

Ausatmungsphase

E

Einatmungsphase

P

Pause während des Lachens

S

Lachsilbe bzw. die vokalisierte Silbe

ABBILDUNGSVERZEICHNIS

Abb. 1: Phylognese des Lachens (nach Van Hoof, 1972)	- 11 -
Abb. 2: Das folgende Bild zeigt die aktivierten Hirnregionen (Motor area, Frontal lobe, Nucleus accumbens) während des Lachens.	- 12 -
Abb. 3: Modell der Prozessen, die das Lachen bis zu seiner Erzeugung durchläuft.	- 15 -
Abb. 4: Spektrale Repräsentation zum oben beschriebenen Lachensmodell	- 15 -
Abb. 5: Start (Ausatmung) und Ende (Einatmung) eines Lachsignals.....	- 18 -
Abb. 6: Aufbau der Lachenssilbe	- 20 -
Abb. 7: Darstellung der Lachenssegmentierung als Baum.....	- 21 -
Abb. 8: Segmenting Phonetic Units in Laughter (J. Trouvain)	- 21 -
Abb. 9: Formantenverlauf des Lachvokals (Datei: Female6.wave)	- 22 -
Abb. 10: spektrale Darstellung der Lachformanten	- 23 -
Abb. 11: Mittelwert der Lachensformanten	- 24 -
Abb. 12: Darstellung des Grundfrequenzmittelwerts (F0) beim männlichen und weiblichen Lachen.....	- 25 -
Abb. 13 : Darstellung der Formantenfrequenzen beim männlichen und weiblichen Lachen.....	- 26 -
Abb. 14: LPC-Analyse eines weiblichen und männlichen Lachens.....	- 26 -
Abb. 15: Einatmungsphase beim weiblichen Lachen.....	- 28 -
Abb. 16: Einatmungsphase beim männlichen Lachen.....	- 28 -
Abb. 17: Typische Einatmungsphase bei Frauen am Ende des Lachens.....	- 28 -
Abb. 18: Intonationsverlauf eines männlichen Lachens (Dateiname: Lachen1.wave)	- 29 -
Abb. 19: Intonationsverlauf eines weiblichen Lachens (Dateiname: female1.wave)	- 29 -
Abb. 20: spektrale Darstellung eines rhythmischen Lachens.....	- 30 -
Abb. 21: spektrale Darstellung eines leisen Lachens	- 31 -
Abb. 22: spektrale Darstellung eines Kommentarlachens.....	- 32 -
Abb. 23: spektrale Darstellung eines schreienden Lachens	- 32 -
Abb. 24 : Darstellung eines endlichen Automaten zur Generierung verschiedener Lachenstypen.....	- 33 -
Abb. 25: spektrale Darstellung eines Sprech-Lachens	- 34 -
Abb. 26 : Dauerverteilung der Basisphasen eines rhythmischen Lachens	- 35 -
Abb. 27: Dauerverteilung der Basisphasen	- 35 -
Abb. 28 : Dauerverteilung der Basisphasen eines schreienden Lachens in Prozent	- 36 -
Abb. 29 : Dauerverteilung der Basisphasen eines Kommentarlachens	- 36 -
Abb.30 Verteilung der Lachsilben innerhalb eines Lachsignals	- 37 -
Abb. 31 : Zerlegung eines komplexen Signals in emotionalen Teil und in linguistischen Teil	- 42 -

TABELLENVERZEICHNIS

Tabelle 1 : Darstellung einiger untersuchten Lachsignalen	- 18 -
bezüglich Start und Ende des Lachens.....	- 18 -
Tabelle 2 : Darstellung der 12 untersuchten Lachsignalen bezüglich der Formantfrequenzen.....	- 23 -
Tabelle 3 : Darstellung der Mittelwert der Formantenfrequenzen	- 24 -
Tabelle 4 : Ergebnisse der untersuchten Grundfrequenz bei weiblichen und männlichen Lachen	- 25 -
Tabelle 5 : Unterschiede zwischen Frauen und Männer beim Lachen, aus der Studie „The acoustic features of human laughter“ von Jo-Anne Bachorowski, Moria J. Smoski, and Michael J. Owren. (2001).....	- 27 -
Tabelle 6 : Darstellung des Hauptunterschieds zwischen Frauen und Männer beim Lachen	- 29 -
Tabelle 7: Ergebnistabelle zur Charakterisierung der einzelnen Lachenstypen.....	- 33 -
Tabelle 8: Lachsilbenverteilung an drei verschiedenen Lachsignalen.....	- 37 -
Tabelle 9: Silbenanzahl, Silbendauer, Boutsanzahl und Boutsdauer in verschiedenen Studien.....	- 38 -
Tabelle 10 : Darstellung der sonographischen und akustischen Merkmalen des Lachens .	- 41 -
Tabelle 11: Matrix zur Vergleichung der Lachensgrundphasen	- 43 -

EINLEITUNG

"Die Menschen sollten aber wissen, dass nirgends anders als vom Gehirn die Freude, die Fröhlichkeit, das Lachen und Scherzen kommt." (Hippokrates 1897, 561)

(Quelle: Manuskript vom Prof. Dr. Günter Schulte zu einem Vortrag (Mai 2003) über das Thema der evangelischen Akademie Iserlohn)

Obwohl das Lachen einer der wichtigsten universellen Grundemotion, die mehrmals täglich als nonverbale Sprache in der menschlichen Kommunikation vorkommt (durchschnittlich 15 mal am Tag, nach Angaben des Bonne-Beratungsdiensts in seiner Pressmeldung „simplify your life“ am 25.06.04), gibt es sehr wenige Recherche von der phonetischen und akustischen Struktur vom Lachen. Deswegen sollte im Rahmen dieser Studienarbeit dieses emotionale Phänomen phonetisch und akustisch untersucht werden, mit dem Ziel, ein Lachensmodell aufzubauen. Dieses Modell kann die Mensch-Maschine-Kommunikation bei der Lachens- bzw. Emotionserkennung sowie bei der Lachenssynthetisierung unterstützen.

Im ersten Teil dieser Studie werden wir uns mit der Definition des Lachens, seine Natur, die Hirnregion, in der es geschehen wird (Neurologie), sein Auslöser und die von ihm erfüllten Funktionen beschäftigen.

Der zweite Teil wird als praktischer Teil bezeichnet, wobei ein Experiment zur Lachenaufnahmen durchgeführt wird. Dann wird die Entstehung des Lachens bzw. die phonetischen Prozesse, nämlich die Atmung, die Phonation, die Resonanz, und die Larynxmodulation beschrieben, die das Lachen bis zu seiner Erzeugung verlaufen.

Nachher werden die Lachsignalen bezüglich dem Start und dem Ende, der Segmentierung, sowie dem Lachvokalbereich und den verschiedenen Lachensvarianten analysiert. Außerdem zielt dieses Experiment, den Unterschied zwischen dem weiblichen und dem männlichen Lachen zu verdeutlichen, sowie das Lachsignal vom Sprachsignal abzugrenzen.

Zuletzt wird anhand der aus dem Experiment spektralen und akustischen gewonnenen Daten einen Algorithmus zur automatischen Erkennung des Lachens vorgeschlagen.

Am Ende werden die Ergebnisse dieser Studienarbeit zusammengefasst.

TEIL I

1 DAS LACHEN

1.1 Definition

Das Verb "**lachen**" (von *ahd.* "[h]lahhan") ist lautnachahmenden Ursprungs (Duden *ahd.*). Nach „**Langenscheidts Großwörterbuch**“ bezeichnet das Lachen die Phase, in der der Mund geöffnet ist und dabei kurz hintereinander mehrere Laute erzeugt werden, um zu zeigen, dass man sich freut oder lustig ist.

Trotz dieser Definition bleibt das Lachen ein komplexes menschliches Phänomen, in dem viele Informationen stecken und mit dem verschiedenen Fachbereichen (z.B.: Psychologie, Soziologie, Phonetik....) sich beschäftigt haben, daher besitzt der Begriff des Lachens mehr als eine Definition.

Folgende Definitionen werden je nach Fachbereich verteilt:

Soziologie

- Das Lachen ist ein angeborenes Ausdrucksverhalten des Menschen, das nicht nur, aber vor allem in der Gemeinschaft mit anderen seine Wirkung entfaltet.
- Im menschlichen Miteinander wird das Lachen als Ausdruck für Sympathie und gegenseitiges Einverständnis verstanden und entfaltet dadurch eine besänftigende, konfliktbegrenzende Wirkung, die dem Zusammenleben in Gruppen förderlich ist.

Psychologie

- Lachen ist eine emotionale Reaktion eines gesunden Menschen auf komische oder erheitende Situationen, erscheint aber auch als Entlastungsreaktion nach überwundenen Gefahren.
- Lachen ist ein Signal sexueller Erregung (Freud, 1912).
- Lachen ist eine der grundlegendsten universellen nonverbalen Kommunikationsformen des Menschen.

- Das Lachen ist einer der wichtigsten menschlichen Grundemotionen, (nach **P. Ekman** gibt es sieben verschiedene Grundemotionen: Wut, Ekel, Angst, Trauer, Freude und Überraschung). Es drückt die Emotion der Freude aus.

Phonetik

- Das **Lachen** (*Risus*) ist eine besondere Atmungsbewegung, bei welcher die Ausatmung in mehreren schnell hintereinander folgenden Stößen unter mehr oder weniger starkem Schall ausgeführt wird. Die Einatmung geschieht dagegen meist in einem kontinuierlichen, etwas beschleunigten und tiefen Zug. Diese Atmungsbewegung ist jedoch beim Lachen stets mit einer Zusammenziehung der mimischen Gesichtsmuskeln verbunden, was im Wesentlichen auf eine Verbreiterung der Mundspalte und Hebung der Mundwinkel hinausläuft. Überschreitet dieses Muskelspiel ein bestimmtes Maß, so entsteht anstatt des Lachens ein **Grinsen**. Findet es dagegen in geringerem Grad statt, so bezeichnet man es als **Lächeln**, bei welchem übrigens die stoßweise Ausatmung auch fehlen oder auf ein Minimum reduziert sein kann.
- Lachen ist ein vokalisiertes Signal mit hoher Frequenz und niedriger Amplitude.

*Quelle: Alle diese Definitionen wurden von der freien Enzyklopädie **WIKIPEDIA** (im Internet) geliefert.*

Die wissenschaftliche Untersuchung des Lachens heißt *Gelotologie*.

1.2 Natur des Lachens

1.2.1 Ist das Lachen ein angeborenes oder erlernendes Signal ?

Das Lachen ist ca. 7 Mio (Niemitz.1990) Jahre alt. Es gibt eine Meinungsverschiedenheit, wie die menschliche Sprache sich phylogenetisch entwickelt hat. Es könnte aus nicht wörtlichen stimmhaften Aussprachen, aus einem vorlinguistischen Gestesystem, oder aus Klängen, die ursprünglich als Ergänzung der Gesichtsbewegungen angewendet wurden. Wie auch immer, es ist sicher anzunehmen, dass das Lachen - wie andere Aussprachen wie stöhnen, seufzen,

weinen, ächzen, usw. - da war, bevor das Mensch die Sprache entwickelte und sie als ausdrückendes kommunikatives soziales Signal anwendete.

Unbewiesen, aber nicht unwahrscheinlich ist die Einschätzung mancher Forscher, das Lachen sei eine der Kommunikationsformen des Menschen, das menscheitsgeschichtlich der Entwicklung von Sprache deutlich vorausgehe. Als Beleg hierfür dient der Umstand, dass das Lachen in einer Gehirnregion ausgelöst und gesteuert wird, die deutlich älter ist als das Sprachzentrum.

Das Lachen ist ein geborenes und nicht erlernendes Signal. Der Beweis: auch Kinder, die blind und taub auf die Welt kommen, lachen. Obwohl sie nie ein grinsendes Gesicht gesehen und nie ein Kichern gehört haben.

1.2.2 Ursprung und Entwicklung des Lachens bei Menschen

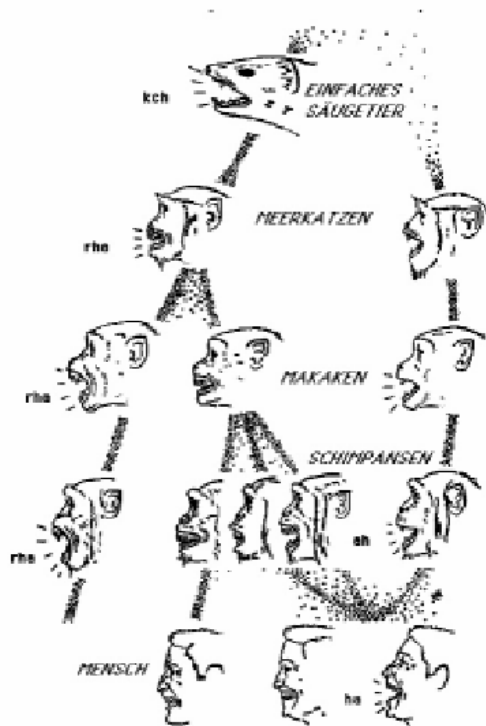
Beim Menschen haben sich in der Evolution in verschiedenen Kulturen zwei Displays als besonders wichtig erwiesen (van Hooff,1972).

Silent-bared-teeth (SBT)

Diese Verhaltensweise hat sich aus dem ritualisierten, spottenden Beißen bzw. Lächerlich-Machen entwickelt, welches bei den Makaken und anderen nahen Verwandten gut zu beobachten ist (Peusschoft, 1995). Das sind meist nur visuelle Displays. Das sogenannte „Stumme-Zähne-Zeigen“, bei dem die Lippen und Mundwinkel zurückgezogen sind und der Mund geöffnet ist, wurde als submassive Geste unter den höheren Primaten identifiziert und könnte damit dem menschlichen Lächeln, als Zeichen für Freundlichkeit entsprechen.

Relaxed-open-Mouth (ROM)

Dieses Display wird vom Angstschrei abgeleitet. Daher wird dieses Lachen von akustischen Signalen begleitet. Bei Makaken ist diese Verhaltensweise sehr gut untersucht worden (Preuschoft 1995). Es ist auf die Gesichtsausdrücke des Menschen übertragbar. Die Wurzeln des lauten Lachens sind auch in sogenannten „entspannten offenen Mund-Gesicht“, einem weit verbreiteten Muster, das von fast allen Primaten während des Spiels gezeigt wird und auch dort von typischen Lautäußerungen begleitet wird, zu finden (Grammer, 1995).



**Abb. 1: Phylogese des Lachens
(nach Van Hoof, 1972)**

Die Abbildung 1 zeigt den vermeintlichen Ursprung des menschlichen Lachens.

1.3 Neurologie

Beim Lachen arbeiten, wie bei der Sprache, zwei Gehirnzentren zusammen, ein intellektuelles und ein motorisches. Mit Hilfe des funktionalen Magnetresonanz-Bildgebungsverfahrens haben Forscher das Kopffinnere von Freiwilligen beim Lesen von Witzen beobachtet.

Anders als etwa beim Kitzeln, wird bei einem Witz das Sprachzentrum eingeschaltet. Der erzählte Witz gelangt zunächst über das Ohr ins Hörzentrum, von da geht es weiter in das Zentrum für Sprachverständnis, wo er analysiert wird. Dann wird er von der linken in die rechte Hirnhälfte geschleust, dabei wird es abgeglichen, ob sich Emotion und Inhalt entsprechen.

Stimmen Emotion und Inhalt nicht überein, findet das Gehirn den Witz witzig und es wird ein motorisches Hirn-Areal gereizt, wobei folgende Hirnregionen : motor area, Frontal lobe, und Nucleus accumbens aktiviert werden (*Quelle: Institut für Glücksforschung München*).

Dieses stimuliert den Körper zum Lachen.

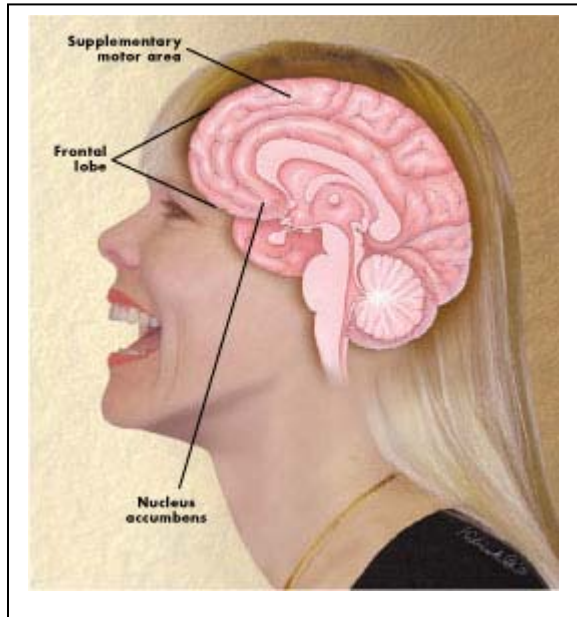


Abb. 2: Das folgende Bild zeigt die aktivierten Hirnregionen (Motor area, Frontal lobe, Nucleus accumbens) während des Lachens. (Quelle: Institut für Glücksforschung München (IFG))

1.4 Auslöser und Funktionen

Nach der Studie der Humorpsychologie von McGhee & Goldstein in 1983 ist die Auslösung des Lachens im Alltag häufig von der Wirkung von Stimuli und Situationen abhängig, die als „komisch“, „humorig“ oder „witzig“ empfunden werden. Die Analyse der Wahrnehmung und Verarbeitung von Reizen wie Witzen, Cartoons, lustigen Filmen sowie die von ihnen ausgehende erheiternde Wirkung zeigt, dass sowohl die Struktur als auch der Inhalt des verbalen, graphischen und pantomimischen Materials zur Erheiterung beiträgt.

Das Lachen kann durch das Lachen und Lächeln anderer, aber auch durch Erinnern, Imagination oder Suggestion erheiternder Ereignisse ausgelöst werden.

Forscher haben gemessen, dass wir in Gruppen bis zu 30 Mal mehr lachen als solo vor dem Fernseher (Nach dem Beratungsdienst "simplify your life" in seiner Ausgabe am 25.06.04 (Bonn)). Dieses Ergebnis beweist, dass das Lachen die Funktion der sozialen Bindung und des Umgangs miteinander erfüllt. (und hat ursprünglich nur wenig mit Humor und Witzen zu tun).

TEIL II

2 DAS EXPERIMENT

2.1 Ziel, Material und Methode

2.1.1 Ziele

Das ausgeführte Experiment zielt die Untersuchung des Lachens als phonetisches und akustisches Signal zur Beantwortung folgenden Fragen:

- Wie entsteht das Lachen ?
- Welche Phasen bilden den Start und das Ende des Lachsignals aus?
- Wie kann man das Lachsignal in einzelnen Einheiten teilen bzw. segmentieren?
- Ist der Lachvokal dem Sprachvokal ähnlich? In welchem Vokalbereich des menschlichen Sprachapparats wird es gebildet? Wie werden die Lachsilben, und die Lachensgrundphasen verteilt?.
- Wie viele Lachenstypen gibt es und wie lassen sie sich von einander unterscheiden?
- Wo liegt der Unterschied zwischen das weibliche und das männliche Lachen, falls es einen gibt ?
- Ist das Lachsignal einfach und deutlich gegenüber bzw. innerhalb des Sprachsignals zu identifizieren ? Wenn ja, anhand welcher Parametern ist das möglich ?

2.1.2 Methode

Dafür habe ich fünf Versuchspersonen (3 männlichen, 2 weiblichen) jeder einzelne, im Phonetiklabor der IMS beim Lachen aufgenommen. Um das spontane Lachen zu ermöglichen, habe ich verschiedene Humor-Bilder, kurze Komödie-Videos sowie Texten, die Witzen enthalten, benutzt.

Zu meinen Untersuchungsdaten habe ich auch die bereits bei anderen Experimenten verschiedenen aufgenommenen Lachenssignalen (z.B.: aus Jürgen Trouvain, Bachorowski Labor) eingefügt.

2.1.3 Material

Für diese Aufnahmen habe ich das im Phonetiklabor des Instituts IMS vorhandene Material benutzt. Alle Lachenaufnahmen wurden mit 16 Bit quantisiert, und mit einer Abtastrate von 48000 Hz abgetastet. Die Analyse der Lachsignalen erfolgte mit dem akustischen Software „WaveSurfer (Version 1.7.3)“ und „Praat“.

Die Formanten der Lachvokalen wurden genau in die Mitte der ersten Lachsilbe im Signal gemessen.

2.2 Wie entsteht das Lachen ?

WÄHREND DIE ERZEUGUNG VON SPRACHKLANGE EINE KOORDINATION VON ATMUNG, PHONATION, RESONANZ, UND ARTIKULATION ALS PARAMETER BENÖTIGT, WIRD SICH EINE ANALYSE DES LACHENS ALS NICHT ARTIKULIERTE AUSSPRACHE NUR AUF DIE DREI ERSTEN PARAMETER BASIEREN.

2.2.1 Atmung:

Das Lachen ist eine Verteilung von Sequenzen von vokalisiert Silben in einer forcierten Ausatemungsphase. Bright und al (1986) sowie Lloyd (1938) berichten in ihren Studien über die Atmung beim Lachen, dass die Lachenszyklen um der Funktionsrestkapazität (functional residual capacity FRC, d.h. Lungenvolumen nach einer normalen Ausatmung) beginnen, und nah vom Restvolumen (d.h. Restluftvolumen, das in den Lungen nach einer maximalen Ausatmung verbleibt) enden. Es ist also wahrscheinlicher, dass die gezwungene Initialausatmung das Gezeitvolumen ausstoßt, und die nächste Sequenz von Lachensimpulse ist auf Ausatemungsvolumen-Reserve basiert.

Die Zunahme in Atmungstiefe während des Lachens kann bis 2.5 Mal höher sein als während der restlichen Atmung.

Die Hauptmuskeln, die für das Lachenserzeugung verantwortlich sind, sind das Zwerchfell, die Unterleibmuskeln, die Brustkorpmuskeln und die Bauchmuskeln (Agostoni et al., 1960).

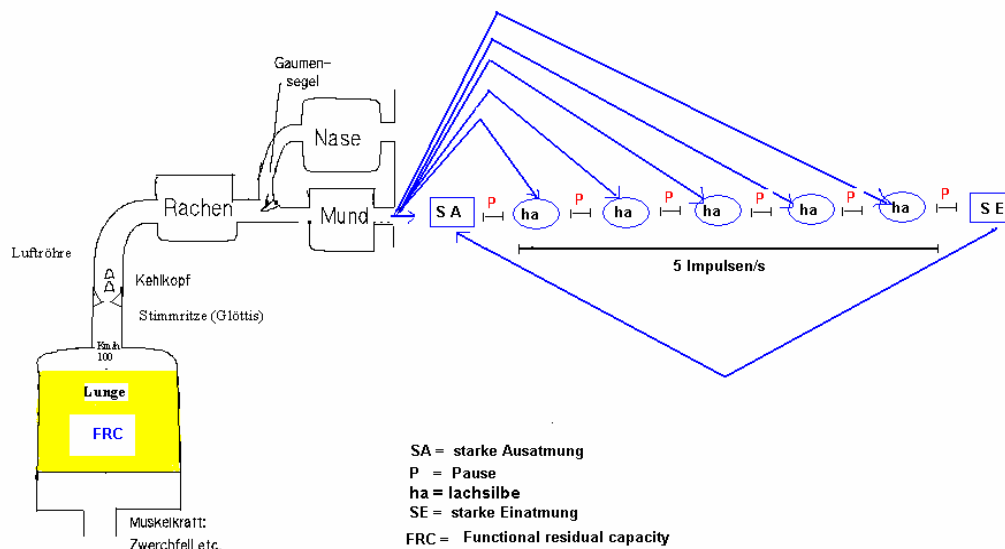
Die gezwungene Initialausatmung erhöht den transzwerchfellische Luftdruck von ca. 5440 Pa bis ca. 6120 Pa (Agostoni et al., 1960); dieses Druckplateau ist erhalten und bildet das Basis für die aushaltende Phonationsperiode von Lachensausprechen. Der erhöhte Druck lässt die Luft durch das Larynx durchströmen, wo das rhythmische Schließen und Öffnen des Glottis den Luftstrom unterbricht. Diese Vibrationen sind durch die Stimmbänder, deren Form ein

bestimmtes Frequenzspektrum verstärkt oder dämpft, und letztendlich entkommt die Luft durch den Mund oder die Nase.

Anhand dieser Studienergebnisse habe ich versucht ein Modell bzw. ein Schema darzustellen, das uns mehr verdeutlichen kann, wie das Lachen erzeugt wird, sowie die Prozessen, die es bis zu seiner Erzeugung durchläuft.

Die Abbildungen 3 und 4 zeigen ein Modell bzw. Schema der Prozessen, die das Lachen bis zu seiner Erzeugung durchläuft, sowie die spektrale Repräsentation des Lachensmodells.

.....



Der gepresste Rest-Luftvolumen der Lunge **FRC** (Functional residual capacity) strömt durch die Lufttröhre, nachher moduliert sich an der Glöttis, und dann wird stoßweise durch den Mund während der starken Ausatemungsphase (**SA**) als Lachensimpulsen (**ha**) mit dazwischen regelmäßigen verteilten Pausen (**P**) verteilt. Der Rest-Luftvolum ist fast am Ende, dann tritt eine starke Einatemungsphase (**SE**) ein. Der ganze Prozess wiederholt sich je nachdem zwei bis drei mal.

Abb. 3: Modell der Prozessen, die das Lachen bis zu seiner Erzeugung durchläuft.

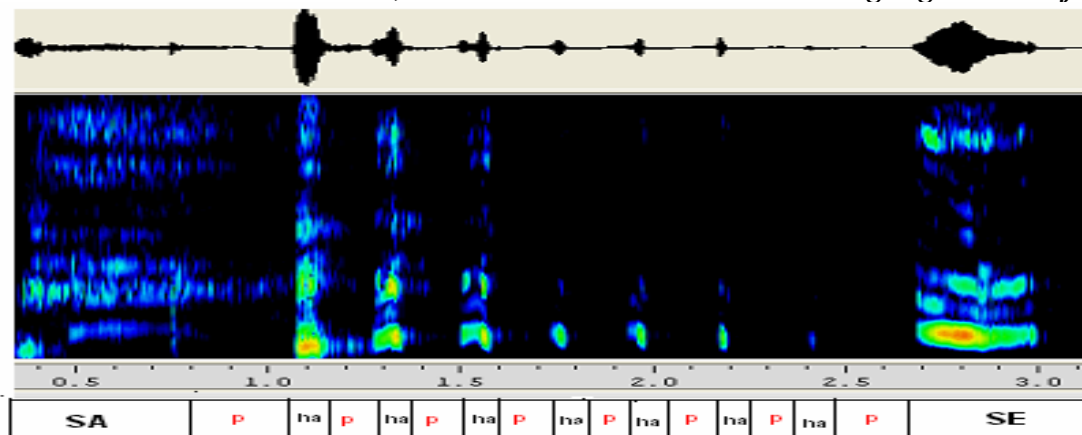


Abb. 4: Spektrale Repräsentation zum oben beschriebenen Lachensmodell

2.2.2 Phonation:

Die akustische Sequenz von Lachensimpulse ist von einer Reihenfolge von schnellen, dauerhaften, stereotypischen Larynxanpassungen erzeugt, die in vier Schritte getrennt sind: Interimpulspause, Adduktion (Schließen) der Arytenoid-Knorpeln, Vibration der Stimmbändern, und Abduktion (Öffnen) der Arytenoid-Knorpeln (Moore & von Leden, 1958).

Der Anlaut /h/ wird beim Lachen durch die Schließung der Stimmbänder erzeugt. Die Stimmbänder schwingen sich dann entsteht der Lachvokal /a/. Die Öffnung der Stimmbänder verursacht die Erzeugung von Pausen, die zwischen die Lachsilben auftreten.

2.2.3 Supralarynx-Modulation und Resonanz:

Trotz der Annahme, dass es keine cortically kontrollierte Artikulation im Lachen gibt, können qualitative Unterschiede mit emotionalen Zustände in verschiedenen Varianten verwandt. Variationen in der Tonhöhe können von Zunahme oder Abnahme der Länge des Vokaltrakts verursacht werden, zum Beispiel, erheben oder fallen des Larynx, oder vorstehen oder zurückziehen der Lippen. Beide Habermann (1955) und Citardi et al. (1996) beobachteten die Bewegung des Larynx in der oben-unten Richtung während einem absichtlichen Lachen. Sie stellten fest, dass die Länge und die Spannung der Stimmbänder, sowie die Breite und die Enge vom Larynx (Kehlkopf) auf die Qualität des Klangs wirken.

Von den Hauptartikulatoren im Sprechen, ist die Zunge (die in der Erzeugung von hohen und niedrigen, und Vorder- und Hintervokale betroffen ist) wahrscheinlich in einer zentrale Ruheposition während eines freudigen Lachens, aber nicht der Kinnbacken und die Lippen.

Die Aktion, den Mund zu öffnen, und das Öffnungsniveau des Munds (d.h. Fallen des Kinnbackens) wirken auf den Klang; diese Aktion ist mit Atmung verbunden (erlaubt das Ausstoßen der Luft). Habermann (1955) berichtete das Auftreten von Nasalen; es scheint wahrscheinlich, nur für sanfte Lachen zu sein, wenn der Mund nicht geöffnet ist, der weiche Gaumen fällt, und die Luft fließt durch die Nase. Nicht zuletzt, zwei wichtige Artikulatoren, die Lippen und die Backen, sind typischerweise nicht in Ruheposition, da sie Teil der emotionalen Gesichtsaktionen sind. Zum Beispiel verwickelt die Gesichtsentfaltung von Freude die Zurückziehung der Lippenecken und die Backen sind nach oben gehoben; die Zusammenziehung von diesen zwei Paarmuskeln ändert die Öffnungsform des Munds und

spannt die Haut von dem oberen Ende des Vokaltrakts, was auf den Klang im Offset und Apex von diesen Aktionen wirkt.

2.2.4 Start und Ende vom Lachen:

In diesem Teil meiner Studienarbeit habe ich versucht anhand der aus dem Experiment gewonnenen Daten und anhand der Analyse mehrerer Lachsignalen, den Start bzw. Onset und Ende bzw. Offset des Lachens zu bestimmen .

Wie erwartet haben die unterschiedlichen Lachensvarianten die Bestimmung dieser zwei Phasen erschwert, aber trotzdem stellen wir fest, dass die meisten Lachensvarianten mit einer starken gezwungenen Ausatmung bzw. starken ausgeatmeten Aspiration startet. Die Dauer dieser initialen Ausatemungsphase liegen zwischen 0,215 ms als Minimalwert und 0,962 ms als Maximalwert. Die Finalphase bzw. das Lachensende wurde meistens mit einer starken Einatemungsphase signalisiert. Eine starke eingeatmete Lachenssilbe (besonders beim Schreienslachen) kann auch das Ende des Lachens bezeichnen. Die Dauer dieser beiden Finalphasen liegt zwischen min. 0,101ms und max. 0,743 ms (siehe Tabelle 1 und Abb. 5).

Dateiname	Startphase bzw. Dauer	Endphase bzw. Dauer	Gesamte Signaldauer
Abdul.lachen1.wave	Ausatmung (0,215ms)	Einatmung (0,549 ms)	1,6 s
Abdul.lachen2.wave	Ausatmung (0,898 ms)	Einatmung (0,743 ms)	6,0 s
Chris.nichtsp.lachen Wave	Ausatmung (0, 045 ms)	Einatmung (0,372 ms)	1,3 s
Chris.sp.lachen1.wave	Ausatmung (0,752 ms)	Einatmung (0, 421 ms)	5,875 s
Chris.sp.lachen2.wave	Ausatmung (0,962 ms)	Einatmung (0, 704 ms)	2,111 s
Female 1.wave	Ausatmung (0,387 ms)	Eingeatmete Silbe (0,335 ms)	3,0 s
Female 5.wave	Ausatmung (0,258 ms)	Einatmung (0, 112 ms)	1,105 s
Female 10.wave	Ausatmung (0,384 ms)	Einatmung (0, 101 ms)	0,661 ms
Lachen 1.wave	Ausatmung (0,352 ms)	Einatmung (0,484 ms)	5,375 s

*Tabelle 1 : Darstellung einiger untersuchten Lachsignalen
bezüglich Start und Ende des Lachens.*

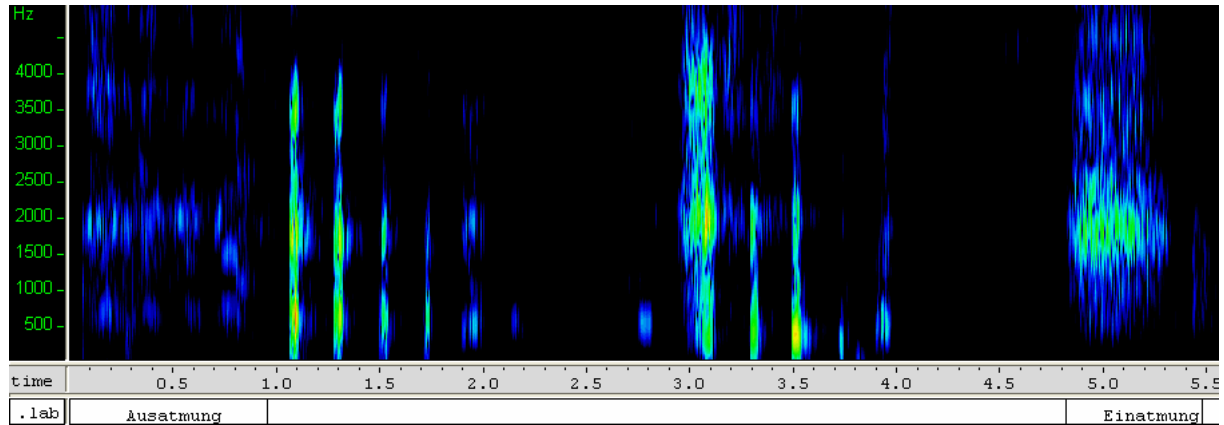


Abb. 5: Start (Ausatmung) und Ende (Einatmung) eines Lachsignals

2.3 Lachenssegmentierung

In diesem Teil der Studienarbeit werden wir uns mit der Segmentierung als grundlegender Bereich der Phonetik beschäftigen. Sie wird uns bei der akustischen Analyse des Lachsignals durch seine Zerlegung in mehreren segmentierten Einheiten sehr helfen.

2.3.1 Segmentierung eines „typischen“ Lachens

Ein typisches Lachen kann man als lautes rhythmisches Lachen, das am meisten bezüglich der anderen Lachensvarianten als Reaktion auf eine lustige Information anwendbar ist.

Die Untersuchung der akustischen und phonetischen Struktur von so einem „typischen“ Lachen weist auf das Auftreten von lautlichen Einheiten innerhalb des Lachsignals, die zum Teil stimmlos und zum anderen Teil stimmhaft sind. Diese Einheiten besitzen eine silbische Struktur, die aus Konsonant und Vokal besteht.

Ein Weg zur Segmentierung des Lachsignals ist, das Lachen als artikulatorisches Sprechen zu betrachten. Auf niedriger Ebene gibt es Lautsegmente, die entweder Vokale oder Konsonanten sind. Auf der nächsten Ebene gibt es Silben, die aus Lautsegmenten bestehen. Die nächste höhere Ebene besteht aus breiteren Einheiten wie Sätzen, die aus mehreren Silben bestehen.

Ein Blick auf die Literatur, die sich mit akustischen Beschreibungen vom Lachen beschäftigt, zeigt eine Ambiguität in Terminologie. Terme sind entweder nicht klar definiert, oder sie sind in unterschiedlichen Weisen in unterschiedlichen Studien benutzt, oder phonetische Terme sind mit unterschiedlichen Bedeutungen benutzt. Deswegen werde ich hier das Lachsignal in drei Ebenen aufteilen und es anhand der definierten Segmentierungsterme von „Jürgen Trouvain“ (**Segment, Silbe, Bouts, Episode, Sätze ..**) versuchen zu segmentieren.

2.3.2 Die Segment-Ebene

Die Segment-Ebene eines typischen Lachens besteht meistens aus einem vokalischen Segment, gefolgt von einem konsonantischen Segment.

Der Laut /h/ ist der am meistens gebrauchte Konsonant bei der Lachenserzeugung.

In der Tat ist der /h/, ein unstimmhafter frikativer Glottisklang, der einzige Konsonant, der auf Ebene des Larynx erzeugt ist.

2.3.3 Die Silbe-Ebene

Die Silbe-Ebene des Lachens ist als eine verbundene CV Einheit gekennzeichnet, wobei der vokalische Segment der Silbe-Kern ist. Diese wird meistens als Lachensereignis, Lachenssilbe oder silbische Vokalisierung genannt. Hinsichtlich der temporalen (Zeit-) Verteilung von dem vokalischem und konsonantischen Segment in einer Silbe ist es erwähnt, dass die Aspirationsphase deutlich länger als der Vokal ist, im Gegenteil zu dem Verhältnis, das man in der Regel in der Sprache findet (siehe Abb. 6).

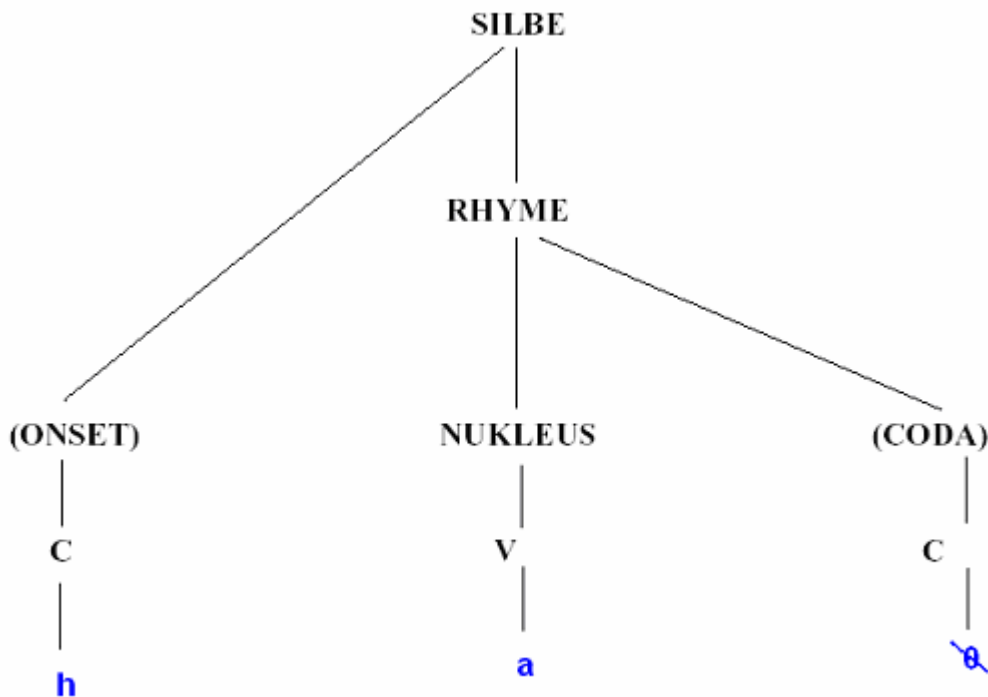


Abb. 6: Aufbau der Lachenssilbe

2.3.4 Satz-Ebene

Diese Ebene ist oft als Sequenz von Lachenssilben in einer Ausatemungsphase (siehe Abb. 7). Ein komplettes Lachen kann aus mehreren Bouts bestehen, die von der Einatmung getrennt sind. Das komplette Lachen ist dann eine „Episode“ genannt.

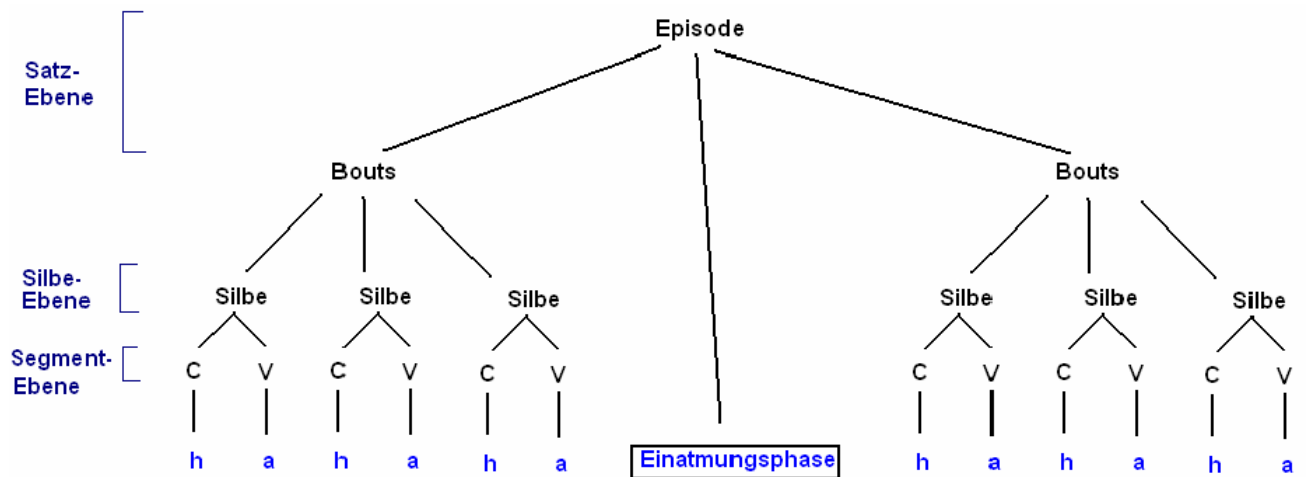


Abb. 7: Darstellung der Lachenssegmentierung als Baum

Zur mehr Verdeutlichung der Lachenssegmentierung, schlage ich vor, den veröffentlichten schematischen Graph von Jürgen Trouvain in seiner Pilotstudie „Segmenting Phonetic Units in Laughter“, in der auch die Lachenssegmentierung in gleichen Ebenen verteilt hat zu beobachten (Abb. 8).

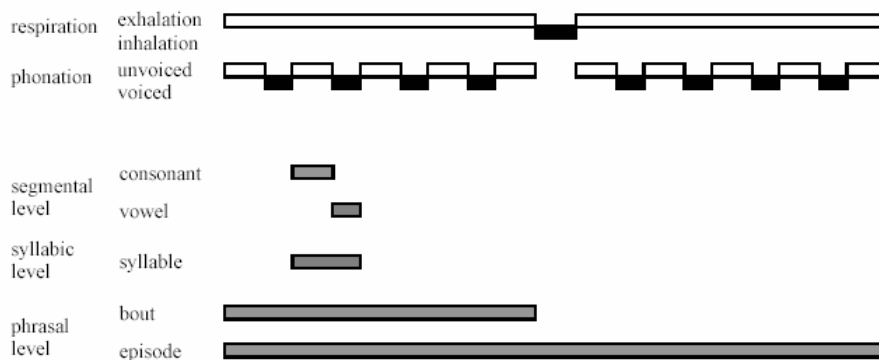


Fig 1: Schematic graph of the time course of a laughter. Top section: phases of respiration and phonation. Bottom section: examples for proposed segmentation units in a three-level distinction. Note that the role of inhalation phase is unclear.

Abb. 8: Segmenting Phonetic Units in Laughter (J. Trouvain)

2.4 Lachvokal

In diesem Kapitel versuche ich herauszufinden, ob der Lachensvokal einer der Sprachvokalen ähnlich ist, sowie in welchen Vokalbereichen das Lachen bei uns stattfindet.

2.4.1 Frequenzintervall des Lachvokals

Nach der Untersuchung mehrerer Lachsignalen bezüglich ihrer Formantenstruktur stellen wir fest, dass die Resonanzfrequenz der Lachensformanten, und wie es auch in Abbildungen 9 und 10 dargestellt ist, meistens in folgenden Bereichen vorkommt :

F1 liegt zwischen 500 Hz und 800 Hz.

F2 liegt zwischen 1500 Hz und 1800 Hz.

F3 liegt zwischen 2500 Hz und 3000 Hz.

F4 liegt zwischen 3500 Hz und 4000 Hz.

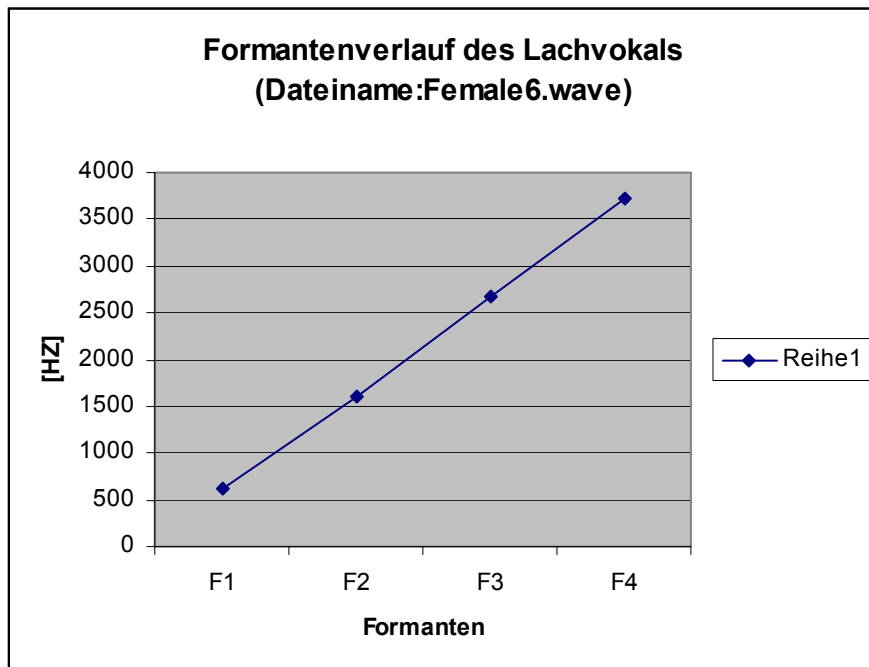


Abb. 9: Formantenverlauf des Lachvokals (Datei: Female6.wave)

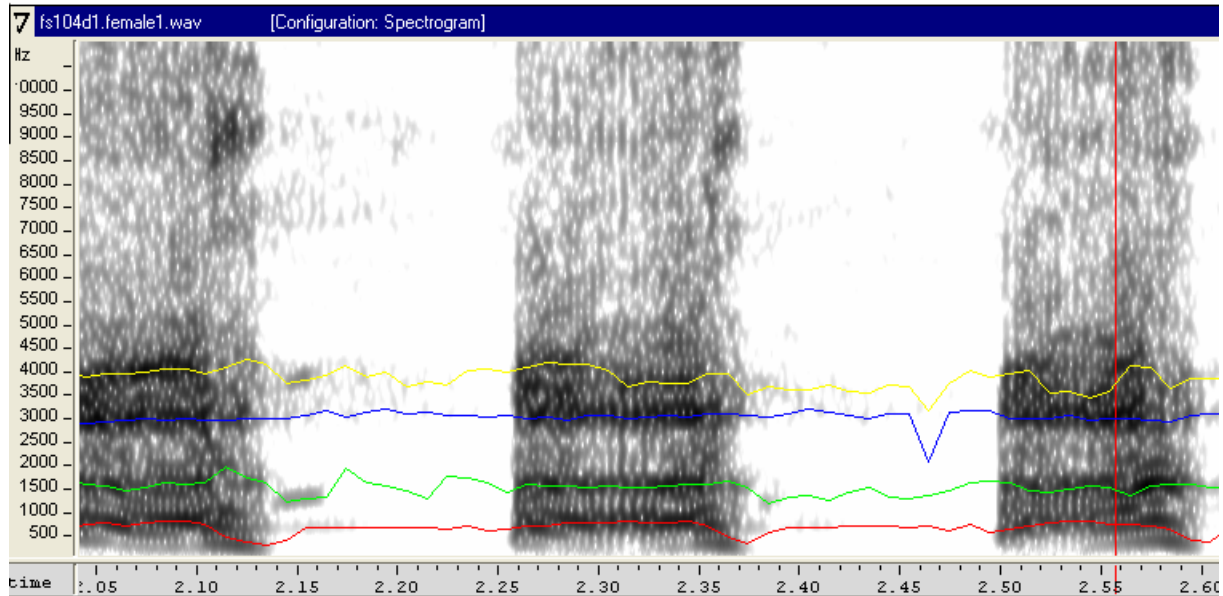


Abb. 10: spektrale Darstellung der Lachformanten

2.4.2 Frequenzmittelwert des Lachvokals

Berechnung der arithmetische Mittelwert „x“ der Lachensformanten über 12 verschiedenen Lachsignalen bzw. lachende Personen . (Die untersuchten Lachsignalen stehen in unten dargestellten Tabelle)

Dateiname	F1 [Hz]	F2 [Hz]	F3 [Hz]	F4 [Hz]
female1.wav	608	1884	2742	3451
Lachen1.wav	709	1560	2213	3957
abdul.lachen2.wav	564	1512	1814	3450
male0.wav	433	1851	2835	3662
female.wav	838	1571	3300	3981
male6.wav	530	1479	2596	3712
femal3.wav	516	1487	3530	3867
christine.lachen1	704	2112	2672	4272
lachen01.wav	722	1653	2667	4264
fs186s7.male1.wav	523	1511	3003	3895
fs210d4.male6.wav	652	1587	2636	3713
fs131s16.female5.wav	584	1923	2919	4018

Tabelle 2 : Darstellung der 12 untersuchten Lachsignalen bezüglich der Formantfrequenzen

Die folgende Tabelle sowie das begleitende Diagramm stellen die Ergebnisse der berechneten Mittelwert „ \bar{X} “ der Lachensformanten dar:

	F1	F2	F3	F4
Mittelwert \bar{X}	615 Hz	1677 Hz	2743 Hz	3853 Hz

Tabelle 3 : Darstellung der Mittelwert der Formantenfrequenzen

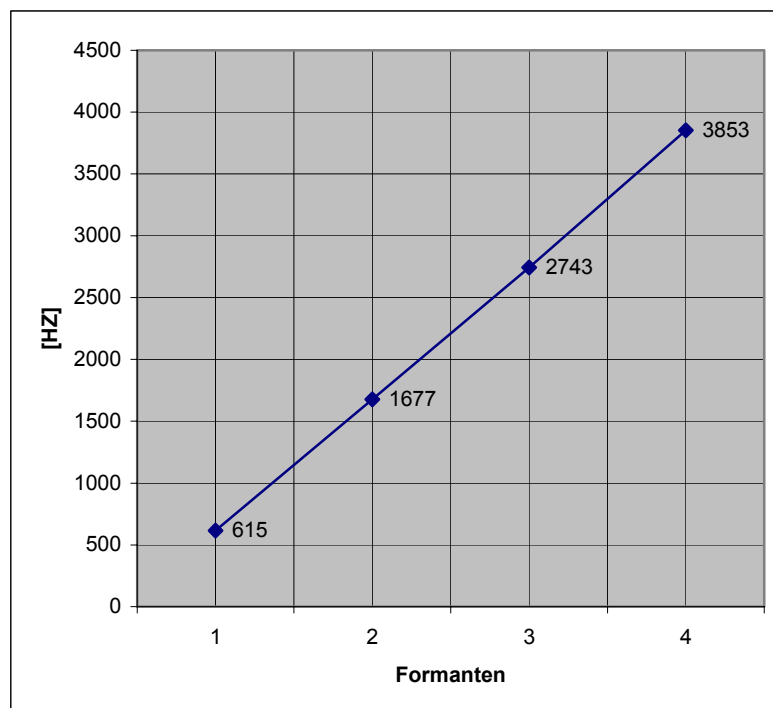


Abb. 11: Mittelwert der Lachensformanten

Die Lage der Formantfrequenzen des Lachvokals ist im Allgemeinen identisch mit der Lage der Formantfrequenzen der Zentralvokalen [a @ 6 a] beim Sprechen. Aber wenn man den Frequenzbereich des Lachvokals genau beobachtet dann stellt man fest, dass die Charakteristik seiner Formantfrequenzen genau ähnlich dem Zentralvokal „schwa“, oder /e/ (wie in about) ist. Die Abstände des Lachvokals liegen etwas bei 1000 Hz. Das gilt sowohl für den Abstand zwischen F1/F2 als auch zwischen F2/F3, was der Fall bei dem neutralen Schwa ist.

2.5 Der Unterschied zwischen dem weiblichen und dem männlichen Lachen

Nach der Analyse 14 weiblichen und männlichen Lachsignalen, stellen wir fest, dass es einen deutlichen Unterschied zwischen Frauen und Männer beim Lachen gibt. Das ist nicht verwunderlich, da die beiden Geschlechtern sich schon beim Sprechen unterscheiden.

Der Hauptunterschied zwischen den beiden Geschlechtern beim Lachen liegt in der Grundfrequenz . Da die durchschnittliche Grundfrequenz beim weiblichen Lachen höher ist (349 Hz) als beim Männlichen (291 Hz).

Folgende Tabelle und Diagramm stellen die Ergebnisse dar:

Female	F0 (Hz)	Male	F0 (Hz)
chris_spontanes_lachen1	351	fs133d3_male0	391
fs104d1_female1	306	fs186s7_male1	355
fs104d1_female4	374	hich_lachen5	218
chris_spontanes_lachen2	329	lachen1	291
fs104d11_female3	343	abdul-lachen2	297
fs131s16_female5	328	fs100d5_male2	198
fs153s3_female	427		
leises_lachen	334		
F0 (mittelwert)	349	F0 (mittelwert)	291

Tabelle 4 : Ergebnisse der untersuchten Grundfrequenz bei weiblichen und männlichen Lachen

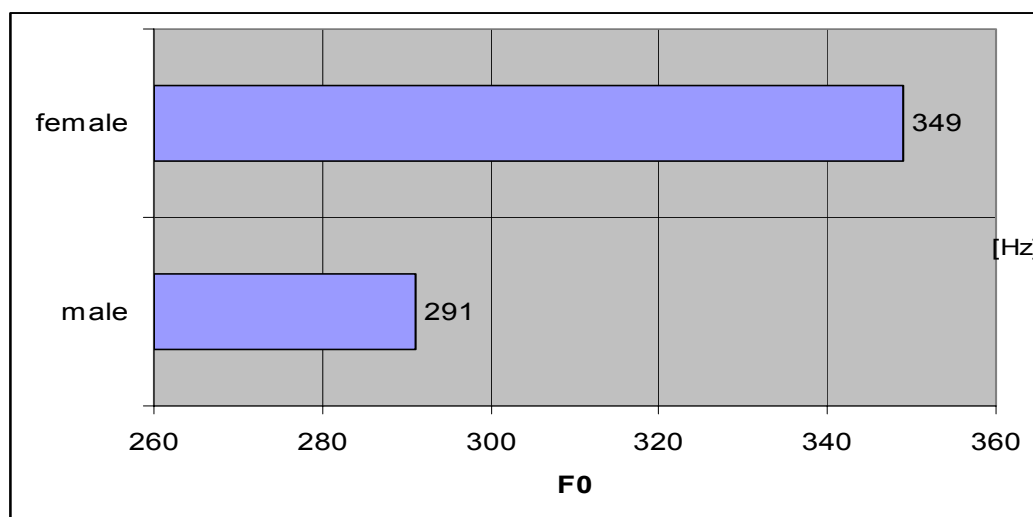


Abb. 12: Darstellung des Grundfrequenzmittelwerts (F0) beim männlichen und weiblichen Lachen

Nach der Analyse mehrerer Lachsignale bezüglich der Lage der Frequenz verschiedener Formanten bin ich zu dem Ergebnis gekommen, dass auch die Formantenfrequenzen höher bei Frauen als bei Männern sind. (Siehe Abb. 13).

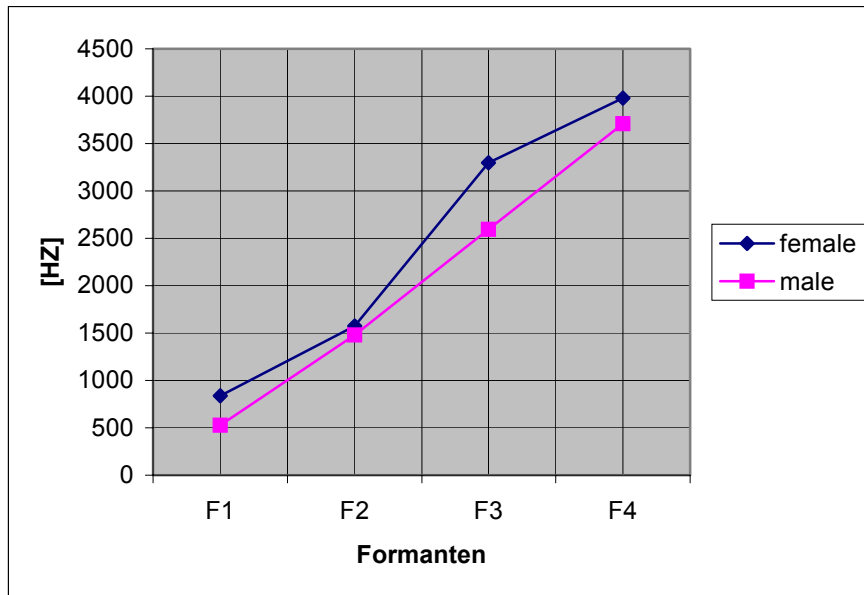


Abb. 13 : Darstellung der Formantenfrequenzen beim männlichen und weiblichen Lachen

Die Intensität des Lachens ist deutlich stärker bei Frauen als bei Männern, was auch in der unten dargestellten LPC-Analyse bemerkbar ist.

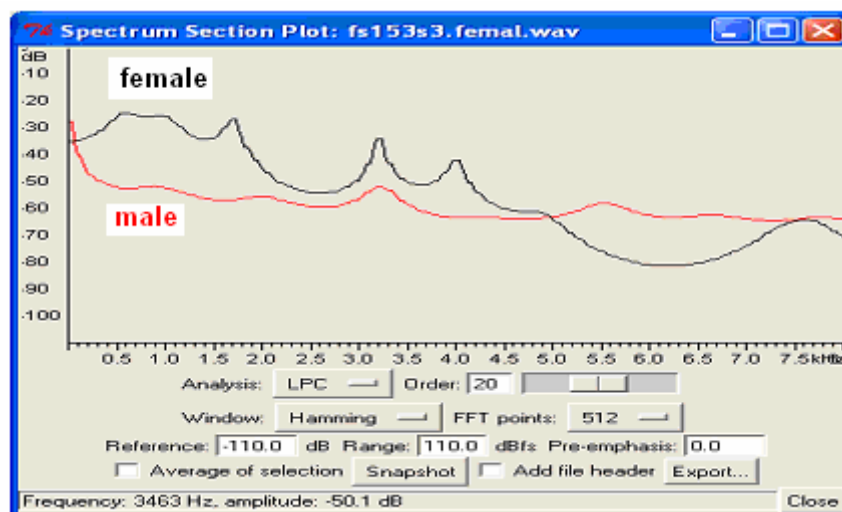


Abb. 14: LPC-Analyse eines weiblichen und männlichen Lachens

In der Tabelle 5 stelle ich die Ergebnisse verschiedener Studien bezüglich dem Unterschied zwischen dem weiblichen und männlichen Lachen, wobei die Grundfrequenz F_0 , die Frequenz-Ränge und die Formantenfrequenzen ($F1$, $F2$, $F3$, $F4$) als Unterscheidungsparametern genommen sind:

Study	Mean F_0 (Hz)	F_0 Range (Hz)	$F1f$ (Hz)	$F2f$ (Hz)	$F3f$ (Hz)	$F4f$ (Hz)	$F5f$ (Hz)
Bachorowski	M: 284 (155) ^a	M: 67 (76)	M: 534 (111)	M: 1589 (153)	M: 2571 (182)	M: 3663 (184)	M: 4594 (161)
Smoski, and Owren (2001) ^d	F: 421 (208)	F: 91 (85)	F: 637 (149)	F: 1734 (193)	F: 2887 (253)	F: 3725 (273)	F: 4513 (167)
Bickley and Hunnicuttt (1992)	M: 138	M: 55	M: 650	M: 1700	M: 2200		
Milford (1980)	F: 266	F: 315	F: 650	F: 1800	F: 2760		
	M: 175		M: 543	M: 1687			
	F: 160		F: 599	F: 1847			
Mowrer, LaPointe, and Case (1987)	M: 126 (42.7)	M: 69					
Nwokah, Hsu, Davies, and Fogel (1999) ^b	F: 365 (28)	F: 161					
Provine and Yong (1991) ^e	M: 276 (95)						
	F: 502 (127)						
Rothganger, Hauser, Cappellimi, and Guidotti (1998)	M: 424						
	F: 475 (125)						

^aLaugh selection required that bout duration be at least 250 ms.

^bSome outcomes provided here were derived from results given in the original reports.

^cGiven the authors' descriptions, we assume these durations to reflect voiced portions of calls.

^dAcoustic outcomes shown here are for voiced, open mouth calls.

^eM=male; F=female.

^fThese formant outcomes were provided as examples rather than arithmetic means.

^g F_0 measurements were made for the first call of each bout examined.

Tabelle 5 : Unterschiede zwischen Frauen und Männer beim Lachen, aus der Studie „ The acoustic features of human laughter” von Jo-Anne Bachorowski, Moria J. Smoski, and Michael J. Owren. (2001)

Frauen haben meistens eine typische bemerkbare Einatmungsphase, die als Trenner zwischen zwei Sequenzen von Silben bzw. Bouts vorkommt. Diese Phase besitzt eine deutliche Formantstruktur, weil dabei eine vokalisierte Silbe eingeatmet wird. Die Energie dabei erreicht 7500 Hz mit einer Unterbrechung im Bereich von 3000 Hz bis 6000 Hz (Siehe Abb. 17).

Die oben genannte Einatmungsphase tritt auch bei Männer als Trenner zwischen zwei Bouts. Aber dabei wird stark aspiriert, daher besitzt sie im Unterschied zum Frauen keine Formantstruktur. Die Energie ist gleich verteilt vom 500 bis 7500 Hz (Siehe Abb. 15 und 16).

Eine weitere typische charakteristische Phase bei Frauen ist die Einatmungsphase am Ende des Lachens. Diese tritt als eingeatmete vokalisierte Silbe mit Formantstruktur auf, während bei Männer als starke Aspiration (siehe Abb. 17).

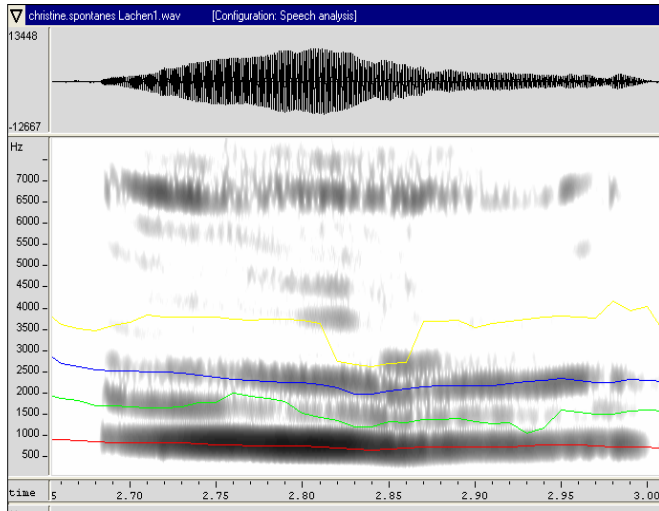


Abb. 15: Einatmungsphase beim weiblichen Lachen

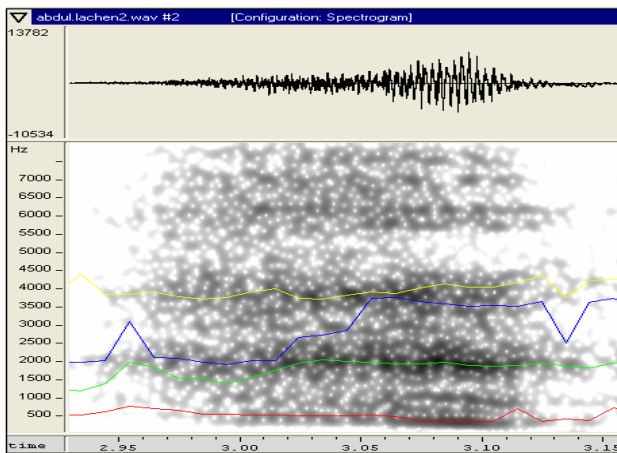


Abb. 16: Einatmungsphase beim männlichen Lachen

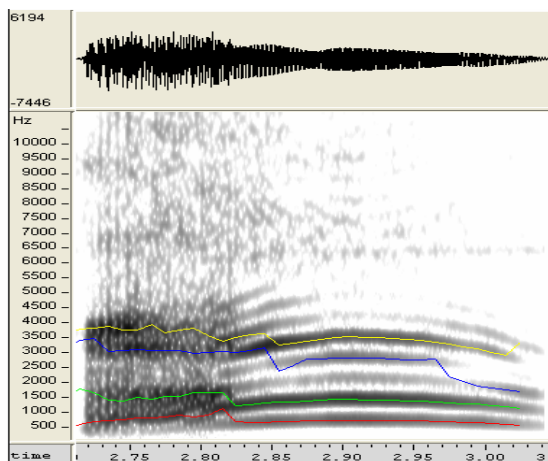


Abb. 17: Typische Einatmungsphase bei Frauen am Ende des Lachens.

Frauen und Männer unterscheiden sich auch in der Intonation. Sie variiert sich stark bei Frauen und wird als steigend-fallend mit hoher erreichter Frequenz (bis 350 Hz) charakterisiert, während sie bei Männer leicht variiert und meistens fallend mit mittlerer Frequenz (ca. 150 Hz) ist (siehe Abb. 18 und 19).

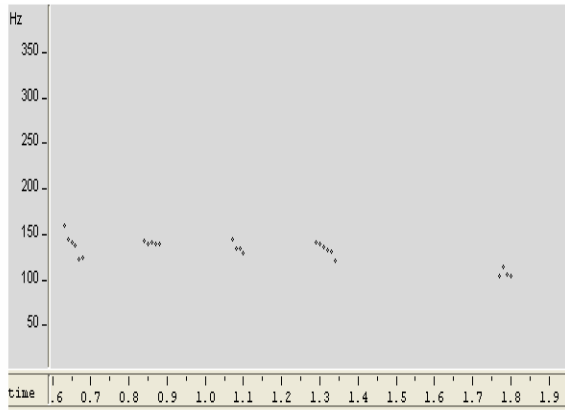


Abb. 18: Intonationsverlauf eines männlichen Lachens (Dateiname: Lachen1.wave)

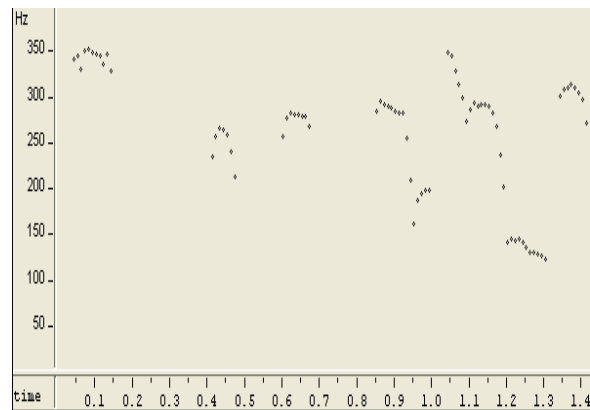


Abb. 19: Intonationsverlauf eines weiblichen Lachens (Dateiname: female1.wave)

Folgende Tabelle fasst die erwähnten Unterscheidungsmerkmalen zwischen Frauen und Männer beim Lachen zusammen:

	Einatmungsphase zum Trennen zwischen Bouts	Einatmungsphase am Ende des Lachens	Intonation	Grundfrequenz	Lautstärke bzw. Intensität
Männliches Lachen	Tritt oft aspiriert auf.	Tritt oft aspiriert auf.	Variiert sich leicht. meistens fallend.	291 Hz	sehr hoch
Weibliches Lachen	Tritt manchmal als eingeatmete Silbe auf.	Tritt manchmal als eingeatmete Silbe auf.	Variiert sich stark. Steigend-fallend	349 Hz	mittel

Tabelle 6 : Darstellung des Hauptunterschieds zwischen Frauen und Männer beim Lachen .

2.6 Lachenstypen

Hier in meiner akustischen Analysen zur Klassifizierung der verschiedenen Lachenstypen werde ich zuerst das Lachen in vier grundlegenden Kategorie nämlich „rhythmisches Lachen“ , „leises Lachen“ , „Schreiendes Lachen“ und „Kommentarlachen“ aufteilen. Diese Lachenstypen werden hauptsächlich nach ihren Silbenanzahl, ihren End-Einatmungsphase, ihren gesamten Signaldauer und ihren Silbendauer sowie Tönhöhe klassifiziert. Am Ende versuche ich für jedes Type eine Definition mit begleitenden sonographischen Abbildungen zu geben.

2.6.1 Rhythmisches Lachen

Das rhythmisches Lachen ist eine typische oft anwendbare Lachensform, die meistens mit einer relativen leichten Ausatemungsphase, die zwischen 700 ms und 900 ms dauert startet, und mit einer nasalisierten oder orale Einatemungsphase, die zwischen 400 ms und 700 ms dauert endet. Die Haupteigenschaften dieser Art vom Lachen sind seine zahlreichen Lachenssilben sowie seine zahlreichen regelmäßigen verteilten Pausen, die mit dem Lachensrhythmus in Kombination stehen. Die Signalsform besteht aus stimmhaften Lachenssilben mit sichtbarer Formantstruktur. Diese Lachenssilben sind in Sonogramm als schmalen unterbrochen vertikalen Linien, mit Energiekonzentration im Bereich von 1000 bis 4000 Hz (Tonhöhe ist mittel) charakterisiert. Die Dauer der einzelnen Lachenssilben liegen zwischen 30 ms und 80 ms, während der gesamten Signaldauer zwischen 5 s und 6 s liegt. Somit ist es die längste Lachensform bezüglich der Dauer. Außerdem besteht diese Lachensform aus mehreren Ausatemungs- und Einatemungsphasen. Dies kann man auch als Haupteigenschaft betrachten (Siehe Abb. 20).

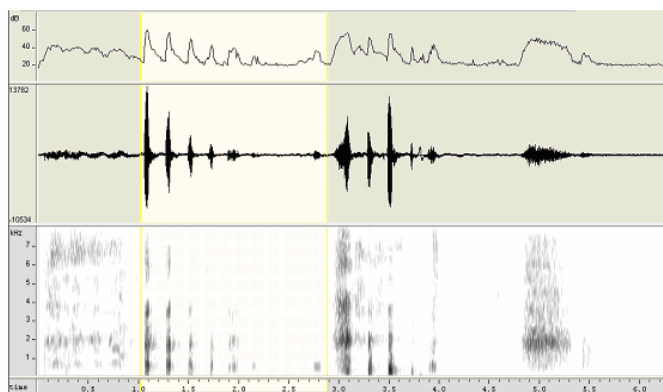


Abb. 20: spektrale Darstellung eines rhythmischen Lachens

2.6.2 Leises Lachen

Die charakteristischen Merkmalen dieser Lachensform liegt darin, dass sie genau aus zwei stimmhaften formantsichtbaren Lachenssilben besteht. Die Länge dieser Lachenssilben liegt zwischen 40 ms und 120 ms. Sie sind in Sonogramm als unterbrochene Linien mit Energiekonzentration im Bereich von 100 bis 2500 Hz (Tonhöhe ist tief) charakterisiert. Es gibt weniger Pausen im Vergleich mit dem rhythmischen Lachen. Das leise Lachen enthält maximal eine Ausatemungsphase als Start und eine nasalisierte oder ganz selten orale Einatemungsphase als Ende. Die Dauer der Ausatemungsphase liegt zwischen 200 ms und 900 ms, während der Einatemungsphase zwischen 500 ms und 750 ms liegt. Die maximale Signaldauer beträgt 2 Sekunden (Siehe Abb. 21).

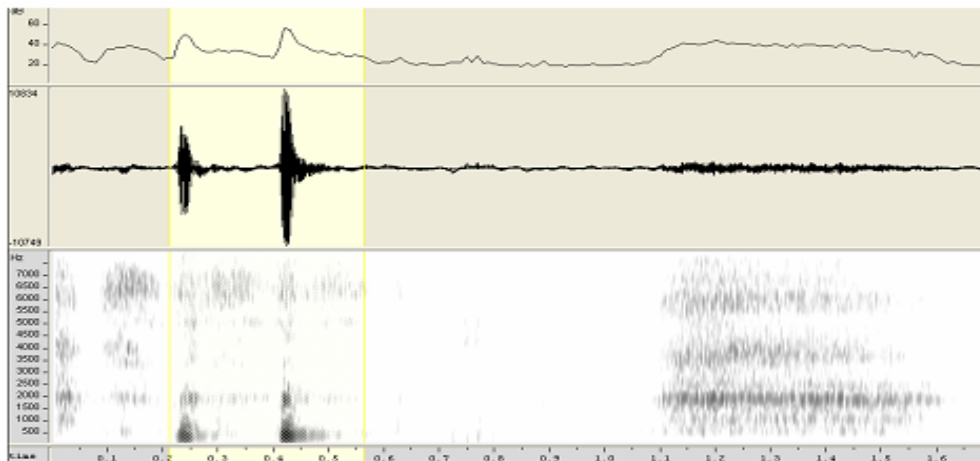


Abb. 21: *spektrale Darstellung eines leisen Lachens*

2.6.3 Kommentarlachen

Diese Lachensform tritt fast täglich in der menschlichen Kommunikation ein, um eine empfangene Information zu kommentieren. Sie ist meistens von einem Sprachsignal gefolgt. Sie besteht nur aus einer Lachenssilbe und tritt oft nasalisiert bei der starken Ausatmung auf. Das gesamte Lachens Signal dauert maximal 1 Sekunde. Es endet sich mit einer leichten Einatemungsphase (Siehe Abb. 22)

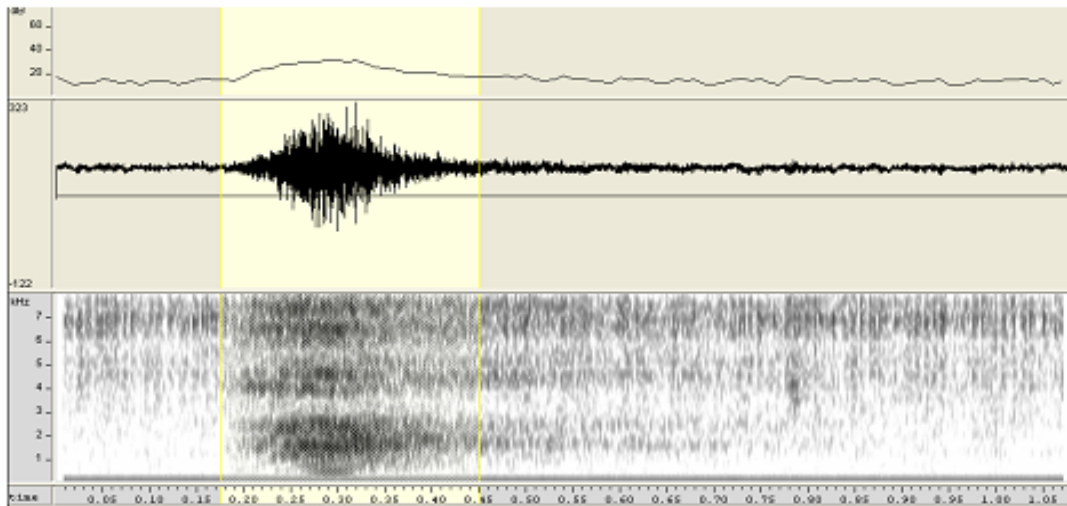


Abb. 22: spektrale Darstellung eines Kommentarlachens

2.6.4 Schreiendes Lachen

Diese Lachensform ist dem Schreien ähnlich. Als merkbare Charakteristik, besteht sie aus mehreren relativen breiten Lachenssilben, die mit vielen Energie ausgefüllt sind. Die Dauer der einzigen Lachenssilben liegt zwischen 100 ms und 150 ms. Die Ende dieser Lachensart ist meistens mit einer lauten ausgesprochenen Silbe gekennzeichnet. Es gibt viele ausgefüllten Pausen. Die Energie ist entlang der Frequenzbereich bis 10.000 Hz verteilt (sehr hohe Tonhöhe). Die gesamte Signaldauer ist relativ kurz und liegt meistens bei 1,7 Sekunden. Die auditive Eigenschaften dieser Lachensart sind im Vergleich mit den andern Lachenstypen sehr bemerkbar (Siehe Abb. 23).

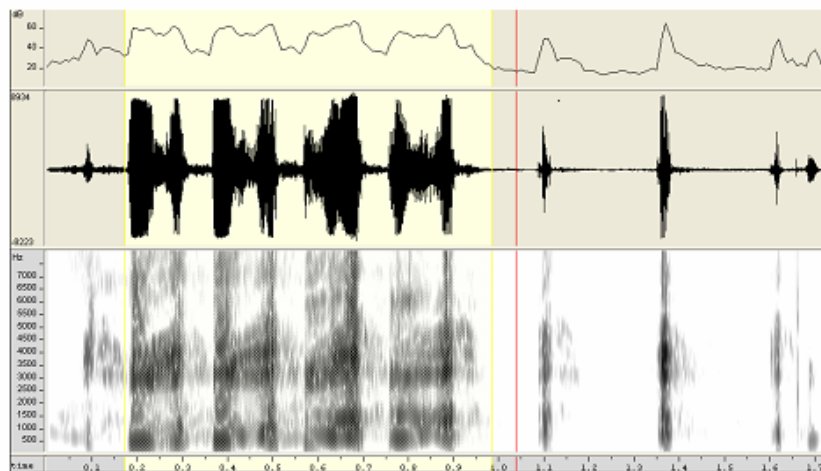


Abb. 23: spektrale Darstellung eines schreienden Lachens

Lachenstypen	Endphase	Silbenanzahl	Silbendauer	Gesamte Signaldauer	Tonhöhe
Rhythmisches Lachen	Starke Einatmung	3 bis 12	30 bis 80 ms	5 bis 6 s	mittel
Leises Lachen	Starke Einatmung	2	40 bis 120 ms	2 s	tief
Kommentarlachen	Leichte Einatmung	1	50 bis 60 ms	0,300 ms bis 0,800 ms	tief
Schreienslachen	Starke eingeatmete Silbe	3 bis 11	100 bis 150 ms	1,7 s bis 3 s	Sehr hoch

Tabelle 7: Ergebnistabelle zur Charakterisierung der einzelnen Lachenstypen

Hier stelle ich einen endlichen Automat dar, der alle erwähnten Lachenstypen generieren kann. Das Automat nimmt die Ausatemungsphase (**Aus**) als Eingang und die Einatemungsphase (**Ein**) als Ausgang und dazwischen wird eine beliebige Länge von Lachsilben (**LS**) sowie Pausen (**P**) verarbeitet. Als Ergebnis wird einen beliebigen Lachsignal (**S**) je nach Lachenstyp (rhythmisches, leises, schreiendes oder Kommentarlachen) erzeugt.

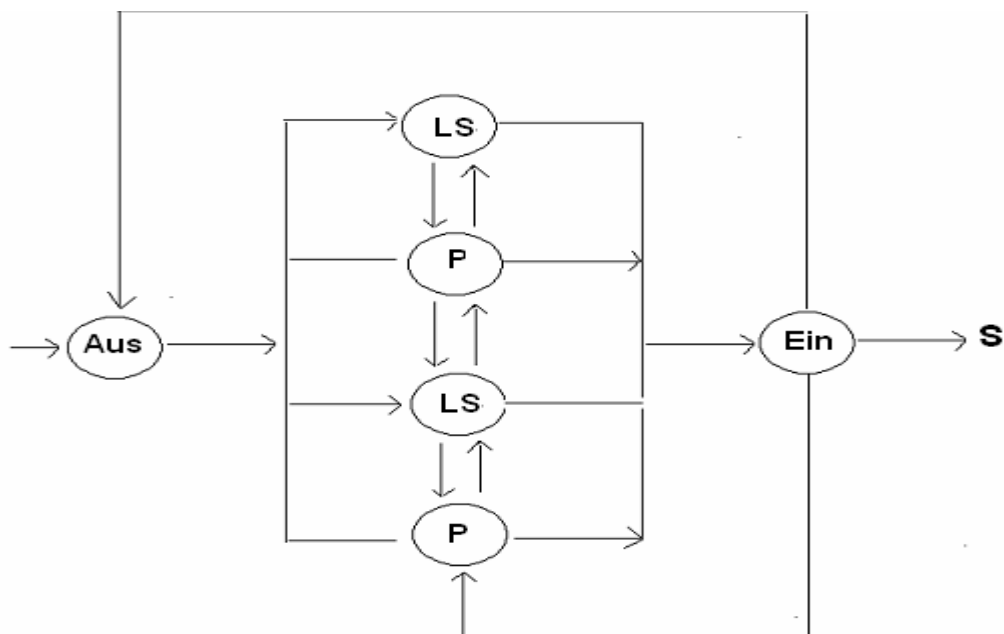


Abb. 24 : Darstellung eines endlichen Automaten zur Generierung verschiedener Lachenstypen

2.6.5 Sprech-Lachen

Ein „Sprech-Lachen“ ist eine Form des Lachens, die mit der Aussprache gleichzeitig auftritt. Charakteristik für Sprech-Lachen ist eine verstärkte Atmungsaktivität, die sich beim Atem in den stimmhaften Portionen und verstärkte Einatmung in den unstimmhaften Portionen reflektiert. Gelegentlich erfolgt ein Zittern in den stimmhaften Teile. In keinem Fall ist die aussprechende Konfiguration eingehalten, während die Lachenselemente in der Segmentstruktur gemischt sind. Sprech-Lachen scheinen, eine eigene Kategorie von wörtlicher Vokalisierung darzustellen. Die Sprechintonation ist mit dem Lachenssilbenintonation gemischt, deswegen besitzt dieser Lachensform eine besondere Intonation. Die Grundfrequenz (F0) und die Intensität sind höher beim diesen Lachensart als beim normalen Sprechen

Dieser Art vom Lachen besitzt eine besondere Signalsform bzw. Waveform als die anderen Lachensarten. Es gibt nicht soviel Pausen zwischen die Signaleinheiten. Keine Ausatmungsphase beim start des Signals ist notwendig (Siehe Abb. 25).

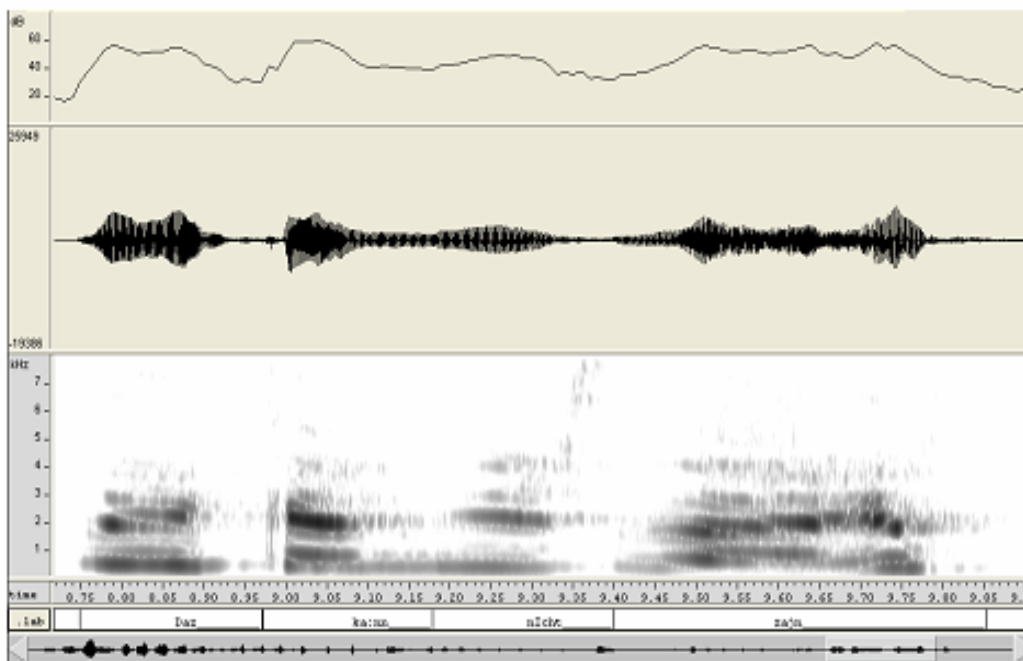
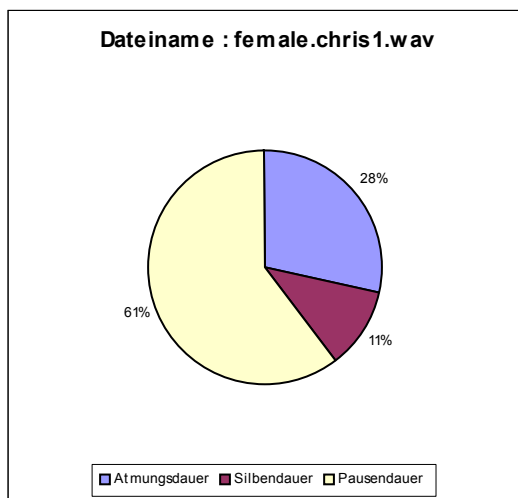


Abb. 25: spektrale Darstellung eines Sprech-Lachens

2.7 Dauerverteilung der Basisphasen innerhalb der verschiedenen Lachentypen

Ein weiteres Kriterium zur Unterscheidung zwischen die verschiedenen Lachentypen ist die Dauer der einzelnen Hauptphasen (Atmung, Pausen , Silben) bezüglich der gesamten Signaldauer . Da stellen wir fest, dass die dominierende Phase beim rhythmischen Lachen die Pausephase ist. Sie nimmt 61% der gesamten Signaldauer. Beim leisen Lachen dominiert die Atmung wobei sie 75% der gesamten Signaldauer besitzt. Das Schreiende Lachen ist durch seine breite vokalisiert Silben gekennzeichnet , da ist es nicht verwunderlich, dass die dominierende Phase dabei die Silbenphase ist (50% der gesamten Signaldauer). Das Kommentarlachen wird im Gegensatz zu den anderen Lachensarten von zwei Phasen dominiert, nämlich die Atmungsphase mit 52% und die Silbenphase mit 48 % .
(Sehen Sie die unten dargestellten Diagrammen an).

Rhythmisches Lachen



leises Lachen

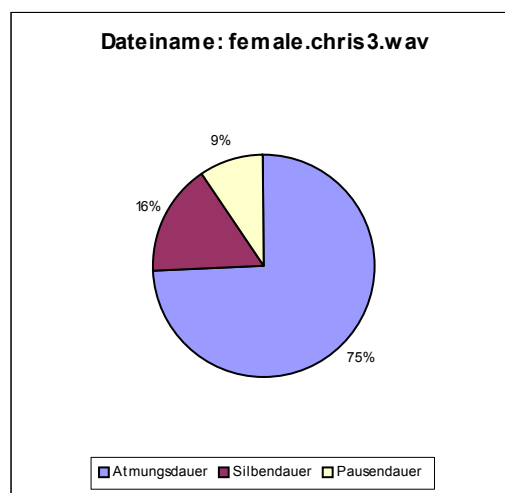


Abb. 26 : Dauerverteilung der Basisphasen eines rhythmischen Lachens **Abb. 27: Dauerverteilung der Basisphasen**

Schreiendes Lachen

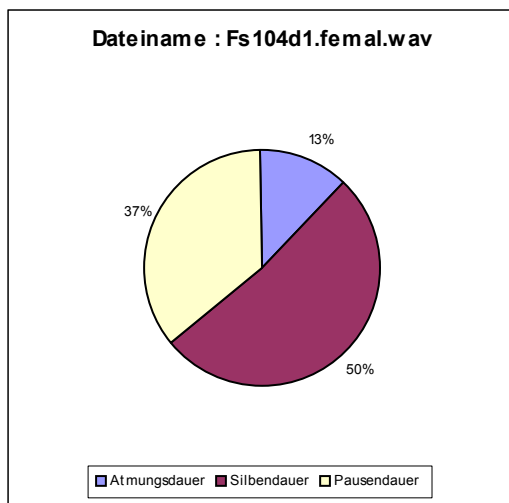


Abb. 28 : Dauerverteilung der Basisphasen eines schreienden Lachens in Prozent

Kommentarlachen

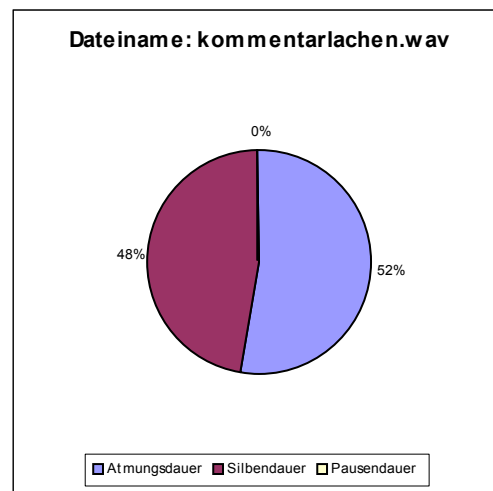


Abb. 29 : Dauerverteilung der Basisphasen eines Kommentarlachens

2.8 Lachsilbenverteilung

Nach der Untersuchung mehreren Lachsignalen bezüglich der Verteilung der Formantenfrequenz und der Zeitdauer der Lachsilben bzw. der vokalisiert Silben, stellen wir fest, dass der Formantenfrequenz vom Silbe zu Silbe sich stark und unregelmäßig variiert. Das gleiche gilt für die Zeitdauerverteilung aber mit einem relativen aussteigenden Rhythmus.

Hier unten wurde diese unregelmäßige variierte Verteilung der Lachsilben an drei verschiedenen Lachsignalen tabellarisch und graphisch verdeutlicht (Tabelle 8 und Abb. 30).

Dateiname: (Chris.sp1.wave)	F1	F2	F3	F4	Silbedauer
1.Silbe	704	2112	2672	4272	0,074ms
2.Silbe	848	1760	2592	4320	0,084ms
3.Silbe	768	896	2304	3824	0,089 ms

Dateiname: (female1.wave)	F1	F2	F3	F4	Silbedauer
1.Silbe	575	1132	1930	4102	0,104 ms
2.Silbe	575	1967	2766	3489	0,114 ms
3.Silbe	613	1392	2951	3731	0,106 ms

Dateiname: (lachen1.wave)	F1	F2	F3	F4	Silbedauer
1.Silbe	792	1616	2457	3895	0,075 ms
2.Silbe	743	1745	2279	3669	0,077 ms
3.Silbe	776	1535	2214	3216	0,062 ms

Tabelle 8: Lachsilbenverteilung an drei verschiedenen Lachsinalen

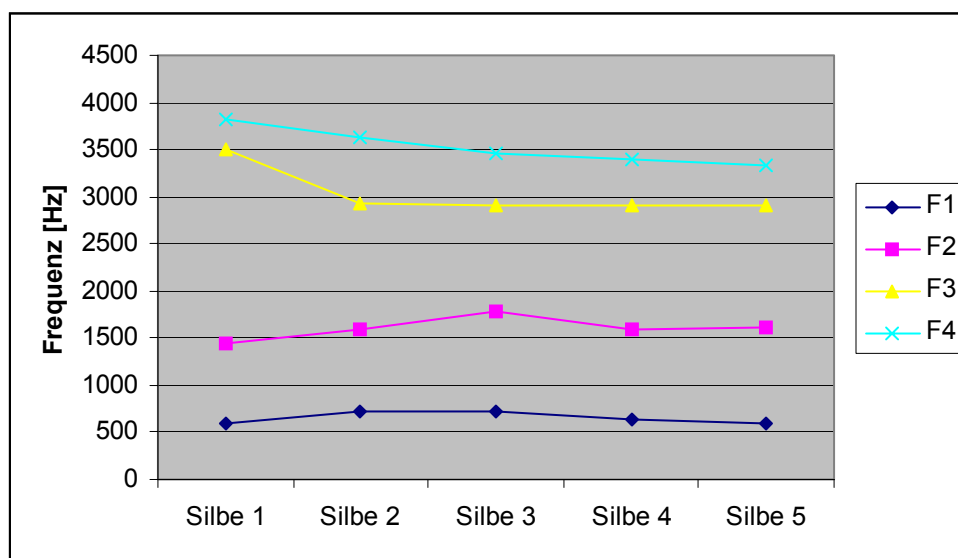


Abb.30 Verteilung der Lachsilben innerhalb eines Lachsinalen

Die Silbenanzahl innerhalb eines Lachsinalen ist von der Lachenvariante (rhythmisches, leises, kommentar-, schreiendes Lachen..) abhängig. Beim rhythmischen Lachen kommen mehr Lachsilben als beim anderen Varianten vor. Die maximale vorkommende Anzahl vom

Silben in einem Lachenzyklus ist vom Lungenvolumen abhängig, und wurde hier in 12 Silben während 3 Sekunden festgestellt, wobei die Anzahl der erzeugten Silben vor der Trenn-Einatmungsphase größer als der Anzahl der erzeugten Silben nach dem Trenn-Einatmungsphase ist. Das hängt davon ab, dass die ausgeatmete Restluftmenge am Anfang des Lachens bzw. vor der Trenn-Einatmungsphase größer als die ausgeatmete Luftmenge nach der Trenn-Einatmungsphase ist. Die zwischen Silben verteilten Pausenanzahl ist immer kleiner als der verteilten Silben .

Die Tabelle 9 stellt die Silbenanzahl, Silbendauer, Boutsanzahl und Boutsdauer in verschiedenen Studien.

Comparisons among the present results and other published reports. Tabled values are means, with standard deviations in parentheses.

Study	Sample size	Laugh-sampling method	Number of laugh bouts	Bout duration	Calls per bout	Minimum and Maximum calls per bout	Call duration
Bachorowski, Smoski, and Owren (2001)	45 males 52 females	Humorous video clips	1024	0.87 s (0.77)	3.39 (2.71)	1, 20	0.17 s (0.14)
Bickley and Hunnicutt (1992)	1 male 1 female	Spontaneous laughs produced during speech task	15		Laugher 1: 6.7 Laugher 2: 1.2		
Milford (1980)	15 males 15 females	Social, tension-release, humor, and tickle		1.34 s			
Mowrer, LaPointe, and Case (1987)	11 males	Humorous video clips	55	1.22 s (0.44) ^a	7.16 (2.42)	1, 25	
Nwokah, Hsu, Davies, and Fogel (1999) ^b	3 females	Mothers interacting with their infants	3	2.14	8.67	6, 14	
Provine and Yong (1991)	23 males 28 females	First "spontaneous" laugh after request to laugh	51		4.00	4, 16	0.08 s (0.02) ^c
Rothganger, Hauser, Cappellini, and Guidotti (1998)	20 males 20 females	Humorous video clips	187	0.75	5.90 (2.18)		0.13 s (0.06)

Tabelle 9: Silbenanzahl, Silbendauer, Boutsanzahl und Boutsdauer in verschiedenen Studien

Quelle: „ The acoustic features of human laughter” von Jo-Anne Bachorowski, Moria J. Smoski, and Michael J. Owren. (2001)

3 Lachenserkennung

In diesem Abschnitt versuche ich folgende Fragen zu beantworten:

Welche spektralen und akustischen Merkmalen kann uns die automatische Erkennung des Lachens innerhalb eines Sprach- bzw. komplexes Signals ermöglichen ?

Wozu brauchen wir die Lachenserkennung ?

Welche mögliche Algorithmus kann man zur automatischen Erkennung des Lachens anwenden?

Das Lachsignal lässt sich von dem Sprachsignal unterscheiden durch seine starke Initiale Ausatemungsphase, seine Silbensequenzen, seine zahlreichen regelmäßigen Pausen zwischen Lachsilben und seine bemerkbare typische Einatemungsphase, die sowohl als Trennphase zwischen zwei Bouts als auch Endphase auftritt.

Das Sprachsignal im Gegenteil zum Lachsignal benötigt keine Ausatemungsphase zum starten. Die Grundfrequenz beim Sprechen ist niedriger als beim Lachen. Die Pausen dabei sind meistens weniger und nicht regelmäßig verteilt . Die Intonation variiert sich bei Sprechen leicht und sieht verkettet aus während sie beim Lachen sehr dynamisch ist, wobei jede Lachsilbe eine steigend-fallende (sieht in Sonogramm als spitzige Gipfel aus) Intonation hat. Die Intonation fehlt während der Lachpausen, deswegen sieht sie unterbrochen bzw. nicht verkettet aus. Die maximale erreichte Intensität ist relativ höher als beim Sprechen.

Das Lachen besitzt eine für es typische waveform bzw. Signalsform, die im Spektrogramm als Sequenzen von regelmäßigen aussteigenden schwingenden Perioden mit gleichen verteilten Abstände dazwischen:



Während die Signalsform beim Sprechen als komplexes Signal, das aus gemischten Anregungen mit unregelmäßigen verteilten Pausen bzw. Abständen besteht:



Innerhalb eines Sprachsignals wird das Sprechen durch eine starke Ausatemungsphase, die dem Start des Lachens signalisiert unterbrochen, während eine letzte Einatemungsphase das Ende des Lachens bezeichnet. Danach kommt eine lange Pause und dann läuft das Sprechen weiter.

Um die automatische Erkennung des Lachens innerhalb eines Sprachsignals bzw. eines komplexen Signals zu ermöglichen, habe ich nach der Analyse mehrerer Lachesignale das Lachen in seine grundlegenden Phasen nämlich **Ausatmung**, **Lachsilbe**, **Pause**, und **Einatmung** zerlegt. Danach habe ich versucht jede einzelne Phase seine sonographischen, spektralen und akustischen Merkmalen zu liefern. Die Ergebnisse habe ich in Tabelle 10 eingetragen.


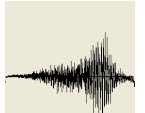
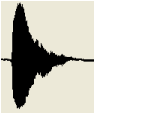



	Ausatmung	Einatmung		Silben	Pause	
		Aspirierte Einatmung 	Eingeatmete Silbe 		leer 	gefüllt 
Signalform	Stochastisch	Stochastisch	Quasi-periodisch	Quasiperiodisch	Stille	Rauschsignal
Dauer	Min: 200 ms Max: 900 ms	Min: 0,100 ms Max: 0,700 ms		Min: 0,40 ms Max: 0,140 ms	Min: 0,70 Max: 0,170	
Energie-Verteilung	Bis 7500 Hz. -Regelmäßige Verteilung - Aspiriert	Bis 7500Hz -konzentriert sich im Bereich von 2000 Hz bis 7500 Hz. -Aspiriert.	Bis 7500Hz. -Konzentriert sich im Bereich von 500 Hz bis 3000 Hz	Bis 7500 Hz . Unterbrochen im Bereich von 5000 Hz bis 7000 Hz.	keine	-Energie bis 6000 Hz - konzentriert sich im bereich von 800 Hz und 6000 Hz.
Intensität	30 – 40 dB	50 – 60 dB		40- 60 dB	15 – 25 dB	
Intonation	Fehlt Oder Hoch-steigend	Fehlt oder Fallend	fallend-steigend	sehr dynamisch steigend-fallend	keine	
F0	250 Hz	350 Hz	300 Hz	220 Hz	keine	
Formantstruktur	keine	keine	F1= 500-900 Hz F2= 1700-2200 Hz F3= 2200-3000 Hz F4= 3500-4200 Hz	F1= 500- 800 Hz F2= 1500-1800 Hz F3= 2500- 3000 Hz F4= 3500-4000 Hz	keine	

Tabelle 10 : Darstellung der sonographischen und akustischen Merkmalen des Lachens

Die Lachenserkennung ermöglicht uns die Abgrenzung der Lachsignal gegenüber dem Sprachsignal und somit die Zerlegung eines komplexes Signal in einen linguistischen Teil, der syntaktisch, morphologisch und semantisch analysierbar ist und in einen emotionalen Teil, der uns den Emotionszustand bzw. die Einstellung der Kommunikationspartner liefert. Diese Zerlegung kann eine bedeutsame Rolle bei der Mensch-Maschine-Kommunikation sowie bei der automatische Emotionserkennung spielen (Abb. 32).

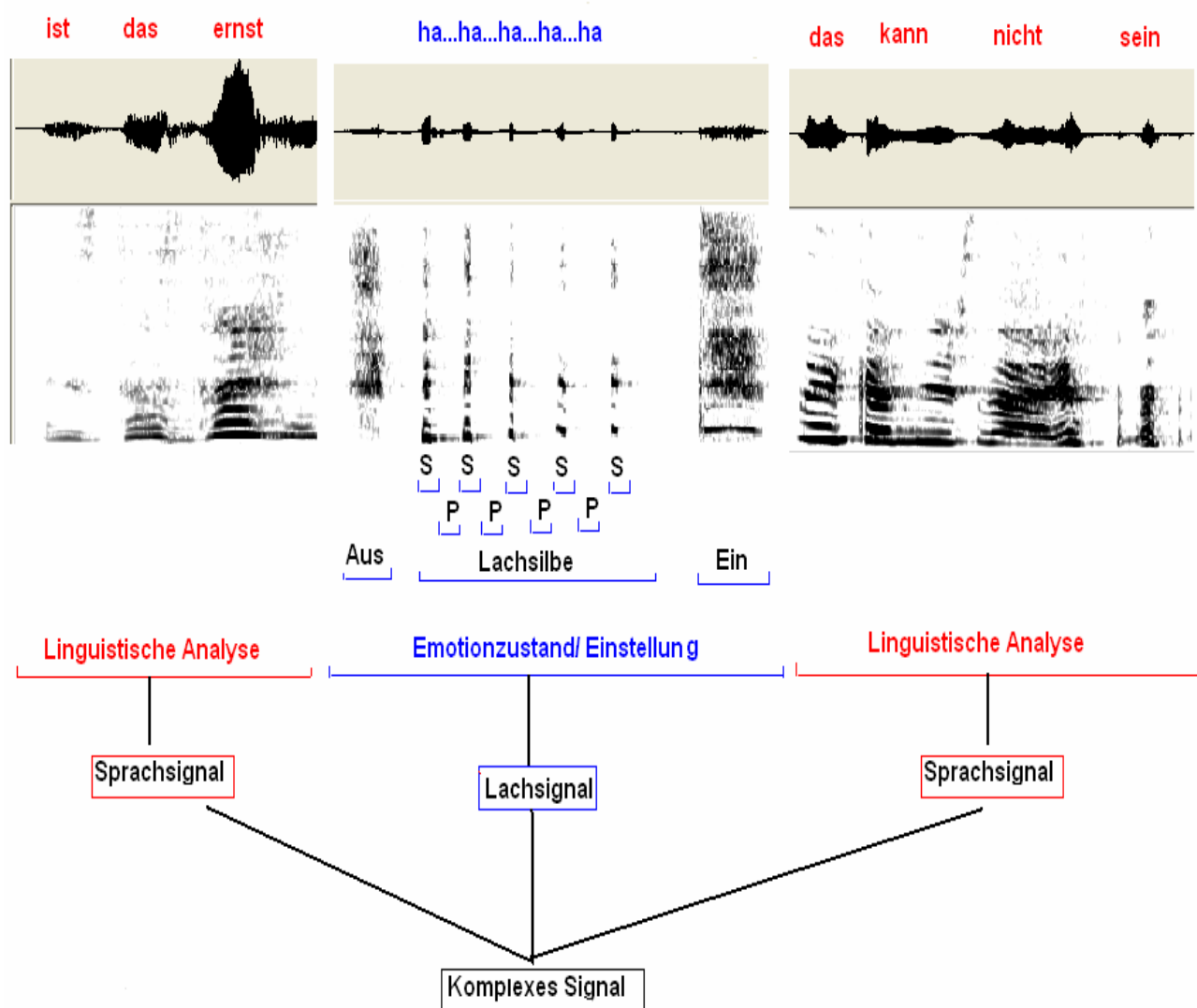


Abb. 31 : Zerlegung eines komplexen Signals in emotionalen Teil und in linguistischen Teil

Hier betrachte ich das Lachsignal als eine mathematische Funktion, wobei es seine grundlegenden Phasen als Parameter nimmt:

$$F(L) = (A + S + P + E)$$

Die Summe dieser Parametern ergibt das Lachsignal.

Ein Signal wird als Lachsignal erfolgreich erkannt genau dann, wenn es alle vier grundlegenden Phasen nämlich Ausatmung, Silbe, Pausen, Einatmung enthält.

$$F(L) = \left\{ \begin{array}{l} 1 \text{ gdw } (A = 1) \wedge (S = 1) \wedge (P = 1) \wedge (E = 1) \\ 0 \text{ Sonst} \end{array} \right\}$$

Wenn ein Lachsignal L Teilmenge von einem Informationssignal I ist, dann hat bzw. besitzt der Sprecher S positive Emotion P (Freude, Glück, Zufriedenheit...).

$$(F(L) \subseteq I) \Rightarrow H(S, P)$$

Hier skizziere ich ein möglicher Algorithmus bzw. Verfahren zur automatischen Erkennung des Lachsignals und damit des Emotionszustands des Sprechers. Das Eingangssignal muss digitalisiert werden, damit es von einem Digitalrechner weiterverarbeitet werden kann. Falls ein verdächtiges Signalteil die schon erwähnten Hauptphasen des Lachens nämlich **Ausatmung**, **Lachsilbe**, **Pause**, und **Einatmung** erfüllt, dann wird es in einzelnen Phasen zerlegt. Danach folgt die Extraktion der spektralen und akustischen Merkmalen jeder Phase, die gleichzeitig mit vorhandenen Lachen-Musterphasen verglichen werden. Falls die akustischen und spektralen Merkmalen der verdächtigten Phasen mit den Lach-Musterphasen übereinstimmt dann wird das Lachen erkannt (Tabelle 11).

		Lachen - Musterphasen			
		Ausatmung	Silbe	Pause	Einatmung
Verdächtigten Phasen	Ausatmung	1	0	0	0
	Silbe	0	1	0	0
	Pause	0	0	1	0
	Einatmung	0	0	0	1

Tabelle 11: Matrix zur Vergleichung der Lachensgrundphasen

4 Zusammenfassung

Die Ergebnisse dieser Studienarbeit werden in folgenden Punkten zusammengefasst:

- Das Lachen ist ein angeborenes Signal dessen Natur von Primaten stammt.
- Das Lachen wird in Motorischen Area des Hirns ausgelöst.
- Das Lachen zielt die soziale Bindung als Funktion und hat positive medizinische Auswirkungen.
- Das Lachen besteht aus vier grundlegenden Phasen, nämlich die Ausatmung , die Einatmung, die Pause und die Lachsilbe
- Das Lachen startet mit einer forcierten Ausatemungsphase und endet mit einer starken Einatemungsphase.
- Das Lachsignal dauert minimal 2 s , durchschnittlich 5 s und maximal 8s.
- Die Intonation ist dynamischer und die Grundfrequenz ist höher als beim Sprechen
- Der Kern der Lachatmung ist ein Atmungsprozess, bestehend aus einer einleitenden forcierten Ausatmung, an die sich eine mehr oder weniger ausgedehnte Sequenz wiederholter Expirationsstöße von hoher Frequenz und geringer Amplitude anschließt, die durch die Kontraktion der Bauch- und Brustmuskulatur und das Zwerchfell erzeugt werden.
- Während durch die initiale Expiration hauptsächlich das Atemzugvolumen ausgestoßen wird und sich dabei der subglottische Druck erhöht, wird während der zweiten Phase das expiratorische Reservevolumen ausgeatmet; d. h. Lachen wird bei der funktionellen Residualkapazität (d.h. dem Volumen, das nach normaler Expiration noch in der Lunge verbleibt) initiiert und nahe am Residualvolumen terminiert.
- Im Kehlkopf finden in rascher und stereotyp ablaufender Folge vier Stadien statt: Die die Schließung der Stimmritze (wodurch der Anlaut "h" produziert wird), die Schwingung der Stimmbänder (Grundlage für die Produktion des vokalen Kerns der Lachsilbe), die Öffnung der Stimmritze und eine Pausenstellung, bei der die Stimmritze weit geöffnet ist.

- Es gibt im Durchschnitt ca. 5 Lachlaute pro Sekunde, wobei die mittlere Vokalisationsdauer nur ca. 75 ms beträgt und damit weitaus kürzer als die dazwischenliegenden Vokalisationspausen ausfällt.
- Die Mittelwerte der Lachensformanten sind folgenden:
F1= 615 Hz , F2 = 1677 Hz , F3 = 2743 Hz , F4 = 3853 Hz.
- Während die Atmungs- und Kehlkopfbewegungen stereotyp ablaufen, fällt das hörbare Klangbild äußerst variabel aus, da es durch vielfältige supraglottische Faktoren, wie Weite der Mundöffnung, Länge und Form des Resonanzkörpers (welche durch Hoch- oder Tiefstellung des Kehlkopfes, aber auch durch die Mimik der Erheiterung mitbedingt werden) beeinflusst wird.
- Der Unterschied zwischen dem weiblichen und dem männlichen Lachen liegt vor allem in der Grundfrequenz. Diese ist höher bei Frauen als bei Männer .
- Es gibt vier verschiedene Lachentypen, nämlich das rhythmische Lachen, das leise lachen, das Kommentarlachen und das schreiende Lachen. Der Unterschied zwischen diesen Lachensvarianten liegt in der Silbenanzahl, der End-Einatmungsphase, der gesamten Signaldauer sowie in der Silbendauer.
- Die Grundfrequenz innerhalb eines Lachsignals variiert sich vom Silbe zu Silbe.
- Das Lachsignals lässt sich in folgenden Einheiten segmentieren :
Episode = das komplette Lachen.
Bouts = besteht aus mehreren Lachsilben, die von der Einatmungsphase getrennt sind.
Silbe = besteht aus Konsonant und vokal
Segment = besteht aus Konsonant oder Vokal
- Der Lachvokal entsteht einem Vokalbereich, in dem die zentralen Sprachvokalen ausgebildet werden. Er ist ähnlicher zum Schwa-Vokal .

5 Ausblick

Während der akustischen Analyse verschiedener Lachensignalen, die von der gleichen Person erzeugt sind, stellen wir fest, dass jeder Mensch ein für ihn typisches Lachen hat. Es gibt viele akustischen und sonographischen Gemeinsamkeiten zwischen diesen Lachensignalen. Es kommt auch in unserem Alltag Situationen vor, in denen man ein bekanntes Lachsignal anhört ohne die lachende Person zu sehen, aber trotzdem kann man diese Person an seinem Lachen erkennen.

Das führt uns dazu, das Lachen nicht nur als emotionales Phänomen oder als nonverbale Kommunikationsform zu betrachten sondern auch als ein zusätzlicher Parameter, der man zu den anderen Identifizierungsparametern der Person (z.B.: ADN, Fingerabdrücke, Stimme ..) einfügen kann.

Im Lachsignal stecken mehr Informationen als man denkt. Man kann daran erkennen, ob die lachende Person männlich oder weiblich ist, sowie ob sie noch Kind oder Erwachsen ist. Wahrscheinlich kann auch die sonographische Charakteristik eines Lachsignals uns das Lungenvolumen der lachenden Person sowie, ob sie Raucher oder nicht Raucher ist, liefern .

Das wäre ein spannendes Forschungsthema zur Erweiterung dieser Studienarbeit.

CD Inhalt: Lachenaufnahmen (Lachenstypen)

Studienarbeit.

Unter diesem Verzeichnis finden Sie weitere im IMS aufgenommene Lachsignalen:

/HOME/USERS1/ABOUAYAD

LITERATURVERZEICHNIS

J. Trouvain. Segmenting Phonetic Units in Laughter.

In: <http://www.coli.uni-sb.de/~trouvain>

J. Trouvain. Phonetik Aspects of "Speech-Laugh".

Published in the Proceedings of the Conference on Orality and Gestuality ORAGE 2001, Aix-en-Provence, pp. 634-639.

In: <http://www.coli.uni-sb.de/~trouvain>

S. Preuschoft (1995): Laughter and "smiling" in Macaques-An Evolutionary Perspective. Utrecht: University of Utrecht.

Jo-Anne Bachorowski, Moria J. Smoski (2001): The acoustic features of human laughter. Wilson Hall, Vanderbilt University, Nashville.

Bright, K.E., T.J. Hixon and J.D. Hoit (1986) "Respiration as a laughing matter", in: WHIMSY IV, D.L.F. Nilsen, ed., Tempe: Arizona State University, Department of English, pp. 147-148.

Agostoni, E., G. Sant'Ambrogio and H. del Portillo Carrasco (1960) : "Elettromiografia del diaframma e pressione transdiaframmatica durante la tosse, lo sternuto ed il riso", *Accademia Nazionale dei Lincei*, Roma 28:493-496.

Moore, P. and H. von Leden (1958) "Dynamic variations of the vibratory pattern in the normal larynx", *Fol. Phoniat.* 10:205-238.

R.R. Provine (2000): Laughter. A scientific Investigation. Faber & Faber. London.

Niemitz, C. (1990) : "Visuelle Zeichen, Sprache und Gehirn in der Evolution des Menschen—Eine Entgegnung auf McFarland", *Z. Sem.* 12:323-336.

Van Hoof, J. A. R. A. M. (1972) "A Comparative Approach to the Phylogeny of Laughter and Smiling." Non-Verbal Communication. Ed. R. A. Hinds. Cambridge, England: University Press, 209-241.

Lloyd, E.L. (1938) "The respiratory mechanism in laughter", J. Gen. Psychol. 19: 79-189.

Citardi, M.J., E. Yanagisawa and J. Estill (1996): "Videoendoscopic analysis of laryngeal function during laughter", Ann. Ot. Rhin. Lar. 105:545-549

G. Habermann (1995): Physiologie und Phonetik des lauthaften Lachens.
Verlag J. A. Barth. Leipzig.

McGhee, P. E., & Goldstein, J. H. (Eds.) (1983) Handbook of humor research, Vol I & II.
New York: Springer.

Der Bonner Beratungsdienst "simplify your life" in seiner Ausgabe vom 25.06.04
(Pressemeldung) (<http://www.simplify.de/gel/simplify-news/presseview>)

Duden: Das große Wörterbuch der deutschen Sprache (1999-2004):
Aktualisierte Online-Ausgabe. Mannheim, Leipzig, Wien, Zürich: Dudenverlag

Freie Encyclopedie WIKIPEDIA (www.wikipedia.de)